

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek - Kliniekstraat 25 - 1070 Brussel - T: +32 (0)2 525 02 00 - F: +32 (0)2 525 03 00 - info@inbo.be - www.inbo.be



Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een gemaal met vijzels: Isabellagemaal (Boekhoute)

Raf Baeyens, David Buysse, Maarten Stevens, Ans Mouton, Emilie Gelaude,
Seth Martens, Yves Jacobs & Johan Coeck

INBO.R.2011.7



Auteurs:

Raf Baeyens, David Buysse, Maarten Stevens, Ans Mouton, Emilie Gelaude, Seth Martens, Yves Jacobs & 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., Stevens, M., Mouton, A., Gelaude, E., Martens, S., Jacobs, Y. & Coeck, J. (2011). Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een gemaal met vijzels: Isabellagemaal (Boekhoute). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011 (INBO.R.2011.7). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

D/2011/3241/095

INBO.R.2011.7

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Jurgen Tack

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid.

Foto cover:

David Buysse

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

Vlaamse Milieumaatschappij, afdeling Operationeel Waterbeheer



Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een pompgemaal met vijzels: Isabellagemaal (Boekhoute)

**Raf Baeyens, David Buysse, Maarten Stevens, Ans Mouton,
Emilie Gelaude, Seth Martens, Yves Jacobs & Johan Coeck**

INBO.R.2011.7

Dankwoord/Voorwoord

We willen graag Ronny De Keer en Maarten Lauwers (VMM, afdeling operationeel waterbeheer) bedanken voor de ondersteuning, in het bijzonder voor de aanpassing van de automatische instelling van de vijzelpompen in functie van dit onderzoek en voor de praktische regeling voor de onderwatermontage van de geleiders voor de gemaalfuiken.

Ook willen we Michel De Smet, Peter Jolie, Nico Gaelens en Jurgen Duym van de Zwarte Sluispolder bedanken voor hun inzet en hulp, en de manuele bediening van het gemaal.

Samenvatting

Dit rapport toont de resultaten van een onderzoek naar de visschade die veroorzaakt wordt door een vijzelgemaal. Het Isabellagemaal op het Leopoldkanaal in Boekhoute werd geselecteerd als onderzoekslocatie. Dit vijzelgemaal heeft drie grote ($3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ en 21 omw/min) en twee kleinere ($1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ en 25 omw/min) vijzels om het overtollige water uit het kanaal naar Nederland te pompen. Tijdens dit onderzoek werden zowel een grote als een kleine vijzel onderzocht tussen 30/09/2009 en 9/12/2009. Er werden gemaalfuiken aangebracht aan de uitstroomzijde van het gemaal om alle verpompte vissen op te vangen. Deze werden normaliter drie keer per week leeg gemaakt, waarbij alle vissen gemeten, gewogen en bestudeerd werden op eventuele schade. Bij paling werden ook de oogdiameters, de lengte van de pectorale vin en de kleur van de buik genoteerd.

In totaal werden er 1922 vissen gevangen in de twee gemaalfuiken (1024 achter de grote en 898 achter de kleine vijzel). De meest aangetroffen soorten waren blankvoorn, kolblei, brasem en paling. Van al de aangetroffen vissen vertoonden 37% geen uitwendige verwonding, 45% had schubverlies en 11% had een zwelling, bloeding of kneuzing. Vinschade werd slechts bij 4% vastgesteld en snijwonden bij 3%. Geen enkele vis werd onthoofd of doormidden geslagen door de vijzels. Er werd geen uitgesproken verschil waargenomen tussen de grote en de kleine vijzel.

De verwondingen (en de daaruit berekende mortaliteit) lijkt soortspecifiek en niet zozeer lengteafhankelijk. De gemiddelde mortaliteit (uitgemiddeld over de twee vijzeltypes) na passage voor de meest aangetroffen soorten bedraagt;

- 7% voor blankvoorn (n=707)
- 15% voor kolblei (n=384)
- 36% voor brasem (n=330)
- 17% voor paling (n=179)

Er werd een schatting gemaakt van de totale schieraaluit trek via het gemaal tijdens het najaar van 2009. Deze schatting bedraagt ongeveer 50 kg schieraal, welke 34% van de totale palinguit trek vertegenwoordigt in die periode.

English abstract

In this research report results on fish mortality after natural downstream fish passage through an Archimedes screw pump station (the "Isabellagemaal" at Boekhoute) are presented. The pump station has three big screws ($3,6 \text{ m}^3/\text{sec}$ and 21 revolutions/min) and two smaller ones ($1,2 \text{ m}^3/\text{sec}$ and 25 revolutions/min). These five screws pump the excess water from the "Leopoldkanaal" towards the River Westerschelde in The Netherlands. We investigated a large and a small screw pump from 9/30/2009 until 12/09/2009. Fyke nets installed on the outflow of the pumps collected all pumped fish. Generally, the fyke nets were emptied three times a week. All fish were measured, weighted and scored upon possible damage. Eels were also measured to define their silvering stage.

We caught 1922 fish in total in both fyke nets (1024 at the end of the large screw and 898 at the end of the small one). The most common species were roach, white bream, bream and eel. 37% of all fish didn't show any external wounds or damage at all, 45% of them showed scale loss and 11% had a swelling, haemorrhage or contusion. Fin damage and cuts were only found with respectively 4% and 3% of the pumped fish population. No fish were decapitated or cut in half. No difference in fish mortality was found between the large and small screw pump.

The observed wounds seemed to be species-specific and not particularly dependant on fish length. The average mortality after screw passage for the most abundant species was:

- 7% for roach (n=707)
- 15% for white bream (n=384)
- 36% for bream (n=330)
- 17% for eel (n=179)

We estimated the total biomass of silvery eels, using this pumping station during autumn 2009, being approximately 50 kg. This represents 34% of all eels that passed during the research period.

Inhoud

Dankwoord/Voorwoord.....	4
Samenvatting.....	5
English abstract	6
1 Inleiding en doelstellingen	9
2 Materiaal en methode.....	10
2.1 Studiegebied: 'Waterschap Krekenland'.....	10
2.1.1 Het Isabellagemaal.....	10
2.1.2 Het Leopoldkanaal en het Isabellakanaal	11
2.2 Visvriendelijkheid van gemalen	12
2.3 Onderzoeks methode	12
2.3.1 Onderzoeksnetten voor de evaluatie van het Isabellagemaal.....	12
2.3.2 Activiteit van het vijzelgemaal en de onderzochte vijzels	13
2.3.2.1 Evaluatie visschade tijdens automatische instelling van de vijzels.....	13
2.3.2.2 Evaluatie visschade tijdens handmatig ingestelde vijzel.....	13
2.3.2.3 Registratie van de draaiuren van de verschillende vijzels.....	13
2.3.3 Berekening schadelijkheid vijzelpompgemaal	14
2.3.3.1 Gegevensverzameling	14
2.3.3.2 Interpretatie van de gegevens	14
2.3.3.2.1 Verwerking van kop-, romp-, en staartfragmenten	14
2.3.3.2.2 Uitgestelde sterfte	14
3 Resultaten	17
3.1 Soortsamenstelling van de vissen die vijzels passeerden	17
3.1.1 Grote vijzel.....	17
3.1.2 Kleine vijzel	18
3.2 Vangstevolutie van de meest frequent voorkomende vissoorten in de gemaalfuik	19
3.3 Populatiestructuur van de meest frequent voorkomende vissoorten in de gemaalfuik	20
3.4 Schadelijkheid van het vijzelgemaal voor de poldervis-gemeenschap	23
3.4.1 Schadelijkheid in relatie tot de lengte van de gepasseerde vissen, vergeleken tussen de twee vijzels.....	23
3.4.2 Aard van de verwondingen	25
3.4.3 Sterfte per vissoort in de verschillende scenario's.....	25
4 Bespreking	27
4.1 Soortensamenstelling	27
4.2 Vangstevolutie en populatiestructuur	27
4.3 Visschade	28
4.3.1 Schadepercentage in functie van lichaams grootte en vissoort	29
4.3.2 Typerende visschade voor het Isabellagemaal.....	29
4.4 Impact van het gemaal op de stroomafwaartse palingmigratie	30
4.4.1 Directe mortaliteit en uitgestelde sterfte	30
4.4.2 Omvang van de palinguittrek in relatie tot afvoer	32

5	Besluit	33
Literatuurlijst.....		35
Lijst van tabellen		36
Lijst van figuren.....		37

1 Inleiding en doelstellingen

Polders zijn laaggelegen gebieden die slechts kunnen ontwateren door actief het water weg te pompen naar hoger gelegen waterlopen. Hiervoor zijn de meeste polderwaterlopen uitgerust met pompgemalen.

Polderwateren zijn zeer productieve waterlopen die belangrijk zijn als opgroeien- en leefgebieden voor veel vissoorten. Voor deze vissen is het echter ook belangrijk dat ze kunnen wegtrekken uit de polder. Het bekendste voorbeeld van vismigratie uit de polder betreft de stroomafwaartse voortplantingsmigratie van zilverpaling naar de Sargassozee. Het is het begin van wat een spectaculaire reis van ongeveer 6.000 kilometer zou moeten worden. Voor deze zilverpalingen, net als alle andere vissoorten, is het echter niet zo eenvoudig om uit polderwaterlopen te migreren. De aanwezige vissen kunnen namelijk hinder ondervinden van pompgemalen, omdat ze deze niet kunnen passeren of omdat ze mogelijk verwond raken wanneer ze dat wel trachten te doen.

Waterbeheerders moeten onder impuls van internationale en Vlaamse wetgeving, zoals de Palingverordening, de Europese Kaderrichtlijn Water, de Benelux beschikking met betrekking tot vrije vismigratie en het decreet integraal waterbeleid, de uitdaging aangaan om de ecologische kwaliteit van onze waterlopen te herstellen. Het herstel van vrije vismigratie is daarbij een belangrijk aandachtspunt. Aan pompgemalen, die een belangrijk puzzelstuk vormen in het herstel van vrije vismigratie, werd tot nu toe weinig aandacht besteed. In Vlaanderen zijn er nochtans naar schatting 130 pompgemalen aanwezig, hoofdzakelijk in West- en Oost-Vlaanderen. Deze gemalen pompen niet alleen water weg uit laaggelegen poldergebieden, ook buiten de polders bevinden zich een aantal pompgemalen.

Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door de verschillende types pompgemalen werd zowel in Vlaanderen als internationaal nog maar beperkt uitgevoerd. Ofwel betrof het experimenten met gedwongen/geforceerde doorgang van vissen ofwel was de onderzoeksperiode vrij kort of werd het uitgevoerd in periodes waarin er geen migratie van zilverpalingen naar zee was. Op vraag van de Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Operationeel Waterbeheer voert het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek uitgebreid onderzoek uit naar schade bij vissen veroorzaakt door verschillende types pompgemalen. In een eerste fase werd een 'schroefpompgemaal' uitvoerig bestudeerd (Buysse et al. 2010). Deze studie evaluateert op zijn beurt de impact van een 'vijzelgemaal' (inclusief een grote en kleinere vijzel) op de visgemeenschap in het Leopoldkanaal. Volgende onderzoekshypotheses worden getest:

H1: Vijzelgemalen zijn visveilig;

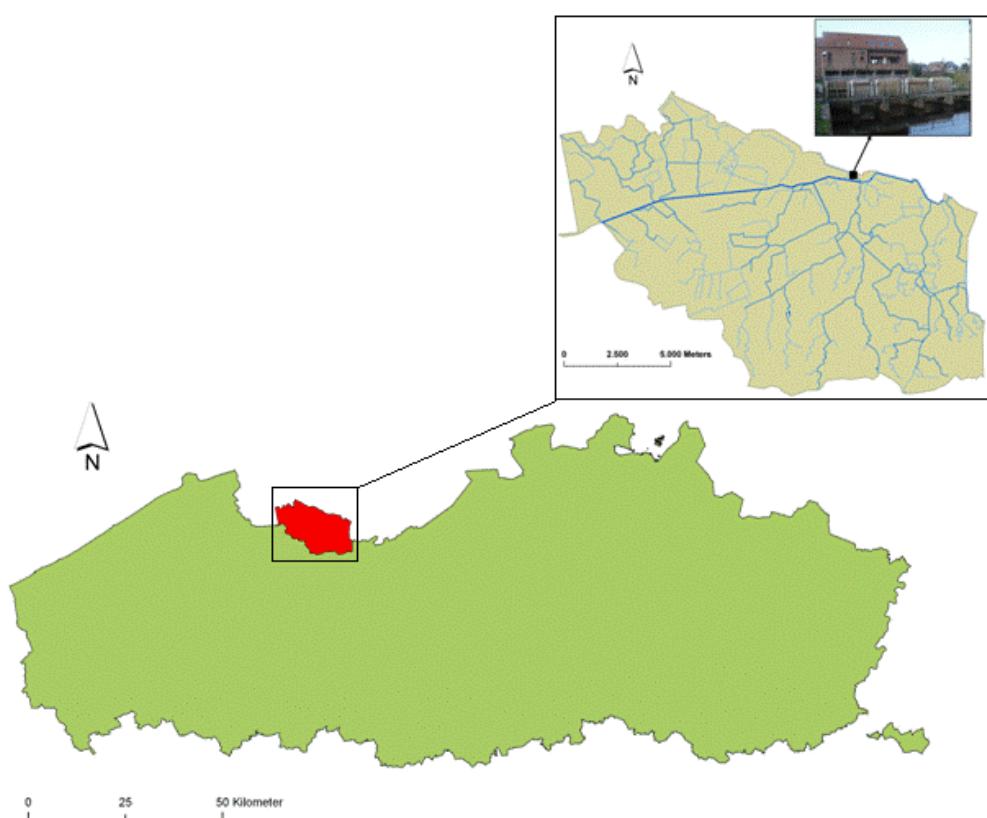
H2: Grote vijzels zijn visvriendelijker dan kleine vijzels;

H3: Vijzelgemalen zijn visvriendelijker dan schroefpompgemalen.

2 Materiaal en methode

2.1 Studiegebied: 'Waterschap Krekenland'

Het waterschap 'Krekenland' is één van de 5 waterschappen van het deelbekken 'Gentse kanalen' in het Scheldebekken. Het omvat vier polders: Zwarte sluispolder, Generale vrije polders, Slependumppolders en de Isabellapolder. De totale afwateringsoppervlakte bedraagt iets meer dan 20.000 hectare en spreidt zich uit over de gemeenten Sint Laureins, Assenede, Eeklo en Kaprijke. De ontwatering van deze polders gebeurt via het Leopoldkanaal, dat bij een bepaald waterpeil haar water via het Isabellagemaal overpompt naar het Isabellakanaal. Dit kanaal voert het water noordwaarts naar Nederland en mondt uit in de Braakmankreek.



Figuur 1: Situering van het afwateringsgebied van het Isabellagemaal in Vlaanderen

2.1.1 Het Isabellagemaal

Het Isabellagemaal werd gebouwd om er voor te zorgen dat het overtollig water van het Leopoldkanaal ten oosten van de stuwen in Sint Laureins opgepompt wordt naar Nederland. Vervolgens wordt het polderwater afgevoerd naar de Westerschelde. Het gemaal bestaat uit in totaal vijf vijzels; drie grote ($3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ en 21 omw/min) en twee kleinere ($1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ en 25 omw/min) (figuur 2 links). Samen hebben ze een oppompcapaciteit van ruim 13 m^3 per seconde. Aan de inlaat van het gemaal zijn vuilroosters met automatische reiniging voorzien (figuur 2 rechts).



Figuur 2: Uitstroomzijde van het Isabellagemaal met terugslagkleppen (links) en stroomopwaartse inlaten met vuilroosters (rechts).



Figuur 3: Grote vijzel (links) en drijfconstructie om drijvend materiaal af te leiden naar pompen waar geen gemaalfuik achter zit.

2.1.2 Het Leopoldkanaal en het Isabellakanaal

Het Leopoldkanaal is een onbevaarbare waterweg die werd gegraven in 1845. Het kanaal loopt van Boekhoute tot Heist over een afstand van 46 km. Tot het begin van de 19^{de} eeuw gebeurde de ontwatering van de polders langs het Lapscheurse Gat. Na de onafhankelijkheid van België sloot Nederland deze ontwatering af en werden de vruchtbare poldergronden waterziek. Omdat dit ook de verspreiding van malaria met zich mee bracht, werd onder impuls van kanunnik Jozef Andries besloten het Leopoldkanaal te graven. Het Isabellakanaal is het kort afwateringskanaal (5,5 km) dat het Belgische Leopoldkanaal verbindt met 'de Braakman' in Nederland. Het werd in 1920 gegraven ten gevolge van een nieuw akkoord tussen België en Nederland.

2.2 Visvriendelijkheid van gemalen

De visvriendelijkheid van gemalen bestaat uit twee factoren (naar Kunst et al. 2008):

- **visoverleefbaarheid** = in welke mate treedt schade en sterfte op aan vis bij pogingen om het gemaal te passeren.
- **vispasseerbaarheid** = in welke mate is migratie van vis door het gemaal mogelijk.

De verschillende vormen van schade/verwondingen (bepalend voor de visoverleefbaarheid) die samen gaan met het passeren van het gemaal, worden veroorzaakt door botsing met de schoepen of andere bewegende of stilstaande delen, snelle drukverschillen, turbulentie en stroomsnelheid (hydraulic shear) en cavitatie (het verschijnsel dat in een turbulent bewegende vloeistof de plaatselijke druk lager wordt dan de dampdruk van de vloeistof; daardoor zullen dampbellen ontstaan die met kracht kunnen imploderen als ze in een gebied komen waar de druk weer hoger is).

Vispasseerbaarheid wordt bepaald door fysische factoren (grofvuil rooster en afmetingen, beïnvloeding van stroomsnelheden) enerzijds en gedragsfactoren (geluid, trilling, licht) anderzijds.

Dit onderzoek richt zich in hoofdzaak op de hoeveelheid schade (verwondingen) aan de vissen die aan de uitstroomzijde van het gemaal worden gevangen.

2.3 Onderzoeks methode

2.3.1 Onderzoeksnetten voor de evaluatie van het Isabellagemaal

Omdat het Isabellagemaal grote en kleinere vijzels heeft, werd beslist om beide types te evalueren naar de mogelijke visschade die ze veroorzaken. Hiervoor werd voor elk type de uitstroomopening volledig afgesloten door een opvangnet. Het net voor de grote vijzel heeft een totale lengte van 30 meter en is voorzien van één keel en 'knooploos want' om beschadiging door de fuik te voorkomen. Het opvangnet van de kleine vijzel werd beperkt tot 16 meter om het net recht achter de uitstroom te kunnen opspannen. De oever maakt immers na 16 meter een knik waardoor een langere fuik niet optimaal zou kunnen geplaatst worden. Beide fuiken zijn gemaakt uit netstof met een maaswijdte van 20mm voor de eerste 5 meter, een maaswijdte van 15mm voor het deel van 5-10 meter en knooploos want van 11mm voor het achterste vangstcompartiment.



Figuur 4: Installatie van de gemaalfuik voor de grote vijzel (links) en de gemaalfuik voor de kleine vijzel op de oever (rechts).



Figuur 5: Beide fuiken tijdens bemonstering (links) en het opkrikken van het fuikkader van de grote vijzel (rechts).

2.3.2 Activiteit van het vijzelgemaal en de onderzochte vijzels

Elk van de 5 vijzels van het gemaal kunnen automatisch of handmatig aangeschakeld worden.

2.3.2.1 Evaluatie visschade tijdens automatische instelling van de vijzels

Bij automatische instelling start één of meerdere vijzels van zodra het waterpeil stroomopwaarts het gemaal (i.e. de polder) tot een welbepaald niveau is gestegen. De vijzels worden vervolgens terug automatisch uitgeschakeld op het moment dat er voldoende water uit de polder weggepompt is en het waterniveau gezakt is tot een bepaald niveau.

In functie van ons onderzoek werd de automatische instelling van de vijzels zodanig gestuurd dat steeds de onderzochte grote en 5 minuten erna de kleine vijzel als eerste werden ingeschakeld. Pas van zodra de capaciteit van beide vijzels niet meer volstond om het overtollige water weg te pompen werden bijkomende vijzels ingeschakeld.

2.3.2.2 Evaluatie visschade tijdens handmatig ingestelde vijzel

Om naast het automatisch pompen nog extra gegevens te verzamelen over de schadelijkheid van vijzels werd ook een onderzoeksprotocol opgesteld waarbij beide vijzels op vaste tijdstippen handmatig werd aangeschakeld. Naargelang de beschikbaarheid van overtollig water uit de polder werd er systematisch op maandag, woensdag en vrijdagmorgen gepompt met een tijdsduur van ongeveer 10 tot 30 minuten. Na het pompen werden de vissen uit de onderzoeksnetten onmiddellijk verwerkt.

2.3.2.3 Registratie van de draaiuren van de verschillende vijzels

De draaiuren van de twee kleine en drie grote vijzels worden automatisch geregistreerd en werden na afloop opgevraagd bij de afdeling Operationeel Waterbeheer. Op basis van het aantal pompuren en de capaciteit van de respectievelijke vijzels kon het verpompte volume per vijzel berekend worden.

2.3.3 Berekening schadelijkheid vijzelpompgemaal

2.3.3.1 Gegevensverzameling

Van alle verpompte vissen werd de toestand bepaald, met name ‘dood’ of ‘levend’. Daarnaast werden van alle individuen, ongeacht hun toestand, de verwondingen genoteerd die ze mogelijk hadden opgelopen. Naar analogie met eerder verricht onderzoek naar de schadelijkheid van een schroefpompgemaal (Buyssse et al. 2010) werden ook hier zes verschillende ‘schadeklassen’ onderscheiden:

- Onthoofd of volledig doormidden
- Snijwond
- Duidelijke vinschade
- Duidelijk schubverlies
- Niet zichtbaar beschadigd
- Zwelling/Kneuzing/Bloeding

Combinaties van verschillende types verwondingen werden ook genoteerd. De verschillende schadeklassen worden duidelijk geïllustreerd en besproken in het hoofdstuk ‘Resultaten’. Het schubverlies werd gekwantificeerd. Al naargelang het percentage lichaamsoppervlak dat werd ontschudt kon een vis ondergebracht worden in één van de vier onderscheiden klassen:

- schubverlies tussen 0 – 25 %.
- schubverlies tussen 25 – 50 %.
- schubverlies tussen 50 – 75 %.
- schubverlies tussen 75 – 100 %.

2.3.3.2 Interpretatie van de gegevens

2.3.3.2.1 Verwerking van kop-, romp-, en staartfragmenten

In tegenstelling tot de vangsten bij een schroefpomp (Buyssse et al. 2010) werden tijdens dit onderzoek geen gefragmenteerde vissen aangetroffen.

