



---

# Voorkomen en gedrag van glasaal bij de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen

Een merk-terugvangst experiment naar de vispassage-effectiviteit van de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen in het voorjaar van 2024

Auteur(s): A.B. Griffioen, J.J.M. School & A.N. van Wijk

Wageningen University &  
Research rapport: C011/25

Wageningen Marine Research  
Visserij Service Nederland

# Aanbod en gedrag van glasaal bij de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen

Een merk-terugvangst experiment naar de vispassage-effectiviteit van de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen in het voorjaar van 2024

Auteur(s): A.B. Griffioen<sup>1</sup>, J.J.M. School<sup>1</sup> en A.N. van Wijk<sup>2</sup>

1 Wageningen Marine Research

2 Visserij Service Nederland

Wageningen Marine Research  
IJmuiden, februari 2025

---

Wageningen Marine Research rapport: C011/25

---

A.B. Griffioen, J.J.M. School en A.N. van Wijk, 2025. Aanbod en gedrag van glasaal bij de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen; Een merk-terugvangst experiment naar de vispassage-effectiviteit van de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen in het voorjaar van 2024. Wageningen, Wageningen Marine Research, Wageningen Marine Research rapport C011/25. 38 blz.

Keywords: merk-terugvangst, glasaal, vispassage-effectiviteit, Harlingen, aanbod

Opdrachtgever: Wetterskip Fryslân  
T.a.v.: Wouter Patberg  
Fryslânplein 3  
8914 BZ Leeuwarden

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/687458>  
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Ben Griffioen

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research, hierbij vertegenwoordigd door  
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,  
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.  
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U  
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.  
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A\_4\_3\_1 V35 (2024)

---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Introductie	6
1.2 Historische vangstgegevens Harlingen	6
1.3 Doel onderzoek en onderzoeksvragen	8
<b>2 Methoden</b>	<b>9</b>
2.1 Studiegebied	9
2.2 Merk terugvangst experiment	10
2.3 Aantalsinschatting glasaal (aanbod)	10
2.3.1 Model A	10
2.3.2 Model B	11
2.4 Passage effectiviteit Tsjerk Hiddessluizen	11
2.4.1 Effectiviteit op basis van aanbod	11
2.4.2 Effectiviteit op basis van terugvangsten gemerkte glasaal in de boezem	12
2.5 Passage effectiviteit bellenscherf	13
2.6 Uitspoeling vanuit sluizen en boezem	13
2.6.1 Wegspoeling en relatie met spuievents	14
2.7 De gemerkte glasalen	15
<b>3 Resultaten</b>	<b>16</b>
3.1 Vangsten	16
3.2 Waterafvoer Tsjerk Hiddessluizen	16
3.3 Terugvangsten	17
3.4 Aanbod 2024	19
3.4.1 Model A	19
3.4.2 Model B	20
3.5 Aanbod 2020-2024	21
3.6 Passage effectiviteit Tsjerk Hiddessluizen	23
3.6.1 Passage effectiviteit op basis van aanbod	23
3.6.2 Passage effectiviteit op basis van terugvangsten	23
3.7 Passage effectiviteit Bubble Barrier	24
3.8 Uitspoeling vanuit sluizen en boezem	24
3.9 Wegspoeling in relatie tot spuievents	26
<b>4 Discussie en conclusie</b>	<b>29</b>
<b>5 Aanbevelingen</b>	<b>31</b>

---

5.1	Onderzoek na aanpassing	32
<b>6</b>	<b>Dankwoord</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Kwaliteitsborging</b>	<b>34</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>35</b>
	<b>Verantwoording</b>	<b>36</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Model A</b>	<b>37</b>

---

# Samenvatting

De Tsjerk Hiddessluizen bij Harlingen langs de Friese kust zijn voor trekvis een toegangspoort vanuit de Waddenzee richting de Friese Boezem en andersom. De zoetwater spuistroom vanuit de Friese boezem via de sluisen zorgt voor een lokwerking richting Harlingen. Door de spuifunctie van de sluisen worden vissoorten als Europese aal (*Anguilla anguilla*) aangetrokken richting de sluisen om in het achterland (de boezem en de polders) op te groeien. Voor het Wetterskip Fryslân zijn de Tsjerk Hiddessluizen als toegangspoort van groot belang zijn de regionale aalpopulatie in Friesland.

Eerdere onderzoeken van Wageningen Marine Research in de periode 2020-2022 wezen er sterk op dat de Tsjerk Hiddessluizen een knelpunt vormen voor glasaal, het juveniele stadium van de aal, door lange verblijftijden. Vanwege het belang voor de aal, en de potentie van het areaal aan achterland voor de opgroei van aal, is onderzoek naar de passeerbaarheid van de Tsjerk Hiddessluizen noodzakelijk. Om meer kennis te krijgen over de passage-effectiviteit van glasaal bij de Tsjerk Hiddessluizen in Harlingen is in het voorjaar van 2024 onderzoek uitgevoerd. Het doel van het onderzoek is om te bepalen of de Tsjerk Hiddessluizen daadwerkelijk belemmerend zijn voor migrerende glasaal en zo ja, hoe sterk belemmerend dat is. De onderzoeksvraag is als volgt: *In hoeverre vormen de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen een belemmering voor de migratie van glasaal (passage-effectiviteit, verblijftijd aan de zeezijde, uitspoeling) richting het Van Harinxmakanaal en het achterland?*

Om dit te onderzoeken zijn in totaal 8.328 glasalen – verdeeld over 34 groepen – gemerkt en losgelaten aan de zeezijde, in de sluisen en in de boezem. Op basis van terugvangsten is geschat dat het aanbod bij Harlingen circa 340.000 glasalen betrof in de periode 1 februari – eind november 2024. In de piekperiode (half maart – half juni) werd het aanbod geschat op 250.000 glasalen. De gemeten passage-effectiviteit van de Tsjerk Hiddessluizen werd geschat op 30% (range: 28-50%). Door een lange verblijftijd (gemiddeld 14,4 dagen), hoge vangkans aan de zeezijde (range: 32-172%) en een matige passage-effectiviteit (30%) wordt in vergelijking met andere locaties in Nederland de effectiviteit ingeschat als *matig*. Daarnaast is aangetoond dat de migratie van glasaal wordt belemmerd door sterke spuistromen (weg,- en uitspoeling risico). Binnen het onderzoek zijn voldoende aanwijzingen naar voren gekomen dat er bij de Tsjerk Hiddessluizen verbetering van de passage-effectiviteit nodig (en mogelijk) is. Uit het onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat de passage-effectiviteit matig is, met minimaal 30%, maar dat deze hoger zou kunnen zijn als glasalen na succesvolle intrek niet weer worden uitgespoeld. Naast de fysieke barrière lijkt een groot issue op deze locatie het wegspoelen (uit de buitenhaven) en het uitspoeling (uit de boezem) van glasalen een probleem. De wegspoeling uit de buitenhaven werd geschat op 8-22%. Deze glasalen zullen waarschijnlijk elders wel hun plek vinden zoals bij Den Oever of Kornwerderzand, maar gelden als verlies voor de intrek bij Harlingen. Glasalen die wel succesvol intrekken lopen het risico om weer uitgespoeld te worden, oplopend tot wel 28%.

Om de migratie te bevorderen wordt het volgende aanbevolen:

- 1) Aangepast rinketten beheer zodat glasalen na zonsondergang met opkomend water het achterland kunnen bereiken. Hier helpt het als de sluis aan de zeezijde openstaat en de rinketten aan de boezemzijde open staan met opkomend water.
- 2) Het spuiregime aanpassen op de migratie van glasaal door overdag grote volumes te spuien en in de avond lagere volumes zodat glasaal niet wordt weggespoeld maar wel gelokt wordt naar de sluisen. Daarnaast geen belemmeringen (vertraging) in het achterland (circa 2-3 km vanaf de sluis) om uitspoeling door spuien te voorkomen.
- 3) Indien aangepast rinketten beheer niet voldoende is wordt aanbevolen om het sluisbeheer te verruimen tot na zonsondergang zodat vissen meeliften met het scheepverkeer (dit kunnen ook loze schuttingen zijn).
- 4) In de toekomst wordt aanbevolen om te onderzoeken of eventuele structuren in de buitenhaven kunnen voorkomen dat glasalen worden weggespoeld. Echter, de effectiviteit hiervan is nog onbekend.

Na het implementeren wordt aanbevolen het onderzoek te herhalen met een vergelijkbare opzet.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Introductie

De Tsjerk Hiddessluizen bij Harlingen langs de Friese kust zijn voor trekvis een toegangspoort vanuit de Waddenzee richting de Friese Boezem en andersom. De zoetwater spuistroom vanuit de Friese boezem via de sluisen zorgen voor een lokwerking richting Harlingen. Door de spuifunctie van de sluisen worden vissoorten als de driedoornige stekelbaars en de Europese aal aangetrokken richting de sluisen om in het achterland te paaieren (stekelbaars) of op te groeien (aal). Voor het Wetterskip Fryslân zijn de Tsjerk Hiddessluizen van groot belang voor de regionale aalpopulatie in Friesland. Ook op landelijk niveau maken de sluisen van oudsher onderdeel uit van de Europese glasaal index (ICES 2023b). De sluisen bij Harlingen zijn mede daarom ook aangewezen als prioritair knelpunt voor glasaal met een relatief groot aanbod aan glasaal (Griffioen et al. 2025a). Hoewel het duidelijk is dat de waarde van de sluisen bij Harlingen groot is voor glasaal, is het voorsnog onbekend wat de passage-effectiviteit is. Met andere woorden: komen de glasalen ook naar binnen en zo ja, welk aandeel is dat dan? Eerdere onderzoeken van Wageningen Marine Research (WMR) in de periode 2020-2022 wezen er sterk op dat de Tsjerk Hiddessluizen een knelpunt vormen voor glasaal door lange verblijftijden (*ongepubliceerde resultaten WMR*). Vanwege het belang voor de aal en de potentie van het areaal aan achterland voor de opgroei van aal is onderzoek naar de passeerbaarheid van de Tsjerk Hiddessluizen noodzakelijk.

Dit rapport geeft de resultaten weer van het onderzoek naar de passage-effectiviteit van glasaal bij de sluisen. Het doel van onderhavig onderzoek was om te bepalen of de Tsjerk Hiddessluizen daadwerkelijk belemmerend zijn voor migrerende glasaal. Deze rapportage geeft een overzicht van de resultaten inclusief aanbevelingen. Het onderzoek had als doel te beoordelen of er maatregelen nodig zijn, en zo ja, welke maatregelen kansrijk zijn. Naast dit onderzoek heeft WMR bij de Tsjerk Hiddessluizen in de periode februari-november 2024 ook aanvullend onderzoek uitgevoerd naar 1) de migratieperiode en 2) conditie en pigmentatie van glasaal. Dit waren onderzoeken in opdracht van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) en worden apart gerapporteerd (Mesquita Vieira de Barros Neta 2024<sup>1</sup>). Al deze onderzoeken zijn gecombineerd om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de huidige situatie.

### *Bellenscherm*

Omdat er via Harlingen veel zoetwater de Waddenzee in wordt gespoeld, is er in het van Harinxmakanaal achter de sluisen in het voorjaar van 2024 een bellenscherm geplaatst met als doel om plastic (en ander drijvend afval) af te vangen zodat het niet in de Waddenzee terecht komt. Vanwege het belang van de functie van de Tsjerk Hiddessluizen als toegangspoort voor trekvis, is er als voorwaarde gesteld dat een dergelijk scherm onderzocht moet worden op eventuele belemmering van vismigratie, zowel stroomopwaarts (bijvoorbeeld driedoornige stekelbaars en glasaal) als stroomafwaarts (bijvoorbeeld uittrekkende schieraal). Dit onderzoek werd in het voorjaar van 2024 uitgevoerd door ATKB, tegelijk met het onderzoek naar de passage-effectiviteit van de sluisen door WMR. Doordat er zoveel onderzoeken tegelijk zijn uitgevoerd door ATKB en WMR, heeft WMR van de gelegenheid gebruik gemaakt om ook de effectiviteit van het bellenscherm te onderzoeken met als doel uit te sluiten dat glasaal hinder ondervindt van het geplaatste bellenscherm.

## 1.2 Historische vangstgegevens Harlingen

Om meer inzicht te krijgen in het gedrag en voorkomen van glasaal langs de kust van Nederland, is in de periode 2019-2022 in opdracht van het ministerie LVVN aanvullend onderzoek uitgevoerd in aanvulling op de indexbepaling met kruisnetten<sup>2</sup>. Dit is ook bij de Tsjerk Hiddessluizen uitgevoerd en het onderzoek betrof een

---

<sup>1</sup> Het onderzoek naar de migratieperiode wordt in het voorjaar van 2025 gerapporteerd in een WMR rapport.

<sup>2</sup> Meer over het kruisnetten onderzoek in het ICES rapport (ICES 2023a)

merk-terugvangst experiment om verblijftijd, gedrag en totale aanbod te bepalen. Het onderzoek is gedaan met glasalen die gevangen zijn met zogenoemde ELFI's ([www.elverfinder.com](http://www.elverfinder.com)). Een ELFI is een mobiele glasaalgoot waar glasalen in moeten klimmen. Een sub sample uit de vangst is gemerkt met VIE-tags (Foto 1). ELFI's worden, in aanvulling op het kruisnettenprogramma, sinds 2019 ook gebruikt voor een index bepaling van de glasaal populatie langs de kust van Nederland



**Foto 1.** Foto's van gemerkte glasalen met een VIE-tag en een foto van een ELFI in dit geval geplaatst bij de Haringvlietsluizen.

Het merk-terugvangst experiment aan de zeezijde van de sluisen bij Harlingen werd elk jaar (2020, 2021 en 2022) uitgevoerd met vier gemerkte groepen van circa 300-600 gemerkte glasalen per groep. In 2023 is er geen merk-terugvangst experiment uitgevoerd. Wel wordt jaarlijks, en dus ook in 2023, de ELFI geplaatst als onderdeel van een index monitoring als onderdeel van het WOT aal programma in opdracht van LVVN.

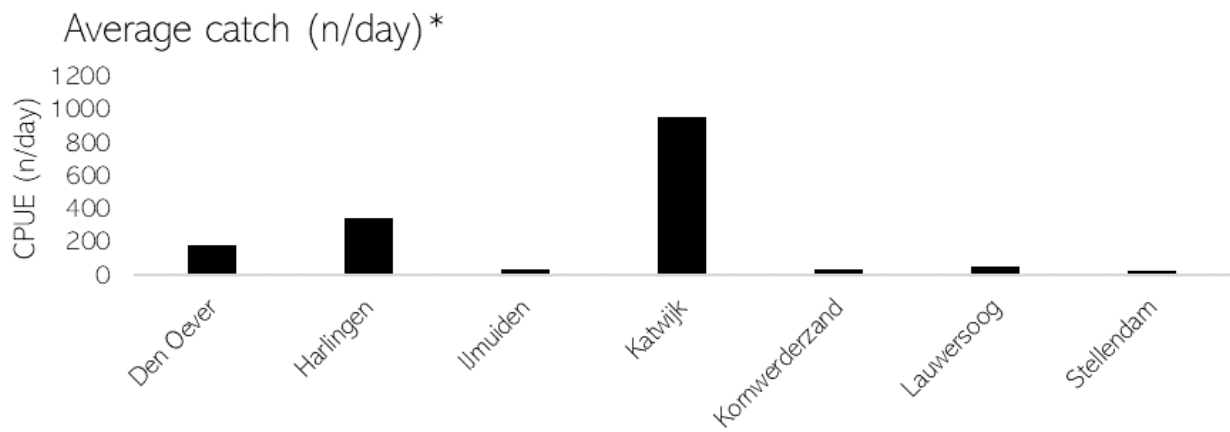
De eerste resultaten van het merk-terugvangst experiment doen vermoeden dat de Tsjerk Hiddessluizen moeilijk passeerbaar zijn voor glasalen en daardoor moeilijk het achterland kunnen bereiken (Griffioen et al. 2025a). Dit blijkt onder andere uit de gemiddelde verblijftijd van de gemerkte glasalen aan de zeezijde van de Tsjerk Hiddessluizen. Deze ligt in de range van 7,6-12,1 dagen, maar kan oplopen voor individuen tot wel ruim 60-70 dagen tussen uitzet en terugvangst. Ook de hoge (cumulatieve) terugvangkans van gemerkte glasalen ondersteunt dit vermoeden: 6,4-36,4% na het eerste moment van uitzetten (na 3-4 dagen) en over het hele seizoen (12 weken): 22,5-83,8%. Daarnaast zijn er gemerkte glasalen die waren uitgezet bij Harlingen elders langs de kust teruggevangen, zoals bij Roptazijl (Suijkerbuijk 2022). Andersom zijn er ook glasalen van Kornwerderzand teruggevangen bij Harlingen. Dit geeft aan dat Harlingen inderdaad een belangrijk knooppunt is voor glasaal langs de Nederlandse kust en de Waddenzee, maar dat er ook indicaties zijn dat er geen vrije doorgang is richting het achterland.

