Landinwaartse migratie van aal via de Noord-Hollandse IJsselmeerkust

Onderzoek naar intrek, aanbod en knelpunten

Martijn Schiphouwer & Maurice Kooiman





RAVON

Landinwaartse migratie van aal via de Noord-Hollandse IJsselmeerkust

Onderzoek naar intrek, aanbod en knelpunten

Martijn Schiphouwer & Maurice Kooiman

hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

De Noord-Hollandse Bond van Beroepsvissers

RAVON

Visserij Service Nederland
sterk in viswerk

Wij worden gesteund door
NATIONALE POSTCODE LOTERIJ

Colofon

Status uitgave:	Definitief
Projectnummer:	2019.053
Datum uitgave:	9 maart 2021
Titel:	Landinwaartse migratie van aal via de Noord-Hollandse IJsselmeerkust
Subtitel:	Onderzoek naar intrek, aanbod en knelpunten
Wijze van citeren:	Schiphouwer, M.E. & M. Kooiman, 2021. Landinwaartse migratie van aal via de Noord-Hollandse IJsselmeerkust. Onderzoek naar intrek, aanbod en knelpunten. RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2019.053.
Auteurs:	Martijn Schiphouwer & Maurice Kooiman
Foto's omslag:	Mick Vos & Rik Beentjes
Projectleiding:	Martijn Schiphouwer
Opdrachtgever:	Steven Westerman & Rik Beentjes, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Samenwerkingsverband:	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Rijkswaterstaat Midden Nederland, Noord-Hollandse Bond van Beroepsbinnenvissers, Visserijservice Nederland, W.J. den Boer Binnenvisserij & Stichting RAVON
Inzet vistuigen en registratie:	Koen van Linschoten, Jaap Buitenhuis, Niels de Haan, Rina Boerdijk, Bram van Wijk, Wilkin den Boer, Jeroen Tummers, Fabian Smith, Thomas Kroon & Martijn Schiphouwer
VIE-tagging:	Fabian Smith, Mark Groen, Maurice Kooiman, Thomas Kroon, Jeroen Tummers, Martijn Schiphouwer & Mick Vos
Hydrologische metingen:	Jeroen Tummers & Jaap Buitenhuis
eDNA bemonstering en interpretatie:	Thomas Kroon & Jelger Herder
Gegevensanalyses:	Maurice Kooiman & Martijn Schiphouwer
Akkoord voor uitgave:	Sanne Ploegaert, RAVON

© 2021 Stichting RAVON, Nijmegen

Inhoud

Samenvatting 8

1 Inleiding 10
1.1 Aanleiding 10
1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen 11

2 Gebiedsbeschrijving 12
2.1 Complex Den Oever 13
2.2 Stontelerkeersluis 13
2.3 Hevels 13
2.4 Gemaal Lely 13
2.5 Inlaat stoomgemaal Vier Noorderkoggen 13
2.6 Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen 14
2.7 Gemaal Grootslag 14
2.8 Inlaat Immerhorn 14

3 Onderzoeksopzet 16
3.1 Overzicht en strategie 16
3.2 Kruisnet 20
3.2.1 Omschrijving 20
3.2.2 Inzet 20
3.3 Glasaalcollector 21
3.3.1 Omschrijving 21
3.3.2 Inzet 21
3.4 Glasaaldetector 22
3.4.1 Omschrijving 22
3.4.2 Inzet 23
3.5 VIE-tagging 24
3.5.1 Omschrijving 24
3.5.2 Inzet 25
3.6 Fijnmazige opvangfuiken 28
3.6.1 Omschrijving 28
3.6.2 Inzet 28
3.7 Opslag van vangst 31
3.8 Waterkwaliteit en weersinvloeden 31
3.8.1 Omschrijving 31
3.8.2 Inzet 32
3.9 Gegevensanalyse 32
3.9.1 Combinatie van rekenmethoden en betrouwbaarheid 32
3.9.2 Indeling levensstadia 33

4 Resultaten 34
4.1 Overzicht intrek en aanbod IJsselmeerkust 34
4.2 Gemaal Leemans 35
4.2.1 Aanbod 35
4.3 Stontelerkeersluis 35
4.3.1 Intrek 35
4.4 Hevels Wieringermeer 36

4.4.1 Intrek 36
4.5 Gemaal Lely 37
4.5.1 Vangst 37
4.5.2 Aanbod 38
4.6 Inlaat stoomgemaal Vier Noorderkoggen 39
4.6.1 Intrek 39
4.6.2 Vispassage efficiëntie 40
4.7 Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen 41
4.7.1 Aanbod 41
4.8 Gemaal Grootslag 42
4.8.1 Aanbod 42
4.8.2 Intrek 43
4.8.3 Vispassage efficiëntie 43
4.9 Inlaat Immerhorn 43
4.9.1 Intrek 43

5 Migratie in perspectief 45
5.1 Intrek bij Den Oever 45
5.1.1 Migratiesnelheid 47
5.2 Aanbod in relatie tot waterkwaliteit en waterkwantiteit 48
5.3 Intrek in relatie tot inlaatcapaciteit 49
5.4 Timing van migratie 50

6 Evaluatie van vangtuigen 54
6.1 Kruisnet 54
6.1.1 Toepassingsbereik 54
6.1.2 Aandachtspunten 54
6.2 Collector 55
6.2.1 Toepassingsbereik 55
6.2.2 Aandachtspunten 55
6.3 Detector 56
6.3.1 Toepassingsbereik 56
6.3.2 Aandachtspunten 57
6.4 Fuiken 58
6.4.1 Toepassingsbereik 58
6.4.2 Aandachtspunten 59
6.5 VIE-tagging 59
6.5.1 Toepassingsbereik 59
6.5.2 Aandachtspunten 60

7 Aanbevelingen ten aanzien van vismigratie 61
7.1 Bestaande vispassages 61
7.1.1 Inlaat stoomgemaal Vier Noorderkoggen 61
7.1.2 Gemaal Grootslag 61
7.2 Prioritering nieuwe vispassages 62

8 Conclusies 63

Dankwoord 66

Referenties 67

Bijlage 1: Factsheets geselecteerde knooppunten 71
1.1 Gemaal Leemans 71

1.2 Stontelerkeersluis 74
1.3 Hevels 77
1.4 Gemaal Lely 79
1.5 Stoomgemaal Vier Noorderkoggen 82
1.6 Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen 85
1.7 Gemaal Grootslag 88
1.8 Inlaat Immerhorn 90

Bijlage 2: Aanbodinschatting op basis van merk-terugvangst 93

Bijlage 3: Totaaloverzicht VIE-tag groepen 96

Bijlage 4: Bepaling en inschatting fuikrendementen 97

Bijlage 5: Mortaliteit en getroffen maatregelen 100

Bijlage 6: Aalvangsten per locatie 103
6.1 Leemans 103
6.2 Stontelerkeersluis 103
6.3 Hevels 105
6.4 Gemaal Lely 105
6.5 Stoomgemaal Vier Noorderkoggen 107
6.6 Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen 109
6.7 Gemaal Grootslag 110
6.8 Inlaat Immerhorn 112

Bijlage 7: Totaaloverzicht vangsten 114

Bijlage 8: Rekenstappen benadering intrek via inlaatpunten 115
8.1 Stontelerkeersluis 115
8.2 Stoomgemaal Vier Noorderkoggen 117
8.3 Immerhorn 119

Bijlage 9: eDNA resultaten 121

Samenvatting

Over de omvang van intrek van aal via de Noord-Hollandse IJsselmeerkust, hoe ze zich verspreiden, in welke mate ze daarbij knelpunten tegenkomen en hoe goed de bestaande vispassages werken, is niet veel bekend. Om meer inzicht te krijgen heeft Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) besloten een onderzoek uit te voeren naar intrek van jonge aal over de gehele Noord-Hollandse IJsselmeerkust. De kennis hieruit is nodig om de komende jaren de juiste maatregelen te kunnen prioriteren, zoals aanleg of verbetering van vispassages. In dit onderzoek zijn de belangrijkste knooppunten langs de Noord-Hollandse IJsselmeerkust binnen het beheergebied van HHNK geselecteerd en in het voorjaar van 2020 onderzocht. Het betreft de gemalen Lely, Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen en Grootslag (met vispassage); de inlaatwerken Stontelerkeersluis, Stoomgemaal Vier Noorderkoggen (met vispassage) en Immerhorn. Aanvullende zijn enkele hevels over de oostelijke Wieringermeerdijk onderzocht. Dit zijn installaties in eigendom van agrariërs, die worden gebruikt voor zoetwateraanvoer. Ook Gemaal Leemans is beknopt meegenomen en dan met name het uitstroomwerk bij de Stevinsluis. Bij aanleg van de twee huidige vispassages (Stoomgemaal en Grootslag) heeft HHNK in eerste instantie gekeken naar eenvoudige aanpassingen aan bestaande installaties, waarbij geen kostbare doorgang door de primaire waterkering gemaakt hoefde te worden. De vraag daarbij is hoe goed deze voorzieningen functioneren.

Om op de verschillende locaties een zo compleet mogelijk beeld van de migratie van jonge aal te krijgen zijn verschillende onderzoeksmethoden ingezet en op elkaar afgestemd, waaronder kruisnetten, glasaalcollectoren, glasaaldetectoren, fijnmazige opvangfuiken, eDNA en het merken van jonge aal met zogenaamde VIE-tags. Op alle onderzoekslocaties is met verschillende vangtuigen vangst geboekt van jonge aal. Daarmee is op verschillende manieren en via verschillende rekenmethodes inzicht verkregen in de intrek, het aanbod en migratieknelpunten. De totale potentiële intrek van aal bij de onderzochte locaties wordt in 2020 geraamd op circa 343.000 individuen, rond dit getal zit een ruime onzekerheidsmarge (95% betrouwbaarheidsinterval (BI): 179.000-937.000). Dit aanbod is verdeeld over 30.000 glasaal (95% BI: 16.000-70.000) en 313.000 pootaal (95% BI: 163.000-867.000). Daarvan komt circa 60.000 (17%) (95% BI: 44.000-77.000) daadwerkelijk binnen via inlaten en vispassages. Een opvallend groot deel daarvan (circa 45.000) (95% BI: 36.000-54.000) kwam binnen via hevels van agrariërs, die slechts een klein deel van de totale waterinlaat uitmaken. De overige circa 283.000 (83%) (95% BI: 134.000-860.000) geldt als potentieel aanbod. De bestaande vispassages faciliteren slechts een klein deel van het aanbod. De migratie van aal (glasaal en pootaal) via de vispassage van Stoomgemaal Vier Noorderkoggen is naar verhouding ongeveer 5% van de aantallen die normaal via het inlaatwerk inspoelen. Voor schubvis, zoals baars, lijkt de vispassage aanzienlijk beter te functioneren. Bij Gemaal Grootslag is de intrek via de vispassage laag ten opzichte van het berekende aanbod. Voor glasaal ligt de vispassage-efficiëntie hier op circa 1,6% en voor pootaal op circa 0,3%. Bij Grootslag wordt verbetering van de bestaande vispassage sterk aanbevolen vanwege het hoge aanbod. Met betrekking tot aanleg van nieuwe vismigratievoorzieningen, worden maatregelen bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen en Lely aanbevolen. In deze gevallen gaat de voorkeur uit naar passages met een lokstroom die aal vanaf IJsselmeer aantrekt en naar de polderzijde brengt. Aangezien binnen dit onderzoek opnieuw bij Gemaal Leemans relatief hoge aantallen glasaal zijn waargenomen, wordt ook aanbevolen ook deze locatie met prioriteit vispasseerbaar te maken.

Op grotere schaal bleek 2020, onder andere op basis van gegevens bij Den Oever, een relatief slecht aanbodjaar voor glasaal. De aantallen langs de kust bedroegen ongeveer 50% van de periode na 2012. Dit jaar lag de intrek via Den Oever in de orde van 1,3 miljoen glasalen (95% BI: 548.596-3.034.492). Daarvan trekt in het eerste jaar na aankomst circa 2,3% door richting de intrekpunten van HHNK. In de daaropvolgende jaren wil vervolgens ook een aanzienlijk aandeel als pootaal intrekken. Het aanbod van aal is in dit onderzoek vergeleken met waterkwaliteitsparameters (o.a. fosfaat, zoutgehalte en samenstelling van eDNA). Hieruit kwam geen eenduidig beeld naar voren welke parameters verhoogde aantrekking van aal als gevolg hebben. De hoogte van het aanbod lijkt eerder gecorreleerd aan de hoeveelheid waterafvoer op een locatie.

Op basis van merk-terugvangst gegevens berekenen we voor glasaal die naar de regionale knooppunten trekt, een migratiesnelheid van minimaal gemiddeld 0,57 km/dag over het IJsselmeer. Verhoogd aanbod op de meest landinwaarts gelegen locaties sluit aan op de tijd die de glasaal nodig heeft om vanaf de intrekpiek bij Den Oever de volgende locatie te bereiken. Op de intrekpunten naar regionale wateren vinden pieken plaats in passieve (stroomafwaartse) migratie en actieve (klim) migratie die vooral afhankelijk lijken te zijn van de watertemperatuur. Deze pieken zien we tegelijkertijd over het hele onderzoeksgebied terug en lijken niet één op één te matchen aan een intrekpiek in Den Oever. De passieve migratie voor glasaal vindt met name plaats in de weken 16-18 tussen 10 en 12°C, de actieve migratie volgt hoofdzakelijk in de weken 18-22 (12-17°C). Voor pootaal trekt de actieve migratie (klimmen) aan in de weken 21-24 tussen 14-17°C, het aantrekken van stroomafwaartse migratie vindt plaats vanaf week 23 bij 16°C. De migratieactiviteit van pootaal loopt door tot buiten de onderzoeksperiode (oktober). Op basis van literatuur heeft onderhavige periode circa 50% van het migratieseizoen van pootaal gedekt en 95% van dat van glasaal.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De populatie van de Europese aal, ook wel paling genoemd, is circa 90% achteruitgegaan in de afgelopen 50 jaar. De intrek van glasaal (jonge aal) ligt in de Noordzeeregio sinds 2000 rond de 1,5% ten opzichte van de jaren ’60 en ’70. De soort is daarom opgenomen als ernstig bedreigd op de internationale Rode Lijst van het IUCN. Ter behoud en bescherming van de soort is in Europa sinds 2007 de Aalverordening van kracht, hiervoor is in 2009 het Nederlandse Aalbeheerplan opgesteld. Aal is als migrerende soort tevens één van de doelsoorten onder de Kaderrichtlijn Water (KRW).

Aal plant zich voort op de oceaan, jonge alen trekken naar zoet water om op te groeien, vervolgens trekken volgroeide alen weer naar zee om zich voort te planten in de Sargassozee. Deze cyclus kan 10-25 jaar in beslag nemen. Migratieknelpunten op de trekroutes van aal, zoals sluizen en gemalen, behoren tot de belangrijkste de oorzaken van de achteruitgang. Aanpak van deze migratieknelpunten is één van de acties uit het Nederlandse Aalbeheerplan. Het oplossen van migratieknelpunten voor verschillende trekvissen is tevens één van de maatregelen voor het behalen van ecologische kwaliteitsdoelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water en een beleidsdoel onder de Beneluxbeschikking.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) heeft in potentie veel geschikt leefgebied voor aal. Verschillende knooppunten langs het Noordzeekanaal, de Markermeerkust, IJsselmeerkust en de sluizen bij Den Helder kunnen vanaf zee toegang bieden tot het gebied. De intrekmogelijkheden voor glasaal zijn vanuit de Waddenzee naar het IJsselmeer zijn de afgelopen jaren sterk verbeterd door maatregelen van Rijkswaterstaat. Hiertoe behoren de realisatie van een vispassage en toepassing van visvriendelijk spui- en sluisbeheer bij Den Oever. Ook bij Kornwerderzand vindt visvriendelijk spui- en sluisbeheer plaats en daar komt in 2022 een Vismigratierivier gereed.

HHNK wil aal (in het bijzonder glasaal en pootaal) uit het IJsselmeer de kans geven om de aangrenzende polders in te trekken om daar op te groeien. Hiervoor zijn enkele vispassages in of naast bestaande knelpunten gerealiseerd of staan voor de komende jaren gepland om te worden aangelegd. De omvang van intrek van aal via de Noord-Hollandse IJsselmeerkust, in welke mate ze daarbij knelpunten tegenkomen en hoe goed de bestaande vispassages werken, is niet bekend. HHNK heeft besloten de intrek van (jonge) aal over de gehele Noord-Hollandse IJsselmeerkust te onderzoeken. Deze kennis is nodig om de komende jaren de juiste maatregelen te kunnen prioriteren, zoals aanleg of verbetering van vispassages. Het onderzoek is in 2020 uitgevoerd door Stichting RAVON in samenwerking met Rijkswaterstaat, Visserijservice Nederland, W.J. den Boer Binnenvisserij en de Noord-Hollandse Bond van Beroepsbinnenvissers.

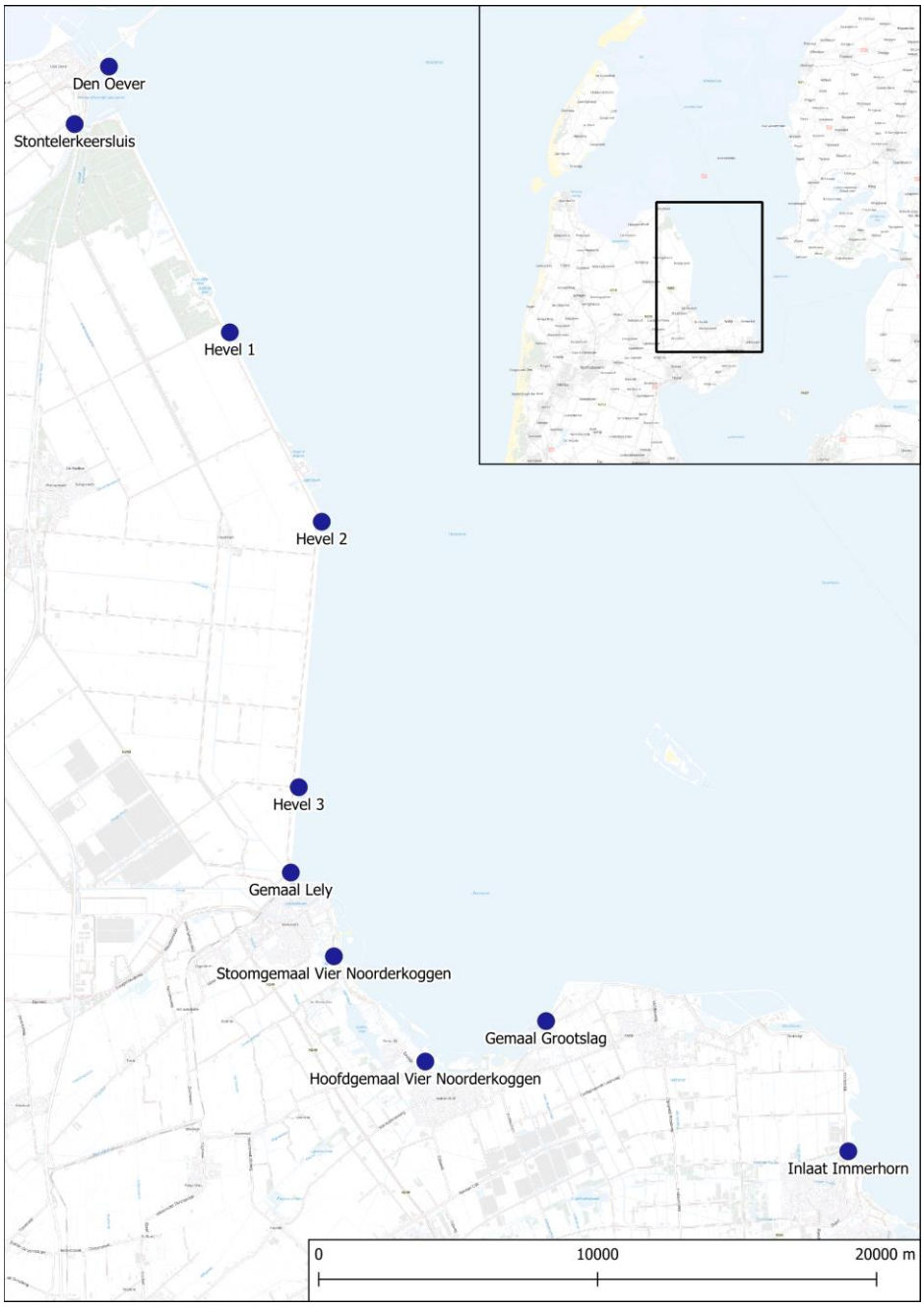
1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is de huidige omvang van de migratie van jonge aal via de Noord-Hollandse IJsselmeerkust en knelpunten vanaf de Waddenzee naar de regionale wateren in kaart brengen. Daarbij zijn de volgende onderzoeksvragen gesteld:

1 Hoe verhoudt de intrek van (jonge) aal richting de regionale wateren langs de Noord-Hollandse IJsselmeerkust zich tot de primaire intrek van glasaal naar het IJsselmeer bij Den Oever?
2 Hoeveel (jonge) aal wil via de verschillende knooppunten naar de regionale wateren trekken (aanbod)?
3 Is het aanbod afhankelijk van de waterkwaliteit in de regionale wateren?
4 Hoe verloopt de timing van de migratie in het migratieseizoen?
5 Hoe efficiënt zijn de bestaande vispassages voor (jonge) aal?
6 Op welke locaties wordt de grootste meerwaarde gecreëerd met de aanleg van nieuwe vispassages?
7 Welk type vispassage leent zich het best voor aalmigratie van IJsselmeer naar regionale wateren?
8 Hoe verhouden de resultaten van de verschillende vangstmethoden voor (jonge) aal zich tot elkaar?

2 Gebiedsbeschrijving

Vanuit de doelstelling en de onderzoeksvragen zijn verschillende knooppunten langs de IJsselmeerkust geselecteerd binnen het beheergebied van HHNK. Deze punten liggen tussen de Waddenzee en het IJsselmeer en tussen het IJsselmeer en de regionale wateren van HHNK (Afbeelding 2.1). Verdere details met betrekking tot de geselecteerde knooppunten, inclusief inlaat-, spui- en maalregime, zijn te vinden in de factsheets (Bijlage 1). Afbeelding 2.2 toont de verschillende ingaande en uitgaande debieten over de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020 (Afbeelding 2.2). Hierbij is gebruik gemaakt van de seizoensgemiddelden in m3/s. Het totaal bedraagt 3.75 m3/s voor het inlaatdebiet en 6.35 m3/s voor het maaldebiet.



Afbeelding 2.1: Ligging van de geselecteerde knooppunten.

2.1 Complex Den Oever

Vanuit de Waddenzee kan jonge aal via het sluizencomplex of de vispassage bij Den Oever het IJsselmeer in trekken. Aantrekking en/of passage vindt plaats bij de spuisluizen, de scheepvaartsluizen, de Manshanden Vispassage (defect sinds 2019) en de uitlaat van Gemaal Leemans / RWZI Wieringen. Voor meer informatie over Leemans en een overzichtskaart van het complex, zie factsheet 1.1, Bijlage 1. De spuisluizen en de scheepvaartsluizen worden sinds 2015 visvriendelijk beheerd. Door de spuisluizen bij gelijke en iets hogere zeewaterstanden nog even open te houden is er een moment waarop vis naar binnen kan zwemmen. Bij de scheepvaartsluis vinden loze schuttingen plaats met hetzelfde doel. Gemaal Leemans bemaalt twee waterlichamen; Wieringermeer West en Wieringermeer Oost. Deze uitlaat is gecombineerd met die van RWZI Wieringen en bestaat uit een 1200m lange leiding onder de Zuiderhaven door. Van oudsher heeft deze locatie een grote aantrekking op glasaal. Vanwege de grote complexiteit van deze installatie en het feit dat de gemaalpompen niet visveilig zijn, is hier echter (nog) geen vismigratiemogelijkheid. Intrekkende vis is aangewezen op de scheepvaartsluis of de naastgelegen Manshanden vispassage, waar in andere jaren ook relatief veel glasaal gebruik van maakte.

2.2 Stontelerkeersluis

Iets ten zuidwesten van Den Oever ligt de Stontelerkeersluis, een inlaat/spuiwerk tussen het IJsselmeer en de Amstelmeerboezem. Naast de Stontelerkeersluis ligt het kleine gemaal Stontele. Voor meer informatie zie factsheet 1.2, Bijlage 1.

2.3 Hevels

Langs de IJsselmeerkust tussen Den Oever en Medemblik liggen in totaal circa 54 hevels. Deze hevels zijn aangelegd door agrariërs om tijdens het groeiseizoen zoet water in te kunnen laten vanaf het IJsselmeer. De hevels zijn vergund door HHNK. In dit onderzoek is een selectie van 3 hevels onderzocht op het inlaten van vis. Voor meer informatie zie factsheet 1.3, Bijlage 1.

2.4 Gemaal Lely

Net ten noorden van Medemblik ligt Gemaal Lely. Gemaal Lely is oorspronkelijk gebouwd voor de bemaling van 3 verschillende peilvakken van de Wieringermeer. Het zuidelijke peilvak is relatief zoet ten opzichte van het middelste en noordelijke peilvak. Om ongewenst binnendringen van zout water op het IJsselmeer te voorkomen wordt in de huidige praktijk alleen het zuidelijke peilvak nog bemalen, calamiteiten daargelaten. Voor meer informatie zie factsheet 1.4 , Bijlage 1.

2.5 Inlaat stoomgemaal Vier Noorderkoggen

Net ten zuiden van Medemblik ligt het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen. Het gemaal zelf is tegenwoordig volledig buiten gebruik, maar naast het gemaal ligt een inlaatwerk dat nog wel in gebruik is. In een van de bestaande inlaatleidingen van het inlaatwerk is een extra

schuif aangebracht waardoor met de leiding geschut kan worden. Wanneer er geen water wordt ingelaten kan dit systeem worden gebruikt als vispassage en bedoeld voor zowel de intrek als de uittrek. Voor meer informatie zie factsheet 1.5, Bijlage 1.

2.6 Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen

Zuidelijk van Medemblik, ongeveer ter hoogte van Wervershoof, ligt Hoofgemaal Vier Noorderkoggen. Dit gemaal bemaalt twee verschillende peilvakken. Het noordelijke peilvak daarvan heeft een verbinding met de inlaat bij het Stoomgemaal. Het zuidelijke peilvak ontvangt het effluent van de RWZI van Wervershoof. Voor meer informatie zie factsheet 1.6, Bijlage 1.

2.7 Gemaal Grootslag

Bij Andijk ligt Gemaal Grootslag. Dit gemaal bemaalt het waterlichaam Polder Grootslag. In een bestaande perskoker zijn extra schuiven aangebracht waardoor met de leiding geschut kan worden. Wanneer er geen water wordt uitgemalen kan dit systeem worden gebruikt als vispassage. In dit onderzoek fungeerde de vispassage als inlaat en stond continu open. Voor meer informatie zie factsheet 1.7, Bijlage 1.

2.8 Inlaat Immerhorn

Van alle locaties op de grootste afstand van de afsluitdijk, ligt de Inlaat Immerhorn. Dit inlaatwerk zit aangesloten op het hoge pand van het waterlichaam Polder Grootslag. Voor meer informatie zie factsheet 1.8, Bijlage 1.

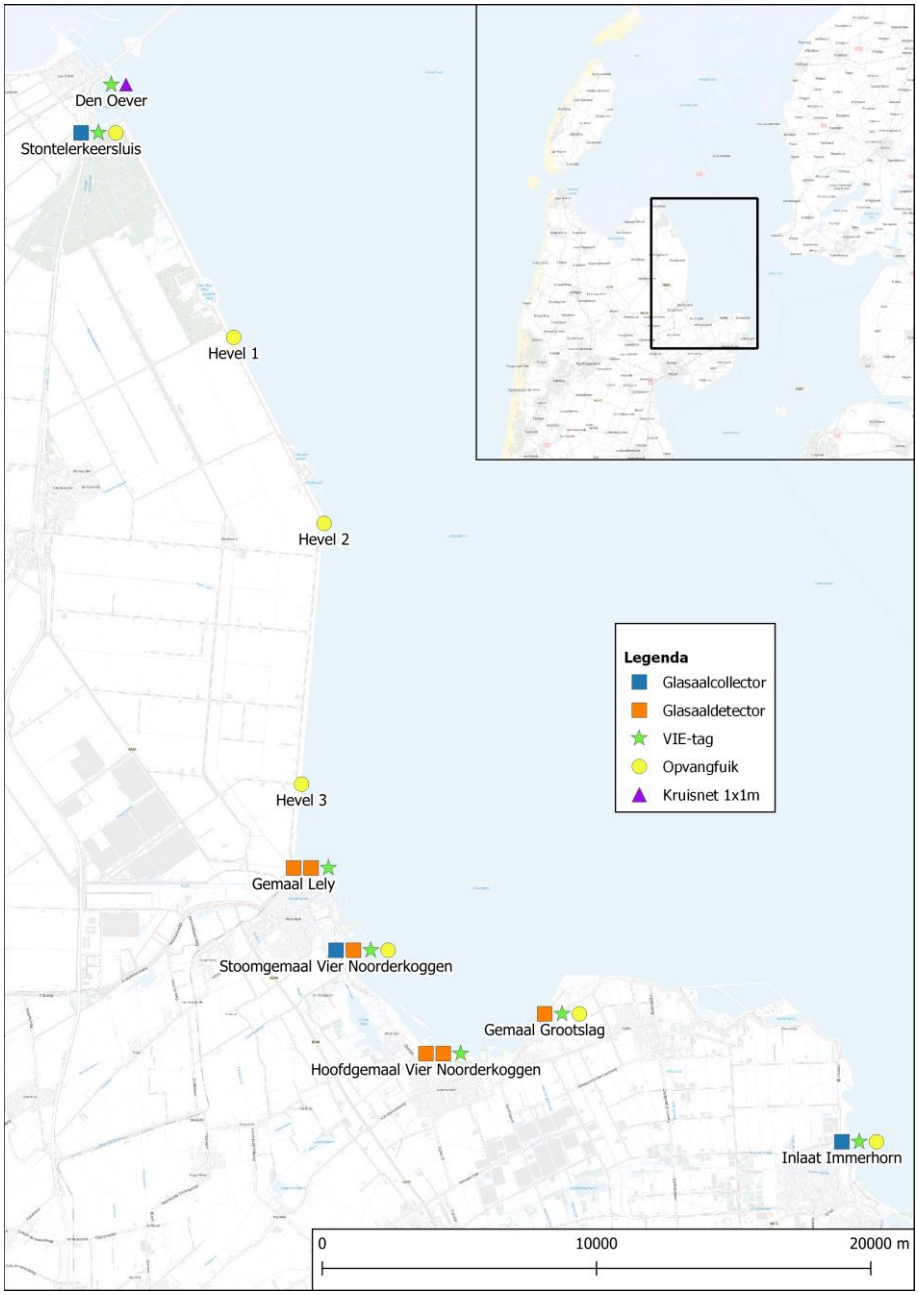


Afbeelding 2.2: Water af- en aanvoer in via de NH IJsselmeerkust over de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020, waarbij gebruik is gemaakt van de gemiddelden in m3/s over de maanden maart t/m juni.

3 Onderzoeksopzet

3.1 Overzicht en strategie

Jonge aal (glasaal en pootaal) migreert hoofdzakelijk in het voorjaar (zie kader) en kent daarbij verschillende strategieën. De knooppunten die in dit onderzoek zijn geselecteerd, zijn voor aal bereikbaar vanuit de Waddenzee via het sluizencomplex bij Den Oever, waarna aal via het IJsselmeer de locaties langs de Noord-Hollandse IJsselmeerkust kan bereiken. Om op de verschillende locaties een zo compleet mogelijk beeld van de migratie van jonge aal te krijgen zijn verschillende onderzoeksmethoden ingezet en op elkaar afgestemd, zie de overzichtskaart van Afbeelding 3.1, de strategie hieronder beschrijven we hierna.



Afbeelding 3.1: Toegepaste methoden op de verschillende onderzoekslocaties.

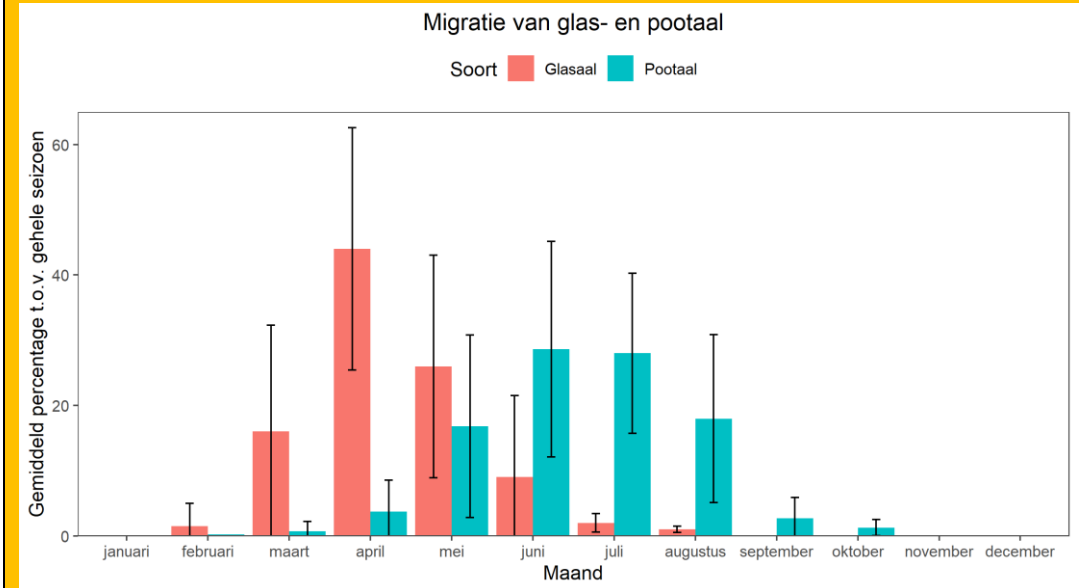
Kader: Migratie van jonge aal

Aal plant zich voort in de Sargassozee, circa 6000 km afstand van Nederland. Geholpen door zeestromen komen jonge alen als 'wilgenbladlarve' onder de Europese kusten. Deze reis duurt circa 2 jaar waarbij ze in het najaar aan de Europese kust arriveren (Bonhommeau et al., 2010). Onder de kust transformeren de jonge aaltjes naar het glasaal stadium (6-9cm) en vanaf het volgende jaar naar het pootaal stadium (10-28cm), grotere aal valt onder de noemer 'rode aal'. Zowel in het glasaal stadium als het pootaal stadium vindt migratie naar zoete en brakke wateren plaats om daar verder op te groeien. Boven 28 cm vindt vrijwel geen actieve landinwaartse migratie meer plaats (Naismith & Knights, 1988). De migratie van alle levensfasen gebeurt met name 's nachts en is grotendeels afhankelijk van de maancyclus (o.a. Feunteun et al., 2003; Cresci, 2020). Een deel van de intrekkende populatie staakt de migratie zodra ze geschikt leefgebied vinden waar dichtheden nog niet te hoog zijn, dit worden de 'stichters' genoemd (Feunteun et al., 2003). Een ander deel blijft migreren, dit worden de 'pioniers' genoemd (Feunteun et al., 2003). Tijdens migratie naar nieuw leefgebied vertoont jonge aal verschillend migratiegedrag:

- **Selectief getijden transport**: geholpen door de vloedstroom trekken glasalen estuaria binnen en rivieren op (Harrison et al., 2014). Ze laten zich hierbij actief met de stroming meevoeren. Hierbij maken ze o.a. gebruik van een intern kompas ten behoeve van de migratierichting (Cresci et al., 2019).
- **Actieve migratie stroomopwaarts**: hierbij zwemmen glasalen actief stroomopwaarts waarbij ze zich oriënteren op een bepaalde lokstroom (Harrison et al., 2014). Ze laten zich daarbij onder andere leiden door gebiedsspecifieke geuren en de geur van soortgenoten (Creutzberg, 1961; Harrison et al., 2014; Cresci, 2020).
- **Actieve migratie omhoog**: bij via de waterkolom onneembare barrières is jonge aal in staat om een nat hellend vlak op te klimmen (Naismith & Knights, 1988). Hiermee kunnen ze bijvoorbeeld watervallen en kleine stuwen overbruggen (Jonsson & Noakes, 2007). Of aal gaat klimmen hangt deels af van de watertemperatuur en de conditie (Edeline et al., 2006). Het blijkt dat maar een deel van de populatie het 'waagt' om te gaan klimmen, hierin zijn ook weer 'leiders' en 'volgers' te onderscheiden (Podgorniak et al., 2015a&b).
- **Nomaden stroomafwaarts**: een aanzienlijk deel van de jonge aal kiest er voor om na een verblijf in zoet water, stroomafwaarts te migreren naar brak en zout water (Daverat & Tomás, 2006). Dit gebeurt in de Gironde met name bij pootaal in het tweede en derde jaar na aankomst.
- **Nomaden stroomopwaarts**: Een deel van de alen blijft gedurende hun leven in zoet water stroomopwaarts migreren (Feunteun et al., 2003), het lijkt er op dat deze alen met name uitgroeien tot vrouwtjes (Daverat & Tomás, 2006).

⇨ Kader loopt verder op volgende pagina

De intrek van glasaal is temperatuur gebonden en migratie vindt voornamelijk plaats bij een watertemperatuur tussen 6 en 25°C (Edeline et al., 2006; Harrison et al., 2014). Uit de literatuur blijkt dat tot circa 10-12°C glasaal wel zwemt en voornamelijk passief migreert, maar in veel mindere mate actief migreert en niet klimt (Jonsson & Noakes, 2007). De aanwezigheid van glasaal bij knelpunten kent in Nederland een typisch verloop. Afbeelding 3.2 geeft het gemiddelde seizoensverloop van aantallen glasaal en pootaal bij knelpunten weer. Gemiddelden zijn berekend op basis van tientallen tijdreeksen (Bosveld & Arntz, 2011; De Groot & van Haasteren, 1977; De Groot & Muyres, 1980; Kemper et al., 2010; Naismith & Knights, 1988; RAVON, 2020, RWS/HHR, 2020).



Afbeelding 3.2: Gemiddeld seizoensverloop van de migratie van glasaal en pootaal bij knelpunten per maand uitgedrukt als gemiddeld percentage t.o.v. het gehele seizoen. Gemiddelden zijn berekend op basis van tientallen tijdreeksen, de foutbalken geven de standaarddeviatie weer.

Het lokale verloop kan afwijken afhankelijk van temperatuurverloop, passeerbaarheid en migratie afstand tot de zee. April en mei zijn doorgaans de maanden waarbij de aantallen pieken. Na mei neemt de migratie activiteit van glasaal sterk af. Wanneer jonge aal het glasaal stadium ontgroeit, spreken we van ondermaatse 'pootaal'. Ook dit levensstadium kent een sterke migratiedrang in de volgende jaren, mogelijk omdat het in de eerste migratiegolf als glasaal bereikte leefgebied nog niet optimaal is (bijvoorbeeld te hoge dichtheden aan aal). Pootaal migreert voornamelijk actief en later in het seizoen dan glasaal, vanaf een watertemperatuur van 10-15°C. De migratieperiode van pootaal houdt langer aan met hogere aantallen tot en met augustus.

Afhankelijk van de eigenschappen van de knooppunten is gebruikt gemaakt van verschillende strategieën om aanbod en intrek in beeld te krijgen. Om intrek via inlaatpunten te onderzoeken is gebruik gemaakt van glasaalcollectoren en/of opvangfuiken. Om intrek via hevels te onderzoeken is steekproefsgewijs gebruik gemaakt van opvangfuiken. Het uitgangspunt hierbij is om vangsten te extrapoleren door middel van het verrekenen van vangsten met totale debieten of op basis van intrekcurves van andere vangtuigen en/of locaties, om zodoende te komen tot een benadering van de intrek over het gehele seizoen. Om gemalen te onderzoeken is gebruik gemaakt van glasaaldetectoren, die een lokstroom genereren, in combinatie met merk-terugvangst. Het uitgangspunt hierbij is om op basis van de verhouding tussen de vangst van ongemerkte alen en de terugvangst van gemerkte alen een inschatting te maken van het aanwezige aanbod. Om de efficiëntie van vispassages te onderzoeken is gebruik gemaakt van opvangfuiken in combinatie met merk-terugvangst. Op die manier kan worden vastgesteld hoeveel individuen van een groep gebruik maken van de passage en hoe lang ze over het passeren doen. Om te onderzoeken hoe de intrek van jonge aal richting de regionale wateren langs de Noord-Hollandse IJsselmeerkust zich verhoudt tot de primaire intrek van glasaal naar het IJsselmeer bij Den Oever is ook gebruik gemaakt van merk-terugvangst. Om glas- en poottalen te merken is gebruik gemaakt van het zogenaamde VIE-tagging. In eerste instantie was het hierbij de bedoeling om 3 groepen van 1333 glasalen te merken in Den Oever in het verdeeld over de onderzoeksperiode. Vanwege het hoge aanbod bij Den Oever, de lagere vangst dan verwacht op de andere onderzoekslocaties en om een zo representatief mogelijk deel van de alen te kunnen merken is uiteindelijk gekozen voor 4 groepen van in totaal ruim 4600 glasalen. Deze glasalen zijn lokaal gevangen, hoofdzakelijk met het kruisnet bij de uitstroom van Gemaal Leemans in Den Oever en één groep uit een detector van WMR bij de spuisluizen. Bij de gemalen (inclusief inlaat Stoomgemaal) langs de IJsselmeerkust was de basisopzet om verdeeld over het seizoen drie groepen glasaal en aansluitend één groep pootaal te merken van ieder 250 stuks. Er bleek echter lokaal minder glasaal en meer pootaal voorhanden te zijn. In de uitwerking zijn daarom gemengde groepen (glas- en pootaal) van verschillende grootte ingezet, met soms minder groepen en soms juist meer groepen per locatie zijn ingezet (afhankelijk van de vangst). In de hierop volgende paragrafen worden de verschillende methoden uit de opzet in meer detail uiteengezet.

Het onderzoek vond plaats van 1 maart 2020 tot 1 juli 2020. Bij aanvang was gekozen voor 1 juni als einddatum, op basis van een regulier glasaal migratieseizoen (zie kader). Om meer (terug)vangsten te genereren en ook beter aan te sluiten bij het seizoensverloop van de migratie van pootaal (zie kader) is besloten om de onderzoeksperiode tot 1 juli te verlengen (10 juli voor de hevels). Op basis van de beschikbare data (Bosveld & Arntz, 2011; De Groot & van Haasteren, 1977; De Groot & Muyres, 1980; Kemper et al., 2010; Naismith & Knights, 1988; RAVON, 2020, RWS/HHR, 2020) kan worden afgeleid welk deel van het migratieseizoen van glasaal en pootaal is onderzocht. Binnen de periode van maart tot en met juni wordt normaliter 96,8% (standaarddeviatie +/- 4,7%) van het aantal glasalen gezien bij migratieknelpunten, een klein (ongeveer gelijkwaardig) deel van de glasaal komt aan voor 1 maart of na 1 juni. Voor pootaal geldt dat 48,4% (standaarddeviatie +/- 22,6%) van de aantallen zich in de onderhavige periode aandient, het resterende deel volgt later in het seizoen (afbeelding 3.2). Bij de interpretatie van de resultaten is op basis van deze kentallen als indicatie voor glasaal in dit onderzoek aangenomen dat circa 95% van het migratieseizoen is afgedekt en voor pootaal 50% (63% voor hevels). De verschillende vistuigen en hun inzet wordt in de hierna volgende paragrafen beschreven. Inzet van

vistuigen vond plaats conform de Visserijwet onder ontheffing 67792 en toestemming 67793.

3.2 Kruisnet

3.2.1 Omschrijving

Een kruisnet is een fijnmazig net dat wordt opengehouden door een raamwerk en vooral wordt toegepast bij vismigratieonderzoek. Het is het meest gebruikte vangtuig bij onderzoek naar de intrek van glasaal, o.a. voor de belangrijke langjarige meetreeks bij Den Oever (sinds 1938) door Wageningen Marine Research (Griffioen, 2016) en voor het grootschalige landelijke meetprogramma met vrijwilligers onder coördinatie van RAVON (Samen voor de Aal: Projectgroep Samen voor de Aal, 2019, Kooiman & Ploegaert, 2019, Goverse, 2020). Een oppervlakte van 1x1m wordt het meest toegepast, terwijl op locaties met grote dimensies soms gebruik gemaakt wordt van kruisnetten tot 4x4m. Het net wordt actief gevist waarbij het, na afzinken en een tijd van rust op de bodem, verticaal omhooggehaald wordt naar de wateroppervlakte. Daarbij worden glasalen en andere vissen die in de waterkolom boven het net zwemmen gevangen. Met name kleine soorten als glasaal zijn daarbij niet snel genoeg om het net te ontvluchten. Met deze methode wordt een dichtheidsafhankelijke meting verkregen van actief overzwemmende vissen. Een kruisnet is een vangtuig met een lage effectiviteit ten aanzien van het aanbod. Ook met intensieve kruisnetbevissing is het slechts mogelijk enkele procenten van het op dat moment aanwezige aanbod te vangen bij complexere locaties (Griffioen et al., 2018). Toepassing van dit vangtuig is daarom met name geschikt bij hogere dichtheden, bijvoorbeeld bij ophoping van glasaal nabij barrières. De beschikbare kruisnetdata van bevissingen met deze techniek langs de IJsselmeerkust duiden op relatief lage dichtheden van glasaal (Kroon & Van Wijk, 2013), maar mogelijk onderschat als gevolg van hetgeen hierboven staat. Bij Den Oever, bij de gecombineerde uitlaat van RWZI Wieringen en Gemaal Leemans, zijn in het verleden wel hoge aantallen glasaal gevangen, tot meer dan 1000 per trek (Kroon & Van Wijk, 2012; Bergsma & Dorenbosch, 2013).

3.2.2 Inzet

Toepassing van het kruisnet had op de meeste locaties in dit onderzoek weinig meerwaarde vanwege de verwachting dat ook met een hoge inspanning dit zou leiden tot lage vangsten van de doelsoort. Binnen dit onderzoek is het kruisnet uitsluitend ingezet bij de uitlaat van Gemaal Leemans/RWZI Wieringen om voldoende glasaal te vangen voor VIE-tag batches die bij Den Oever op het IJsselmeer zijn losgelaten (afbeelding 3.3).



Afbeelding 3.3: Inzet van kruisnetten bij de gecombineerde uitlaat van Gemaal Leemans/RWZI Wieringen door Niels de Haan en Jeroen Tummers (foto: Martijn Schiphouwer)

3.3 Glasaalcollector

3.3.1 Omschrijving

De glasaalcollector (in dit rapport ook wel collector genoemd) bestaat uit een aanzuigbuis en een opvangbak waarin glasalen en andere vissen achterblijven en door fijnmazig netwerk niet uit kunnen (afbeelding 3.4). Deze methode is in 2009 ontwikkeld door VisAdvies en Wilkin den Boer Binnenvisserij (Kemper et al., 2010). Dit vangtuig is geschikt voor het vangen van glasalen en pootalen die zich passief of ongewild met de stroming mee laten voeren, dan wel actief mee zwemmen. Met dit vangtuig wordt een dichtheidsafhankelijke maat verkregen voor het aantal glasalen dat met een bepaald watervolume binnenstroomt. Doordat dit vangtuig gedurende lange tijd in werking is, worden vaak wat hogere aantallen glasaal gevangen dan bijvoorbeeld met een kruisnet.