2.3.3.2.2 Uitgestelde sterfte

Er moet rekening gehouden worden met het feit dat een deel van de levende vissen pas later aan hun verwondingen sterven, we spreken in dit geval van ‘uitgestelde mortaliteit of sterfte’. Uitgestelde sterfte kan bijvoorbeeld optreden ten gevolge van:

- de uitwendig zichtbare verwondingen;
- onzichtbare inwendige verwondingen: vb. breuk van de wervelkolom, kneuzingen, bloedingen, scheuren van darm of zwemblaas.

of indirect door:

- infecties: vb. door schubverlies of snijwonden;

- verminderde zwemprestaties of zwemcapaciteiten door verwondingen: vinschade kan leiden tot verhoogde predatiekans door roofvissen of visetende vogels;
- desoriëntatie: de onnatuurlijke stromingscondities zoals klein- of grootschalige turbulentie en keerstromen in het pomphuis leiden tot heftig ronddraaien of -tollen van vis waarbij vissen gedesoriënteerd kunnen raken. Deze desoriëntatie, die niet noodzakelijk gepaard gaat met directe verwondingen, kan er voor zorgen dat vissen gevoeliger zijn voor predatoren (Odeh et al. 2002).

Gezien de ernst van de verwondingen en de gevolgen ervan sterk kunnen variëren kan het sterftepercentage berekend worden volgens verschillende scenario's:

Minimaal sterftescenario

In het minimaal scenario worden de verwondingen van levende vissen niet in rekening gebracht, er wordt vanuit gegaan dat er geen sterfte optreedt bij levende vissen ondanks de aanwezigheid van al dan niet ernstige uit- of inwendige verwondingen. We houden in dit scenario m.a.w. geen rekening met 'uitgestelde sterfte'. Het 'minimaal sterftepercentage' is dus waarschijnlijk een onderschatting van het werkelijke sterftepercentage dat pompgemalen veroorzaken.

Levend = Alle levende niet uitwendig verwonde vissen + Alle levende uitwendig verwonde vissen

Dood = Alle dode vissen

Intermediair sterftescenario

In tegenstelling tot het 'minimaal sterftescenario' wordt er bij de levende vissen in het 'intermediair sterftescenario' wel een beoordeling gemaakt voor wat betreft de overlevingskansen van verwonde vissen. Levende vissen met vinschade en/of schubverlies van minder dan 25% worden in dit scenario tot de overlevende vissen gerekend. Van vissen met andere verwondingen en/of schubverlies van meer dan 25% wordt aangenomen dat zij uiteindelijk zullen sterven (= uitgestelde sterfte).

Levend = Alle levende niet uitwendig verwonde vissen + Alle levende vissen met enkel vinschade + Alle levende vissen met enkel schubverlies < 25%

Dood = Alle dode vissen + Vissen met uitgestelde sterfte (*)

(* Uitgestelde sterfte = alle uitwendig verwonde vissen exclusief de levende vissen met vinschade en exclusief de levende vissen met schubverlies < 25%)

Maximaal sterftescenario

In het maximaal sterftescenario wordt van alle levende vissen met verwondingen aangenomen dat zij uiteindelijk zullen sterven (= uitgestelde sterfte). Het 'maximaal sterftepercentage' volgens dit scenario is mogelijk een overschatting van het werkelijke sterftepercentage die opvoerwerken bij vis veroorzaken. In geen enkel van deze 3 scenario's wordt rekening gehouden met het feit dat er bij 'alle levende vissen die niet uitwendig verwond zijn' ook mogelijk uitgestelde sterfte optreedt door o.a. inwendige bloedingen, gescheurde darm of zwemblaas, breuken, desoriëntatie, etc.

Levend = Alle levende niet uitwendig verwonde vissen

Dood = Alle dode vissen + Vissen met uitgestelde sterfte(**)

(** Uitgestelde sterfte = alle uitwendig verwonde vissen)

De keuze van het sterftescenario ligt niet voor de hand. Enerzijds is het gebruik van het minimale sterftescenario waarschijnlijk een onderschatting van de werkelijke mortaliteit, aangezien de uitwendige beschadigingen niet als lethaal geklasseerd worden. Anderzijds is het kwantificeren van uitgestelde sterfte bij het maximale scenario moeilijk gezien het diverse karakter van de individuele visschade. Het lijkt dan ook beter om, vooral als er vergelijkende studies tussen verschillende opvoerwerken beoogd worden, te werken met de zekerheid van het minimale sterftescenario. De onzekerheid bij een mogelijke overschatting van de uitgestelde sterfte in het maximale scenario biedt geen solide basis als ondersteuning voor het beheer en het beleid op het gebied van opvoerwerken. Toch kan een onderlinge vergelijking tussen de verschillende scenario's zeer informatief zijn betreffende het opvoerwerk (zie figuren 20-21). Alle sterftepercentages in de resultaten en de figuren zijn dan ook weergegeven volgens het scenario van minimale sterfte.

3 Resultaten

3.1 Soortsamenstelling van de vissen die vijzels passeerden

3.1.1 Grote vijzel

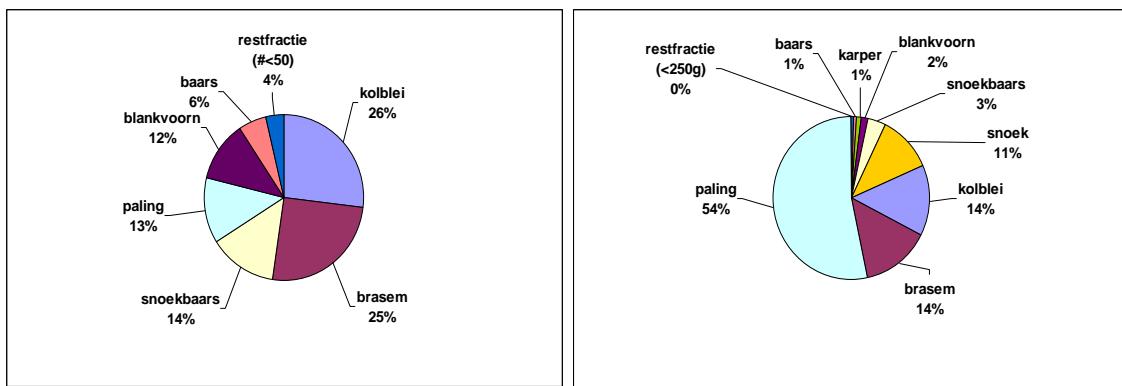
Er werden gedurende de bemonsteringperiode (30/09/2009 tot 09/12/2009) 14 verschillende vissoorten opgevijzeld door de grote vijzel. Dit resulteert in meer dan 1000 vissen met een gezamenlijk gewicht van 111,6 kg. Daarbij komen kolblei en brasem in de grootste aantallen voor, terwijl ook snoekbaars, paling en blankvoorn vrij talrijk zijn. Opmerkelijk was de vangst van een bot. Als we de vangst bekijken naar biomassa, dan stellen we vast dat er bijna 60 kg paling stroomafwaarts door de vijzel gepompt is. Zowel kolblei als brasem vertegenwoordigt elk bijna 16 kg en de vangst van 6 snoeken zorgt voor een gewicht van meer dan 12 kg.

Tabel 1: Overzicht van de totale vangst.

Vissoort	Aantal	Biomassa (g)
1 kolblei	276	15533
2 brasem	259	15906
3 snoekbaars	141	3874
4 paling	131	59453
5 blankvoorn	119	1675
6 baars	61	695
7 rietvoorn	17	175
8 snoek	6	12662
9 driedoornige stekelbaars	4	3
11 karper	3	1255
10 pos	3	82
12 giebel	2	33
14 bot	1	243
13 winde	1	14
Totaal	1024	111603



Figuur 6: Deze vissen passeerden de grote vijzel; links palingen, centraal kolblei en rechts snoek.



Figuur 7: Procentuele verdeling van de vangst na passage door de grote vijzelpomp (links aantallen en rechts biomassa, n=1024).

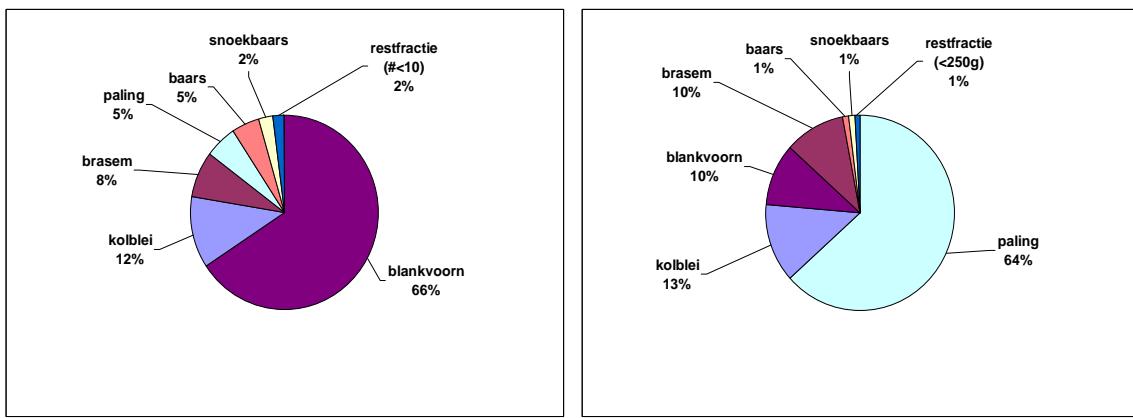
3.1.2 Kleine vijzel

Door de kleine vijzel passeerden in totaal 11 verschillende vissoorten. Het totale aantal is 898 met een gezamenlijk gewicht van 33,7 kg. Snoek, pos en bot werden in tegenstelling tot de grote vijzel niet aangetroffen.

Tabel 2: Overzicht van de totale vangst.

Vissoort	Aantal	Biomassa (g)
1 blankvoorn	588	3529
2 kolblei	108	4338
3 brasem	71	3448
4 paling	48	21348
5 baars	43	362
6 snoekbaars	22	342
7 driedoornige stekelbaars	6	7
8 rietvoorn	4	75
9 karper	4	24
10 winde	2	164
11 giebel	2	31
Totaal	898	33668

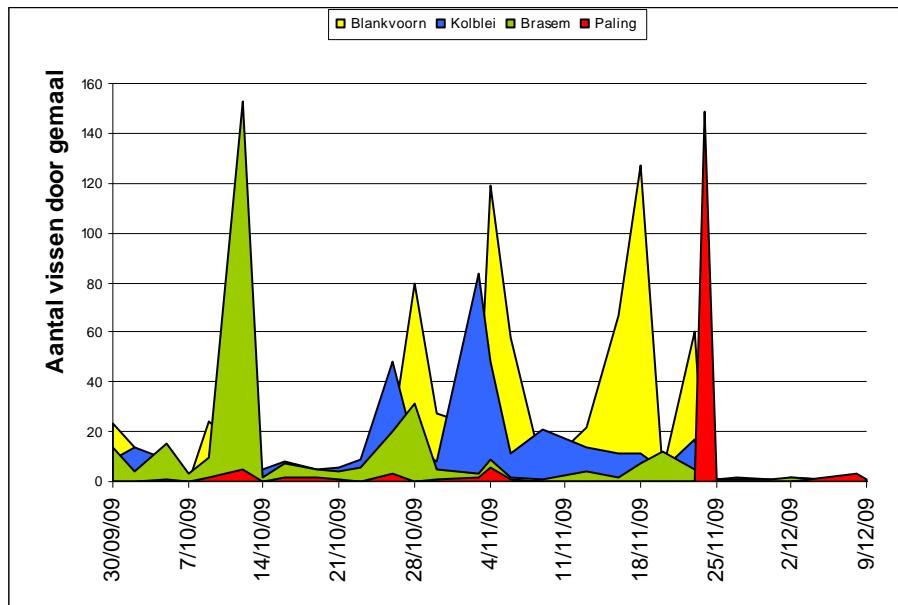
Ook hier komen brasem, kolblei en paling vrij veel voor. Paling maakt ook hier het grootste deel van de gevangen biomassa uit (64%).