Uit de monitoring bij Harlingen is verder gebleken dat er naar verhouding tot andere locaties aan de Nederlandse kust relatief veel glasaal wordt gevangen met jaarlijks tussen de 20.000-50.000 glasalen per jaar (Figuur 2). Dit is de som van de vangst in de ELFI in een periode van 12 weken. Echter, uit de merk-terugvangst experimenten blijkt dat hier waarschijnlijk ook veel dubbelvangsten tussen zitten en dus een vertekend beeld geven. Dezelfde glasalen worden mogelijk meerdere malen gevangen in de ELFI. Deze herhaaldelijke vangsten zijn waarschijnlijk het gevolg van een mogelijke blokkade door de Tsjerk Hiddessluizen en herhaald zoekgedrag van de glasalen. Glasalen blijven zoeken naar een doorgang naar het achterland met een mogelijke dubbelvangst in de ELFI als gevolg. Hoewel Harlingen in Figuur 2 de tweede plek inneemt wat betreft *vangsten*<sup>3</sup>, is het hoogste *aanbod*<sup>4</sup> geschat voor IJmuiden, Den Oever en Kornwerderzand met enkele miljoenen glasalen per jaar (Griffioen et al. 2025a). Katwijk (nr. 1 in Figuur 1) en Harlingen (nr. 2 in Figuur 1) hebben, hoewel de werkelijke vangsten in de ELFI's het hoogst zijn, beide jaarlijks enkele 10.000-en tot 100.000-en glasalen (Griffioen et al. 2025a) blijkt uit merk-terugvangst experimenten. Dit ligt voornamelijk aan een blokkerende werking van de sluisen (Harlingen) of het gemaal (Katwijk) (Griffioen et al. 2025a).

<sup>3</sup> Wat er in de ELFI is gevangen

<sup>4</sup> Wat er in een seizoen aan glasaal aankomt berekend op basis van merk-terugvangst experimenten





**Figuur 1.** Gemiddelde vangst per seizoen (2019-2023) per locatie in de periode 15 maart – 15 juni.  
 \*Vangst is sterk gerelateerd aan lokale omgevingsvariabelen en daarmee niet onderling te vergelijken tussen locaties. Factoren als lange verblijftijd door blokkade en daarmee kans op dubbelvangsten verhogen de vangbaarheid.

### 1.3 Doel onderzoek en onderzoeksvragen

Om meer kennis te krijgen over de passage-effectiviteit van glasaal bij de Tsjerk Hiddessluizen in Harlingen is in het voorjaar van 2024 onderzoek uitgevoerd. Het doel van het onderzoek was om te bepalen of de Tsjerk Hiddessluizen daadwerkelijk belemmerend zijn voor migrerende glasaal en zo ja, hoe sterk belemmerend dat is.

De hoofdvraag is: *In hoeverre vormen de Tsjerk Hiddessluizen te Harlingen een belemmering voor de migratie (Passage effectiviteit, verblijftijd aan de zeezijde, etc) van glasaal richting het Van Harinxmakanaal en het achterland?*

Om deze vraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen gesteld:

1. Wat is het totale aanbod (aantalsinschatting) en verblijftijd van glasaal aan de zeezijde van de Tsjerk Hiddessluizen ten opzichte van voorgaande jaren?
2. Wat is de passage-effectiviteit van de Tsjerk Hiddessluizen voor migrerende glasaal ?
3. Hoeveel glasalen spoelen er na succesvolle intrek weer uit met het schutten en/of spuien?
4. Vormt het bellenscherm aan de boezemzijde van het sluiscomplex een extra barrière voor glasaal?
5. Welke aanpassingen aan de Tsjerk Hiddessluizen kunnen genomen worden om de intrek van glasaal (maar mogelijk ook andere vissoorten) te bevorderen?

Om deze vragen te beantwoorden is een merk-terugvangst experiment uitgevoerd.

## 2 Methoden

### 2.1 Studiegebied

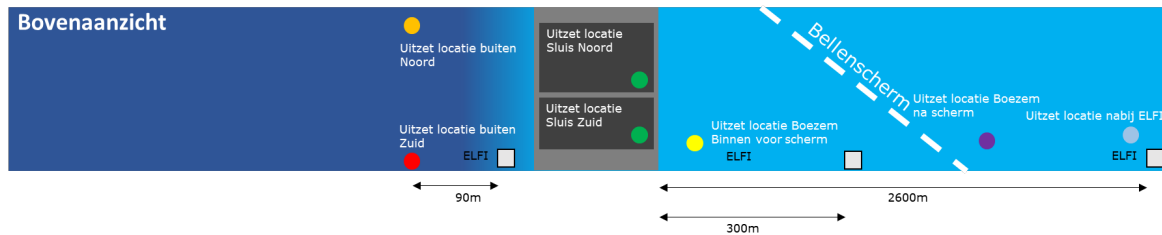
De Tsjerk Hiddessluizen liggen in Harlingen, Friesland, op de grens van het Van Harinxmakanaal (de Friese boezem) en de Waddenzee (Figuur 2). De Tsjerk Hiddessluizen bestaan uit twee sluizen; een grote (noord) en een kleine sluis (zuid). De sluizen worden voor de scheepvaart gebruikt, maar worden ook ingezet om zoet water te spuien op de Waddenzee. Op circa 2,6 km landinwaarts vanaf de sluizen ligt een klein poldergemaal met een capaciteit van 8 m<sup>3</sup>/min. Dit gemaal maalt vrijwel dagelijks polderwater af in het Van Harinxmakanaal. In het Van Harinxmakanaal is in het voorjaar van 2024 een bellenscherm geplaatst die alternerend een week aan staat en een week uit. Het bellenscherm heeft als doel om te voorkomen dat er plastic in de Waddenzee wordt gespoeld.



**Figuur 2.** Ligging van de Tsjerk Hiddessluizen en gemaal Oostpoort op circa 2,6 km landinwaarts achter de sluizen.

## 2.2 Merk terugvangst experiment

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden is een merk-terugvangst experiment uitgevoerd. Gemerkte glasalen zijn op strategische plekken losgelaten in het studiegebied zowel aan de zeezijde, in de sluisen als in het Van Harinxmakanaal. Deze gemerkte glasalen zijn vervolgens gedurende het migratieseizoen gevolgd. De gemerkte glasalen zijn losgelaten in de buitenhaven (rode en oranje cirkel Figuur 3), in de sluisen (groene cirkels), direct achter de sluisen in de boezem (gele cirkel), verderop in de boezem (paarse cirkel) en nabij de ELFI bij gemaal Oostpoort (lichtblauwe cirkel). Terugvangsten zijn gerealiseerd met drie ELFI's: Eén aan de zeezijde, één voor het bellenscherf, één achter het bellenscherf nabij gemaal Oostpoort (Figuur 3). Bij alle ELFI's is de vangst gecontroleerd op gemerkte glasalen en vervolgens weer teruggezet nabij de ELFI ('non-destructive approach'<sup>5</sup>).



**Figuur 3.** Algemene onderzoeksopzet met drie ELFI's en locaties van uitzet van gemerkte glasalen. Het bellenscherf is aangeduid met een witte stippellijn in het Van Harinxmakanaal.

## 2.3 Aantalsinschatting glasaal (aanbod)

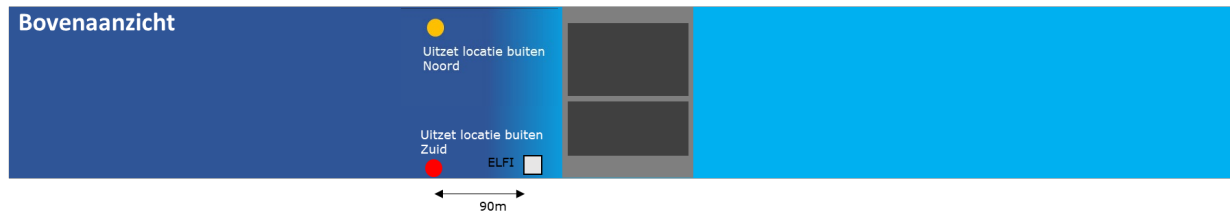
Om het totaal aantal glasaal te schatten bij de sluisen te Harlingen is gebruik gemaakt van twee modellen: model A en model B. Model A gebruikt alleen gegevens aan de zeezijde, terwijl model B ook gegevens gebruikt van het achterland. Beide modellen geven een totaal aantalsinschatting van glasaal maar hebben een andere analysestrategie. Model A maakt gebruik van gegevens aan de zeezijde (dus vóór de barrière) waarbij de glasalen nog onderhevig zijn aan de invloeden van de zee (voornamelijk getijde en saliniteit). Het type gedrag van glasalen kan dan, vanwege het getij, nog sterk variabel zijn. Er is aan de zeezijde nog een sterk verschil in glasalen die 'selectief getijde gedrag' (of 'passief') laten zien en glasalen die 'actief' zijn. Binnen deze laatste groep zijn er ook zogenoemde 'klimmende glasalen'. Doordat Model A nog aan de zeezijde zit én er met een ELFI (aalgoot) gewerkt wordt, zal model A het aandeel klimmende glasalen schatten. Dit heeft er vooral mee te maken dat de gemerkte glasalen oorspronkelijk ook met een ELFI zijn gevangen (de Koning 2023). Met andere woorden: er heeft al een selectie plaatsgevonden. Model A wordt vooral gebruikt om een vergelijking met voorgaande jaren te maken én een schatting te geven van de verblijftijd aan de zeezijde. Ook in model B worden glasalen gebruikt die met een ELFI zijn gevangen. Echter, omdat in model B vangsten en terugvangsten worden gebruikt áchter een barrière, wordt aangenomen dat alle glasalen in een actieve modus zitten. Aangenomen wordt dat het merendeel van deze glasaal ook kunnen en willen klimmen. Samenvattend: Model A geeft het aandeel klimmende alen terwijl model B een aantalsinschatting doet voor alle glasalen.

### 2.3.1 Model A

Om het aanbod klimmende glasalen te schatten, incl. de verblijftijd, is een model ontwikkeld. Dit model is opgebouwd in verschillende stappen en beschreven in bijlage 1. Voor de berekeningen is gekozen voor een vergelijkbare aanpak zoals is uitgevoerd in de jaren 2020-2022 waarbij gebruik wordt gemaakt van de gemerkte glasalen die aan de zeezijde zijn losgelaten (rode cirkel, Figuur ) en teruggevangen in de ELFI die aan de zeezijde staat. Om de variatie van de omstandigheden (enigszins) te kunnen dekken is dit verspreid over het seizoen vier keer uitgevoerd.

<sup>5</sup> Voor meer informatie hierover zie het rapport over de Rijn Maas monding (Griffioen et al. 2024a) en het Noordzeekanaal (Griffioen et al. 2024b)

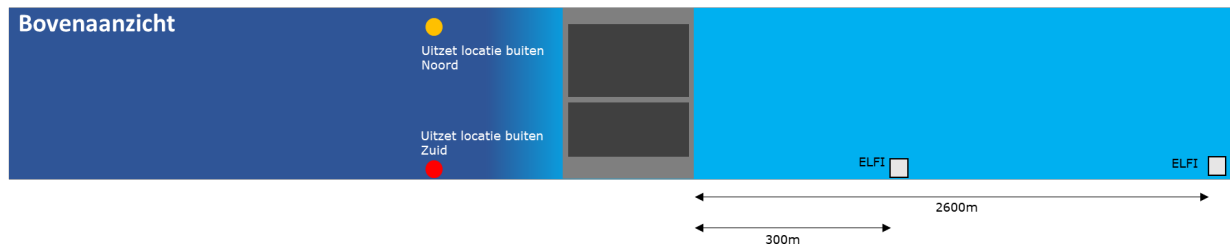
Ook is een controle uitgevoerd om optimale menging te testen. Waar er in de periode 2020-2022 alleen aan de zuidzijde van de buitenhaven glasalen zijn losgelaten, zijn er in dit onderzoek ook glasalen aan de noordzijde losgelaten. Bij een gelijke terugvangst tussen de groepen 'noord' en 'zuid' in de ELFI, wordt aangenomen dat er optimale menging is. Met andere woorden het maakt niks uit of glasalen aan de noordzijde of aan de zuidzijde worden losgelaten, de resultaten van het model zullen vergelijkbaar zijn en de uitkomsten van het model geven een volledig beeld van het aandeel klimmende glasalen aan de zeezijde.



**Figuur 4.** Uitzet- en vangstlocatie gebruikt voor aanbodbepaling volgens model A (rode uitzetlocatie). De oranje uitzetlocatie is ter bepaling van optimale menging aan de zeezijde van het complex.

### 2.3.2 Model B

De aantalsinschatting met model B is gedaan met een Lincoln-Petersen model zoals beschreven in (Griffioen et al. 2024b). Dit model maakt gebruik van gegevens van de vangsten en terugvangsten in de ELFI's in het achterland (zowel: Boezem + Oostpoort samen als Boezem en Oostpoort apart, Figuur 5). Indien er een homogene verdeling is van de gemerkte glasalen zouden deze drie schattingen gelijke waarden moeten geven. Voor deze aanpak werden de gemerkte glasalen gebruikt die zijn losgelaten aan de zeezijde (rode en oranje cirkel, Figuur 5). Om de variatie van de omstandigheden (enigszins) te kunnen dekken zijn er meerdere groepen uitgezet verspreid over het seizoen.



**Figuur 5.** Uitzet- en vangstlocaties gebruikt voor de aanbodbepaling volgens model B.

## 2.4 Passage effectiviteit Tsjerk Hiddessluizen

### 2.4.1 Effectiviteit op basis van aanbod

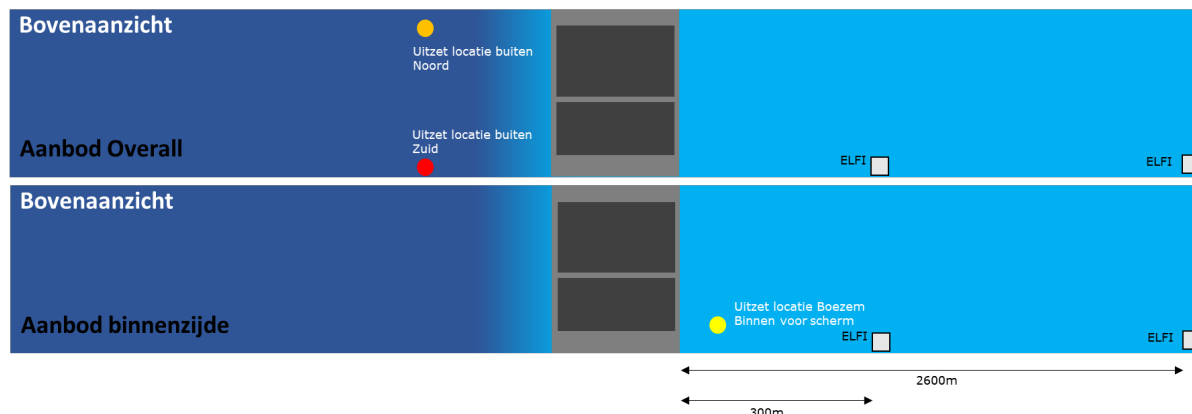
De effectiviteit van de vispassage kan worden geschat op basis van de verhouding aanbod glasaal die succesvol is binnengetrokken via de sluisen en het totaal aanbod wat zich heeft aangediend aan de zeezijde van de sluisen (model B). Dit wordt als volgt berekend:

$$Passage\ succes\ (\%) = \frac{Aanbod\ boezemzijde}{Aanbod\ totaal\ (Model\ B)}$$

Voor het totale aanbod wordt gebruik gemaakt van de uitkomsten van model B (paragraaf 2.3.2). Het aanbod aan de boezemzijde wordt op vergelijkbare wijze berekend als model B, maar met gemerkte glasalen die áchter de sluisen zijn losgelaten (gele cirkel, Figuur 6). Deze zijn óver de barrière gezet en mengen zich onder de glasalen die zelfstandig de sluisen zijn gepasseerd.