3.3.2 Inzet

Glasaalcollectoren zijn in dit onderzoek ingezet bij inlaatpunten om een maat te krijgen voor de hoeveelheid jonge aal die per volume eenheid binnenkomt. Per collector zijn vier pompen op vier aanzuigbuizen ingezet. De aanzuigbuizen bevonden zich op verschillende dieptes. De pompcapaciteit bedroeg per glasaalcollector 4x12m3/uur = 48m3/uur. Dit ligt in de orde van 1-3% van de inlaatcapaciteit bij Immerhorn, Stontelerkeersluis en Stoomgemaal Vier Noorderkoggen. Uitgangspunt is door verrekening met het totale inlaatvolume inzicht te krijgen in totale aantallen. Bij Immerhorn en de Stontelerkeersluis (afbeelding 3.4) is de gehele onderzoeksperiode een collector ingezet. Bij Stoomgemaal Vier

Noorderkoggen is deze ingezet vanaf het begin van het inlaatseizoen. De glasaalcollectoren zijn over het algemeen drie keer per week geleegd.



Afbeelding 3.4: Glasaalcollector voor het inlaatwerk van de Stontelerkeersluis, om schade te voorkomen is deze net buiten de hoofdstroom geplaatst (foto: Martijn Schiphouwer).

3.4 Glasaaldetector

3.4.1 Omschrijving

Een glasaaldetector (in dit onderzoek ook wel detector genoemd) is een mobiele aalgoot met een opvangbak (afbeelding 3.5). Via oriëntatie op een lokstroompje van water met een andere kwaliteit klimmen glasalen en pootalen de aalgoot op en komen in de opvangbak. Deze mobiele methode is in 2013 ontwikkeld door Visserijservice Nederland en Bureau Waardenburg. De glasaaldetector wordt met name toegepast bij knelpunten waar glasaal en pootaal wordt aangetrokken en moeilijk naar binnen komt, een deel van de aal wordt daarbij aangetrokken door de lokstroom van de detector. Deze methode geeft een indicatie voor de aanwezigheid van actief migrerende glasalen en pootalen die een alternatieve route zoeken bij een knelpunt. Doordat dit vangtuig doorlopend in werking is, worden vaak wat hogere aantallen gevangen dan met vangtuigen die steekproefsgewijs worden ingezet.



Afbeelding 3.5: Dubbele glasaaldetector met lokstromen uit twee verschillende boezempeilvakken op ponton bij Gemaal Lely (foto: Bram van Wijk).

3.4.2 Inzet

Glasaaldetectoren zijn ingezet bij de verschillende gemalen, omdat jonge aal zich hier oriënteert op een lokstroom en daarop actief binnen wil trekken. De ingezette detectoren beschikten over een pomp die een lokstroom genereert van 2-3 m^3/uur. Dit geeft een beeld van de aantrekking van een bepaalde kwaliteit lokstroom. In die hoedanigheid kan ook verschil in aantrekking tussen verschillende boezempeilvakken worden onderzocht door toepassing van meerdere detectoren. Dit is toegepast door twee detectoren in te zetten op de twee peilvakken van Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen (met en zonder effluent, afbeelding 3.6) en twee van de drie peilvakken van Gemaal Lely (de zoutste en de zoetste, afbeelding 3.5). Om het effect van positionering uit te sluiten, was de opzet de aanvoerslangen wekelijks om te wisselen. Bij Lely is de combinatie van twee detectoren uiteindelijk op één ponton gezet (afbeelding 3.5). De inzet vond plaats over de gehele onderzoeksperiode, afgezien van momenten waarop een detector defect was door stormschade, vandalisme of technische storing. Bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen is de detector verwijderd bij aanvang van het inlaatseizoen. De glasaaldetectoren zijn over het algemeen drie keer per week geleegd.



Afbeelding 3.6: Het legen van de zuidelijke detector bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen door Koen van Linschoten tijdens opnames voor Vis-TV, op de achtergrond is de noordelijke detector te zien (foto: Rik Beentjes).

3.5 VIE-tagging

3.5.1 Omschrijving

Met behulp van VIE-tags (Visible Implant Elastomer) kunnen gevangen glasalen en pootalen worden gemerkt met een bepaalde kleurcodering van één of meerdere kleuren (afbeelding 3.7). Deze kleurcodering is bij glasalen met het blote oog, en bij grote aantallen, pigmentatie en in het donker bij gebruik van een UV-lamp meer dan een jaar zichtbaar. Deze methode is voor het eerst in 2017 in Nederland toegepast door RAVON en wordt sindsdien ingezet door RAVON en Wageningen Marine Research in onderzoek naar glasaalmigratie (Griffioen et al., 2017, Ploegaert et al., 2018, Ploegaert 2020). Door een groep gevangen glas- of pootalen (afbeelding 3.8) te merken en vrij te laten, kan bij terugvangst van deze alen worden vastgesteld hoe groot het aandeel van deze groep is ten opzichte van het totaal, het vangstrendement van een groep en hoe lang het heeft geduurd totdat één of meerdere individuen op een andere plaats zijn teruggevangen. Het zetten van de VIE-tag is handwerk met een dunne naald (wetgeving: dierproeven, RAVON projectnummer: AVD2610020197344). Met deze methode kunnen tot enkele honderden individuen per keer worden gemerkt.



Afbeelding 3.7: Batch glasaal bij Den Oever gemarkeerd met enkele blauwe VIE-tag (foto: Mick Vos).

3.5.2 Inzet

Inzet van VIE-tags vormde een belangrijke pijler van het onderzoek, omdat terugvangst kan leiden tot inzicht op vier niveaus:

Aanbodschatting
Door een groep alen een kleurcodering mee te geven kan daarna via terugvangst worden bepaald hoe groot het aandeel van deze groep is ten opzichte van de totaal aanwezige populatie. Met dit aandeel kan een aanbodinschatting worden gedaan voor dat moment op een bepaalde ruimtelijke en temporele schaal. Rekenmethoden en betrouwbaarheid zijn uitgewerkt in Bijlage 2. Hiermee kan bijvoorbeeld worden ingeschat hoe groot op een bepaald moment het aanbod is voor een knelpunt. Om voor een heel seizoen een beter beeld te krijgen, kunnen meerdere groepen worden gemerkt en moet een doorlopende inzet voor terugvangst worden geleverd. Voor dit doel zijn groepen glasaal en pootaal gemerkt bij Gemaal Lely, Stoomgemaal Vier Noorderkoggen, Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen en Gemaal Grootslag.



Afbeelding 3.8: Roze-blauwe VIE-tag direct onderhuids geplaatst bij een pootaal (foto: Martijn Schiphouwer)

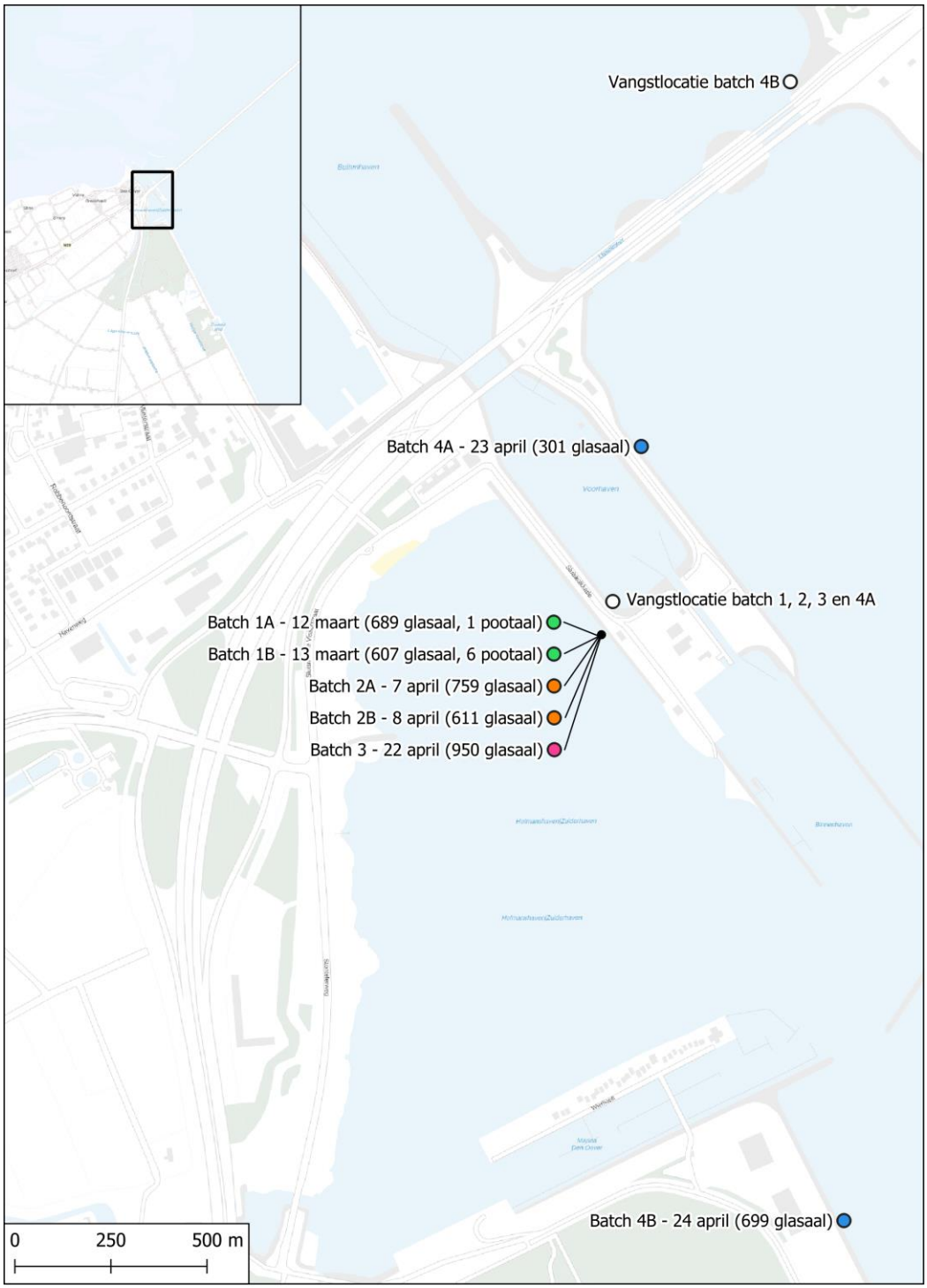
Vispassage-efficiëntie
Een groep alen kan een kleurcodering mee krijgen aan de voorzijde van een vispassage, waarbij aan de achterzijde inzet tot terugvangst wordt geleverd. Deze terugvangst gebeurt bij voorkeur met een fijnmazige opvangfuik die inwaartse migratie volledig afvangt over langere tijd. Op die manier kan worden vastgesteld hoeveel individuen van een groep gebruik maken van de passage en hoe lang ze over de passage doen. Voor dit doel zijn groepen glasaal en pootaal gemerkt bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen en Gemaal Grootslag.

Verdeling van (glas)aal
Door merk- en terugvangstinspanningen ruimtelijk te spreiden en bij een hoge inzet, kan worden vastgesteld hoe lang glasalen over een bepaalde afstand doen en waar ze vandaan komen. Bij een brede opzet kan ook worden gevolgd waar verschillende glasalen van een bepaalde groep terechtkomen. Ook kan worden gekeken naar de verhouding tussen gemerkte en ongemerkte glasalen. Voor dit doel zijn grote groepen van hoofdzakelijk glasaal gemerkt bij Den Oever en aan de IJsselmeerzijde van de sluizen losgelaten (afbeelding 3.9).

Evaluatie efficiëntie van vangtuigen
In situaties waar een vangtuig niet 100% effectief kan worden ingezet, of waar het vangstrendement onbekend is, kan met een groep gemerkte (glas)alen worden getest welk deel van de aanwezige (glas)alen wordt gevangen. Specifiek bij Immerhorn en Stontelerkeersluis is eenmalig een grote groep losgelaten om inzicht te krijgen het rendement van de aanwezige vistuigen voor inspoelende glasaal.

Om voldoende resultaten te genereren om de betrouwbaarheid te verhogen moeten gebruikte aantallen hoog genoeg zijn om een aandeel in de terugvangst te kunnen genereren. De te gebruiken aantallen zijn daarnaast sterk afhankelijk van de vangst ter plaatse. Bij Den Oever zijn de op voorhand gestelde streefaantallen gehaald. Hier vond tevens tegelijkertijd een onderzoek plaats van Wageningen Marine Research (WMR) waarin ook glasalen zijn gemerkt die aan de buitenzijde van de sluizen zijn losgelaten. De kleurcodes van beide onderzoeken zijn op elkaar afgestemd. Op de locaties langs de IJsselmeerkust waren de beschikbare aantallen wat lager dan verwacht, hier zijn daarom ook meer groepen gemerkt en is de terugvangstinspanning uitgebreid en verlengd. In dit

onderzoek zijn in totaal 5962 glasalen en 848 pootalen gemerkt. Daarnaast is een groot aantal glasalen gemerkt aan de Waddenzeezijde bij Den Oever door WMR in een separaat onderzoek. In tabel 3.1 is een overzicht weergegeven van het gemerkte aantal glas- en pootalen en het aantal groepen per locatie. Voor een totaaloverzicht van groepsgroottes en kleurcodes wordt verwezen naar Bijlage 3.



Afbeelding 3.9: Vangst- en uitzetlocaties van de gemerkte glas- en pootalen in Den Oever.

Tabel 3.1: Overzicht van het aantal gemerkte glas- en pootalen en het aantal groepen per locatie.

Locatie	Glasaal	Pootaal	Groepen
Den Oever	4616	7	4
Inlaat Stontelerkeersluis	400	4	1
Gemaal Lely	0	90	2
Stoomgemaal Vier Noorderkoggen	119	21	2
Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen	90	343	6
Gemaal Grootslag	330	381	6
Inlaat Immerhorn	407	2	1
Totaal	**5962**	**848**	**22**

3.6 Fijnmazige opvangfuiken

3.6.1 Omschrijving

Fijnmazige opvangfuiken met een maaswijdte van circa 1mm worden ingezet om te zien hoeveel vissen door een inlaat of vispassage heen trekken. Om 100% vangstefficiëntie zo veel mogelijk te benaderen, moet het raamwerk van de opening van de fuik naadloos aansluiten op een vispassage of inlaat. Toepassing van deze fuiken betekent maatwerk op locatie en niet op alle locaties kan 100% vangstrendement worden bereikt. Vangstresultaten laten zien hoeveel glasalen en andere vissen binnen een bepaalde tijdseenheid gebruik hebben gemaakt van de ingang.

3.6.2 Inzet

Bij de vispassages, hevels en inlaatpunten is gebruik gemaakt van fijnmazige opvangfuiken. De inzet en de efficiëntie waarmee de fuik kon worden gevist, verschilde per locatie.

Stontelerkeersluis
Bij de inlaat Stontelerkeersluis is een fuik geplaatst (Afbeelding 3.10). De plaatsing vond laat in het seizoen plaats, om te kunnen ondersteunen in interpretatie van vangsten met de glasaalcollector. De inzet van de fuik liep van 17 juni tot 1 juli, er is dagelijks geleegd. Het vangstrendement van de fuik ten opzichte van de totale inlaat wordt ingeschat op circa 9,3% (Bijlage 4).



Afbeelding 3.10: Gedeeltelijke dichtzet met opvangfuik in de Stontelerkeersluis met op de achtergrond Niels de Haan (foto: Jaap Buitenhuis).

Hevels

Bij de drie onderzochte hevels was het mogelijk om de volledige buis te omsluiten voor een volledig vangstrendement (afbeelding 3.11). Vooraf was bekend dat via de hevels vis naar binnenkomt, door één van de eigenaren is ooit proefondervindelijk een zak bevestigd. Naast aal, werd toen ook een kwabaal en een levende fuut gevangen. Bij de hevels is gekozen niet de volledige onderzoeksperiode te vissen, maar verdeeld over de periode vijf keer een steekproef van 48 uur uit te voeren. Hierbij werd de fuik zowel 's ochtends als 's avonds geleegd om te kunnen differentiëren in dag en nachtvangsten.



Afbeelding 3.11: Inzet van een opvangfuik aan een hevel, in dit geval hevel 3 (Foto: Jaap Buitenhuis).

Stoomgemaal Vier Noorderkoggen

Van de twee inlaatbuizen bij het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen, is de noordelijke volledig dichtgezet met een fuik (afbeelding 3.12). Dit is tevens de buis die dienst doet als vispassage (vissluis) op momenten dat er geen water wordt ingelaten. Vanaf 11 april is deze fuik, op enkele reinigingsbeurten na, onafgebroken ingezet en dagelijks geleegd. Gedurende het seizoen is sterfte van glasaal vastgesteld in de fuik, hiervoor zijn maatregelen getroffen (Bijlage 5). Op 30 mei is de fuik onherstelbaar beschadigd geraakt door een kortdurende maar sterke toename van het inlaatdebiet en is daarna niet meer ingezet. Het vangstrendement van deze fuik ligt tijdens inlaat naar schatting in de orde van 41,7-47,4% van het gehele inlaatwerk, bij gelijke schuifstanden (Bijlage 4). Als de vispassage in werking is wordt 100% vangstrendement benaderd.



Afbeelding 3.12: Inzet van een opvangfuik Stoomgemaal op de noordelijke inlaatbuis van Stoomgemaal Vier Noorderkoggen door Jaap Buitenhuis (Foto: Martijn Schiphouwer).

Gemaal Grootslag

De vispassage van Gemaal Grootslag is voorzien van een PVC opzetstuk waar de opvangfuik naadloos op aansloot voor een volledig vangstrendement (100%) (afbeelding 3.13). Vanaf 11 april is deze fuik onafgebroken ingezet en dagelijks geleegd. Gedurende het seizoen is sterfte van glasaal vastgesteld in de fuik, hiervoor zijn maatregelen getroffen (Bijlage 5).



Afbeelding 3.13: Inzet van een opvangfuik en PVC opzetstuk achter de vispassage bij Gemaal Grootslag (Foto: Jaap Buitenhuis).

Inlaat Immerhorn
Bij de inlaat Immerhorn is een fuik geplaatst in de noordelijke inlaatbuis (Afbeelding 3.14). De plaatsing vond laat in het seizoen plaats, omdat de collector ter plaatse vrijwel geen vangst bleek te genereren en daarom een extra methode is ingezet. De inzet van de fuik liep, van 20 mei tot 15 juni. Vanwege vandalisme en beschadiging heeft de fuik een aantal dagen niet gevist en is daarna voorzien van camerabewaking. Het vangstrendement van de fuik wordt ingeschat op circa 26% op basis van hydrologische metingen (Bijlage 4).



Afbeelding 3.14: Gedeeltelijke dichtzet met opvangfuik in noordelijke buis van inlaat Immerhorn (foto: Jaap Buitenhuis).

3.7 Opslag van vangst

Voor het VIE-taggen was het meermaals noodzakelijk om vangsten tijdelijk te bewaren. Bij de kruisnetvangsten van Den Oever is gebruik gemaakt van een 50 liter vat voorzien van fijnmazig raamwerk om de vangst tot de volgende dag te bewaren. Bij verschillende glasaaldetectoren is de vangst van maximaal twee eerdere lichtingen opgespaard in een koker die aan beide zijden voorzien was van fijnmazig netwerk. Dit komt overeen met een maximum van 5 dagen. Bij opslag van vangst heeft in een aantal gevallen sterfte plaatsgevonden, in Bijlage 5 worden mogelijke oorzaken en genomen maatregelen uiteengezet.

3.8 Waterkwaliteit en weersinvloeden

3.8.1 Omschrijving

Het is bekend dat migratie van jonge aal sterk georiënteerd is op biotische en abiotische waterkwaliteitsparameters en weersinvloeden (Harrison et al., 2014). Belangrijke triggers in migratieactiviteit zijn o.a. watertemperatuur, zoutgehalte, maancyclus en verschillende ‘geuren’ van zoet water, waaronder die van soortgenoten. Inzicht in verschillende parameters kan van belang zijn om migratiepieken en aantrekkingskracht van verschillende wateren beter te begrijpen.

3.8.2 Inzet

Watertemperatuur en maancyclus
In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van verschillende meetpunten van Rijkswaterstaat in het IJsselmeer (Den Oever, Wieringen oost en Andijk) die temperatuur registreren (waterinfo.rws.nl). Daarnaast is gebruik gemaakt van de algemene maankalender om de maancyclus te volgen.

Waterkwaliteit en visdiversiteit
Bij de uitslaande gemalen (Lely, Grootslag en Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen) is de waterkwaliteit van de achtergelegen polders onderzocht op nutriëntengehalte (meerdere parameters), zoutgehalte en visdiversiteit/aanwezigheid van aal o.b.v. eDNA. Bij Gemaal Lely en Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen worden meerdere polderafdelingen bemalen. Drie afdelingen bij gemaal Lely en 2 bij het Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen. De waterkwaliteit tussen de afdelingen onderling verschilt en op basis daarvan maken jonge alen mogelijk keuzes in hun migratieroute. Daarom zijn bij elk gemaal twee polderafdelingen onderzocht. Indien er sprake is van een bepaalde voorkeur kan dit komen door de waterkwaliteit, aanwezigheid van verschillende vissoorten en de dichtheid van aal in het gebied. Stichting Waterproef heeft daarom in opdracht van HHNK op 19 mei en op 21 juli de waterkwaliteit onderzocht van zowel de vijf polderafdelingen als aan de buitenzijde in het IJsselmeer. Op 26 mei heeft door RAVON eDNA bemonstering plaatsgevonden van de vijf polderafdelingen. Hierbij is polderwater gefilterd met een microscopisch fijn filter, waardoor DNA sporen van aal en andere vissoorten kunnen worden geëxtraheerd. Door gebruik te maken van eDNA metabarcoding kan de relatieve hoeveelheid DNA van in het monster aanwezige vissoorten worden uitgelezen. Hiermee ontstaat een kwalitatief beeld van de visdiversiteit en aanwezigheid van aal (Herder et al., 2014).

3.9 Gegevensanalyse

3.9.1 Combinatie van rekenmethoden en betrouwbaarheid

Dit onderzoek is complex van opzet. Om verworven data uit te werken naar bruikbare resultaten is gebruik gemaakt van de best beschikbare kennis uit wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke bronnen. Om de zorgen dat dit onderzoek transparant en reproduceerbaar is, hebben wij zoveel mogelijk onderbouwing en uitwerking gegeven aan de verschillende rekenmethoden.
Bij de benadering van intrek en aanbod over het gehele seizoen binnen dit onderzoek spelen verscheidene factoren een rol die van invloed zijn op de betrouwbaarheid van de verworven resultaten. Zo berust het bepalen van de vangstrendementen van de opvangfuiken deels op metingen en op onderbouwde aannames (Bijlage 4). Ook zijn vangstgegevens geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd om een compleet beeld te geven op alle locaties door het hele seizoen (Bijlage 8). Bij de inlaatpunten waar de intrek is benaderd op basis van twee verschillende vangtuigen (Stontelerkeersluis en Stoomgemaal Vier Noorderkoggen) wordt geschat dat de op basis van de verschillende berekeningen en aannames de foutmarge op kan lopen tot ±25% bij een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Bij inlaat Immerhorn, waar de intrek benaderd is op basis van één vangtuig en een combinatie van intrekcurves van andere locaties, wordt geschat dat de foutmarge op kan lopen tot ±50% bij een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Bij de hevels waar de benadering van de intrek

gebaseerd is op enkele steekproeven bij 3 van de in totaal 54 hevels wordt geschat dat de foutmarge vanwege onzekerheid van de overige buisdiameters en het aandeel dat daadwerkelijk open staat, op kan lopen tot ±20% bij een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Ook bij het benaderen van het aanbod op basis van merk-terugvangst spelen factoren een rol die van invloed zijn op de betrouwbaarheid. Om de onzekerheid die komt kijken bij 'toeval' statistisch te benaderen, is de zogenaamde Poisson 95% betrouwbaarheidsinterval gehanteerd, dit is conform wetenschappelijke literatuur over merk-terugvangst onderzoek (Bijlage 2). Deze statistiek geldt onder bepaalde voorwaarden. Afwijking van deze voorwaarden kan daarom alsnog leiden tot over- of onderschatting. Selectiviteit van vangtuigen leidt bijvoorbeeld tot onderschatting van een populatie, aangezien een deel van de populatie buiten beeld blijft. Wanneer gemerkte exemplaren een lagere kans op terugvangst hebben dan ongemerkte exemplaren, dan leiden de berekeningen tot overschatting van een populatie. Resultaten zijn daarom vooral indicatief voor ordegroottes, en kunnen niet worden geïnterpreteerd als exacte waarden.

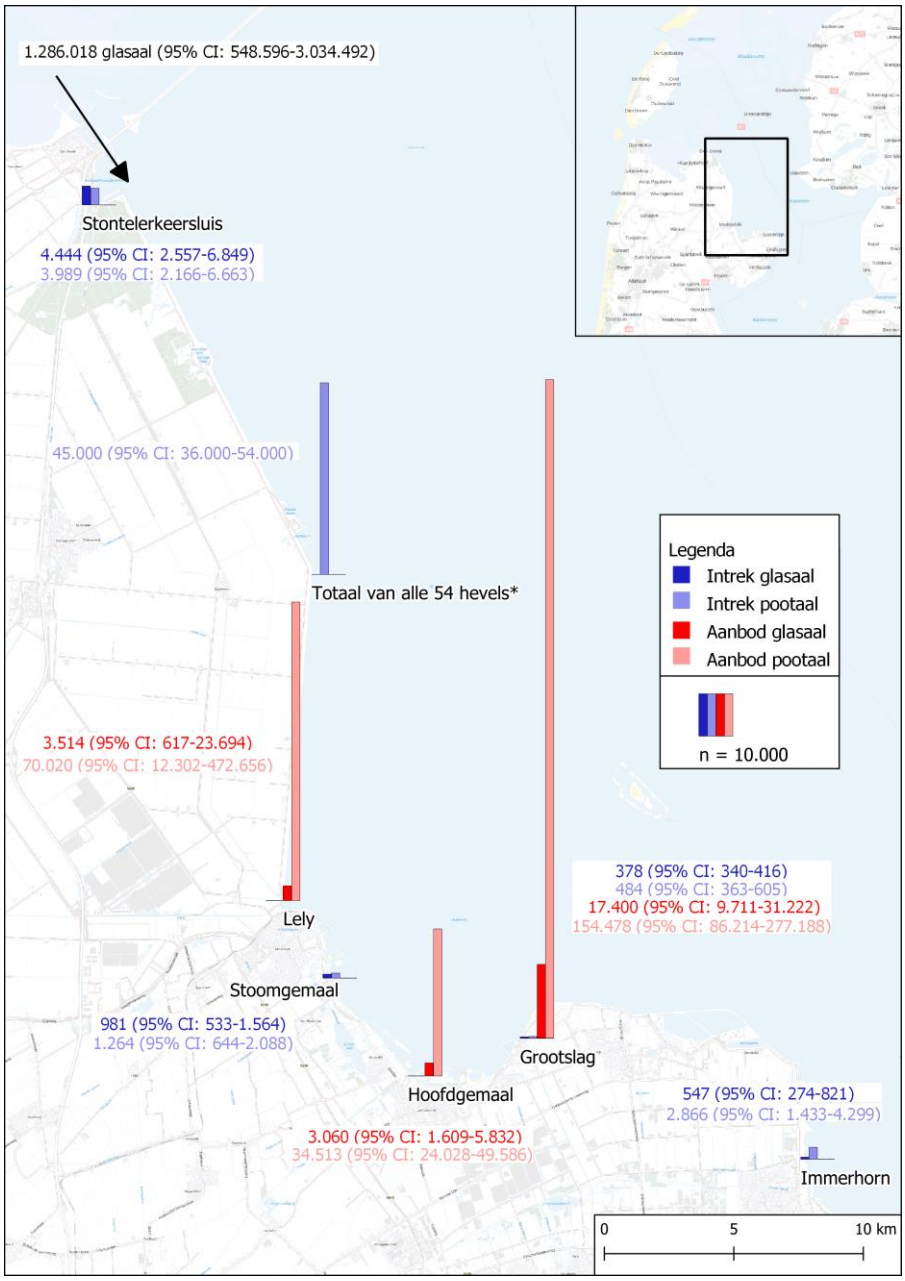
3.9.2 Indeling levensstadia

In dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen de verschillende stadia van aal op basis van lengte. Vangst van aal is toegewezen aan de lengteklasses 6-10cm, 11-15cm, 16-25cm, 26-40cm en >41cm. Vanwege hanteerbaarheid van levende aal en dierenwelzijn zijn geen exacte metingen aan de lichaamslengte uitgevoerd. Aal <10 cm is beschouwd als glasaal, aal van 11-40 cm is uit oogpunt van dataverwerking beschouwd als pootaal. Hierbij zit in de praktijk een fractie >28cm die normaal als rode aal wordt beschouwd. Alle aal > 41 cm gold in dit onderzoek als rode aal.

4 Resultaten

4.1 Overzicht intrek en aanbod IJsselmeerkust

Deze vangsten uit dit onderzoek zijn doorgerekend om tot een totaalbeeld van de intrek, het aanbod en migratieknelpunten te komen. Rond de hier weergegeven getallen zit doorgaans een grote onzekerheidsmarge en gelden daarmee als indicatie voor de werkelijke aantallen. De totale potentiële intrek van jonge aal op de knooppunten langs de IJsselmeerkust voor het voorjaar van 2020 wordt geraamd op circa 343.000 individuen (95% betrouwbaarheidsinterval: 179.000-937.000).



*Afbeelding 4.1: Overzicht van berekende hoeveelheden glasaal en pootaal (indicatie) die intrekken of potentieel in willen trekken (aanbod) via de verschillende knooppunten langs de Noord-Hollandse IJsselmeerkust. *Het totaal van alle 54 hevels is gebaseerd op steekproeven bij drie evenredig over de dijk gelegen hevels. (CI=confidence interval cq. betrouwbaarheidsinterval)*

Dit is verdeeld over 30.000 glasalen (95% betrouwbaarheidsinterval: 16.000-70.000) en 313.000 pootalen (95% betrouwbaarheidsinterval: 163.000-867.000). Daarvan komen er circa 60.000 (17%) (95% betrouwbaarheidsinterval: 44.000-77.000) de polders binnen via inlaten en vispassages. De overige circa 283.000 (83%) (95% betrouwbaarheidsinterval: 134.000-860.000) geldt als potentieel aanbod dat niet is ingetrokken. Afbeelding 4.1 geeft de verdeling aan van intrek en aanbod over de verschillende locaties.
In de hierop volgende paragrafen wordt per locatie in detail ingegaan op de vangsten en doorberekeningen daarvan.

4.2 Gemaal Leemans

4.2.1 Aanbod

Hoewel Gemaal Leemans niet langs de IJsselmeerkust ligt en niet behoort tot de primaire selectie uit dit onderzoek, is op deze locatie wel gevist om in Den Oever glasaal van VIE-tags te kunnen voorzien. Hiermee is onbedoeld ook inzicht verkregen in hoeveelheden glasaal die zich voor de uitlaat van Gemaal Leemans / RWZI Wieringen bevinden. Op basis van deze vangsten (Bijlage 6), met voor Nederlandse begrippen een hoge relatieve dichtheid, is de verwachting dat zich op de momenten van onderzoek tienduizenden tot mogelijk honderdduizenden glasalen in directe nabijheid van de uitlaat aanwezig waren. Dit is qua ordegrootte in lijn met de aanbodschattingen van Foekema et al. (2014).

4.3 Stontelerkeersluis

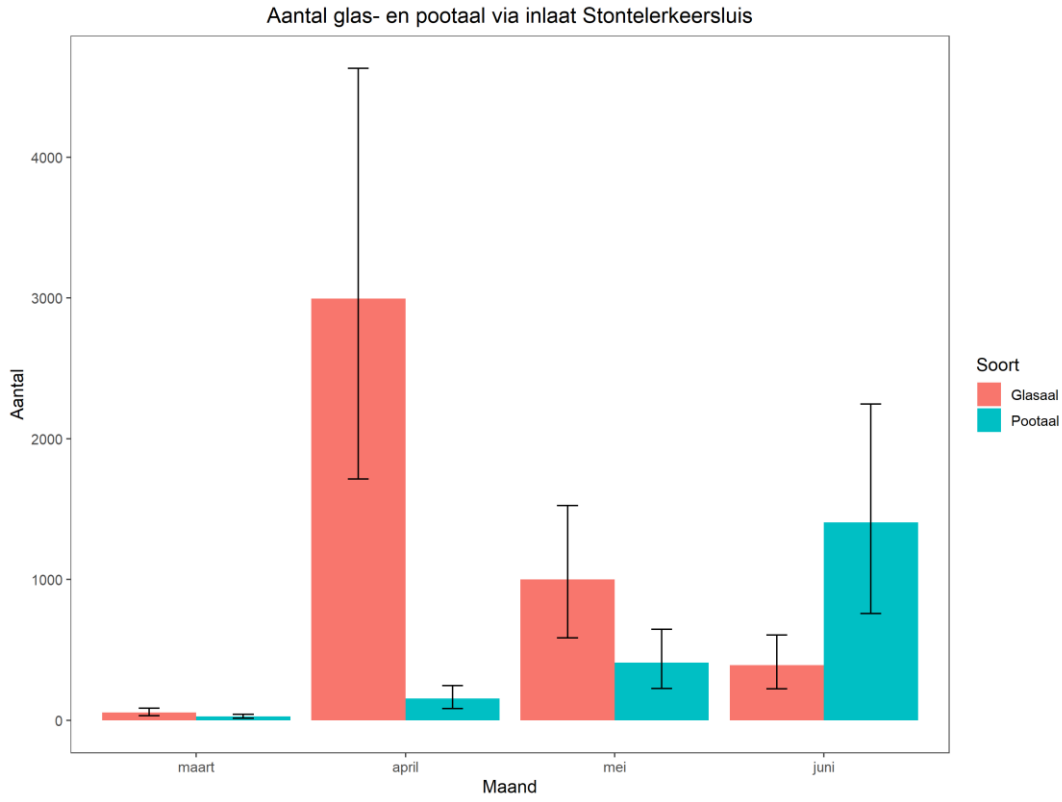
4.3.1 Intrek

Bij de Stontelerkeersluis is het hele seizoen gevist met een glasaalcollector en later in het seizoen met een opvangfuik. De vangsten van jonge aal zijn weergegeven in Bijlage 6 en de totaalvangsten in Bijlage 7. Omdat zowel de collector als de fuik een klein deel van de daadwerkelijke intrek afvangen is op basis van vangstrendement en/of extrapolatie een doorberekening gemaakt naar de totaalintrek (Afbeelding 4.2). Er werden geen exemplaren teruggevangen van de testgroep met gemerkte glasalen (400 stuks) die op 28 mei werd losgelaten ter hoogte van de snelweg A7 richting inlaat/collector (ca. 80 meter afstand). Mogelijk komt dit doordat dat deze glasalen, die met een detector in Den Oever zijn gevangen, uitsluitend actief migratiegedrag vertoonden en zich niet richting de inlaat mee lieten voeren maar juist stroomopwaarts zijn gezwommen. We beschouwen de testgroep daarom niet als representatief voor het vangstrendement van de collector.
Voor de collector is gebruik gemaakt van doorberekening van het collectordebiet versus het inlaatdebiet, waarbij rekening gehouden is met dagelijkse variatie in het inlaatdebiet en de nachtelijke migratie van aal (rekenstappen in Bijlage 8). De fuikvangsten zijn verrekend met het berekende fuikrendement (Bijlage 4) en als representatief beschouwd voor de maand juni bij het geldende inlaatdebiet tijdens inzet van het vangtuig. Vervolgens heeft extrapolatie naar de andere maanden plaatsgevonden op basis van de vangsthoogte van de collector (geschaald op het gemiddelde van juni), waarbij rekening gehouden is met dagelijkse variatie in het inlaatdebiet en de nachtelijke migratie van aal (rekenstappen in Bijlage 8). Voor glasaal beslaat de onderzoeksperiode waarschijnlijk bijna het gehele

intrekseizoen (95%), voor pootaal ongeveer de helft (50%). De hoeveelheid die er over het gehele migratieseizoen 2020 binnenkomt, wordt door ons op basis van combinatie van fuik- en collectorvangsten gesteld op:

4.444 glasalen (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 2.557-6.849 stuks), waarmee circa 95% van het intrekseizoen is afgedekt.

3.989 pootalen (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 2.166-6.363 stuks), waarmee circa 100% van het intrekseizoen is doorberekend.

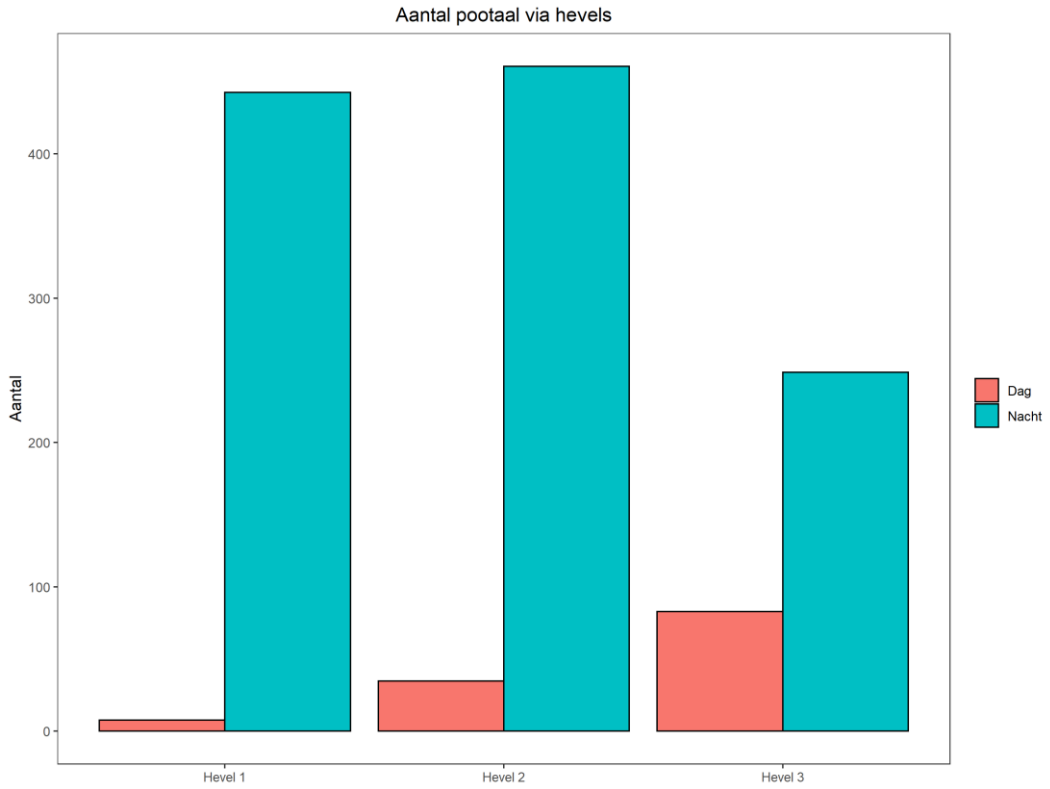


Afbeelding 4.2: Benadering van het aantal glas- en pootalen dat per maand binnentrekt via de Stontelerkeersluis op basis van doorberekening van de collector- en fuikvangsten. Foutbalken geven de verwachte betrouwbaarheidsinterval van 95%.

4.4 Hevels Wieringermeer

4.4.1 Intrek

We beschouwen de steekproef van drie hevels, evenredig verdeeld over de kust, representatief voor alle hevels die over de dijk gaan richting de Wieringermeer. Tevens beschouwen we de vangstmomenten als representatieve steekproef voor de periode van 15 april tot 15 juli. Wanneer de vangst (Bijlage 6) wordt doorberekend over deze periode, komt een totaal aantal van 1278 alen over de dijk verdeeld over de drie locaties (Afbeelding 4.3). Opvallend is dat alleen pootaal en rode aal is gevangen, glasaal kwam niet voor in de steekproeven. Mogelijk is glasaal minder vatbaar voor inzuiging in de periode waarin hevels worden gebruikt of zwemmen ze niet langs de stortstenen bodem.



Afbeelding 4.3: Totaal aantal alen dat per hevel wordt ingelaten tijdens de periode 15 april-15 juli. Deze benadering is uitgevoerd op basis van steekproeven bij drie hevels verrekend met de totaaldebieten.

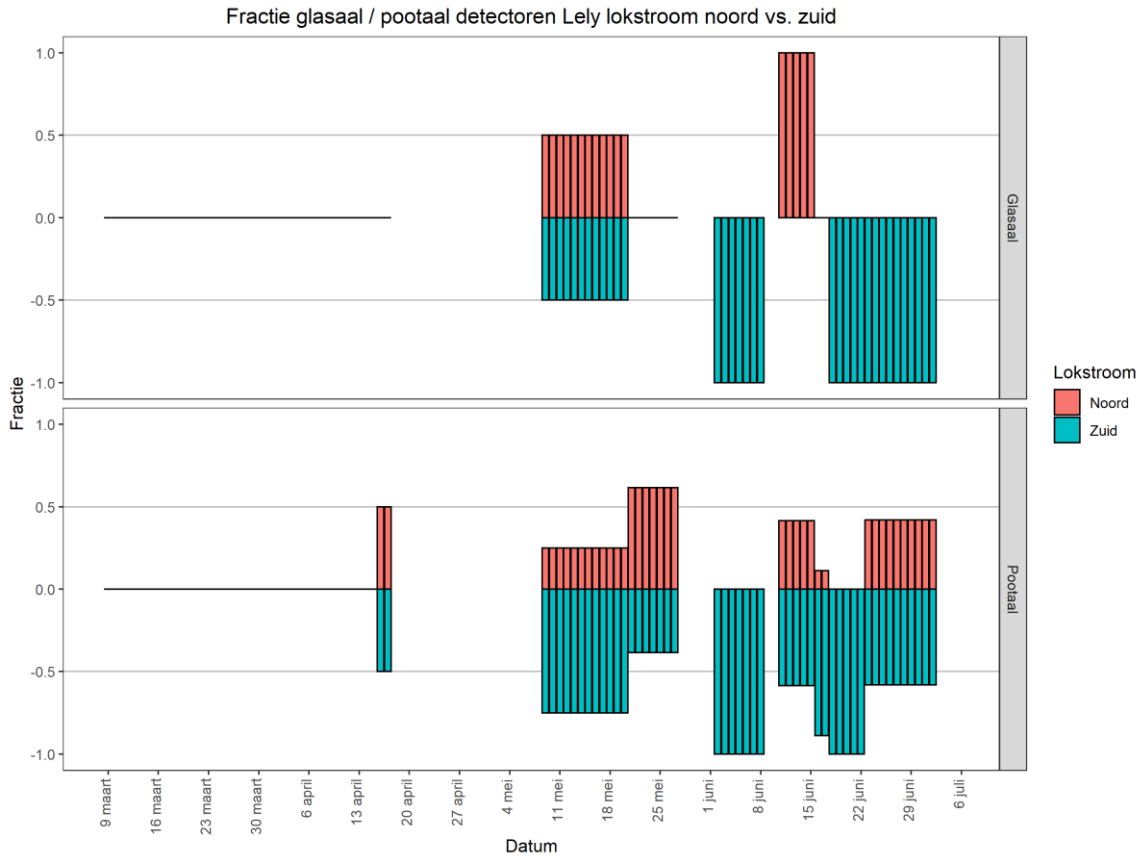
Ervan uitgaande dat de onderzochte hevels circa 4,5% van het geheel aan hevelinlaat uitmaken, wordt de totale inlaat van aal in de onderzoeksperiode berekend op 28.400 individuen. Op basis van het gemiddelde intrekseizoen voor pootaal komt na de onderzoeksperiode in het hevelseizoen (16 juli-1 oktober) nog eens circa 37% van het aantal alen binnen, met name in juli en augustus (zie kader onder 2.1). Totaal wordt hiermee inschat dat in 2020 via de hevels rond de 45.000 alen (hoofdzakelijk pootaal) de Wieringermeerpolder worden ingelaten. Vanwege de gemaakte extrapolaties, aangezien er ook hevels uit blijken te staan en tegelijk het totale inlaatdebiet ook hoger kan zijn door aanwezigheid van 200mm hevels (zie Bijlage 1, factsheet 1.3 voor een toelichting), schatten we de 95% betrouwbaarheidsinterval op ±20% (9000). Samengevat bedraagt de totale geschatte intrek voor de hevels:

45.000 alen (hoofdzakelijk pootaal) (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 36.000-54.000 stuks), waarbij circa 100% van het intrekseizoen is doorberekend.

4.5 Gemaal Lely

4.5.1 Vangst

Bij Gemaal Lely is een dubbele detector ingezet om vanuit twee polderafdelingen water te gebruiken als lokstroom. De detectoren zijn niet onafgebroken ingezet vanwege stormschade. Met beide detectoren is glasaal en pootaal gevangen (Bijlage 6), hoofdzakelijk op de zuidelijke lokstroom (Afbeelding 4.4).



Afbeelding 4.4: Fractie van de vangst die in twee detectoren van Gemaal Lely op de noordelijke of zuidelijke lokstroom is geboekt. Waarden boven de 0,5 geven voor betreffende lichting voorkeur aan voor één bepaalde kant.

4.5.2 Aanbod

Vanwege de lage vangsten bij Gemaal Lely zijn alleen twee kleine groepen van pootaal (27 en 63 stuks) gemerkt met een VIE-tag. Aanbodberekening is afhankelijk van terugvangsten om zo de vangstefficiëntie te kunnen bepalen (Bijlage 2). Van de twee groepen is één gemerkte pootaal teruggevangen. Voor pootaal wordt daarmee het vangstrendement berekend op 1,11% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 0,16%-6,32%). Dit is binnen dit onderzoek, ondanks inzet van een dubbele detector, het laagste terugvangstrendement bij een gemaal. Dit indiceert een korte verblijftijd, mogelijk door de ligging direct aan de kust en zeer beperkte aanwezigheid van lokstroom van het gemaal. Binnen de onderzoeksperiode wordt hiermee een aanbod berekend van **35.010 pootalen** (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 6.151-236.328 stuks). Met deze gegevens is een seizoensaanbod voor pootaal (deel van de populatie dat actieve verticale migratie vertoont) te berekenen met een grote onzekerheidsmarge:

70.020 pootalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 12.302-472.656 stuks), waarbij circa 100% van het intrekseizoen is doorberekend.