Figuur 8: Procentuele verdeling van de vangst na passage door de kleine vijzelpomp (links aantallen en rechts biomassa, n=898).

3.2 Vangstevolutie van de meest frequent voorkomende vissoorten in de gemaalfuik

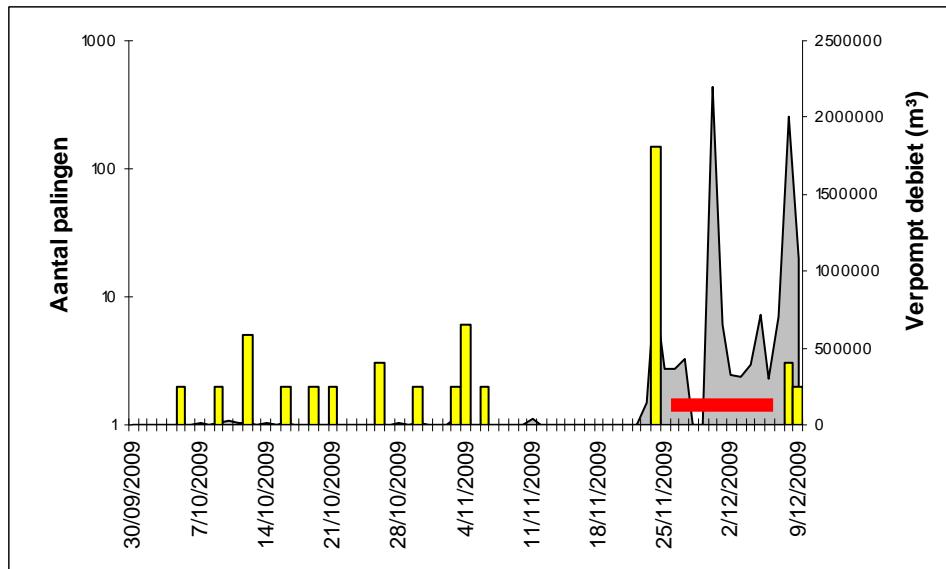
In figuur 9 wordt de vangstevolutie van de 4 meest frequent voorkomende vissoorten weergegeven. De voorgestelde data zijn getotaliseerd over de twee vijzels, aangezien er geen opmerkelijke verschillen waren qua timing van migratie tussen de twee vijzels. Paling (rood) heeft duidelijk één uitgesproken stroomafwaartse migratiepiek tijdens de onderzoeksperiode, terwijl de andere (alle cypriniden) meerdere periodes van verhoogde migratieactiviteit vertonen.



Figuur 9: Evolutie van de vangstaantallen in de netten van de grote en kleine vijzel van de 4 meest gevangen soorten gedurende de bemonsteringsperiode.

Figuur 10 toont enkel de vangst van paling en het verpompte debiet. De eerste stroomafwaartse migratiepiek (n=149) werd waargenomen op 24 november 2009. Tijdens deze migratiepiek werd er 140.000m³ water verpompt na een lange periode met lage

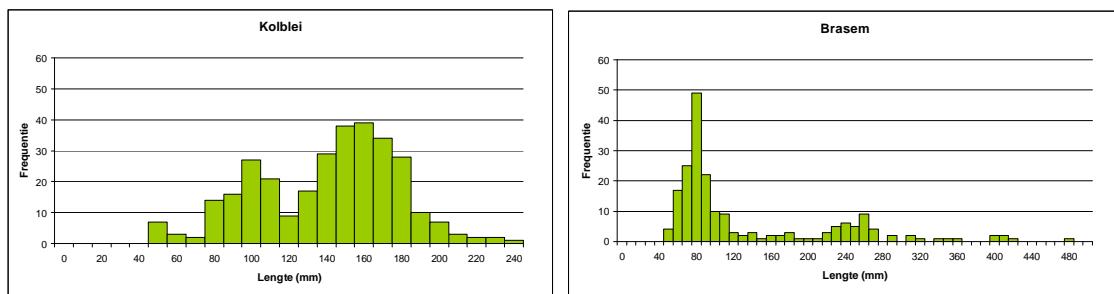
waterafvoer. Bij daaropvolgende afvoerpieken tussen 25 november en 7 december 2009 konden om praktische en veiligheidsredenen de bemonsteringen niet worden verder gezet.



Figuur 10: Vangstaantallen van paling in de gemaalafuiken (gele balkjes, logaritmische schaal) en het totale verpompte debiet door het gemaal (tijdens piekafvoeren tussen 25 november en 7 december 2009 werd niet bemonsterd).

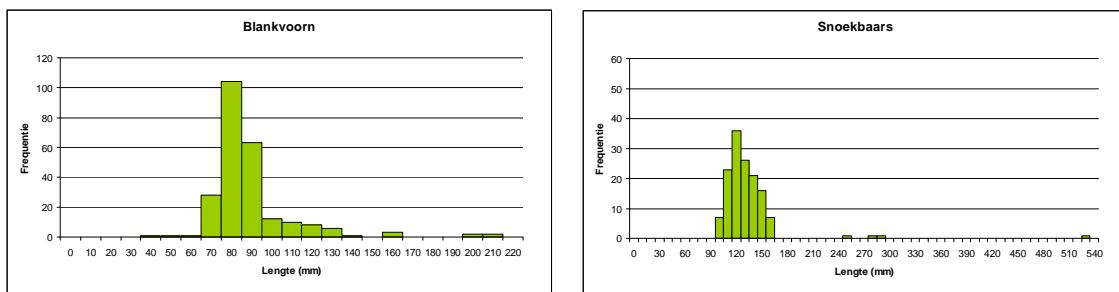
3.3 Populatiestructuur van de meest frequent voorkomende vissoorten in de gemaalafuik

Om een beeld te verkrijgen van de populatiestructuur van de meest courante vissoorten die gevangen werden in de gemaalafuik, worden de individuele lengtes in lengteklassen samengebracht. De lengte-frequentiegrafieken tonen of er verschillende leeftijdsklassen kunnen onderscheiden worden, en zeggen mogelijk iets over de populatieopbouw van de soort. Deze resultaten zijn mogelijk niet helemaal representatief voor de effectief aanwezige populatiestructuur in de achterliggende polder, maar ze geven wel een goede indicatie over de aanwezige visgemeenschap (Buyssse et al. 2010).



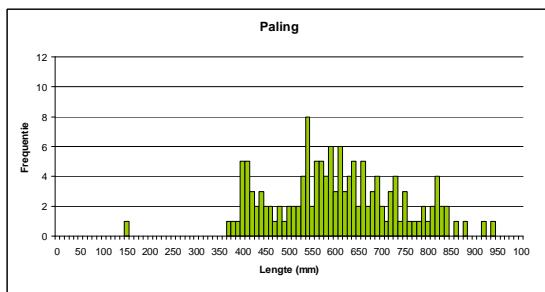
Figuur 11: Lengtefrequentieverdelingen van de gevangen kolblei (links) en brasem (rechts).

De populatiestructuur van de gevangen kolblei toont duidelijk drie leeftijdsklassen en een beperkt aantal oudere individuen. Bij brasem is er één duidelijke leeftijdsklasse aanwezig (rond de 80mm; 0+). De andere klassen zijn niet te onderscheiden.



Figuur 12: Lengtefrequentieverdelingen van de gevangen blankvoorn (links) en snoekbaars (rechts).

Ook de grafieken van blankvoorn en snoekbaars vertonen enkel voor de 0+ juvenielen een duidelijke leeftijdsklasse.

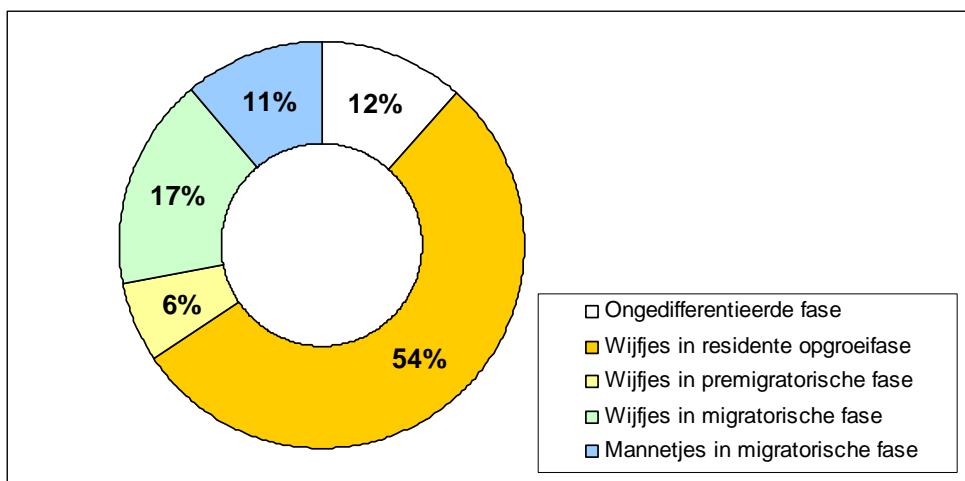


Figuur 13: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen paling.

De lengtefrequentieverdeling van de gevangen paling is vrij gespreid. Mogelijk bestaat de eerste piek (rond 40 cm) uit mannelijke paling. Vanaf een lengte van 50 cm wordt er verondersteld dat alle individuen vrouwelijk zijn (Beullens et al. 1997, Klein Breteler 2005). Durif et al. (2009) hebben een methode ontwikkeld waardoor paling op basis van uitwendige kenmerken met vrij grote zekerheid kan ingedeeld worden in een aantal groepen. De zes weerhouden groepen worden ingedeeld op basis van verschillend stadium in de geslachtsontwikkeling, het uiteindelijk geslacht zelf en het levensstadium (sedentair vs. migratorisch). De groepen zijn als volgt;

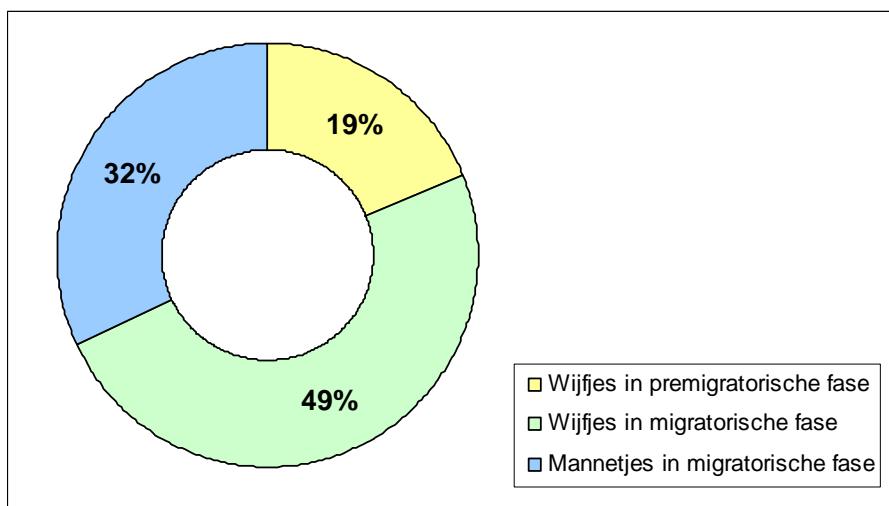
1. Sedentaire en sexueel ongedifferentieerde paling
2. Sedentaire wijfjes
3. Wijfjes in premigratorische fase
4. Wijfjes in migratorische beginfase
5. Wijfjes in migratorische fase
6. Mannetjes in migratorische fase

In figuur 14 zijn groep 4 en 5 samengenomen zodat er nog 5 groepen overblijven.



