

2017

**DE INVLOED VAN HET GETIJ EN HET WEER OP HET AANBOD VAN DIADROME
VISSOORTEN BIJ ZOET-ZOUT OVERGANGEN IN DE EEMS-DOLLARD**

Klaas Hoek Spaans & Jan Jochem Oldenbroek

De invloed van het getij en het weer op het aanbod van diadrome vissoorten bij zoet-zout overgangen in de Eems-Dollard

Afstudeerrapport

Auteurs: Klaas Hoek Spaans (000002051)
klaas.hoekspaans@hvhl.nl

Jan Jochem Oldenbroek (881001002)
janjochem.oldenbroek@hvhl.nl

Onderwijsinstelling: Van Hall Larenstein
Agora 1
8934CJ Leeuwarden

Opdrachtgevers: Peter Paul Schollema (Hunze en Aa's)
p.schollema@hunzeenaas.nl

Jeroen Huisman (Van Hall Larenstein)
jeroen.huisman@hvhl.nl

Datum: 2 juli 2017

Versie: Definitief

Interne begeleiding: Jeroen Huisman
jeroen.huisman@hvhl.nl

Peter Hofman
peter.hofman@hvhl.nl

Afbeelding titelblad: Onderzoeklocatie Pogum (K. Hoek Spaans)



Voorwoord

Het voorliggende rapport is het resultaat van onze afstudeeropdracht, gebaseerd op een veertig dagen durend monitoringsonderzoek. “Een erg mooie periode” vonden wij het, waarvoor wij allebei naar de stad Groningen verhuisd zijn. De monitoringsdagen met avontuurlijke nachtmetingen, avondeten op de sluis en het werken met een groot aantal mensen aan het vismigratie-onderzoek, hebben wij erg gewaardeerd. Het onderzoek is tot stand gekomen door een bijzondere internationale samenwerking tussen het Van Hall Larenstein, waterschap Hunze en Aa's, het Niedersächsisches Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) en het Duitse waterschap Sielacht Rheiderland. Door deze samenwerking is het ook mogelijk geweest om op de Duitse locatie Pogum te monitoren.

Wij willen als eerste Peter Paul Schollema en Jeroen Huisman bedanken voor het vertrouwen, de ondersteuning en de tijd die zij hebben vrij gemaakt voor ons afstudeerproject. Bedankt voor het delen van de kennis en het stimuleren van onze nieuwsgierigheid naar vismigratie-onderzoek. Daarna willen we Peter Hofman bedanken voor zijn feedback en tips tijdens het schrijven van het onderzoeksvoorstel en de rapportage. Voor de statistiek hebben wij veel te danken aan Henry Kuipers, die ruim de tijd voor ons heeft genomen en ons een “complete cursus” statistiek gegeven heeft.

Vanuit waterschap Hunze en Aa's willen wij graag Melchior Leutscher, Be Feikens en Joop Dijkema bedanken voor de prettige samenwerking. Roelof Moed willen we bedanken voor de zeer geavanceerde hijskraantjes, die het werk een stuk gemakkelijker maakte. De heer Anton Bartelds bedanken wij voor het aanleveren van benodigde data.

We willen iedereen van de Duitse kant bedanken voor de samenwerking, de toestemming om op de locatie in Pogum te mogen monitoren en het uitwisselen van gegevens. We danken hierbij Oliver-David Flinch, Stefan Michels, Kena Jürgens en Sandra Hagedorn. Speciale dank gaat uit naar Harm Kruithoff, die ons elke monitoringsdag in Pogum kwam ondersteunen.

Wij zijn Hendry Vis van het adviesbureau VisAdvies dankbaar voor de samenwerking, het toezenden van data en de uitleg over zijn werkveld.

Wij wensen iedereen veel plezier met het lezen van het rapport.

*Klaas Hoek Spaans & Jan Jochem Oldenbroek
Groningen, Juli 2017*

Summary

Diadromous fish species migrate from the North- and Waddensea through salt-fresh water transitions to the inland waterways (or the other way around) in order to reproduce or reach growing sites. The European Eel (*Anguilla anguilla*) and the three spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) are two of these species. During the migration period, they face migration barriers such as dikes and pumping stations. Two places where the migration route of the glaseel and the three spined stickleback are blocked, are Nieuwe Statenzijl and Pogum (DE). Both places are located in the Eems-Dollard area, between the border of the Netherlands and Germany. In 2013, two fish-passes were realised in Nieuwe Statenzijl, being a eelgutter across the dike, and two hydrolic catflaps in the sluice-gate. In Pogum there are no fish ladders yet, which means that there is no way for them to reach the fresh water. The actual effectiveness of the fish ladder's at Nieuwe Statenzijl is still unknown. Therefore, there is a need for monitoring in order to determine the effectiveness. Beside monitoring, it is important to know the conditions and times when the biggest numbers of glaseels and three spined sticklebacks want to make use of the fish pass. With the knowledge gathered, there can be anticipation on more bottlenecks and the existing fish ladders that can be made more effective.

During this study, the effects of the tide and the weather are being investigated by answering the following question: "What is the influence of the tidal stream and weather conditions on the appearance of the glaseel and three spined stickleback at Nieuwe Statenzijl and Pogum and the migration to the inland waterways using the fish ladder at Nieuwe Statenzijl?". All the sorts of diadromous fish that were caught were noted in the dataset during the study, but glaseel and three spined stickleback were the target species for this study. To execute the study and to answer the question, there has been a monitoring on both locations from the 6th of March till the 19th of May 2017. The appearance of the species has been measured using a square shaped net (1 by 1 meter), the monitoring took place from low tide to high tide. Every 10 minutes the net was pulled up and the catches were noted. The catches were categorized in hour blocks before high tide. The abiotic parameters are measured using a multimeter or using secondary data. The data has been analysed using a Generalized Linear Mixed Model (GLMM) by using the software IBM SPSS Statistics. The fish ladder's at Nieuwe Statenzijl are measured using fykes and a net.

The results show that there are big differences between the locations. At Nieuwe Statenzijl, a total of 2783 glaseels were caught, which was 53,1 percent of the total landings on this location. At Pogum, only 13 glaseels were caught, which was 0,3 percent of the total net landings on this location. Three spined sticklebacks on the other hand, were very dominant in Pogum's landing statistics; a total of 4171 three spined stickleback were caught, which was 84,6 percent of the total net landings. In Nieuwe Statenzijl, the number of three spined sticklebacks was less than one third of that in Pogum, the percentage here was 23,8% of the total net landings. The low glaseel catches at Pogum suggest that the tidal stream has more effect on glaseels than on three spined sticklebacks. The tidal is a stream that is flowing along the pumping station at Pogum, whilst the tidal stream is flowing towards Nieuwe Statenzijl. Therefore at Nieuwe Statenzijl it is observable that the glaseel increase in number whilst the tide is rising. For the three spined stickleback it is not the case.

A number of different significant correlations (significant= $p \leq 0,05$) has been found between the appearance of the target species and abiotic factors. Hour blocks before high tide was significant on both locations for both the three spined stickleback. For the glaseels, this significance was only found

for the location Nieuwe Statenzijl, due to the small amount of (13) glaseels that were caught in Pogum. These significances suggest that the tidal flows have a major impact on the amount of targetspecies than can be found in the salt water in front of the barriers; previous studies support this theory.

Another significant correlation was found between the landings of glaseel in Nieuwe Statenzijl and the global radiation, water temperature, pH and oxygen. For the appearance of three spined sticklebacks at the Nieuwe Statenzijl, there is a significant correlation for the landings per hour block before high tide and the pH, conductivity and salinity. With the help of the GLMM model, it shows for Pogum that there is a significant correlation between the appearance of three spined sticklebacks and conductivity, turbidity and water temperature, when taking the hourly block before high tide into account. When looking at the individual parameters without considering other parameters, there is a significant correlation between the appearance of three spined sticklebacks per hour block before high tide and the global radiation and rain. Next to that, there seems to be a correlation between the number of threespined stickleback in Nieuwe Statenzijl and the phases of the moon.

The sampling of the catflaps resulted in a total catch of 233 three spined sticklebacks and 3659 glaseels. By combining these numbers with the total flowrate of the catflaps, the estimation was made that a total number of 4166 three spined sticklebacks and 103446 glaseels were able to reach the inland fresh waters through the catflaps. In the eelgutter a total of 24887 glaseel and 6 eels were caught. These numbers seem to correlate with the temperature of the water and the phases of the moon.