Voor glasaal is het zonder uitzet en terugvangsten niet mogelijk om daarmee een vangstrendement te bepalen. Echter is het vangstrendement van detectoren bij

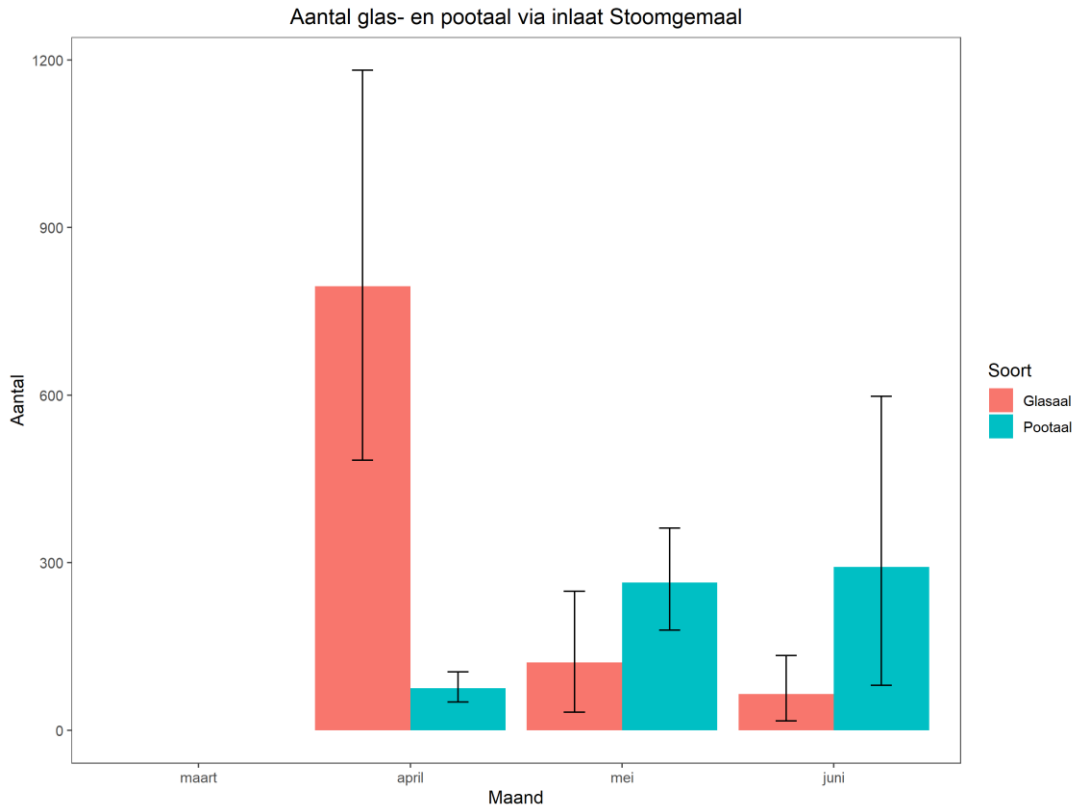
Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen en Grootslag voor pootaal en glasaal relatief vergelijkbaar (licht hoger voor glasaal; 8,45% vs 10,00% en 2,89% vs 3,33%). Wanneer we stellen dat voor glasaal het vangstrendement bij Lely gelijk is aan dat van pootaal, dan zou dit uitkomen op 1,11% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 0,16%-6,32%). In dat geval is het met alleen de geboekte vangst ook mogelijk voor glasaal een seizoensaanbod (deel van de populatie dat actieve verticale migratie vertoont) te berekenen met een grote onzekerheidsmarge:

3.514 glasalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 617-23.694 stuks), waarmee circa 95% van het intrekseizoen is afgedekt.

4.6 Inlaat stoomgemaal Vier Noorderkoggen

4.6.1 Intrek

Bij het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen is aan het begin van het seizoen gevist met een detector, daarna met een collector (i.v.m. ingaan inlaatseizoen omstreeks begin april) en het grootste deel van het seizoen met een opvangfuik. De vangsten van jonge aal zijn weergegeven in Bijlage 6 en de totaalvangsten in Bijlage 7. Bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen vangen zowel de collector als de fuik een deel van de daadwerkelijke intrek af. Op basis van vangstrendement en/of extrapolatie is vervolgens een doorberekening gemaakt naar de totaalintrek (Afbeelding 4.5). Voor de collector is gebruik gemaakt van het verrekenen van het collectordebiet met het inlaatdebiet, waarbij rekening gehouden is met dagelijkse variatie in het inlaatdebiet (rekenstappen in Bijlage 8). De fuikvangsten zijn verrekend met het fuikrendement (Bijlage 4) en met het geldende inlaatdebiet (op basis van schuifstanden) tijdens inzet van het vangtuig voor correctie van intrek via de andere inlaat. De maand juni is bijgeschat voor de fuik (Bijlage 8). Op deze locatie zijn ook batches met glasaal en pootaal voorzien van een VIE-tag en circa 10 meter voor de inlaat weer losgelaten. Uitsluitend van één groep glasaal die werd losgelaten op 21 april is een relatief hoge terugvangst geboekt in de fuik, 29 van de 112 (25,9%). Alle terugvangst vond binnen twee weken plaats, met het hoogste aantal op de tweede en derde dag (13 & 8 individuen). De totale intrek van deze gemerkte groep (inclusief de zuidelijke inlaat), wordt berekend op 65 stuks (58,2%). De andere groep glasaal (11 mei, 7 stuks) werd niet terug gevangen. Van gemerkte pootaal (groep 21 april, 3 stuks; groep 11 mei, 18 stuks) werd alleen van de tweede groep één exemplaar in de fuik gevangen. Deze resultaten laten zien dat niet alle glasaal en pootaal die zich voor de inlaat bevinden daadwerkelijk inspoelen. Evenals op de andere inlaatpunten/collectoren is een sterke teruggang in de vangsten te zien vanaf eind april. In die periode nemen op andere locaties juist de vangsten met detectoren toe. Mogelijk kiest de glasaal vanaf deze periode (op basis van watertemperatuur, zie paragraaf 5.4) voor een actievere, stroomopwaartse, migratiestrategie en zwemt een steeds groter deel tegengesteld aan de inlaat.



Afbeelding 4.5: Aantal glas- en pootalen dat per maand binnentrekt via de inlaat van het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen berekend op basis van het gemiddelde van de collector- en fuikvangsten. Foutbalken geven de verwachte betrouwbaarheidsinterval van 95%.

Voor glasaal beslaan de intrekberekeningen uit onze onderzoeksperiode waarschijnlijk bijna het gehele intrekseizoen (95%), voor pootaal ongeveer de helft (50%). De hoeveelheid die er over een geheel migratieseizoen binnenkomt, wordt door ons op basis van combinatie van collector- en fuikvangsten gesteld op:

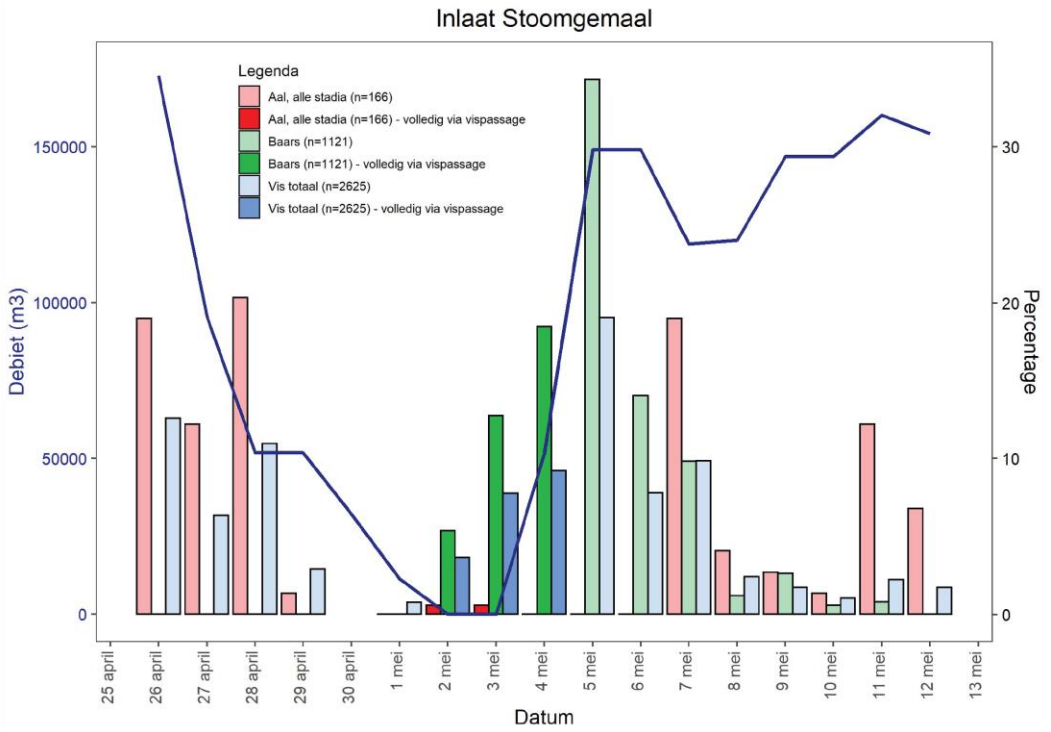
981 glasalen (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 533-1.564 stuks), waarmee circa 95% van het intrekseizoen is afgedekt.

1.264 pootalen (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 644-2088 stuks), waarbij circa 100% van het intrekseizoen is doorberekend.

4.6.2 Vispassage efficiëntie

In de noordelijke inlaatbuis van Stoomgemaal Vier Noorderkoggen zit een vispassage, die functioneert als vissluis, in het bijzonder tijdens de winterperiode wanneer de inlaat dicht staat (Bijlage 1). Gedurende de periode dat de fuik achter deze inlaat stond, zijn er slechts een paar dagen geweest dat de vispassage werd ingezet en de inlaat dicht stond. Dit was de periode van de avond van 1 mei tot en met de vroege ochtend van 4 mei, hierna werd in de middag van 4 mei de inlaat weer langzaam opengezet. Om voor deze korte periode te kijken welk effect de vispassage had op intrek van aal en andere soorten is een analyse gemaakt voor het tijdvak 26 april-12 mei (afbeelding 4.6). Per saldo had de werking van de vispassage een positief effect op de aantallen vis die tijdens en direct na de vispassage-periode binnentrokken, echter werd dit aantal gedomineerd door baars. Soorten als blankvoorn en pos weten de vispassage ook goed te benutten. Voor aal werd in deze periode

de hoogste intrek geboekt wanneer de inlaat verder open staat, tijdens het terugschroeven van de inlaat en tijdens de vispassagecycli stagneert de intrek. Binnen het tijdvak van 16 dagen trokken 166 alen binnen. Daarvan trokken slechts één glasaal en één pootaal binnen gedurende de 3 dagen openstelling van de vispassage. Dit komt neer op een passage van 12,6 aal/nacht tijdens inlaatdagen en 0,7 aal/nacht tijdens vispassagedagen, daarmee komt het vispassagerendement voor aal verhoudingsgewijs tot de inlaat op 5,2%. Ook voor veel andere soorten geldt dat deze vooral binnenkomen (meespoelen) wanneer de inlaat open staat.



Afbeelding 4.6: Intrek van vis via de vispassage inlaat van Stoomgemaal Vier Noorderkoggen gedurende de periode van 26 april tot 12 mei (aantal over totale periode=100%). De intrek van 2, 3 en 4 mei is afkomstig van de vispassagecycli (fuik, 100% vangstrendement), de overige intrek vond plaats via inlaatwater (fuik, met correctie voor vangstrendement). Op 30 april was de fuik uit het water voor een schoonmaakbeurt.

4.7 Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen

4.7.1 Aanbod

Bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen zijn twee detectoren ingezet om vanuit twee peilvakken water te gebruiken als lokstroom. De vangst was de meeste dagen sterk georiënteerd op één van de twee detectoren. Helaas is er in de uitwerking teveel onduidelijkheid ontstaan over het toewijzen van vangsten, waardoor er geen betrouwbaar beeld is met betrekking tot voorkeur. De totaal vangsten van jonge aal zijn weergegeven in Bijlage 6 en de totaalvangsten in Bijlage 7. Bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen zijn meerdere groepen van pootaal en glasaal gemerkt met een VIE-tag. Aanbodberekening is afhankelijk van terugvangsten om zo de vangstefficiëntie te kunnen bepalen (Bijlage 2).

Verdeeld over verschillende groepen zijn 343 pootalen gemerkt, hiervan zijn 29 exemplaren terug gevangen. Voor pootaal wordt daarmee het vangstrendement berekend op 8,45% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 5,88%-12,14%), doorberekend geeft dat 17.256 pootalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 12.014-24.793 stuks) in de onderzoeksperiode (50% intrekseizoen afgedekt). Dit is binnen dit onderzoek de locatie met het hoogste terugvangstrendement, mede veroorzaakt door inzet van twee detectoren. Echter laat dit ook zien dat op deze locatie een relatief hogere verblijftijd te verwachten is, ten opzichte van de minder beschut gelegen locaties Lely en Grootslag. Met deze gegevens is een seizoensaanbod voor pootaal (deel van de populatie dat actieve verticale migratie vertoont) te berekenen met een onzekerheidsmarge:

34.513 pootalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 24.028-49.586 stuks), waarbij circa 100% van het intrekseizoen is doorberekend.

Van glasaal zijn over verschillende groepen 90 exemplaren gemerkt, hiervan zijn er 9 terug gevangen. Voor glasaal wordt daarmee het vangstrendement berekend op 10,00% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 5,25%-19,02%). Met deze gegevens is een seizoensaanbod voor glasaal (deel van de populatie dat actieve verticale migratie vertoont) te berekenen met een onzekerheidsmarge:

3.060 glasalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 1.609-5.832 stuks), waarmee circa 95% van het intrekseizoen is afgedekt.

4.8 Gemaal Grootslag

4.8.1 Aanbod

Bij Gemaal Grootslag is een detector voor het gemaal en een fuik achter de vispassage ingezet. De vangsten van jonge aal zijn weergegeven in Bijlage 6 en de totaalvangsten in Bijlage 7. Bij Gemaal Grootslag zijn meerdere groepen van pootaal en glasaal gemerkt met een VIE-tag. Aanbodberekening is afhankelijk van terugvangsten om zo de vangstefficiëntie te kunnen bepalen (Bijlage 2). Verdeeld over verschillende groepen zijn 381 pootalen gemerkt, hiervan zijn 11 exemplaren teruggevangen (fuik: 1, detector: 10). Voor pootaal wordt daarmee het totale vangstrendement berekend op 2,89% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 1,61%-5,17%). Door beide vangtuigen te bundelen wordt de betrouwbaarheid verhoogd en dit vermindert het effect van overschatting met de fuik en onderschatting met de detector. Gecombineerd bedroeg het aanbod tijdens de onderzoeksperiode (circa 50% intrekseizoen) 77.239 pootalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 43.107-138.594 stuks). Indien alleen met fuikvangsten was gerekend: 88.392, indien alleen detectorvangsten: 76.124. Met deze gegevens is een seizoensaanbod voor pootaal (gemengd over deel van populatie met passieve migratie en deel dat actieve verticale migratie vertoont) te berekenen met een onzekerheidsmarge:

154.478 pootalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 86.214-277.188 stuks), waarbij circa 100% van het intrekseizoen is doorberekend.

Van glasaal zijn over verschillende groepen 330 exemplaren gemerkt, hiervan zijn net als bij pootaal 11 exemplaren terug gevangen (fuik: 4, detector: 7). Voor glasaal wordt daarmee het totale vangstrendement berekend op 3,33% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval:

1,86%-5,97%). Door beide vangtuigen te bundelen wordt de betrouwbaarheid verhoogd en dit vermindert het effect van overschatting met de fuik en onderschatting met de detector Het gecombineerde aanbod bedraagt 17.400, indien alleen met fuikvangsten was gerekend: 28.628, indien alleen detectorvangsten: 10.984. Met deze gegevens is een seizoensaanbod voor glasaal (gemengd over deel van populatie met passieve migratie en deel dat actieve verticale migratie vertoont) te berekenen met een onzekerheidsmarge:

17.400 glasalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 9.711-31.222 stuks), hiermee is circa 95% van het intrekseizoen afgedekt.

4.8.2 Intrek

De intrek via de vispassage is tijdens de onderzoeksperiode vrijwel volledig afgevangen met een fuik. Voor glasaal heeft aanvullend bijschatting (totale verwachte onzekerheidsmarge 10%) plaatsgevonden voor intrek voorafgaand aan de plaatsing en dagen dat de fuik werd gereinigd. Voor pootaal werd ongeveer 50% van het intrekseizoen afgedekt, dit is doorberekend. De intrek via de vispassage van gemaal Grootslag bedroeg in 2020:

378 glasalen (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 340-416 stuks), waarbij circa 95% van het intrekseizoen is doorberekend en afgedekt.

484 pootalen (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 363-605 stuks), waarbij circa 100% van het intrekseizoen is doorberekend.

4.8.3 Vispassage efficiëntie

De fuik die is ingezet, stond aan de achterzijde van de vispassage. Hierdoor is het mogelijk om over de verschillende gemerkte groepen en voor het totaalaanbod efficiëntie van de vispassage te berekenen.

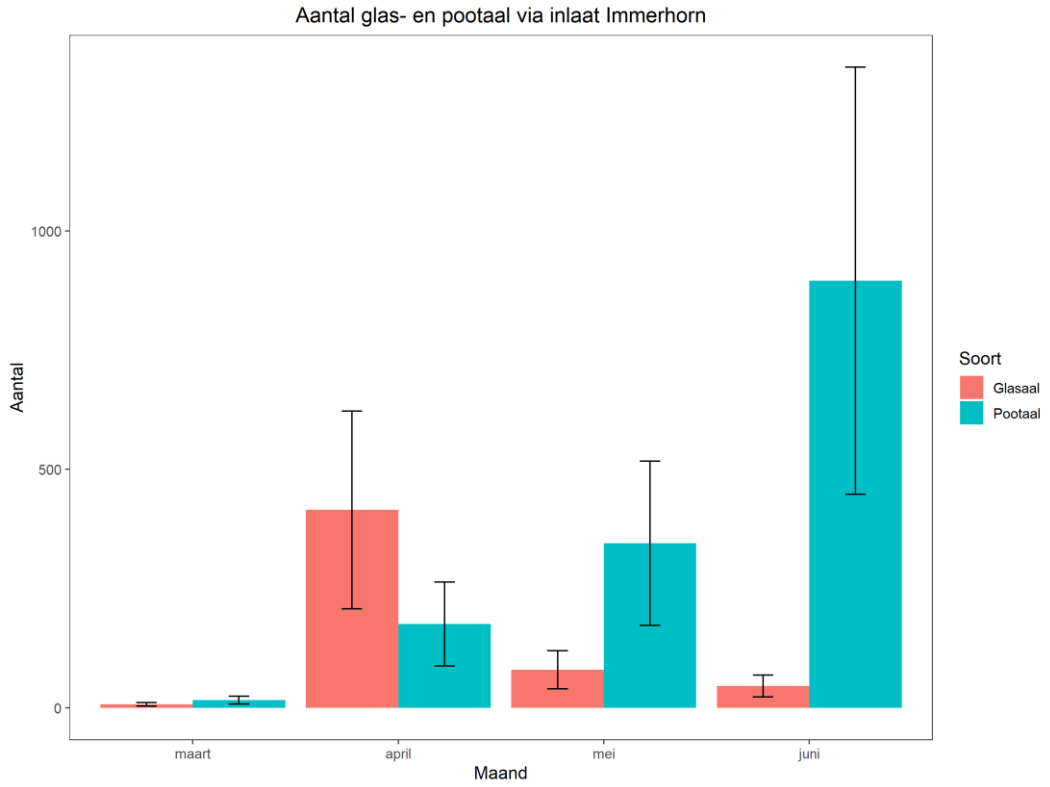
Voor pootaal geldt dat van de 381 gemerkte exemplaren, slechts één individu de vispassage passeerde. Daarmee komt de efficiëntie van de vispassage op 0,26% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 0,04%-1,49%). De waargenomen passage van pootaal bedroeg in de onderzoeksperiode 232 exemplaren, afgezet tegen het berekende aanbod tijdens deze periode van circa 77.239, gaat het om ongeveer 0,3%. Voor glasaal geldt dat van de 330 gemerkte exemplaren, vier de vispassage passeerden, wat neerkomt op een efficiëntie van 1,21% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 0,47%-3,12%). De totale passage van glasaal in de onderzoeksperiode was 347 exemplaren, tegen een berekend aanbod van circa 17.400 gaat het om ongeveer 2,0%. De twee benaderingen liggen voor zowel pootaal als glasaal met elkaar in lijn.

4.9 Inlaat Immerhorn

4.9.1 Intrek

Bij de Inlaat Immerhorn is het hele seizoen gevist met een glasaalcollector en later in het seizoen met een opvangfuik. De vangsten van jonge aal zijn weergegeven in Bijlage 6 en de totaalvangsten in Bijlage 7. Bij Inlaat Immerhorn vangen zowel de collector als de fuik een deel van de daadwerkelijke intrek af. Er werden geen exemplaren terug gevangen van de

testgroep met gemerkte glasalen (407 stuks) die op 28 mei werd losgelaten halverwege de aftakking van het IJsselmeer richting inlaat/collector (ca. 40 meter afstand). Mogelijk dat deze glasalen, die met een detector in Den Oever zijn gevangen, uitsluitend actief migratiegedrag vertoonden en zich niet richting de inlaat mee lieten voeren (zie paragraaf 5.4). We beschouwen de testgroep daarom niet als representatief voor het vangstrendement van collector en fuik. Vanwege de zeer lage vangst met de collector, heeft alleen op basis van de fuik met het rendement uit Bijlage 4 een doorberekening van de totale intrek plaatsgevonden (Afbeelding 4.7) (rekenstappen in Bijlage 8). Voor de maanden waarin niet met de fuik gevist is, heeft extrapolatie plaatsgevonden op basis van intrekcurves van andere locaties en vangtuigen (collector Stontelerkeersluis, fuik Stoomgemaal Vier Noorderkoggen en fuik gemaal Grootslag).



Afbeelding 4.23: Benadering van het aantal glas- en pootalen dat per maand binnentrekt via de Inlaat Immerhorn op basis van fuikvangsten in juni. Foutbalken geven de verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval.

Voor glasaal beslaan de intrekberekeningen uit onze onderzoeksperiode waarschijnlijk bijna het gehele intrekseizoen (95%), voor pootaal ongeveer de helft (50%). De hoeveelheid die er over een geheel migratieseizoen binnenkomt, wordt door ons gesteld op:

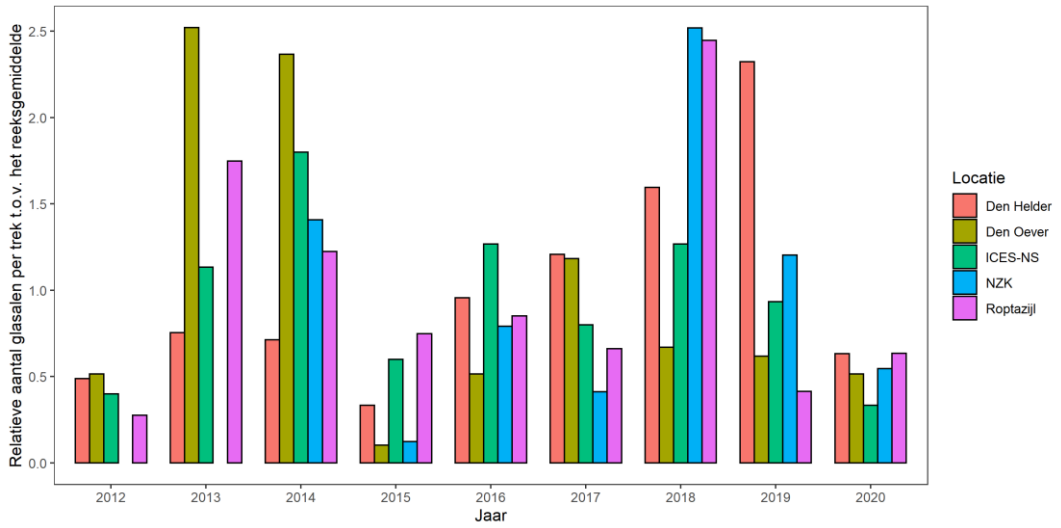
547 glasalen (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 274-821 stuks), waarmee circa 95% van het intrekseizoen is afgedekt.

2.866 pootalen (verwachte 95% betrouwbaarheidsinterval: 1.433-4.299 stuks), waarbij circa 100% van het intrekseizoen is doorberekend.

5 Migratie in perspectief

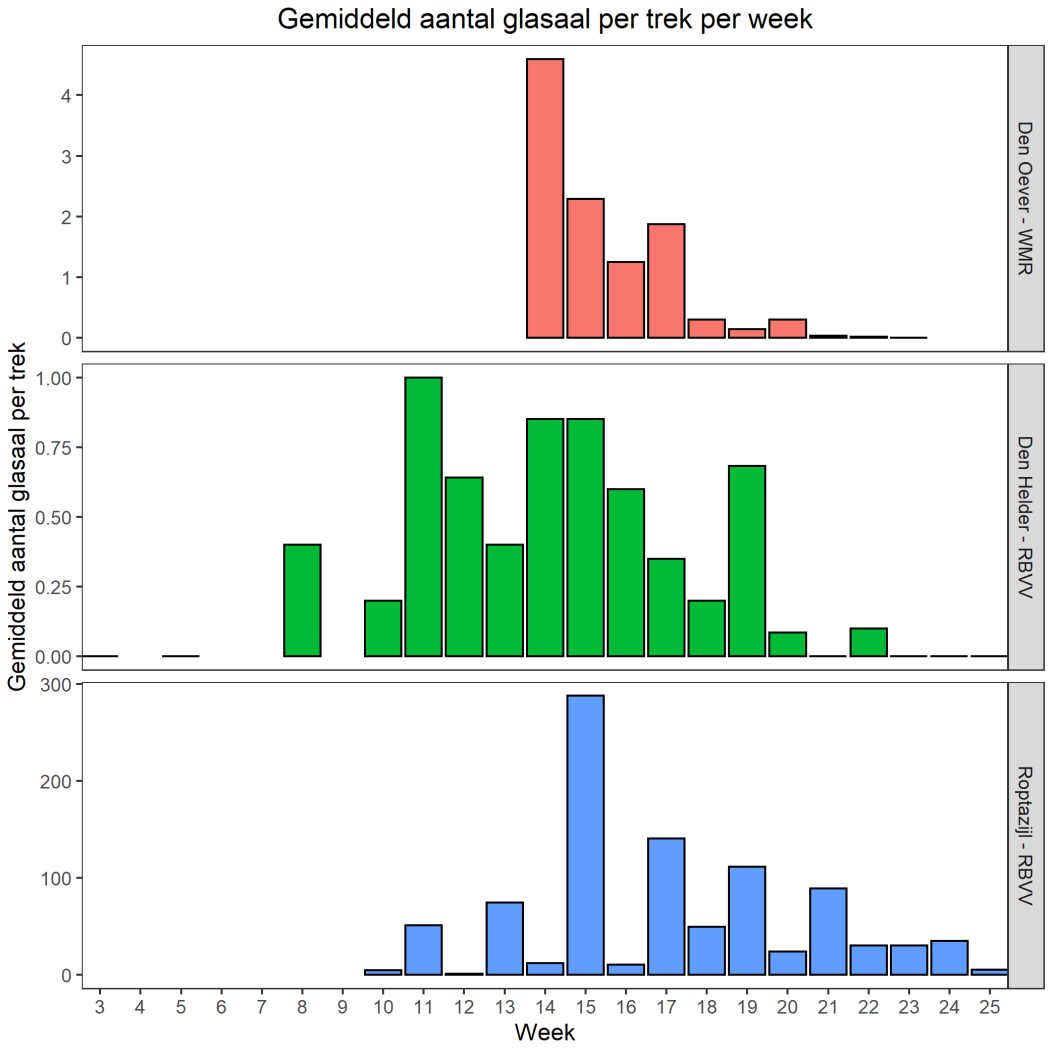
5.1 Intrek bij Den Oever

De jonge aal in dit onderzoek komt hoofdzakelijk binnen bij Den Oever. Een gegeven is dat er ook intrek plaats vindt in Kornwerderzand, aan de andere zijde van de afsluitdijk. Gezien de grote afstand, verwachten we daarvan weinig effect op de toewijzing van de eerder beschouwde intrek aan Den Oever. De hoogte van de intrek was in 2020 over heel Europa laag, in de Noordzeeregio bedroeg de index 0,5% van de referentieperiode 1960-1979 (ICES, 2020). Ook was de intrek in 2020 aanzienlijk lager dan de voorgaande jaren. De aantallen in de kruisnetmetingen van WMR bij Den Oever waren laag, 1% ten opzichte van de referentieperiode 1960-1979 (ICES, 2020). Ook omliggende tijdreeksen lieten hetzelfde beeld zien voor de regio (afbeelding 5.1). Qua ordegrootte bedroegen de aantallen in 2020 rond 50% van wat er gemiddeld sinds 2012 is waargenomen.



Afbeelding 5.1: Relatieve hoogte van verschillende kruisnetmonitoringsreeksen vanaf 2012, het gemiddelde per reeks = 1. Data: WMR/ICES, Wetterskip Fryslân, HHNK, RAVON/RBVV.

Ter referentie van de in ons onderzoek verzamelde gegevens, is het waardevol om te weten wanneer de aanbodpiek bij Den Oever optrad. Helaas kon de monitoring van WMR pas begin april starten vanwege werkzaamheden aan de sluizen. In de eerste week, week 14, werden meteen de hoogste aantallen waargenomen. Het is daarmee onduidelijk of dit de piekweek was, of dat deze al eerder lag. Daarom is gekeken naar omliggende monitoringslocaties, Den Helder en Roptazijl. Op basis van de omliggende reeksen is het aannemelijk dat week 14 voor Den Oever de seizoenspiek was (afbeelding 5.2). Dit is tevens een week waarin de watertemperatuur sterk steeg, en het IJsselmeerwater voor het eerst warmer was dan de Waddenzee (Afbeelding 5.4). Ook onze eigen kruisnetvangsten in Den Oever, bij de uitlaat van Gemaal Leemans, ondersteunen het beeld van een seizoenspiek in week 14 (Bijlage 6, afbeelding 6.1).



Afbeelding 5.2: Aantal glasaal per kruisnettrek per week waarin gevist is in Den Oever (Data WMR, 56 trekken per week), Helsdeur Den Helder (Data RBVV/RAVON, 20 trekken per week) en Roptazijl (Data RBVV/RAVON, 10 trekken per week).

Bij Den Oever zijn meerdere groepen glasaal gemerkt met een VIE-tag. Op basis van de terugvangsten en verhouding tot de totaalvangst kan een globale berekening worden gemaakt van wat er via Den Oever intrekt. Dit is net als de aanbodberekeningen gebaseerd op de verhouding tussen de vangst van ongemerkte alen en terugvangst van gemerkte alen (Bijlage 2). Verdeeld over verschillende groepen zijn 4616 glasalen gemerkt en losgelaten bij Den Oever, hiervan zijn 5 exemplaren terug gevangen in een totale vangst langs de IJsselmeerkust van 1393 glasalen. Voor glasaal uit Den Oever wordt daarmee het vangstrendement in onze totale onderzoeksopzet berekend op 0,11% (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 0,05%-0,25%). Met deze gegevens is een seizoensintrek voor glasaal te berekenen met een onzekerheidsmarge:

1.286.018 glasalen (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 548.596-3.034.492 stuks), waarbij 95% van het intrekseizoen is afgedekt.

Aangezien de in Den Oever gemerkte glasaal hoofdzakelijk met een kruisnet gevangen is, bestaan de gemerkte groepen uit een mix van verschillende migratiestrategieën. Hierdoor

is niet alleen naar de actieve fractie gekeken die ook daadwerkelijk klimgedrag vertoont (met kans op onderschatting van het aanbod), maar een bredere doorsnee van de populatie.

Het hier berekende aantal kan in perspectief gesteld worden met eerdere onderzoeken. In 2016 en 2018 bedroeg de intrek via alleen de vispassage respectievelijk 732.000 (deel van het seizoen) en 283.000 (gehele seizoen) glasalen (Manshanden, 2016 & 2018). Dit waren relatief betere jaren en jaren waarin de vispassage goed (2016), of verminderd (2018), functioneerde. Intrek via visvriendelijk sluisbeheer is in 2014 (t.o.v. 2020 sterk intrekjaar) getest en geraamd op duizenden glasalen per visvriendelijk spuimoment en duizenden tot tienduizenden glasalen per visvriendelijke schutting (Vriese et al., 2015). De hoogst gemeten intrek op één nacht met vier schuttingen in week 15 bedroeg bijna 220.000 glasalen. In andere weken lagen de aantallen aanzienlijk lager. Voor 2020 verwachten we dat de aantallen qua intrek ten opzichte van 2014 een factor 3 lager liggen (afbeelding 5.1), echter zal het aantal visvriendelijke spui- en schutmomenten een stuk hoger liggen dan tijdens het testjaar. Op basis van de ordegrootte van eerdere vangsten, het lage aanbod, toepassing van visvriendelijk sluisbeheer en afwezigheid van een werkende vispassage, is de door ons berekende intrek goed verklaarbaar. Hoe deze intrek zich verhoudt tot het daadwerkelijke aanbod van glasaal bij Den Oever, wordt duidelijk wanneer de resultaten van WMR aan de buitenzijde worden geanalyseerd (verwacht na intrekseizoen 2021). Wel ligt het aantal teruggevangen glasalen van WMR in ons onderzoek lager (3 stuks), terwijl het aantal dat aan de buitenzijde bij den Oever is uitgezet door WMR hoger ligt dan wij aan de binnenzijde hebben losgelaten. Dit geeft een mogelijke indicatie van weerstand op de intrek van het sluizencomplex.
Afgezet tegen de aantallen glasaal die langs de kust bij intrekpunten zijn berekend (ca. 30.000) kan gesteld worden dat in het eerste jaar na aankomst circa 2-2,5% van de intrek bij Den Oever doorzwemt richting de intrekpunten van HHNK. In de daaropvolgende jaren wil tevens een aanzienlijk deels als pootaal intrekken, aangezien in dit onderzoek de aantallen pootaal hoger lagen. Het effect van voorafgaande jaren met een hogere glasaalintrek speelt hier ook in mee, alsook de intrek die via Kornwerderzand plaatsvindt en zich verspreidt.

5.1.1 Migratiesnelheid

Om naar het ruimtelijk perspectief te kijken en de relatie tot de intrek bij Den Oever, zijn in Den Oever door ons 4616 glasalen gemerkt en aan de IJsselmeerzijde losgelaten. Daarbij zijn de verschillende groepen losgelaten nabij de vispassage aan de IJsselmeerzijde (Zuiderhaven), ook is één groep in twee batches losgelaten op het IJsselmeer (afbeelding 3.9). Daarnaast heeft ook WMR een groot aantal glasalen gemerkt en aan de Waddenzeezijde losgelaten. In totaal zijn 8 bij Den Oever gemerkte glasalen terug gevangen over alle locaties binnen dit onderzoek, één door ons gemerkte glasaal is teruggevangen in het onderzoek van WMR aan de buitenzijde. De teruggevangen glasalen die door ons gemerkt waren behoorden tot twee van de vier groepen. De ‘roze’ groep, losgelaten nabij de vispassage, genereerde vier terugvangsten, waarvan drie op De ‘blauwe’ groep, losgelaten op het IJsselmeer, genereerde één terugvangst. Eén exemplaar van de ‘groene’ groep, losgelaten nabij de vispassage, werd teruggevangen aan de buitenzijde door WMR. Deze glasaal is dus weer naar buiten gezwommen of gespuid. Op basis van terugvangst kan naar migratiesnelheden worden gekeken (Tabel 5.1). Gemiddeld genomen bleken de terug gevangen glasalen op het IJsselmeer ten minste 0,57 km/dag af te leggen. Dat is wat langzamer dan op vergelijkbare wijze vastgestelde migratiesnelheden in het Noordzeekanaal in 2018, waar het gemiddelde uitkwam op 0,67 km/dag (Griffioen et al.,

2019). Bij Griffioen et al. (2019) waren er ook snelle zwemmers, die >1,5km/dag migreerden, dergelijke snelheden komen onder het beperkt aantal teruggevangen alen hier niet voor. Ook bleek in het Noordzeekanaal dat de glasalen die later in het seizoen (medio april) uitgezet werden, sneller zwommen dan glasalen die eerder (eind maart) uitgezet waren bij een lagere temperatuur.

Tabel 5.1: Terugvangsten van gemerkte alen op een andere locatie dan waar ze zijn losgelaten. Op basis van de kortst mogelijke afstand (km) en het aantal dagen onderweg is een minimale migratiesnelheid berekend. Het aantal dagen onderweg kan lager liggen, aangezien bij detectoren niet dagelijks een lichting plaatsvindt en aal na aankomst een kleine kans heeft om direct gevangen te worden.

Datum uitzet	Locatie uitzet	Stadium	Kleur1	kleur2	Datum terugvangst	Locatie terugvangst	Aantal	Dagen onderweg	Kortste afstand	Minimale snelheid (km/dag)
22 april	Den Oever - binnen	glasaal			27 mei	Grootslag	1	35	22	0,63
24 april	Den Oever - buiten (WMR)	glasaal			4 juni	Grootslag	1	41	23	0,56
22 april	Den Oever - binnen	glasaal			29 mei	Hoofdgemaal VNK	3	37	23	0,62
23/24 April	Den Oever - binnen	glasaal			5 juni	Hoofdgemaal VNK	1	42	23	0,55
15 mei	Den Oever - buiten (WMR)	glasaal			15 juni	Lely	1	31	19	0,61
24 april	Den Oever - buiten (WMR)	glasaal			22 juni	Lely	1	59	19	0,32
11 mei	Hoofdgemaal VNK	pootaal			14 juni	Immerhorn	1	34	13	0,38
Gemiddelde snelheid glasaal:										**0,57**

Met deze migratiesnelheden blijkt dat vanaf eind april de glasalen er gemiddeld 40 dagen (5-6 weken) over doen om van Den Oever richting de verschillende knooppunten uit dit onderzoek te zwemmen en daar gevangen te worden. Dit betekent dat de ‘passieve glasaalpiek’ in week 17 (paragraaf 5.4), glasaal betreft die rond half maart is binnengezwommen. De ‘actieve glasaalpiek’ in week 19 betreft glasaal die rond eind maart is binnengekomen. Dit komt overeen met de verwachte aanbodpiek in Den Oever in week 14.

5.2 Aanbod in relatie tot waterkwaliteit en waterkwantiteit

Bij de verschillende gemalen en boezempeilvakken zijn waterkwaliteitsparameters en eDNA (Bijlage 9) gemeten. Tabel 5.2 biedt een beknopt overzicht van de belangrijkste parameters. Voor het bredere begrip ‘voedselrijkdom en productiviteit’ is Orthofosfaat als indicator gebruikt, aangezien vrijwel alle watersystemen fosfaat gelimiteerd zijn. Bij Gemaal Grootslag werd het hoogste aanbod ingeschat. Behalve de hoogste Shannon biodiversiteitscore op basis van eDNA, werd hier voor andere parameters relatief gezien geen hoge waarden gemeten. Wel was dit de locatie met de hoogste en meest constante afvoer over het seizoen. Bij Gemaal Lely werd een voorkeur vastgesteld voor het zuidelijke peilvak, ten opzichte van het noordelijke peilvak. Dat was opvallend, aangezien er vanuit het zuidelijke peilvak niet bemalen is. Het water van het zuidelijke peilvak kent een andere samenstelling, met een veel lager Chloride gehalte, lagere fosfaatbeschikbaarheid en

aanwezigheid van aal eDNA in een veel lagere verhouding. Bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen lijkt er van dat tot dag een sterke voorkeur voor één van de twee peilvakken (bijlage 6.6). Vanwege onduidelijkheid rond de toewijzing van de vangsten aan één van beide peilvakken, lijkt er nu op basis van de gegevens een lichte voorkeur voor het zuidelijke peilvak. Deze uitwerking is onzeker. Dit peilvak wordt gekenmerkt door een hogere Chloride concentratie, hogere fosfaatbeschikbaarheid en een qua verhouding hogere aanwezigheid van aal eDNA. Al met al wijzen de resultaten niet op een eenduidige voorkeur naar één van de waterkwaliteitsparameters. Wel hebben alle polders een aanzienlijk hogere fosfaatbeschikbaarheid en meestal een hogere Chloride concentratie dan het IJsselmeer. We verwachten op basis van deze resultaten dat met name de afvoer bepalend is in de hoeveelheid aal die wordt aangetrokken en vastgehouden bij een knooppunt.

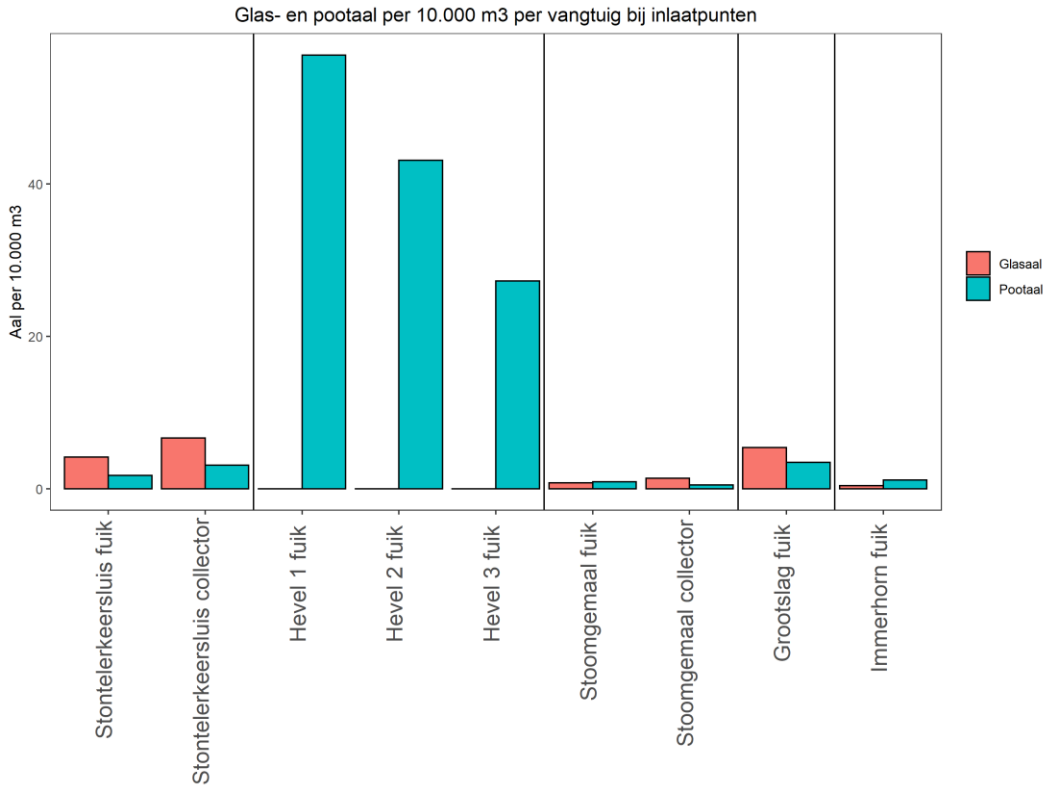
Tabel 5.2: Geschat aanbod (naar vangstverhouding verdeeld) per polderpeilvak in de onderzoeksperiode, gemiddelde seizoensafvoer, belangrijkste waterkwaliteitsparameters (gemiddelde van twee bemonsteringen) en resultaat van eDNA analyse. Het IJsselmeer is ook voor twee parameters als referentie weergegeven (gemiddelde van vier monsters). Toewijzing van aanbod bij Hoofdgem. Noord en Zuid kent een hoge mate van onzekerheid.

Locatie	Geschat aanbod glasaal	Geschat aanbod pootaal	Gemiddelde afvoer (M3/s)	Chloride (mg Cl/l)	Voedselrijkdom (PO4 mg/l)	Shannon-index (o.b.v. eDNA)	eDNA (aandeel van uitgelezen eDNA)
Gemaal Lely noord	215	8.730	0,14	2300	0,91	1,63	44,1%
Gemaal Lely zuid	3.299	26.280	0	290	0,40	1,00	4,4%
Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen noord	1.440	8.409	0,2	110	0,20	1,44	0,0%
Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen zuid	1.620	8.847	0,82	200	0,39	0,56	0,5%
Gemaal Grootslag	17.400	77.239	1,23	145	0,34	2,00	1,8%
IJsselmeer (t.h.v. Grootslag & Lely)				118	0,02		

5.3 Intrek in relatie tot inlaatcapaciteit

We hebben gekeken of de berekende intrek bij de verschillende inlaatpunten en via de vispassage van gemaal Grootslag, verband houdt met de hoeveelheid ingelaten water. Dat is gedaan door het beviste volume te delen door het aantal gevangen alen (afbeelding 5.3). Hieruit blijkt voor de inlaten dat op de kortste afstand tot Den Oever, bij de Stontelerkeersluis, de hoogste aantallen per volume worden ingelaten. De hevels laten verhoudingsgewijs vele malen (factor 10) meer aal per volume binnen dan alle andere inlaten, mogelijk omdat de hevels direct in het oeverhabitat van pootaal liggen, of dat pootalen strak langs de stortsteen oevers migreren. Het is opvallend dat met de hevels geen glasaal is ingelaten. Bij de hevels is sprake van een afnemende 'pootaalconcentratie' vanaf Den Oever. Op de andere locaties zijn de aantallen per volume aanzienlijk lager, behalve

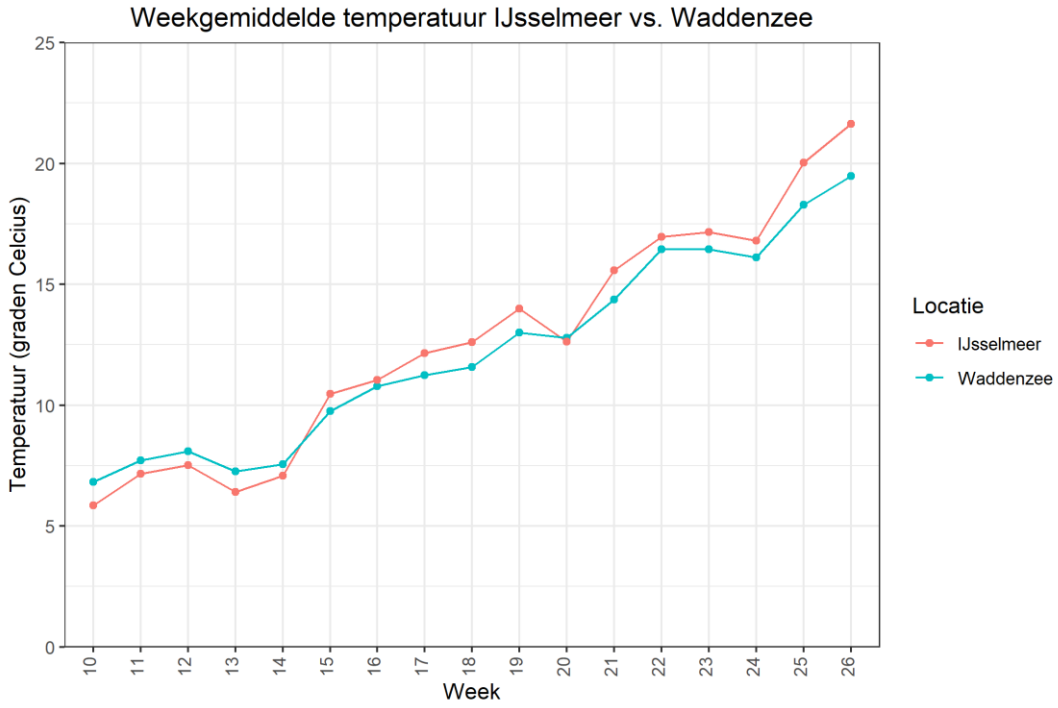
bij de vispassage Grootslag. Dat is ook de enige locatie waar naast inlaat via de vispassage, het gemaal zorgt voor een lokstroom. Waarschijnlijk is hierdoor de aanwezigheid en inspoeling van aal hoger dan bij de omliggende inlaatpunten.