Figuur 14: Opdeling van de gevangen paling naar levensstadium en geslacht (n=173).

Figuur 14 deelt de gevangen paling dus op in 5 groepen, waarvan de grootste bestaat uit vrouwelijke paling die geen uitwendige kenmerken van schieraal vertoont. Slechts 28% (17% wijfjes in migratorische (begin-)fase + 11% mannetjes in migratorische fase) van de paling vertoont uitgesproken kenmerken waaruit af te leiden is dat ze effectief schier zijn en 6% begint kenmerken te vertonen van schieraal. De geslachtsverdeling van paling welke (quasi) schier is, wordt weergegeven in figuur 15.



Figuur 15: Geslachtsverdeling van de schierende paling (n=59).

Twee derde van de schieraal bestaat uit vrouwelijke exemplaren, waaronder bijna één derde welke nog in het beginstadium zitten (premigratorisch). De migratorische mannetjes vormen één derde van de schierende paling.

3.4 Schadelijkheid van het vijzelgemaal voor de poldervisgemeenschap

3.4.1 Schadelijkheid in relatie tot de lengte van de gepasseerde vissen, vergeleken tussen de twee vijzels

Gedurende de onderzoeksperiode werden, zowel aan de grote ($n=983$) als aan de kleinere vijzel ($n=858$), de gepasseerde vissen gemeten. De (vorkstaart)lengte werd genoteerd tot op de millimeter. Tabel 3 en 4 geven de lengterange weer van de meest talrijke vissoorten welke gevangen werden na doortocht door de grote vijzel (tabel 3) en de kleine vijzel (tabel 4).

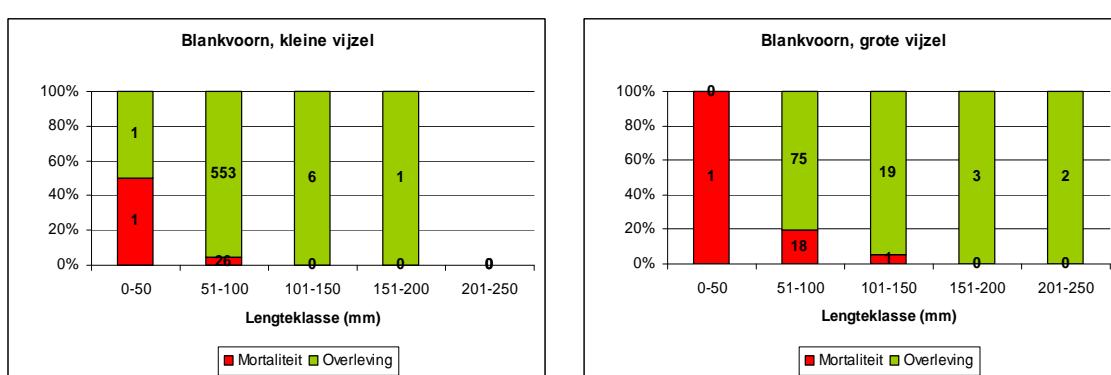
Tabel 3: Aantal gemeten individuen, lengterange en gemiddelde lengte per vissoort (grote vijzel).

Vissoort	Aantal gemeten	Lengterange (mm)	Gemiddelde lengte (mm)
Kolblei	276	44 - 236	143
Brasem	259	50 - 477	109
Snoekbaars	141	94 - 530	129
Paling	127	370 - 936	601
Blankvoorn	119	42 - 210	90
Baars	61	60 - 203	92

Tabel 4: Aantal gemeten individuen, lengterange en gemiddelde lengte per vissoort (kleine vijzel).

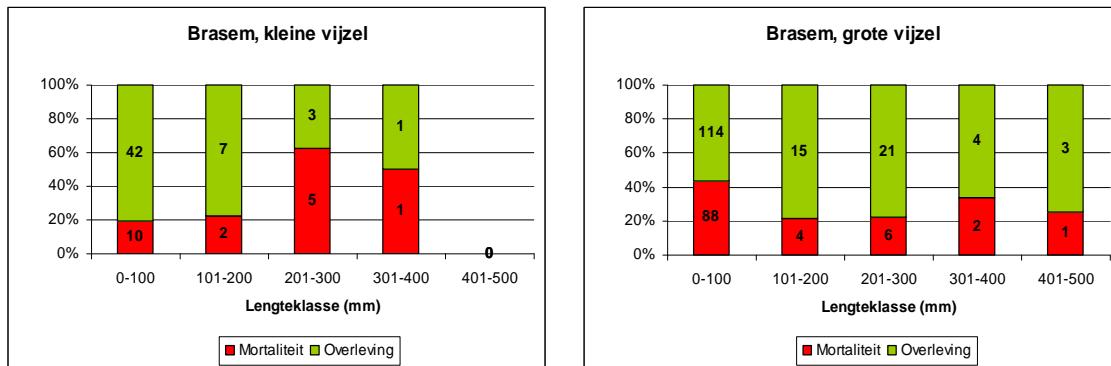
Vissoort	Aantal gemeten	Lengterange (mm)	Gemiddelde lengte (mm)
Blankvoorn	588	39 - 157	79
Kolblei	108	41 - 219	127
Brasem	71	43 - 360	109
Paling	48	142 - 831	598
Baars	43	65 - 151	85

In totaliteit is blankvoorn de meest aangetroffen soort, maar ook redelijke aantallen brasem, kolblei en paling passeren of migreren via het vijzelgemaal. Er zijn verschillen waar te nemen tussen de hoeveelheid vissen per soort in elk type vijzel. Het is dan ook interessant om de meest talrijke vissoorten te vergelijken naar schade in elke vijzel. Daarvoor worden de gevangen en gemeten vissen per soort in vijf lengteklassen verdeeld, zodat er een beeld ontstaat over het effect van de lengte en de soortspecifieke karakteristieken op het minimaal sterftepercentage (fig.16-19). In de balkjes zijn de absolute getallen weergegeven, om in sommige gevallen aan te geven dat er slecht één of enkele individuen in rekening zijn gebracht.



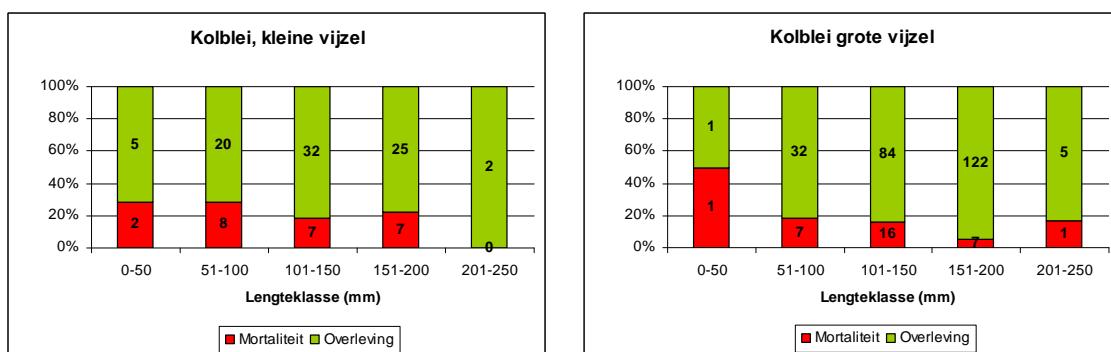
Figuur 16: Minimaal sterftepercentage van blankvoorn per lengtekasse, vergeleken tussen de kleine (links) en grote vijzel (rechts).

De minimale mortaliteit bij blankvoorn is laag. Gemiddeld over alle lengteklassen is er een sterfte van 17% bij de grote en 5% bij de kleine vijzel. Opmerkelijk is dat langs de kleine vijzel 5 keer meer blankvoorns passeerden dan langs de grote ($N_{klein}=588$, $N_{groot}=119$). De gemiddelde lengte van de gepasseerde blankvoorns is $L_{klein}=79\text{mm}$ en $L_{groot}=90\text{mm}$ en deze verschilt dus niet erg veel. Grottere individuen ($L \geq 150\text{mm}$) werden echter wel meer teruggevonden in de gemaalvuij achter de grote vijzel.



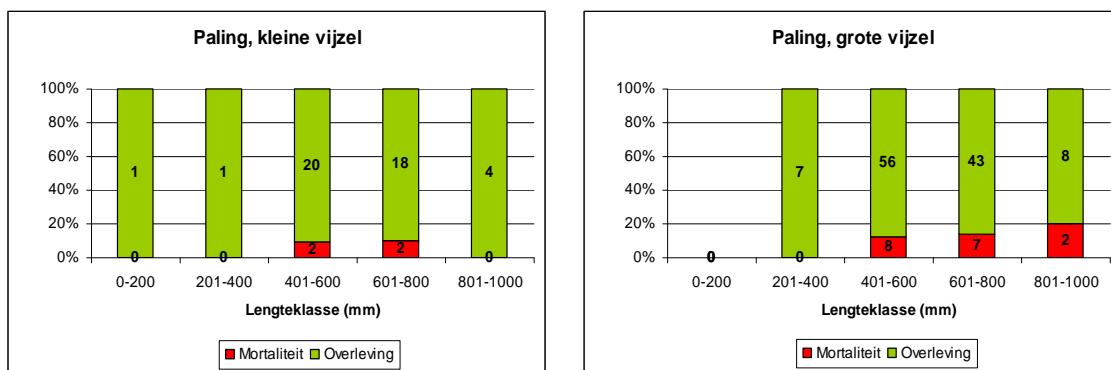
Figuur 17: Minimaal sterftepercentage van brasem per lengteklaas, vergeleken tussen de kleine (links) en grote vijzel (rechts).

Voor brasem is de balans wat negatiever. De minimale mortaliteit ligt hoger dan bij blankvoorn, namelijk 39% voor de grote en 25% voor de kleine vijzel. Zoals bij blankvoorn passeerden de grotere individuen ook meestal langs de grote vijzel. Ook hier passeerden opmerkelijk meer brasems langs de grote vijzel ($N_{klein}=71$, $N_{groot}=259$). De gemiddelde lengte van de gepasseerde brasems is exact dezelfde in de twee vijzels ($L=109\text{mm}$). De mortaliteit bij grotere brasem ($> 200\text{mm}$) is wat hoger in de kleine vijzel (60%), maar gezien de lage aantallen kan hierover geen gefundeerde uitspraak gedaan worden.



Figuur 18: Minimaal sterftepercentage van kolblei per lengteklaas, vergeleken tussen de kleine (links) en grote vijzel (rechts).

De minimale mortaliteit van kolblei ligt lager, namelijk 12% voor de grote, en 22% voor de kleine vijzel. De gemiddelde lengte van de gepasseerde kolblei is vergelijkbaar tussen de twee vijzels, maar ook hier werden er dubbel zoveel exemplaren achter de grote vijzel gevangen in vergelijking met de kleine.



Figuur 19: Minimaal sterfeprocentage van paling per lengteklasse, vergeleken tussen de kleine (links) en grote vijzel (rechts).

Na doortocht door de grote vijzel bedraagt de minimale mortaliteit voor paling 13% en voor de kleine vijzel bedraagt ze 8%. Ook hier troffen we meer paling aan in het gemaalnet achter de grote vijzel.

