




Vlaanderen
is wetenschap

Aanbevelingen voor palingmigratie langs twee gemalen in de Bethoostersche Broecken

Pieterjan Verhelst, Lore Vandamme, David Buysse, Nico De Maerteleire, Sébastien Pieters,
Diederik Rosseel, Simon Plaetinck en Johan Coeck

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

[Pieterjan Verhelst](#) , Lore Vandamme, David Buysse, Nico De Maerteleire, Sébastien Pieters, Diederik Rosseel, Simon Plaetinck, Johan Coeck
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Reviewers:

Marieke Desender

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

Vestiging:

Herman Teirlinckgebouw
INBO Brussel
Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel
vlaanderen.be/inbo

e-mail:

pieterjan.verhelst@inbo.be

Wijze van citeren:

Verhelst P., Vandamme L., Buysse D., De Maerteleire N., Pieters S., Rosseel D., Plaetinck S., Coek J. (2024). Aanbevelingen voor palingmigratie langs twee gemalen in de Bethoostersche Broecken. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (57). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
DOI: doi.org/10.21436/inbor.115466703

depotnr: D/2024/3241/409

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (57)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

de Provincie West-Vlaanderen



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

AANBEVELINGEN VOOR PALINGMIGRATIE LANGS TWEE GEMALEN IN DE BETHOOSTERSCHE BROECKEN

**Pieterjan Verhelst, Lore Vandamme, David Buysse, Nico De Maerteleire,
Sébastien Pieters, Diederik Rosseel, Simon Plaetinck, Johan Coeck**

doi.org/10.21436/inbor.115466703

DANKWOORD/VOORWOORD

We danken graag Daniel Vermander en Chantal Logghe van de polder 'Bethoostersche Broecken' voor de constructieve hulp bij het verlenen van toegang tot de pompgemalen van Esen en Werken, en bij de installatie van de goten. Ook de uitnodiging voor de schouwing van de polders was via deze weg een heel leerzame dag en werd sterk geapprecieerd.



AANBEVELINGEN VOOR BEHEER EN/OF BELEID

1.1 STROOMOPWAARTSE PALINGMIGRATIE

Beide palinggoten bleken effectief in het vangen van stroomopwaarts migrerende jonge palingen. In beide goten liep de vangst in de honderdtallen: aan het gemaal van Esen werden 1611 palingen gevangen en aan Werken 232. Bij het gemaal van Esen was de vangst dus zeven keer hoger dan aan het gemaal van Werken. We raden aan om een **permanente palinggoot** te voorzien waarbij de hoogste prioriteit naar het gemaal van Esen gaat, mits een veilige stroomafwaartse migratie gerealiseerd kan worden (zie volgende hoofdstuk).

1.2 STROOMAFWAARTSE PALINGMIGRATIE

De randvoorwaarde voor de installatie van permanente palinggoten is dat er een veilige terugweg naar zee gegarandeerd wordt. De meest visveilige optie is door gravitaire afwatering te stimuleren en dus de gemalen zo weinig mogelijk te activeren op het moment dat palingen naar zee migreren, waardoor er geen kans is op sterfte door het gemaal. Die migratie vindt hoofdzakelijk plaats van **oktober tot en met januari**, maar kan ook al in de zomer beginnen bij extreem natte weersomstandigheden. Indien gravitaire afwatering niet mogelijk is, kunnen traditionele, niet-visveilige pomptypes vervangen worden door visveilige pomptypes. De visveilige pomptypes verschillen naargelang het traditionele pomptype en in dit studiegebied volgens het gemaal.

Het **gemaal van Esen** bestaat uit een klassieke (halfopen) vijzel met een geschatte vissterfte van 15 – 20% voor paling en 5 – 40% voor karperachtigen. Het gemaal heeft ook een traditionele axiaalpompe, maar die draait zelden. Het visveilige alternatief voor de klassieke vijzel is een buisvijzel met een vissterfte van < 5% voor paling en < 7% voor karperachtigen. Indien er bekomen kan worden om het gebied zoveel mogelijk gravitair te ontwateren, waardoor de pomp weinig in werking wordt gesteld, kan het een oplossing bieden om rubberen strips op de schroeven van de klassieke vijzel te plaatsen om de opening tussen de schroeven en de behuizing te verkleinen. Dit resulteert in een vissterfte van < 5% voor paling en < 10% voor karperachtigen. Het nadeel van de rubberen strips is dat ze verslijten en jaarlijks gecontroleerd moeten worden. Maar indien het gemaal onder een aangepast waterbeheer beperkt draait, kan dit een mogelijke, goedkopere oplossing zijn.