It is recommended that extra studies are executed to find/confirm correlations between the number of three spined sticklebacks and abiotic parameters. Furthermore, advice is to carry out studies about the migration of three spined stickleback in the inland fresh waters, which was failed to find out during this study. Another interesting study would be to determine the effects of salinity and silt (which comes in through the catflaps) on the hinterland, because this is a limiting factor on the duration of which the catflaps are opened.

Samenvatting

Diadrome vissoorten migreren vanuit de Noord- en Waddenzee via zoet-zout overgangen naar de binnenwateren of vice versa om de voortplanting of opgroeigebieden te bereiken. Maar daarbij komen zij door de mens gecreëerde barrières tegen, zoals dijken, sluizen en gemalen. Twee plaatsen waar de migratieroutes worden geblokkeerd, zijn Nieuwe Statenzijl en Pogum (DE). Beide plaatsen zijn gelegen in het Eems-Dollardgebied, bij de grens tussen Nederland en Duitsland. Bij Nieuwe Statenzijl zijn in 2013, om de migratie van diadrome vissoorten te verbeteren, twee vispassages aangelegd, zijnde een aalgoot over de dijk en hydraulische luiken (kattenluiken) in de sluisdeuren. In Pogum is nog geen vispassage waardoor er geen mogelijkheid voor vissen is tot doorgang naar het zoete water. De werking van de vispassages bij Nieuwe Statenzijl is nog niet goed bekend, monitoring is nodig om de werking vast te stellen. Maar naast monitoring is het van belang om de omstandigheden en tijden te onderzoeken waarbij het grootste aantal doelsoorten, namelijk glasaal en driedoornige stekelbaarsen, gebruik wil maken van de passages. Met de vergaarde kennis kan worden geanticipeerd op knelpunten en kunnen de bestaande vispassages effectiever worden gemaakt.

In dit onderzoek zijn effecten van het getij en het weer onderzocht door middel van de volgende hoofdvraag: “Wat is de invloed van het getij en het weer op het aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars bij Pogum en Nieuwe Statenzijl en de migratie naar het achterland via vispassages bij Nieuwe Statenzijl?”. Alle soorten diadrome vissen zijn meegenomen in het onderzoek, echter zijn de glasaal en driedoornige stekelbaars de doelsoorten in het onderzoek. Voor het onderzoek is op beide locaties gemonitord van 6 maart tot en met 19 mei 2017. Om het aanbod vis en het effect van het getij in het onderzoek mee te nemen is er gemonitord met een kruisnet van 1m bij 1m van laagwater naar hoogwater. Elke 10 minuten is er een kruisnetmeting verricht en de vangsten zijn verwerkt in uurblokken voor hoogwater. De abiotische parameters welke zijn gerelateerd aan het getij en het weer, zijn gemeten met een multimeter of opgevraagd bij andere partijen. Door middel van een Generalized Lineair Mixed Model (GLMM) in het programma IBM SPSS is de data geanalyseerd op correlaties. De vispassages bij Nieuwe Statenzijl zijn gemonitord door middel van fuiken en een opvangnet.

De resultaten laten zien dat er grote verschillen zijn tussen de locaties, bij Nieuwe Statenzijl zijn 2783 stuks glasaal gevangen wat een aandeel van 53,1% van de totale aanbodvangst betrof. Bij Pogum zijn slechts 13 stuks glasaal gevangen (0,3% van de totale aanbodvangst). De driedoornige stekelbaars is daarentegen juist bij Pogum dominant aanwezig in de aanbodmetingen; 4171 stuks werden tijdens de aanbodmetingen gevangen (84,6 % van de totale aanbodvangst). In Nieuwe Statenzijl is met een aantal van 1245 stuks ruim drie maal minder stekelbaars gevangen dan in Pogum, het aandeel stekelbaars betrof 23,8 % van de totale vangst aan de zeezijde. De getijdenstroming staat bij Pogum haaks op de locatie terwijl bij Nieuwe Statenzijl de getijdenstroming eindigt bij de sluis. De lage vangsten glasaal bij Pogum doen vermoeden dat de getijdenstroming meer effect heeft op glasaal dan op de driedoornige stekelbaars. In Nieuwe Statenzijl blijkt dit ook uit de resultaten, de vangst van glasaal neemt bijna lineair toe met opkomend getij, bij de driedoornige stekelbaars is dit effect niet te zien.

Er zijn verschillende correlaties gevonden tussen abiotische parameters en de vangst van de doelsoorten. Het uurblok voor hoogwater is voor zowel de glasaal als de driedoornige stekelbaars significant op beide locaties, behalve voor de glasaal in Pogum vanwege de geringe aantallen. Het suggereert dat de getijdenstroming een grote invloed heeft op het aanbod, andere onderzoeken

bevestigen dit. Er is een significant verband (significant = $p \leq 0,05$) gevonden tussen het aanbod glasaal bij Nieuwe Statenzijl en globale straling, watertemperatuur, pH en zuurstof. Voor het aanbod driedoornige stekelbaars bij sluisencomplex Nieuwe Statenzijl is er een significant verband te zien voor

het aanbod per uurblok en de pH, conductiviteit en de saliniteit. Bij Pogum is met behulp van het GLMM-model aangetoond dat er, rekening houdend met het uurblok, een significant verband is tussen het aanbod driedoornige stekelbaarzen, de geleidbaarheid, de turbiditeit en de watertemperatuur. Als naar de losse parameters wordt gekeken zonder rekening te houden met andere parameters, is er een significant verband te zien tussen het aanbod driedoornige stekelbaars per uurblok en de globale straling en neerslag. Verder lijkt er een verband te zijn gevonden tussen het aantal driedoornige stekelbaarzen in Pogum en de maanstand.

In de bemonstering van de kattenluiken zijn 233 driedoornige stekelbaarzen en 3659 glasalen gevangen. Door deze aantallen te verrekenen met het totale binnengelaten debiet, is de schatting gemaakt dat 4166 driedoornige stekelbaarzen en 103446 glasalen hebben kunnen migreren naar het zoete water via de kattenluiken. In de aalgoot zijn gedurende het onderzoek 24887 glasalen en 6 alen gevangen. Het aantal glasalen dat in de aalgoot gevangen werd, lijkt verband te hebben met de watertemperatuur en maanstand.

Aangeraden wordt om extra onderzoek te verrichten naar de abiotische parameters en het aanbod van driedoornige stekelbaars en glasaal. Daarnaast kan het van belang zijn om de migratie van de driedoornige stekelbaars in het achterland te onderzoeken, wat in dit onderzoek niet is gelukt. Een ander interessant punt is het onderzoeken van de invloed van het openen van de kattenluiken en de slib en zoutgehaltes in het achterland omdat het de openingsduur van de kattenluiken beperkt.

Zusammenfassung

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
1.1 Probleembeschrijving	3
1.2 Doel van het onderzoek	3
1.3 Leeswijzer	3
2. Vismigratie en zoet-zout overgangen	4
2.1 Vismigratie in het estuarium	4
2.2 Knelpunten	4
2.3 Effecten vismigratie	5
2.4 Vispassages en oplossingen	6
2.5 Invloeden en onderzoek	7
3. Achtergronden	9
3.1 Gebiedsbeschrijving	9
3.2 Doelsoorten	11
4. Materiaal en methode	15
4.1 Methodiek ontwerp	15
4.2 Onderzoeklocaties	16
4.3 Onderzoeksvragen	19
4.4 Methode en technieken	20
5. Resultaten	30
5.1. Aanbodmeting	30
5.2 Abiotische factoren	34
5.3 Migratiesucces vispassages	37
5.4. Migratie achterland	43
6. Discussie	44
7. Conclusie	47
8. Aanbevelingen	49
Bibliografie	50
Bijlage I: Stroomgebied kaarten	55
Bijlage II: Monitoringsplaatsen per locatie	57
Bijlage III: Monitoringsschema	59
Bijlage IV: Locaties hokfuis	60
Bijlage V: Lengte glasaal en conditiefactor stekelbaars	61
Bijlage VI: Statistische uitkomsten	63
Bijlage VII: Fuik terugvangsten	67