Afbeelding 5.3: Aantal glas- en pootaal per 10.000 m³ per vangtuig bij de inlaatpunten in de periode april-juni. De fuik bij de Stontelerkeersluis en Immerhorn heeft slechts een periode van twee weken gestaan, de andere vangtuigen zijn over meerdere maanden ingezet. Locaties zijn van links naar rechts gerangschikt op basis van de afstand naar Den Oever.

5.4 Timing van migratie

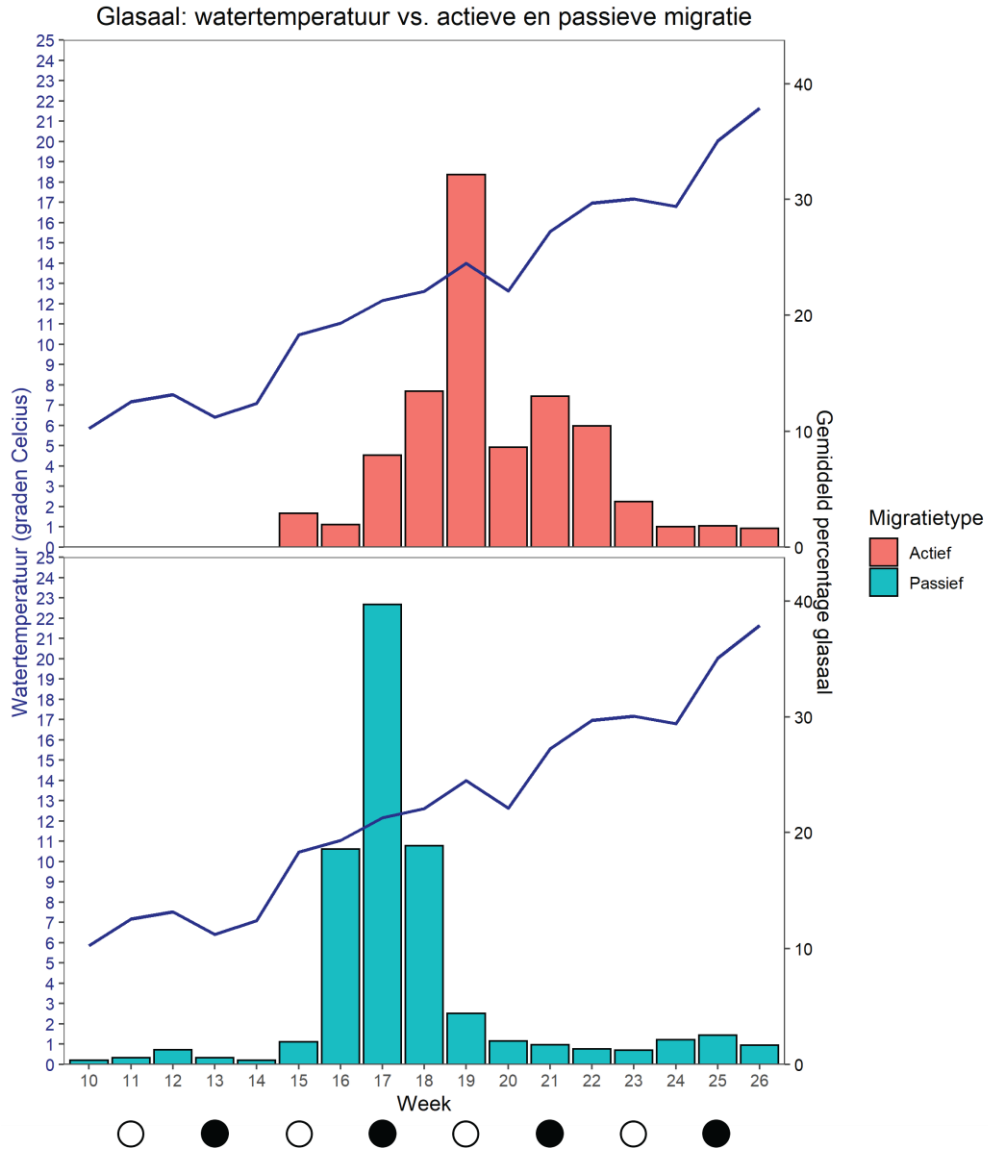
Over de verschillende locaties, vertoonden glasaal en pootaal migratie nagenoeg dezelfde patronen in het verloop van de vangst. Er zaten daarbij duidelijke verschillen tussen glasaal en pootaal en tussen passieve migratie en actieve migratie. Het seizoenspatroon is daarom over meerdere locaties samengenomen voor glasaal en voor pootaal, verdeeld over twee migratiestrategieën (Afbeelding 5.5 & 5.6). In tegenstelling tot wat wij hadden verwacht, zit er voor passieve migratie geen ruimtelijk effect in de timing; de intrekpiek bij de Stontelerkeersluis (nabij de Waddenzee) ligt voor glasaal in dezelfde periode als die bij de inlaat van het Stoomgemaal en de vispassage van Grootslag (20 kilometer vanaf Waddenzee). Het lijkt er daarmee op dat, ondanks de aanbodpiek bij Den Oever in week 14, de intrek hier nog niet meteen plaatsvindt, of glasaal wel aanwezig is in nabijheid van de Stontelerkeersluis maar nog niet doorzwemt. De piek in de actieve migratie is op basis van de migratiesnelheid ter herleiden naar de gemeten aanbodpiek bij Den Oever (paragraaf 4.12). Temperatuur lijkt de belangrijkste factor in de opvolging van verschillende migratiefasen, samengevat in tabel 5.3.



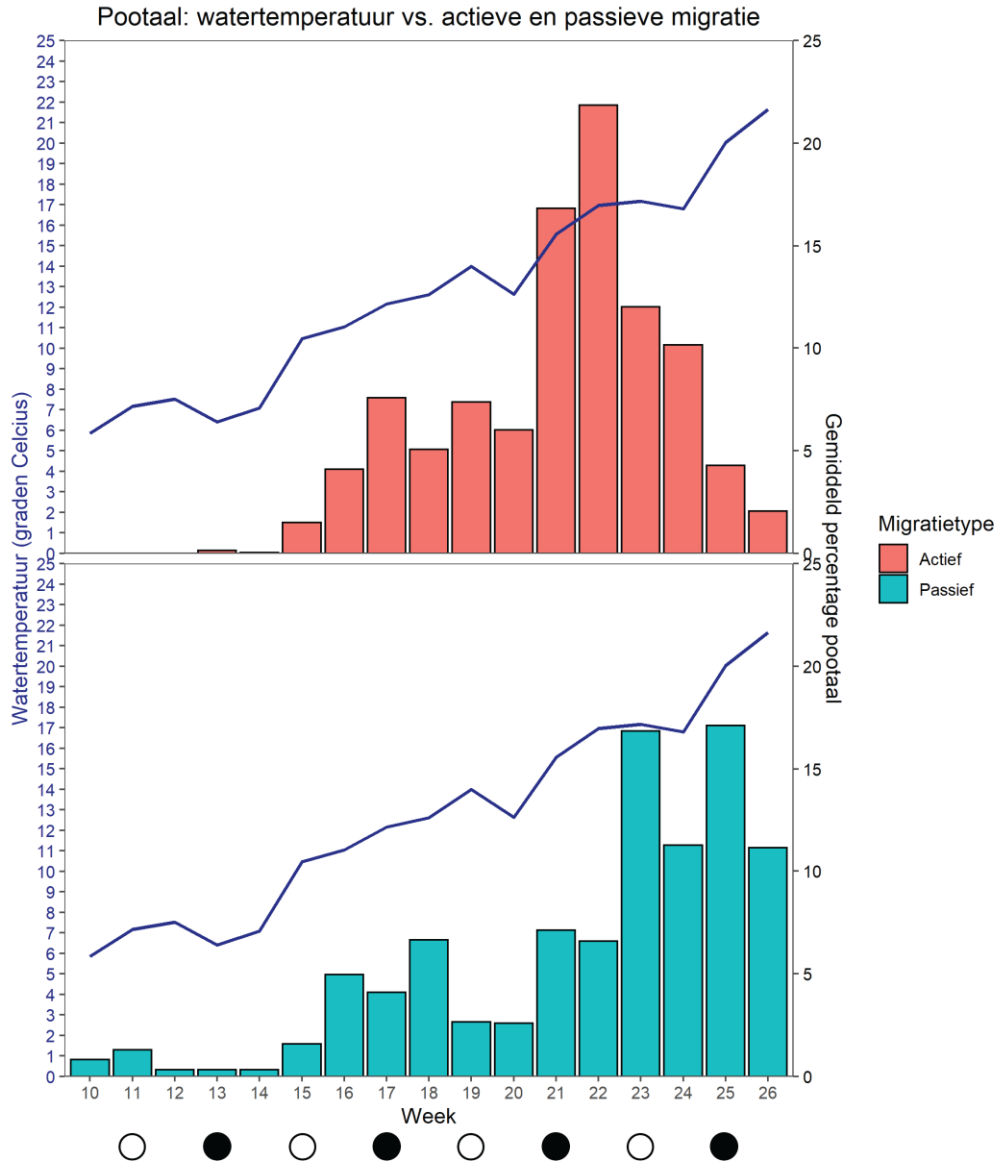
Afbeelding 5.4: Weekgemiddelde watertemperatuur IJsselmeer vs. Waddenzee.

- Voor glasaal geldt op basis van dit onderzoek: De waargenomen migratie neemt sterk toe na een watertemperatuurstijging naar >10°C. Vervolgens vertoont glasaal een verhoogde stroomafwaartse migratie (of althans passieve migratie) tot 12°C, bij deze temperatuur treedt een verschuiving op naar actief migratiegedrag waarbij glasaal zich niet meer met de stroom laat meevoeren en ook klimgedrag gaat vertonen. Boven de 17°C neemt ook de actieve migratieactiviteit van glasaal af.
- Voor pootaal geldt op basis van dit onderzoek: De migratieactiviteit, zowel actief als passief, neemt toe na een watertemperatuurstijging naar >10°C. Klimgedrag neemt sterk toe boven de 14°C. Vanaf 16°C neemt het klimgedrag af en neemt de stroomafwaartse migratie nog toe. Tot wanneer deze toename plaatsvindt in dit onderzoek niet vastgesteld.

Bovenstaande verbanden komen voor glasaal overeen met de beschikbare literatuur (zie kader hoofdstuk 3). De afname van actieve migratie van pootaal in mei komt niet overeen met de literatuur. In De Groot & van Haasteren (1977), De Groot & Muyres, 1980, Naismith & Knights (1988) neemt juist de actieve migratie verder toe in juni. Het is niet bekend bij welke watertemperaturen deze verdere toename plaatsvond.
Om de timing verder te duiden, hebben we ook gekeken naar de maancyclus (Afbeelding 5.5 & 5.6). De hoogste vangsten op basis van stroomafwaartse migratie werden geboekt tijdens een week met nieuwe maan en de hoogste vangsten met klim-migratie werd geboekt met volle maan. Tijdens de daarvoor gelegen en de daaropvolgende nieuwe en volle manen, zijn geen opzienbarende fluctuaties opgetreden. Lichte verhogingen vallen wel regelmatig samen met een volle of een nieuwe maan, echter zien wij bij positieve en negatieve variatie in vangsten vooral vergelijkbare variatie in het temperatuurverloop.



Afbeelding 5.5: Migratieverloop van glasaal verdeeld over actieve migratie (detectoren Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen en Grootslag) en passieve migratie (fuik vispassage Grootslag, collector Stontelerkeersluis, fuik inlaat Stoomgemaal Vier Noorderkoggen). De watertemperatuur is op basis van metingen in het IJsselmeer (RWS). De cirkels onder de x-as geven een indicatie van de maancyclus; lege cirkel is volle maan en zwart opgevulde cirkel is nieuwe maan.



Afbeelding 5.6: Migratieverloop van pootaal verdeeld over actieve migratie (detectoren, Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen en Grootslag) en passieve migratie (fuik vispassage Grootslag, collector Stontelerkeersluis, fuik inlaat Stoomgemaal Vier Noorderkoggen). De cirkels onder de x-as geven een indicatie van de maancyclus; lege cirkel is volle maan en zwart opgevulde cirkel is nieuwe maan.

Tabel 5.3: Waargenomen migratiegedrag van glas- en pootaal bij verschillende watertemperaturen.

Stadium	Watertemperatuur	Migratiegedrag
Glasaal	>10°C	Sterke toename van voornamelijk passieve migratie
	>12°C	Verschuiving naar voornamelijk actieve migratie
	>17°C	Afname actieve migratie
Pootaal	>10°C	Sterke toename actieve + passieve migratie
	>14°C	Sterke toename actieve migratie
	>16°C	Afname actieve migratie + verdere toename passieve migratie

6 Evaluatie van vangtuigen

In dit onderzoek zijn verschillende vangtuigen naast elkaar ingezet. Op basis hiervan kunnen we het toepassingsbereik en aandachtspunten evalueren. Ter ondersteuning zijn ook de gevangen lengteklassen voor fuiken, detectoren en collectoren uitgewerkt.

6.1 Kruisnet

6.1.1 Toepassingsbereik

Het kruisnet is toegepast bij de uitlaat van Gemaal Leemans/RWZI Wieringen. Met inzet van 2 tot 3 kruisnetten van 1x1m per avond van circa 3-4 uur, konden honderden tot duizenden glasalen worden gevangen. De totaalvangst was daarmee groter dan wat er in het geheel op alle andere locaties werd gevangen. Over het algemeen heeft een kruisnet, zeker per trek, een zeer laag vangstrendement ten opzichte van het aanwezige aanbod. Bij onderzoek in Scheveningen van Griffioen et al., 2018, bleek dat de avondvangsten met een 1x1m kruisnet per 50 trekken in de orde van 0,5-3% van het momentaanbod (orde 10.000-20.000) lagen. Dit laat zien dat een kruisnet effectief is bij hogere dichtheden. Voordeel is dat vangsten direct voorhanden zijn. Bij lage dichtheden is een kruisnet veel minder effectief en bestaat de vangst soms uit slechts enkele exemplaren. Dit bleek ook uit onderzoek van Kroon & Van Wijk (2012, 2013 & 2014) bij onderzoekslocaties die ook weer in dit onderzoek zijn meegenomen. De hoogste glasaalvangst was destijds bij Grootslag, hier werden in 2012 op vier kruisnetavonden (1,5x1,5m) in totaal 113 glasalen gevangen. Overigens is er niets bekend over de omvang van de populatie en de intrekmogelijkheden ten tijde van dat onderzoek.

6.1.2 Aandachtspunten

- Inzet met voldoende capaciteit is arbeidsintensief en dient ’s nachts plaats te vinden.
- Het kruisnet is bij relatief hoge dichtheden bruikbaar om hogere vangsten te genereren voor bijvoorbeeld VIE-tagging.
- Een kruisnet vangt niet het absolute aantal glasalen in de bovenliggende waterkolom, een deel ontsnapt. Het vangstrendement van 1x1m netten kan naar verhouding 3 keer lager liggen dan met 3x3m kruisnetten (Griffioen et al., 2014).
- Het kruisnet vangt in theorie alen in verschillende migratiestrategieën, zowel glasaal die selectief getijdentransport vertoont, als glasaal/pootaal die in een actieve migratiemodus zitten. Vangsten vormen daarmee een bredere doorsnee van de aanwezige populatie. Mogelijk weet er bij actieve zwemmers een groter deel aan het kruisnet te ontsnappen
- Timing van inzet is belangrijk, pieken in activiteit waarbij aal in de waterkolom zwemt, moeten samenvallen met de momentopname waarbij toepassing van dit vangtuig plaatsvindt.

6.2 Collector

6.2.1 Toepassingsbereik

Ook de (glasaal)collector werkt dichtheidsafhankelijk. In dit onderzoek is de collector toegepast op drie locaties bij inlaatwerken. Bij de Stontelerkeersluis bleek het vangtuig effectief om het seizoensverloop van glasaal en pootaal te volgen op een plek waar de dieren gebruik maken van passieve migratie (inlaatstroom). De resolutie in vangsten is op momenten of locaties met weinig aanbod relatief laag. Bij het stoomgemaal lag de hoeveelheid glas- en pootaal per inlaatvolume lager dan bij de Stontelerkeersluis, met als resultaat meer nulvangsten en daarmee minder detail in het verloop. Bij Immerhorn bleek de collector niet bruikbaar om tot betrouwbare resultaten te komen. Met inzet van een fuik werd bevestigd dat de inlaat van glas- en pootaal hier lager ligt dan bij de andere locaties. Ook wordt hier getwijfeld aan de plaatsing van de collector ten opzichte van het inlaatwerk. Op andere locaties is rekening gehouden met de stroming van de inlaat, het vangtuig is daar gevoelig voor (afbeelding 6.1). In dit onderzoek is vanwege de resolutie die dit vangtuig biedt, besloten de vangsten op maandniveau te verwerken voor een grotere steekproef en betrouwbaarder gemiddelde.

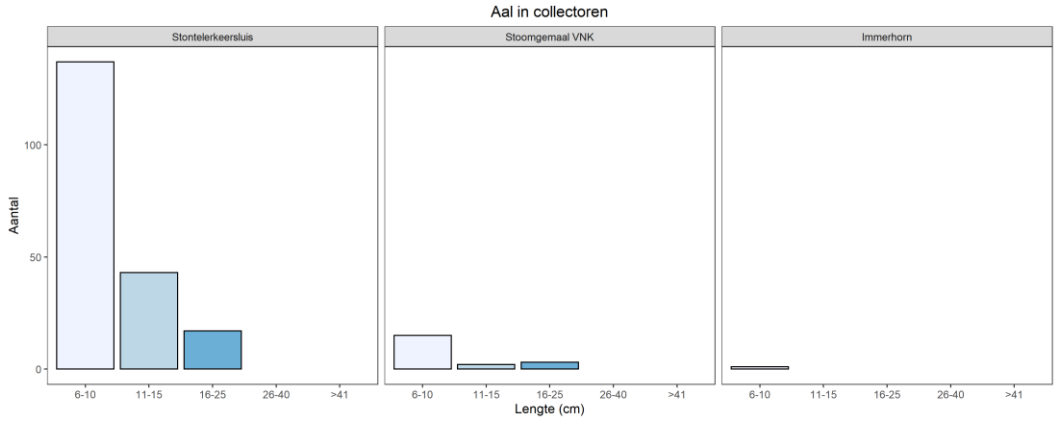


Afbeelding 6.1: Collector uit balans tijdens sterke stroming bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen op 30 mei 2020 (still uit film Jaap Buitenhuis).

6.2.2 Aandachtspunten

- Toepasbaar bij inlaatpunten waar hogere dichtheden van glasaal en pootaal naar binnen trekken of waar ophoping plaatsvindt zoals toegepast in Kemper et al. (2010).
- Na plaatsing relatief arbeidsextensief, echter vanuit oogpunt van dierenwelzijn mag er niet teveel tijd tussen de lichtingen zitten (2 à 3 dagen).
- Vangt naast (glas)aal ook andere soorten.
- Verhouding in lengteklassen is vergelijkbaar als dat wat er ter plaatse met een fuik gevangen wordt (Afbeelding 6.2 & 6.4).

- Kan volcontinu monitoren, echter bij Stontelerkeersluis en Immerhorn was regelmatig storing door kortsluiting of problemen met de stroomtoevoer. Ook kan het vangtuig verstopt raken.
- Geeft op plaatsen met lage dichtheden, of bij verkeerde plaatsing, geen betrouwbaar beeld.
- Vangt glasalen en pootalen die stroomafwaarts migreren, bij een verschuiving naar actief migratiegedrag treedt een sterke daling van de vangst op. Dit geldt in het bijzonder voor glasalen wanneer de temperatuur toeneemt tot boven 12°C.
- Met het huidige drijfvermogen uit balans bij hogere stroomsnelheden, dit werd waargenomen bij het Stoomgemaal toen de inlaat verder open ging.
- Debiet van de collector moet wel in verhouding staan tot het debiet van de inlaatstroom die wordt bevist.



Afbeelding 6.2: Vangst van aal opgesplitst in aantal per lengteklasse over de drie toegepaste collectoren.

6.3 Detector

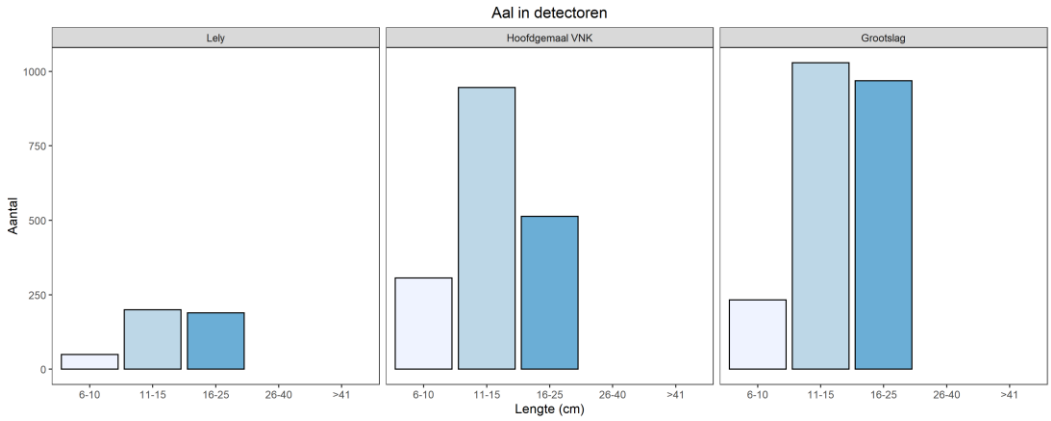
6.3.1 Toepassingsbereik

De (glasaal)detector is toegepast bij gemalen waar aal afkomt op de lokstroom van het gemaal en vervolgens als alternatief de lokstroom van de detector vindt. Bij Lely was in dit onderzoek weinig lokstroom van het gemaal, wat mogelijk heeft geleid tot de lagere vangsten met de detector en de lage mate waarin gemerkte alen werden teruggevangen (korte verblijftijd). Het hoogste terugvangstrendement werd gezien bij het Hoofdgemaal 4NK, waar aal meer lijkt te blijven 'hangen' in de uitstroomkom dan aan de open IJsselmeerkust bij Lely en Grootslag. In dit onderzoek werd de vangst in de detectoren gedomineerd door pootaal (afbeelding 6.3). Uit merk-terugvangst blijkt dat het terugvangst rendement voor glasaal en pootaal op dezelfde locaties in dezelfde orde ligt. Opvallend is dat fuikvangsten bij Grootslag (passieve migratie) een ander vangstverloop en een andere verdeling over verschillende lengteklasses laten zien dan de detector ter plaatse. Het vangstverloop voor de detector wordt grotendeels bepaald door temperatuur, waarbij de vangsten het hoogst liggen tijdens de temperatuurrange waarin klim-migratie plaatsvindt. Bekend is dat niet alle alen overgaan tot het klimmen (Podgorniak et al., 2016) en dat er meerdere 'gedragsgroepen' ter plaatse kunnen zijn (van Wichelen et al., 2021). Daardoor is er bij detectoren kans op onderschatting van het aanbod, in bijzonder buiten de

temperatuurrange waarbinnen geklommen wordt en van gedragsgroepen die geen klimgedrag vertonen.

6.3.2 Aandachtspunten

- Toepasbaar op locaties waar glasaal en pootaal afkomen op de lokstroom van een kunstwerk, in het bijzonder als ze daar ophopen.
- Bij korte verblijftijd van glasaal en pootaal, zoals bij Lely, lager vangstrendement dan bij locaties met een langere verblijftijd, zoals Hoofdgemaal 4NK. In extreme situaties kan het terugvangstrendement >100% zijn door herhaaldelijke dubbelvangst, zoals in onderzoek bij Gemaal Nauerna (Griffioen et al. 2018). De vangst lag daar een factor drie hoger dan het berekende aanbod, omdat gemerkte exemplaren meermaals werden teruggevangen.
- Bij grote, continue, afvoer van het knelpunt ligt het vangstrendement van detectoren lager, mogelijk omdat de lokstroom verhoudingsgewijs wegvalt. Dit komt naar voren uit onderzoek van Bergsma & Dorenbosch (2013), waar kruisnetvangsten hoger lagen dan detectorvangsten bij de uitlaat van Leemans/RWZI Wieringen.
- Vangtuig komt het best tot zijn recht op situaties met afvoer via het knelpunt voor aantrekking van (glas)aal, waarbij de afvoer af en toe onderbroken is waardoor de lokstroom van de detector wordt opgemerkt. De vangst is zowel aanbod als situatie afhankelijk, derhalve kan bijvoorbeeld inzet van merk-terugvangst methoden de interpretatie van de vangst verbeteren.
- Na plaatsing relatief arbeidsextensief, echter vanuit het oogpunt van dierenwelzijn mag er niet teveel tijd tussen de lichtingen zitten 2 à 3 dagen.
- Vangt alleen aal, hoofdzakelijk glasaal en pootaal.
- Vangt selectief glas- en pootaal die actieve klimmigratie vertonen.
- Het deel van het aanbod dat geen klimmigratie vertoont, wordt gemist. Dat leidt met name vroeg in het seizoen (<12°C) tot onderschatting van het aanbod van glasaal en later in het seizoen tot onderschatting van pootaal (>16°C). Ook blijkt dat er verschillende gedragsgroepen in het aanbod kunnen voorkomen, die niet allemaal klimmigratie vertonen. Ook dit kan tot onderschatting van het aanbod leiden.
- Vangtuig is slecht bestand tegen korte hoge golven, hierdoor is in dit onderzoek veel dagen niet gevist bij de onbeschutte locaties Lely en Grootslag. Er is daarom een groter ponton, verder uit de oever, gebruikt.

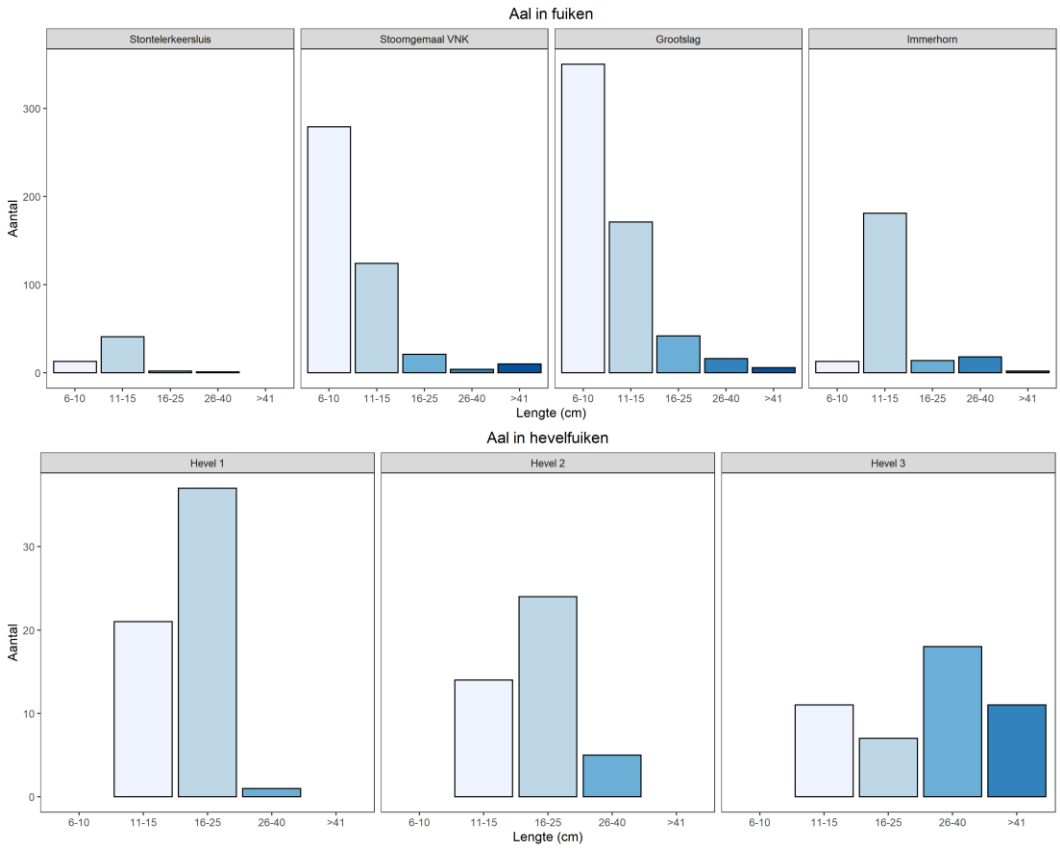


Afbeelding 6.3: Vangst van aal opgesplitst in aantal per lengteklasse over de drie detector locaties.

6.4 Fuiken

6.4.1 Toepassingsbereik

Fuiken zijn ingezet achter inlaatpunten, vispassages en hevels. Hiervoor heeft op alle locaties maatwerk plaatsgevonden. Gezien de grootte van sommige inlaatpunten, was het daar praktisch niet mogelijk om de gehele inlaat dicht te zetten. Daarom is de mate van dichtzet verrekend op basis van de vangstefficiëntie. Juiste inschatting van de vangstefficiëntie is belangrijk vanwege doorwerking in de resultaten. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van stroomsnelheidsmetingen om voor één fuik de efficiëntie te bepalen. Het blijkt dat er bij gedeeltelijke dichtzet door een fuik minder water gaat dan wanneer er geen fuik staat, waardoor ook het vangstrendement lager uitvalt. Bij de Stontelerkeersluis heeft waarschijnlijk de minst betrouwbare inschatting van het rendement plaatsgevonden. Dit leidt hier mogelijk tot een onderschatting van de intrek, aangezien deze een stuk hoger is op basis van doorberekening van collectorvangsten. Mogelijk speelt het langzaam verstopt raken van de fuik met aangevoerd materiaal daarin mee. Combinatie van grote doorstroom en meekomend materiaal heeft een aantal keren tot complicaties geleid. Hieronder waren sterfte van glasaal (Bijlage 5) en het beschadigd raken van de fuik bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen. Bij Immerhorn was sprake van vandalisme. De inzet van fuiken gaf in onderhavige gevallen een hogere vangst dan met collectoren geboekt werd en daarmee een hogere resolutie in de data. Qua lengteklasse waren de vangsten met fuiken vergelijkbaar met collectoren. Bij Grootslag werd met de fuik aanzienlijk groter aandeel glasaal en jonge pootaal gevangen dan ter plaats met de detector (afbeelding 6.4).



Afbeelding 6.4: Vangst van aal opgesplitst in aantal per lengteklasse over de zeven fuiklocaties.

6.4.2 Aandachtspunten

- Toepasbaar achter verschillende typen inlaatpunten en vispassages, dit vereist per locatie maatwerk.
- Belangrijk om vangstrendement en/of effect op de waterstroom te bepalen.
- Vangt een breed spectrum aan soorten en lengteklassen die van de inlaat gebruik maken.
- Gevoelig voor inspoeling van materiaal, hoge stroomsnelheden en vandalisme
- Na plaatsing relatief arbeidsextensief afhankelijk van de bereikbaarheid, echter vanuit het oogpunt van dierenwelzijn mag er niet teveel tijd tussen de lichtingen zitten (bij voorkeur iedere dag legen) en worden maatregelen genomen om kans op sterfte tegen te gaan (bijlage 5).

6.5 VIE-tagging

6.5.1 Toepassingsbereik

Het merken van jonge aal is toepasbaar wanneer er zowel vangst als terugvangst gegenereerd kan worden, waarbij de gemerkte aal ook voor een deel daadwerkelijk kan worden teruggevangen. In dit onderzoek beschikten we niet op alle locaties altijd over voldoende exemplaren om te merken, of was een groep afwezig in de terugvangst. VIE-tagging vereist daarom voldoende aandeel van gemerkte exemplaren en een hoge terugvangstinspanning met voldoende rendement. In dit onderzoek bleek het mogelijk om op één werkdag door twee personen tot 950 exemplaren te taggen met een enkele tag op één locatie. Met deze methode is het voor veel locaties mogelijk om relatief hoge aantallen te merken, bij voldoende inzet van menskracht. Interpretatie van de terugvangsten gaat uit van verschillende aannames, onder andere dat de overleving, verdeling, gedrag en vangbaarheid van gemerkte exemplaren een representatieve doorsnede is voor het op dat moment aanwezige aanbod (bijlage 2). Op basis van de combinatie van fuikvangst en detectorvangst blijkt dat de vangst via beide methoden niet volledig representatief is voor het aanwezige aanbod. Dit geldt dan ook voor de groepen die uit verschillende vangtuigen gemerkt en teruggevangen zijn. Met de detector is er effect van onderschatting in de vangst van passiever migrerende alen. Tegelijkertijd kan het terugvangstrendement hoger liggen wanneer met een gemerkte groep wordt gewerkt die eerder met dit vangtuig is gevangen (zogenaamde leiders en volgers uit Podgorniak et al., 2016). Een te hoog terugvangstrendement ten opzichte van het totale aanbod leidt eveneens tot onderschatting van het aanbod. Bij Grootslag is daarom het aanbod berekend op basis van een combinatie van fuik- en detectorvangsten. Bij fuikvangsten kan het juist zijn dat de actieve gemerkte groepen uit de detector, zich niet passief lieten meevoeren door de vispassage, hetgeen leidt tot onderschatting van het totale vangstrendement en overschatting van het aanbod. Door de combinatie van methoden bij Grootslag verwachten we hier wel de meest betrouwbare inschatting. Op locaties waar alleen met detectorvangsten is gewerkt (Hoofdgemaal 4NK en Lely) verwachten we onderschatting van het aanbod door selectiviteit in vangst en terugvangst. De glasaal gebruikt bij Den Oever, was hoofdzakelijk afkomstig van kruisnetbevissingen. Daardoor is er minder selectiviteit ten opzichte van gedrag. De met deze groepen verkregen resultaten hebben daarom naar verwachting minder effect van onder- of overschatting als gevolg van gedrag en selectiviteit van vangtuigen gebruikt bij terugvangst.

6.5.2 Aandachtspunten

- De groep gemerkte alen moet representatief zijn voor de bredere populatie. Als dit niet zo is, bijvoorbeeld door selectiviteit van vangtuigen op gedragsgroepen, dan moet dit worden belicht.
- Aal kent verschillende migratiestrategieën, bij vangst en terugvangst moet hiermee rekening worden gehouden. Met een kruisnet vindt mogelijk de minste selectiviteit plaats tussen actieve en passieve alen, terwijl een collector juist passieve aal vangt en een detector actieve.
- Het aantal alen dat gemerkt en teruggevangen wordt moet voldoende groot zijn. In dit onderzoek lagen de aantallen te laag voor een betrouwbaar momentaanbod, daarom is alleen met een seizoensaanbod gerekend. Met name bij Lely zaten de aantallen duidelijk aan de ondergrens voor het genereren van resultaten en is het terugvangstrendement van glasaal ingeschat op basis van dat van pootaal.
- In dit onderzoek is gebleken dat niet alle kleurcodes direct goed werden afgelezen en doorgegeven, het is daarom belangrijk om controle in te bouwen, bijvoorbeeld op basis van foto's van terugvangsten.
- Bij hoge aantallen wordt de kans groter om gemerkte glasaal over het hoofd te zien. Bij een groep van 811 glasalen afkomstig uit detectoren bij Den Oever bleken per abuis nog drie met een VIE-tag te zijn meegekomen. Ook was het niet voor iedereen en onder alle lichtomstandigheden even goed te zien of pootalen van een kleurcode waren voorzien. Het checken op VIE-tags moet daarom in een donkere kuip in een donkere omgeving plaatsvinden met een UV lamp.
- Bij onderzoek naar de verspreiding van glasaal vanaf zee over een groot gebied moet de hoeveelheid getagde aal in verhouding staan tot het omvang en geografische structuur achterliggende gebied en het te verwachten vangstrendement bij knooppunten. Omdat vooraf nooit bekend is hoe groot een populatie is, moeten groepsgroottes groot genoeg worden ingeschat om tot bruikbare resultaten te leiden.

7 Aanbevelingen ten aanzien van vismigratie

7.1 Bestaande vispassages

7.1.1 Inlaat stoomgemaal Vier Noorderkoggen

Bij de inlaat Stooomgemaal Vier Noorderkoggen berusten de resultaten op een kleine steekproef. Hieruit blijkt dat ten tijde van de vispassagecycli vrijwel geen aal binnenkomt ten opzichte van de omliggende periode via inlaat, echter wel andere soorten zoals baars. Dit laat zien dat de intrekkende glasaal en pootaal met name via stroomafwaartse migratie binnenkomt. De lokstroom van de vispassage is in regionaal opzicht relatief gering (1m3/min), waardoor grotere aantallen actief migrerende aal waarschijnlijk niet vanaf het IJsselmeer aangetrokken worden en geconcentreerd raken voor de vispassage. De lokstroom komt aan de voorzijde van de buitenste schuif uit, waardoor aal mogelijk niet de daadwerkelijke vispassage in wordt gelokt. Daarnaast kan het mogelijk zijn dat de stroomsnelheid aan de voorzijde van de vispassage lokaal te hoog is, waardoor betere zwemmers als baars wel gefaciliteerd worden, maar aal afhaakt. Hierin is via dit onderzoek weinig inzicht verkregen door het beperkt aantal vismigratiedagen en de mogelijkheden om naar details te kijken. Mogelijk ligt er ruimte tot optimalisatie in de lokstroom, echter gezien het feit dat deze inlaat het grootste deel van de tijd als inlaat wordt gebruikt, is de hoofdmoot van de intrek waarschijnlijk via die weg geborgd. De belangrijkste aanbeveling daarbij is op termijn kijken naar de functionaliteit van de vispassage voor uittrek, aangezien het goed mogelijk is dat jonge alen die zijn ingelaten, als schieraal via dezelfde uitgang weg willen.

7.1.2 Gemaal Grootslag

De functionaliteit van de vispassage bij Grootslag blijkt op basis van dit onderzoek beperkt. Er is maar een zeer klein deel van het aanbod dat uiteindelijk de polder weet te bereiken. De vispassage werkt feitelijk als inlaat. Er moet wel worden opgemerkt dat de passage iets anders bedoeld was dan hetgeen nu is onderzocht. De gemaalpomp in de koker waar de passage zit was tijdens het onderzoek buiten gebruik omdat de waterleiding voor de collector er doorheen getrokken was. Het incidenteel werken van de pomp had kunnen zorgen voor meer aal in de koker en daarmee voor meer inspoeling via de inlaat. Desondanks is de verwachting dat het rendement onder andere omstandigheden ook aan de lage kant is. Dit komt waarschijnlijk door een mismatch tussen migratiestrategie en het ontwerp van de vispassage, waarbij alleen de aantallen van glasaal noemenswaardig zijn tijdens een korte periode van passieve stroomafwaartse migratie. Wanneer zowel glasaal als pootaal hoofdzakelijk stroomopwaarts gaan migreren, werkt de vispassage averechts aangezien de alen actief op de lokstroom van het gemaal afkomen en zich stroomopwaarts oriënteren. In potentie kan de intrek jaarlijks de 100.000 stuks glas- en pootaal overstijgen, vandaar is het belang groot om de intrek te faciliteren. In Nederland zijn verschillende typen vispassages onderzocht op efficiëntie (Griffioen et al., 2019 & 2019, Ploegaert et al., 2018 & Ploegaert, 2020). In onderhavig onderzoek is feitelijk ook de functionaliteit van een (eventueel aan te leggen) aalgoot onderzocht in de vorm van een detector. Hieruit blijkt dat binnen onderhavige situatie maar een klein deel van het aanbod wordt gevangen, waarschijnlijk door een lage verblijftijd. In andere situaties faciliteren aalgoten (of detectoren) soms wel een groot deel van het actieve aanbod (Griffioen et al., 2018 & Van

Wichelen et al., 2021). Zowel in getijdenwateren als niet-getijden wateren lijken vispassages die continu (of heel veel cycli) werken met een naar buiten gaande lokstroom en een waterstroom naar binnen toe, het meest effectief. Met de Manshanden vispassage in Halfweg blijkt 79% van het aanbod gefaciliteerd en ligt de jaarlijkse intrek van glasaal in de honderd duizenden (Griffioen et al., 2018). Het is belangrijk dat de lokstroom niet te hoge stroomsnelheden genereert (Manshanden, 2018; Ploegaert et al., 2018 & Ploegaert, 2020). Voorbeelden van goed werkende vispassages voor glasaal liggen bij de gemalen Halfweg en Schore. Bij Halfweg wordt vis aangetrokken door een lokstroom en deels tegengesteld weggepompt door een visveilige pomp. Bij Schore wordt vis aangetrokken door een lokstroom en in een bak geleid, die periodiek het water de lager gelegen polder in hevelt. Toepassing van een dergelijke vispassage bij Gemaal Grootslag verdient sterk de voorkeur boven de huidige situatie en heeft wat ons betreft een grote toegevoegde waarde.

7.2 Prioritering nieuwe vispassages

In het onderhavige onderzoek komt naar voren dat de intrek van een groot deel van het aanbod nog niet wordt gefaciliteerd. Hoewel gemaal Leemans buiten de scope van dit onderzoek valt, kan hier in potentie de grootste hoeveelheid glasaal intrekken. Om de intrek te faciliteren heeft RWS in de directe nabijheid een vispassage aan gelegd (ontwerp G. Manshanden). Gedurende het onderhavige onderzoek functioneerde deze passage echter niet. Ook brengt deze vispassage de vis naar het IJsselmeer, en niet richting de Wieringermeer. Momenteel is het intrekbaar maken van de Wieringermeer via gemaal Leemans zeer complex vanwege de 1200m lange duiker tussen het gemaal en de uitlaat. Ook zijn de pompen van het gemaal nu niet visveilig met betrekking tot uittrek van o.a. schieraal. Het is overigens niet bekend of de via de hevels ingelaten pootalen, gebruik maken van de uitgang via het gemaal. Gezien de hoge intrek van aal in de Wieringermeer via de hevels is het in ieder geval van belang dat gemaal Leemans voorzien wordt van visveilige pompen. Dit vraagt echter een grote investering. Tot dat de pompen vervangen kunnen worden loopt er een "Paling over de Dijk" project met de stichting DUPAN en de plaatselijke beroepsvisser Niels de Haan. Een alternatieve uitweg uit de polder wordt gevormd door de Viskringloop Wieringermeer die een verbinding vormt tussen de Den Oeverse Vaart en het Wieringer Randkanaal.

Bij het Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen kan ook flinke winst voor de intrek worden behaald indien hier een vispassage wordt aangelegd naar beide boezempeilvakken, aangezien deze beide aal aantrekken. Aanleg van een vispassage faciliteert de intrek, wat op deze locatie ook langer lijkt te blijven ‘hangen’ dan op andere locaties. Gezien de meest constante afvoer kan ook gekozen worden voor een vispassage vanaf het IJsselmeer naar het zuidelijke peilvak, met vervolgens aan de binnenkant een vispassage tussen beide peilvakken.

Ook bij Gemaal Lely is het aanbod in potentie hoog, al zijn de berekeningen hiervan relatief onbetrouwbaar en lijkt de verblijftijd van het aanbod erg kort. Daarbij gaat de meeste prioriteit uit naar het optrekbaar maken van het zuidelijke peilvak, omdat deze lokstroom de hoogste aantallen aantrekt. Het verdient dan ook de aanbeveling om zo veel mogelijk vanuit dit zoetere peilvak te bemalen, voor een betere/langere aantrekking van glasaal en pootaal. Er gelden echter beperkingen voor het uitmalen van de Wieringermeer op het IJsselmeer, met het oog op de drinkwatervoorziening in Andijk (PWN).

8 Conclusies

Het afgeronde onderzoek met de daaruit voortvloeiende analyses stelt ons in staat antwoorden te formuleren op de onderzoeksvragen.

1 *Hoe verhoudt de intrek van glasaal bij Den Oever zich tot de migratie van jonge aal richting de regionale wateren langs de IJsselmeerkust?*

Op basis van onze berekeningen is de intrek van glasaal via het complex van Den Oever in 2020 circa 1,3 miljoen exemplaren (95% Poisson betrouwbaarheidsinterval: 548.596-3.034.492 stuks). Het gaat hierbij om een relatief slecht intrekjaar waarin aantallen ongeveer 50% bedragen van de (jaarlijkse intrek van de) periode na 2012. In het eerste jaar na aankomst trekt circa 2,3% van de intrek bij Den Oever richting de HHNK knooppunten. Aankomst van glasaal ingetrokken via Kornwerderzand, is vanwege de grotere afstand en langere aanzwemtijd voor glasaal waarschijnlijk verwaarloosbaar voor deze regio. In de daaropvolgende jaren wil een aanzienlijk deel als pootaal intrekken. De aantallen pootaal zijn mede afhankelijk van de intrek/doortrek in de jaren daarvoor en in grotere mate ook afkomstig van intrek via Kornwerderzand en daaropvolgende verspreiding. De intrek van glasaal in de voorgaande jaren was waarschijnlijk hoger dan in 2020. Dat is mogelijk ook een verklaring voor het grotere aandeel pootaal bij de onderzochte regionale knooppunten.

2 *Hoeveel (jonge) aal wil via de verschillende knooppunten naar de regionale wateren trekken?*

De totale potentiële intrek van aal richting de regionale wateren langs de Noord-Hollandse IJsselmeerkust wordt in 2020 geraamd op circa 343.000 individuen (95% betrouwbaarheidsinterval (BI): 179.000-937.000), verdeeld over 30.000 glasalen (95% BI: 16.000-70.000) en 313.000 pootalen (incl. rode aal) (95% BI: 163.000-867.000). Daarbij moet opgemerkt dat 2020 een relatief lage intrek van glasaal kende. Het aanbod van pootaal is grotendeels afkomstig van de relatief hogere glasaalintrek in 2019 en 2018 en van intrek via Kornwerderzand.

De hoeveelheid rode aal is op de meeste locaties verwaarloosbaar, alleen bij de hevels bedroeg het aandeel 7%. Via inlaten en vispassages konden van potentiële intrek circa 60.000 jonge alen (17%) (95% BI: 44.000-77.000) daadwerkelijk naar de regionale wateren migreren. Daarvan komt een opvallend groot deel (circa 45.000 = 75%) (95% BI: 36.000-54.000) binnen via hevels van agrariërs, die slechts een klein deel van de waterinlaat uitmaken. De ligging van de inzuiging van deze hevels, tussen het stortsteen voor de dijk, ligt mogelijk direct in het verblijf en foerageer habitat van aal. De overige circa 283.000 (83%) (95% BI: 134.000-860.000) geldt als potentieel aanbod bij gemalen. Met de gebruikte methoden is er kans op onder- en overschatting, bijvoorbeeld door selectiviteit van vangtuigen ten aanzien van migratie strategieën. Vanwege de onbetrouwbaarheidsmarge zijn deze en andere schattingen indicatief.