Het **gemaal van Werken** bestaat uit twee traditionele axiaalpompen. Deze veroorzaken een sterfte van 97% bij paling en 60% bij karperachtigen, en zijn dan ook extreem nefast voor migrerende vissen. Ook hier is de beste optie om het gebied zoveel mogelijk gravitair te ontwateren voor veilige stroomafwaartse vismigratie. Indien dit niet kan, is de enige optie het installeren van een visveiligere axiaalpompe zoals die van Fairbank/Nijhuis of van Van Hooste. Hierdoor daalt de sterfte bij paling drastisch tot < 1%, maar voor karperachtigen blijft dit hoog bij de Fairbank/Nijhuis pompe, namelijk 27- 85%. De installatie van een Fairbank/Nijhuis axiaalpompe zorgt dus voor een veilige stroomafwaartse passage van paling, maar niet voor andere vissoorten. Voor de visveilige pompe van Van Hooste wordt in 2025 getest of ze ook voor andere soorten dan paling veilig is.



Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord	2
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	3
1 Inleiding	5
2 Methode	6
2.1 Studiegebied	6
2.2 Palinggoten	7
2.3 Data verzameling	8
3 Resultaten.....	10
4 Discussie	12
5 Referenties	16
6 Bijlage	18



1 INLEIDING

Polders bestaan uit productieve netwerkenstelsels van kleine tot grote waterlopen, die onder het zeeniveau liggen waardoor hun waterpeil streng beheerd moet worden om overstroming te voorkomen. Door recent langdurige droogte en het waterverbruik van een polder voor landbouw, drinkwater en huishoudens is het echter nodig om water zo lang mogelijk vast te houden zodat reserves aangevuld kunnen worden. Een polder wordt daarom gekenmerkt door verschillende water-regulerende structuren zoals pompgemalen, stuwen en sluizen. Deze structuren vormen voor migrerende vissen een obstakel, hierna een 'vismigratiebarrière' genoemd. In hun leven migreren namelijk heel wat vissoorten van de ene plaats naar de andere om hun levenscyclus te voltooien. De bekendste migraties zijn paaimigraties van en naar voortplantingsgebieden, maar vissen kunnen ook voor andere redenen migreren, zoals het opzoeken van overwinteringshabitat in het najaar.

Veel soorten migreren binnen zoetwater, maar een aantal migreert tussen zee en zoetwater om hun levenscyclus te voltooien; dit zijn de diadrome vissoorten. De Atlantische zalm (*Salmo salar*) is een van de bekendste en plant zich voort in zoetwater, maar groeit op in zee (i.e. anadrome levenscyclus), terwijl de Europese paling (*Anguilla anguilla*) het omgekeerde doet (i.e. katadrome levenscyclus): die wordt geboren in de Sargassozee in de Atlantische Oceaan en drijft vervolgens via zeestromen naar de Europese kust. Als glasaal trekt ze daarna onze zoete waterlopen op om er zich te vestigen en 5 – 20 jaar (of langer) op te groeien als gele paling, vooraleer ze terugkeert naar zee om zich voort te planten als zilver paling en tenslotte te sterven.

Polders vormen een uitstekend opgroeigebied voor paling en doordat ze dicht bij zee liggen, kunnen ze vrij snel gekoloniseerd worden door de jaarlijks arriverende glasalen (Verhelst et al. 2018). Echter, de water-regulerende structuren vormen vismigratiebarrières die niet passeerbaar zijn voor paling en andere vissoorten (Mouton et al. 2011; Buysse et al. 2014). Het saneren van deze vismigratiebarrières kan daarom bijdragen aan het herstel van de ernstig bedreigde palingpopulatie (Drouineau et al. 2018; Pike et al. 2020).

In de IJzer wordt sinds 2011 aangepast spui-beheer toegepast aan het Iepersas, de zeesluis tussen de IJzer en het IJzer-estuarium (Mouton et al. 2009). Wanneer de glasaal aan onze kust arriveert tussen 1 maart en 15 mei worden twee van de vijf overlaten van de spuisluis 20 cm op een kier gezet als het zeewaterpeil hoger is dan het polderpeil. Zo kan glasaal met het getij de polder inzwemmen onder een minimum aan binnengelaten zeewater. Uiteraard moet hiervoor aan randvoorwaarden voldaan worden om verzilting te voorkomen. Zo moet het zoutgehalte in de polders nauwlettend opgevolgd worden zodat een vooraf vastgelegde en onderbouwde grenswaarde niet overschreden wordt.