Definities en afkortingen

Aanbod	De aantallen van een specifieke vissoort
Estuarium	Overgangszone van rivier naar zee, waar het zoete water met het zoute water vermengt.
Eerste kwartier	Schijngestalte van de maan waarbij (vanaf het Noordelijke halfrond gezien) de rechterhelft van de maan beschenen wordt door de zon.
Geleidbaarheid	De geleidbaarheid van het water, in deze rapportage uitgedrukt in $\mu\text{S}/\text{cm}$.
Gelijk water	Een even hoge waterstand aan de binnenzijde als aan de buitenzijde van de sluis.
Kwelder	Begroeid buitendijkse landaanwas dat bij een gemiddeld hoogwater niet meer onderloopt. Alleen bij erg hoge waterstanden komt hij blank te staan.
Laatste kwartier	Schijngestalte van de maan waarbij (vanaf het Noordelijke halfrond gezien) de linkerhelft van de maan beschenen wordt door de zon.
Slik	Droogvallende plaat in een getijdengebied.
Spuien	Het overtollige water weg laten vloeien onder verval bij eb.
Turbiditeit	De troebelheid van het water, in deze rapportage uitgedrukt in FNU.
DD	Driedoornige stekelbaars
Gew. gem.	Gewogen gemiddelde
HW	Hoogwater
LW	Laagwater
NSTZ	Afkorting voor Nieuwe Statenzijl

1. Inleiding

Waar een rivier uitmondt in zee is er sprake van een zoet-zout overgang. Zoet-zout overgangen zijn dankzij de unieke factoren zoals brakwater en getijdenwerking belangrijke gebieden voor veel planten- en diersoorten. Veel natuurlijke zoet-zoutovergangen zijn in de vorige eeuw verdwenen door de aanleg van waterkunstwerken zoals dijken, stuwen en gemalen (Hartgers, Backx, & Walhout, 2001). Deze waterkunstwerken hebben de functie om Nederland, dat onder zeeniveau ligt, te beschermen tegen overstromingen. Echter brengen de waterkunstwerken gevaar voor de populaties diadrome vissoorten; vissoorten met trekgedrag vanuit de zee naar de rivier of andersom (AMINAL & OVB, 2005). Zij migreren via de zoet-zout overgangen naar de paai- of opgroeigebieden. Wanneer er geen herstel komt van de migratiemogelijkheden, zou het kunnen dat verschillende diadrome vissoorten sterk in aantal verminderen of zelfs verdwijnen. Verschillende diadrome vissoorten hebben belangrijke functies in het ecosysteem of hebben een economische waarde.

In het Nederlandse kustgebied zijn spuisluizen en gemalen langs de Noord- en Waddenzee de belangrijkste knelpunten voor diadrome vissoorten, waaronder juveniele aal, genaamd glasaal (*Anguilla anguilla*) en driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*). Het zijn belangrijke soorten omdat ze een specifieke waarde hebben (ecologisch en/of economisch) en omdat er een zeer omvangrijke migratie op gang komt. Bovendien zijn de aantallen van beide soorten de laatste jaren achteruit gegaan, mede door de belemmering van de trekroutes (RAVON, 2016). Uit onderzoek is gebleken dat de hoeveelheid glasaal die in 2015 de Nederlandse wateren binnentrok minder dan 1 procent is van het niveau rond 1970. De aal wordt dan ook met uitsterven bedreigd (Stichting RAVON, 2016).

Het Eems-Dollardgebied is één van de gebieden waar de migratie van deze soorten langs sluizen en gemalen niet altijd mogelijk is. De Eems-Dollard is gelegen in het noordoosten van Groningen, aan zowel de Nederlandse, als Duitse zijde. De Dollard is een grote inham van de Waddenzee waarin de rivieren de Eems en de Westerwoldse Aa uitmonden (Zie verder H3.2). Het water dat deze rivieren afvoeren is volledig afkomstig uit regenval. Doordat het zoete water van de rivieren in de Dollard vermengt met het zoute water uit de Waddenzee, is het Eems- Dollard gebied een uniek brakwatergebied (Waddenzee werelderfgoed, sd). Door de open verbinding met de Noordzee is er sprake van getijdewerking in het gebied. Het getij zorgt voor een divers systeem met grote peilverschillen.

Diadrome soorten kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën: anadrome, katadrome of amphidrome soorten. Voor anadrome soorten geldt dat ze van zout- naar zoet water migreren om te paaien. Voor katadrome soorten is dit andersom; ze migreren van zoet- naar zout water om te paaien. Amphidrome soorten vertoeven zowel in zout- als zoet water, maar de migratie houdt niet direct verband met de voorplanting. Bij deze soorten heeft dit te maken met het zoeken naar voedsel- of schuilgebieden (AMINAL & OVB, 2005).

In het voorjaar komen de glasalen in het Eems-Dollardgebied aan en trekken het zoete water in om daar op te groeien. Deze intrek begint in februari, maar komt pas in maart echt op gang en zwakt eind mei weer af (Feunekes & Fokker, 2016). Op het moment van aankomst hebben glasalen een reis van ruim 5000 kilometer achter de rug, die startte in de Sargassozee bij de Bermudadriehoek (Stichting RAVON, 2016). Tijdens de reis, waarbij ze gebruik maken van zeestromingen, ontwikkelen ze van larven tot glasalen. Driedoornige stekelbaarzen trekken in dezelfde periode het zoete water, echter met de voortplanting als reden voor de migratie (Walker, 1997). Na de voortplanting trekken de stekelbaarzen van april tot en met november weer terug naar zee (Booma & Bouwmans, 2013).

Door het afsluiten van de migratieroutes van de driedoornige stekelbaars en glasaal in het Eems-Dollardgebied kunnen deze twee soorten moeilijk de paai- en opgroeigebieden bereiken. Het blokkeren van de migratieroutes, al dan niet in combinatie met andere factoren kan desastreuze gevolgen hebben. Een voorbeeld hiervan is de verdwijning van de Atlantische steur door een combinatie van overbevissing, vernietiging van het leefgebied en het afsluiten van de migratieroutes (Emmerik, 2004).

Door Europese regelgeving is vismigratie opgenomen in het beleid. Voorbeelden van wet- en regelgevingen zijn de Europese Kaderrichtlijn Water, Natura 2000 en het Europese Aalplan (Ruim baan voor vissen, 2012). Waterschappen zijn verantwoordelijk voor het beheer van de waterkunstwerken. Zij zijn inmiddels bezig met het aanpakken van de knelpunten voor de migratie van vissen. Het aanpakken van knelpunten gebeurt vaak door het realiseren van een vispassage. Een vispassage is een kunstmatige passage waarmee vissen via een bypass de barrière in de migratieroute kunnen passeren. Het aanleggen van een vispassage kost veel tijd en geld en daardoor is het simpelweg aanpassen van alle barrières praktisch onmogelijk. De focus ligt daarom op het vaststellen van de vissoorten en de specifieke eisen van deze soorten in een bepaald gebied. Met de vergaarde kennis kan daarop worden geanticipeerd wat betreft het aanpakken van knelpunten (Huisman, et al., 2007).

Twee plaatsen in het Eems-Dollardgebied waar de migratieroutes van de glasaal en de driedoornige stekelbaars worden geblokkeerd zijn Nieuwe Statenzijl en Pogum (DE). Op deze plekken blokkeert een sluis of gemaal de migratieroute en is de spuistroming voor de meeste vissoorten te sterk om er tegenin te zwemmen. Er zijn bij Nieuwe Statenzijl in 2013 twee vispassages aangelegd maar het is nog niet duidelijk hoe effectief deze zijn. Het is van belang de omstandigheden te onderzoeken waarbij het grootste aantal glasalen en driedoornige stekelbaarzen gebruik wil maken van de passages, zodat op deze tijden of omstandigheden de passage in werking kan gaan. Bij Pogum is geen vispassage aanwezig en is monitoring belangrijk om te onderzoeken of een vispassage effectief kan zijn in de toekomst. Het is interessant om te onderzoeken of er verschillen zijn in aantallen glasalen en driedoornige stekelbaarzen bij de locaties, omdat er grote verschillen zijn in de hydromorfologie tussen de locaties.

Het getij en het weer zijn factoren die een grote invloed hebben op de omgevingsvariabelen. Omgevingsvariabelen zijn abiotische factoren zoals watertemperatuur, stroming, turbiditeit en saliniteit, ze hebben een grote invloed op vismigratie. De watertemperatuur is bijvoorbeeld vaak de trigger waarop de migratie van veel vissoorten op gang komt en voor de meeste vissoorten bepaald het de activiteit in grote mate (Buysse, Martens, Bayens, & Coeck, 2003). Het is daarom van belang de effecten van het getij en het weer te onderzoeken en de kennis te gebruiken voor verbeteringen in de migratie van deze soorten.