3.4.2 Aard van de verwondingen

Alle verpompte vissen werden grondig onderzocht op aanwezigheid van uitwendig zichtbare verwondingen. Naargelang de aard van hun verwondingen, werden de vissen onderverdeeld in zes schadeklassen:

- Onthoofd of volledig doormidden
- Snijwond
- Duidelijke vinschade
- Duidelijk schubverlies
- Niet zichtbaar beschadigd
- Zwelling/Kneuzing/Bloeding

Combinaties van verschillende types verwondingen werden ook genoteerd. Dieren die al gestorven waren, werden toch nog gescoord op bepaalde verwondingen per klasse.

Tabel 5: Overzicht van de verdeling van het totaal aantal vastgestelde verwondingen per schadeklasse.

Schadeklasse	Procentueel aantal verwondingen per klasse (N=2056)
Geen uitwendig zichtbare schade	37%
Vinschade	4%
Schubverlies	45%
Zwelling/kneuzing/bloeding	11%
Snijwond	3%
Onthoofd	0%

Er werden in totaal 2056 uitwendig zichtbare verwondingen vastgesteld. Tabel 5 toont dat het aandeel vissen welke geen uitwendig vaststelbare schade opliepen 37% bedraagt. Geen enkele vis werd onthoofd. In totaal werd bij meer dan 1000 vissen minimum één effectieve verwonding vastgesteld.

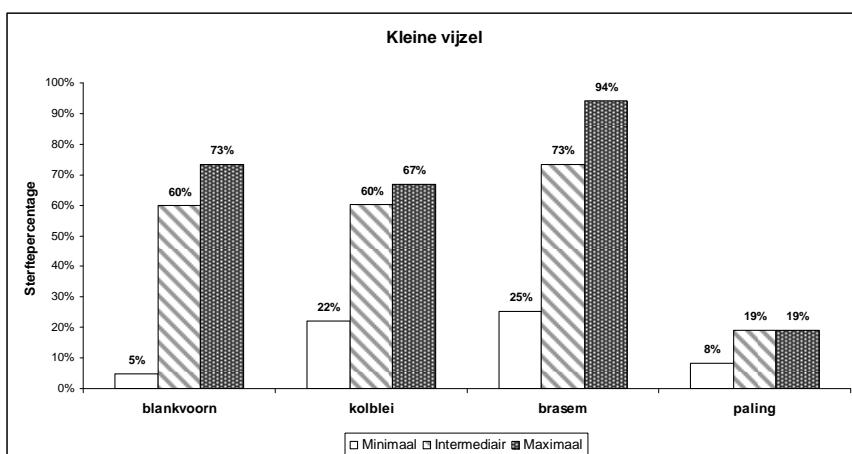
3.4.3 Sterfte per vissoort in de verschillende scenario's

Zoals al aangehaald kan de mortaliteit berekend worden volgens een aantal scenario's, welke resulteren in een minimaal, intermediair en een maximaal sterfeprocentage.

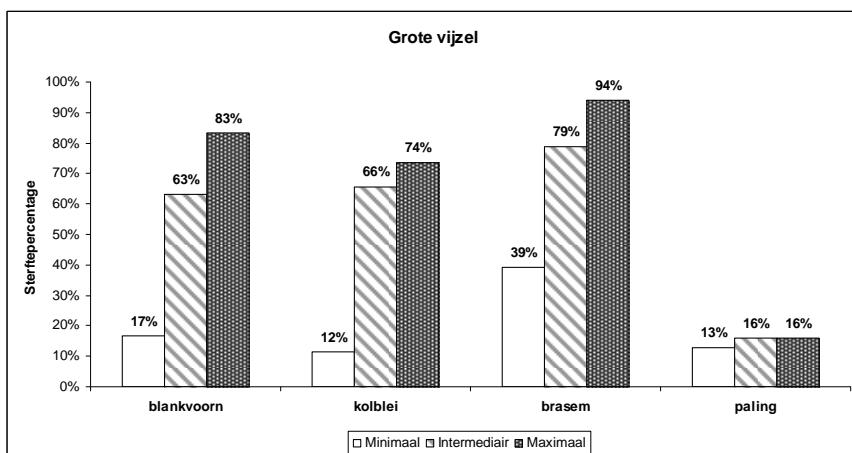
Voor beide vijzeltypen werden sterftecyclen berekend per scenario, en dit voor de meest aangetroffen vissoorten ($N \geq 100$). Figuur 20 en 21 geven de sterftecyclen per soort grafisch weer.

De witte balken geven de data weer volgens het minimale sterftecenario, dit zijn met andere woorden enkel de vissen die dood in het net werden aangetroffen. Het verschil met de hoger ingeschatte mortaliteit van de gearceerde balkjes (intermediair scenario) is dat daarbij ook alle levende vissen gerekend worden met uitwendig zichtbare verwondingen (exclusief vissen met beperkt schubverlies van minder dan 25%). De donkere staafjes tonen het sterftecyclen volgens het maximaal scenario, dit is inclusief vissen met beperkt schubverlies (< 25%).

De sterftecyclen berekend volgens de drie scenarios voor de grote en kleine vijzel zijn gelijkend. Het verschil tussen de witte balkjes en de andere geeft de marge weer waarin uitgestelde sterfte kan plaats vinden.



Figuur 20: Sterftecyclen berekend volgens de verschillende scenario's voor de vier dominante vissoorten die de kleine vijzel passeerden.



Figuur 21: Sterftecyclen berekend volgens de verschillende scenario's voor de vier dominante vissoorten die de grote vijzel passeerden.

4 Bespreking

4.1 Soortensamenstelling

Uit uitgebreid vergelijkend onderzoek van Buysse et al. (2010) blijkt dat de soortensamenstelling in een gemaalnet een goede weerspiegeling geeft van de visgemeenschap opwaarts het gemaal. De vangsten in beide gemaalfuiken bieden m.a.w. een goed beeld van de aanwezige visfauna in het Leopoldkanaal opwaarts van het Isabellagemaal. De dominante soorten zijn blankvoorn, kolblei en brasem. Ook snoekbaars, paling en baars komen in redelijke aantallen voor in de gemaalfuiken. Al deze soorten zijn eurytoop, wat betekent dat hun habitateisen niet erg specifiek zijn. Het veelvuldig voorkomen van brasem en snoekbaars (brasem-snoekbaars type) duidt op een waterlichaam dat vrij troebel is met weinig waterplanten. Ook bij de begeleidende soorten vinden we geen specialisten terug. De vangst van een bot van 25 cm is wel opmerkelijk. Deze soort migreert als juveniel botje stroomopwaarts vanuit het Westerschelde-estuarium via de Braakman(haven) naar zoete delen om er op te groeien. Dit individu is er mogelijk in geslaagd de aanwezige 'De Wit-vispassage' te passeren. Over de efficiëntie van deze visdoorgang zijn echter geen gegevens beschikbaar. Anderzijds is gedurende bepaalde perioden van het jaar het water niveau opwaarts het gemaal hoger dan afwaarts waardoor het Leopoldkanaal gravitair kan afwateren via schuiven naast het gemaal. Op momenten dat de schuiven op rechteroever geopend zijn en het Leopoldkanaal gravitair afwatert, is er vrije stroomopwaartse vismigratie langs het gemaal mogelijk. Dit biedt kansen aan alle vissoorten, in het bijzonder aan jonge (glasalen en elvers) en gele paling, om zich stroomopwaarts van het gemaal in het Leopoldkanaal te verspreiden.

Deze mogelijkheid tot natuurlijke recruterings van paling opwaarts het gemaal vormt vermoedelijk de verklaring voor het feit dat ondanks dat er geen glasaal wordt uitgezet in het Leopoldkanaal er toch nog aanzienlijke uit trek was van in totaal 179 adulte palingen (zie verder).

4.2 Vangstevolutie en populatiestructuur

Van de vier meest aangetroffen vissoorten in de gemaalfuiken wordt getracht een verklaring te geven voor de vastgestelde periodiek verhoogde vangsten. De drie karperachtigen (brasem, kolblei en blankvoorn) vertonen één of meerdere duidelijke perioden waarin ze in hogere aantallen gevangen werden. Brasem heeft één uitgesproken vangstspiek tijdens de bemonsteringen ($n>40$), kolblei heeft er twee en blankvoorn liefst vijf (figuur 9). De vierde vissoort welke in voldoende aantallen gevangen werd, is paling. Van deze soort werd ook één zeer duidelijke piek genoteerd ($n=149$), namelijk op 24 november (merk op dat de absolute aantallen een veelvoud betrokken aangezien niet op alle vijzels gemaalfuiken aangebracht werden). Deze vangstspiek stond heel duidelijk in verband met gerichte stroomafwaartse (schier-)aalmigratie. Eens volwassen wordt de trek van zilverpaling naar zee in het najaar gestimuleerd door een verhoogde rivieraafvoer (Durif & Elie 2008). Figuur 10 toont duidelijk dat deze stroomafwaartse migratie van schieraal samenvalt met een periode van hoge waterafvoer ('trigger') na een langere periode van lagere afvoer. Ondanks dat er in de daaropvolgende dagen nog verschillende keren veel en langdurig werd gepompt, konden er om veiligheids- en praktische redenen geen bemonsteringen meer uitgevoerd worden tussen 25 november en 7 december 2009. De potentiële palinguittrek in deze periode kon bijgevolg niet verder onderzocht worden. Een poldersysteem wordt doorgaans niet gekenmerkt door een continue gravitaire afvoer van water, dan wel door periodieke afvoer in functie van het te handhaven waterpeil. Verhoogde neerslag veroorzaakt een verhoogde pompectiviteit, en dus ook een tijdelijke stroomafwaartse waterstroming. Acou et al. (2008) vonden ook een

verhoging van de stroomafwaartse schieraaltrek na een regenperiode in een artificieel stuwwater. De zo veroorzaakte waterstroming zou de schieralen oriëntatie verschaffen.

Van een aantal soorten wordt een lengte-frequentiedistributie grafisch weergegeven in figuren 11 tot en met 13. Deze figuren geven een beeld van de lengteverdeling en de respectieve aantallen welke het gemaal gepasseerd zijn. Alleen van kolblei werden de meeste leeftijdsklassen in beide gemaalnetten aangetroffen. Voor zowel brasem, blankvoorn als snoekbaars geldt dat vooral juveniele vissen werden gevangen. De stroomafwaarts trekkende palingen bestaan voornamelijk uit vrouwelijke individuen aangezien het merendeel een lengte boven 40 centimeter heeft (Beullens et al. 1997, Klein Breteler 2005). Er zijn sterke wetenschappelijke argumenten om aan te nemen dat de sex ratio bij paling bepaald wordt door omgevingsfactoren (Colombo 1996). Andrew & Donald (2005) stellen dat een hogere vertegenwoordiging van vrouwelijke paling zou kunnen ontstaan door lagere densiteiten (mannelijke exemplaren zijn dominant aanwezig bij hogere densiteiten) of door een minder gunstig opgroeihabitat. Ook hormonaal actieve stoffen zoals oestrogenen hebben een sterk effect op de ongedifferentieerde ambigue jonge palingen en zouden de sex ratio laten overhellen naar de kant van de vrouwtjes. Het is niet uit te sluiten dat de mannelijke palingen de polder al eerder verlaten hebben omdat dit fenomeen al eerder gerapporteerd werd (Klein Breteler 2005). Op basis van uitwendige kenmerken (oogdiameters, lengte pectorale vin, totale lengte en gewicht) werd een verdeling uitgerekend naar Durif et al. (2009). Deze 'silver index' resulteert in een groep residente wifjes (dus geen schieraal, wel gele aal) die meer dan de helft van de gevangen palingen vertegenwoordigt. Daarnaast werd er 12% als 'sexueel ongedifferentieerd' geklasseerd en de overige 34% vertoonde karakteristieken van schieraal (zilverpaling). In deze groep zitten ook vrouwelijke 'pre-migratorische' dieren. Deze beginnen al gonadotrofines aan te maken en vertonen een verminderde voedselopname, terwijl de hormonenspiegel bij de migratorische wifjes al veel hoger is en het spijsverteringskanaal reeds gedegeneerd is. Van deze groep bestond slechts één derde uit mannetjes. Er worden bij de mannelijke paling slechts twee fasen onderscheiden omdat het schier worden en sexuele differentiatie gelijktijdig plaatsvinden (Durif et al. 2009). Het aantal van de berekening volgens Durif (een 20-tal) komt vrij goed overeen met het eerste groepje uit de LF-curve dat piekte rond 400mm (n=24, zie figuur 13).