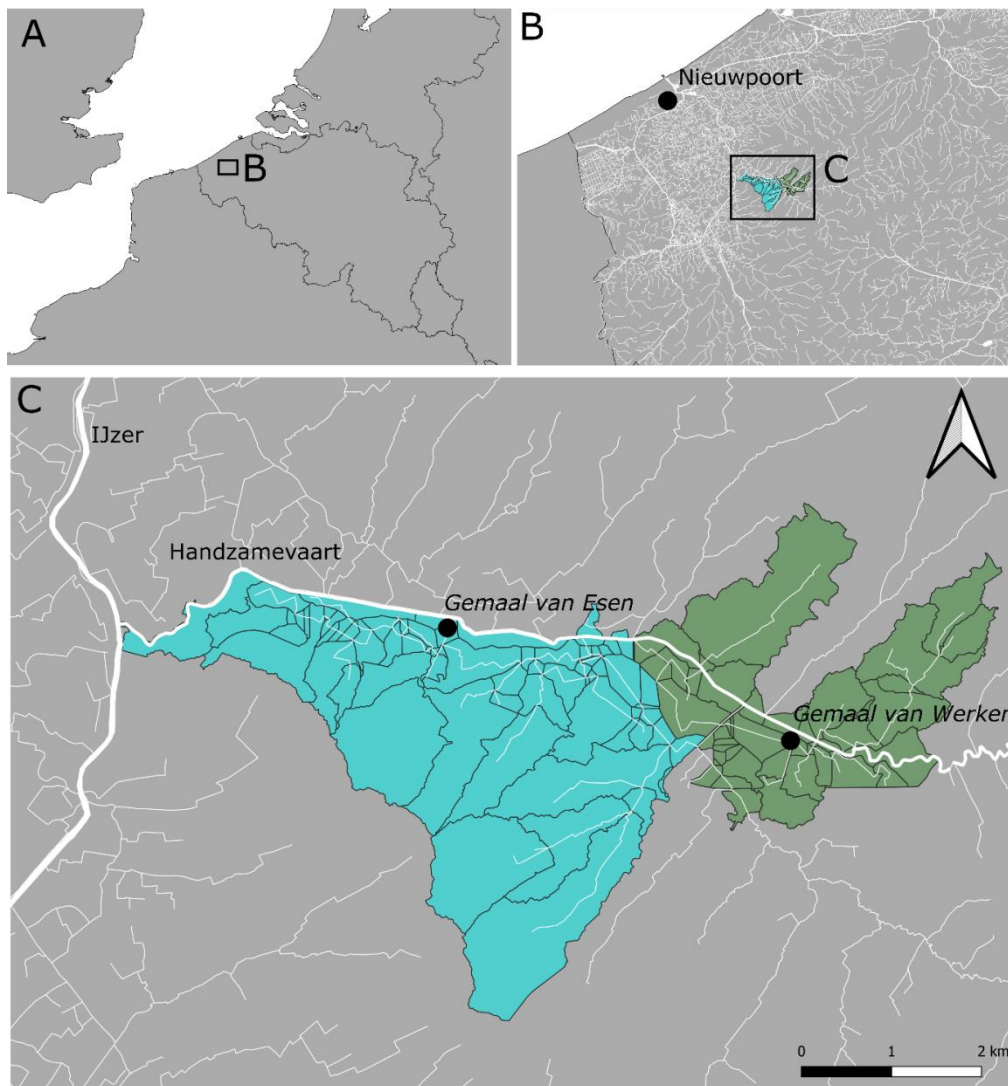
Eens in de IJzer komen glasalen en gele palingen (verder in de tekst algemeen vermeld als 'jonge paling') verschillende migratiebarrières verder landinwaarts tegen, zoals pompgemalen en stuwen. Een belangrijke zijbeek van de IJzer is de Handzamevaart. Deze ontwatert onder andere de Bethoostersche Broecken, een poldergebied in Diksmuide, Esen en Kortemark. De ontwatering van de polders in de Handzamevaart gebeurt via twee gemalen, namelijk het gemaal van Esen en het gemaal van Werken. In dit rapport beschrijven we het onderzoek naar de potenties van een palinggoot aan elk gemaal. Een palinggoot is een constructie die stroomopwaarts migrerende jonge palingen langs vismigratiebarrières kan helpen. Daarbij geven we aanbevelingen voor het beheer voor zowel stroomopwaartse palingmigratie, maar ook voor de stroomafwaartse migratie van de volwassen palingen die zich gaan voortplanten in zee.



2 METHODE

2.1 STUDIEGEBIED

De Bethoostersche Broecken zijn een polder in Diksmuide, Esen en Kortemark op 2,85 mTAW grondwaterpeil. Het gebied wordt afgewaterd via twee gemalen naar de Handzamevaart dat op 3,14 mTAW ligt, namelijk het gemaal van Esen en het gemaal van Werken (Fig. 1). Het gemaal van Esen heeft een bemalingsgebied van 1281 ha en het gemaal van Werken 676 ha. De Handzamevaart staat in open verbinding met de IJzer en ontwatert het gebied via de Ganzepoot in Nieuwpoort naar zee. Het gemaal van Esen bestaat uit één vijzelpomp en één axiaalpompe; de axiaalpompe draait zelden (Fig. 2). Het gemaal van Werken heeft twee axiaalpompen met elk een debiet van 0,5 m³/s (Fig. 3). Beide gemalen hebben een schuif voor gravitaire afvoer.