1.1 Probleembeschrijving

Om diadrome vissoorten de waterkunstwerken te laten passeren worden vispassages aangelegd, maar hoe effectief deze vispassages in de praktijk zijn, is vaak onduidelijk. Om de effectiviteit van vispassages in de praktijk vast te stellen, is monitoring nodig. Deze kennis kan worden gebruikt voor verdere optimalisatie van de passage. Het is ook belangrijk om de invloeden op het visgedrag met betrekking tot de passeerbaarheid van vispassages te onderzoeken. Onderzoek naar de factoren die van invloed zijn op het gedrag en de invloeden op de passeerbaarheid van de vispassages is van groot belang, met name voor soorten die de laatste jaren zijn afgenomen in aantal door de belemmering van de migratieroute, zoals de paling en driedoornige stekelbaars.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is inzicht krijgen in de factoren die van invloed zijn op het migratiegedrag van de Europese aal en driedoornige stekelbaars op de locaties Nieuwe Statenzijl en Pogum. De vispassages bij de locatie Nieuwe Statenzijl worden ook bemonsterd waardoor er een uitspraak kan worden gedaan over de werking tijdens de verschillende getij en weersomstandigheden. De kennis over de omgevingsparameters en de invloed hiervan op de aanwezigheid van de doelsoorten kan ingezet worden om vispassages goed te laten functioneren.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe vismigratie in zoet-zout overgangen in zijn werk gaat en hoe de hedendaagse situatie is, inclusief onderzoek naar vismigratie. In hoofdstuk 3 wordt het gebied en informatie over de doelsoorten beschreven. In hoofdstuk 4 staat het onderzoekontwerp en worden de deelvragen gevormd, daarnaast is de methodiek beschreven. In hoofdstuk 5 wordt per deelvraag de resultaten beschreven. De getrokken conclusies zijn vermeld in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 worden de bevindingen bediscuseerd. Hoofdstuk 8 sluit af met aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

2. Vismigratie en zoet-zout overgangen

2.1 Vismigratie in het estuarium

Een estuarium is een verbrede, meestal trechtervormige monding van een rivier. Het zoete water van de rivier vermengt in het estuarium met het zoute water van de zee door de invloed van het getijde. Door de menging van zoet en zout water ontstaat er brakwater, wat qua zoutgehalte tussen zoet en zout in zit (Waddenvereniging, 2017). Het brakke water in combinatie met een grote hoeveelheid voedsel zorgen voor een aantrekkelijk gebied voor veel planten- en diersoorten. Het voedsel wordt zowel door de rivier als door de getijdenstroming vanuit zee aangevoerd. Het getijde heeft een grote invloed op het estuarium waardoor het zijn unieke karakter krijgt, stukken land vallen droog bij eb en staan bij vloed weer onder water.

Zoet-zout overgangen zoals een estuarium zijn erg belangrijk voor de migratie van diadrome vissoorten (AMINAL & OVB, 2005). Deze overgangen zijn de toegangspoorten van de zee naar de binnenwateren en andersom. Diadrome vissoorten migreren tussen zoet en zout, maar om deze verandering in zoutgehalte aan te kunnen, moet de osmoregulatie worden aangepast (Winter, Griffioen, & van Keeken, 2014). Het aanpassen van de osmoregulatie mechanismen kost veel energie en soms ook tijd. Vissen kunnen via het brakke water de omschakeling maken van zout naar zoet of juist van zoet naar zout.

Naar mate diadrome vissoorten dichterbij de rivieren komen kunnen zij het zoete water snel herkennen en gebruiken voor oriëntatie. Maar niet alleen zoet water wordt gebruikt voor oriëntatie, stroming is ook een factor die vis gebruikt voor oriëntatie, dit wordt rheotaxis genoemd. Rheotaxis is de oriëntatie van de vis ten opzichte van de stroming. Schieralen bijvoorbeeld, gebruiken de neerwaartse stroming om zich richting de zee te migreren (Hartgers, Backx, & Walhout, 2001).

Diadrome vissoorten met een lage zwemcapaciteit maken gebruik van selectief getijden transport om het zoete water te bereiken (Winter, Griffioen, & van Keeken, 2014). Dit mechanisme, waarbij vis zich bij vloed in de waterkolom stroomopwaarts mee laat voeren en zich bij eb in de bodem op houdt, wordt als een van de belangrijkste randvoorwaarden beschouwd bij het verbeteren van zoet-zout migratie (Hartgers, Backx, & Walhout, 2001). Het mechanisme wordt vooral door zwakke zwemmers zoals glasaal, juveniele bot en driedoornige stekelbaars gebruikt, maar kent ook energetische voordelen voor grotere vis. Om selectief getijden transport te gebruiken is het noodzakelijk dat vis zich in de hogere waterkolom en op de bodem kan bevinden. De horizontale verspreiding bij dit proces is gerelateerd aan de stroomsnelheid. In geulen is de stroomsnelheid hoger en is daarmee ook de snelheid waarmee de vis naar binnen kan. Zo zoeken botlarven bij vloed niet alleen de hogere waterlagen op, maar ook het midden van de geulen waar de stroomsnelheden het hoogst zijn (Hartgers, Backx, & Walhout, 2001).

2.2 Knelpunten

Sinds de middeleeuwen zijn de rivieren en uiteindelijk ook de estuaria onderhevig aan grootschalige, door de mens aangebrachte veranderingen (Quak, 2016). Deze veranderingen in de waterhuishouding waren noodzakelijk voor de mens om het land droog te houden. Er werd op veel plaatsen een vast waterpeil gecreëerd waarbij de rivier en zee direct gescheiden werden door een dijk. Het oorspronkelijke (en voor vis zeer belangrijke) estuariumgebied is daarmee sterk veranderd. De overgang van zoet naar zout water is een scherpe lijn geworden in plaats van een geleidelijke overgang.

Het areaal aan zoutwatergetijdengebied is met de helft afgenomen en brak-zoetwatergetijdengebieden zijn schaars geworden (Riemersma & Kroes, 2006). De aangebrachte barrières, zoals dammen, sluizen en gemalen, vormen knelpunten voor migrerende vissen. Het veroorzaakt afsluiting en versnippering van leefgebieden van diadrome vissoorten (Living North Sea, 2011).

2.3 Effecten vismigratie

De mate waarin vissoorten hinder ondervinden van migratie-barrières varieert sterk per soort en per situatie. Eigenschappen van de vis als zwemcapaciteit, tolerantie, verspreidingsvermogen, benodigde omvang van leefgebieden en het vermogen om kunstwerken te kunnen passeren spelen een belangrijke rol (Riemersma & Kroes, 2006). Er spelen ook kenmerken van het watersysteem een rol, zoals de mate waarin binnen het watersysteem kan worden gecompenseerd voor de verloren gegane habitat. In het algemeen kan worden gesteld dat soorten die over grote afstanden moeten migreren, een groot leefgebied nodig hebben en hoge eisen stellen aan hun leefgebied, de meeste hinder ondervinden.

De sluizen en gemalen langs de Noord- en Waddenzee kust spuien bij laagwater het overtollige zoetwater, echter gaat dit met zulke hoge stroomsnelheden gepaard dat vrijwel geen enkele vissoort in staat is om tegen de stroming in te zwemmen. Zeker de kleinere vissoorten zoals de driedoornige stekelbaars en de aal zijn kansloos in zulke sterke stromingen, zij zullen mogelijk met de stroming mee terug richting de zee worden gevoerd. Maar zij zijn niet de enige, het overgrote deel van de in ons land voorkomende vissoorten hebben al moeite met een peilverschil van $> 0,20$ cm en een stroomsnelheid > 1 m/s (Riemersma & Kroes, 2006). De meeste waterkunstwerken vormen dan ook een barrière voor migrerende vissen.

Door de grote stroomsnelheden van de spuisluizen worden ook zoetwatervissen meegevoerd naar de zoute kant. Deze vissen zullen proberen een terugweg te vinden naar het zoete water, maar ondervinden net als de diadrome vissoorten, hinder van de hermetisch afgesloten sluizencomplexen. Wanneer de zoetwatervissen niet binnen een bepaalde tijd weer terug in het zoete water komen is het waarschijnlijk dat zij sterven.

Diadrome vissoorten behoren tot de groep vissoorten die het meeste hinder ondervinden van de abrupte zoet-zout overgangen. Voorbeelden zijn vissoorten zoals de aal, bot, driedoornige stekelbaars, elft, fint, houting, rivierprik, spiering, zalm en zeeforel. Sinds eind negentiende en begin twintigste eeuw verdwenen de Atlantische steur (*Acipenser sturio*), Zalm (*Salmo salar*), houtingachtigen (*Coregonus* sp.), Elft (*Alosa alsosa*) en Fint (*Alosa fallax*) in hoog tempo uit de grote rivieren (de Leeuw, Winter, & Buijse, 2002). Echter zijn er meer diadrome vissoorten die op dit moment moeilijk standhouden qua populatie (o.a. aal en driedoornige stekelbaars).