In het achterland staan twee ELFI's. Eén op circa 300 meter van de sluisen en één op circa 2600 meter van de sluisen. De verhouding gemerkte (R) en ongemerkte (C) glasalen wordt gebruikt om het aanbod in het achterland te schatten (cf. Model B). Hiervoor kunnen drie onafhankelijke schattingen worden gedaan die, in

theorie, een gelijke aantalsschatting zouden moeten geven bij een homogene menging: (1) gebruikmakend van beide ELFI's, (2) gebruikmakend van de ELFI op 300 meter of (3) gebruikmakend van alleen de ELFI op 2600 meter. Om de variatie van de omstandigheden (enigszins) te kunnen dekken is dit vier keer uitgevoerd verspreid over het seizoen.



**Figuur 6.** Uitzet- en vangstlocaties gebruikt voor de bepaling van de passage-effectiviteit op basis van de verhouding van de aanbodschattingen van het totaal aanbod (alle glasalen die aankomen bij Harlingen) en het aanbod achter de sluizen (alleen de glasalen die succesvol zijn gepasseerd).

#### 2.4.2 Effectiviteit op basis van terugvangsten gemerkte glasaal in de boezem

Een tweede wijze waarop effectiviteit gemeten kan worden is door alleen te kijken naar gemerkte glasalen. Hierbij wordt bekeken hoe succesvol de gemerkte glasalen de sluizen kunnen passeren en wordt er niet gekeken naar de ongemarkeerde glasalen.

Om dit te doen worden gemerkte glasalen aan de zeezijde losgelaten (rode stip Figuur 7). Omdat het met glasaal onmogelijk is om elke gemerkte glasaal in het achterland terug te vangen, wordt er ook een referentiegroep gebruikt. Deze referentiegroep wordt áchter de sluizen losgelaten. Vervolgens bepaalt de verhouding terugvangsten van de groepen vóór (testgroep) en áchter de sluizen (referentiegroep) de passage-effectiviteit van de sluizen. Om de variatie van de omstandigheden (enigszins) te kunnen dekken is dit vier keer uitgevoerd verspreid over het seizoen.

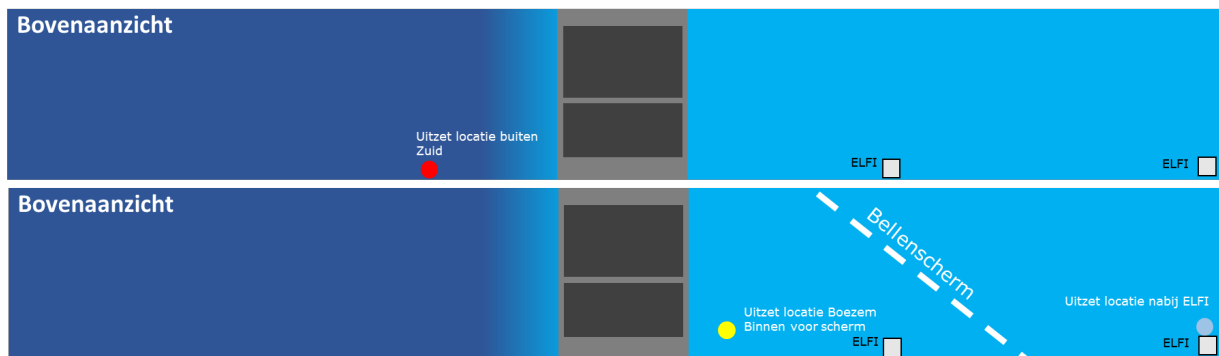
De passage efficiëntie wordt als volgt bepaald:

$$\text{Passage effectiviteit (\%)} = \frac{\sum \text{Terugvangsten van uitzet buiten Zuid (rood) in ELFI's achterland}}{M_{\text{gemarkt (rood) (losgelaten glasalen)}}} \cdot \frac{\sum \text{Terugvangsten van uitzet boezem achter de sluizen (geel) in ELFI's achterland}}{M_{\text{gemarkt (rood) (losgelaten glasalen)}}}$$

De studie volgt een 'non-destructive approach'. Dit betekent dat alle vangst weer teruggezet wordt. Dit geldt voor de gemerkte én niet-gemarkeerde glasalen. In theorie is het dus mogelijk dat een glasaal meerdere keren wordt gevangen. Om hier zicht op te krijgen, is bij de ELFI in het achterland ('ELFI Oostpoort') op circa 5 meter afstand van deze ELFI tweemaal een groep van 150-200 stuks uitgezet (licht blauwe cirkel Figuur 7 links onderin de figuur). Indien deze een terugvangstpercentage en verblijftijd heeft die aanleiding geeft voor een overgrote mate van dubbelvangsten (zie voor verdere beschrijving voor redentatie: Griffioen et al. 2025a), dan is dit 'zorgelijk' voor de proefopzet<sup>6</sup>. Omdat de groepen die achter de sluizen zijn losgelaten in de boezem (gele cirkel) voordeel hebben ten opzichte van de glasalen aan de zeezijde. De boezem glasalen zijn óver de sluis geplaatst en hoeven die hindernis niet meer te nemen. Met andere woorden, een hoog terugvangstpercentage

<sup>6</sup> Doordat de glasalen aan de boezemzijde dan mogelijk een grotere kans hebben om langer en vaker teruggevangen te worden. De glasalen aan de zeezijde worden immers in eerste instantie nog gehinderd door het sluiscomplex. In theorie zou een hoge vangkans en langdurige verblijftijd bij ELFI Oostpoort er dan voor kunnen zorgen dat de gemerkte glasalen die in de boezem zijn uitgezet naar verhouding van de gemerkte glasalen die van de zeezijde komen vaker worden gevangen.

over een langere tijd bij gemaal Oostpoort, zou van invloed kunnen zijn op de verhouding terugvangsten van de verschillende binnen- en buitengroepen waardoor een vertekend beeld zou kunnen ontstaan. De groepen uitgezet bij de blauwe cirkel in Figuur 7 testen de lokale terugvangkans en duur van de verblijftijd.



**Figuur 7.** Uitzet- en vangstlocaties gebruikt voor de bepaling van de passage-effectiviteit op basis van de verhouding van gemerkte glasalen die zijn voor (rode stip) en achter (gele stip) de sluisen zijn losgelaten. Ter controle is er ook een referentiegroep (licht blauwe cirkel in onderste figuur) losgelaten bij de ELFI in het achterland.

## 2.5 Passage effectiviteit bellenscherm

De passage-effectiviteit van het bellenscherm is gemeten door voor en achter het bellenscherm vier groepen gemerkte glasalen van gelijke grootte uit te zetten gedurende het seizoen (Figuur 8). De verhouding van terugvangsten in de ELFI Oostpoort bepaalt de passage-effectiviteit van het bellenscherm.



**Figuur 8.** Uitzet- en vangstlocaties gebruikt voor de bepaling van de passage-effectiviteit op basis van de verhouding van gemerkte glasalen die zijn voor (gele stip) en achter (paarse stip) het bellenscherm zijn losgelaten.

De passage efficiëntie wordt als volgt bepaald:

$$\text{Passage effectiviteit (\%)} = \frac{\sum \text{Terugvangsten uitzet voor bellenscherm in ELFI Oostpoort}}{\sum \text{Terugvangsten uitzet na bellenscherm in ELFI Oostpoort}}$$

## 2.6 Uitspoeling vanuit sluisen en boezem

Een succesvolle passage kan teniet worden gedaan als glasalen met een spuiroom of een schutting weer richting zee worden gespoeld. Wij noemen dit 'uitspoeling' omdat we ervanuit gaan dat glasalen hier niet voor kiezen<sup>7</sup> maar door de onnatuurlijke situatie soms worden uitgespoeld met het spuien. Om een schatting te maken van de hoeveelheid glasalen die via de sluisen richting de Waddenzee spoelen, zijn er gemerkte glasalen losgelaten in de boezem en in de sluisen. Deze glasalen worden bij eventuele uitspoeling mogelijk aan de zeezijde weer gevangen in de ELFI. Om een schatting te maken van het aantal uitgespoelde gemerkte glasalen moet er worden gecorrigeerd voor de vangst efficiëntie van deze ELFI aan de zeezijde. Met andere woorden, er moet een schatting komen wat de kans is dat een glasaal aan de zeezijde rondzwemt, en gevangen wordt

<sup>7</sup> Tóch kan er ook een vrijwillige component inzitten waarbij (rode of glas-)aal heen en weer gaat tussen zoet en zout. Meer hierover in Tekstkader 1 van de Nationale glasaal barrière kaart (Griffioen et al. 2025a).

---

in deze ELFI. Deze schatting voor de vangst efficiëntie wordt gedaan met de gemerkte glasalen die zijn uitgezet aan de zeezijde volgens de volgende formule.

$$\text{Vangst efficiëntie ELFI Buiten (zee)} = \frac{\sum \text{terugvangsten van groepen uitzet 'buiten' (zeezijde)}}{M_{\text{gemerkt (losgelaten glasalen)}}$$

Met de vangst efficiëntie van de ELFI aan de zeezijde kunnen vervolgens de terugvangsten van de gemerkte glasalen die in de boezem of in de sluizen zijn uitgezet en zijn teruggevangen in de ELFI aan de zeezijde worden opgewerkt naar een schatting van het werkelijk aantal uitgespoelde glasalen. Hiervoor worden de terugvangsten gedeeld door de vangstefficiëntie. Dit getal wordt vervolgens weer gedeeld door het aantal gemerkte glasalen dat oorspronkelijk in de boezem of de sluizen is uitgezet. Met andere woorden, er wordt een schatting gemaakt hoeveel glasalen er daadwerkelijk zijn uitgespoeld op basis van een vangkans aan de zeezijde. De uitspoeling wordt vervolgens in percentages uitgedrukt. Dit is gedaan voor zowel de in de boezem uitgezette gemerkte glasalen als voor de gemerkte glasalen die in de sluizen zijn uitgezet volgens de volgende formule:

$$\text{Uitspoelpercentage} = \left( \frac{\text{N terugvangsten in ELFI Buiten van groepen in boezem of sluis}}{\text{Vangst efficiëntie ELFI Buiten}} \right) * M_{\text{gemerkt (boezem of sluis)}}^{-1}$$

### 2.6.1 Wegspoeling en relatie met spuievents

In aanvulling op de berekening van het aantal *uitgespoelde* glasalen is ook bekeken wat het aantal *weggespoelde* glasalen is vanuit de buitenhaven. Het gaat hier dus niet om uitgespoelde glasalen vanuit de boezem, maar om gemerkte glasalen die in buitenhaven zijn uitgezet en vervolgens zijn weggespoeld verder de Waddenzee op. Om dat te doen is in detail bekeken wat de relatie van het eventueel wegspoelen is met spuit events/waterafvoer. Om dit te onderzoeken is gekeken naar het terugvangstverloop van de groepen gemerkte glasalen die in de buitenhaven (zee) zijn uitgezet in de ELFI aan de zeezijde. De focus ligt hier met name op het eerste (bezoek 2) en het tweede moment (bezoek 3) van het controleren van de ELFI ná het uitzetten (bezoek 1).

Hypothese 1: Terugvangstpercentage eerste en tweede moment

De verwachting is dat glasalen na uitzet ofwel migreren richting de boezem, settelen of wellicht elders langs de kust zoeken naar een intrekloctie. Met andere woorden het is de verwachting dat onder normale omstandigheden het eerste terugvangstmoment altijd een hoger vangstpercentage geeft dan het tweede. Bij het tweede moment zijn er namelijk al 7 of 8 dagen gepasseerd waarin de glasalen konden zijn weggetrokken en dus niet meer in de ELFI terecht konden komen. Indien dit niet het geval was, kan het betekenen dat de glasalen na de uitzet zijn weggespoeld door een spui moment, weer terug zijn gezwommen en vervolgens in de ELFI zijn gevangen. We noemen dit ook wel een 'reset' van het lokale bestand aan vissen als gevolg van het spuien. Meer informatie hierover kan gevonden worden in een rapport van de Vismigratierivier (Griffioen et al. 2014).

Hypothese 2: Verloop van terugvangstpercentages gedurende het seizoen

Een tweede hypothese is dat het percentage terugvangsten oploopt als de watertemperatuur oploopt. Immers, de mate van zwemactiviteit is gekoppeld aan watertemperatuur (Griffioen et al. 2024b). Oftewel de eerste groepen zullen een lager terugvangstpercentage hebben dan de groepen die later in het seizoen zijn uitgezet als de watertemperatuur is gestegen. In het geval dat dit andersom zou zijn, dus dat de eerste groep een hoger terugvangstpercentage heeft, is er mogelijk een indicatie dat spuien het terugvangen van gemerkte glasalen verstoord (wegspoeling).

## 2.7 De gemerkte glasalen

Voor het onderzoek zijn in totaal 8.328 glasalen – verdeeld over 34 groepen - gemerkt. Tijdens het merken zijn 44 glasalen (0,5%<sup>8</sup>) gestorven. De gemerkte glasalen hadden een gemiddeld gewicht van 0,26 gram (0,08-0,47g) en waren gemiddeld 7,42 cm lang (6,0-8,7cm). De pigmentatie klassering<sup>9</sup> van de vangst bij Harlingen was: S1 = 4%, S2 = 11%, S3 = 34%, S4 = 45% en S5 = 6%. Voor het merken van glasalen met VIE tags zijn de aangehouden procedures beschreven in (Griffioen et al. 2024a) waarbij alle groepen verschillende kleurcodering kregen (Tabel 1). Alle glasalen zijn gevangen met een ELFI bij Harlingen aan de zeezijde behalve de kleinere groepen die losgelaten zijn op 7, 14, 21 en 28 mei (Mesquita Vieira de Barros Neta 2024). Deze waren deels afkomstig van elders in de Waddenzee, maar ook gevangen met een ELFI.

**Tabel 1.** Overzicht van de gemerkte glasalen. De tabel geeft de uitzetlocatie, de kleurcodes, uitzet datum, uitzet tijd en aantallen per groep weer. Verder is de eerste kolom corresponderend met Figuur 3. Bij Harlingen is ook een aanvullend experiment uitgevoerd om de conditie van glasalen te toetsen. Dit zijn de groepen van circa 150 stuks onderaan in de tabel uitzet tussen 7 mei en 28 mei. In het kader van een experiment naar conditie van glasaal zijn er in de buitenhaven meerdere kleine groepen uitgezet (Mesquita Vieira de Barros Neta 2024). Voor de volledigheid staan deze in de onderstaande tabel en zijn deels ook meegenomen in de berekeningen. Grijs en wit gearceerd duidt op een andere uitzetdatum.