Figuur 1. De situering van het bemalingsgebied onder invloed van het gemaal van Esen (blauw) en het gemaal van Werken (groen) in West-Vlaanderen. Beide gemalen ontwateren de polders in de Handzamevaart. De Handzamevaart staat in open verbinding met de IJzer en ontwatert het gebied via de Ganzepoot in Nieuwpoort naar zee.



Figuur 2. Het pompemaal van Esen (a) heeft een vijzelpomp (b)(uiterst rechts op foto a) en een traditionele axiaalpom (uiterst links op foto a); deze laatste draait zelden. In het midden zit een schuif voor gravitaire afvoer.



Figuur 3. Het gemaal van Werken bestaat uit twee axiaalpompen en een schuif voor gravitaire afwatering.

2.2 PALINGGOTEN

Op 19 maart 2024 was aan elk gemaal een palinggoot operationeel, die aan de zijde van de Handzamevaart op de oever geplaatst werd. De goot had een hoek van 35 graden, een lengte



van 3 m en werd bekleed met borstels met twee verschillende densiteiten (i.e. borstels op 20 mm van elkaar en borstels op 30 mm van elkaar) zodat jonge palingen met verschillende lengtes de goot konden opklimmen (**Fig. 4**). Via een pomp (Kärcher SP 11.000 Dirt waterpomp) werd water uit de polder landinwaarts van het gemaal over de goot gepompt. Dit water lokt de jonge palingen die een uitweg zoeken om het gemaal te passeren. Wanneer ze de lokstroom vinden, kunnen ze over de goot met de borstels omhoog klimmen. Aan het einde van de goot was een opvangbak voorzien waarin ze verzameld worden. Deze opvangbak werd één tot twee keer per week geleegd op dezelfde dag voor beide gemalen.



Figuur 4. De palinggoot aan het gemaal van Esen. Uit de blauwe darmen stroomt water vanuit de polder over de goot. De groene borstels vormen het substraat waarlangs jonge palingen omhoog kruipen om vervolgens in de grijze opvangbak terecht te komen.

2.3 DATA VERZAMELING

Na de installatie van de goten in maart werden de opvangbakken wekelijks geleegd tussen 22 maart en 3 juli. Daarbij werd elke paling individueel gemeten (totale lengte in mm) en gewogen. We maakten een onderscheid tussen twee levensstadia: glasaal en gele paling. Glasalen zijn doorzichtige palingen die net arriveren na hun oceanische migratie. Wanneer ze enige tijd in het zoetwater foerageren, krijgen ze een geelbruine kleur en worden ze gele palingen genoemd (**Fig. 5**). Glasaal werd tot op 0,01 gr nauwkeurig gewogen en gele paling tot op 0,1 gr. Indien er meer dan 100 palingen in de opvangbak zaten, werden de eerste 100 glasalen of gele palingen individueel gemeten en gewogen. Vervolgens werd het totaal gewicht per levensstadium



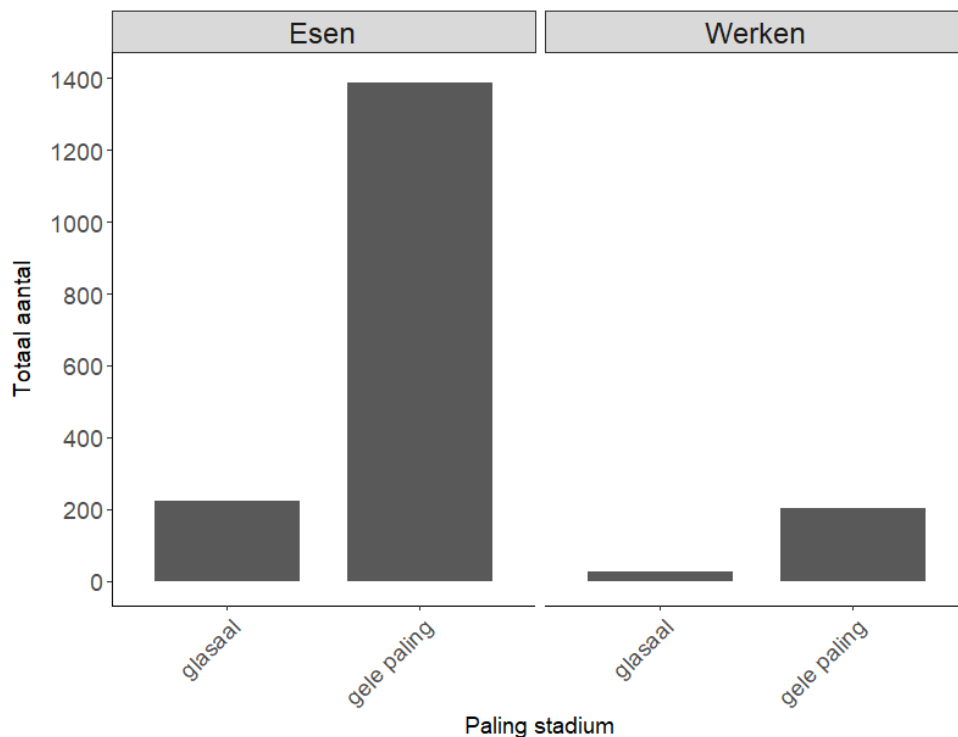
genomen. Deze methode laat ons toe om een inschatting te maken van het aantal stuks, wanneer het niet mogelijk was om alle vissen individueel op te meten. Zo'n situatie deed zich drie keer voor bij het gemaal van Esen, namelijk op 22 maart, op 9 april en op 29 mei. De gevangen palingen werden na het opmeten stroomopwaarts van het gemaal in de polder uitgezet. Merk op dat het onderscheid tussen een glasaal met vergevorderde verkleuring en een kleine gele paling niet altijd duidelijk af te lijnen is. Dit moeilijke onderscheid beïnvloedt echter niet onze conclusies.