In natuurlijke zoet-zout overgangen kunnen trekvisen net zolang verblijven totdat de osmoregulatie is aangepast en zij klaar zijn om verder te migreren. Maar bij abrupte overgangen is er geen brakwater aanwezig om op geleidelijke wijze te wennen aan het zoutgehalte. Bij sommige vissoorten zoals de bot kunnen grote verschillen in zoutgehalte in korte tijd zorgen voor hinder in de vorm van zweren (Riemersma & Kroes, 2006).

Het herstel van de mogelijkheden tot migratie bij zoet-zout overgangen is belangrijk omdat het voor de levenscyclus van een grote groep vissoorten noodzakelijk is (AMINAL & OVB, 2005). Als er geen

actie wordt ondernomen zullen er wellicht nog meer vissoorten verdwijnen uit de Nederlandse wateren. Er zijn nog veel vissoorten die migreren via zout-zoet overgangen en hinder ondervinden van blokkades.

2.4 Vispassages en oplossingen

In het algemeen kan worden gesteld dat de diadrome soorten het meeste last ondervinden van het afsluiten van migratieroutes. Het passeerbaar maken van kunstwerken vormt voor deze soorten daarom een noodzakelijke maatregel (Riemersma & Kroes, 2006). Het passeerbaar maken van waterkunstwerken, wanneer er geen mogelijkheid is tot het verwijderen van het kunstwerk, gebeurt vaak door middel van een vispassages.

Vispassages zijn technische oplossingen om vis door te laten bij belemmeringen zoals een stuw of sluis. Een vispassage wordt toegepast op plaatsen waar het niet mogelijk is om de barrière ter bevordering van de vismigratie te verwijderen. Er zijn verschillende soorten vispassages gemaakt waaronder een vistrap, vishevel, aalgoot en kattenluiken. De keuze voor een bepaald type vispassage wordt vaak afgestemd op de belangrijkste vissoorten die in het betreffende gebied hinder ondervinden van blokkades in de migratieroute. Maar soms wordt de keuze voor een vispassage ook beïnvloed door een combinatie van regelgeving en omgevingsomstandigheden, zoals de aanwezigheid van zout water bij zoet-zout overgangen (AMINAL & OVB, 2005). Door middel van regelgeving is vast gelegd dat er slechts een beperkte hoeveelheid of geen zout water, afhankelijk van de omstandigheden, in de zoete binnenwateren mogen komen. De redenen hiervoor zijn uiteenlopend, voorbeelden zijn schade aan de landbouw of drinkwaterwinning.

De vispassages langs de kustgebieden hebben te maken met zout water, er is daarom relatief vaak gekozen voor een vispassage waarbij geen zout water naar binnen komt. Vispassages zoals 'kattenluiken' of een hevelsysteem kunnen daarom slechts een beperkte tijd opengaan om vis door te laten. Deze systemen waarbij vis met de stroom mee naar binnen kan zwemmen zijn veruit het meest effectief. Uit onderzoek bleek dat een vishevel waarbij glasalen met de stroom mee kunnen zwemmen, wel tien keer zoveel glasalen binnen kan laten in vergelijking met een aalgoot in hetzelfde tijdsbestek (Bult & Dekker, 2006).

Om vis door te laten bij de kust zijn verschillende maatregelen genomen, er zijn vispassages aangelegd of er wordt visvriendelijk spuibeheer uitgevoerd. Visvriendelijke spuibeheer houdt in dat de sluisdeuren eerder opengaan, wanneer het water aan de zee kant nog hoger is als het zoete, waardoor er een stroming ontstaat naar de zoete zijde. Met deze stroming kunnen de migrerende vissoorten, die zoekend naar een doorgang zich ophopen voor de sluis, mee naar de zoete zijde stromen. Visvriendelijk spuibeheer wordt onder andere toegepast bij de sluizen in de Afsluitdijk (Rijkswaterstaat, 2017). Een nadeel van visvriendelijk spuibeheer is dat er in korte tijd relatief veel zout water aan de zoete zijde komt, waardoor de spuisluizen maar korte tijd een open kunnen en vissen slechts kort de tijd hebben om de migratie naar de zoete zijde te maken.

De meest gebruikte vispassages langs de kust werken met sleuven in de sluisdeuren die geopend kunnen worden. Deze passages werken eigenlijk op dezelfde wijze als het visvriendelijk spuibeheer, maar kunnen langer geopend blijven omdat de sleuven kleiner zijn en daardoor minder zout water door laten. Om meer vis door te laten worden de luiken eerder geopend om een langzame, zoete lokstroom te creëren, vissoorten zoals glasaal en driedoornige stekelbaars worden geactiveerd en gaan een doorgang zoeken (Schollema, 2017). Wanneer de stroming van richting veranderd door opkomend

tij kunnen zij meeliften naar het zoete water, op deze wijze wordt de effectiviteit verhoogd ten opzichte van visvriendelijke spui-beheer.

2.5 Invloeden en onderzoek

Dat vissen een barrière kunnen passeren, betekent nog niet dat ze dat ook daadwerkelijk doen. Het gedrag van vis is uiteindelijk bepalend voor het succes van de getroffen maatregelen. De variabele omstandigheden, unieke eigenschappen van verschillende knelpunten en natuurlijk de unieke eigenschappen van verschillende vissoorten maken het lastig om het gedrag van vis en de keuzes in de migratie te begrijpen (Wageningen universiteit, 2017). Het onderzoeken van het gedrag van de doelsoorten en de relatie met het passeren van een vispassage is dan van belang. Het is belangrijk om te weten of bepaalde omgevingsfactoren invloed hebben op het gedrag of het voorkomen van de vissoort. Wanneer het gedrag en de keuzes in de migratie beter worden begrepen kan de techniek of software van vispassages worden aangepast om bij bepaalde omgevingsomstandigheden open te gaan of langer open te blijven. Onderzoek en informatie van visgedrag en “triggers” kan erg nuttig wezen, bijvoorbeeld wanneer blijkt dat een vissoort een bepaalde route volgt door een trigger, dan kan de migratie van de vissoort snel worden verbeterd door de specifieke route passeerbaar te maken. Het uiteindelijke doel is om de techniek goed te laten aansluiten bij het gedrag van de vis.

Er zijn vele factoren die van invloed zijn op de migratie van diadrome vissoorten. De getijdewerking en het weer hebben grote invloeden op een scala aan waterparameters zoals bijvoorbeeld de temperatuur, de turbiditeit en de stroming. Maar bijvoorbeeld ook licht en de temperatuur is bij veel diadrome vissoorten van grote invloed op de migratie. Een bepaalde watertemperatuur is vaak de trigger waarop de migratie begint, zoals voor de glasaal bij circa 9 graden (Klein Breteler, 2005). Daarnaast heeft de watertemperatuur grote invloed op de activiteit van de migrerende vissoorten. Andere belangrijke factoren zijn abiotische parameters zoals de stroming en de turbiditeit. De vis moet van voldoende zwemcapaciteit voorzien zijn om tegen de stroming bij de kunstwerken of vispassages op te zwemmen. Vissoorten zoals de zalm, zijn zeer goede zwemmers en kunnen zelfs tegen zeer sterke stromingen in migreren. Echter is de zwemcapaciteit van kleinere vissoorten zoals de driedoornige stekelbaars vaak een stuk lager, waardoor de stroming voor hen van een veel grotere invloed is. De zwemcapaciteit van de vissoorten en de bij de sluizen heersende stroomsnelheden bepalen de intrek, evenals de afstand die door de sluis moet worden afgelegd. De zwemcapaciteit van vissen wordt sterk bepaald door hun grootte en door abiotische omstandigheden zoals watertemperatuur en zuurstofgehalte (Zilwater, 2016).

Invloeden op vismigratie zijn vaak soort-specifiek, zo laat de driedoornige stekelbaars zich leiden door het zoutgehalte en wordt glasaal aangetrokken door andere stoffen in zoetwater (RAVON, 2015). Voor glasaal is het bekend dat deze vooral 's nachts trekt (IMARES, 2008), waarbij het belangrijk is dat de vispassage ook dan werkt.