3 *Is het aanbod afhankelijk van waterkwaliteitsaspecten?*

De resultaten voor wat betreft waterkwaliteitsaspecten zijn niet eenduidig. Bij Lely wijzen resultaten op een voorkeur voor het zoetere polderwater. Bij het Hoofdgemaal 4NK werden tijdens het onderzoek slangen verwisseld om zo een eventuele voorkeur voor de ligging van

de collectoren uit te sluiten. Achteraf ontstonden echter twijfels over registratie hiervan. Uit de data die is gegenereerd is geen duidelijke voorkeur terug te zien. De hoogte van het aanbod bij gemalen lijkt vooral afhankelijk van de hoeveelheid afvoer.

4 Hoe verloopt de timing van de migratie in het seizoen?

De aanwezigheid van glasaal bij knelpunten is afhankelijk van de intrek bij Den Oever, hier lag de intrekpiek op of eerder dan week 14. Glasaal die bij de intrekpunten aankomt, verplaatst zich gemiddeld met minimaal 0,57km/dag over het IJsselmeer. Vervolgens zijn pieken in passieve (stroomafwaartse) migratie en actieve (klim) migratie afhankelijk van de watertemperatuur. Voor glasaal vindt op zoet water de passieve migratie vooral plaats tussen 10-12°C met een piek in week 17. Voor pootaal vindt passieve migratie vooral plaats bij een temperatuur van >16°C, na week 23. De actieve migratie van glasaal vindt vooral plaats tussen 12-17°C met een piek in week 19 en voor pootaal tussen 14-16°C met een piek in week 22. Maanstanden lijken minder van belang dan temperatuur. Op basis van onderzoek bij de hevels blijkt dat 91% van de aal 's nachts intrekt.

5 Hoe efficiënt zijn de bestaande vispassages voor jonge aal?

De bestaande vispassages faciliteren slechts een klein deel van het aanbod. Bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen komt er aanzienlijk meer aal binnen tijdens het open staan van de inlaat, dan tijdens werking van de vispassage. Het vispassagerendement ten opzichte van de reguliere intrek via de inlaat bedraagt voor aal (glasaal en pootaal) ongeveer 5%. De vispassage werkt vooral goed voor baars, die in tegenstelling tot de glasaal vermoedelijk lokaal verblijft. Ze hebben voldoende aan de kleine lokstroom om de ingang van de passage te vinden. De capaciteit van de lokstroom is mogelijk onvoldoende om vissen van grotere afstand naar de passage te lokken. Mogelijk vindt op deze locatie weinig aantrekking plaats van aal door de lokstroom of sluiten de specificaties van de vispassages niet goed aan bij aal, bijvoorbeeld door lokaal een te sterke stroomsnelheid. Bij Gemaal Grootslag wordt de vispassage met name door glasaal en pootaal gebruikt op momenten waarop passieve (stroomafwaartse) migratie plaatsvindt, de intrek is laag ten opzichte van het berekende aanbod. Voor glasaal ligt de vispassage-efficiëntie op circa 1,6% en voor pootaal op circa 0,3%. Het wordt sterk aanbevolen bij Grootslag de intrekvoorziening te optimaliseren. Daarbij moeten de specificaties van een vispassage beter aansluiten bij het lokale migratiegedrag, bijvoorbeeld met een lokstroom.

6 Op welke locaties wordt de meeste meerwaarde gecreëerd met de aanleg van nieuwe vispassages?

Qua aantallen wordt de meeste meerwaarde gecreëerd met aanleg van een vispassage bij Gemaal Leemans om glasaalintrek (mogelijk honderdduizenden) te faciliteren, dit is waarschijnlijk ook een belangrijk uittrekpunt voor schieraal waarvoor het gemaal geschikt gemaakt moet worden. Daarnaast kan aanleg van een vispassage bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen in potentie de intrek van duizenden tot tienduizenden glas- en pootalen faciliteren richting twee boezempeilvakken. Bij gemaal Lely ligt de hoogste potentie bij aanleg van een vispassage richting het zuidelijke (zoetere) peilvak, waarlangs mogelijk duizenden tot tienduizenden glas- en pootalen kunnen intrekken. Voor de uittrek van schieraal zijn de gemalen Grootslag en Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen reeds voldoende visveilig voor aal (med. HHNK). Vanaf begin 2021 zijn de waaiers van gemaal Lely visveilig.

7 Welk type passage leent zich het best voor migratie van IJsselmeer naar regionale wateren?

Onderzoek naar functionaliteit van vispassages laat zien dat passages met een lokstroom die aal aantrekt naar een opvangbak en een tegengestelde stroom/hevelconstructie die aal naar de andere brengt, goed functioneren voor glasaal. Een goed functionerend voorbeeld ligt bij Gemaal Halfweg (Hoogheemraadschap Rijnland), ontworpen door FishFlow Innovations. Ook bij Gemaal Schore (Waterschap Scheldestromen), ligt een goed werkende vispassage. Hier wordt vis aangetrokken door een lokstroom in een bak geleid, die periodiek het water de lager gelegen polder in hevelt. Er zijn op de markt ook andere vispassages in ontwikkeling waarvan het functioneren nog niet bekend is.

8 Hoe verhouden de onderzoeksmethoden zich tot elkaar?

Uit evaluatie van de toegepaste methoden blijkt dat iedere methode voordelen, nadelen en limitaties heeft. De belangrijkste uitkomst is dat de meeste vistuigen een bepaalde selectiviteit hebben ten aanzien van migratiestrategieën van glasaal en pootaal. Detectoren genereren vooral vangst tijdens de periode waarin een (groter)deel van de aanwezige glas- en pootaal klimgedrag vertoont. De resultaten van zowel de collector als de detector leiden daardoor waarschijnlijk tot een onderschatting van het aanbod, vooral over een langere periode. Deze onderschatting kan (deels) worden gecorrigeerd dor de inzet van aanvullende methoden zoals fuikvangsten. Hierdoor is het belangrijk de onderzoeksmethoden zo goed mogelijk aan te sluiten bij de lokale situatie en ook inzicht te bieden in representativiteit van de methoden. In vergelijking met de andere vangtuigen is het kruisnet waarschijnlijk het minst selectief. Het kruisnet vangt in theorie alen in verschillende migratiestrategieën. Vangsten vormen daarmee een bredere doorsnee van de aanwezige populatie, maar dan wel met een lage vangst efficiëntie. Met inachtneming van de lokale situaties en de opgedane kennis, kunnen de resultaten van verschillende vangtuigen onderling vergeleken worden. Toepassing van verschillende methoden vormen een indicatie van intrek en aanbod. Als hulpmiddel voor het oplossen van knelpunten en prioritering daarin, zijn absolute aantallen minder van belang.

Dankwoord

Dit uitgebreide onderzoek was mogelijk dankzij een brede en prettige samenwerking tussen Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Rijkswaterstaat Midden Nederland, Noord-Hollandse Bond van Beroepsbinnenvissers, Visserijservice Nederland, W.J. den Boer Binnenvisserij en RAVON. In het bijzonder willen we namens de projectgroep de onderstaande personen en organisaties bedanken voor het mede mogelijk maken van dit onderzoek:

Ben Griffioen van Wageningen Marine Research, voor de prettige afstemming met hun onderzoek bij Den Oever zodat onze kleuren niet door elkaar liepen, het beschikbaar stellen van glasaal uit hun vangtuigen, beschikbaar stellen van een tube gele VIE-tag polymeer en aanlevering van data rond Den Oever.

Marco Bats, Tjeerd Tolsma, Jeroen Vriesman, Hans de Boer en Gerard Jantjes van HHNK voor de afstemming, medewerking en informatie rond inlaatpunten en gemalen.

De heren G. Viersen, P. Sleutel, L. Koolen en W. Reijers voor het beschikbaar stellen van de hevels in hun eigendom ten behoeve van dit onderzoek.

Deborah de Haan en zoons Tom en Max van Jaap Buitenhuis voor assistentie bij het lichten en plaatsen van vangtuigen.

Han Walder namens DUPAN, voor samenwerking in het voortraject waarbij een deel van de opzet van dit onderzoek onderdeel was van een internationaal INTERREG project. Dit zou leiden tot samenwerking met België, Verenigd Koninkrijk en Frankrijk onder de noemer Glass Eels Will Come. Helaas is het INTERREG project in de laatste selectiefase afgevallen.

Jan Bolt, Schipper van sleepboot de ‘Hendrik’ van Sterk b.v. voor het bieden van een overvaart in Den Oever om een batch gemerkte glasaal aan de IJsselmeerzijde van de spuisluizen uit te kunnen zetten.

VisTV en het Noord-Hollands Dagblad, voor de aandacht die ze hebben geschonken aan dit onderzoek.

De deelnemers aan de Nederlandse Postcode Loterij, door hun bijdrage aan het project Red Onze Paling van Good Fish en RAVON was het mogelijk dit onderzoek via cofinanciering verder uit te breiden.

Referenties

Bergsma, J. & M. Dorenbosch, 2013. Evaluatie glasaaldetector. Bruikbaarheid als monitoringsinstrument en vangtuig. Rapport 13-267. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Bonhommeau, S., M. Castonguay, E. Rivot, R. Sabatié, O. Le Pape, 2010. The duration of migration of Atlantic Anguilla.

Bosveld, J. & J. Arntz, 2011. Resultaten glasaalcollector bij gemaal en keersluis Scheveningen, zomer 2009. Projectnummer 4785220. Tauw b.v., Utrecht.

Cresci, A., 2020. A comprehensive hypothesis on the migration of European glass eels (Anguilla anguilla). Biological Reviews 95, pp. 1273–1286.

Cresci, A., Durif, C.M., Paris, C.B. et al. 2019. Glass eels (Anguilla anguilla) imprint the magnetic direction of tidal currents from their juvenile estuaries. Nature Communications Biology 2, 366.

Creutzberg, F., 1961. On the orientation of migrating elvers (Anguilla vulgaris Turt.) in a tidal area. Netherlands Journal of Sea Research 1: 257-338.

Daverat, F., and J. Tomás. 2006. Tactics and demographic attributes of the European eel Anguilla anguilla in the Gironde watershed, France. Marine Ecological Progress Series 307: 247-257.

De Groot, A.T. & L.M. van Haasteren, 1977. De optrek van jonge aal door de zogenaamde aalpijp. Voorlichtingsblad Nederlandse Visserij nr. 30.

De Groot, A.T. & W.J.M. Muyres, 1980. Visserijkundige waarnemingen vispassages 1975 tot en met 1979. Hoofdafdeling sportvisserij en beroepsbinnenvisserij.

Edeline, E., Lamebert, P., Rigaud, C. & Elie, P., 2006. Effects of body condition and water temperature on Anguilla Anguilla glass eel migratory behavior. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 331, 217–225.

Foekema, E.M., O.A. van Keeken & A.D. Rippen, 2014. Glasaalonderzoek Den Oever als onderdeel van het project 'Glasaal over de Dijk'. Rapport: C110/14. IMARES Wageningen UR, Den Helder.

Feunteun, E., Laffaille, P., Robinet, T., Briand, C., Baisez, A., Olivier, J. M., & Acou, A., 2003. A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels: toward a general theory. Eel biology (pp. 191-213).

Goverse, E., 2020. Monitoring trekvissen in het Noordzeekanaal en Ommelanden met kruisnet door vrijwilligers in 2020. Monitoring van diadrome vissen met focus op intrekkende glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON i.o.v. Samenwerkingsverband Ecologische Verbindingszone Noordzeekanaal en Ommelanden.

Griffioen, A.B., H.V. Winter, O.A. van Keeken, C. Chen, B. van Os-Koomen, S. Schönlau en T.

Zawadowski. 2014. Verspreidingsdynamiek, gedrag en voorkomen van diadrome vis bij Kornwerderzand t.b.v. de Vismigratierivier. Rapport C083/14, Wageningen IMARES.

Griffioen, A.B. P. de Vries, R.H. Twijnstra and M. de Graaf 2016. Glass eel monitoring in the Netherlands. Wageningen, IMARES Wageningen UR (University & Research centre), IMARES report C010/17. 41 pp.

Griffioen, A.B., M.E. Schiphouwer, H.V. Winter & S. Ploegaert. 2018. Aalonderzoeken Hoogheemraadschap van Delfland: efficiëntie van glasaalintrek bij gemaal Schoute. Rapport C007/18. Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research centre) / RAVON Nijmegen.

Griffioen, A.B., H.V. Winter, O.A. van Keeken, B. van Houten, 2018. Intrek van glasaal en driedoornige stekelbaars in het Noordzeekanaal voorjaar 2018; Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research Centre), Wageningen Marine Research rapport C054/19. 87 blz.

Harrison, A.J., A.M. Walker, A.C. Pinder, C. Briand, M. Aprahamian, 2014. A review of glass eel migratory behaviour, sampling techniques and abundance estimates in estuaries: implications for assessing recruitment, local production and exploitation. Rev Fish Biol Fisheries 24, 967–983.

Herder, J.E., A. Valentini, E. Bellemain, T. Dejean, J.J.C.W. van Delft, P.F. Thomsen en P. Taberlet., 2014. Environmental DNA - toepassingsmogelijkheden voor het opsporen van (invasieve) soorten. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapport 2013-104.

ICES, 2020. Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels / Country Reports 2019–2020: Eel stock, fisheries and habitat reported by country. Expert Group Reports. 10.17895/ices.pub.5982.

Imbert, H., Beaulaton, L., Rigaud, C., & Elie, P. (2007). Evaluation of visible implant elastomer as a method for tagging small European eels. Journal of Fish Biology, 71(5), 1546-1554.

Kemper J.H., I. Spierts & E. Derks, 2010. Onderzoek naar de werking van de glasaalcollector onder veld- en laboratorium omstandigheden. Rapport: VA2008_41. VisAdvies b.v., Utrecht.

Kooiman, M. & S.M.A., Ploegaert, 2019. Samen voor de Aal; Kruisnetmonitoring Zeeland 2017-2019. Projectnummer 2017.051. Stichting RAVON, Nijmegen.

Krebs, C.J. 2014. Ecological Methodology, 3rd ed. Part One – Estimation abundance in animal and plant populations (2020 version, https://www.zoology.ubc.ca/~krebs/books.html).

Kroon, J.W. & A.N. van Wijk, 2013. Monitoring vismigratieknelpunten 2012; Voor- en najaarsbemonstering bij diverse sluizen en gemalen, VSN2012.02. Visserij Service Nederland in opdracht van Stichting Waterproef

Kroon, J.W. & A.N. van Wijk, 2014. Monitoring vismigratieknelpunten 2013; Werkgebied Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, VSN2013.07. Visserij Service Nederland in opdracht van Stichting Waterproef.

Kroon, J.W. & A.N. van Wijk, 2012. Monitoring vismigratieknelpunten 2011; Voor- en najaarsbemonstering bij diverse sluizen en gemalen, VSN2011.01. Visserij Service Nederland in opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Naismith, I.A. & B. Knights 1988. Migrations of elvers and juvenile European eels, Anguilla anguilla L., in the River Thames. Journal of Fish Biology 33 (supplement A), 161-175.

Manshanden, G., 2016. Voorjaarsbemonstering vispassage Den Oever. Rapport FFI-1602.13. FishFlow Innovations, Medemblik.

Manshanden, G., 2017. Voorjaarsbemonstering vispassage Den Oever 2017. Rapport FFI-1703.09 FishFlow Innovations, Medemblik.

Manshanden, G., 2018. Voorjaarsbemonstering vispassage Den Oever 2018. Rapport FFI-1803.04 FishFlow Innovations, Medemblik.

Ploegaert, S.M.A., 2020. Passagecheck Zeeland – 2019. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij gemalen Schore en Poppekinderen voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2019.045.

Ploegaert, S.M.A., F. Smith, M. Schiphouwer & J. Kranenbarg, 2018. Passagecheck Zeeland – 2018. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorzieningen bij Loohoek en Prommelsluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars. Stichting RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2018.039.

Podgorniak, T., S. Blanchet, E. De Oliveira, F. Daverat, & F. Pierron, 2016. To boldly climb: behavioural and cognitive differences in migrating European glass eels. Royal Society Open Science 3: 150665.

Projectgroep Samen voor de Aal, 2019. Samen voor de Aal; Kruisnetmonitoring Zuid-Holland resultaten en analyse 2015-2018. Projectnummer 2015.031. Stichting RAVON, Nijmegen.

RAVON, 2020. Database Tellen.ravon.nl/kruisnetmonitoring.

Reeves, K.R., D.L. Buckmeier, 2009. Mortality, Predation, and Tag Visibility of Fish Marked with Visible Implant Elastomer Tags. North American Journal of Fisheries Management, 29:2, 323-329.

RWS/HHR, 2020. Databestand glasaalfuik Halfweg 2013-2020. RWS West Nederland Noord en Hoogheemraadschap van Rijnland.

Schwarz, C.J. & G. Seber, 1999. Estimating Animal Abundance: Review III. Statistical Science 14(4).

Vriese, T., J. Hop & W. de Bruijne, 2015. Eindrapport testfase project Visvriendelijk Sluisbeheer Afsluitdijk en Houtribdijk. Arcadis Nederland, Apeldoorn.

Whitehead, H., 1990. Mark-Recapture Estimates with Emigration and Re-Immigration. Biometrics, Vol. 46, No. 2, pp. 473-479.

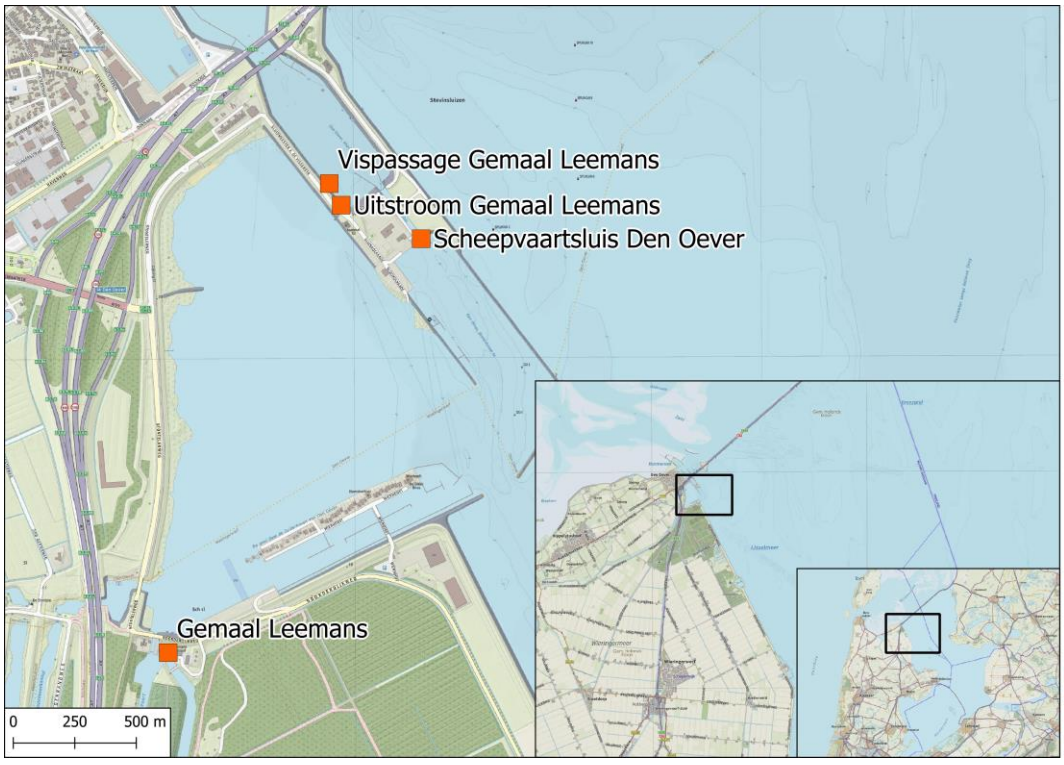
Wichelen, J., Verhelst, P., Buysse, D., Belpaire, C., Vlietinck, K., & Coeck, J., 2020. Glass eel

(Anguilla anguilla L.) behaviour after artificial intake by adjusted tidal barrage management. Estuarine Coastal and Shelf Science, 107127.

Bijlage 1: Factsheets geselecteerde knooppunten

1.1 Gemaal Leemans

Gemaal Leemans bemaalt de waterlichamen Wieringermeer West en Wieringermeer Oost (Afbeelding 1 en 2). Het totale achterliggende gebied is bijna 20.000 hectare, waarvan circa 475 hectare water. Naast verschillende peilen is er ook een groot verschil in de kwelsituatie tussen beide waterlichamen wat onder andere tot uitdrukking komt in de gemeten chloride gehaltes. De totale pompcapaciteit van het gemaal bedraagt 1200 m^3/minuut, evenredig verdeeld over 4 pompen (2 per peilvak). Via een persleiding van 1200 meter lengte wordt het water, onder de Zuiderhaven door, op de Voorhaven (Waddenzee) geloosd (Afbeelding 1 en 3). De uitstroom van het gemaal vloeit ter plekke samen met de effluentlozing van de RWZI van Wieringen. Ongeveer 50 meter ten noordwesten van de uitstroom van het gemaal ligt een Manshanden vispassage (Afbeelding 1). Deze verbindt de Voorhaven (Waddenzee) met de Zuiderhaven (IJsselmeer). Op dit moment functioneert de vispassage niet. Ongeveer 50 meter ten noordoosten van de uitstroom van het gemaal ligt een scheepvaartsluis die deel uitmaakt van het Stevinsluizencomplex en de Waddenzee met het IJsselmeer verbindt (Afbeelding 1). Naast het gemaal zelf ligt ook een scheepvaartsluis, de Stonteler Schutsluis (Afbeelding 2). Deze verbindt Wieringermeer West met de Zuiderhaven (IJsselmeer).



Afbeelding 1: Ligging Gemaal Leemans (RD coördinaten: 131539, 548282), Uitstroom Gemaal Leemans (RD coördinaten: 131969, 549375), Vispassage Gemaal Leemans (RD coördinaten: 131940, 549428) en Scheepvaartsluis Den Oever (RD coördinaten: 132165, 549292).



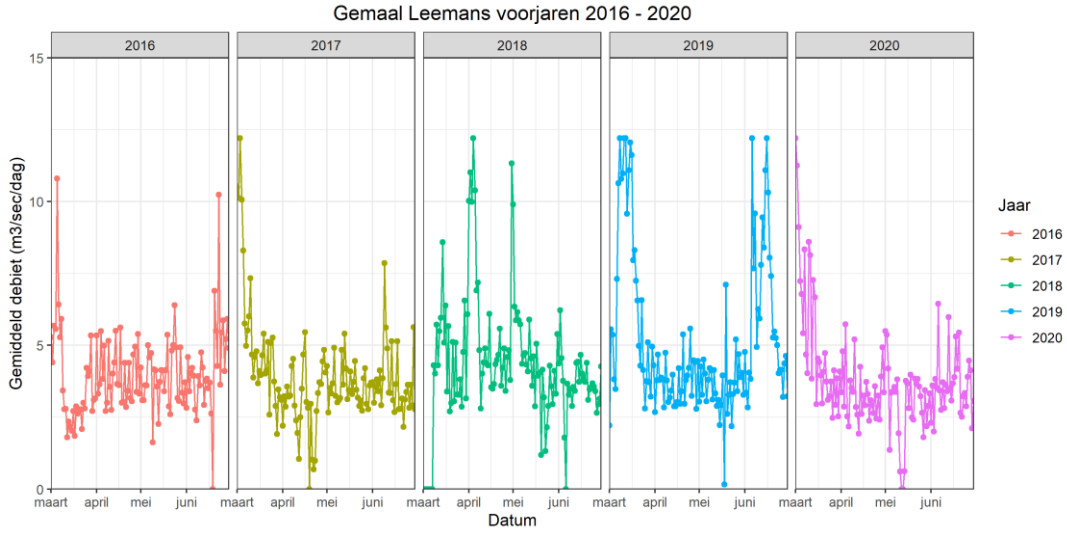
Afbeelding 2: Gemaal Leemans (rechts) en de Stonteler Schutsluis (links) gezien vanaf de kant van de Wieringermeer. Op de kleine foto linksonder is de Stonteler Schutsluis nogmaals weergegeven, maar dan gezien vanaf de kant van het IJsselmeer (foto's: HHNK).



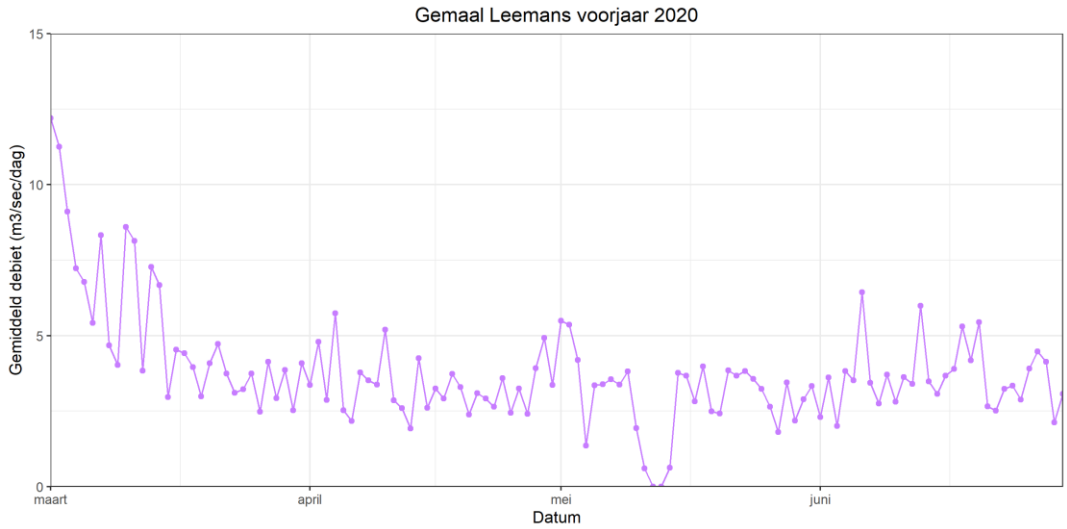
Afbeelding 3: De uitstroom van Gemaal Leemans en de zuivering van Wieringen in de Voorhaven (foto: Maurice Kooiman).

Debieten

In Afbeelding 3 zijn de debieten van gemaal Leemans over de voorjaren van 2016 t/m 2020 weergegeven. Het betreft hier het totaal van alle vier de pompen. In het voorjaar van 2019 werd verhoudingsgewijs het meeste water uitgemalen met een seizoensgemiddelde van 5.17 m^3/s. In de voorjaren van 2016, 2017 en 2018 lagen de seizoensgemiddelden wat lager met respectievelijk 3.96, 3.92 en 4.33 m^3/s. Tijdens de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020 werd relatief het minste water uitgemalen. Het seizoensgemiddelde lag toen op 3.80 m^3/s. Afbeelding 4 laat het gemiddelde debiet tijdens het voorjaar van 2020 in wat meer detail zien ten opzichte van Afbeelding 3.



Afbeelding 3: Gemiddeld debiet in kubieke m^3/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld debiet in m^3/s per kwartier) over de voorjaren 2016-2020 bij gemaal Leemans.



Afbeelding 4: Gemiddeld debiet in m^3/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld m^3/s per kwartier) over het voorjaar van 2020 bij gemaal Leemans.

1.2 Stontelerkeersluis

De Stontelerkeersluis is een inlaat-/spuiwerk tussen het IJsselmeer en de Amstelmeerboezem (Afbeelding 1 en 2). Het gebied waaruit de Amstelmeerboezem zijn water ontvangt omvat circa 23000 hectare. Het boezemgebied zelf omvat circa 3000 hectare, waarvan ruim 1200 hectare open water. De Stontelerkeersluis heeft 2 verticale schuiven die worden geopend als het peil van het IJsselmeer maximaal 5 cm hoger is dan de boezem. Bij lager peil op het IJsselmeer wordt soms gespuid. Aan de IJsselmeerzijde ligt, vanaf de Stontelerkeersluis gezien aan de linkerkant, het kleine gemaal Stontele (Afbeelding 1 en 2).



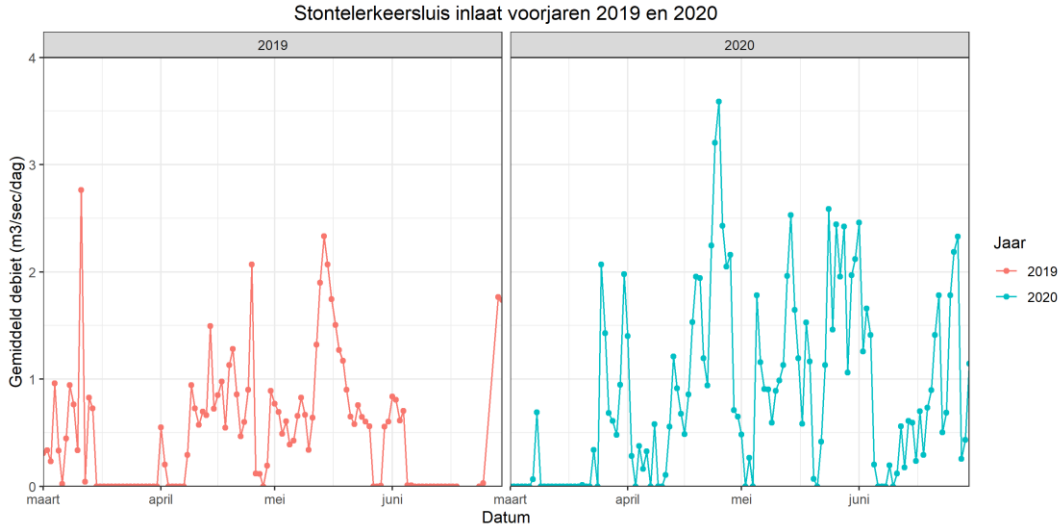
Afbeelding 1: Ligging Stontelerkeersluis (RD coördinaten: 131270, 548370) en het kleine gemaal Stontele (RD coördinaten: 131262, 548392).



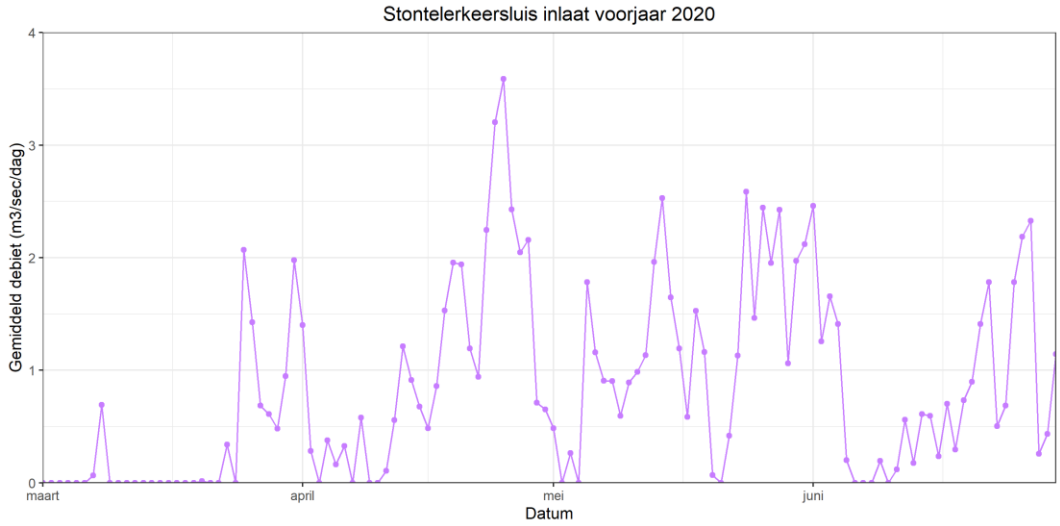
Afbeelding 2: De Stontelerkeersluis. Op de grote foto is de kant van de Amstelmeerboezem weergegeven. Op de kleine foto is de kant van het IJsselmeer weergeven. Op deze foto is ook het kleine gemaal Stontele zichtbaar in de inham aan de rechterkant (foto's: HHNK).

Inlaatdebieten

In Afbeelding 3 zijn de inlaatdebieten bij de Stontelerkeersluis weergegeven over de voorjaren van 2017 t/m 2020. Tijdens de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020 werd in vergelijking met 2019 meer water ingelaten. Het seizoensgemiddelde lag in het voorjaar van 2020 op 0.85 m³/s. Tijdens het voorjaar van 2019 lag het seizoensgemiddelde op 0.52 m³/s. In Afbeelding 4 zijn de inlaatdebieten bij de Stontelerkeersluis weergegeven tijdens de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020.



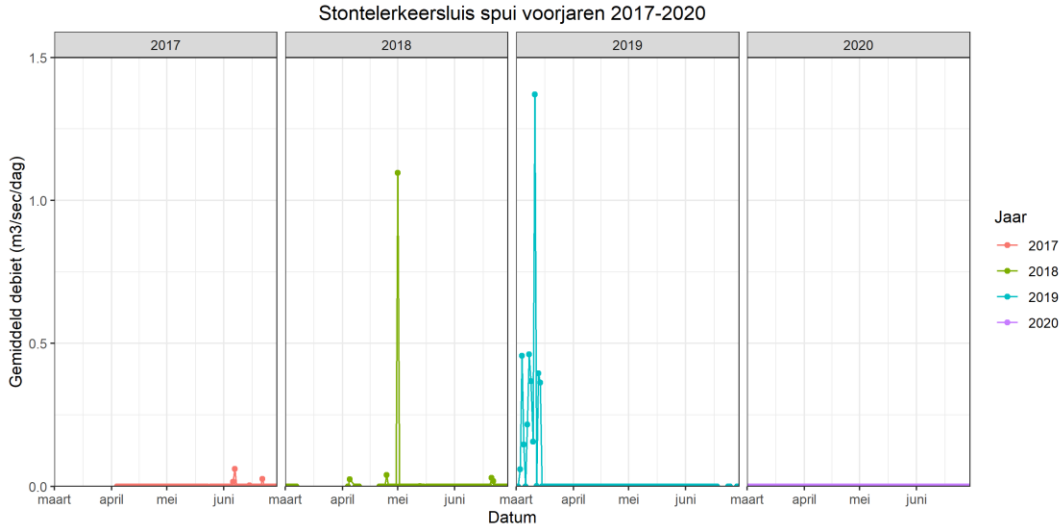
Afbeelding 3: Gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per kwartier) over de voorjaren 2017-2020 bij de Stontelerkeersluis.



Afbeelding 4: Gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per kwartier) in het voorjaar van 2020 bij de Stontelerkeersluis.

Spuidebieten

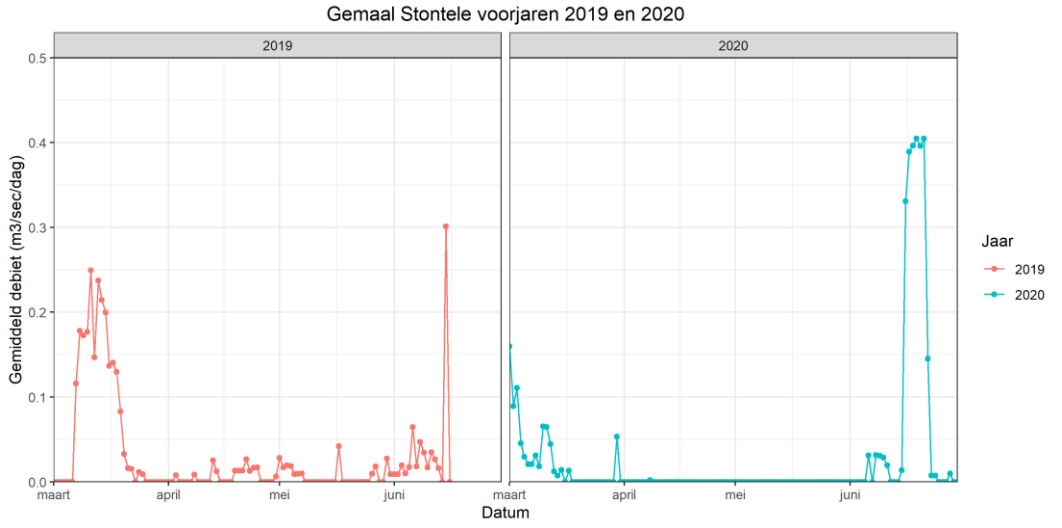
In Afbeelding 5 zijn de spuidebieten bij de Stontelerkeersluis weergegeven over de voorjaren van 2017 t/m 2020. Tijdens de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020 is niet gespuid. Tijdens de voorjaren van 2017, 2018 en 2019 werd incidenteel gespuid.



Afbeelding 5: Gemiddeld spuidebiet in m³/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld spuidebiet in m³/s per kwartier) over de jaren 2017-2020 bij de Stontelerkeersluis.

Debieten Gemaal Stontele

De debieten van dit gemaal over de voorjaren van 2019 en 2020 zijn weergeven in Afbeelding 6. Hierbij dient te worden opgemerkt dat vanaf 17 juni 2019 is geen data beschikbaar is. Over de periode tot en met 16 juni was het debiet in 2019 hoger dan in 2020. De seizoensgemiddelden lagen op respectievelijk 0.03 en 0.01 m³/s. Over het hele voorjaar van 2020 lag het seizoensgemiddelde op 0.03 m³/s.



Afbeelding 6: Gemiddeld debiet in m³/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld debiet in m³/s per kwartier) over de jaren 2019 en 2020 bij de Gemaal Stontele (vanaf 17 juni 2019 is geen data beschikbaar).

1.3 Hevels

In de Wieringermeer wordt water vanaf het IJsselmeer ingelaten via hevelbuizen die over de dijk lopen. Deze hevels zijn aangelegd door agrariërs en worden in het groeiseizoen benut, binnen de periode april-oktober. De hevels zijn vergund door HHNK. Er zijn ongeveer 54 hevelbuizen over de dijk tussen Den Oever en Medemblik verdeeld over 20 locaties. Een hevel bestaat uit een vacuüm getrokken tyleen buis van een diameter tussen de 110 en de 300mm. Verschillende hevels komen direct in een sloot aan de andere kant van de dijk uit, er zijn ook complexere netwerken die via grotere pvc leidingen over grote afstand (>1000 meter) naar verschillende perceelsloten leiden. Voor het onderzoek zijn evenredig over de lengte van de dijk drie hevels geselecteerd om steekproefsgewijs met opvangfuiken te bekijken hoeveel vis er wordt ingelaten (Afbeelding 1 en 2, Tabel 1).



Afbeelding 1: Ligging van de drie onderzochte hevels.



Afbeelding 2: Hevel 1 (links) en hevel 3 (rechts) met de opvangfuiken er achter (foto links: Jaap Buitenhuis, foto rechts: Niels de Haan).

Tabel 1: Overzicht van de drie onderzochte hevels in 2020, de eerst geselecteerde hevel 2 (a) werd niet in bedrijf gesteld omdat de agrariër bij nader inzien geen watervraag had in de onderzoeksperiode, daarom is nabijgelegen hevel 2b in het onderzoek meegenomen.

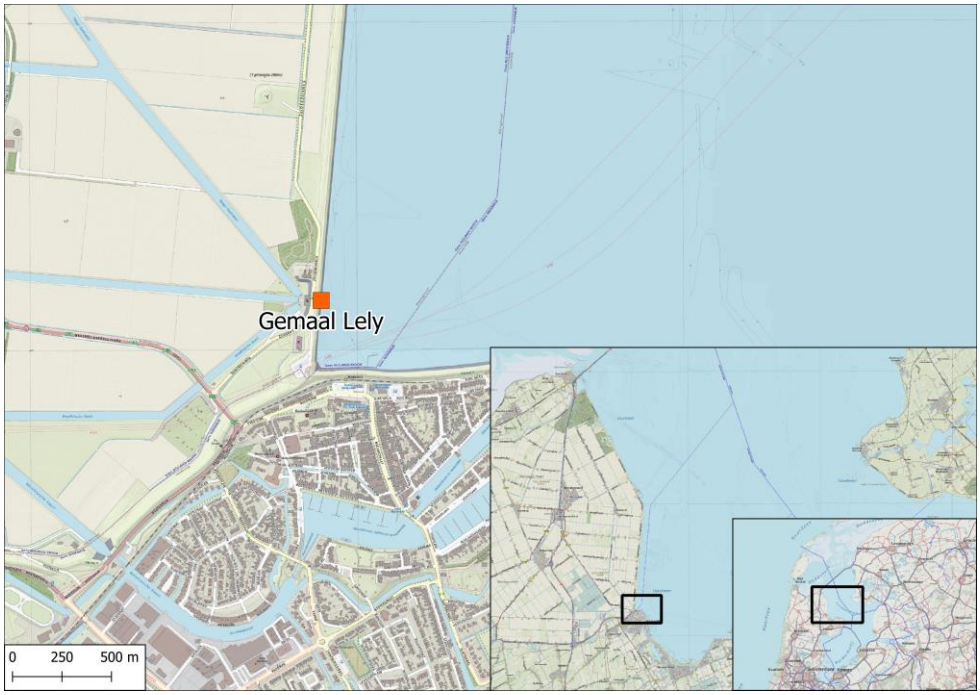
Locatie	X	Y	Buisdiameter (buiten – binnen)	Debiet	Bedrijfsperiode
Hevel 1	134613	543853	110 – 95mm	36m3/u	mei - september
Hevel 2a	136313	538188	?	0	niet in bedrijf gesteld
Hevel 2b	136591	539747	160 – 131mm	52m3/u	mei - september
Hevel 3	136071	533998	160 – 131mm	55m3/u	april - oktober

Inlaatdebieten

Het debiet van de drie hevels is bepaald op basis van stroomsnelheidsmetingen bij hevel 2 en 3, en volume per tijdseenheid bij hevel 1. Het merendeel van de hevels heeft waarschijnlijk een vergelijkbare gemiddelde diameter (110-160mm), er zijn ook vier hevels met grotere een buitendiameter van 300. Op basis van de kleinere hevels en de meting bij de inlaat van Grootslag (buitendiameter 400mm en 305m3/u inlaat), wordt het inlaatdebiet van 300mm hevels berekend op 194m3/u. Het totale inlaatdebiet van 54 hevels bedraagt dan rond 0,9 m3/s, onder de voorwaarde dat deze allemaal open staan en indien er geen onderschatting plaatsvindt als er toch veel hevels van 200mm voorkomen. De drie onderzochte hevels maken circa 4,5% uit van het totale inlaatdebiet.

1.4 Gemaal Lely

Lely is een gemaal tussen het IJsselmeer en de Wieringermeer-West (Afbeelding 1 en 2); een gebied van circa 9650 hectare, waarvan 240 hectare open water. Gemaal Lely is oorspronkelijk gebouwd voor de bemaling van 3 verschillende peilvakken van de Wieringermeer. Het zuidelijke peilvak is relatief zoet ten opzichte van het middelste en noordelijke peilvak. Per peilvak heeft het gemaal een pompcapaciteit van 500 kubieke meter per minuut. In verband met zoutbezwaar op het IJsselmeer wordt in de huidige praktijk alleen het relatief zoete zuidelijke peilvak nog bemalen.



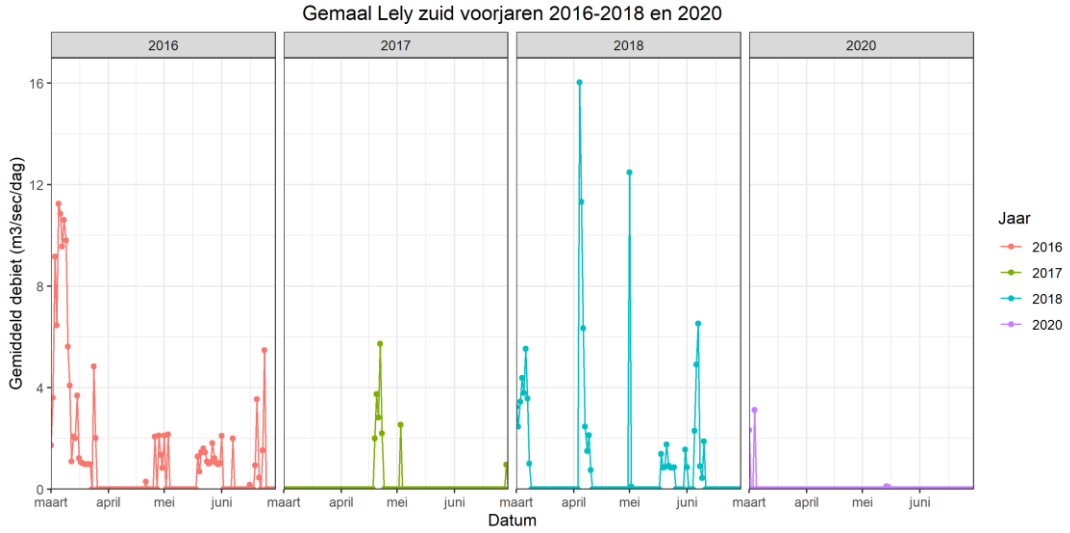
Afbeelding 1: Ligging Gemaal Lely (RD coördinaten: 135890, 532150).



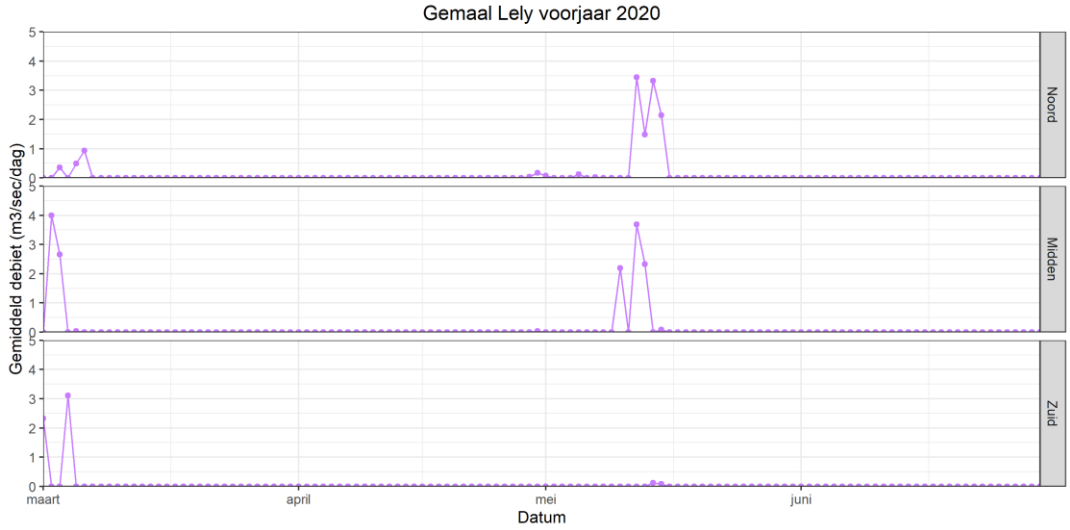
Afbeelding 2: Gemaal Lely gezien vanaf de kant van de Wieringermeer (foto: HHNK).

Debieten

In Afbeelding 3 zijn de debieten voor het meest zuidelijke peilvak van Gemaal Lely weergegeven over de voorjaren van 2016 t/m 2018 en 2020. In de voorjaren van 2016 en 2018 werd met seizoensgemiddelden van respectievelijk 1.22 en 0.89 m^3/s verhoudingsgewijs het meeste water uitgemalen. In 2017 lag het seizoensgemiddelde een stuk lager met 0.16 m^3/s. In tegenstelling tot de voorjaren van 2016 t/m 2018 zijn tijdens de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020 wel alle drie de peilvakken bemalen, zij het incidenteel vanwege het proefdraaien van nieuwe pompen in mei (Afbeelding 4). De som van de seizoensgemiddelden per peilvak in het voorjaar van 2020 is met 0.27 m^3/s nog steeds relatief laag.