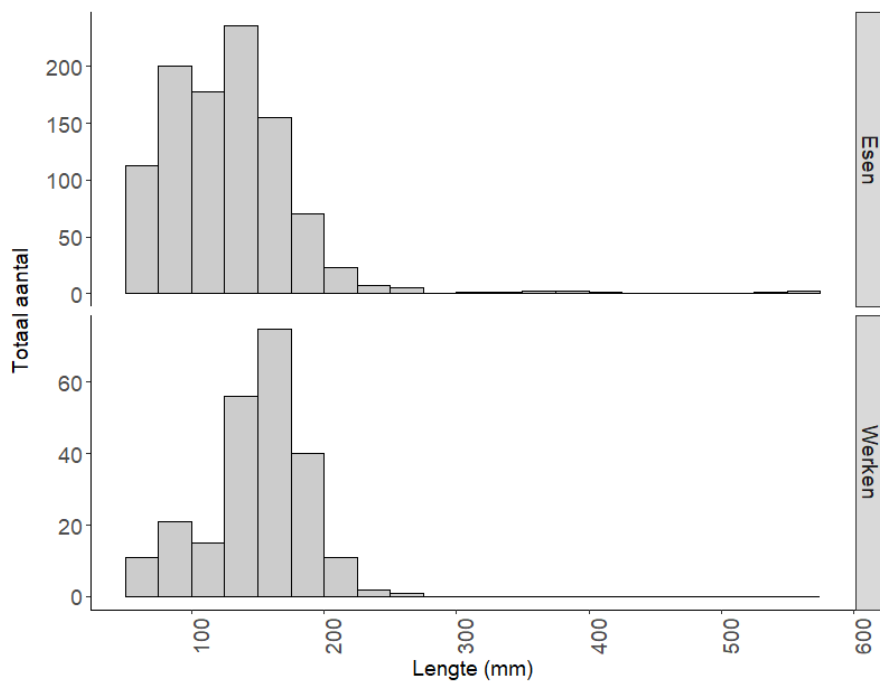
Figuur 5. De kleinste palingen zijn nog een beetje doorschijnend en vallen daarom nog onder het 'glasaal' stadium. De andere palingen hebben een bruingele kleur en behoren tot het 'gele paling' stadium.