Locatie	Uitzetlocatie	Col 1	Col 2	Released	Date release	Time release
Zee	buiten zuid	rood	geel	399	5-apr	11:03
Sluis	sluis noord	rood	groen	111	5-apr	10:40
Sluis	sluis zuid	rood	oranje	103	5-apr	10:38
Boezem	boezem voor scherm	rood	roze	376	5-apr	10:42
Boezem	boezem na scherm	rood	rood	386	5-apr	11:13
Zee	buiten zuid	groen	groen	60	10-apr	15:28
Zee	buiten zuid	blauw	blauw	60	10-apr	15:28
Zee	buiten zuid	geel	geel	500	19-apr	09:33
Sluis	sluis noord	geel	groen	115	19-apr	09:15
Sluis	sluis zuid	geel	oranje	107	19-apr	09:14
Boezem	boezem voor scherm	geel	roze	501	19-apr	09:49
Boezem	boezem na scherm	geel	rood	505	19-apr	09:19
Zee	buiten zuid	roze	geel	504	30-apr	11:03
Boezem	boezem voor scherm	roze	rood	504	30-apr	10:35
Sluis	sluis noord	roze	groen	101	30-apr	10:25
Sluis	sluis zuid	roze	oranje	102	30-apr	10:25
Boezem	ELFI Oostpoort	roze	blauw	202	30-apr	10:15
Zee	buiten noord	geel	blauw	503	30-apr	11:57
Boezem	boezem na scherm	roze	roze	507	30-apr	12:22
Zee	buiten zuid	oranje	blauw	500	14-mei	10:57
Sluis	sluis noord	oranje	groen	100	14-mei	11:06
Sluis	sluis zuid	oranje	roze	105	14-mei	11:06
Boezem	boezem voor scherm	oranje	oranje	526	14-mei	11:17
Boezem	boezem na scherm	oranje	rood	503	14-mei	11:50
Boezem	ELFI Oostpoort	oranje	geel	209	14-mei	10:44
Zee	buiten noord	groen	geel	200	14-mei	11:39
Zee	buiten noord	rood	blauw	154	7-mei	14:19
Zee	buiten noord	groen	blauw	154	7-mei	14:19
Zee	buiten noord	groen	roze	150	14-mei	11:39
Zee	buiten noord	groen	rood	150	14-mei	11:39
Zee	buiten noord	groen	oranje	149	21-mei	11:00 (benadering)
Zee	buiten noord	blauw	roze	150	21-mei	11:00 (benadering)
Zee	buiten noord	blauw	geel	149	28-mei	13:45
Zee	buiten noord	blauw	rood	149	28-mei	13:45

<sup>8</sup> Dit zijn aantallen zonder controlegroep. Sterfte is dus niet noodzakelijkerwijs als gevolg van merken, maar kan ook aan natuurlijke sterfte, sterfte door transport, behandeling of andere oorzaken zijn.

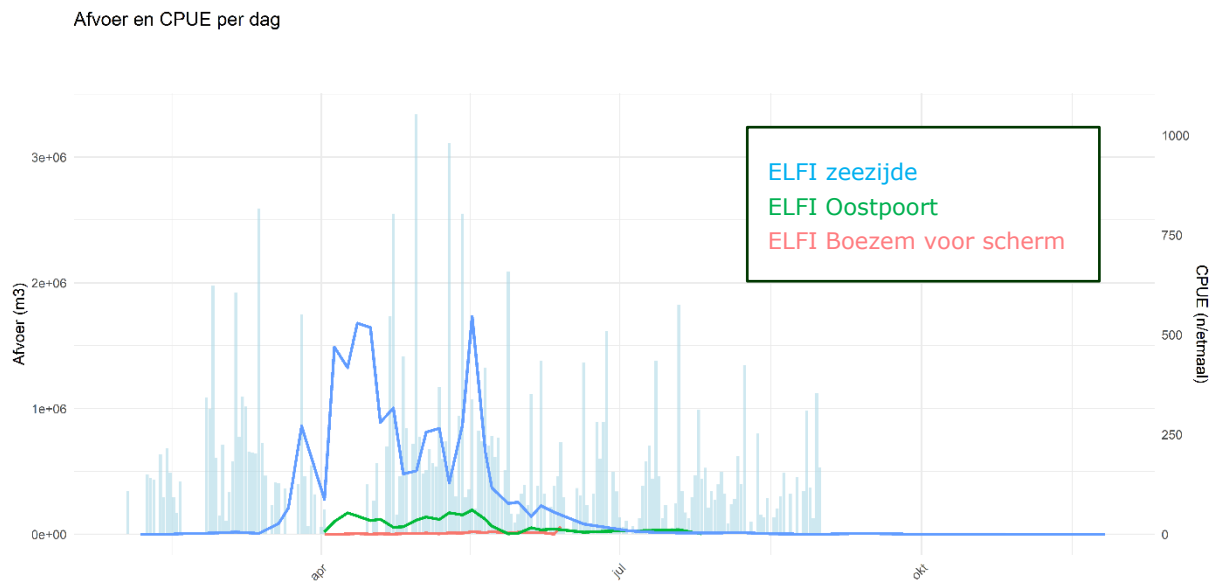
<sup>9</sup> S1=VA+VB, S2=VIA0, S3=VIA1+VIA2, S4=VIA3+VIA4, S5=VIB en S6=VII. Dit is een aangepaste klassering van Briand (2009)



# 3 Resultaten

## 3.1 Vangsten

Figuur 8 geeft het verloop van de vangsten in de ELFI's gedurende het onderzoek weer. Aan de zeezijde zijn in totaal 19.880 glasalen gevangen in de periode 1 februari – 26 november 2024. Dit waren 119,4 glasalen per etmaal (Tabel 2). In de reguliere migratieperiode (week 12-24, half maart tot half juni) waren dit er gemiddeld 225,5 glasalen per etmaal met pieken rond de 500 glasalen per etmaal (Figuur 9). In het achterland waren de vangsten lager met gemiddeld 3,2 glasalen per etmaal voor de ELFI boezem en 23,8 bij de ELFI Oostpoort.



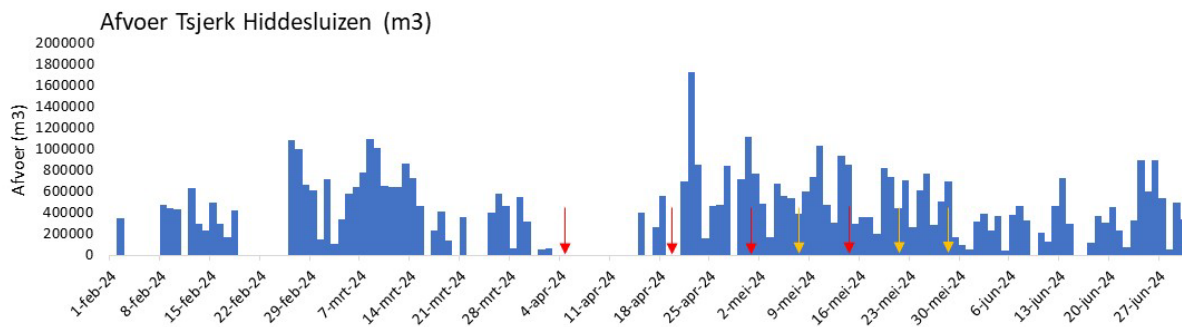
**Figuur 9.** Vangsten in aantal per etmaal voor de diverse ELFI's (de gekleurde lijnen) met op de achtergrond de waterafvoer in m<sup>3</sup>/dag (m<sup>3</sup>) van 1 februari – 5 september 2024 (de staven).

**Tabel 2.** Tabel met vangst overzichten van de drie ELFI's.

	ELFI Zeezijde	ELFI Boezem voor scherm	ELFI Oostpoort
Periode	1 feb- 26 nov	26 maart-13 juni	26 maart-26 juli
Totaal aantal	19.880	207	2491
CPUE (n/etmaal)	119,4	3,2	23,8

## 3.2 Waterafvoer Tsjerk Hiddessluizen

De gemiddelde dagelijkse waterafvoer bij de Tsjerk Hiddessluizen was 363.104 m<sup>3</sup>/etmaal (1 februari – eind juni 2024, Figuur 10). De vier uitzetmomenten van gemerkte glasalen (5, 19 en 30 april en 14 mei) zijn in Figuur 9 met rode pijlen weergegeven. De eerste twee groepen zijn uitgezet op momenten dat er geen afvoer was. De laatste twee groepen zijn uitgezet op momenten dat er wel afvoer is geweest. Ook zijn er aanvullend op 7, 21 en 28 mei kleinere groepen uitgezet aan de zeezijde (oranje pijlen, Figuur 10).



**Figuur 10.** Dagelijkse afvoer ( $m^3$ ) via de Tsjerk Hiddesluizen. In rood zijn de 4 uitzetmomenten ingetekend waarbij zowel aan de zeezijde, in de sluizen als in de boezem gemerkte glasalen zijn uitgezet (5, 19 en 30 april en 14 mei) en in oranje de aanvullende momenten waar kleinere groepen zijn uitgezet enkel aan de zeezijde (7, 21 en 28 mei).

### 3.3 Terugvangsten

Van alle uitgezette groepen zijn er terugvangsten gerealiseerd variërend van 1 exemplaar (roze-groen) tot wel 685 (rood-geel). De meeste terugvangsten zijn gerealiseerd aan de zeezijde van het sluizencomplex van groep rood-geel 171,7%. Dat betekent dat een glasaal gemiddeld 1,7x is gevangen. De vangkans bij de ELFI aan de buitenzijde van het complex is voor alle groepen vastgesteld op 52,7% (min 17,3 en max 171,7%). Voor de ELFI bij Oostpoort, waar ook lokaal glasalen zijn uitgezet, was dit 8,6% (min 1,4 en max 15,4%). Dit betekent dat een glasaal kort verblijft bij gemaal Oostpoort en er een lage kans is op dubbelvangsten. Dit betekent dat berekeningen betrouwbaar uitgevoerd kunnen worden wanneer vergelijkingen worden gedaan met terugvangsten vanuit de zee of rond het bellenscherm bij gemaal Oostpoort.

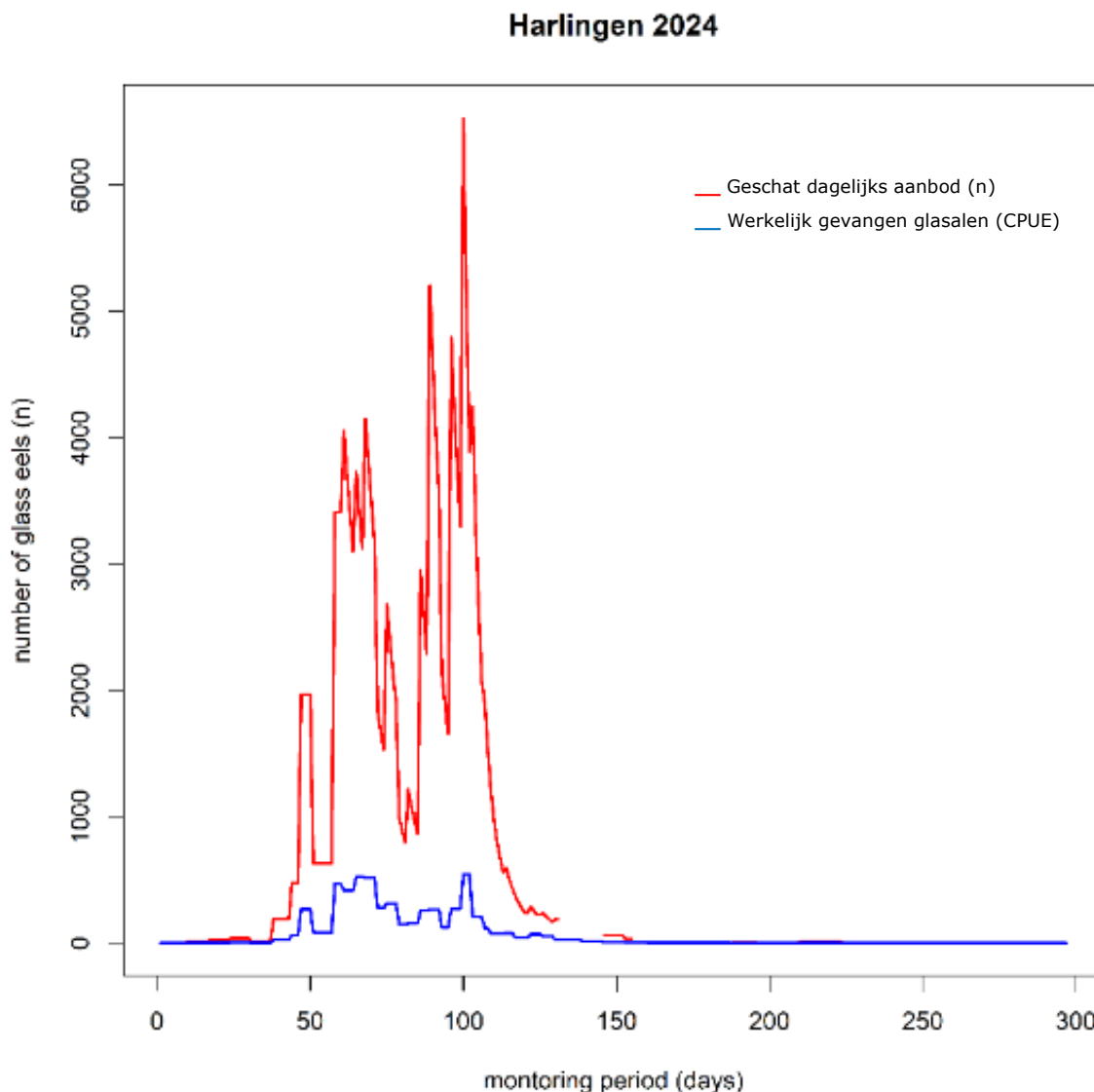
Tabel 3 Tabel met vangstoverzichten van de drie ELFI's.