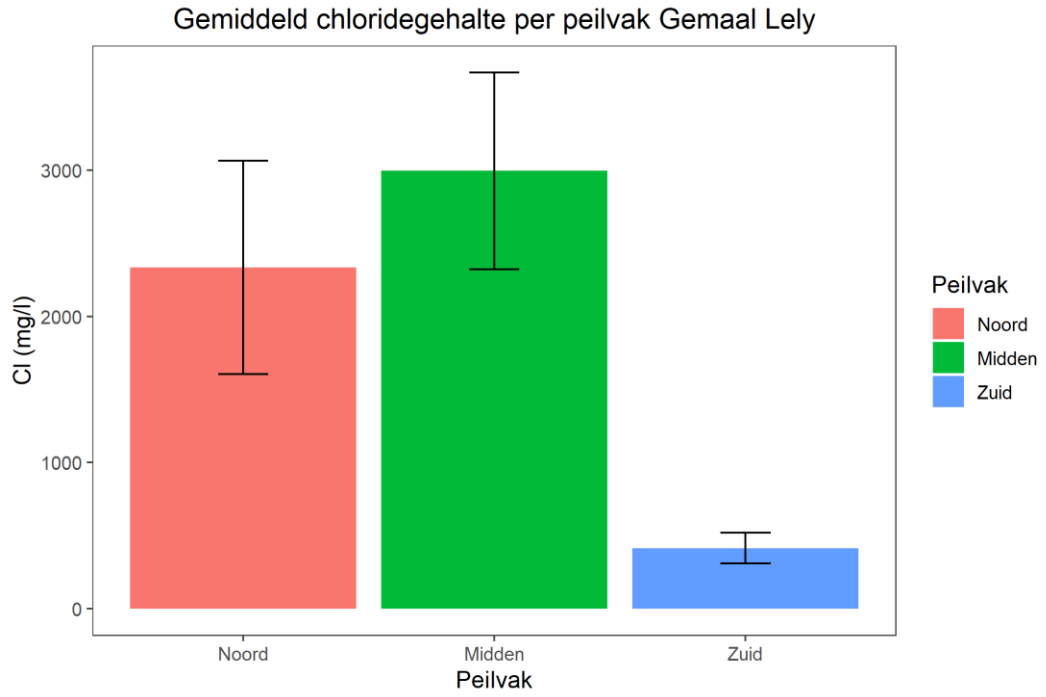
Afbeelding 3: Gemiddeld debiet in m^3/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld debiet in m^3/s per kwartier) over de voorjaren 2016-2018 en 2020 voor het meest zuidelijke peilvak van gemaal Lely.



Afbeelding 4: Gemiddeld m^3/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld debiet in m^3/s per kwartier) over het voorjaar van 2020 per peilvak van gemaal Lely.

Chloridegehalte

In Afbeelding 5 is het gemiddeld chloridegehalte in milligram per liter weergegeven voor de verschillende peilvakken van Gemaal Lely. Hier is duidelijk te zien dat het zuidelijke peilvak relatief zoet is (*M*=414; *SD*=10 mg/L Cl) ten opzichte van het middelste (*M*=2997; *SD*=673 mg/L Cl) en noordelijke peilvak (*M*=2336; *SD*=729 mg/L Cl). Het gemiddelde van peilvakken Noord en Midden zijn ieder gebaseerd op 36 metingen in de periode van 2012 t/m 2016. Het gemiddelde van peilvak Zuid is gebaseerd op 109 metingen in de periode van 2010 t/m 2018 (databestand HHNK).



Afbeelding 5: Gemiddeld chloridegehalte per peilvak van gemaal Lely gebaseerd op ieder 36 metingen in het noordelijke en middelste peilvak en 109 metingen in het zuidelijke peilvak. De foutbalken geven de standaarddeviatie weer.

1.5 Stoomgemaal Vier Noorderkoggen

Het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen is een gemaal tussen het IJsselmeer en het waterlichaam Vier Noorderkoggen (Afbeelding 1). Het totale achterliggende gebied beslaat een oppervlak van 7548 hectare, waarvan 450 hectare open water. Het gemaal is sinds 1977 volledig buiten gebruik. De bemalingsfunctie is overgenomen door het Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen. Vanaf het IJsselmeer gezien aan de rechterkant van het gemaal ligt een inlaatwerk dat nog wel in gebruik is (Afbeelding 2). Het inlaatwerk bestaat uit 2 afzonderlijke inlaatleidingen met gelijke afmetingen. In een van de bestaande inlaatleidingen is een extra schuif aangebracht waardoor met de leiding geschut kan worden. Wanneer er geen water wordt ingelaten kan dit systeem worden gebruikt als vispassage. In het voorjaar wordt een lokstroom opgewekt met een aparte pomp. De lokstroompomp loost vlak voor de buitenste vispassageschuif. In het najaar wordt gebruikt gemaakt van een lekstroom uit het IJsselmeer.



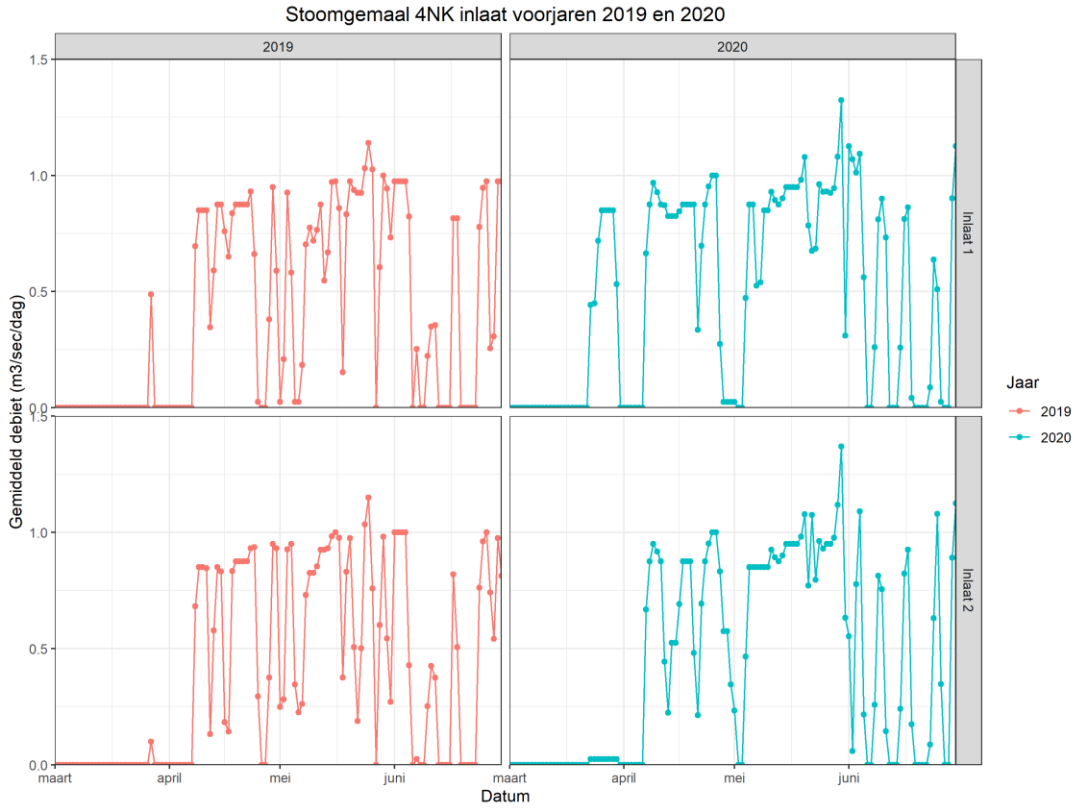
Afbeelding 1: Ligging Stoomgemaal Vier Noorderkoggen (RD coördinaten: 136820, 530330).



Afbeelding 2: De inlaat bij het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen gezien vanaf de kant van het IJsselmeer (links) en vanaf de kant van de Wieringermeer (rechts) (foto links: Maurice Kooiman, foto rechts: HHNK).

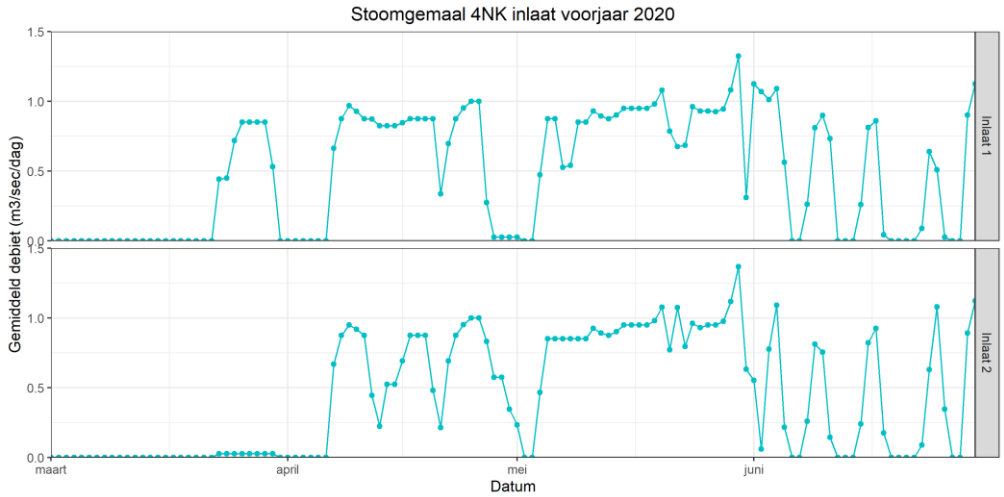
Inlaatdebieten

In Afbeelding 3 zijn de gemiddelde debieten in m³/s per dag weergegeven over de voorjaren van 2019 en 2020 per inlaatleiding bij het Stoomgemaal. Tijdens de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020 werd, met een seizoensgemiddelde van 0.93 m³/s, verhoudingsgewijs het meeste water ingelaten. In het voorjaar van 2019 lag het seizoensgemiddelde iets lager, met een seizoensgemiddelde van 0.8 m³/s.



Afbeelding 3: Gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per dag (gebaseerd op de gemiddelde schuifstand in procenten per kwartier, uitgaande van een debiet van 150 m³/min bij een schuifstand van 100%) over de voorjaren 2019 en 2020 per inlaat bij het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen.

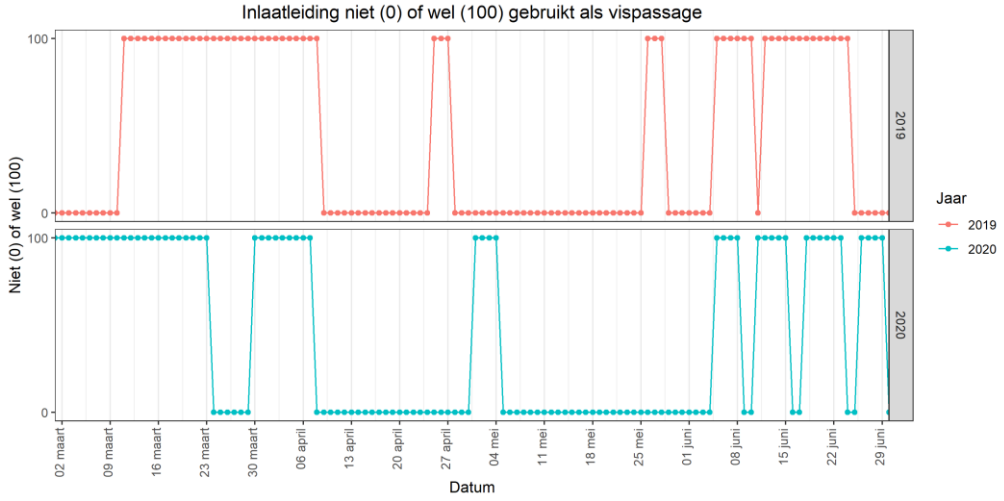
In Afbeelding 4 zijn de debieten per inlaatleiding in meer detail weergegeven voor de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020. Er werd iets meer water ingelaten via de inlaatleiding zonder vispassage (inlaat 1). Het seizoensgemiddelde van deze inlaatleiding lag op 0.49 m³/s. Het seizoensgemiddelde van de inlaatleiding met vispassage (inlaat 2) lag op 0.44 m³/s. Met name in de maanden april en mei werd relatief veel water ingelaten.



Afbeelding 4: Gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per dag (gebaseerd op de gemiddelde schuifstand in procenten per kwartier, uitgaande van een debiet van 150 m³/min bij een schuifstand van 100%) over het voorjaar van 2020 per inlaat bij het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen.

Vispassage

Het vispassagesysteem bevindt zich in de 2e inlaatleiding. Op momenten dat er geen waterinlaat is, wordt tijdens de nachtelijke uren (18:00-7:00) twee keer een vismigratiecyclus gedraaid. Er zijn twee schuiven, waarbij die aan de IJsselmeerzijde open staat en een lokstroom van 60m3/uur de vis de inlaatkoker in lokt. Door de schuif aan de IJsselmeerzijde te sluiten en die aan de boezemzijde 45 minuten open te zetten, krijgt de vis de kans om ingelaten te worden. In Afbeelding 5 is weergegeven op welke dagen de inlaatleiding niet of wel gebruikt is als vispassage tijdens de voorjaren van 2019 en 2020. De inlaatleiding is in beide voorjaren meer dagen niet dan wel in gebruik geweest als vispassage, waarbij het aantal dagen nauwelijks verschilde tussen de twee voorjaren (2019: 68 dagen niet en 54 wel / 2020: 67 dagen niet en 55 wel). In beide voorjaren is de inlaatleiding met name in maart en in mindere mate in juni relatief veel gebruikt als vispassage. Dit in tegenstelling tot de maanden april en mei, waarin de inlaatleiding meer werd gebruikt voor de primaire functie om water in te laten (Afbeelding 3 en 4).



Afbeelding 5: Dagen waarop de tweede inlaatleiding bij het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen niet (0) en wel (100) als vispassage is gebruikt tijdens het voorjaar van 2020.

1.6 Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen

Het Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen bemaalt twee verschillende peilvakken (Afbeelding 1 en 2). De bemaling van het meest noordelijke peilvak (hoogste peil) heeft het in 1975 overgenomen van het nu volledig buiten gebruik zijnde Stoomgemaal Vier Noorderkoggen. Het meest zuidelijke peilvak (laagste peil) ontvangt het effluent van zuivering Wervershoof. Het totale achterliggende gebied bedraagt bijna 12000 hectare, waarvan ruim 600 hectare open water. De totale capaciteit van het gemaal bedraagt 1140 kubieke meter per minuut (2x 270 peilvak Noord, 2x 300 peilvak Zuid).



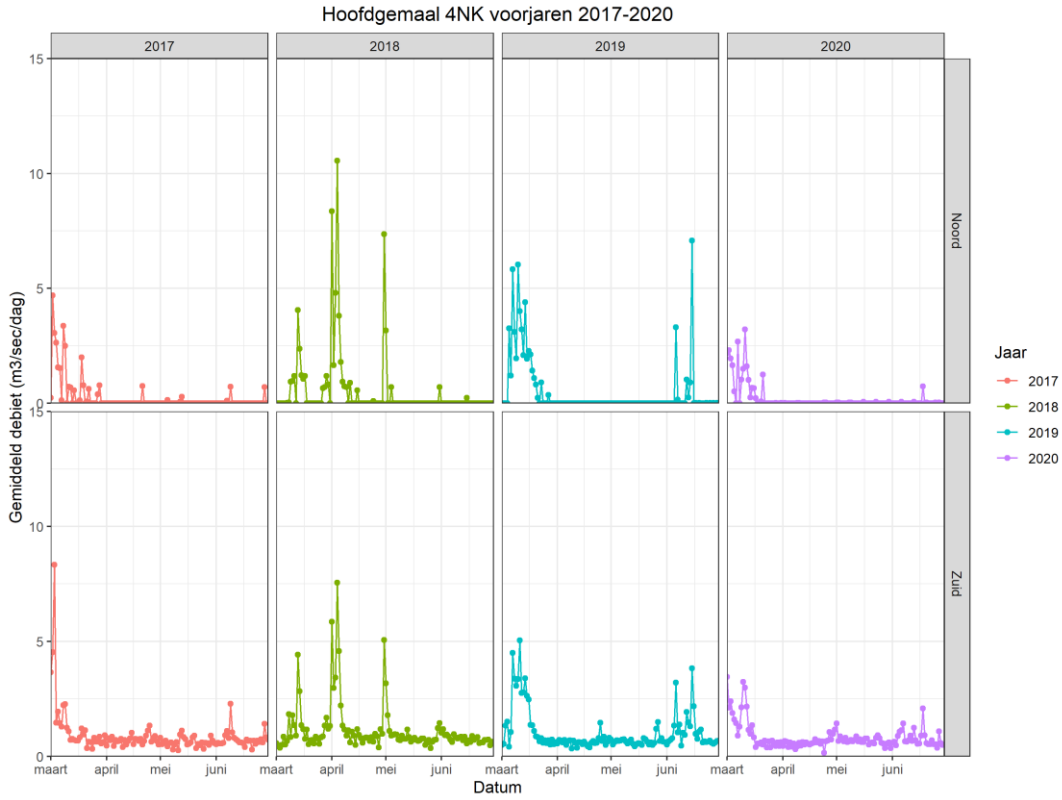
Afbeelding 1: Ligging Hoofgemaal Vier Noorderkoggen (RD coördinaten: 138800, 528040).



Afbeelding 2: Hoofgemaal Vier Noorderkoggen gezien vanaf de kant van de Wieringermeer (hoofdfoto en rechtsonder). In de foto linksonder is de uitstroom van het gemaal te zien aan de kant van het IJsselmeer (foto's: HHNK).

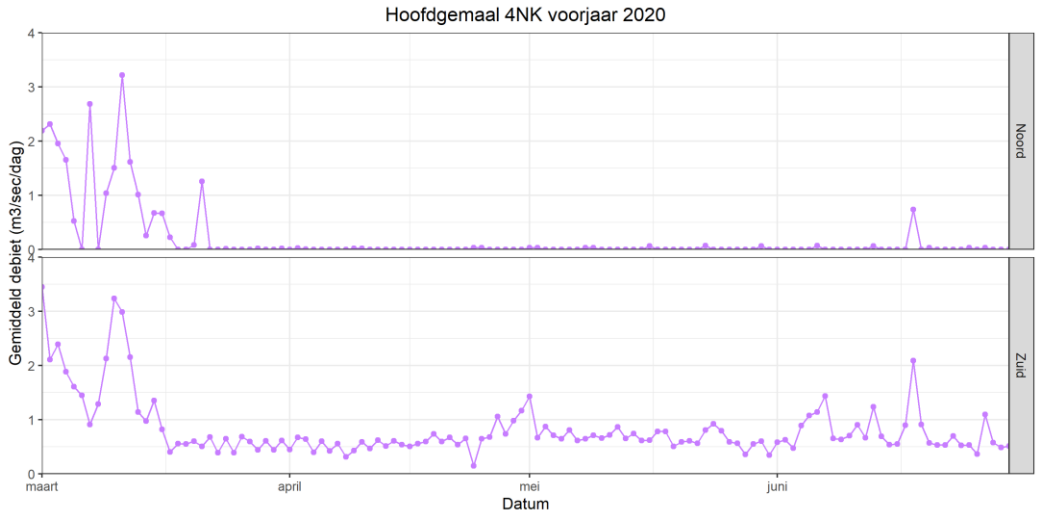
Debieten

In Afbeelding 3 is het gemiddeld debiet in m³/s seconde per dag weergegeven over de voorjaren van 2017 t/m 2020 per peilvak van het Hoofgemaal. Duidelijk is te zien dat het meest zuidelijke peilvak, naast regenwater, het effluent van de zuivering uitmaalt. Naast de piekafvoeren als er regenwater afgevoerd moet worden, draait dit gemaal dagelijks om het effluent van de zuivering af te voeren, zij het op een relatief laag niveau. Dit in tegenstelling tot het noordelijke peilvak dat alleen wordt bemalen wanneer er regenwater afgevoerd moet worden. In totaal werd er in de voorjaren van 2018 en 2019 verhoudingsgewijs het meeste water uitgemalen, met seizoensgemiddelden van respectievelijk 1.64 en 1.50 m³/s. In het voorjaar van 2017 lag het seizoensgemiddelde met 1.12 m³/s wat lager. Tijdens de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020 werd relatief het minste water uitgemalen. Voor beide peilvakken samen lag het seizoensgemiddelde op 1.02 m³/s.



Afbeelding 3: Gemiddeld debiet in m³/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld debiet in m³/s per kwartier) over de voorjaren 2017-2020 per peilvak van het Hoofgemaal Vier Noorderkoggen.

In Afbeelding 4 is het gemiddeld debiet in m³/s per dag gedurende het voorjaar van 2020 per peilvak van het Hoofdgemaal in meer detail weergegeven. Piekafvoeren vonden met name plaats in de maand maart. Het noordelijke peilvak (zonder effluent van zuivering) is het de rest van het seizoen nauwelijks meer bemalen. Het seizoensgemiddelde van dit peilvak lag op 0.20 m³/s. Het zuidelijke peilvak is de rest van het seizoen dagelijks bemalen om het effluent van de zuivering af te voeren. Het seizoensgemiddelde van dit peilvak lag op 0.82 m³/s.



Afbeelding 4: Gemiddeld debiet in m³/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld debiet in m³/s per kwartier) over het voorjaar van 2020 per peilvak van het Hoofgemaal Vier Noorderkoggen.

1.7 Gemaal Grootslag

Gemaal Grootslag bevindt zich tussen het IJsselmeer en het waterlichaam Polder Grootslag (Afbeelding 1 en 2). Het totale achterliggende gebied beslaat een oppervlak van 8945 hectare, waarvan 581 hectare open water. De capaciteit van het gemaal bedraagt 1140 m^3/minuut. In een bestaande perskoker zijn extra schuiven op -2,50m NAP aangebracht waardoor met een 400mm leiding richting de 'hoogwatersloot' ingelaten kan worden. De koker loopt onder vrij verval leeg in een kleinere watergang (-2,45m NAP) parallel aan de hoofdwatergang in de achterliggende polder. De parallelwatergang is verderop indirect (via een stuw) verbonden met de hoofdwatergang. Wanneer er geen water wordt uitgemalen kan het bovenstaande systeem worden gebruikt als vispassage, via een bypass in de terugslagklep bij de uitlaat van het gemaal.



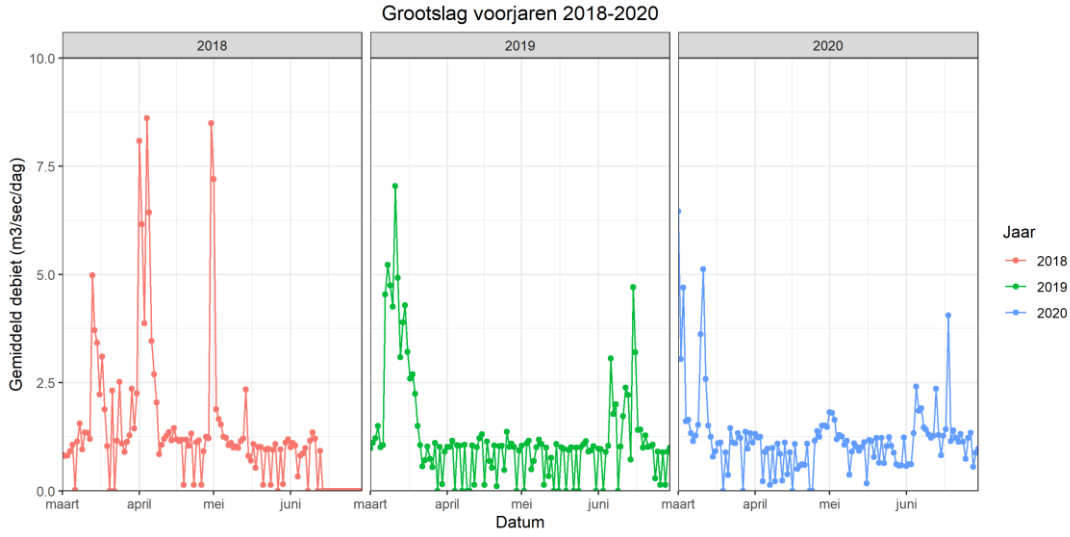
Afbeelding 1: Ligging Gemaal Grootslag (RD coördinaten: 141430, 528910) en de uitstroomopening van de vispassage in de Molensloot (RD coördinaten: 141502, 528792).



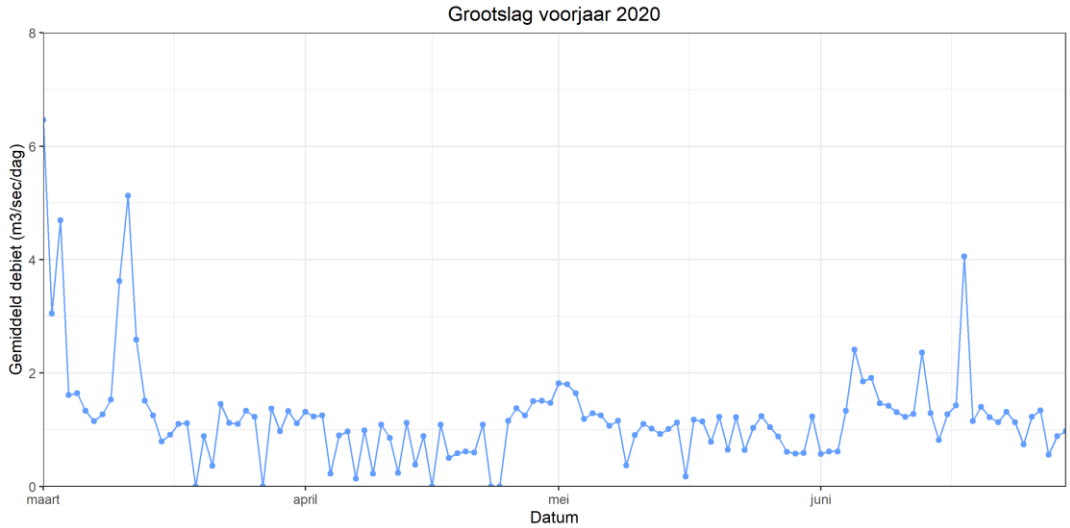
Afbeelding 2: Gemaal Grootslag gezien vanaf de kant van de polder (hoofdfoto en linksonder). In de foto linksboven is de uitstroom van het gemaal te zien aan de kant van het IJsselmeer (foto's: HHNK).

Debieten

In Afbeelding 3 is het gemiddelde debiet in m³/s per dag weergegeven over de voorjaren van 2018 t/m 2020 bij gemaal Grootslag. In het voorjaar van 2018 werd verhoudingsgewijs het meeste water uitgemalen, met een seizoensgemiddelde van 1.38 m³/s. In de voorjaren van 2019 en 2020 lagen de seizoensgemiddelden iets lager, met respectievelijk 1.25 en 1.23 m³/s. In Afbeelding 4 is het gemiddeld debiet in m³/s per dag over het voorjaar van 2020 in meer detail weergegeven. Te zien is dat in de maanden maart en juni relatief het meeste water is uitgemalen.



Afbeelding 3: Gemiddeld debiet in m³/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld debiet in m³/s per kwartier) over de voorjaren 2018-2020 bij gemaal Grootslag.



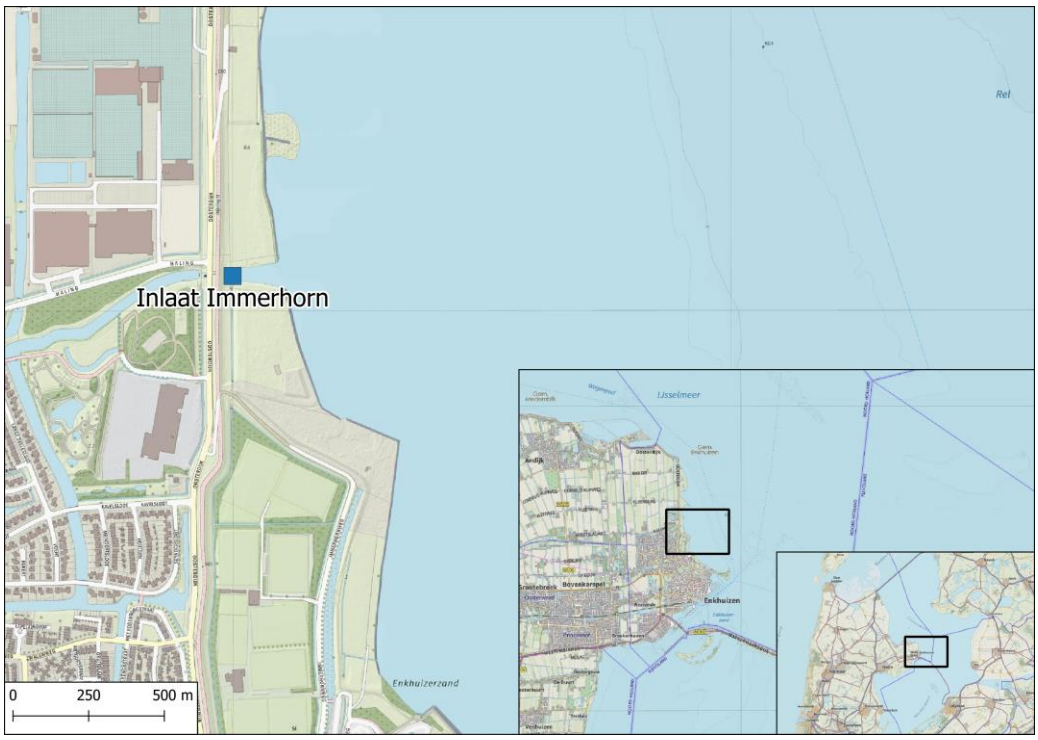
Afbeelding 4: Gemiddeld debiet in kubieke m³/s per dag (gebaseerd op het gemiddeld debiet in m³/s per kwartier) over het voorjaar van 2020 bij gemaal Grootslag.

Vispassage

De vispassage bestaat uit en schuif waardoor water vanuit het IJsselmeer naar een sloot nabij het gemaal loopt. Via het vispassagesysteem is sprake van een constant debiet van circa 0.08 m³/s vanaf het IJsselmeer naar de polder.

1.8 Inlaat Immerhorn

Immerhorn is een inlaatwerk tussen het IJsselmeer en het hoge pand van het waterlichaam Polder Grootslag (Afbeelding 1 en 2). Het totale achterliggende gebied omvat 580 hectare open water, waarvan 200 hectare achter de inlaat. De inlaat heeft twee inlaatleidingen met elk een diameter van 1.2 meter voorzien van afsluiters. Vrijwel altijd is maar 1 buis in gebruik.



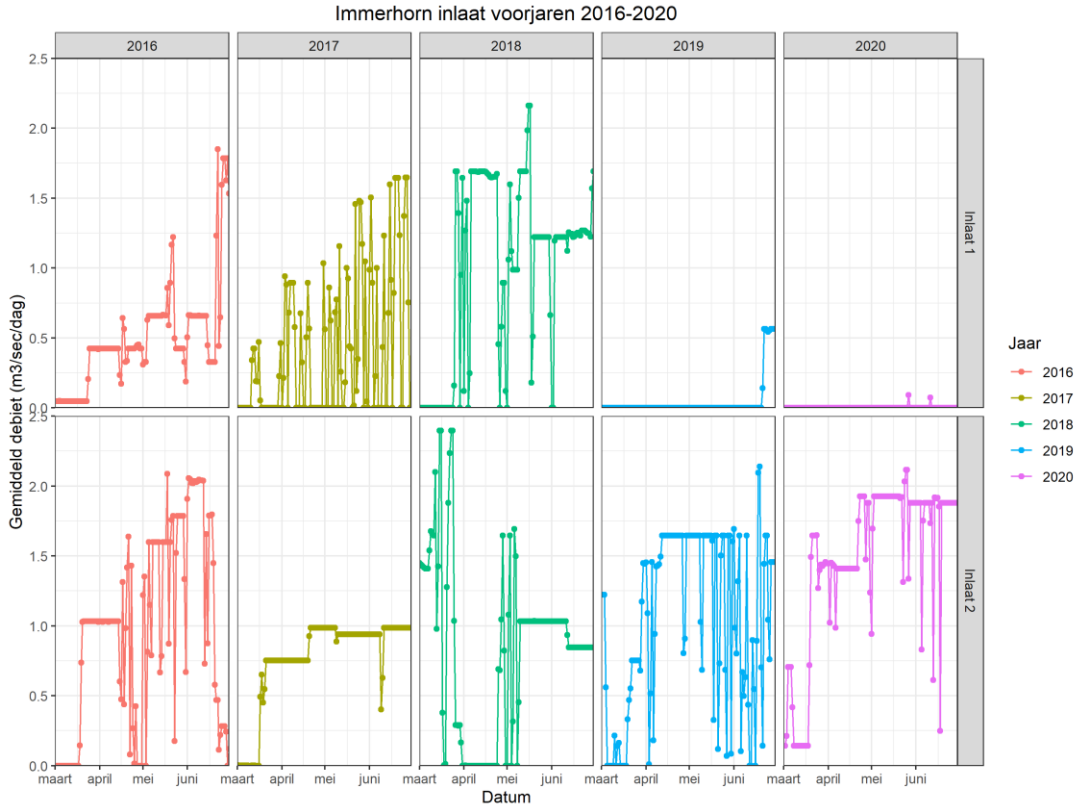
Afbeelding 1: Ligging Inlaat Immerhorn (RD coördinaten: 148000, 526070).



Afbeelding 2: Inlaat Immerhorn. Op de grote foto is de kant van het IJsselmeer weergegeven. Op de kleine foto is de kant van het waterlichaam Grootslag weergeven (foto's: HHNK).

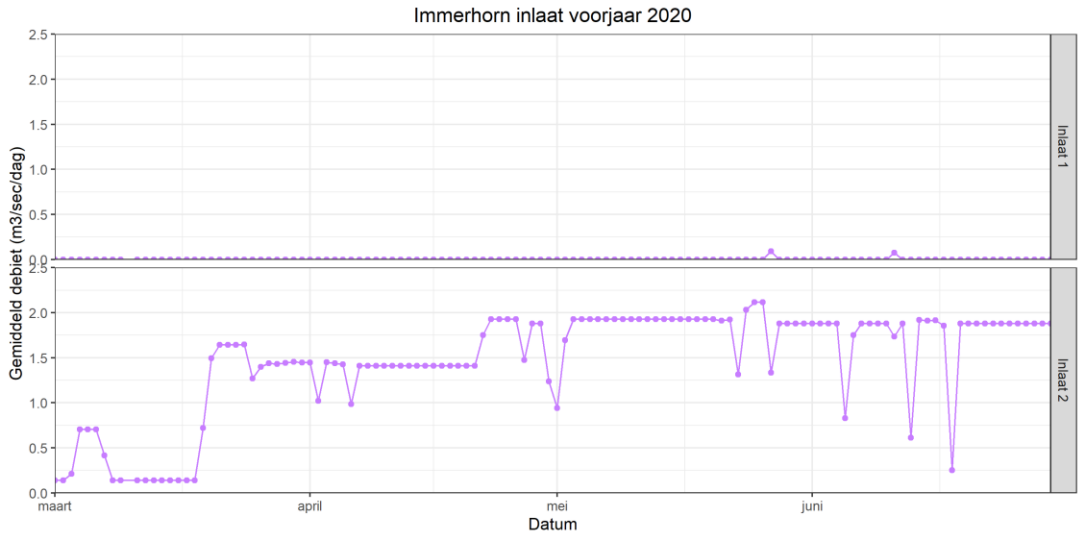
Inlaatdebieten

In Afbeelding 3 is het gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per dag weergegeven over de voorjaren van 2016 t/m 2020 per inlaatleiding bij Immerhorn. Duidelijk is te zien dat de eerste inlaatleiding vanaf 2019 nauwelijks meer gebruikt is. Tijdens de onderzoeksperiode in het voorjaar van 2020 is met een seizoensgemiddelde van 1.47 m³/s verhoudingsgewijs ongeveer een middelmatige hoeveelheid water ingelaten. In het voorjaar van 2018 werd relatief het meeste water ingelaten en in 2019 het minste, met seizoensgemiddelden van respectievelijk 1.80 en 1.09 m³/s. De seizoensgemiddelden in de voorjaren van 2016 en 2017 lagen op respectievelijk 1.45 en 1.17 kubieke m³/s.



Afbeelding 3: Gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per dag (gebaseerd op de gemiddelde schuifstand in procenten per kwartier, uitgaande van een debiet van 4.7 m³/s bij een schuifstand van 100%) over de voorjaren 2016-2020 per inlaat bij Immerhorn.

In Afbeelding 4 is het gemiddeld inlaatdebiet in kubieke meter per seconde per dag per inlaatleiding bij Immerhorn in meer detail weergegeven over het voorjaar van 2020. Duidelijk is te zien dat de eerste inlaatleiding nauwelijks gebruikt is. Het seizoensgemiddelde van deze inlaatleiding ligt op 0.0014 m³/s, wat verwaarloosbaar is als het wordt afgerond. Het seizoensgemiddelde van de tweede inlaatleiding ligt op 1.47 m³/s. Vanaf ongeveer half maart zijn de dagelijkse hoeveelheden water die via deze inlaatleiding werden ingelaten omhoog gegaan.



Afbeelding 4: Gemiddeld inlaatdebiet in m³/s per dag (gebaseerd op de gemiddelde schuifstand in procenten per kwartier, uitgaande van een debiet van 4.7 m³/s bij een schuifstand van 100%) over het voorjaar van 2020 per inlaat bij Immerhorn.

Bijlage 2: Aanbodinschatting op basis van merk-terugvangst

Een belangrijke vraag bij migratieknelpunten is hoe groot het aantal vissen is dat via het knelpunt wil migreren. In de praktijk is het meestal niet mogelijk is om alle vissen te tellen of te vangen en kan vaak niet met zekerheid kan worden gesteld welk vangstrendement een vangtuig heeft. In deze gevallen kan via merk-terugvangst van een deel van de populatie een betrouwbare inschatting worden gemaakt van het aanbod. In het geval van jonge aal wordt gebruikt gemaakt van groepen die lokaal worden gevangen, gemerkt met VIE-tags en weer ter plaatse losgelaten, waarna inspanning tot terugvangst plaatsvindt. Op basis van de vangsten van ongemerkte en gemerkte aal kan worden ingeschat hoe groot de populatie ofwel het aanbod is. Hiervoor zijn verschillende methoden bruikbaar die op verschillende niveaus het aanbod kunnen bepalen.

Momentaanbod
Wanneer merk-terugvangst in een zeer korte periode plaatsvindt, kan een zogenaamd 'momentaanbod' worden bepaald. Dit vindt plaats via de 'Lincoln-Petersen Index' en varianten daarop (Krebs, 2014). Deze aanpak vergt in de praktijk een intensieve benadering waarbij in korte tijd (enkele dagen) de combinatie van een grote groep gemerkte exemplaren en een groot aantal vangsten en terugvangsten leidt tot een betrouwbare inschatting op dat moment (Krebs, 2014). Naast de hoge inzet en aanname van een 'gesloten' populatie is een nadeel van deze benadering dat een berekend aanbod zich lastig laat doorvertalen naar het aanbod wat er over een heel seizoen arriveert. De formule ziet er bij terugvangst van zowel gemerkte als ongemerkte exemplaren als volgt uit:

- Eenvoudige Lincoln-Petersen formule: N = (M*C)/R
- Aangepast door Seber (1982), vermindering van overschatting: N = (((M+1)*(C+1))/(R+1))) -1
- Aangepast door Bailey (1952), bij kans op meervoudige vangst: N = (M * (C+1)) / (R+1)

N: Populatiegrootte moment 1
M: Aantal uitgezette gemerkte individuen moment 1
C: Aantal gevangen individuen moment 2
R: Aantal gevangen individuen met een merk moment 2

Voorwaarden en aannames:

- De uitgezette gemerkte exemplaren mengen gelijkmatig over de totale lokale populatie.
- De uitgezette gemerkte exemplaren vertonen hetzelfde gedrag en hebben dezelfde overlevingskans als de lokale populatie en vormen daarmee een representatieve groep. Overleving en migratiegedrag voor glasaal en pootaal zijn onderzocht door Imbert et al. (2007), zij vonden geen verschil tussen gemerkte en ongemerkte individuen in een laboratorium opzet. Verhoogde mortaliteit door predatie is voor jonge aal nog niet onderzocht, bij andere jonge vissen blijkt dit effect echter verwaarloosbaar (Reeves & Buckmeier, 2009).
- Verdunning van het aandeel gemerkte exemplaren in de lokale populatie (door aankomst van nieuwe individuen in combinatie met vertrek en mortaliteit) vindt niet of nauwelijks plaats tussen moment 1 en moment 2, er is sprake van een nagenoeg 'gesloten' populatie.

- Gemerkte exemplaren worden bij terugvangst opgemerkt en juist geregistreerd.
- De groepsgrootte van het aantal gemerkte exemplaren en het aantal gevangen gemerkte (minimaal 7) en ongemerkte individuen op moment 2 is groot genoeg.
- Deze methode kan worden ingezet over achtereenvolgens meerdere groepen, waarna via de 'Schnabel' methode een betrouwbaardere inschatting kan worden gemaakt in een 'gesloten' populatie.

Seizoensaanbod

Lokale aanwezigheid van migrerende soorten kent een andere dynamiek dan een 'gesloten populatie' (Whitehead, 1990). Ook aanbod van jonge aal bij een migratieknelput betreft een 'open' populatie met over een migratieseizoen aankomst van nieuwe individuen, doortrek door het knelpunt, mortaliteit in de lokale populatie en vertrek en terugkeer van individuen. Er zijn verschillende statistische modellen beschikbaar met betrekking tot populatieschattingen met merk-terugvangst in 'open' populaties. Op basis van de verschillende mogelijkheden in de literatuur is een aanpak afgeleid dit past bij de aanbodkarakteristiek van binnen dit onderzoek (Schwartz & Seber, 1999).
Binnen de in dit onderzoek gekozen opzet wordt over de periode waarin het aanbod van aal zich aandient doorlopend inzet tot vangst en terugvangst gepleegd. Ook worden verdeeld over het seizoen meerdere gemerkte groepen losgelaten. Iedere groep maakt daarmee kans om over een langere periode al dan niet terugvangsten te genereren. Het aantal terugvangsten is afhankelijk van het vangstrendement van de vangtuigen op dat moment en dynamiek van het aanbod, o.a. verblijftijd van iedere groep. Door de verschillende groepen als representatief te beschouwen voor in de omliggende periode aanwezige populatie, kan via het terugvangstrendement een benadering van het volledige aanbod plaatsvinden via de volgende formule:

$$N = 1/(\sum R/ \sum M)* \sum C$$

N: Populatiegrootte onderzoeksperiode
$\sum M$: Gesommeerd aantal uitgezette gemerkte individuen van meerdere groepen
$\sum C$: Gesommeerd aantal gevangen individuen onderzoeksperiode
$\sum R$: Gesommeerd aantal gevangen individuen met een merk van meerdere groepen

Voorwaarden en aannames:

- De uitgezette gemerkte exemplaren uit een groep mengen gelijkmatig over de totale lokale populatie.
- De uitgezette gemerkte exemplaren vertonen hetzelfde gedrag en hebben dezelfde overlevingskans als de lokale populatie en vormen daarmee een representatieve groep. Overleving en migratiegedrag voor glasaal en pootaal zijn onderzocht door Imbert et al. (2007), zij vonden geen verschil tussen gemerkte en ongemerkte individuen in een experimentele opzet. Verhoogde mortaliteit door predatie is voor jonge aal nog niet onderzocht, bij andere jonge vissen blijkt dit effect echter verwaarloosbaar (Reeves & Buckmeier, 2009).
- Gemerkte exemplaren worden bij terugvangst opgemerkt en juist geregistreerd.
- Voor zowel ongemerkte als gemerkte alen geldt dat aankomst van nieuwe individuen, doortrek door het knelpunt, mortaliteit in de lokale populatie en vertrek en terugkeer van individuen effect hebben op de mate en het aandeel waarin ze worden (terug)gevangen, aangenomen wordt dat dit effect hetzelfde is.

Daarmee geldt gemiddeld genomen dat vangstrendement gelijkwaardig is aan terugvangstrendement (C/N) ≈ (R/M).

- Het terugvangstrendement van een groep geldt vanaf het moment dat er geen terugvangsten meer gegenereerd worden.
- De verschillende groepen hebben naar groepsgrootte aandeel in de berekening, hierbij is in dit geval geen rekening gehouden met verschil in representativiteit tussen groepen voor een bepaalde periode en de doorwerking daarvan in optredende verschillen in populatiedynamica over het seizoen. Dit kan ondervangen worden door het terugvangstrendement (M/R) van iedere groep, ongeacht de groepsgrootte, gelijkwaardig te wegen, echter hier kleven mogelijk nog grotere nadelen aan.

Betrouwbaarheid

Binnen de gekozen opzet met merk-terugvangst is sprake van 'toeval', hierdoor is de kans groot dat geobserveerde waarden een over- of onderschatting geven van de werkelijke waarden. Stel er liggen 1000 knikkers in een schaal, waarvan 100 rode. Je pakt er 200 knikkers uit, gemiddeld genomen zijn er daarvan 20 rood. De kans bestaat dat je bijvoorbeeld de ene keer 40 rode pakt en de andere keer maar 5. Om de mogelijk variatie en daarmee onzekerheid aan te geven van dergelijke steekproeven, wordt gewerkt met betrouwbaarheidsintervallen. Afhankelijk van het aantal of aandeel terugvangsten worden voor een onderzoeksopzet zoals wij hebben toegepast, drie methoden geadviseerd om een betrouwbaarheidsinterval te benaderen (Krebs, 2014):

- Verhouding terugvangst R/C>0,1 : Binominale betrouwbaarheidsintervallen, conform Wilson score: de formule hiervan is complex, er zijn online afleestabellen beschikbaar voor iedere situatie.
- Aantal terugvangsten R>50 en R/C<0,1: Normal Approximation interval, formule: 95% betrouwbaarheidsinterval Aandeel terugvangst (R/C): +/- 1,96√((1-(R/M))*(R/C)*(1-(R/C))/(C-1) + 1/(2*C)
- Aantal terugvangsten R<50 en verhouding R/C<0,1 : Poisson 95% betrouwbaarheidsintervallen, de formule hiervan is complex, er zijn online afleestabellen beschikbaar voor iedere R. Bij benadering kan de volgende formule gebruikt worden: Lagere 95% limiet =R-1,92-(1,96*VIERKANTSWORTEL(R+1)) & Hogere 95% limiet = R+1,92-(1,96*VIERKANTSWORTEL(R+1))

Bijlage 3: Totaaloverzicht VIE-tag groepen

Tabel 1: Totaaloverzicht van de uitzetlocaties, uitzetdatums, kleurcodes en groepsgroottes die gehanteerd zijn bij het VIE-taggen.