3 RESULTATEN

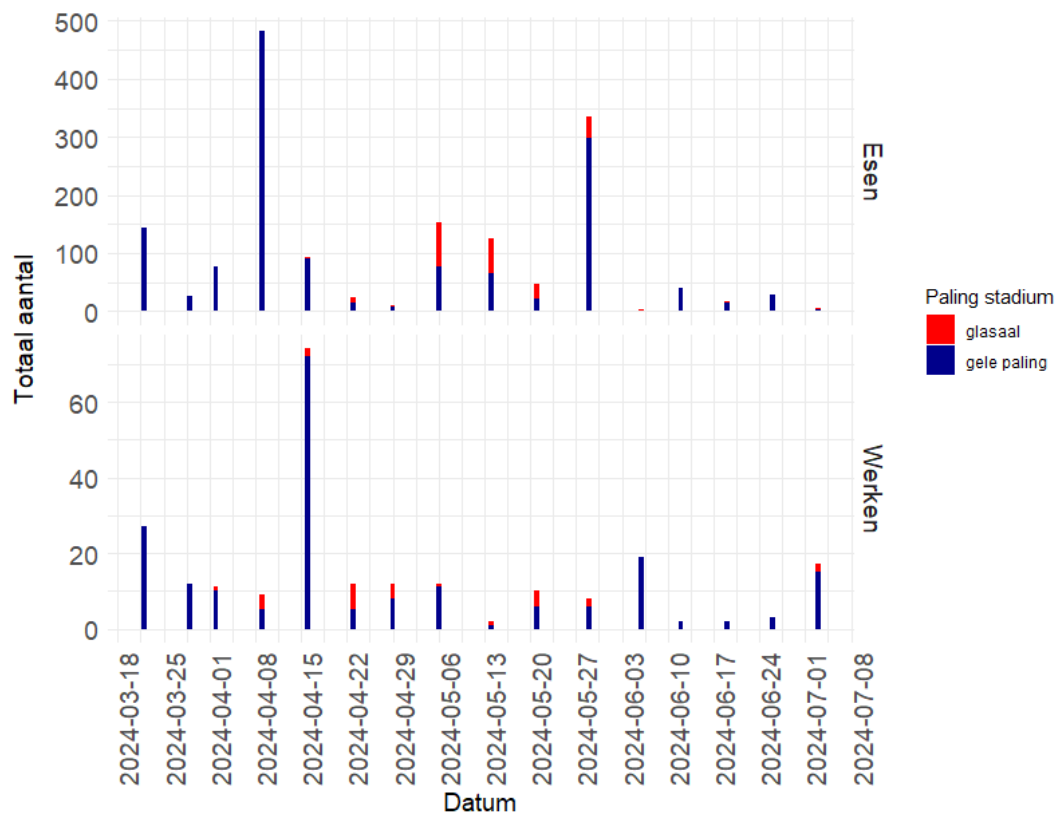
Tussen 22 maart en 3 juli werden in totaal 1843 palingen gevangen en in de polder vrijgelaten, landinwaarts ten opzichte van de gemalen in Esen en Werken. Aan beide gemalen werden honderden jonge palingen gevangen, maar in Esen was het aantal zeven keer hoger dan in Werken, namelijk 1611 palingen versus 232 palingen (**Fig. 6**). Aan beide gemalen bestond de vangst voornamelijk uit kleine gele palingen van minder dan 30 cm. De gemiddelde lengte van de palingen in Esen was kleiner dan in Werken (127 ± 51 mm en 149 ± 38 mm, respectievelijk). Echter, in Esen werden een aantal palingen tussen 30 en 60 cm gevangen (**Fig. 7**). Bij de eerste controle na de installatie van de palinggoten vonden we meteen gele palingen in beide goten. Daarna was de vangst wat lager om vervolgens een piek te maken rond begin – midden april, waarbij de piek aan het gemaal van Werken een week later viel dan in Esen (**Fig. 8**). Palingen in het glasaalstadium werden pas vanaf april gevangen in Werken en voornamelijk vanaf de laatste week van april en gedurende de maand mei aan beide gemalen. Tot op de laatste dag (3 juli) dat we de goten controleerden, ving we paling.



Figuur 6. Het totale aantal gevangen palingen volgens levensstadium (glasaal en gele paling) voor de palinggoten aan de gemalen van Esen en Werken.



Figuur 7. De lengte-frequentie distributie van de palingen gevangen aan de gemalen van Esen en Werken.



Figuur 8. De palingvangst aan de gemalen van Esen en Werken weergegeven over de tijd (wekelijks).

4 DISCUSSIE

Aan beide gemalen werden honderden jonge palingen gevangen, waarbij het aantal aan het gemaal van Esen zeven keer hoger was dan aan het gemaal van Werken. De vangst bestond voornamelijk uit kleine gele palingen en minder uit glasaal, wat er op wijst dat een groot deel van de paling het jaar nadat ze de IJzer optrokken als glasaal dieper de polder probeert in te trekken als gele paling. De gemalen genereren waarschijnlijk een lokstroom die stroomopwaarts migrerende paling aantrekt waardoor die aan het gemaal verzamelen. De palinggoten bleken een effectief middel om op zijn minst een deel van de jonge palingen voorbij het gemaal te helpen, zodat ze verder stroomopwaarts konden migreren om zich er te vestigen en op te groeien.

Tijdens ons onderzoek vonden we bij elk terreinbezoek palingen in de opvangbak. Dit is in lijn met eerder onderzoek, waaruit bleek dat jonge paling van februari tot en met oktober stroomopwaarts migreert. In de maanden november tot en met januari is de stroomopwaartse migratie veel beperkter, wat te wijten is aan de koude temperaturen (Environment Agency, 2023). We vonden echter wel een duidelijke piek van de vangst in de maand april. Deze piek kan seizoenaal verschillen en is waarschijnlijk afhankelijk van de weersomstandigheden (Van Wichelen et al., 2021). De resultaten van deze studie tonen aan dat palinggoten aan beide gemalen een effectieve maatregel kunnen zijn om paling stroomopwaarts in de polder te krijgen en zo toegang te geven tot geschikt opgroei-habitat. Daarom is het zeker zinvol om permanente palinggoten te installeren aan beide gemalen. Permanente palinggoten zijn gelijkaardig aan de experimentele goten die tijdens dit onderzoek geïnstalleerd werden: het gebruikte materiaal is duurzamer en er is meer oog voor regulier onderhoud. Het belangrijkste verschil is dat bij een permanente goot de optrekkende paling via een buis naar de andere kant van het gemaal geleid wordt i.p.v. opgevangen wordt in een bak. Hierdoor is geen menselijke tussenkomst nodig om de paling over te zetten. Het is wel aan te raden om een autonome monitoring op de palinggoot te plaatsen, bijvoorbeeld via een camera. Het INBO is momenteel bezig met een leidraad voor het ontwerp van permanente palinggoten met autonome monitoring in opdracht van ANB. Dit document zal in de loop van het najaar klaar zijn.