Uitzetlocatie	Datum losgelaten	Kleurcode	Aantal gemerkt (M)	Terugvangsten gemerkte glasalen (R)					
				ELFI locatie (n)			ELFI locatie (%)		
				Zeezijde	Boezem voor scherm	Oostpoort	Zeezijde	Boezem voor scherm	Oostpoort
boezem na scherm	5-apr	rood-rood	386			31	0,0%	0,0%	8,0%
boezem na scherm	19-apr	geel-rood	505	5		13	1,0%	0,0%	2,6%
boezem na scherm	30-apr	roze-roze	507	4		6	0,8%	0,0%	1,2%
boezem na scherm	14-mei	oranje-rood	503	2	1	2	0,4%	0,2%	0,4%
boezem voor scherm	5-apr	rood-roze	376	2		19	0,5%	0,0%	5,1%
boezem voor scherm	19-apr	geel-roze	501	3	2	14	0,6%	0,4%	2,8%
boezem voor scherm	30-apr	roze-rood	504	63	2	16	12,5%	0,4%	3,2%
boezem voor scherm	14-mei	oranje-oranje	526	11	8		2,1%	1,5%	0,0%
buiten noord	30-apr	geel-blauw	503	183	2	6	36,4%	0,4%	1,2%
buiten noord	7-mei	groen-blauw	154	54			35,1%	0,0%	0,0%
buiten noord	7-mei	rood-blauw	154	39		1	25,3%	0,0%	0,6%
buiten noord	14-mei	groen-roze	150	28			18,7%	0,0%	0,0%
buiten noord	14-mei	groen-rood	150	30			20,0%	0,0%	0,0%
buiten noord	14-mei	groen-geel	200	78	1	4	39,0%	0,5%	2,0%
buiten noord	21-mei	blauw-roze	150	26	2		17,3%	1,3%	0,0%
buiten noord	21-mei	groen-oranje	149	33	2		22,1%	1,3%	0,0%
buiten noord	28-mei	blauw-rood	149	54			36,2%	0,0%	0,0%
buiten noord	28-mei	blauw-geel	149	30			20,1%	0,0%	0,0%
buiten zuid	5-apr	rood-geel	399	685	1	5	171,7%	0,3%	1,3%
buiten zuid	10-apr	blauw-blauw	60	55			91,7%	0,0%	0,0%
buiten zuid	10-apr	groen-groen	60	67			111,7%	0,0%	0,0%
buiten zuid	19-apr	geel-geel	631	482	2	3	76,4%	0,3%	0,5%
buiten zuid	30-apr	roze-geel	504	222		8	44,0%	0,0%	1,6%
buiten zuid	14-mei	oranje-blauw	500	158			31,6%	0,0%	0,0%
ELFI Oostpoort	30-apr	roze-blauw	202	7		32	3,5%	0,0%	15,8%
ELFI Oostpoort	14-mei	oranje-geel	209			3	0,0%	0,0%	1,4%
sluis noord	5-apr	rood-groen	111			7	0,0%	0,0%	6,3%
sluis noord	19-apr	geel-groen	115	14		1	12,2%	0,0%	0,9%
sluis noord	30-apr	roze-groen	101	1			1,0%	0,0%	0,0%
sluis noord	14-mei	oranje-groen	100	9	2		9,0%	2,0%	0,0%
sluis zuid	5-apr	rood-oranje	103	6			5,8%	0,0%	0,0%
sluis zuid	19-apr	geel-oranje	107	4		1	3,7%	0,0%	0,9%
sluis zuid	30-apr	roze-oranje	102	14			13,7%	0,0%	0,0%
sluis zuid	14-mei	oranje-roze	105	6	1		5,7%	1,0%	0,0%

## 3.4 Aanbod 2024

### 3.4.1 Model A

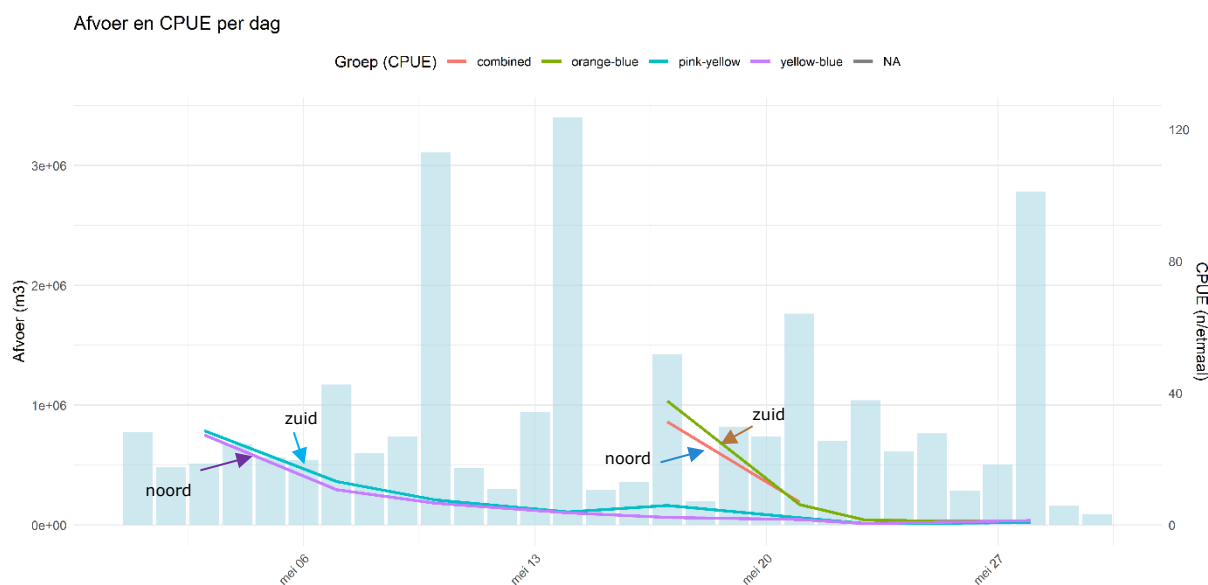
In totaal zijn er in de ELFI aan de zeezijde 19.880 glasalen gevangen in de periode 1 februari – 26 november 2024. Door middel van het merk-terugvangst experiment en model A wordt het aantal glasaal (aanbod) aan de zeezijde van de Tsjerk Hiddessluizen geschat op 25.874 glasalen in de periode 1 februari – 26 november 2024. In de periode 15 maart – 15 juni was het aanbod 19.220. De gemiddelde verblijftijd van deze vier groepen komt uit op 14,4 dagen (13,9, 10,0, 10,2, 23,6 dagen). We gaan er vanuit dat dit het aandeel actief klimmende glasalen is met een geschat dagelijks aanbod tot wel ruim 6.000 glasalen aan de zeezijde (Figuur 11). Met Model A wordt per dag berekend hoeveel glasalen er aan de zeezijde zijn. Sommige van deze glasalen blijven heel lang rondzwemmen en anderen zijn zo weg. Met andere woorden, het cumulatieve aantal over de gehele periode wordt gedeeld door de gemiddelde verblijftijd van 14,4 dagen (zie voor berekening bijlage 1). Het aandeel 'passieve migranten' én de actieve migranten die niet klimmen zijn in deze schatting niet opgenomen. Om deze wel mee te nemen moet model B worden gebruikt (zie paragraaf 2.3).



**Figuur 11.** Vangstverloop van de monitoring (blauw) aan de buitenzijde van het sluiscomplex (Buitenhaven). En een schatting van het aanwezige aantal glasalen aan de buitenzijde (rood) op basis van merk-terugvangst experimenten (Model A). De rode lijn geeft een schatting van het aantal glasaal wat aanwezig is in de haven bij Harlingen. Doordat sommige glasalen hier langere tijd rondzwemmen moet het werkelijke aanbod gecorrigeerd voor de gemiddelde verblijftijd (gem. 14,4 dagen waardoor grote kans op dubbelvangsten).

Om tot deze schatting van 25.874 glasalen én een vergelijking met voorgaande jaren te maken (zie paragraaf 3.5) te komen, moest eerst worden vastgesteld of er aan de zeezijde van het complex een homogene menging is van de gemerkte glasalen (zie paragraaf 2.3.1). Als er geen homogene menging was geweest betekent dat ook het aanbod een onderschatting was (bijvoorbeeld alleen de zuidelijke kant van de sluis waar de ELFI ligt). De groepen waarmee dit is gecontroleerd zijn tegelijkertijd op 30 april en op 14 mei uitgezet aan de noordzijde en de zuidzijde van het complex (Figuur 5). In alle gevallen zijn per zijde circa 500 stuks uitgezet<sup>10</sup>. Bij een goede menging zouden de terugvangsten van de groepen die aan de noordzijde zijn uitgezet en de groepen uitgezet aan de zuidzijde gelijke patronen moeten laten zien. Dit bleek zo te zijn: De som van de terugvangsten van de groepen uitgezet aan de noordzijde was 37,7% en van de groepen die aan de zuidzijde zijn uitgezet was dit 37,5%. Daarnaast zijn de terugvangstpatronen vrijwel gelijk (Figuur 12). Op basis hiervan kan worden aangenomen dat het niet uitmaakt of de glasalen nu aan de noordzijde of de zuidzijde van het complex uitzet. Hierdoor wordt aangenomen dat de ELFI gelegen aan de zuidzijde van het complex een goede weergave geeft van de aanwezigheid van glasalen aan de zeezijde van het sluiscomplex. Dit is belangrijk omdat in het verleden alleen gemerkte glasalen aan de zuidzijde zijn uitgezet en dus een goede weergave geven van het (klimmende) aanbod van glasaal. Voor de aantalsinschatting van 2024 is middels Model A alleen gerekend met glasalen die aan de zuidzijde zijn uitgezet voor een goede vergelijking met voorgaande jaren.

Omdat het volgens Figuur 12 niet uitmaakt waar de glasalen worden losgelaten, worden in de verdere analyse alleen de glasalen gebruikt die aan de zuidzijde zijn losgelaten. Deze keuze is gemaakt om een goede vergelijking met voorgaande jaren te maken waarbij de glasalen ook alleen aan de zuidzijde zijn losgelaten.



**Figuur 12.** Vangst (CPUE) in de ELFI aan de zeezijde van het sluiscomplex van gemerkte glasalen om te beoordelen of de terugvangkans van gemerkte glasalen gelijk is tussen verschillende locaties waar ze zijn losgelaten. Het betreft gemerkte glasalen die aan de noordzijde (paars en rood) of aan de zuidzijde (blauw en groen) van de haven zijn uitgezet. De ELFI waar de terugvangsten worden geregistreerd staat aan de zuidzijde.

#### Model B

Voor een totaal schatting van het aantal glasalen zijn de vangsten in de boezem gebruikt (voor uitleg zie paragraaf 2.3.2). In totaal zijn er 3.811 (M) glasalen gemerkt en losgelaten aan de buitenzijde van het sluiscomplex. In de ELFI bij gemaal Oostpoort zijn 2.491 (C) gevangen en 27 (R) teruggevangen (Tabel 4). Op basis hiervan wordt het aanbod geschat op  $339.268 \pm 11.590$  glasalen in de periode 1 februari – 26 november 2024. Dit is gebaseerd op de terugvangsten bij gemaal Oostpoort. Indien de terugvangsten van de ELFI in de boezem voor het bellenscherm ook worden meegenomen wordt het aanbod geschat op  $270.752 \pm 6.859$  glasalen (Tabel 4). Het aandeel klimmende migranten komt neer op 7,6-9,6% van het totale aanbod bij Harlingen (Tabel 4)<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Op 14 mei zijn aan de Noordzijde verschillende groepen tegelijk uitgezet, maar gecombineerd circa 500 stuks

<sup>11</sup>  $25.874/339.268=7,6\%$  of  $25.874/270.752=9,6\%$

**Tabel 4.** Tabel met aanbodschattingen op basis van terugvangsten in het achterland.

	M(ark)	C(atch)	R(ecapture)	N (aanbod)	SD
Oostpoort	3.811	2.491	27	339.268	11.590
Oostpoort + Boezem voor scherm	3.811	2.698	37	270.752	6.859

### 3.5 Aanbod 2020-2024

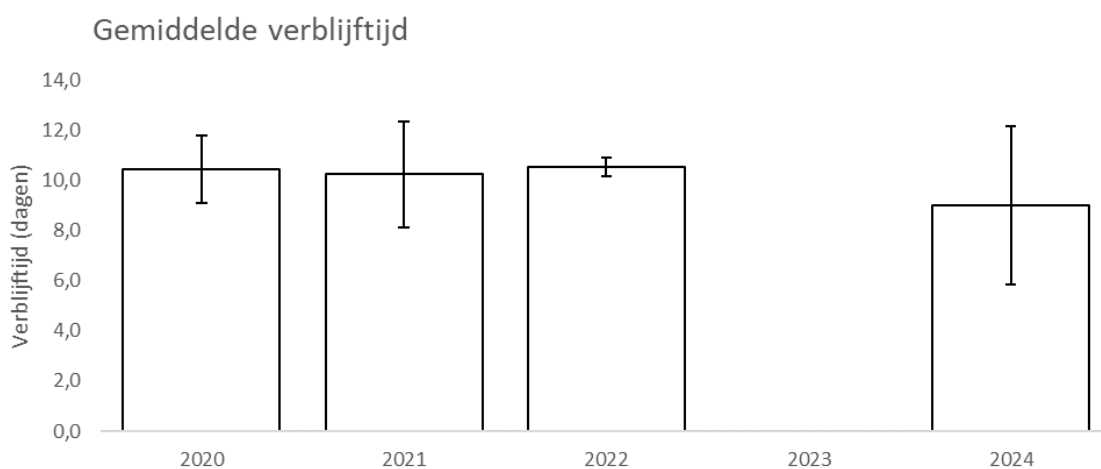
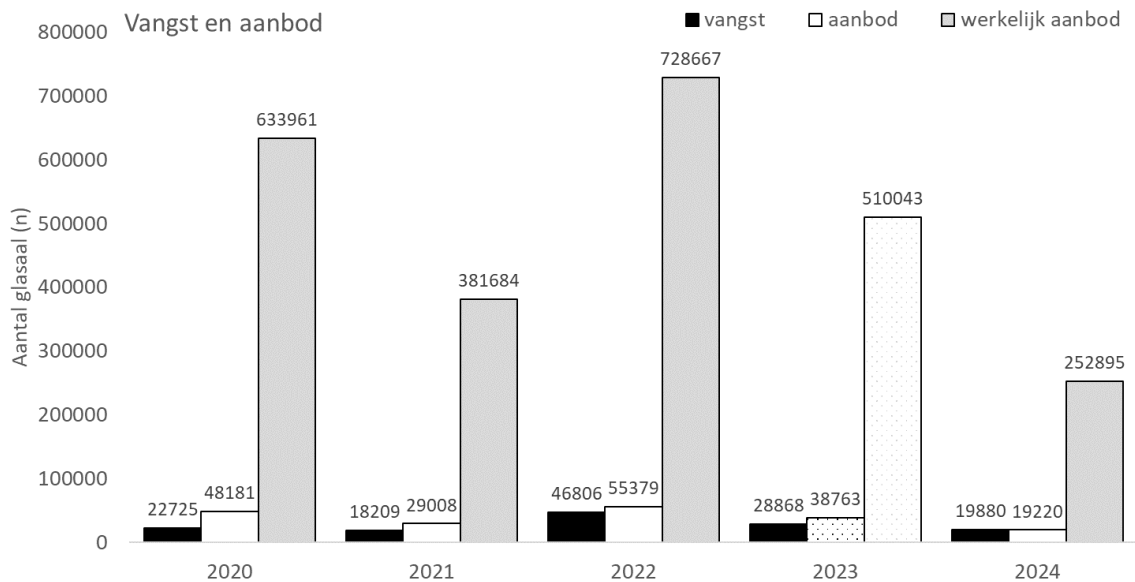
In de jaren 2020-2022 zijn vergelijkbare onderzoeken uitgevoerd waarmee – met model A - ook inschattingen zijn gemaakt van het glasaalaanbod. Dit is gedaan voor de periode half maart tot half juni. Om die schattingen te kunnen vergelijken met de aanbodschatting uit het onderhavige onderzoek is ook een aanbodschatting gedaan gebaseerd op de vangsten uit dezelfde periode (half maart – half juni; Tabel 5). Hieruit blijkt dat het geschatte aanbod in 2024 lager is dan in voorgaande jaren (Tabel 5, Figuur 13). De verblijftijd van de gemerkte glasalen is in 2024 ook iets lager in vergelijking met voorgaande jaren (Tabel 5, Figuur 13), maar kent een gelijke range in dagen als voorgaande jaren. Omdat deze schattingen alleen het aandeel klimmende glasalen betreft, moet er een correctie op worden toegepast. Aangenomen wordt dat het aandeel klimmende glasalen circa 10% is (Briand et al. 2005) van het totaal en in paragraaf 3.4.1 is vastgesteld dat dit voor Harlingen tussen de 7,6 en 9,6% is. Wanneer de gemeten aanbodschattingen voor het aandeel klimmende glasalen worden gecorrigeerd voor een totaal schatting, is het aanbod in 2024 in de periode half maart – half juni, ruim 250.000 glasalen (Figuur 13). Dit werd in het jaar 2022 op ruim 725.000 glasalen geschat.

**Tabel 5.** Tabel met aanbodschattingen op basis van terugvangsten in de ELFI bij de Tsjerk Hiddessluizen. Het betreft hier het aanbod van het klimmende gedeelte van de lokale glasaal populatie<sup>12</sup>.

Jaar	Vangst totaal	M (n)	R (n)	R (%)	T (dag)	Avg. T (dag)	Gemodelleerd aanbod klimmende glasalen (Model A)	
2020	22725	584	94	16%	9,3	10,5	48.181	
2020		484	311	64%	11,9			
2020		527	180	34%	9,3			
2020		576	273	47%	11,3			
2021	18209	320	135	42%	12,1	10,3	29.008	
2021		407	283	70%	11,8			
2021		300	218	73%	9,5			
2021		511	300	59%	7,6			
2022	46806	438	311	71%	10,9	10,5	55.379	
2022		459	358	78%	10,1			
2022		401	336	84%	10,6			
2022		446	341	76%	10,6			
2023	28868	geen vergelijkbaar onderzoek						
2024	19879	399	182	46%	12,5 (13,9)*	9,0	19.220 (25.874)*	
2024		500	277	55%	9,7 (10,0)*			
2024		504	332	66%	8,9 (10,2)*			
2024		500	239	48%	4,9 (23,3)*			

\*Gemeten over de gehele periode is weergegeven tussen haakjes. De periode vergeleken met voorgaande jaren is half maart – half juni.