Vangstlocatie	X-vangst	Y-vangst	Uitzetlocatie	X-uitzet	Y-uitzet	Glasaal	Pootaal	Batch	Kleurcode	kleur	kleur	Datum uitzet	Tijd uitzet
Den Oever - Detector Spuisluis WMR	132255	550196	Den Oever - Ijsselmeer Noorderdijkweg	132331	548409	699	0	4	Blauw			24-4-2020	16:30
Den Oever - Detector Spuisluis WMR	132255	550196	Inlaat Immerhorn	148052	526088	407	2	1	blauw(midden)			28-5-2020	20:30
Den Oever - Detector Spuisluis WMR	132255	550196	Inlaat Stontelerkeersluis	131347	548397	400	4	1	groen(midden)			28-5-2020	19:00
Den Oever - Uitlaat Leemans	131972	549382	Den Oever - Ijsselmeer binnenkant Spuisluis	132018	549625	301	0	4	Blauw			23-4-2020	17:30
Den Oever - Uitlaat Leemans	131972	549382	Den Oever - Ijsselmeer thv vispassage	131944	549340	689	1	1	Groen			12-3-2020	22:30
Den Oever - Uitlaat Leemans	131972	549382	Den Oever - Ijsselmeer thv vispassage	131944	549340	607	6	1	Groen			13-3-2020	14:30
Den Oever - Uitlaat Leemans	131972	549382	Den Oever - Ijsselmeer thv vispassage	131944	549340	759	0	2	Oranje			7-4-2020	21:00
Den Oever - Uitlaat Leemans	131972	549382	Den Oever - Ijsselmeer thv vispassage	131944	549340	611	0	2	Oranje			8-4-2020	18:30
Den Oever - Uitlaat Leemans	131972	549382	Den Oever - Ijsselmeer thv vispassage	131944	549340	950	0	3	Roze			22-4-2020	20:30
Gemaal Lely	135898	532144	Gemaal Lely	135898	532144	0	27	1	rood-blauw			27-5-2020	20:00
Gemaal Lely	135898	532144	Gemaal Lely	135898	532144	0	63	2	Geel - Blauw			10-6-2020	18:30
Stoomgemaal Vier Noorder Koggen - Fuik	136794	530346	Stoomgemaal Vier Noorderkoggen - Ijsselmeerzijde	136820	530359	112	3	2	Rood-groen			21-4-2020	15:45
Stoomgemaal Vier Noorder Koggen - Fuik	136794	530346	Stoomgemaal Vier Noorderkoggen - Ijsselmeerzijde	136820	530359	7	18	3	Geel-groen			11-5-2020	18:30
Gemaal Grootslag - Detector	141438	528916	Gemaal Grootslag - Ijsselmeerzijde	141432	528904	13	0	1	Rood-rood			10-4-2020	14:55
Gemaal Grootslag - Detector	141438	528916	Gemaal Grootslag - Ijsselmeerzijde	141432	528904	132	0	3	Geel-geel			11-5-2020	12:30
Gemaal Grootslag - Detector	141438	528916	Gemaal Grootslag - Ijsselmeerzijde	141432	528904	12	237	4	roze-geel			27-5-2020	12:00
Gemaal Grootslag - Detector	141438	528916	Gemaal Grootslag - Ijsselmeerzijde	141432	528904	3	126	5	Groen-Oranje			10-6-2020	19:00
Gemaal Grootslag - Fuik	141502	528793	Gemaal Grootslag - Ijsselmeerzijde	141432	528904	157	18	2	Roze-groen			21-4-2020	20:45
Gemaal Grootslag - Fuik	141502	528793	Gemaal Grootslag - Ijsselmeerzijde	141432	528904	13	0	3	Geel(staart)-geel(midden)			11-5-2020	12:30
Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Detector	138797	528057	Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Ijsselmeerzijde	138797	528057	0	3	1	Blauw			9-4-2020	12:45
Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Detectoren	138797	528057	Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Ijsselmeerzijde	138797	528057	7	16	2	Blauw-blauw			21-4-2020	15:15
Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Detectoren	138797	528057	Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Ijsselmeerzijde n	138796	528057	10	39	4	roze-rood			22-5-2020	15:45
Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Detectoren	138797	528057	Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Ijsselmeerzijde zi	138817	528039	48	101	3	Roze-blauw			11-5-2020	16:00
Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Detectoren	138797	528057	Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Ijsselmeerzijde zi	138817	528039	25	157	5	blauw-oranje			27-5-2020	17:00
Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Detectoren	138797	528057	Hoofdgemaal Vier Noorder Koggen - Ijsselmeerzijde zi	138817	528039	0	27	6	Oranje-Rood			10-6-2020	18:00

Bijlage 4: Bepaling en inschatting fuikrendementen

Aanleiding

Bij de inlaten Stontelerkeersluis, Stoomgemaal Vier Noorderkoggen en Immerhorn zijn fuiken geplaatst die de inlaat deels afvangen. Om de vangst te kunnen interpreteren voor de gehele doorlaat moet gekeken worden naar welk deel van de doorlaat wordt gevist met de fuik en welke hoeveelheid water er door de fuik gaat ten opzichte van het geheel.

Methode

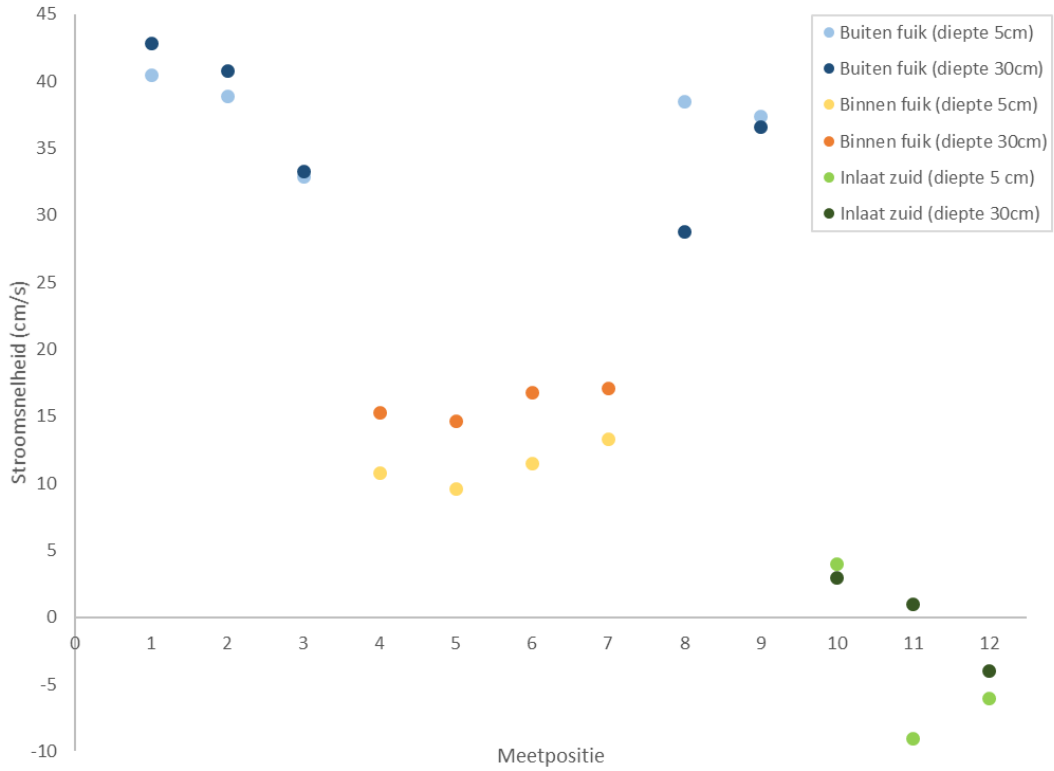
Bij Immerhorn hebben op 11 juni 's avonds stroomsnelheidsmetingen plaatsgevonden (Valeport 801 Electromagnetic) om inzicht te krijgen in stroomsnelheden en debiet binnen en buiten de geplaatste fuik. Dit inzicht wordt ook gebruikt om het fuikrendement bij de Stontelerkeersluis te interpreteren, aangezien het dezelfde fuik betreft. Bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen is een grotere fuik geplaatst, en biedt het inzicht bij Immerhorn handvatten om een onderbouwde inschatting te maken.

Resultaten

In de inlaat Immerhorn is een fuik geplaatst met een venster van 1,7 bij 1,7 meter. Het hok van de fuik was 2,5 meter diep, de totale fuik was 6 meter lang. De dimensionering van de inlaat is 4 meter breed, bij 1,7 meter waterdiepte. De fuik is in het midden geplaatst. Ten tijde van de metingen stond de inlaat op 40%, bij afwezigheid van waterplanten op het kroosrek bedraagt het inlaatdebiet van circa 1,4 m^3/s bij 30% opening (pers. med. Marco Bats, HHNK). De metingen zijn op 12 posities over de volle breedte van de inlaat uitgevoerd (Afbeelding 1), vanwege de hoogte was het mogelijk om op twee waterdieptes te meten 5cm en 30cm. Het resultaat van de metingen is weergegeven in (Afbeelding 2).



Afbeelding 1: Meetposities van stroomsnelheid bij het inlaatwerk Immerhorn, de fuik is gepositioneerd in de noordelijke inlaatbuis. Op deze posities is op twee waterdieptes gemeten, 5 en 30 cm (foto: Jeroen Tummers).



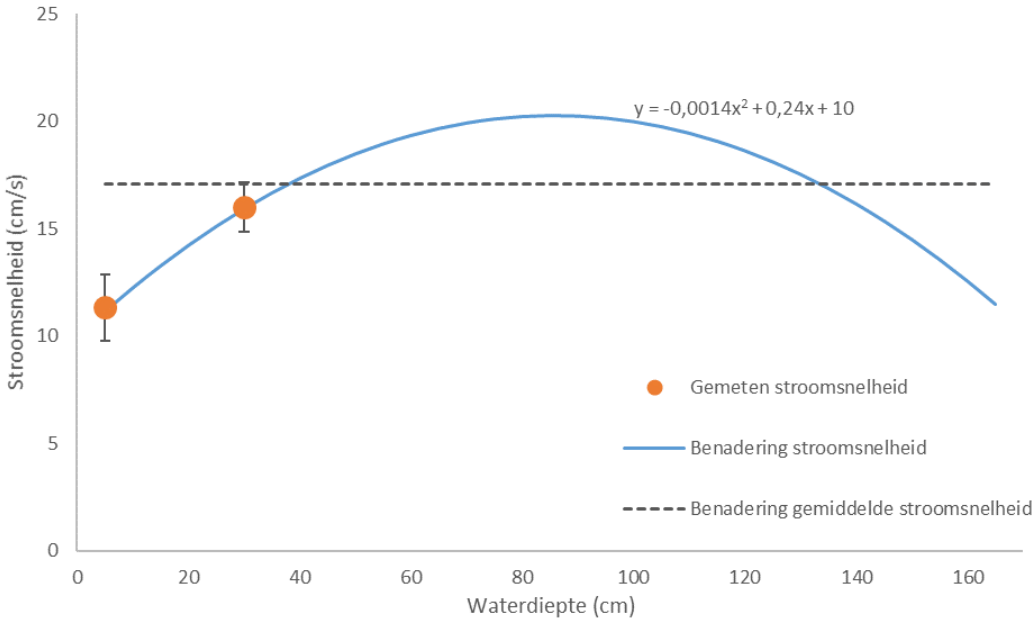
Afbeelding 2: Meetresultaten van stroomsnelheid bij Inlaat Immerhorn op 12 posities op twee waterdieptes.

Interpretatie

De metingen in de zuidelijke inlaatbuis laten waterbeweging zien als gevolg van turbulentie van de noordelijke inlaat, netto is hier geen sprake van een meetbaar ingaand debiet. Dit komt overeen met het opgegeven zeer kleine inlaatdebiet in de orde van 300-400 liter per minuut (pers. med. Marco Bats, HHNK). Dit zou neerkomen op een stroomsnelheid van <0,1 cm/s.

De metingen in de noordelijke buis wijzen op een verschil in stroomsnelheid binnen en buiten de fuik. Buiten de fuik is sprake van een turbulent karakter van de instroom zonder eenduidig patroon. Derhalve wordt de gemiddelde stroomsnelheid hier bepaald op basis van het gemiddelde van de metingen van links en rechts van de fuik; 36,8 cm/s. Dit komt neer op een debiet van 1.438 m^3/s buiten de fuik.

Binnen de fuik zijn de gemeten stroomsnelheden lager als gevolg van weerstand van het netwerk. Als gevolg van deze weerstand lijkt het instromende water een meer laminair karakter te hebben, waarbij in een 'buis' de stroomsnelheid langs de randen lager ligt en toeneemt richting het midden van de waterkolom. Aangezien er slechts op twee dieptes gemeten is, is op basis van een curve een benadering gemaakt voor het volledige verticale doorstroomprofiel (Afbeelding 3). Hiermee is de gemiddelde stroomsnelheid voor de volledige fuik bepaald op 17,1 cm/s. Dit komt neer op een debiet van 0,495 m^3/s door de fuik.



Afbeelding 3: Benadering van gemiddelde stroomsnelheid in de fuik bij Immerhorn op basis van metingen op twee dieptes en een curve die past bij een laminair stromingsprofiel over de verticale doorsnede.

Op basis van het bepaalde debiet in de opstelling en het normale debiet kent de fuik bij Immerhorn de onderstaande specificaties. Gezien de onzekerheid in de gemaakte aannames wordt ingeschat dat de foutmarge bij gebruik van het vangstrendement op kan lopen tot 25%.

Dichtzet met fuik, aandeel van doorsnede	43%
Waterdoorlaat fuikvenster t.o.v. normaal	60%
Vangstrendement	26%

Omdat bij de Stontelerkeersluis gebruik is gemaakt van dezelfde fuik, wordt hier aangenomen dat de doorlaat door het fuikvenster ook 60% bedraagt van het normale debiet. De natte doorsnede van de inlaat bedraagt 18,7 m² ter hoogte van de fuik, het venster van de fuik beslaat 2,89m² ofwel een dichtzet van 15,5% van de doorsnede. Verrekend met een waterdoorlaat van 60% wordt het vangstrendement van de fuik ingeschat op 9,3%. Gezien de onzekerheid in de gemaakte aannames wordt ingeschat dat de foutmarge bij gebruik van dit rendement op kan lopen tot 50%.

Bij de inlaat van het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen is de fuik over de volle dimensie geplaatst van de noordelijke inlaatbuis. Het vangstrendement voor deze buis benadert daarmee 100%. Het venster had een afmeting van 2 bij 1,3 meter, het hok was 7 meter diep en de totale fuiklengte was 10 meter. Het vangstrendement over de gehele inlaat is afhankelijk van het debiet door zowel de noordelijke als de zuidelijke buis, gestuurd door schuifstanden. Bij gelijke schuifstand is het debiet normaliter door beide buizen gelijk. Echter vanwege de weerstand van de fuik, is er in de praktijk een scheve verdeling. De gebruikte fuik was qua omvang groter gedimensioneerd dan de bij Immerhorn gebruikte fuik, die een waterdoorlaat kent van circa 60%. Vanwege de meer dan dubbele hokgrootte wordt verwacht dat de gebruikte fuik een waterdoorlaat geeft in de orde van 70-90%. Het vangstrendement op het totale inlaatwerk ligt dan bij gelijke schuifstanden op 41,2-47,4%.

Bijlage 5: Mortaliteit en getroffen maatregelen

Normaliter ligt de mortaliteit bij onderzoek aan jonge aal zeer laag. Bij merk-terugvangst experimenten ligt de directe mortaliteit als gevolg van de handelingen op basis van onze ervaring lager dan 1%. In dit onderzoek heeft op een aantal momenten hogere mortaliteit plaatsgevonden dan vooraf werd verwacht. Wij vinden het belangrijk deze mortaliteit en getroffen maatregelen hier te evalueren, zodat deze kennis bovenmatige sterfte in toekomstig onderzoek kan voorkomen.

Sterfte in fuiken
Door de constante instroom hoopten vuil en traag zwemmende organismen op achter in de fuiken van Gemaal Grootslag en Stoomgemaal Vier Noorderkoggen. Vanaf eind april spoelden er grote hoeveelheden aasgarnaal en vlokreeft in. Doordat glasaal zich ook in deze ophoping ging ophouden heeft in sterfte plaatsgevonden van vier glasalen bij Grootslag en 23 bij het Stoomgemaal. De oorzaak is waarschijnlijk een combinatie van zuurstofgebrek en verhoging van de watertemperatuur tijdens de eerste warme dagen. Na constatering van de eerste sterfte zijn op 24 april de fuiken voorzien van een opgerold stuk Enkamat (uitgerold ca. 100x50cm), waarin glasaal kon rusten en schuilen. Bij lichting bleek glasaal hier ook gebruik van te maken. In combinatie met ’s ochtends lichten op warme dagen, heeft hierna geen sterfte meer plaatsgevonden.

Sterfte in opslag
In Den Oever is gebruik gemaakt van een opslagvat van 50 liter met via vensters uitwisseling met het buitenwater (Afbeelding 1). Beoogd werd hier ca. 1300 glasalen maximaal 24 uur in te bewaren. Op 6 april was de vangst ’s avonds onderschat, en bleek uit 3700 glasalen te bestaan (een biomassa van >1kg). De volgende dag was er sprake van sterfte van circa 100 glasalen. Geobserveerd werd dat glasaal bij hoge aantallen het gedrag heeft allemaal in dezelfde hoek te blijven zwemmen. In dit geval was er waarschijnlijk sprake van een te hoge biomassa, een te hoge activiteit, in een te beperkt volume, hetgeen leidt tot zuurstofgebrek (Afbeelding 2). Dit is ook voorgekomen in een opslagkoker (Afbeelding 3) bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen waarin 53 pootalen waren opgeslagen, die bij een volgende lichting op 8 mei allen dood bleken. Hierna zijn deze opslagkokers niet meer gebruikt voor pootaal, omdat deze een te hoge biomassa hebben. In het vervolg is het belangrijk de aantallen beter af te meten op het volume en kan het aanbrengen van rustsubstraat (zoals Enkamat) bijdragen aan het voorkomen van mortaliteit.



Afbeelding 1: 50 liter vaten van RAVON voor opslag van glasaal in het buitenwater (foto: Sabien den Hamer).



Afbeelding 2: Voorbeeld van clustering van glasaal in een opslagvolume, hier zwemmen in een stilstaande bak vrijwel alle van de ca. 700 glasalen in dezelfde hoek en blijven actief zwemmen (foto: Martijn Schiphouwer).



Afbeelding 3: Opslagkoker van Visserijservice zoals toegepast in de detectoren (foto: Martijn Schiphouwer).

Op woensdag 20 mei zijn op ons verzoek circa 1000 glasalen afkomstig van detectoren uit onderzoek van WMR achtergehouden om binnen dit onderzoek te merken ten behoeve van Inlaat Immerhorn en de Stontelerkeersluis. Deze glasaal is over drie opslagkokers verdeeld en in de bun van een aluminium boot geplaatst in de haven van Den Oever. De bun stond in contact met het zeewater. De volgende dag bleek 95% mortaliteit te zijn opgetreden. Waarschijnlijk door het zonnige weer en de sterke temperatuurstijging is het water in de bun te warm geworden voor overleving van glasaal. Op 25 mei opnieuw een batch van ruim 800 glasalen overgedragen. Deze is direct overgebracht en opgeslagen in gekoelde bassins met beluchting. Onder deze batch vond geen sterfte plaats.

Samenvatting van maatregelen:

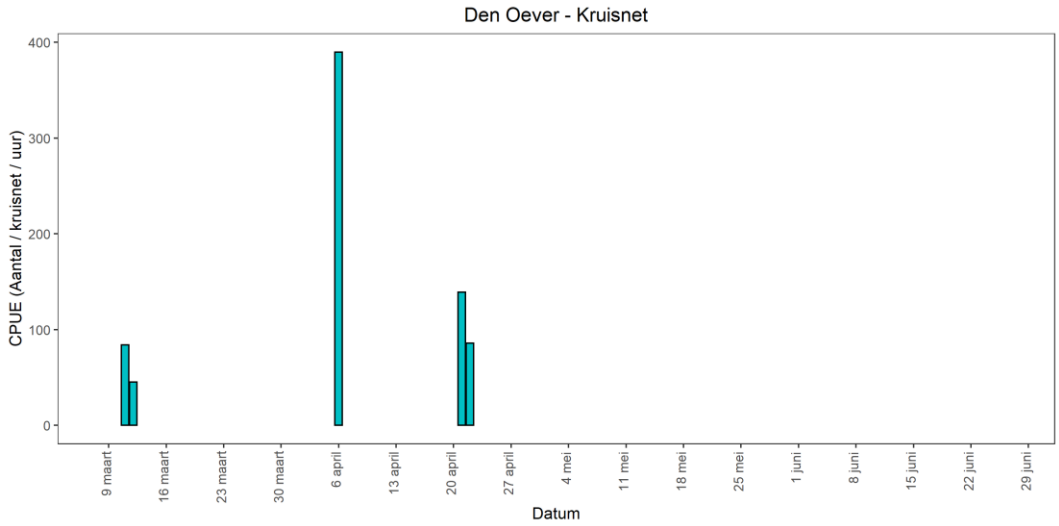
- Vermijd waar mogelijk opslag van (glas)aal. Zorg bij opslag van aal voor een voldoende groot volume in ieder geval <1kg per 50 liter en minder bij langere opslag (>12u).
- Zorg voor rustsubstraat in vangtuigen en opslagvolumes, de activiteit blijft anders te hoog en alen hopen op doordat ze in één richting spoelen of zwemmen.
- Voorkom sterke temperatuurschommelingen en hoge temperaturen in opslag en vangtuigen (o.a. 's ochtends legen, geen opslag tijdens warme dagen)
- Waarborg voldoende doorstroom en/of beluchting van het volume, zorg dat deze stroming niet te hard is en combineer met rustsubstraat.

Bijlage 6: Aalvangsten per locatie

In deze bijlage worden de aalvangsten per locatie door de tijd heen behandeld. Om te corrigeren voor verschillen in vangstinspanning is hierbij gebruik gemaakt van de zogenaamde 'catch per unit effort', afgekort CPUE (vangst per eenheid inspanning). De gehanteerde eenheden voor inspanning kunnen per vangstmethode verschillen.

6.1 Leemans

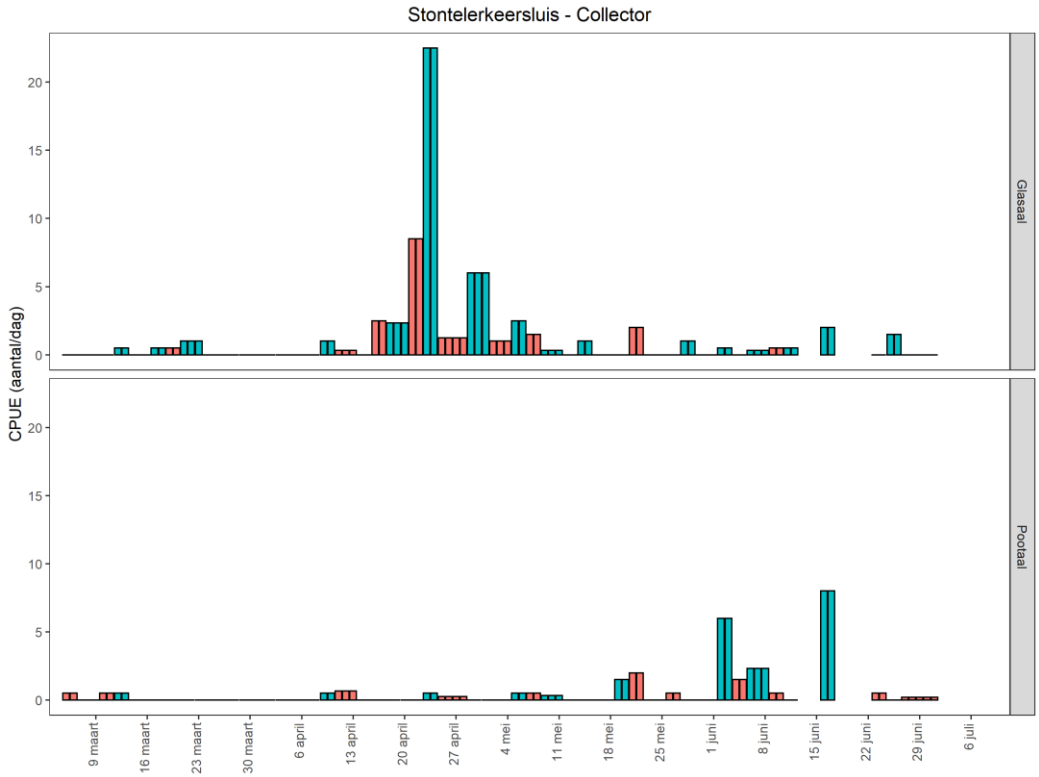
Hoewel Gemaal Leemans niet behoort tot de selectie uit dit onderzoek, is op deze locatie wel gevist om in Den Oever glasaal van VIE-tags te kunnen voorzien. Hiermee is onbedoeld ook inzicht verkregen in hoeveelheden glasaal die zich voor de uitlaat van Gemaal Leemans / RWZI Wieringen bevinden. Hierbij zijn ook andere soorten bijgevangen (Bijlage 7). Met betrekking tot glasaal bleek het in 2020 om hoge aantallen te gaan, net als in eerdere onderzoeken van o.a. Foekema et al. (2014) en Kroon & van Wijk (2012).



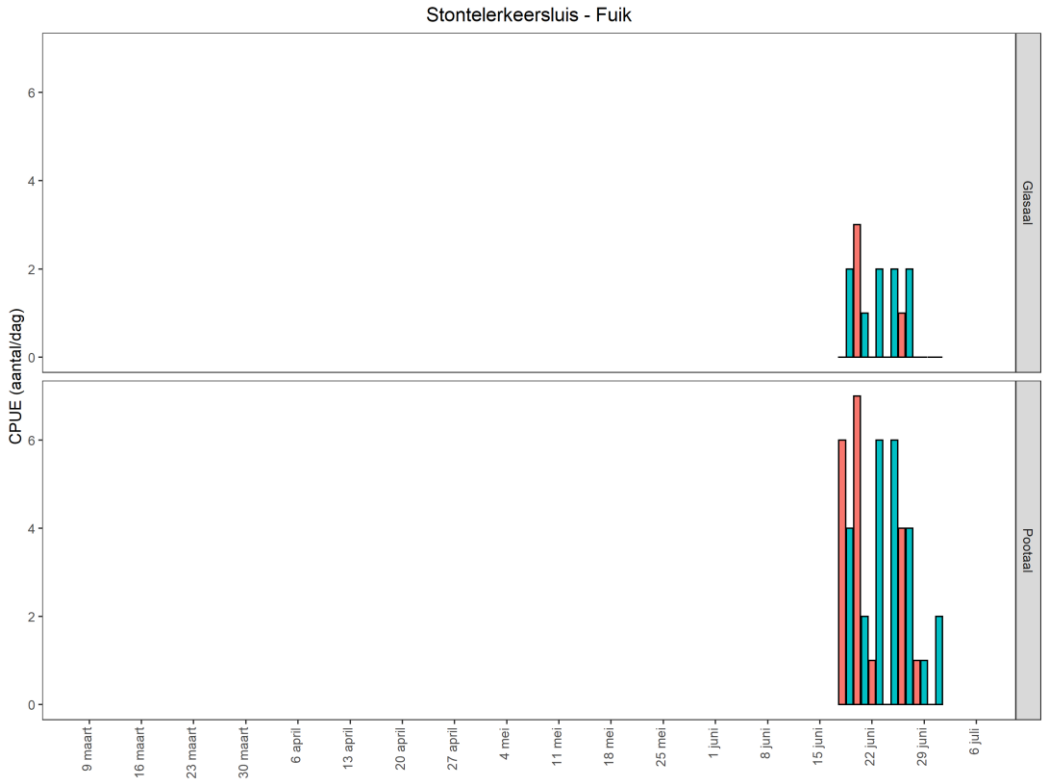
Afbeelding 6.1: Kruisnetvangst tijdens vijf avonden bij de uitlaat van Leemans/RWZI Wieringen. Vangst is uitgezet per uur per 1x1m kruisnet, gemiddeld zijn per net 10-15 trekken per uur verricht, er is geen standaard aantal trekken verricht.

6.2 Stontelerkeersluis

Bij de Stontelerkeersluis is het hele seizoen gevist met een glasaalcollector en later in het seizoen met een opvangfuik. De vangsten van jonge aal zijn weergegeven in Afbeelding 6.2 & 6.3, overige vangsten zijn te vinden in Bijlage 7. Gedurende de periode dat zowel collector als de fuik zijn ingezet heeft helaas twee keer storing plaatsgevonden bij de collector.



Afbeelding 6.2: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de collector bij de Stontelerkeersluis. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.

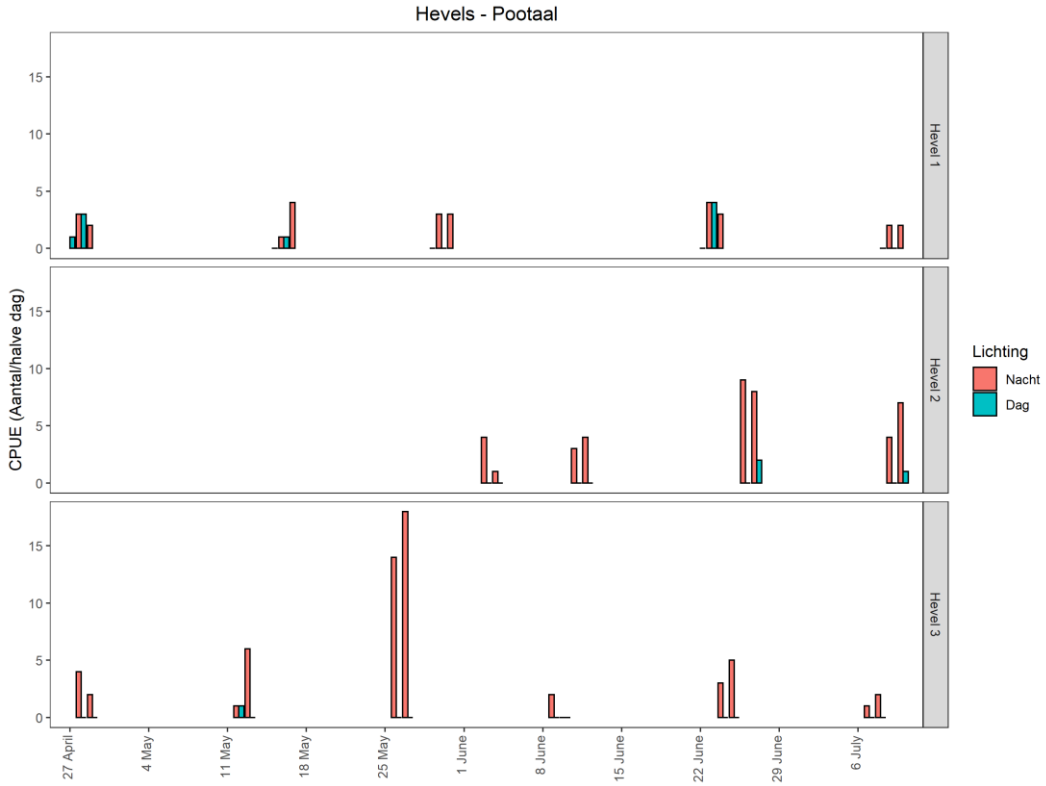


Afbeelding: 6.3 Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de opvangfuik bij de Stontelerkeersluis. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen

inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.

6.3 Hevels

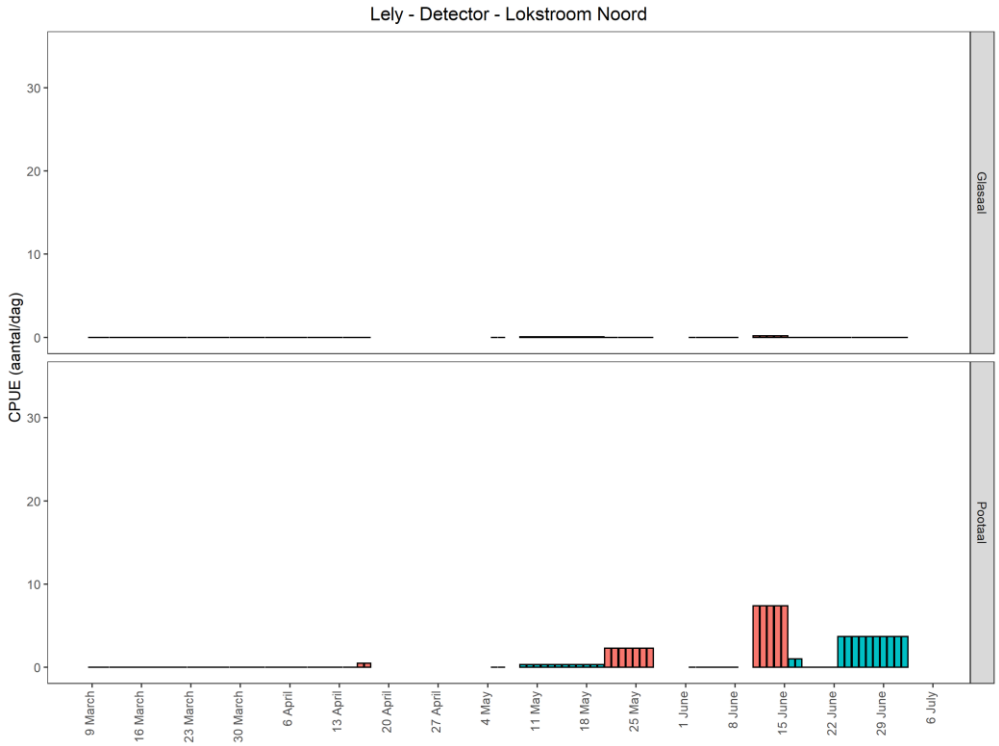
Bij drie van de in totaal 54 hevels richting de Wieringermeer is gedurende de onderzoeksperiode op meerdere momenten gevist met een opvangfuik. Achter de hevels is uitsluitend pootaal (138) en rode aal (11) gevangen, de pootaal is weergegeven in Afbeelding 6.4, overige vangsten zijn te vinden in Bijlage 7. Aal migreerde hoofdzakelijk 's nachts met 136 van de 149 alen, ofwel circa 90%.



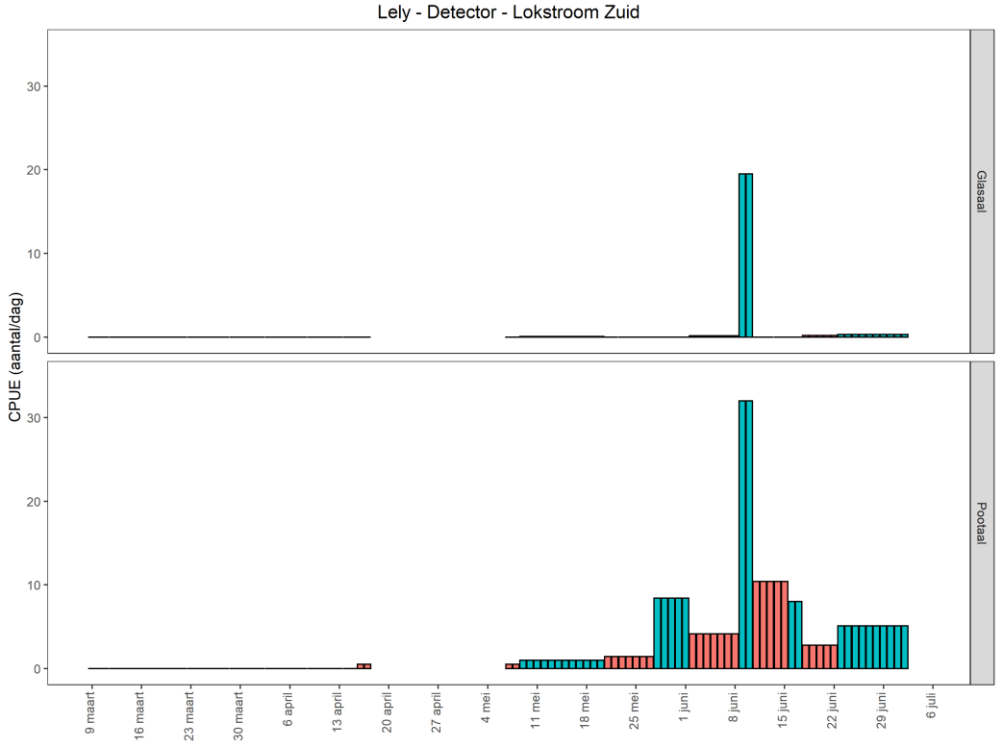
Afbeelding 6.4: Gemiddelde vangst per halve dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van pootaal met de opvangfuik bij de drie hevels. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan.

6.4 Gemaal Lely

Bij Gemaal Lely is een dubbele detector ingezet om vanuit twee peilvakken water te gebruiken als lokstroom. De detectoren zijn niet onafgebroken ingezet vanwege stormschade. Met beide detectoren is glasaal en pootaal gevangen (afbeelding 6.5 en 6.6).



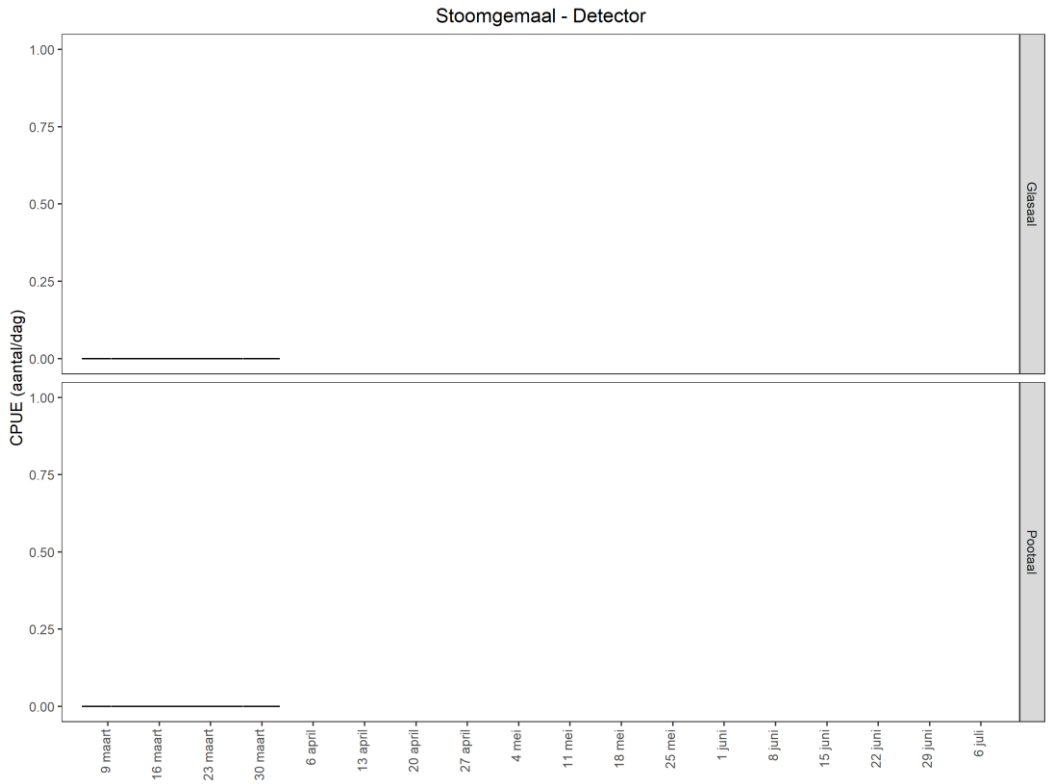
Afbeelding 6.5: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de detector op de noordelijke lokstroom bij gemaal Lely. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.



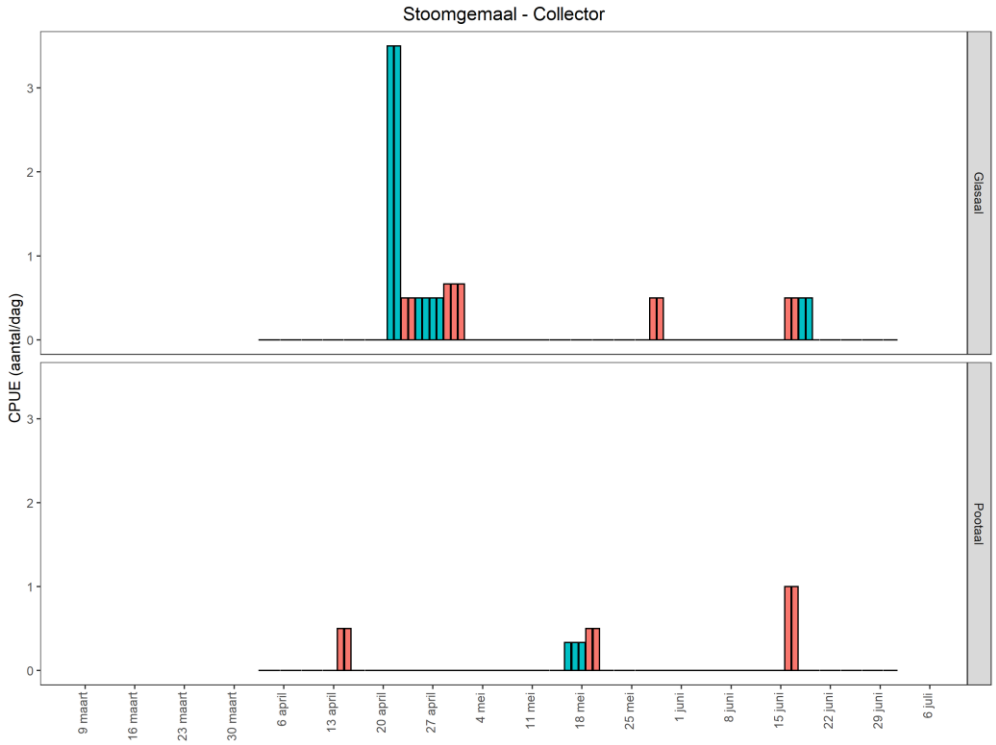
Afbeelding 6.6: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de detector op de zuidelijke lokstroom bij gemaal Lely. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.

6.5 Stoomgemaal Vier Noorderkoggen

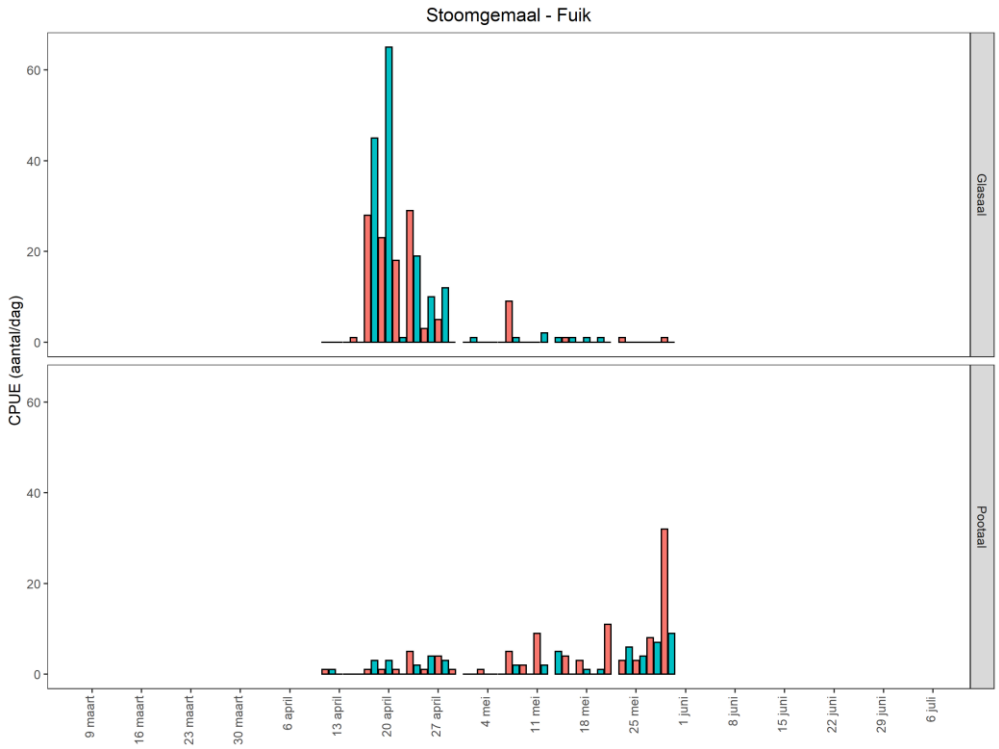
Bij het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen is aan het begin van het seizoen gevist met een detector, daarna met een collector (i.v.m. ingaan inlaatseizoen omstreeks begin april) en vrijwel het grootste deel van het seizoen met een opvangfuik. De fuik raakte bij een afvoerpiek op 30 mei onherstelbaar beschadigd en is niet meer ingezet. De vangsten van jonge aal zijn weergegeven in Afbeelding 6.7, 6.8 en 6.9, overige vangsten zijn te vinden in Bijlage 7.



Afbeelding 6.7: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de detector bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan.



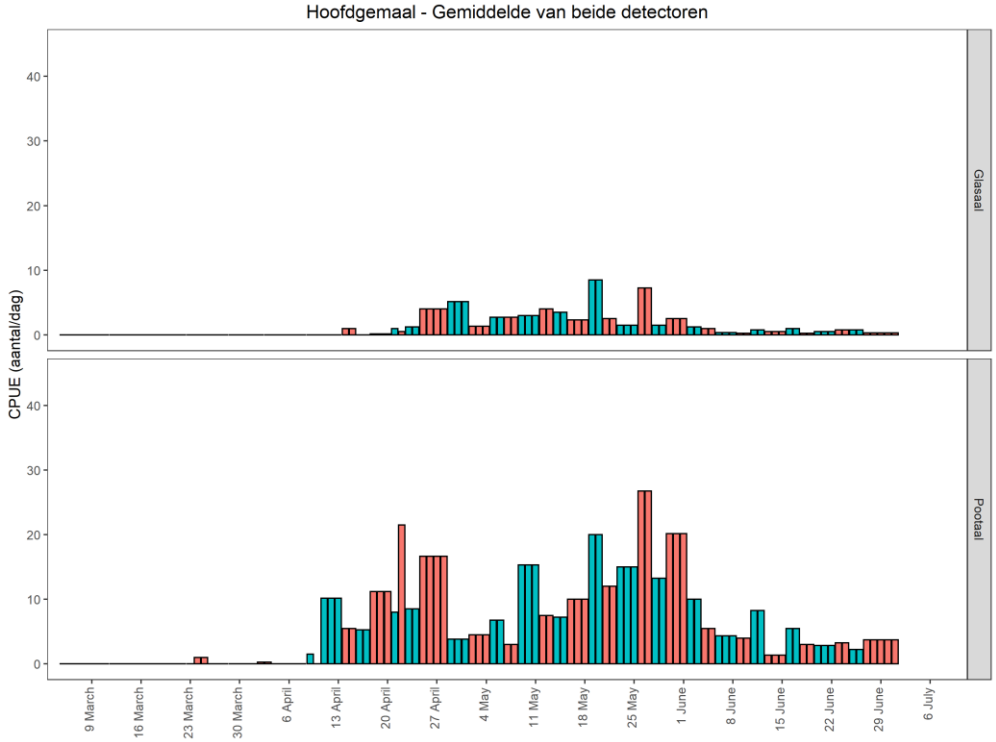
Afbeelding 6.8: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de collector bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.