Het is echter heel belangrijk dat de jonge palingen die binnen gelaten worden later ook terug naar zee kunnen zwemmen om zich voort te planten. Wanneer de volgroeide palingen de gemalen moeten passeren in stroomafwaartse richting, is er een reële kans op sterfte bij passage door de verschillende pomptypes. We raden daarom aan om enkel permanente palinggoten te installeren indien een visveilige stroomafwaartse migratie gegarandeerd kan worden wanneer de palingen volgroeid zijn en naar zee migreren om zich voort te planten. Onderzoek heeft aangetoond dat bij klassieke (halfopen) vijzelpompen het sterftcijfer voor paling kan oplopen tot bijna 20% en dat klassieke axiaalpompen bijzonder schadelijk zijn voor palingen met sterftcijfers die kunnen oplopen tot 97% (Buysse et al., 2014). We raden daarom aan om de gebieden zoveel mogelijk gravitair af te wateren en het gebruik van de gemalen te beperken op het moment dat palingen zeewaarts migreren. Doorgaans vindt die zeewaartse migratie plaats van oktober tot en met januari (Verhelst et al., 2018a), maar dat kan al vanaf juli wanneer het een natte zomer is. Paling migreert namelijk zeewaarts op momenten van toegenomen afvoer (dus meestal bij regenweer) en bij voorkeur 's nachts (Verhelst et al., 2018a; Briand et al., 2020). Dit zijn echter de momenten wanneer de pompen ingeschakeld worden.

Indien het niet mogelijk is om een gebied gravitair te ontwateren, raden we aan om visveilige pompen te installeren. Buisvijzels met een vissterfte percentage van minder dan 5% zijn een visveilig alternatief voor een klassieke (halfopen) vijzel zoals in het gemaal van Esen (**Fig. 9**)



(Broos et al., 2024). Bij een klassieke (halfopen) vijzel treedt er vooral vissterfte op doordat de vissen gekneld raken tussen de schroeven en de opvoergoot. Bij een buisvijzel zijn de schroeven geïntegreerd in de behuizing, waardoor er bij dit ontwerp geen openingen zijn tussen de schroeven en die behuizing. Wanneer het niet meteen mogelijk is om een klassieke vijzel te vervangen door een buisvijzel, kan het plaatsen van rubberen strips op de rand van de vijzelbladen een tijdelijke oplossing zijn (Broos et al., 2024). Zo wordt de opening tussen de vijzelbladen en de opvoergoot aanzienlijk verkleind, wat leidt tot een lagere vissterfte (< 5%). Deze rubberen strips zijn echter onderhevig aan slijtage en worden best jaarlijks nagekeken.

Veiligere alternatieven voor klassieke axiaalpompen, zoals in het gemaal van Werken, zijn de zogenaamde visveilige axiaalpompen die de laatste jaren door verschillende pompproducenten in de markt worden gezet. Een voorbeeld daarvan is de Fairbank/Nijhuis axiaalpompe, waarbij minder schroefbladen (namelijk twee) met een grotere opening gebruikt worden (Fig. 10). Echter, uit onderzoek blijkt dat dit type pomp enkel veilig is voor paling, met een sterftepercentage van minder dan 1%. Voor andere vissoorten zoals brasem en blankvoorn resulteert de pomp in een vissterfte van 27 – 85% (Buysse et al., 2024). Ook de recent ontworpen axiaalpompe door het bedrijf Van Hooste BVBA is zo'n voorbeeld en die blijkt veilig voor paling. Testen naar veiligheid voor andere soorten worden in 2025 uitgevoerd. Omdat ook andere vissen uit de polder migreren, raden we daarom aan om de mogelijkheid te bekijken om axiaalpompen zo weinig mogelijk te activeren en zoveel mogelijk gravitair af te wateren en/of op middellange termijn axiaalpompgemalen uit dienst te nemen en te vervangen door buisvijzelgemalen. In bijlage staat een overzicht met de verschillende type pompen met het daarmee gepaard gaande vissterftepercentage.





Figuur 9. Twee buisvijzels in de Speievaart, die uitwateren in het kanaal Nieuwpoort-Duinkerke in Veurne. De buisvijzelpompen zijn eigendom van de Westkustpolder en het gemaal werd in 2021 gebouwd.





Figuur 10. Een foto van een Fairbank/Nijhuis axiaalpom met visveilige aanpassingen door het reduceren van het aantal bladen naar twee en een grotere opening tussen die twee bladen. Merk op dat dit type pomp enkel visveilig is voor paling.