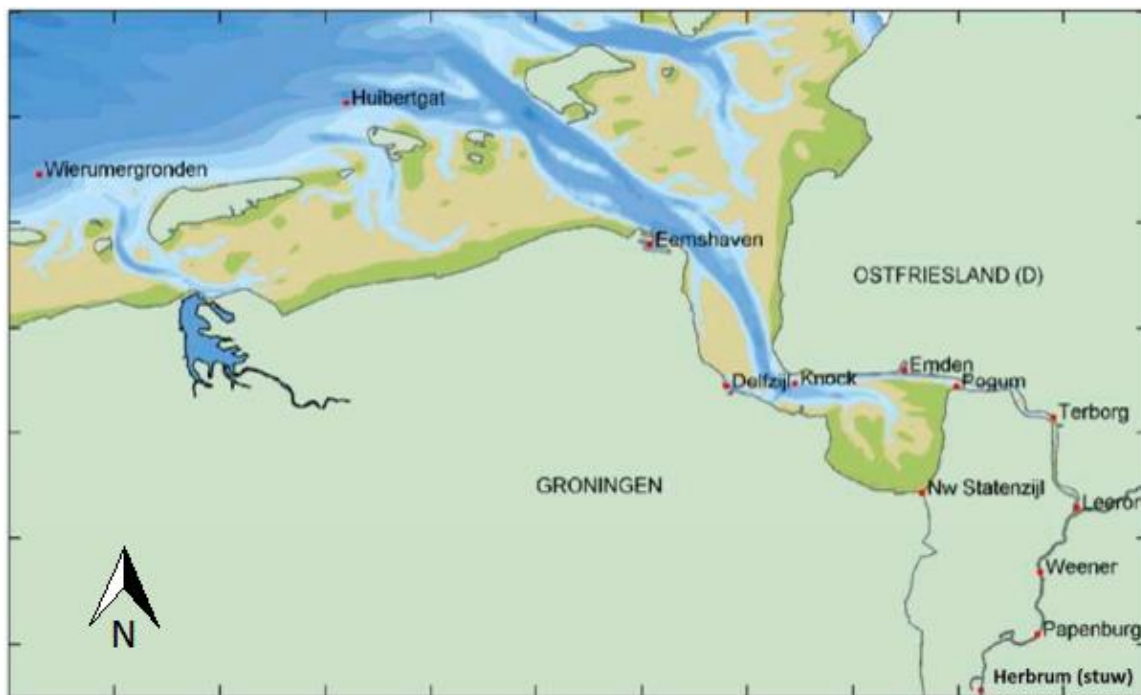
De laatste jaren is de aandacht voor vismigratie in Nederland flink opgeschroefd, mede door de achteruitgang van bepaalde vissoorten, maar ook door de intrede van de Kader Richtlijn Water in 2000. De KRW heeft als doel een goede chemische en ecologische oppervlaktewaterkwaliteit in Europa in 2027 (Rijkswaterstaat, 2017). Waarbij voorheen enkel werd stilgestaan bij de chemische kwaliteit van het water, wordt nu ook gekeken naar de ecologie. Het ecologische deel bestaat mede uit een grotere diversiteit aan organismen zoals macrofauna, waterplanten en vissen, maar ook een goede hydromorfologie van de rivieren, beken en meren (STOWA, 2012). Om een visstand te verkrijgen met

een grote diversiteit is het van belang om diadrome vissoorten terug te krijgen in de wateren. De aangelegde vispassages helpen daarbij, maar hoe alle vismigratievoorzieningen in de praktijk werken, is nog onduidelijk. Onderzoek door middel van monitoring is nodig om de effectiviteit van de vispassages in kaart te brengen (Wanningen, 2014). Uit een monitoring kan blijken dat een vispassage niet erg effectief is, maar wellicht zijn er slechts kleine aanpassingen nodig aan de passage zelf of het beleid om de passage effectiever te maken. Veel vispassages zijn maar op beperkte tijden geopend om niet te veel gebiedsvreemd water binnen te laten met ongewenste hoeveelheden zout, slib of nutriëntengehalte.

3. Achtergronden

3.1 Gebiedsbeschrijving

Het Eems-Dollardgebied is gelegen in het noordoosten van Groningen, deels aan de Nederlandse zijde en deels aan de Duitse zijde. Het gebied bestaat uit de getijdenrivier de Eems welke uitmondt in de Dollard. De Dollard is een oud inbraakgebied dat ontstaan is in het jaar 1509, toen een stormvloed de dijken van de Eems deed doorbreken, waarbij meer dan dertig steden en dorpen ten onder gingen en de Dollard zijn grootste omvang ooit kreeg. Het land dat verloren ging werd door de jaren heen teruggewonnen tot de huidige vorm van de Dollard (zie afbeelding 3.1). De laatste inpoldering aan de Nederlandse zijde betrof de Carel Coenraadpolder in 1924 (Essink, 2009).



Afbeelding 3.1: Het Eems-Dollard estuarium (Taal, et al., 2015).

De getijdenstroming van de Eems eindigt pas ver landinwaarts, bij Herbrum (DE). In de Dollard heeft het getij ook een grote invloed, bij laagwater staat de Dollard voor circa 80 procent droog (Taal, et al., 2015). Het Eems-Dollardgebied is een belangrijk gebied omdat het zoete water uit de Eems nog ongehinderd in het zoute water van de zee kan stromen. Hierdoor is een zeer voedselrijk brakwatergebied ontstaan. Het gebied is belangrijk voor een groot aantal planten en dieren die enkel in het Waddengebied kunnen leven. Ter bescherming is het gebied door de staatssecretaris aangewezen als Natura 2000 gebied (Het Groninger Landschap, sd).

Slibproblematiek

Door menselijk ingrijpen om het gebied geschikt te maken voor de industrie, is het estuarium ernstig verstoord geraakt. Uitbreiding, verdieping en de kanalisatie van de vaarwegen zijn de meest belangrijke oorzaken van de verstoring (NMF Groningen, 2017). Door de menselijke ingrepen is het areaal slikken en kwelders met 40 procent afgenomen ten opzichte van 1900 (Meijer, Borrius, van Wieringen, & Jager, 2004). Het gevolg is dat de eb en vloedstroom zich nu veel sneller kan verplaatsen dan voorheen, waardoor het slib niet goed kan bezinken. Terwijl in de jaren 50 nog recreatie plaatsvond op de zandplaten in de rivier, is dat nu niet meer denkbaar door de grote hoeveelheden

slib in het water en op de oevers (Rijke Waddenzee, 2017). Doordat het slib in de waterkolom zweeft, is de helderheid sterk afgenomen. De hoeveelheden waterplanten en algen zijn afgenomen door het gebrek aan licht in het troebele water, terwijl ze een belangrijke leverancier van zuurstof zijn voor het onderwaterleven. In het zwevende slib vinden afbraakprocessen plaats die zuurstof vereisen, waardoor het zuurstofgehalte sterk is afgenomen. Vooral in de zomer wanneer de afvoer van regenwater vanuit de Eems en de Westerwoldse Aa sterk verminderd, kan het doorzicht en zuurstofgehalte erg laag zijn. Zelfs zo laag dat er in het getijdengebied zuurstofloze perioden ontstaan die een grote negatieve impact hebben op de organismen in het gebied (Birker, Haamke, Jakel, Jan, & Rippen, 2012). Onder deze organismen bevinden zich ook de driedoornige stekelbaars en de glasaal, die elk jaar weer het gebied moeten doorkruisen om de rivieren te bereiken.

Bij het opkomen van de getijdenstroming is er een zichtbaar effect op de Turbiditeit. De stroming brengt het slib weer in de waterkolom en dat uit zich in een troebele watermassa die zich bij opkomend tij richting de oevers beweegt.



Afbeelding 3.2: Het troebele getijdenwater ontmoet het relatief heldere spuiwater(zoet) bij Nieuwe Statenzijl.