<sup>12</sup> Het aandeel klimmende glasalen wordt geschat op circa 10% (Briand et al. 2005, de Koning 2023). Binnen deze rapportage wordt het geschat op 7,6-9,6%.



**Figuur 13.** BOVEN: Vangst van glasalen (n, **zwarte balk**), gemodelleerde aanbod klimmende glasalen (n, **witte balk**) en geschat totaal aanbod (n, **grijze balk**). In het jaar 2023 is geen merk-terugvangst experiment gedaan. In dit jaar zijn de aantallen geschat op basis van de vangst-aanbod ratio. ONDER: grafiek geeft de gemiddelde tijd weer tussen uitzetten en terugvangen (indicatie voor verblijftijd incl. SD).

## 3.6 Passage effectiviteit Tsjerk Hiddessluizen

### 3.6.1 Passage effectiviteit op basis van aanbod

In totaal zijn aan de boezemzijde van het sluiscomplex 3.810 gemerkte glasalen losgelaten. Hiervan zijn in totaal 102 teruggevangen in beide boezem-ELFI's. Met de (terug)vangsten van gemaal Oostpoort is berekend welk deel van het aanbod succesvol naar binnen is gekomen via de sluisen. Dit zijn er 89.000-95.000 glasalen op basis van verschillende benaderingen (Tabel 6). Op basis van de hoogste schatting is de passage-effectiviteit daarmee geschat op  $95.194$  (succesvolle passage) /  $339.268$  (totaal aanbod) = 28,1%. Met alle onzekerheden van de schattingen wordt de passage-effectiviteit van de Tsjerk Hiddessluizen gedurende het migratieseizoen geschat op circa 30%.

**Tabel 6.** Tabel met aanbodschattingen in het achterland.

	M(ark)	C(atch) Oostpoort	R(ecapture) Oostpoort	N (aanbod)	SD
Gemerkte glasalen losgelaten voor het bellenschermb	1.909	2.491	49	95.194	1.823
Gemerkte glasalen losgelaten na het bellenschermb	1.901	2.491	52	89.430	1.615
Totaal	3.810	2.491	102	92.204	856

### 3.6.2 Passage effectiviteit op basis van terugvangsten

De tweede aanpak om de effectiviteit te meten is op basis van verhouding in terugvangsten in de ELFI's in het achterland (boezem en gemaal Oostpoort) van gemerkte glasalen die zijn uitgezet aan de zeezijde. Als alle terugvangsten worden opgeteld, zijn er 16 gemerkte glasalen teruggevangen van 1.903 gemerkte glasalen die aan de zeezijde zijn losgelaten. Daar tegenover staan 49 van de 1.907 glasalen die in de boezem zijn losgelaten. Totaal maakt de terugvangstverhouding dan een passage-effectiviteit van 33% ( $(16/1903)/(49/1907)=0,33$ , Tabel 7). Van de individuele groepen ligt de range op 21-50% effectiviteit. Van de laatste groep zijn geen terugvangsten gevonden en kon er daarom geen berekening worden gedaan.

**Tabel 7.** vangstoverzichten van de gemerkte glasalen uitgezet aan de zee- en boezemzijde en bij gemaal Oostpoort zijn teruggevangen en de berekende passage-effectiviteit per uitzetting.

	Uitzetlocatie	Uitzetdatum	Uitgezet (n)	Terugvangst bij Oostpoort (n)	Terugvangst (%)	Passage eff. (%) <sup>13</sup>
Groep 1	Zee	5-apr-24	399	5	1%	
	Boezem		376	19	5%	25%
Groep 2	Zee	19-apr-24	500	3	1%	
	Boezem		501	14	3%	21%
Groep 3	Zee	30-apr-24	504	8	2%	
	Boezem		504	16	3%	50%
Groep 4	Zee	14-mei	500	0	0%	n.a.
	Boezem		526	0	0%	n.a.
Totaal	Zee		1903	16	1%	
	boezem		1907	49	3%	33%

<sup>13</sup> Bijvoorbeeld:  $(5/399)/(19/376) = 0,25$



### 3.7 Passage effectiviteit Bubble Barrier

De passage-effectiviteit van het bellenscherm wordt geschat op 94%. Dit is gebaseerd op het aanbod voor en achter het bellenscherm (zie voor aanbod op basis van voor en achter bellenscherm Tabel 6).  $89.430/95.194 = 94\%$

Echter, Het bellenscherm is gedurende het onderzoek alternerend uit en aan geweest. Hierdoor is een goede/betrouwbare inschatting van de passage-effectiviteit niet te maken.

### 3.8 Uitspoeling vanuit sluizen en boezem

De uitspoeling van glasalen die succesvol de boezem hebben weten te bereiken is gemeten met gemerkte glasalen die in de boezem zijn uitgezet (Tabel 8 boven) en weer aan de zeezijde zijn teruggevangen (Tabel 8 onder). De uitkomsten na berekening (m.b.v. formule in paragraaf 2.6) geven een indicatie van glasalen die na succesvolle passage weer naar de zee worden uitgespoeld (Tabel 9).

De uitspoeling vanuit de boezem naar zee is berekend op gemiddeld 8,9% (min 0,3 max 28,4%, Tabel 9). De hoogste waarde was gevonden voor groep 3 met 28,4% uitspoeling en groep 4 met 6,6% uitspoeling de laagste waarde. Voor de sluizen is de uitspoeling vastgesteld op noord: 10,2% (min 0,0% en max 28,5%) en 13,9% (zuid, 3,0-31,2%). Ook vanuit de zuidelijke sluis is er bij groepen 3 en 4 afwijkend hoge uitspoeling van 18,1-31,2%. Hetzelfde geldt voor gemerkte glasalen uit groep 3 en 4 die zijn uitgezet na het bellenscherm. Ook hiervan zijn relatief meer uitspoelingen naar de zee waargenomen evenals voor groep 3 die helemaal vanuit gemaal Oostpoort weer in de buitenhaven zijn gezien (7,9%).

De terugvangsten van groepen 3 en 4 geven voornamelijk hogere waarden voor de uitspoeling. Daarom zijn voor groep 3 en groep 4 aanvullende figuren gemaakt in relatie tot afvoer omdat deze glasalen mogelijk door spuien zijn uitgespoeld (Figuur 14 en Figuur 15). Op 30 april 2024 is in de avond van 19:45-22:45, 639.903m<sup>3</sup> gespuid, wat ruim boven het dagelijks gemiddelde ligt (zie ook Figuur 14). Op 14 mei is er in de ochtend voor 10:00 een afvoermoment geweest en in de avond een kort spui moment geweest tussen 21:30-22:00 van 224.203 m<sup>3</sup>. Bij de groepen 1 en 2 (5 en 19 april) zijn er geen spui moment geweest op de dag van uitzet, wat verklaard dat het uitspoelpercentage vanuit de boezem de groepen lager ligt.

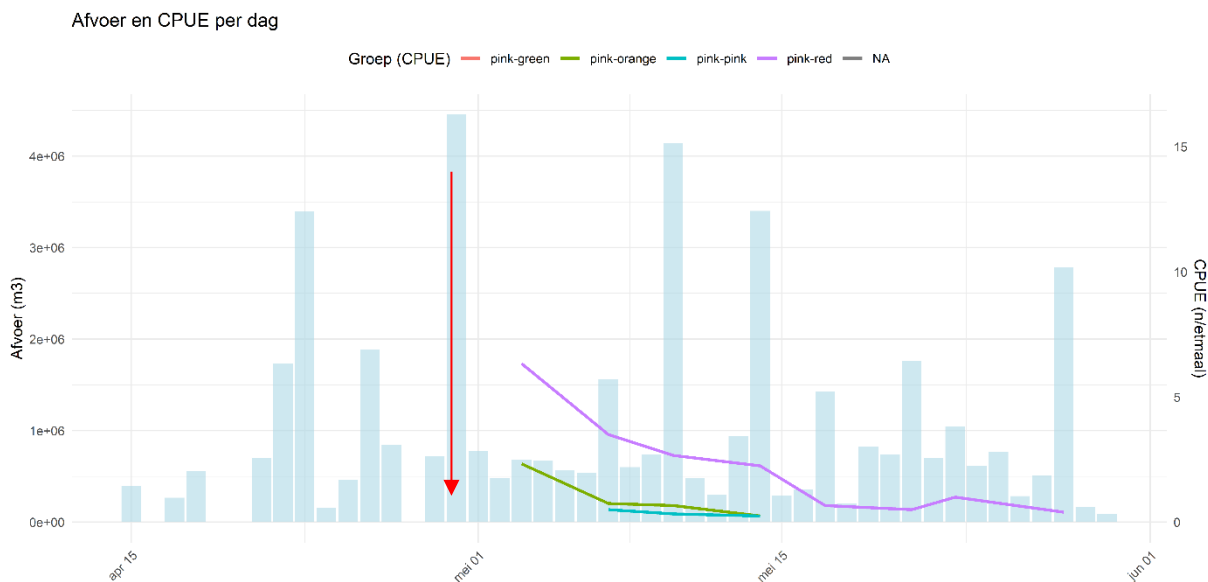
**Tabel 8.** Tabel met overzicht van het aantal gemerkte (boven) en het aantal teruggevangen gemerkte (onder) glasalen per groep en per locatie. De betreft terugvangsten in de ELFI aan de zeezijde van het complex. Deze glasalen zijn dus vanuit de boezem weer richting zee gegaan en gevangen in de ELFI aan de zeezijde. Groep 1 = 5 april, 2=19 april, 3=30 april en 4=14 mei.

	M Buitenhaven	M sluis Noord	M sluis Zuid	M Boezem voor scherm	M Boezem na scherm	M ELFI Oostpoort
Groep 1	399	111	103	376	386	
Groep 2	500	115	107	501	505	
Groep 3	504	101	102	504	507	202
Groep 4	500	100	105	526	503	209
Totaal	1903	427	417	1907	1901	411

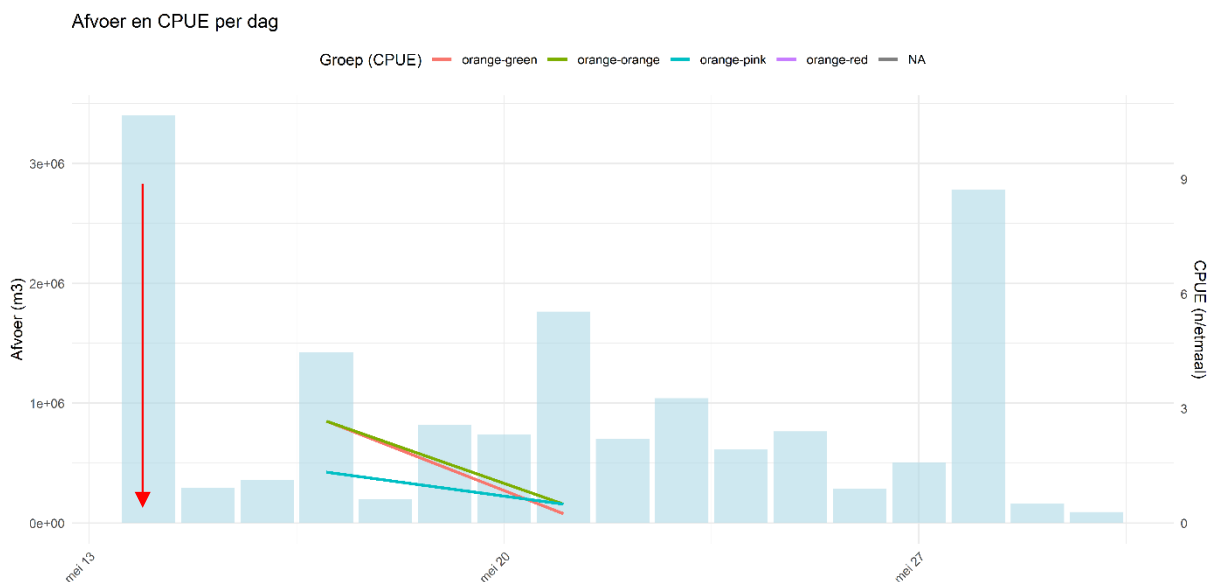
	R Buitenhaven	sluis Noord	sluis Zuid	Boezem voor scherm	Boezem na scherm	ELFI Oostpoort
Groep 1	685	0	6	2	0	
Groep 2	613	14	4	3	5	
Groep 3	222	1	14	63	4	7
Groep 4	158	9	6	11	2	0
Totaal	1678	24	30	79	11	7

**Tabel 9.** Tabel met berekeningen voor de vangst efficiëntie van de ELFI aan de zeezijde (R/M, Tabel 8) en de geschatte uitspoeling per groep gecorrigeerd voor de vangst-efficiëntie. \*Voorbeeld berekening groep 2 voor sluis Noord: R=14 (Tabel 8, onder), vangst efficiëntie (Tabel 8:  $613/500=1,23$  of 123%) en M=115 (Tabel 8) geschatte kans op uitspoeling:  $(14/1,23)/115 = 9,9\%$ .

	M Buitenhaven	sluis Noord	sluis Zuid	Boezem voor scherm	Boezem na scherm	ELFI Oostpoort
	Vangst efficiëntie ELFI buiten	Geschatte uitspoeling gecorrigeerd voor vangst efficiëntie				
Groep 1	172%	0,0%	3,4%	0,3%	0,0%	
Groep 2	123%	9,9%*	3,0%	0,5%	0,8%	
Groep 3	44%	2,2%	31,2%	28,4%	1,8%	7,9%
Groep 4	32%	28,5%	18,1%	6,6%	1,3%	0,0%
Totaal	88%	6,4%	8,2%	4,7%	0,7%	1,9%
Gemiddeld uitspoeling		10,2%	13,9%	8,9%	1,0%	3,9%



**Figuur 14.** Terugvangsten van glasalen die in de boezem zijn uitgesetzt op 30 april (groepen van uitzetmoment 3: 'groep 3') en teruggevangen zijn (als gevolg van uitspoeling of migratie) naar zee. De gekleurde lijnen geeft het terugvangstverloop weervan de ELFI aan de zeezijde van het complex. De blauwe staven geven de afvoer weer (in m<sup>3</sup>/dag) en de rode pijl van het moment van uitzetten.



**Figuur 15.** Terugvangsten van glasalen die in de boezem zijn uitgesetzt op 14 mei (groepen van uitzetmoment 4: 'groep 4') en teruggevangen zijn (als gevolg van uitspoeling of migratie) naar zee. De gekleurde lijnen geeft het terugvangstverloop weervan de ELFI aan de zeezijde van het complex. De blauwe staven geven de afvoer weer (in m<sup>3</sup>/dag) en de rode pijl van het moment van uitzetten.

---

## 3.9 Wegspoeling in relatie tot spuievents

In aanvulling op de vorige paragraaf is verder in detail bekeken wat het terugvangstverloop is van de groepen gemerkte glasalen die in de buitenhaven zijn uitgezet. De focus ligt hier met name op het eerste en het tweede moment van het controleren van de ELFI ná het uitzetten. Bij alle groepen is berekend wat het terugvangstpercentage is van het eerste en het tweede terugvangmoment. Dat is het percentage van het oorspronkelijk uitgezette vissen van de desbetreffende groep. De verwachting is dat het percentage daalt door wegtrekken, migreren, of anders (zie paragraaf 2.6.1).