5 REFERENTIES

Briand, C., Ciccotti, E., Diaz, E., Domingos, I., Drouineau, H., Durif, C. M. F., Evans, D., French, A., Gollock, M., Janiak, K., Leone, C., Pedersen, M. I., Pohlmann, J.-D., Poole, R., Sapoundis, A., & Walker, A. (2020). Workshop on the temporal migration patterns of European eel (WKEELMIGRATION). In Workshop on the temporal migration patterns of European eel (WKEELMIGRATION) [Report]. International Council for the Exploration of the Sea (ICES).
<https://doi.org/10.17895/ices.pub.5993>

Broos S., Bruneel S., Buysse D., Pauwels I., Verhelst P., De Maerteleire N., Pieters S., Gelaude E., Vanden Houten J., De Pauw B., Rosseel D., Plaetinck S., Vandamme L. & Coeck J. (2024). Evaluatie van de visveiligheid van een pompemaal met ‘open stormvijzels’ en ‘gesloten buisvijzels’. Het Pompemaal Groot Schijn (PGGS) op de rivier Groot Schijn in Deurne. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (10). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Buysse, D., De Maerteleire, N., Pieters, S., Gelaude, E., Steendam, C., Van Damme, L., Baeyens, R., Van Wichelen, J., Robberechts, K., Pauwels, I., Vermeersch, S., & Coeck, J. (2024). Evaluatie van de visveiligheid van een pompemaal met twee verschillende types axiaalpompen. Het Duivelsputgemaal op de Oude Kale in Vinderhout. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (in druk). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Buysse, D., Mouton, A. M., Stevens, M., Van den Neucker, T., & Coeck, J. (2014). Mortality of European eel after downstream migration through two types of pumping stations. *Fisheries management and ecology*, 21(1), 13-21.

Drouineau, H., Durif, C., Castonguay, M., Mateo, M., Rochard, E., Verreault, G., Yokouchi, K., & Lambert, P. (2018). Freshwater eels: A symbol of the effects of global change. *Fish and Fisheries*, 19(5), 903-930.

Environment Agency (2023). Elver and eel passes - A guide to the design and implementation of upstream and downstream passage solutions at weirs, tidal gates and sluices.

Mouton, A. M., Stevens, M., Van den Neucker, T., Buysse, D., & Coeck, J. (2011). Adjusted barrier management to improve glass eel migration at an estuarine barrier. *Marine ecology progress series*, 439, 213-222.

Mouton, A., Gelaude, E., Buysse, D., Stevens, M., Van den Neucker, T., Martens, S., Baeyens, R., Jacobs, Y., Coeck, J. 2009. Onderzoek naar glasaalmigratiemogelijkheden in de Ganzepoot (IJzermonding) in Nieuwpoort. Studie in opdracht van W&Z, Afdeling Bovenshelde. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2009 (INBO.R.2009.62). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Pike, C., Crook, V., Gollock, M., Beaulaton, L., Belpaire, C., Dekker, W., Díaz, E., Durif, C. M., & Hanel, R. (2020). *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

Van Wichelen, J., Verhelst, P., Buysse, D., Belpaire, C., Vlietinck, K., & Coeck, J. (2021). Glass eel (*Anguilla anguilla* L.) behaviour after artificial intake by adjusted tidal barrage management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107127.



Verhelst, P., Buysse, D., Reubens, J., Pauwels, I., Aelterman, B., Van Hoey, S., ... & Mouton, A. (2018a). Downstream migration of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in an anthropogenically regulated freshwater system: Implications for management. *Fisheries Research*, 199, 252-262.

Verhelst, P., Reubens, J., Pauwels, I., Buysse, D., Aelterman, B., Van Hoey, S., ... & Mouton, A. (2018b). Movement behaviour of large female yellow European eel (*Anguilla anguilla* L.) in a freshwater polder area. *Ecology of freshwater fish*, 27(1), 471-480.



6 BIJLAGE

Een overzicht van de visveiligheid per type pomp, uitgedrukt in het sterftepercentage. We maken een onderscheid tussen paling, snoek en karperachtigen zoals brasem en blankvoorn. Merk op dat testen op snoek zelden worden uitgevoerd, niettegenstaande dit een heel belangrijke toppredator is in polderwaterlopen. Pompen met een sterftcijfer < 5% achten wij de beste producten momenteel op de markt om de impact op vis zo laag mogelijk te houden.

Type pomp	Karperachtigen	Paling	Snoek
Klassieke (halfopen) vijzel	5 – 40%	15-20%	onbekend
Klassieke (halfopen) vijzel met strips	< 10%	< 5%	onbekend
Buisvijzel	< 7%	< 5%	onbekend
Traditionele axiaalpompe	60%	97%	100%
Fairbank/Nijhuis axiaalpompe	27 – 85%	< 1%	onbekend
Van Hooste BVBA axiaalpompe	Onbekend (testen gepland in 2025)	< 1%	onbekend