4.3 Visschade

Kunst et al. (2008) rapporteerden al uitgebreid over de visvriendelijkheid van gemalen in Nederland. In Vlaanderen werd tot voor kort nog geen uitgebreid onderzoek gedaan naar de aanwezige pompgemalen en hun effecten op de plaatselijke visgemeenschap. Germonpré et al. (1994) gaven een eerste aanzet voor het onderzoek naar de schadelijkheid van gemalen voor vissen in Vlaanderen. Recent werd er een uitgebreid onderzoek gedaan naar de schadelijkheid van een schroefpompgemaal door Buysse et al. (2010).

Het Isabellagemaal zal in de nabije toekomst een grondige opknapbeurt ondergaan waarbij ook de vijzels zullen aangepast worden om ze visvriendelijker te maken. Het is daarom interessant om deze studie te gebruiken als referentiesituatie bij een latere evaluatie van de aangepaste vijzels. Visschade, veroorzaakt door vijzels, wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door het inslaand begindeel van de vijzel en door contact met bewegende delen (ruimte tussen vijzel en behuizing) onderweg (Kunst et al. 2008).

De verschillende verwondingen worden onderverdeeld naar hun oorsprong. Bij verschillende types pompgemalen kunnen vissen schade oplopen bij het inzuigen, door turbulentie en plotse drukverschillen, door aanraking met de mechanische delen van het opvoerwerk en door cavitatie (het ontstaan van holten in snel stromende vloeistoffen, die mechanische

erosie veroorzaken, komt vaak voor bij pompen in de vorm van gas- of luchtbellen). Cavitatie kan bij vissen leiden tot het exploderen van gevoelige weefsels zoals bloedvaten (Kunst et al. 2008). Meestal echter worden opvoerwerken zo gedimensioneerd dat deze verschijnselen niet optreden om vroegtijdige slijtage van bepaalde onderdelen te voorkomen. Vijzelgemalen veroorzaken geen drukverschillen omdat ze atmosferisch werken.

4.3.1 Schadepercentage in functie van lichaams grootte en vissoort

Figuren 16 tot 19 geven een beeld van de mortaliteit in functie van de lichaamslengte (vorklengte) van de meest aangetroffen vissoorten in de gemaalfuiken. De mortaliteit werd berekend volgens het **minimale scenario**. Dit mortaliteitsscenario incorporeert dus enkel vissen die effectief dood of stervende zijn. Globaal gezien zijn er geen opmerkelijke verschillen in mortaliteit tussen de kleine en de grote vijzel. De data voor beide vijzels worden hieronder dan ook uitgedrukt in een gemiddelde van de grote en de kleine vijzel.

De mortaliteit bij de drie dominante karperachtige soorten (blankvoorn, brasem en kolblei) lijkt soortspecifiek. De gemiddelde minimale sterfte is het laagst bij blankvoorn (7%). Slechts 1 individu groter dan 100mm (n=31) werd gedood. De gemiddelde minimale sterfte bij de gevangen kolblei bedraagt 15% en bij brasem zelfs 36%. Er is dus 5 keer meer sterfte bij brasem dan bij blankvoorn. Brasem heeft een hogere lichaamsbouw dan blankvoorn, wat een mogelijke verklaring kan zijn. Zowel bij brasem als kolblei lijkt de mortaliteit niet beïnvloed te worden door de lichaamslengte zoals bij blankvoorn. De sterfte van paling na passage van het Isabellagemaal bedraagt 17%. Om de relatie tussen lichaamslengte en mortaliteit te kunnen beoordelen voor paling werden er te weinig kleine exemplaren gevangen. Kunst et al. (2008) geven sterftecyclages in dezelfde grootteorde voor een klein poldergemaal met vijzels ($30\text{m}^3/\text{min}$), namelijk een gemiddeld sterftecyclage van 20% voor zowel schubvissen als voor paling.

4.3.2 Typerende visschade voor het Isabellagemaal

De schade die kan voorkomen bij vissen die een opvoerconstructie zijn gepasseerd, worden ingedeeld in een aantal schadeklassen:

- Onthoofd of volledig doormidden
- Snijwond
- Duidelijke vinschade
- Duidelijk schubverlies
- Zwelling/Kneuzing/Bloeding
- Niet zichtbaar beschadigd

De visschade die de twee vijzels veroorzaakten tijdens de onderzoeksperiode in Boekhoute beperkte zich tot 4 van de 5 effectieve schadeklassen. Er werd geen enkele vis aangetroffen welke onthoofd of geheel doormidden was na passage door de vijzels. Bij bijna de helft van de vissen (45%) werd er schubverlies vastgesteld. Er werd speciale aandacht besteed aan maatregelen om schubverlies te voorkomen bij de behandeling van de vissen (knooploos want en het voorzichtig legen van de fuik).



Figuur 22: Snijwond en schubverlies bij brasem (links boven), vinschade bij blankvoorn (rechts boven), kneuzing/bloeding bij brasem (links en rechts onder).

4.4 Impact van het gemaal op de stroomafwaartse palingmigratie

4.4.1 Directe mortaliteit en uitgestelde sterfte

De mortaliteit bij paling gebeurt net als bij alle andere vissoorten op basis van de uitwendige vastgestelde verwondingen. We kunnen een duidelijke scheidingslijn trekken tussen levend of dood na de passage van het vijzelgemaal. Op basis hiervan werd de minimale sterfte berekend volgens het gelijknamig scenario. In het '**minimale scenario**' wordt echter geen rekening gehouden met 'uitgestelde mortaliteit'.

Buiten individuen die direct na de passage van het gemaal dood in de gemaalfuik aangetroffen werden, waren er ook levende dieren met uitwendige verwondingen. De ernst van deze verwondingen met betrekking tot hun verdere overlevingskansen is echter moeilijk in te schatten. Bepaalde verwondingen zoals kneuzingen, inwendige bloedingen en vooral breuken van de ruggenwervel lijken de kans op uitgestelde sterfte sterk te verhogen. Vis et al. (2011) toonden aan dat uitgestelde sterfte bij een groep schieraal aanzienlijk hoger was na passage van een waterkrachtcentrale in vergelijking met de passage van een controlegroep die over de naastgelegen stuwdam zwom. Waar de sterfte bij de schieraal die over de stuwdam migreerde meestal vrij snel stabiliseert (dus directe sterfte), wordt er melding gemaakt van een verhoogde mortaliteit tot 28% ten opzichte van de groep die over de stuwdam ging. Zelfs na stroomafwaartse migraties van meer dan 100 km werd uitgestelde sterfte aangetoond.

In het 'intermediair scenario' wordt wel een beoordeling gemaakt voor wat betreft de overlevingskansen van verwonde vissen. Bij overlevende palingen werd nauwelijks vinschade en geen schubverlies vastgesteld. Van palingen met een "zwelling/kneuzing/bloeding" wordt aangenomen dat zij uiteindelijk zullen sterven. Gezien de lange tocht die de schieraal nog moet afleggen naar zijn voortplantingsgronden, lijkt het intermediair scenario hier de meest realistische cijfers te geven. De mortaliteitspercentages die berekend werden volgens het intermediaire scenario zijn **16%** (grote vijzel) en **19%** (kleine vijzel). Het aantal dat er bijkomt ten opzichte van het gebruikte minimaal scenario betreft individuen met kneuzingen, bloedingen of zware krassen. Er wordt verondersteld dat deze dieren niet meer over een optimale conditie beschikken om hun tocht naar de paaggronden met succes af te ronden en dus vroeger zullen sterven.



Figuur 23: Kneuzing/bloeding (eventueel ook breuk van de wervelkolom) bij paling (links), en hetzelfde letsel bij een ander individu waarbij het wel duidelijk is dat er een breuk is; het staartgedeelte is al afgestorven. Deze paling zal de doortocht door het gemaal niet overleven.

Naast deze fatale verwondingen werden ook typische 'krassen' vastgesteld. Bij schubvissen zouden deze leiden tot schubverlies, maar het is onduidelijk of paling hierdoor in de problemen komt. Sommige 'krassen' lijken meer dan enkel een oppervlakkige verwonding en tonen onderliggende kneuzingen. De oorzaak van deze letsen zou kunnen zijn dat passerende palingen tussen de vijzel en het omhulsel terecht komen.



Figuur 24: 'Gekraste' paling waarbij op de linkerfoto ook kneuzingen te zien zijn.

4.4.2 Omvang van de palinguittrek in relatie tot afvoer

Gedurende de bemonsteringsperiode in het najaar van 2009 werden er 179 palingen gevangen in de twee gemaalnetten. Uitzonderlijk kon de potentiële palinguittrek in de periode tussen 25 november en 7 december 2009 niet onderzocht worden omwille van veiligheids- en praktische redenen. Tijdens de bemonsteringsperiode werd er 2,5 miljoen kubieke meter water uit de polder gepompt door de twee onderzochte vijzels (en gefilterd door de gemaalfuiken). Omgerekend geeft dit 0,032 gram paling per kubieke meter afgevoerd water. Als we deze factor doorrekenen naar het totaal afgevoerd debiet dan resulteert dat in 355 kg paling in het najaar van 2009 dat het Isabellagemaal passeerde. Rekening houdend met de berekeningen naar Durif et al. weten we dat 34% van de paling schierenmerken vertoont. Dat betekent dat er in het najaar ongeveer 120 kg schieraal uit de polders trekt via het Isabellagemaal. Gemiddeld gaan we uit van een sterftecpercentage van 17%, wat neer komt op ruim 20 kg schieraal.

5 Besluit

Tot voor kort was er maar weinig geweten over de werkelijke omvang van de schade die verschillende types pompgemalen aan visgemeenschappen toebrengen. Omdat pompgemalen een belangrijk puzzelstuk zijn in het herstel van vrije vismigratie in Vlaanderen werden ze recent allemaal geïnventariseerd en worden de verschillende types geëvalueerd op schadelijkheid. Uit de inventarisatie blijkt dat er in Vlaanderen 153 pompgemalen zijn, inclusief 34 gemalen met vijzels (Stevens et al. in prep.).

Voorliggende studie evolueert de impact van een 'vijzelgemaal' (inclusief een grote en kleinere vijzel) op de visgemeenschap in het Leopoldkanaal. In een voorafgaand gelijkaardig onderzoek werd een 'schroefpompgemaal' grondig bestudeerd (Buyse et al. 2010). Op basis van de onderzoeksresultaten worden antwoorden geformuleerd op de vooropgestelde onderzoekshypotheses.