### *Terugvangstpercentage eerste en tweede moment*

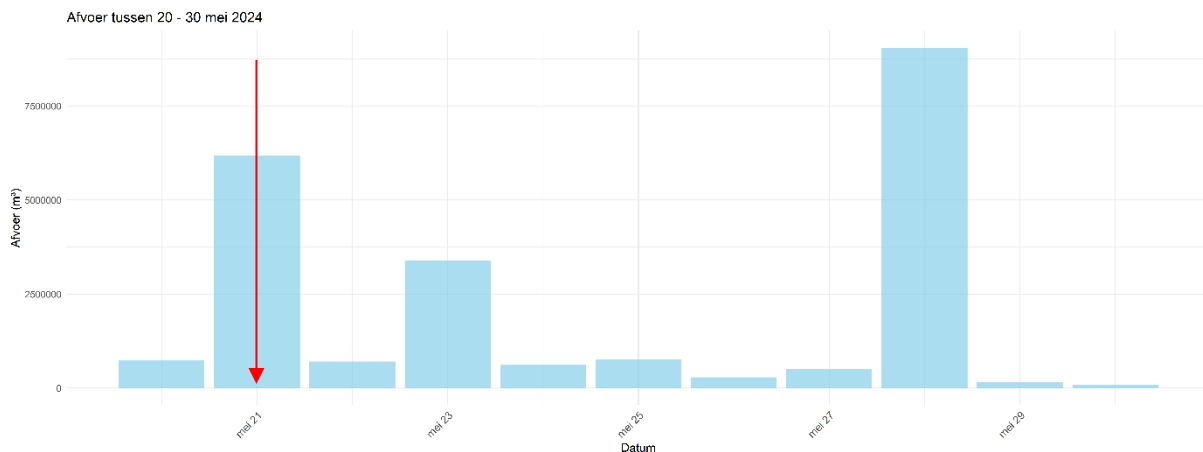
In vrijwel alle gevallen is het terugvangstpercentage van de eerste groep hoger dan de tweede (aangeduid met een groene pijl in Figuur 16). In tegenstelling tot al deze momenten is op 28 mei juist een hoger terugvangstpercentage geweest bij het tweede terugvangmoment. Met andere woorden er zijn meer glasalen teruggevangen bij het tweede moment. Dat is afwijkend van wat er verwacht wordt (zie paragraaf 2.6.1). Een verklaring is dat deze alen die op 21 mei zijn uitgezet (rode pijl Figuur 17) zijn weggespoeld omdat er op die dag van 14:30-17:30 een spuievent is geweest van 441.150 m<sup>3</sup> water (Figuur 17). Dit was slechts enkele uren na uitzet van de glasalen. Het eerste terugvangmoment geeft ook opvallend lage aantallen van 0,7 en 2,0%. Bij het tweede moment zijn de percentages hoger met 7,3 en 10,7%. Een verklaring is dat de glasalen weer terug zijn gezwommen wat zichtbaar is gemaakt in de vangst van de ELFI in de Buitenhaven.

### *Terugvangstpercentage verloop door het seizoen*

Hoewel de verwachting is dat het terugvangen van gemerkte glasalen oploopt, door hogere watertemperaturen, is dit niet het geval. In tegenstelling tot de verwachting is het terugvangstpercentage van de eerste groepen (in april), met 20-46%, hoger dan de latere 0,7-22,6% (in mei, Figuur 16 boven). De groepen na 23 april hebben allemaal een lager eerste terugvangstpercentage. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat bij de eerste groepen er niet of nauwelijks is gespuid tijdens of na het uitzetten (Figuur 10), terwijl dat bij de groepen na 23 april wel het geval is. Bij de latere groepen is er eigenlijk consequent in meer of mindere mate gespuid, wat mogelijk voor het wegspoelen van glasalen zou hebben kunnen zorgen.



**Figuur 16.** Terugvangst percentages in de ELFI in de buitenhaven van het eerste terugvangmoment (boven) en het tweede terugvangmoment (onder) van de verschillende gemerkte groepen uitgezet in de buitenhaven. De pijlen geven aan of het tweede moment een lager percentage is (groen) en een hogere (rood).



**Figuur 17.** Afvoer (m<sup>3</sup>/dag) in de periode 20-30 mei 2024 met in rood het uitzet moment van groepen blauw-roze en groen-oranje (corresponderend met Figuur 16).

### Terugvangsten elders langs de kust

Doordat WMR/VSN een groot netwerk heeft van ELFI's langs de kust kon er ook gekeken worden of gemerkte glasalen elders zijn opgedoken. Er zijn in totaal vijf gemerkte glasalen op andere plekken teruggevangen bij Kornwerderzand en Den Oever. De migratiesnelheid van deze glasalen lag op 1,0-5,2 km/dag (Figuur 18). Dit waren vissen uitgezet op 30 april, teruggevangen bij Den Oever en vissen uitgezet op 5 april, 14 mei en 28 mei die zijn teruggevangen bij Kornwerderzand. Ook is een glasaal als elver teruggevangen na 170 dagen bij Harlingen zelf. Deze had bij terugvangst een gewicht van 1,26 gr en was 10,5cm lang.



**Figuur 18.** Terugvangsten van gemerkte glasalen elders in de Waddenzee.

---

## 4 Discussie en conclusie

### **Wat is het totale aanbod en verblijftijd van glasaal bij Harlingen ten opzichte van voorgaande jaren?**

Het aanbod bij Harlingen in 2024 is geschat op circa 340.000 glasalen in de periode 1 februari – eind november (vrijwel het hele seizoen). In de periode half maart – half juni werd het aanbod geschat op 250.000 glasalen. In voorgaande jaren varieerde het aanbod in diezelfde periode (half maart-half juni) van 380.000-730.000 glasalen in het seizoen. Al met al komen er bij Harlingen jaarlijkse 100.000-en glasalen met in sommige jaren bijna 1.000.000 aan. Dat maakt Harlingen een belangrijke intreklocatie voor glasaal in Nederland (Griffioen et al. 2025a). In de Nationale Glasaal Knooppunten lijst is Harlingen beoordeeld als een *prioritair knelpunt*. Op die beoordeling is Harlingen ook een locatie die in de top van Nederland valt wat betreft aanbod. Ter vergelijking is in 2022 en 2023 bij de Nieuwe Waterweg een vergelijkbaar aanbod geschat van 600.000-700.000 glasalen (Griffioen et al. 2024a) en bij de Bathse spuisluis in 2022, 500.000 glasalen (Ploegaert and Kooiman 2022). In piekjaren is bij IJmuiden een aanbod van ruim 10.000.000 glasalen gevonden, maar ligt het aanbod normaliter rond de 2 miljoen (Griffioen et al. 2024b, Griffioen et al. 2025a). Harlingen valt daarmee in de categorie *grote intrek locaties*, dat zijn locaties met een groot aanbod (>200.000 glasalen). Echter, het is een knelpunt omdat er een matige-lange verblijftijd is (cat. >10 dagen en vangkans van >52%) en een matige passage-effectiviteit (cat. 20-50%). Omdat de uittrekkansen voor schieraal in principe ook veilig zijn (geen schadelijke pompen), komt Harlingen als een *prioritair knelpunt* uit. Met andere woorden, hier liggen kansen voor aal. De glasaal die erin komt, zou er in theorie ook weer veilig uit kunnen komen (afgezien van eventuele visserij en andere pompen in het achterland).

### **Wat is de passage-effectiviteit van de Tsjerk Hiddessluizen?**

De gemeten passage-effectiviteit van de Tsjerk Hiddessluizen wordt geschat op minimaal 30% (range: 28-50%). Dit is op landelijke schaal *matig* in vergelijking met andere locaties (Griffioen et al. 2025a). De matige passage-effectiviteit heeft ook te maken met het spuien van zoetwater. Hoewel deze zoetwaterstroom veel glasalen aantrekt, zorgt het er ook voor dat glasalen die succesvol naar binnen zijn gekomen ook weer terug de zee op worden gespoeld of vanuit de buitenhaven worden weggespoeld (zie volgende vraag). De berekening van de passage-effectiviteit is een resultante van alle processen. De passage-effectiviteit kan in werkelijkheid dus hoger liggen als glasalen niet zouden worden uitgespoeld. Dit is iets wat ook op andere locaties is onderzocht zoals bij Katwijk (Griffioen et al. 2025b) en de Bathse spuisluizen (Ploegaert and Kooiman 2022). Het lot van de glasalen die niet intrekken is onbekend en zal een combinatie zijn van dispersie naar andere locaties, settelen in de buitenhaven en predatie (Du Colombier et al. 2007, Miyake et al. 2018, Griffioen et al. 2024b). Zo duikt een deel van de glasalen op bij de Afsluitdijk (dispersie naar Den Oever en Kornwerderzand). Eerdere onderzoeken wezen uit dat een deel uitkomt bij Roptazijl (ongepubliceerde resultaten WMR). Dit jaar (2024) is er een glasaal na 170 dagen als elver teruggevangen. Mogelijk dat deze was gesetteld in de buitenhaven of dat deze na succesvolle intrek als elver waar naar de buitenhaven is gegaan.

### **Hoeveel glasalen spoelen er weer uit met het schutten en of spuien?**

Binnen het onderzoek zijn voldoende aanwijzingen naar voren gekomen dat er bij de Tsjerk Hiddessluizen verbetering van de passage-effectiviteit nodig (en mogelijk) is. Uit het onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat de passage-effectiviteit matig is met minimaal 30%, maar dat deze hoger zou kunnen zijn als glasalen na succesvolle intrek niet weer worden uitgespoeld. Naast de fysieke barrière lijkt een groot issue op deze locatie het wegspoelen (uit de buitenhaven) en het uitspoeling (uit de boezem) van glasalen een probleem. De wegspoeling uit de Buitenhaven werd geschat op 8-22% (Tabel 10). Deze glasalen zullen waarschijnlijk elders wel hun plek vinden zoals bij Den Oever of Kornwerderzand, maar gelden als verlies voor de intrek bij Harlingen. Glasalen die wel succesvol intrekken lopen het risico om weer uitgespoeld te worden oplopend tot wel 28% (Tabel 9).

#### *Uitspoeling uit de boezem*

De uitspoeling vanuit de boezem is verschillend en afhankelijk van spuien. Binnen het onderzoek zijn voornamelijk de periode rond 30 april en 14 mei tijdens uitzetting van glasalen vanuit de boezem weggespoeld.

Vanuit de boezem zijn er toen 6.6-28.4% van de glasalen uit de boezem weer weggespoeld. In perioden dat er nauwelijks werd gespuid is er ook minder uitspoeling waargenomen. Ook is gezien dat een deel van de uitgespoelde (?) glasalen na een flinke spui-event weer opduiken nabij de sluis (Figuur 16). Wegspoeling met spuien is iets wat in andere onderzoeken ook is gezien of wordt gesuggereerd (Griffioen et al. 2014, Ploegaert and Kooiman 2022, Griffioen et al. 2025b). Binnen het onderzoek bij Harlingen is gezien dat hoe verder de glasalen op het kanaal zijn, hoe minder de kans is dat de glasalen weer de zee op worden gespoeld. Daarom is het wenselijk de glasalen zo snel mogelijk bij de sluisen weg te houden en een vrije doorgang naar het achterland te bieden. Obstakels in het kanaal zijn daarbij niet wenselijk. Hoewel het bellenscherm binnen dit onderzoek geen hinder laat zien (94% passage), is het onbekend of er ook geen hinder is als er gewerkt wordt met een continu blazend scherm. Binnen het onderzoek in 2024 heeft het scherm namelijk alternerend uit en aan gestaan.

#### *Wegspoeling uit de haven*

Een deel van de glasalen is teruggevangen bij de Afsluitdijk. Doordat er in het verleden daar merk-terugvangst experimenten zijn gedaan, kan er een schatting worden gemaakt hoeveel procent van die groep die route heeft genomen. Bij de Afsluitdijk is de vangkans van een glasaal vrij laag: bij Kornwerderzand gemiddeld per ELFI 2,2-3,1% en Den Oever gemiddeld per ELFI 5,5-7,2% (Griffioen et al. 2025a). Een terugvangst van totaal 3 geel-blauwe glasalen vanuit Harlingen bij Den Oever zal (rekening houdende met de vangkans) omgerekend dus zo'n 42-55 glasalen betekenen (Tabel 10). Deze 42-55 glasalen zijn zo'n 10% van het origineel uitgezette aantal van 503 geel-blauw gemerkte glasalen. De migratiesnelheid voor deze glasalen ligt op de Waddenzee op zo'n 1,0-5,2 km/dag.

**Tabel 10.** Schattingen van aantallen gemerkte glasalen die dezelfde route hebben genomen als de teruggevangen glasalen bij Den Oever en Kornwerderzand.

Terugvangstlocatie	Lokale vangkans	Aantal uitgezet Harlingen in buitenhaven	Aantal teruggevangen	Groep	Minimaal weggetrokken van die groep
Den Oever	5,5-7,2%	503*	3	Geel-blauw	~10%
Kornwerderzand	2,2-3,1%	399	1	Rood-geel	~8%
Kornwerderzand	2,2-3,1%	150*	1	Groen-rood	~22%
Kornwerderzand	2,2-3,1%	149*	1	Blauw-rood	~22%

\*in werkelijkheid zijn er die dag meer gemerkte glasalen uitgezet.

#### **Vormt de 'Bubble Barrier' aan de boezemzijde van het sluiscomplex een extra barrière voor glasaal?**

Het bellenscherm is gedurende het onderzoek alternerend uit en aan geweest. Hierdoor is een directe koppeling van de passage-effectiviteit niet te maken. Echter, over de hele looptijd van het project is het aanbod van de gemerkte glasalen op basis van gemerkte glasalen voor het scherm en na het scherm vrijwel gelijk. De passage-effectiviteit is daarmee geschat op 94% bij een alternerend aan-uit bellenscherm.

---

## 5 Aanbevelingen

### *Rinketten beheer voor vismigratie*

De eerste aanbeveling is om vismigratie te faciliteren via de rinketten van de sluizen. De sluizen worden bij Harlingen vooral het hele jaar gebruikt (op werkdagen) tussen 06:00-22:00uur. In het weekend is dit korter (za: 06:00-20:00 en zo: 09:00-17:00). Glasalen migreren met name 's nachts (Tesch 2003), bij opkomend water (Dekker and van Willigen 1997, Bult and Dekker 2007, Griffioen et al. 2014). Glasalen zullen voor de migratie daarom afhankelijk zijn voor kansen gedurende de nacht/donker periode. Intrek kan daarom bevorderd worden door migratie 's nachts mogelijk te maken. Dit kan door gebruik te maken van de rinketten. Daarom wordt aanbevolen om de rinketten van de sluizen voornamelijk in de nacht open te zetten bij opkomend water. Dit zal vooral voor kleine diadrome vis helpen die met de getijstroom mee richting de boezem gaan. Als deze rinketten al worden opengezet bij een waterniveau lager dan de boezem, dan ontstaat er een lokstroom vanuit de boezem die bij gelijk peil of hoger peil omslaat naar intrekende waterstroom. Glasalen kunnen meeliften met deze intrekende waterstroom. Een en ander zal technisch getest moeten worden, maar kan mogelijk goede kansen bieden voor verbetering zoals ook bleek bij vergelijkbare locaties in België (Mouton et al. 2011, Mouton et al. 2014, Van Wichelen et al. 2022). Dit kan, indien technisch mogelijk, worden aangevuld met het (tijdelijk) openzetten van de sluisdeuren aan de zee kant en het aangepaste rinketten beheer bij de deuren aan de boezemkant.