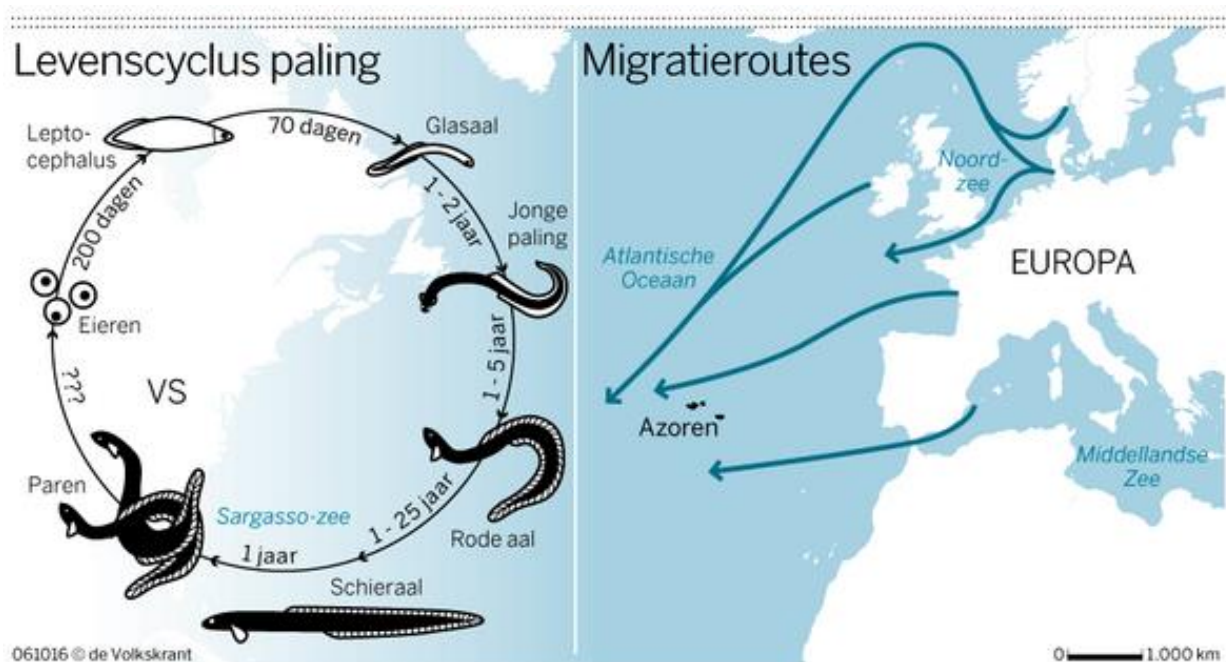
Het herstel van het Eems-Dollard estuarium is niet zo eenvoudig als gedacht, in het grensoverschrijdende gebied moeten veel belangen worden verenigd. De economische belangen van de grote havens en scheepvaart moeten samengaan met de ecologische waarden van de Kader Richtlijn Water, Unesco Werelderfgoed en Natura 2000. De bescherming via de KRW verplicht Nederland ertoe dat de chemische en ecologische waterkwaliteit in 2027 goed moet zijn. Nederland en Duitsland hebben de handen in één geslagen en willen aan het gebied zowel een economische als ecologische impuls geven. Dit uit zich in het uitvoeren van onderzoek en het opstellen van een pakket met maatregelen (Taal, et al., 2015).

3.2 Doelsoorten

De doelsoorten in het onderzoek betreffen de Europese aal (*Anguilla anguilla*) en de driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*). Het onderzoek richt zich op deze soorten omdat deze soorten een specifieke waarde hebben (ecologisch en/of economisch) en van deze soorten een zeer omvangrijke migratie op gang komt in het Eems-Dollardgebied (Landstra & Venema, 2014). Bovendien zijn de aantallen van beide soorten de laatste jaren achteruitgegaan, mede door de belemmering van de trekroutes (RAVON, 2016). Door de combinatie van deze factoren is de noodzaak tot een oplossing of verbetering van de migratieroutes groter dan bij andere migrerende vissoorten.

Europese aal

De Europese aal of paling is een belangrijke vissoort in de Nederlandse binnenwateren op zowel economisch als ecologisch gebied. De paling heeft zowel in zoet- als zoutwater een belangrijke rol in het ecosysteem. Daarnaast is de paling van groot belang in de visserijsector en voedselindustrie (Commissie Verantwoorde Vis, 2010). Uit teruglopende aalvangsten blijkt dat het slecht gaat met de aalpopulatie in Europa. De huidige Europese intrek van glasaal is slechts 1-5 procent van de intrek in de jaren 60 en 70 (Imares, 2013). De paling heeft een zeer bijzondere levenscyclus waarbij grote afstanden worden afgelegd.



Afbeelding 3.3: De levenscyclus van de paling (De Volkskrant, 2016).

Een aal die volledig gepigmenteerd is en zich in de opgroeifase bevindt wordt een rode aal genoemd. Wanneer de aal geslachtsrijp wordt wordt deze "schieraal" genoemd. De paling is een katadrome vissoort, wat betekent dat deze voor zijn voortplanting naar zee trekt. Voor deze tocht naar zee treden er zowel inwendig als uitwendig grote morfologische en fysische veranderingen op bij de schieraal. Een donkere rug en borstvinnen, de ogen worden groter en op beide zijden krijgt de aal een zilveren glans. Het is deze zilveren glans waardoor deze alen in het Engels "silver eel" worden genoemd. Toch blijkt het niet gemakkelijk om direct onderscheid te maken tussen een rode aal en een schieraal. Vaak wordt hiervoor de oogdiameter en de lengte van de borstvin voor opgemeten. Wanneer een aal het uiterlijk heeft van een schieraal hoeft dat niet persé te resulteren in een migratie naar zee. Na de classificatie "schieraal"

kan het nog twee jaar duren voordat er een migratie naar zee plaats vindt. Het kan ook zijn dat een migratie naar zee helemaal uitblijft en de schieraal weer de kenmerken van een rode aal krijgt (Klein Breteler, 2005). De paaipplaats ligt vermoedelijk in de Sargassozee, waarbij de jonge larven met de stroming mee driften naar het Europese continent en Noord-Afrika (Winter, Griffioen, & van Keeken, 2014).

De larven die uit de eitjes komen, worden *Leptocephalus* larven genoemd. De naam komt voort uit de eerste ontdekking van de palinglarve in de Middellandse zee in 1856. De larve is dermate anders van vorm dat deze niet herkend werd als palinglarve en is omschreven als een nieuwe diersoort. Het dier kreeg de naam *Leptocephalus brevirostris*, waarvan de eerste naam nu nog gebruikt wordt. De *Leptocephalus* larven worden meegevoerd met de golfstroom naar het continentaal plat, waar de larven in glasalen veranderen. De glasaal lijkt qua uiterlijk al op een volwassen aal maar is nog volledig doorzichtig. Het is gebleken dat de glasalen bij aankomst bij het continentaal plat een leeftijd hebben van 1 tot 3 jaar. Bij het arriveren bij de kustlijn en in aanraking gekomen met het zoete water, begint de pigmentatie, waarmee de aal meer zijn volwassen uiterlijk krijgt.



Afbeelding 3.4: Een glasaal (links) en een volledig gepigmenteerde jonge aal (rechts).

Het tijdstip waarop de alen het zoete water intrekken is sterk afhankelijk van de watertemperatuur. In Nederland begint de glasaalintrek in februari terwijl de intrek in Ierland pas eind mei begint (Klein Breteler, 2005). De intrek van glasaal begint bij een watertemperatuur vanaf circa 9 graden Celsius. Glasalen maken bij aankomst bij de kustlijn gebruik van selectief getijden transport (Rijkswaterstaat, 2011). De glasaal kan op deze manier zich zo ver mogelijk mee laten voeren richting het zoete water zonder zelf veel energie te hoeven gebruiken. Geholpen door de vloedstroming kunnen glasalen per uur een afstand afleggen van 2,5 kilometer. Door de sluizen, dammen en stuwen kunnen de glasalen niet meer met het meezwemgedrag in het zoete water komen. Veel vispassages, zoals een aalgoot, zijn gebaseerd op opzwemgedrag. Een lokstroom van zoet water moet de aaltjes naar juiste plek leiden, waar zij zelf omhoog moeten zwemmen. Maar een efficiëntere methode zou een vispassage zijn waarbij de glasalen meezwemverdrag kunnen vertonen. Uit onderzoek bleek dat een vishevel waarbij glasalen met de stroom mee kunnen zwemmen, wel tien keer zoveel glasalen het zoete water kunnen bereiken in vergelijking met een aalgoot. Vooral 's nachts -tijdens vloed- trekken de glasalen massaal landinwaarts. Eenmaal in het zoete water kunnen de alen in hun eerste jaar nog 150 kilometer

landinwaarts migreren, afhankelijk van de hoeveelheid barrières die zij tegenkomen (Klein Breteler, 2005).

De driedoornige stekelbaars

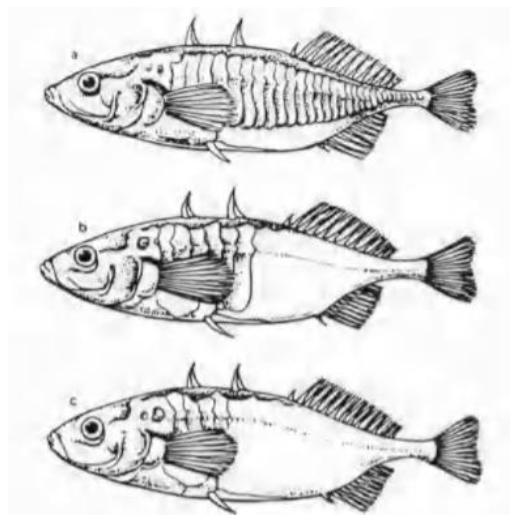
De driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) is een kleine vis die behoort tot de familie van de stekelbaarzen. De driedoornige stekelbaars dankt zijn naam aan de drie stekels die zich bovenop de rug bevinden. Het visje wordt maximaal 10 centimeter lang en komt algemeen voor in Europa. Normaliter is de vis volledig zilverkleuring maar in de paaitijd krijgen de mannetjes een felgekleurd paaikleed (RAVON, 2016). De mannetjes hebben dan een felrode onderkant en blauwachtige rug en iris (zie afbeelding 3.5).