Dit resultaten (Tabel 6 & 7) tonen dat **vijzelgemalen niet** volledig **visveilig** zijn. Niettegenstaande meer dan een derde van al de gepasseerde vissen geen uitwendige verwonding vertoonden en er geen enkele vis onthoofd werd, werd bij ongeveer de helft van de vissen schubverlies vastgesteld. Iets meer dan 10% van de opgevijzelde vissen vertoonde een zwelling of kneuzing, welke vaak gepaard ging met inwendige bloedingen. De berekende minimale mortaliteit voor schubvissen varieerde van 7% (blankvoorn) over 15% (kolblei) tot 36% (brasem).

Ook voor wat de **katafroze paling** betreft, die verplicht stroomafwaarts moet migreren langs de **grote of kleinere vijzels** van het gemaal om zijn voortplantingsgronden te bereiken, kan **geen veilige stroomafwaartse migratie** gegarandeerd worden. Het gemiddelde intermediaire **sterftepercentage voor paling** na passage over één van beide vijzels is zelfs relatief vrij **hoog** en werd vastgesteld op **17%**. Omgerekend voor het hele gemaal gedurende de onderzoeksperiode in het najaar van 2009 resulteert dat in de sterfte van een kleine 10 kg schieraal (op een uittrek van 50 kg schieraal). Daarnaast is er uiteraard ook sterfte van migrerende gele paling, vermits twee derde van de gevangen paling gele paling betrof. Bij een aantal levende palingen werden ernstige kneuzingen vastgesteld. Deze kneuzingen gingen vaak samen met een breuk van de ruggenwervel. Andere typische schade aan paling waren krassen, al dan niet met inwendige bloedingen. De huidige palingbeheerplannen streven naar een schieraaluittrek van 40% ten opzichte van de initiële natuurlijke situatie. Daarom is het raadzaam om volledig visveilige vijzels te bouwen bij de renovatie of nieuwbouw van vijzelgemalen.

In dit onderzoek werden een grote vijzel ($3,6 \text{ m}^3/\text{s}$) en een kleinere vijzel ($1,2 \text{ m}^3/\text{s}$) onderzocht. Ondanks meldingen dat grotere vijzels een lagere mortaliteit veroorzaken dan kleine tonen de resultaten uit dit onderzoek **geen opmerkelijke verschillen in mortaliteit veroorzaakt door respectievelijk de grote en kleinere vijzel** (Tabel 6).

Tabel 6: Vergelijking van de minimale sterftepercentages voor blankvoorn, kolblei en brasem en het intermediaire sterftepercentage (*) voor paling na passage door respectievelijk een grote ($3,6 \text{ m}^3/\text{s}$) en een kleinere vijzel ($1,2 \text{ m}^3/\text{s}$) van het Isabellagemaal.

	Sterftepercentage	
	Kleine vijzel	Grote vijzel
Blankvoorn	5 %	17 %
Kolblei	22 %	12 %
Brasem	25 %	39 %
Paling	19 %*	16 %*

Vergelijking van de resultaten van de studies naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een gemaal met respectievelijk schroefpompen en vijzels toont dat vijzelgemalen minder sterfte veroorzaken bij karperachtigen en paling. **Vijzelgemalen zijn bijgevolg visvriendelijker dan schroefpompgemalen.**

Tabel 7: Vergelijking van de gemiddelde minimale sterftepercentages voor blankvoorn, kolblei en brasem en het intermediaire sterftepercentage (*) voor paling na passage door een gemaal met vijzels en schroefpompen (Buysse et al., 2010).

	Sterftepercentage	
	Vijzel (Isabellagemaal)	Gesloten schroefpomp (Spiedamgemaal)
Blankvoorn	7 %	44 %
Kolblei	15 %	40 %
Brasem	36 %	44 %
Paling	17,5 %*	97,5 %*

Literatuurlijst

- Acou, A., Laffaille, P., Legault, A. and Feunteun, E. (2008). Migration pattern of silver eel (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river system. *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 432-442. doi: 10.1111/j.1600-0633.2008.00295.x
- Andrew, D. & Donald, J. (2005). Sex Determination in Freshwater Eels and Management Options for Manipulation of Sex. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15, 1; 37-52. doi: 10.1007/s11160-005-7431-x
- Beullens, K., Eding, E.H., Ollevier, F., Komen, J., & Richter, C.J.J. (1997). Sex differentiation, changes in length, weight and eye size before and after metamorphosis of European eel (*Anguilla anguilla* L.) maintained in captivity. *Aquaculture*, 153, 1-2; 151-162. doi: 10.1016/S0044-8486(97)00019-7
- Buyssse, D., Stevens, M., Mouton, A., Gelaude, E., Baeyens, R., Martens, S., Jacobs, Y. & Coeck, J. (2010). Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een gemaal met schroefpompen: Spiedamgemaal (Rieme). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2010 (INBO.R.2010.44). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Colombo, G. & Grandidr, G. (1996). Histological study of the development and sex differentiation of the gonad in the European eel. *Journal of Fish Biology*, 48: 493-512. doi: 10.1111/j.1095-8649.1996.tb01443.x
- Durif C. & Elie P. (2008). Predicting downstream migration of silver eels in a large river catchment based on commercial fishery data. *Fisheries Management and Ecology* 15, 127-137.
- Durif, C., Guibert, A. & Elie, P. (2009). Morphological discrimination of the silverying stages of the European eel. In: Casselman, J.M., Cairns, D.K. (eds) *Eels at the edge: science, status, and conservation concerns*. American Fisheries Society Symposium 58: 103-111. Bethesda, Maryland.
- Klein Breteler, J.G.P. (2005). Kennisdocument Europese aal of paling, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 11. OVB / Sportvisserij Nederland, Bilthoven
- Kunst, J.M., Spaargaren, B., Vriese, T., Kroes, M., Rutjes, C., van der Pouw Kraan, E. & Jonker, R.R. (2008). Gemalen of vermalen worden. Onderzoek naar visvriendelijkheid van gemalen. Grontmij Nederland bv, De Bilt, I&M-99065369-MK.
- Odeh, M., Noreika, J.F., Haro, A., Maynard, A. & Castro-Santos, T. (2002). U.S. Geological Survey, Glenn F. Cada - Oak Ridge National Laboratory, 2002, Evaluation Of The Effects Of Turbulence On The Behavior Of Migratory Fish, Final Report 2002, Report to Bonneville Power Administration, Contract No. 00000022, Project No. 200005700, 55 electronic pages (BPA Report DOE/BP-00000022-1).
- Stevens M., Buyssse, D., Van den Neucker, T., Mouton, A., Gelaude, E., Baeyens, R., Martens, S., Jacobs, Y. & Coeck, J. (in prep.). Wetenschappelijke ondersteuning van de uitvoering van het palingbeheerplan: inventarisatie van pompgemalen en van de technische karakteristieken en waterbeheersaspecten van prioritaire zout-zoetovergangen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Brussel.
- Vis, H., Spierts, I.L.Y. & Kemper, J.H. (2011). Migratiegedrag van schieraal in de Maas: najaar 2010. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2010_10.

Lijst van tabellen

Tabel 1: Overzicht van de totale vangst.....	17
Tabel 2: Overzicht van de totale vangst.....	18
Tabel 3: Aantal gemeten individuen, lengterange en gemiddelde lengte per vissoort (grote vijzel).....	23
Tabel 4: Aantal gemeten individuen, lengterange en gemiddelde lengte per vissoort (kleine vijzel).....	23
Tabel 5: Overzicht van de verdeling van het totaal aantal vastgestelde verwondingen per schadeklasse.	25
Tabel 6: Vergelijking van de minimale sterftepercentages voor blankvoorn, kolblei en brasem en het intermediaire sterftepercentage (*) voor paling na passage door respectievelijk een grote ($3,6 \text{ m}^3/\text{s}$) en een kleinere vijzel ($1,2 \text{ m}^3/\text{s}$) van het Isabellagemaal.	33
Tabel 7: Vergelijking van de gemiddelde minimale sterftepercentages voor blankvoorn, kolblei en brasem en het intermediaire sterftepercentage (*) voor paling na passage door een gemaal met vijzels en schroefpompen (Buyse et al., 2010).	34

Lijst van figuren

Figuur 1: Situering van het afwateringsgebied van het Isabellagemaal in Vlaanderen	10
Figuur 2: Uitstroomzijde van het Isabellagemaal met terugslagkleppen (links) en stroomopwaartse inlaten met vuilroosters (rechts).	11
Figuur 3: Grote vijzel (links) en drijfconstructie om drijvend materiaal af te leiden naar pompen waar geen gemaalfuik achter zit.....	11
Figuur 4: Installatie van de gemaalfuik voor de grote vijzel (links) en de gemaalfuik voor de kleine vijzel op de oever (rechts).....	12
Figuur 5: Beide fuiken tijdens bemonstering (links) en het opkrikken van het fuikkader van de grote vijzel (rechts).....	13
Figuur 6: Deze vissen passeerden de grote vijzel; links palingen, centraal kolblei en rechts snoek.....	17
Figuur 7: Procentuele verdeling van de vangst na passage door de grote vijzelpomp (links aantallen en rechts biomassa, n=1024).....	18
Figuur 8: Procentuele verdeling van de vangst na passage door de kleine vijzelpomp (links aantallen en rechts biomassa, n=898).	19
Figuur 9: Evolutie van de vangstaantallen in de netten van de grote en kleine vijzel van de 4 meest gevangen soorten gedurende de bemonsteringsperiode.....	19
Figuur 10: Vangstaantallen van paling in de gemaalfuiken (gele balkjes, logaritmische schaal) en het totaal verpompte debiet door het gemaal (tijdens piekafvoeren tussen 25 november en 7 december 2009 werd niet bemonsterd).	20
Figuur 11: Lengtefrequentieverdelingen van de gevangen kolblei (links) en brasem (rechts) ...	20
Figuur 12: Lengtefrequentieverdelingen van de gevangen blankvoorn (links) en snoekbaars (rechts).....	21
Figuur 13: Lengtefrequentieverdeling van de gevangen paling.....	21
Figuur 14: Opdeling van de gevangen paling naar levensstadium en geslacht (n=173).	22
Figuur 15: Geslachtsverdeling van de schierende paling (n=59).....	22
Figuur 16: Minimaal sterftepercentage van blankvoorn per lengteklas, vergeleken tussen de kleine (links) en grote vijzel (rechts).	23
Figuur 17: Minimaal sterftepercentage van brasem per lengteklas, vergeleken tussen de kleine (links) en grote vijzel (rechts).....	24
Figuur 18: Minimaal sterftepercentage van kolblei per lengteklas, vergeleken tussen de kleine (links) en grote vijzel (rechts).....	24
Figuur 19: Minimaal sterftepercentage van paling per lengteklas, vergeleken tussen de kleine (links) en grote vijzel (rechts).....	25
Figuur 20: Sterftecantages berekend volgens de verschillende scenario's voor de vier dominante vissoorten die de kleine vijzel passeeerden.....	26
Figuur 21: Sterftecantages berekend volgens de verschillende scenario's voor de vier dominante vissoorten die de grote vijzel passeeerden.	26
Figuur 22: Snijwond en schubverlies bij brasem (links boven), vinschade bij blankvoorn (rechts boven), kneuzing/bloeding bij brasem (links en rechts onder) en.....	30

Figuur 23: Kneuzing/bloeding (eventueel ook breuk van de wervelkolom) bij paling (links),
en hetzelfde letsel bij een ander individu waarbij het wel duidelijk is dat er een
breuk is; het staartgedeelte is al afgestorven. Deze paling zal de doortocht door
het gemaal niet overleven31

Figuur 24: 'Gekraste' paling waarbij op de linkerfoto ook kneuzingen te zien zijn.31