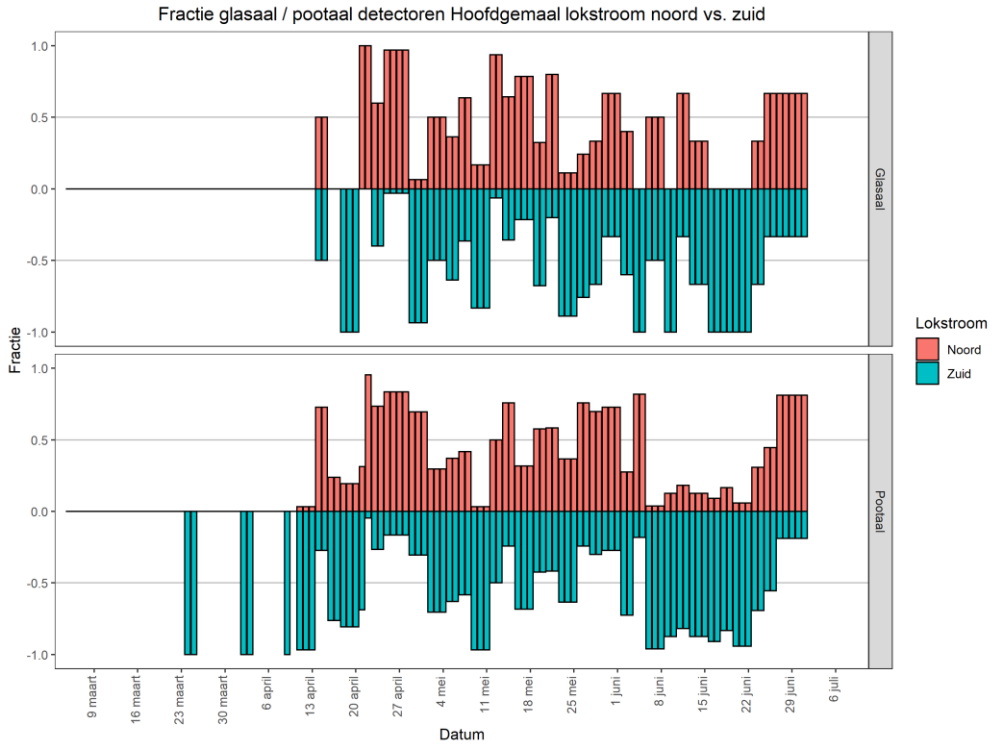
Afbeelding 6.9: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de opvangfuik bij Stoomgemaal Vier Noorderkoggen. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.

6.6 Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen

Bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen zijn twee detectoren ingezet om vanuit twee peilvakken water te gebruiken als lokstroom. De detectoren zijn vrijwel onafgebroken ingezet, waarbij de aanvoerslang steeds is gewisseld om locatievoorkeur in de vangst uit te sluiten. De aantallen glasaal en pootaal die met de detector gevangen zijn, staan weergegeven in Afbeelding 6.10. De voorkeurskant voor glasaal en pootaal met betrekking tot de lokstromen is weergegeven in Afbeelding 6.11, er bleek bij verwerking van deze data veel onduidelijkheid over het toewijzen van vangsten aan één van beide peilvakken. De juistheid van uitwerking is daarom erg onzeker.



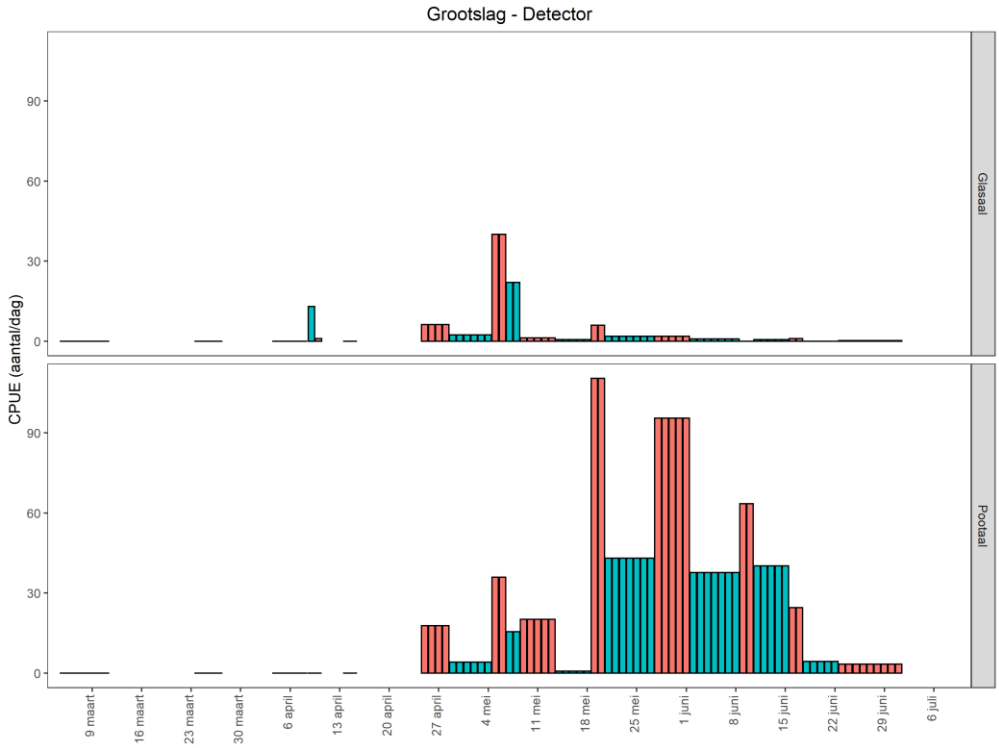
Afbeelding 6.10: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met twee detectoren bij Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.



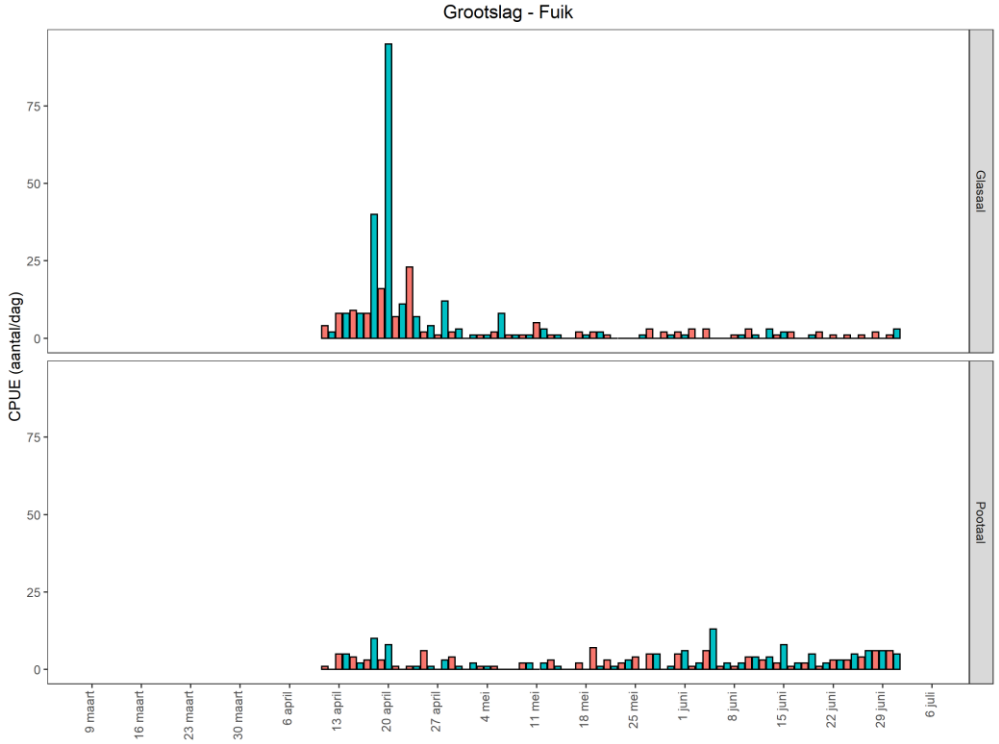
Afbeelding 6.11: Fractie van de vangst die in twee detectoren van Hoofdgemaal Vier Noorderkoggen op de noordelijke of zuidelijke lokstroom is geboekt. Waarden boven de 0,5 geven voor betreffende lichting voorkeur aan voor één bepaalde kant. We hebben twijfel bij de juistheid van registratie van slangen, waardoor deze resultaten niet betrouwbaar worden geacht.

6.7 Gemaal Grootslag

Bij Gemaal Grootslag is een detector voor het gemaal en een fuik achter de vispassage ingezet. De detector heeft in het begin van het onderzoek vaak niet kunnen vissen vanwege stormschade, de fuik is vrijwel onafgebroken ingezet. De aantallen glasaal en pootaal die met de detector en de fuik gevangen zijn, staan weergegeven in Afbeelding 6.12 en 6.13, overige vangsten staan in Bijlage 7.



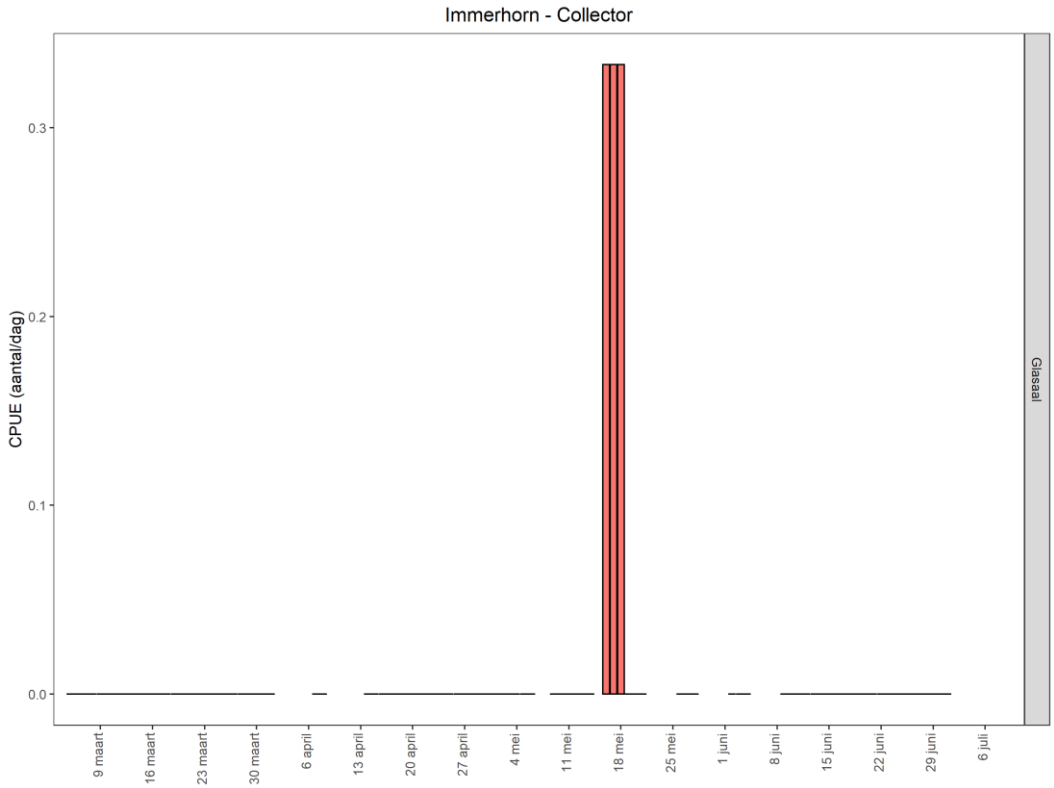
Afbeelding 6.12: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de detector bij gemaal Grootslag. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.



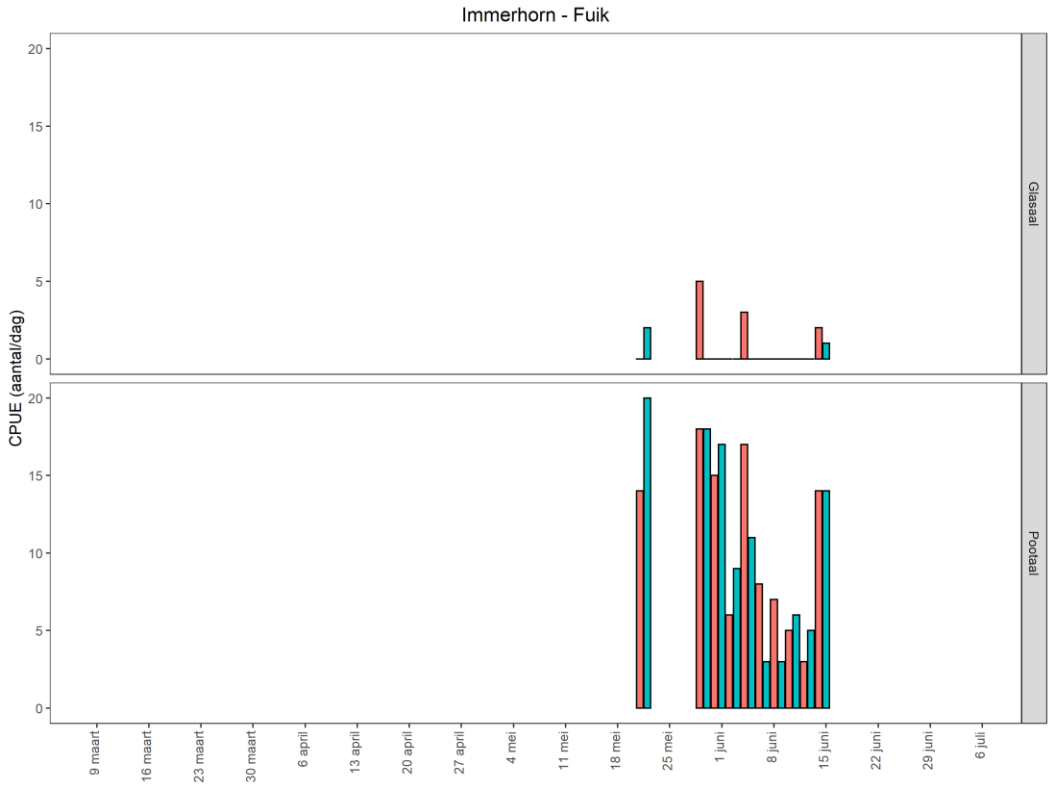
Afbeelding 6.13: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de opvangfuik bij Gemaal Grootslag. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen zijn gebruikt om afzonderlijke lichtingen van elkaar te onderscheiden.

6.8 Inlaat Immerhorn

Bij de Inlaat Immerhorn is het hele seizoen gevist met een glasaalcollector en later in het seizoen met een opvangfuik. Met de collector werd vrijwel geen vangst geboekt (één glasaal), waardoor besloten is tot aanvullende inzet van een fuik. De vangsten van jonge aal zijn weergegeven in Afbeelding 6.14 en 6.15, overige vangsten zijn te vinden in Bijlage 7. Gedurende de periode dat zowel collector als de fuik zijn ingezet heeft meermaals storing plaatsgevonden bij de collector. De fuik was door vandalisme beschadigd, maar is hersteld en voorzien van camerabewaking, waarna onafgebroken inzet heeft plaatsgevonden tot 15 juni.



Afbeelding 6.14: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de collector bij Inlaat Immerhorn. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen geven verschillende momenten van lichting weer.



Afbeelding 6.15: Gemiddelde vangst per dag tot de eerstvolgende lichting (CPUE) van glasaal en pootaal met de opvangfuik bij Inlaat Immerhorn. Een doorgetrokken lijn geeft correcte inzet met nulvangsten aan, onderbreking van de lijn geeft storing/geen inzet aan, kleurverschillen geven verschillende momenten van lichting weer.

Bijlage 7: Totaaloverzicht vangsten

Tabel 1: Totaaloverzicht van de vangsten per vangtuig per locatie, waarbij het aantal dagen dat gevist is met het betreffende vangtuig is genoemd om een indicatie te geven van de onderlinge verschillen in vangstinspanning.

Soort	Leemans kruisnet (49 uur)	Stontelerkeersluis collector (112 dagen)	Stontelerkeersluis fuik (14 dagen)	Hevel 1 fuik (12 dagen)	Hevel 2 fuik (8 dagen)	Hevel 3 fuik (10 dagen)	Lely detectoren (187 dagen)	Stoomgemaal collector (90 dagen)	Stoomgemaal detector (27 dagen)	Stoomgemaal fuik (47 dagen)	Hoofdgemaal detectoren (240 dagen)	Grootslag detector (89 dagen)	Grootslag fuik (82 dagen)	Immerhorn collector (95 dagen)	Immerhorn fuik (20 dagen)	Totaal
Aal - glasaal	7371	137	13				49	15		279	306	233	347	1	13	8764
Aal - pootaal	11	60	44	59	43	36	389	5		149	1459	1998	232		213	4698
Aal - rode aal						11				10			6		2	29
Alver	5									93			1		3	102
Baars		3	21	5						935			1		740	1705
Bittervoorn										13			5		7	25
Blankvoorn	30					5				817			202		45	1099
Bot	1		3							3						7
Brakwatergrondel	70															70
Brasem	6									93			19		28	146
Driedoornige stekelbaars	700	25	224			7		6		226			212	8	119	1527
Giebel										6					3	9
Grondel spec.		15	4261	32	11											4319
Kleine modderkruiper			10					1		72			4		17	104
Kolblei	1					1				93			17		31	143
Lozano's grondel	2															2
Marmergrondel	2	13								4						19
Pontische stroomgrondel														10		10
Pos			70			2				480					148	700
Puitaal	2															2
Rietvoorn	13															13
Rivierprik										1						1
Roofblei	2									13			10			25
Snoek													5		2	7
Snoekbaars			20							3						23
Spiering			27													27
Spiering	1															1
Tiendoornige stekelbaars	40															40
Vetje										117			351		40	508
Winde	3									7			2		21	33
Zwartbekgrondel	1	19		35		112		2		594			117	8	419	1307

Bijlage 8: Rekenstappen benadering intrek via inlaatpunten

8.1 Stontelerkeersluis

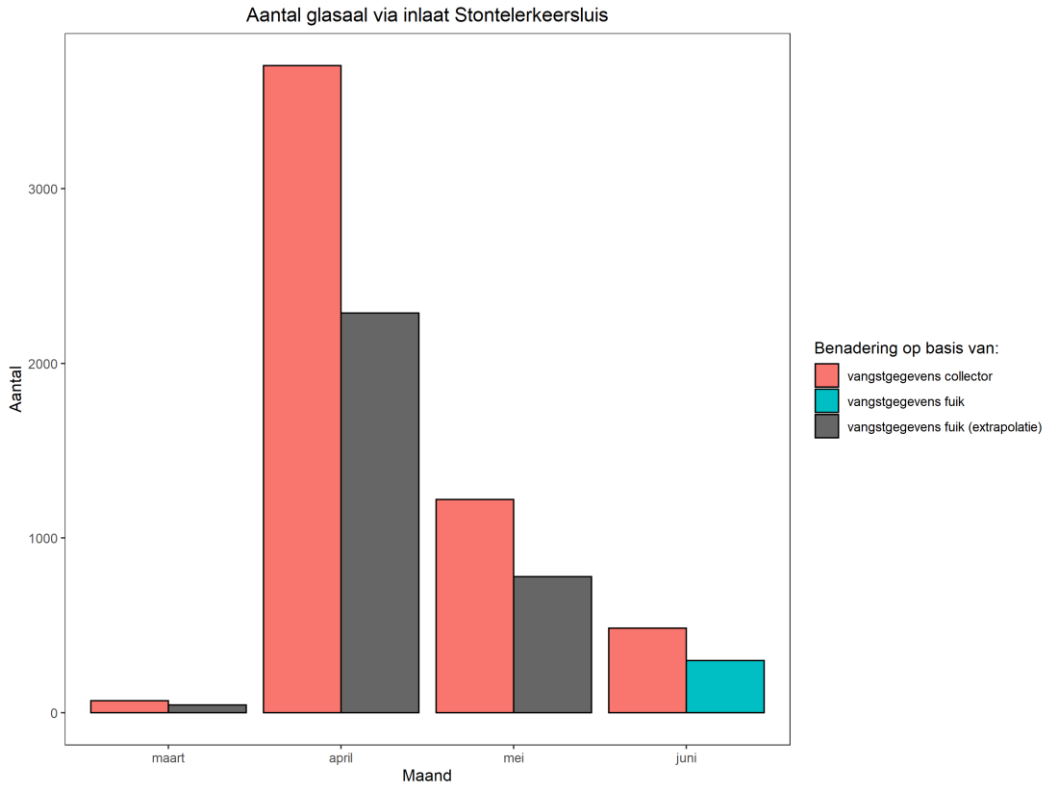
Op basis van fuik

1. Het totaal aantal glas- en pootaal in juni in de fuik is geëxtrapoleerd op basis van de daggemiddelden in de periode dat daadwerkelijk gevist is met fuik (14 dagen in de periode 18 juni – 1 juli).
2. Het totaal aantal glas- en pootaal in juni in de collector is geïnterpoleerd op basis van de daggemiddelden in de periode dat daadwerkelijk gevist is met de collector (22 dagen in de periodes 1 – 12 juni, 16 – 17 juni en 23 – 30 juni).
3. Het percentage van de totale vangst dat in juni in de fuik zat is berekend op basis van het percentage van de totale vangst met de collector in die periode.
4. Op basis van dit aantal en percentage is benaderd wat de totale vangst gedurende het hele seizoen (maart – juni) zou zijn geweest met de fuik.
5. Van de collector is per maand het percentage van de totale vangst bepaald.
6. Op basis van de uitkomsten van stap 4 en 5 is het aantal glas- en pootaal per maand benaderd over het hele seizoen dat binnenkomt via de inlaat.
7. Deze aantallen zijn gecorrigeerd voor het rendement van de fuik (9.3%; zie Bijlage 4).
8. Het volume dat per maand is ingelaten over het hele seizoen bij de Stontelerkeersluis is berekend, waarbij onderscheid is gemaakt tussen het dag- en het nachtdebiet.
9. Uit de vangsten bij de hevels bleek dat circa 90% van de aal hier 's nachts naar binnen kwam en circa 10% overdag. Op basis hiervan zijn de debieten per dagdeel gecorrigeerd voor dit onderlinge verschil in relevantie.
10. De aantallen uit stap 7 zijn ten slotte gecorrigeerd voor het verschil in het inlaatdebiet tussen de betreffende maand en de maand waarin daadwerkelijk gevist is met zowel de fuik als de collector (juni).

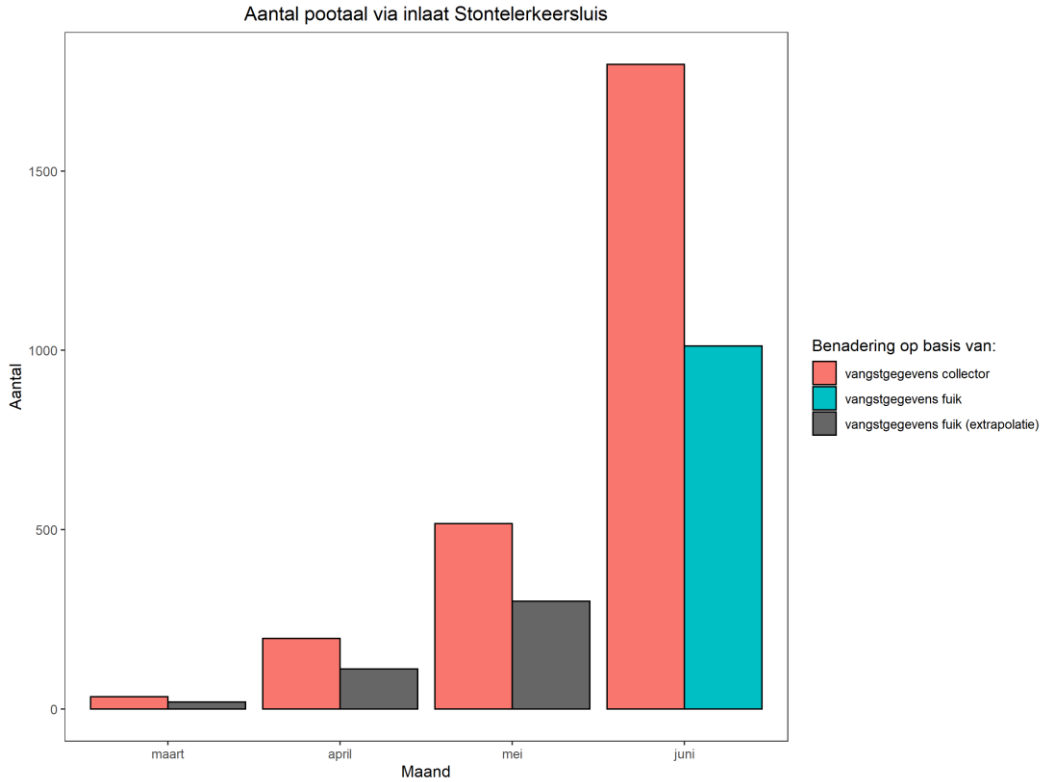
Op basis van collector

1. Per maand is het aantal glas-en pootaal per kubieke meter berekend dat gevangen is met de collector.
2. Deze aantallen zijn vermenigvuldigd met de maandelijkse debieten via de inlaat (gecorrigeerd voor het onderlinge verschil in relevantie tussen het dag- en nachtdebiet).

De resultaten van de berekening van de intrek op de bovenstaande twee manieren is weergegeven in Afbeelding 8.1 en 8.2.



Afbeelding 8.1: Benadering van het aantal glasalen dat per maand binnentrekt via de Stontelerkeersluis op basis van collector- en fuikvangsten.



Afbeelding 8.2: Benadering van het aantal pootalen dat per maand binnentrekt via de Stontelerkeersluis op basis van collector- en fuikvangsten.

8.2 Stoomgemaal Vier Noorderkoggen

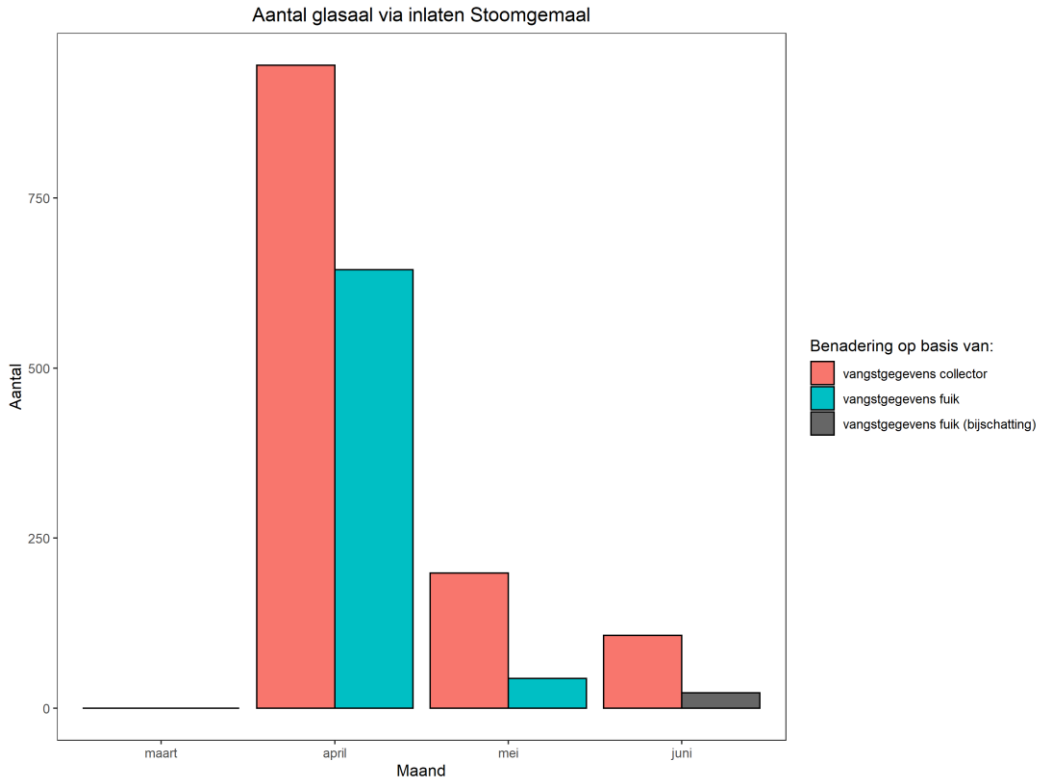
Op basis van fuik

1. Dagen waarop niet gevist is met de fuik vanwege het schoonmaken van daarvan (30 april, 13 mei en 22 mei) zijn geïnterpoleerd op basis van het gemiddelde van de dag ervoor en erna.
2. Vanwege het feit dat nagenoeg geen vangsten werden geboekt in de eerste week waarin met de fuik werd gevist (11 – 16 april) en helemaal geen vangsten werden geboekt met de collector in en voorafgaand aan deze periode (3 – 16 april), is de aanname gedaan dat voorafgaand aan de periode waarin met de fuik is gevist (1 maart – 10 april) geen glas- en pootaal via de inlaat naar binnen is gekomen.
3. De aantallen in de periode nadat met de fuik is gevist (31 mei – 30 juni) zijn bijgeschat op basis van het daggemiddelde in de laatste twee weken waarin met de fuik is gevist (17 – 30 mei). Dit maandverloop wordt ondersteund door o.a. fuikvangst bij Grootslag en collectorvangst bij Stontelerkeersluis.
4. Om het aantal glas- en pootaal dat tegelijkertijd via de inlaat zonder fuik naar binnen komt te benaderen is uitgegaan van een waterdoorlaat via de inlaat met de fuik van 80% t.o.v. de waterdoorlaat via de inlaat zonder fuik als gevolg van opstuwing (zie Bijlage 4). Hierdoor zijn de aantallen via de inlaat zonder vispassage in eerste instantie ingeschat op een factor 1.25 hoger dan de aantallen via de inlaat met vispassage.
5. De situatie in de hierboven beschreven stap geldt echter alleen als de schuifstanden van beide inlaten gelijk zijn. Aangezien deze in de praktijk regelmatig van elkaar verschillen is hiervoor ook nog een correctiefactor toegepast. Hierbij is gebruik gemaakt van de gemiddelde verhouding tussen de twee schuifstanden op dagbasis.
6. Voor de dagen waarop helemaal geen water is ingelaten zijn de ingeschatte aantallen ten slotte teruggebracht naar 0. Ook als de vispassage wel in werking is geweest. Dit laatste omdat de efficiëntie van de vispassage minimaal lijkt te zijn voor glas- en pootaal (zie Paragraaf 4.6.2).

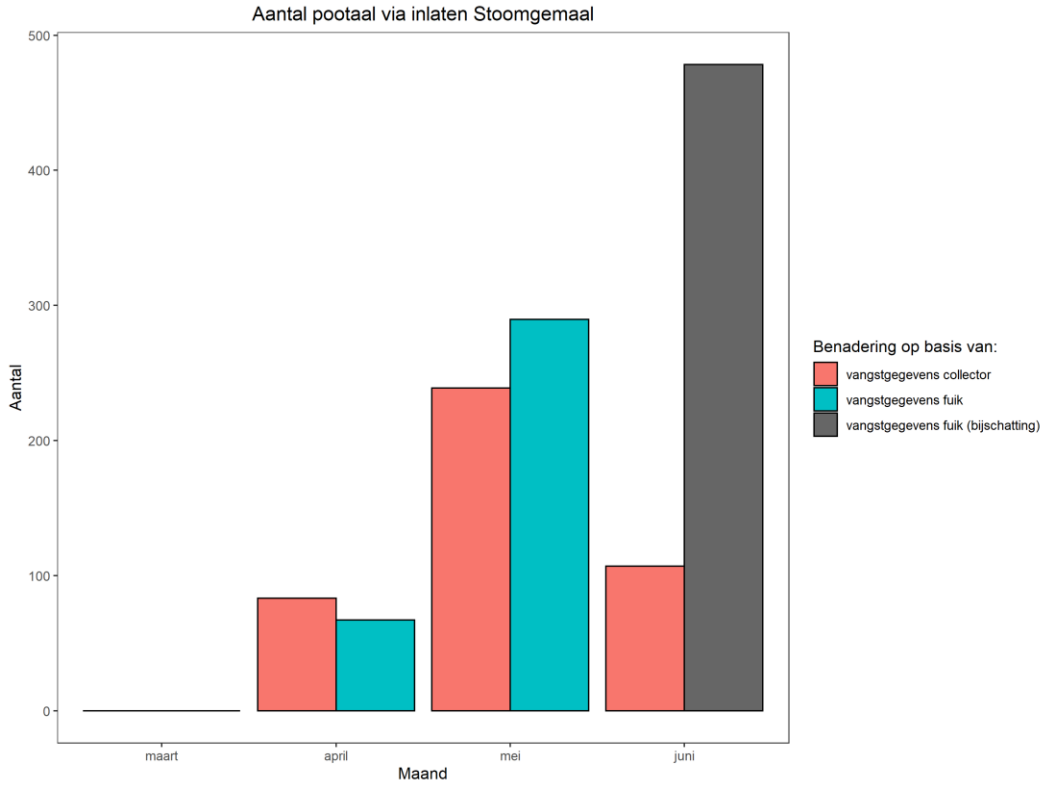
Op basis van collector

1. Per maand is het aantal glas-en pootaal per kubieke meter berekend dat gevangen is met de collector.
2. Deze aantallen zijn vermenigvuldigd met de maandelijkse debieten via de inlaat (exclusief de vispassage cyclussen).

De resultaten van de berekening van de intrek op de bovenstaande twee manieren is weergegeven in Afbeelding 8.3 en 8.4.



Afbeelding 8.3: Benadering van het aantal glasalen dat per maand binnentrekt via de inlaat van het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen op basis van collector- en fuikvangsten.

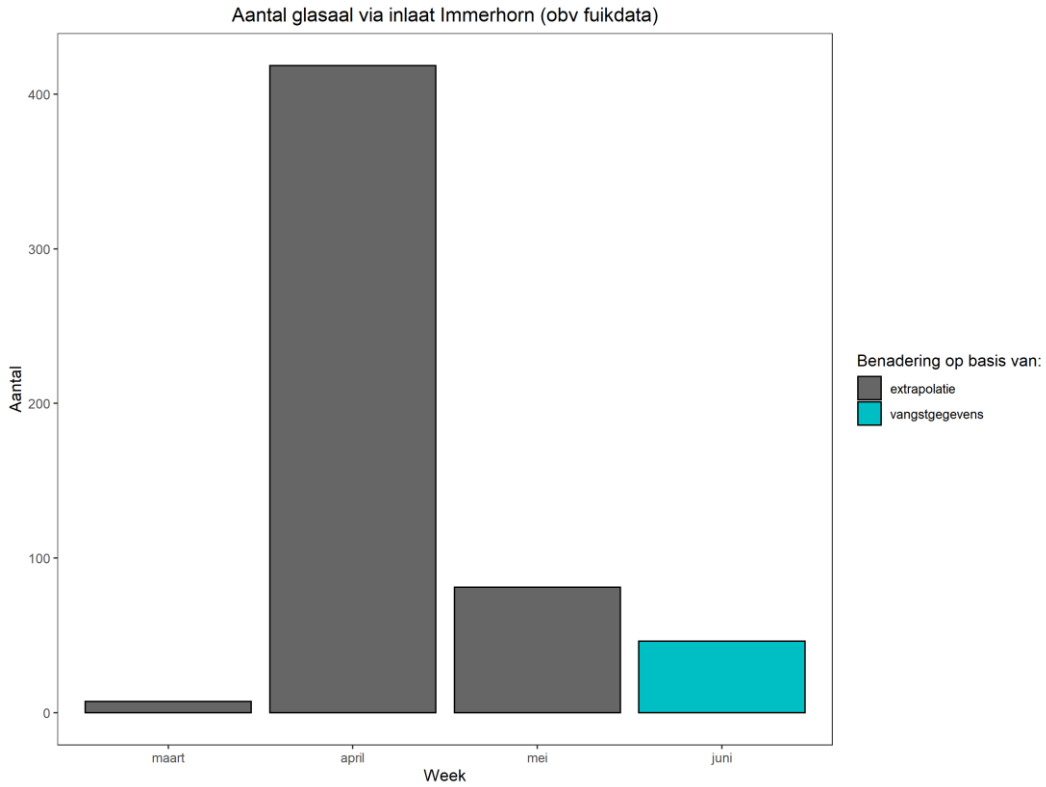


Afbeelding 8.4: Benadering van het aantal pootalen dat per maand binnentrekt via de inlaat van het Stoomgemaal Vier Noorderkoggen op basis van collector- en fuikvangsten.

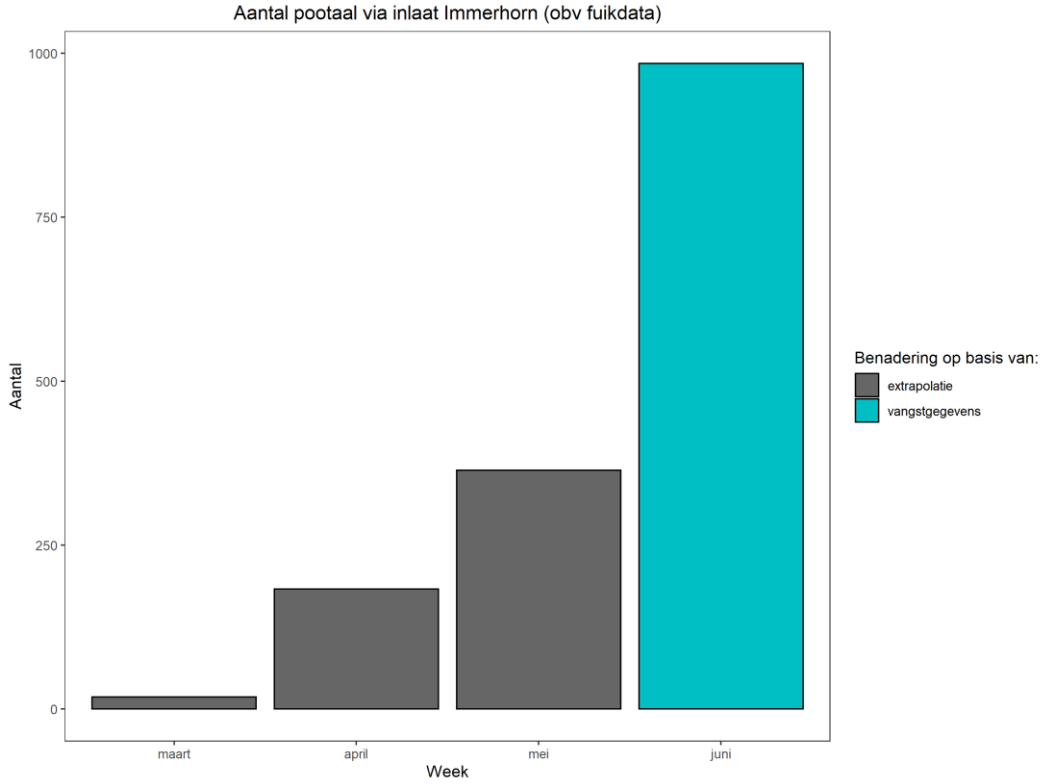
8.3 Immerhorn

1. Bij de berekening van de intrek via inlaat Immerhorn is onder andere gebruik gemaakt van de maandpercentages via de vispassage bij gemaal Grootslag. Om tot deze maandpercentages te komen zijn enkele extrapolatiestappen uitgevoerd op de vangstgegevens van de fuik achter de vispassage. Zo werd in week 15 (6 – 12 april) slechts 2 dagen met de fuik gevist (11 en 12 april). De rest van deze week is geëxtrapoleerd op basis van het daggemiddelde over de twee dagen waarop wel gevist is. Daarnaast is de aanname gedaan dat de vangst in de hieraan voorafgaande periode (1 maart – 5 april) per week circa 1% van het seizoentotaal bedraagt.
2. Naast de maandpercentages via de vispassage bij gemaal Grootslag is bij de berekening van de intrek via inlaat Immerhorn ook gebruik gemaakt van de maandpercentages via de inlaat bij het stoomgemaal. Om te corrigeren voor de maandelijkse verschillen in het inlaatdebiet is bij het berekenen van deze percentages gebruik gemaakt van de aantallen glas- en pootaal per kubieke meter.
3. Het totaal aantal glas- en pootaal in juni in de fuik bij inlaat Immerhorn is geëxtrapoleerd op basis van de daggemiddelden in de periode dat daadwerkelijk gevist is met fuik (15 dagen in de periode 1 juni – 15 juni).
4. Het percentage van de totale vangst dat in juni in de fuik zat is berekend op basis van het gemiddelde percentage van de totale vangsten met de fuiken bij gemaal Grootslag en inlaat Stoomgemaal in die periode (zie stap 1 en 2).
5. Op basis van dit aantal en percentage is benaderd wat de totale vangst gedurende het hele seizoen (maart – juni) zou zijn geweest met de fuik bij inlaat Immerhorn.
6. Op basis van het de gemiddeld maandpercentages van stap 1 en 2, in combinatie met het totale aantal van stap 5, is het aantal glas- en pootaal per maand benaderd over het hele seizoen dat binnenkomt via de inlaat.
7. Deze aantallen zijn gecorrigeerd voor het rendement van de fuik (26%; zie Bijlage 4).
8. Het volume dat per maand is ingelaten over het hele seizoen via de inlaatbuis waarachter zich de fuik bevond bij Immerhorn is berekend, waarbij onderscheid is gemaakt tussen het dag- en het nachtdebiet. De inlaatbuis waar geen fuik achter heeft gezeten is bij deze analyse buiten beschouwing gelaten, aangezien het debiet verwaarloosbaar is (zie Bijlage 1).
9. Uit de vangsten bij de hevels bleek dat circa 90% van de aal hier 's nachts naar binnen kwam en circa 10% overdag. Op basis hiervan zijn de debieten per dagdeel gecorrigeerd voor dit onderlinge verschil in relevantie.
10. De aantallen uit stap 7 zijn tenslotte nog gecorrigeerd voor het verschil in het inlaatdebiet tussen de betreffende maand en maand waarin daadwerkelijk gevist is met de fuik (juni).

De resultaten van de berekening van de intrek op basis van de bovenstaande stappen is weergegeven in Afbeelding 8.5 en 8.6.



Afbeelding 8.5: Benadering van het aantal glasalen dat per maand binnentrekt via de Inlaat Immerhorn op basis fuikvangsten in juni.



Afbeelding 8.6: Benadering van het aantal pootalen dat per maand binnentrekt via de Inlaat Immerhorn op basis fuikvangsten in juni.

Bijlage 9: eDNA resultaten

Er zijn vijf eDNA monsters geanalyseerd. Voor analyse is eDNA metabarcoding toegepast, met een primer selectief voor 'vis'. Per monster zijn 12 replica's van het eDNA extract uitgelezen vis Next Generation Sequencing. Hierbij is aangegeven hoeveel van de replica's positief waren voor de weergegeven soort. Een laag aantal positieve replica's is indicatief voor een lage presentie van de soort. Van het eDNA extract is ook uitgelezen welk deel van de sequenties aan welke vissoort kan worden toegeschreven, ofwel welk aandeel iedere soort heeft in de eDNA concentratie.

Scientific name	Nederlandse naam	Genetic database	Gemaal Grootslag Polderzijde SPY200932 Number of positive replicates (/12)	Gemaal Grootslag Polderzijde SPY200932 Number of DNA sequences	Gemaal Lely meest noordelijke peilvak SPY200930 Number of positive replicates (/12)	Gemaal Lely meest noordelijke peilvak SPY200930 Number of DNA sequences	Gemaal Lely meest zuidelijke peilvak SPY191362 Number of positive replicates (/12)	Gemaal Lely meest zuidelijke peilvak SPY191362 Number of DNA sequences	Hoofdgemaal vier Noorderkoggen hoog peilvak SPY191358 Number of positive replicates (/12)	Hoofdgemaal vier Noorderkoggen hoog peilvak SPY191358 Number of DNA sequences	Hoofdgemaal vier Noorderkoggen laag peilvak SPY191359 Number of positive replicates (/12)	Hoofdgemaal vier Noorderkoggen laag peilvak SPY191359 Number of DNA sequences
Abramis brama	*Brasem*	SPYGEN	12	90.811	8	24.966	12	268.047	12	200.364	12	282.546
Anguilla anguilla	*Aal*	SPYGEN	12	5.194	12	139.556	12	15.465			9	1.458
Carassius sp.	*Kroeskarper/Giebel/Goudvis*	SPYGEN	10	1.198							6	169
Cobitis elongatoides	*Kleine modderkruiper complex*	SPYGEN	3	766								
Cobitis taenia	*Kleine modderkruiper*	SPYGEN	2	652			10	2.339			*	
Coregonus sp.	*Houting complex*	SPYGEN	12	11.502								
Cottus sp.	*Rivierdonderpad*	SPYGEN					6	971				
Cyprinidae - Complexe 2	*Graskarper of Zilverkarper*	SPYGEN									3	279
Cyprinus carpio	*Karper*	SPYGEN			12	46.702						
Esox lucius	*Snoek*	SPYGEN	9	1.233			12	4.987	11	40.121	10	1.196
Gasterosteus aculeatus	*Driedoornige stekelbaars*	SPYGEN			12	40.475	10	849	3	530		
Gymnocephalus cernua	*Pos*	SPYGEN	4	179			12	10.775	1	729	12	5.603
Leucaspius delineatus	*Vetje*	SPYGEN	12	17.899							*	
Leuciscus sp.	*Winde (of Serpeling)*	SPYGEN	6	794					3	386	12	8.213
Leuciscus aspius	*Rooiblei*	SPYGEN									3	120
Neogobius fluviatilis	*Pontische Stroomgrondel*	SPYGEN	12	5.922	3	5.508			1	731		
Neogobius melanostomus	*Zwartbekgrondel*	SPYGEN	12	85.721	11	24.625	12	25.858	12	69.856		
Osmerus eperlanus	*Spiering*	SPYGEN	10	2.569								
Perca fluviatilis	*Baars*	SPYGEN	12	15.897			12	4.662	12	45.855	12	6.339
Pleuronectidae	*Bot*	SPYGEN	1	189	11	33.104	*					
Pontiolo kessleri	*Kesslers grondel*	SPYGEN	5	3.079								
Proterorhinus semilunaris	*Marmergrondel*	SPYGEN	1	173			8	4.042	9	16.541	4	2.508
Pungitius pungitius	*Tiendoornige stekelbaars*	SPYGEN			*				3	135	5	110
Rutilus rutilus	*Blankvoorn*	SPYGEN	12	20.958			12	9.578	7	2.474	12	7.246
Sander lucioperca	*Snoekbaars*	SPYGEN	12	15.487	1	1.162			5	8.146		
Scardinius erythrophthalmus	*Rietvoorn*	SPYGEN	12	6.214			8	776	1	645	2	134
Tinca tinca	*Zeelt*	SPYGEN	9	1.820			8	883			10	1.212
Totaal uitgelezen sequenties				**288.257**		**316.098**		**349.232**		**386.513**		**317.133**
%Aal				**1,8%**		**44,1%**		**4,4%**		**0,0%**		**0,5%**
Shannon Index				**2,0**		**1,6**		**1,0**		**1,4**		**0,6**

" * ": DNA quantity insufficient to certify the detection of the taxa in the sample.