**Aanbeveling 1: Vismigratie via rinketten faciliteren. Rinketten openzetten met opkomend water gedurende de donkerperiode. Idealiter worden de sluisdeuren aan de zeezijde opengezet en wordt het rinkettenbeheer bij de boezemdeuren toegepast.**

### *Timing spuien*

De tweede aanbeveling is om het spuiregime aan te passen aan de migratie van glasaal. Het negatieve effect van wegspoelen en uitspoelen van glasaal uit de buitenhaven of uit de boezem als gevolg van spuien op de passage-effectiviteit is binnen dit onderzoek duidelijk zichtbaar geworden. Dit kan een effect zijn geweest van de proefopzet waarbij uitgezette glasalen mogelijk gedesoriënteerd waren, iets wat bij IJmuiden ook wel is gesuggereerd (Griffioen et al. 2019). Aan de ene kant zorgt de sterke spuiroom met grote volumes er juist voor dat glasalen worden aangetrokken tot deze locatie, maar als ze eenmaal bij de sluizen zijn aangekomen is er een risico tot wegspoeling. Daarom wordt aanbevolen het spuien met grote volumes vooral overdag te doen wanneer glasalen in principe minder actief zijn of een schuilplek hebben. Daarnaast zorgt deze spuiroom voor een lokwerking van glasalen in de Waddenzee. In de (voor)avond wordt aanbevolen om niet met grote volumes water te spuien, maar dit beschikbare water te gebruiken om glasalen naar de sluizen te lokken. Vervolgens kan met rinketten (aanbeveling 1) een kleine inwaartse stroom worden gecreëerd waarop glasalen mee kunnen liften. Ook wordt aanbevolen in het achterland (het kanaal) geen belemmering op te werpen voor glasaal zodat deze makkelijk stroomopwaarts kunnen migreren en daardoor minder risico op uitspoeling lopen.

**Aanbeveling 2: Grote volumes spuiwater overdag inzetten om glasalen te lokken. In de avond en in de nacht grote volumes spuien vermijden om wegspoeling te voorkomen. Aanbevolen wordt om het huidig spuibehoor beter aan te laten sluiten bij de timing en het gedrag van glasaal intrek. Het achterland van de sluizen moet een vrije doorgang geven aan glasaal zodat het risico op uitspoeling laag is.**

### *Loze schuttingen*

Indien het rinketten beheer niet werkt, is een derde aanbeveling om het sluisbeheer aan te passen aan de migratie van glasaal door de tijden van bediening te verruimen. Bij IJmuiden is gebleken dat het gebruik van de sluizen 24/7 van groot belang is voor een succesvolle passage richting het achterland (Griffioen et al. 2024b). Immers, glasalen migreren met name 's avonds en 's nachts. Omdat bij Harlingen de sluizen 's nachts niet ingezet worden, is dat op deze locatie beperkend voor de migratie. Daarom wordt aanbevolen om in de avonduren schuttingen te doen. Indien rinkettenbeheer (zie vorig punt) niet mogelijk is of voldoende is wordt daarom aanbevolen de sluizen ook in de donkerperiode te bedienen. Dit moet dan vooral in de piekmaanden



---

van de migratie in maart-mei (met nadruk op april) plaatsvinden en in de avonduren in ieder geval na zonsondergang.

**Aanbeveling 3: Vismigratie via schuttingen in de donkerperiode, na zonsondergang, faciliteren door sluis bediening te verruimen. Indien rinkettenbeheer (aanbeveling 1) niet werkt. Dan wordt aanbevolen om het bedienen van de sluizen verruimen naar donkerperiode (na zonsondergang).**

#### *Aanbrengen van structuren*

Een laatste aanbeveling heeft, door een gebrek aan kennis over de effectiviteit, weliswaar minder prioriteit, maar kan op termijn mogelijk in een later stadium (bij meer kennis) de migratie van glasaal helpen. Het zal lang niet altijd mogelijk zijn het spuiregime aan te passen aan de glasaalintrek en daarom zal het gevaar van weg- en uitspoelen blijven bestaan. Daarom is het ook de moeite waard om te verkennen of structuren of luwe plekken in de buitenhaven mogelijk ervoor kunnen zorgen dat vis zich kan handhaven in de buitenhaven tijdens spuien. Echter, in de huidige situatie is het ook al zo dat er voldoende luwe hoeken te vinden zouden zijn omdat er niet met beide sluizen wordt gespuid. Daarnaast is er heel weinig bekend over de effecten van dit soort structuren op vis. Hoewel dit een goede maatregel kan zijn, is de verwachting dat met aanbeveling 1 de meeste winst te behalen is. Aanbeveling 4 geldt als een aanvullende maatregelen, maar met onzekerheid over de effectiviteit.

In aanvulling op een soortgelijke proefopzet (zie volgende paragraaf 5.1) zoals de huidige proefopzet, is het aan te bevelen om te verkennen wat habitatstructuren voor effect hebben op kleine diadrome vis in havens om te voorkomen dat deze worden weggespoeld. Dit kan onderzocht worden met gemerkte vissen die wel of niet worden losgelaten bij aangebrachte structuren. Een en ander is ook vergelijkbaar met een soft-release van gemerkte glasalen zoals uitgevoerd bij de Bathse spuisluis (Ploegaert and Kooiman 2022). Hierover is voorzover bekend geen kennis over in relatie tot trekvis.

**Aanbeveling 4: Het aanbrengen van structuren in de buitenhaven kan het wegspoelen van glasalen voorkomen. Deze structuren kunnen zorgen dat glasalen zich beter kunnen handhaven bij grote spuibolumes. Echter, effectiviteit van deze maatregelen is onbekend. Daarom: Voor een verhoging van de passage-effectiviteit zal moeten worden ingezet op aanbeveling 1-3, maar aanbeveling 4 zal op termijn mogelijk kunnen bijdragen aan succesvolle migratie richting de Friese boezem.**

## 5.1 Onderzoek na aanpassing

Indien op deze locatie aanpassingen en verbeteringen zijn gedaan zoals aangepast rinkettenbeheer, loze schuttingen of aangepast spui-beheer wordt aanbevolen het onderzoek te herhalen om het effect van de maatregelen op de passage-effectiviteit inzichtelijk te maken. Het doel van die monitoring is om de passage-effectiviteit te kunnen bepalen en te kunnen vergelijken met de berekende passage-effectiviteit in het onderhavige onderzoek. Hier zou een gelijke, maar minder uitgebreide, proefopzet met gemerkte glasalen de basis kunnen zijn. De ELFI in de boezem is voor een vervolg onderzoek niet nodig, maar de ELFI bij Oostpoort wel. In het huidige onderzoek is gebleken dat er met minder gemerkte glasalen voldoende gegevens kunnen worden verzameld, maar wel zijn er minimaal 4 uitzetmomenten nodig.

De volgende (beknopte) opzet wordt aanbevolen

- ELFI zeezijde: deze zal glasaal vangen voor het experiment. Met deze ELFI kan ook de verblijftijd worden geschat (Model A).
- ELFI Oostpoort: Met vangsten en terugvangsten kan de passage-effectiviteit (volgens methode beschreven in 2.4.1 en 2.4.2) en het aanbod worden geschat (volgens 2.3.2).
- De volgende gemerkte glasalen zijn minimaal nodig: buitenhaven alleen zuidzijde (minimaal 4x500), boezem dichtbij (minimaal 4x500) en boezem veraf (minimaal 4x500).

Indien de maatregelen effect hebben zou er een hogere passage efficiëntie worden verwacht en daarnaast ook een kortere verblijftijd (Model A) aan de buitenzijde van de sluizen. Dit kan eventueel ook gepaard gaan met een kleinere vangkans in de buitenhaven. Dit zou een gevolg kunnen zijn van een betere migratie van glasalen vanuit de Buitenhaven naar de boezem.

---

## 6 Dankwoord

Voor dit onderzoek willen wij (WMR en VSN) de diverse medewerkers bedanken voor het merken van de glasalen: Erika Koelemij, Alessa Mattens, Vincent Roberts, Lyda Mesquita Vieira de Barros Neta, Nathalie van der Wiel en Sybe Duckers. Ewout Blom voor de lab faciliteiten. Koen Linschoten (VSN) voor de vele ritjes richting Harlingen en Paul Boersma (Beroepsvisser) voor de assistentie in het veld. Verder willen wij de diverse lokale objectbeheerders bedanken voor de toegang van het terrein. Harmen de Vries (Wetterskip) voor de hulp bij gemaal Oostpoort en als laatste onze opdrachtgever Wouter Patberg voor het begeleiden van het onderzoek en leveren wat watergegevens.

---

# 7 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

---

# Literatuur

- Briand, C., D. Fatin, E. Feunteun, and G. Fontenelle. 2005. Estimating the stock of glass eels in an estuary by mark-recapture experiments using vital dyes. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*:23-46.
- Bult, T. P., and W. Dekker. 2007. Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (*Anguilla anguilla*) at the interface of fresh and salt water. *Ices Journal of Marine Science* **64**:1396-1401.
- de Koning, M. 2023. Implications for estimating glass eel abundance: seasonal variation in climbing propensity. BSc Research Project Report Animal Sciences, Biology, Leiden University and Wageningen Marine Research.
- Dekker, W., and J. van Willigen. 1997. Hoeveel glasaal trekt het IJsselmeer in? - verslag van een merkproef met glasaal te Den Oever in 1997. RIVO rapport nr C062/97.
- Du Colombier, S. B., V. Bolliet, P. Lambert, and A. Bardonnnet. 2007. Energy and migratory behavior in glass eels (*Anguilla anguilla*). *Physiology & Behavior* **92**:684-690.
- Griffioen, A. B., M. Schiphouwer, M. Groen, A. N. van Wijk, T. v. d. Hammen, C. Nijholt, I. van der Knaap, P. Philipsen, and H. V. Winter. 2025a. Nationale glasaal knooppuntenlijst - Een eerste aanzet voor een nationale lijst van knooppunten, barrières en knelpunten voor glasaal in Nederland. Wageningen Marine Research rapport C0005/25.
- Griffioen, A. B., J. School, P. Philipsen, B. van Wijk, A. Grundlehner, T. Roebbers, O. A. van Keeken, and H. V. Winter. 2024a. Glass eel and yellow eel migration in the Rhine Meuse estuary - A mark recapture study spring 2022 and 2023. Wageningen Marine Research report C036/24.
- Griffioen, A. B., J. J. M. School, and B. v. Wijk. 2025b. Voorkomen en gedrag van glasaal bij gemaal Katwijk : Een merk-terugvangst experiment naar de vispassage-effectiviteit van de viskoker bij gemaal Katwijk in het voorjaar van 2024. Wageningen Marine Research, IJmuiden.
- Griffioen, A. B., T. Wilkes, O. A. van Keeken, T. van der Hammen, A. D. Buijse, and H. V. Winter. 2024b. Glass eel migration in an urbanized catchment: an integral bottleneck assessment using mark-recapture. *Movement Ecology* **12**:15.
- Griffioen, A. B., H. V. Winter, O. A. v. Keeken, C. Chen, E. v. Os-Koomen, S. Schoenlau, and T. Zawadowski. 2014. Verspreidingsdynamiek, gedrag en voorkomen van diadrome vis bij Kornwerderzand t.b.v. de VismigratieRivier. IMARES, IJmuiden Rapport / IMARES : C083/14.
- Griffioen, A. B., H. V. Winter, O. A. v. Keeken, and B. v. Houten. 2019. Intrek van glasaal en driedoornige stekelbaars in het Noordzeekanaal voorjaar 2018. Wageningen Marine Research rapport C054/19.
- ICES. 2023a. ICES scientific reports - wgeel country reports wgeel. ICES SCIENTIFIC REPORTS 05:98.
- ICES. 2023b. Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL). ICES Scientific Reports. **5:98**. :175 pp. .
- Mesquita Vieira de Barros Neta, L. 2024. Glass eels (*Anguilla anguilla*) immigration at a coastal barrier in the Netherlands - Research internship report. MSc Internship - MAE70333 (33 ECTS) Chair group: MAE.
- Miyake, Y., A. Takeshige, H. Itakura, H. Itoh, H. Onda, A. Yamaguchi, A. Yoneta, K. Arai, Y. V. Hane, and S. Kimura. 2018. Predation on glass eels of Japanese eel *Anguilla japonica* in the Tone River Estuary, Japan. *Fisheries Science* **84**:1009-1014.
- Mouton, A. M., S. Huysecom, D. Buysse, M. Stevens, T. Van den Neucker, and J. Coeck. 2014. Optimisation of adjusted barrier management to improve glass eel migration at an estuarine barrier. *Journal of Coastal Conservation* **18**:111-120.
- Mouton, A. M., M. Stevens, T. Van den Neucker, D. Buysse, and J. Coeck. 2011. Adjusted barrier management to improve glass eel migration at an estuarine barrier. *Marine Ecology Progress Series* **439**:213-222.
- Ploegaert, S., and M. Kooiman. 2022. Passagecheck Bathse Spuisluis. Efficiëntie van zout-zoet vismigratievoorziening bij de Bathse Spuisluis voor glasaal en driedoornige stekelbaars. . Stichting RAVON, Nijmegen. Projectnummer 2022.068.
- Suijkerbuijk, E. 2022. The migration of glass eel (*Anguilla anguilla* L., 1758) along the Dutch coast. Wageningen Marine Research, IJmuiden.
- Tesch, F. W. 2003. *The eel*. Blackwell Publishing.
- Van Wichelen, J., D. Buysse, P. Verhelst, C. Belpaire, M. Goegebeur, K. Vlietinck, and J. Coeck. 2022. Nocturnal tidal barrier management improves glass eel migration in times of drought and salinization risk. *River Research and Applications* **1-5**.

---

# Verantwoording

Rapport: C011/25

Projectnummer: 4316100360

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research.

Akkoord: Joey Volwater  
Onderzoeker

Handtekening:

Ondertekend door:  
  
175F677AADBE428...

Datum: 13 februari 2025

Akkoord: Dr. C.J. Wiebinga  
Business Manager Projecten

Handtekening:

Signed by:  
  
D41E9304A710493...

Datum: 13 februari 2025

---

# Bijlage 1 Model A

Beschrijving aanbodsbeplating op basis van merk-terugvangst experiment bij een kust barriere. Dit model is aangepast voor meerdere groepen (Griffioen et al. 2024b).

Of each group the trend in the decrease of recaptures  $R_t$  (expressed in catch per unit of effort, CPUE) was estimated by a generalized linear model (Tweedie distribution) to predict the daily number of tagged fish ( $M_t$ ) present following eq.1.

$$M_t = \frac{R_t}{R_{t+1}} * M_{t-1} \text{ (eq. 1)}$$

Consecutively, daily abundance ( $N_t$ ) was estimated using the 'unbiased modified Lincoln-Peterson' method as described in eq.2. using daily catches  $C_t$  and daily recaptures  $R_t$  and estimated number of tagged fish ( $M_t$ ). All expressed in CPUE.

$$N_t = \frac{(M_t + 1) * (C_t + 1)}{R_t + 1} \text{ (eq. 2)}$$

To calculate the average delay of each group,  $T_{\text{delay}}$  (residence time at a barrier) the decrease of tagged fish ( $M_{t-1}-M_t$ ) in a time interval was first multiplied by the number of days between release ( $t_0$ ) and time ( $t$ ) to obtain the total number of days per leaving glass eel. Next, the sum of the total days was divided by the total number of originally tagged fish ( $M_{t0}$ ) to estimate the average delay per group (eq.3). The average delay is analysed by an approximation of the total number of tagged fish present based on the recaptures. Some tagged fish however may settle after unsuccessful migratory attempts, therefore 'delay' only accounts for the fish that are willing or able to migrate at a location within the study period. Tagged fish that settle may still be in the area but less likely to actively enter an ELFI. Actual residence time may therefore be strongly underestimated. Average delay of all the tagged groups was calculated.

$$T_{\text{delay group } x} = \frac{\sum((M_{t-1} - M_t) * t)}{M_{t0}} \text{ (eq. 3)}$$

Finally, to estimate the average local abundance during the experiment ( $N_{\text{local}}$ ), the sum of the daily local abundances  $\sum N_t$  was divided by the average delay (eq.4).

$$N_{\text{local}} = \frac{\sum N_t}{\text{avg.}(T_{\text{delay groups}})} \text{ (eq. 4)}$$

---

Wageningen Marine Research  
T +31 (0)317 48 70 00  
E [marine-research@wur.nl](mailto:marine-research@wur.nl)  
[www.wur.nl/marine-research](http://www.wur.nl/marine-research)

Bezoekersadres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



---

**Wageningen Marine Research** levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---