Afbeelding 3.5: Links een driedoornige stekelbaars zonder paaikleed (Soortenbank.nl, 2017) en rechts met paaikleed (Dijksen, 2013).

De stekelbaars heeft geen schubben maar beenplaten op de zijkant van zijn lichaam. Hij komt zowel in zoet als in zout water voor, en hoe zouter het water is waar de vis voorkomt, hoe meer beenplaten er aanwezig zijn ('t Hart, 1978). Er wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende varianten van de driedoornige stekelbaars. De varianten hebben verschillende levenswijzen en kunnen worden herkend aan het aantal beenplaten op de flanken. De volgende varianten van de driedoornige stekelbaars kunnen worden onderscheiden:

- a. *De forma trachurus*; deze variant paait en groeit op in zee. Het lichaam is volledig bedekt met beenplaten. Deze variant wordt het grootste, maximaal 12 centimeter lang.
- b. *De forma semiarmatus*; De semiarmatus leeft in zoutwater maar paait in zoetwater, deze variant migreert daarom van zout naar zoet. Er bevinden zich alleen beenplaten aan de voorzijde van het lichaam. De maximale lengte is circa negen centimeter.
- c. *De forma leiurus*; leeft en paait in zoetwater, het is de kleinste variant met een maximale lengte van acht centimeter. Er zijn slechts enkele beenplaten aanwezig.



Afbeelding 3.6: De drie verschijningsvormen van de driedoornige stekelbaars (Leestmans & Yseboodt, 1993).

De stekelbaars leeft voornamelijk in grote scholen maar in het broedseizoen wordt het mannetje territoriaal. Hij maakt op de bodem een nest van plantmateriaal waar een vrouwtje naartoe wordt gelokt om eitjes te leggen. Een ander mannetje wordt met zijn rode buik snel herkend en direct

verjaagd. Het mannetje bewaakt na de bevruchting van de eitjes het nest en voorziet de eitjes van zuurstof door met zijn vinnen zuurstofrijkwater naar de eitjes te wapperen ('t Hart, 1978).

De populatie van de anadrome stekelbaars (*forma semiarmatus*) is door verminderde intrekmogelijkheden behoorlijk achteruitgegaan (RAVON, 2016), terwijl juist deze variant een belangrijke voedselbron is voor vogels (WNF, 2017). De paaitrek begint namelijk vroeg in het voorjaar en de vogels zoals de lepelaar profiteren van deze makkelijke prooi wanneer de stekelbaars zich in ondiep water bevindt. De semiarmatus variant trekt vanuit de Noord- en Waddenzee richting het zoete water. De intrek en voortplanting loopt van maart tot en met mei waarbij de ouder dieren van april tot november weer terugtrekken naar zee (Booma & Bouwmans, 2013). De driedoornige stekelbaars maakt, net als glasaal en bot, gebruik van selectief getijden transport om met zo min mogelijk energie het zoete water te bereiken (Winter, Griffioen, & van Keeken, 2014).

4. Materiaal en methode

4.1 Methodiek ontwerp

De getijdenstroming is een belangrijke factor om te onderzoeken omdat er verwacht wordt dat deze factor een grote invloed heeft vanwege het selectief getijden transport waarvan de doelsoorten gebruik maken. Om de invloed van het getij te onderzoeken moet er meerdere malen in het getij worden gemonitord. De zoektocht naar een geschikt methode kwam uit bij een kruisnetmonitoring. Het vierkante net dat horizontaal omhoog wordt getrokken blijkt een goede methode voor een snelle steekproef van het aanbod vis (Landstra & Venema, 2014). Eerder uitgevoerde onderzoeken in Nieuwe Statenzijl blijken te hebben gemonitord van laagwater naar hoogwater, hiermee wordt het effect van het inkomende getijde geschetst. Om de uitkomsten te kunnen vergelijken zal dezelfde methode worden overgenomen. De exacte plaats waar met het kruisnet is bemonsterd, is ook overgenomen van de eerder uitgevoerde onderzoeken en betrof voor de kattenluiken, omdat het waarschijnlijk is dat zich daar meer vis ophoudt door de zoetwaterlokstroom bij gelijk water.

Om de invloed van het getij en het weer aan te tonen worden abiotische parameters gemeten die gerelateerd zijn aan het getij of het weer. De parameters moesten daarnaast relatief gemakkelijk te zijn verkrijgen. Voor het weer is er gekozen dit niet zelf te meten, gezien de benodigde apparatuur, maar de gegevens van het KNMI op te vragen. Hiervoor werd het meetstation van het KNMI gebruikt dat het meest in de buurt lag (meetstation Beerta). Er wordt vanuit gegaan dat het weer in Beerta een gelijkwaardig beeld schetst als het weer op de onderzoeklocaties. Om de waterkwaliteitsparameters te meten is er, net als in de eerder uitgevoerde onderzoek op Nieuwe Statenzijl, gebruik gemaakt van de multimeter Hanna HI9298. Er is gekozen voor deze multimeter vanwege zijn kwaliteit en de beschikbaarheid, het Van Hall Larenstein beschikt over deze multimeters.

De data wordt verwerkt met het programma IBM SPSS omdat het een uitgebreid en geavanceerd programma is wat in staat is gecompliceerde analyses uit te voeren, tevens is het op de computers van het Van Hall Larenstein aanwezig. Het statistische model is gekozen op basis van de verwachte uitkomst. Door naar de eerder uitgevoerde onderzoeken te kijken was de verwachting was dat de resultaten van de kruisnetmonitoring een negatief binomiale verdeling zouden hebben (Landstra & Venema, 2014). Daarnaast is er sprake van count-data omdat het aantal gevangen vissen nooit een cijfer achter de komma kan hebben. Verder moest het gekozen model veel parameters (abiotische factoren van het weer en het getij) met elkaar kunnen vergelijken. Met de opgestelde criteria kwamen de multilevel analyses General Estimation Equation (GEE) en de Generalized Linear Mixed Model (GLMM) naar voren. Uit deze twee opties is de GLMM gekozen omdat het in tegenstelling tot het GEE-model een conditioneel model is, wat beter in staat is gevolgtrekkingen tussen individuele parameters te toetsen (Diggle, Liang, & Zeger, 1994).

De locatiekeuze voor Nieuwe Statenzijl is bepaald door de opdrachtgevers, het maakt onderdeel uit van de meerjaren monitoring naar de werking van de vispassages. Er is besloten om in plaats van een volledige week te monitoren op één plaats, twee dagen per week twee locaties te monitoren. De keuze is mede bepaald vanwege de eerder uitgevoerde onderzoeken bij Nieuwe Statenzijl, met twee dagen per week kan er over een langere periode een goed beeld geschetst worden van het aanbod en de werking van de vispassages. Het is interessant om een volledig andere locatie dan Nieuwe Statenzijl te bemonsteren, de locatiekeuze voor de tweede locatie viel op Pogum (DE). Deze locatie ligt niet ver van

Nieuwe Statenzijl vandaan, maar verschilt doordat het met een korte geul haaks op de Eems ligt. Daarnaast is er nog niet eerder onderzoek verricht en is er ook nog geen vispassage aanwezig.

Het onderzoek staat niet op zichzelf maar is onderdeel van een groter onderzoek naar vismigratie in het Eems-Dollardgebied. Omdat het gebied op zowel Duitse als Nederlandse zijde ligt, is er een samenwerking aangegaan met het Niedersächsisches Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) en Duitse waterschappen waaronder het waterschap Sielacht Rheiderland. Door de samenwerking kan in het gehele Eems-Dollard estuarium op dezelfde wijze worden gemonitord en kunnen de resultaten worden uitgewisseld en vergeleken. Op deze manier kan een zo compleet mogelijk beeld verkregen worden van de vismigratie die plaats vindt in het Eems-Dollardgebied. Knelpunten en belangrijke barrières kunnen worden aangepakt en het beleid aan zowel Duitse als Nederlandse zijde kan gelijk worden gestemd. Door de samenwerking is het mogelijk geworden dat er binnen het onderzoek ook op de Duitse locatie (Pogum) is gemonitord.

4.2 Onderzoeklocaties

Nieuwe Statenzijl

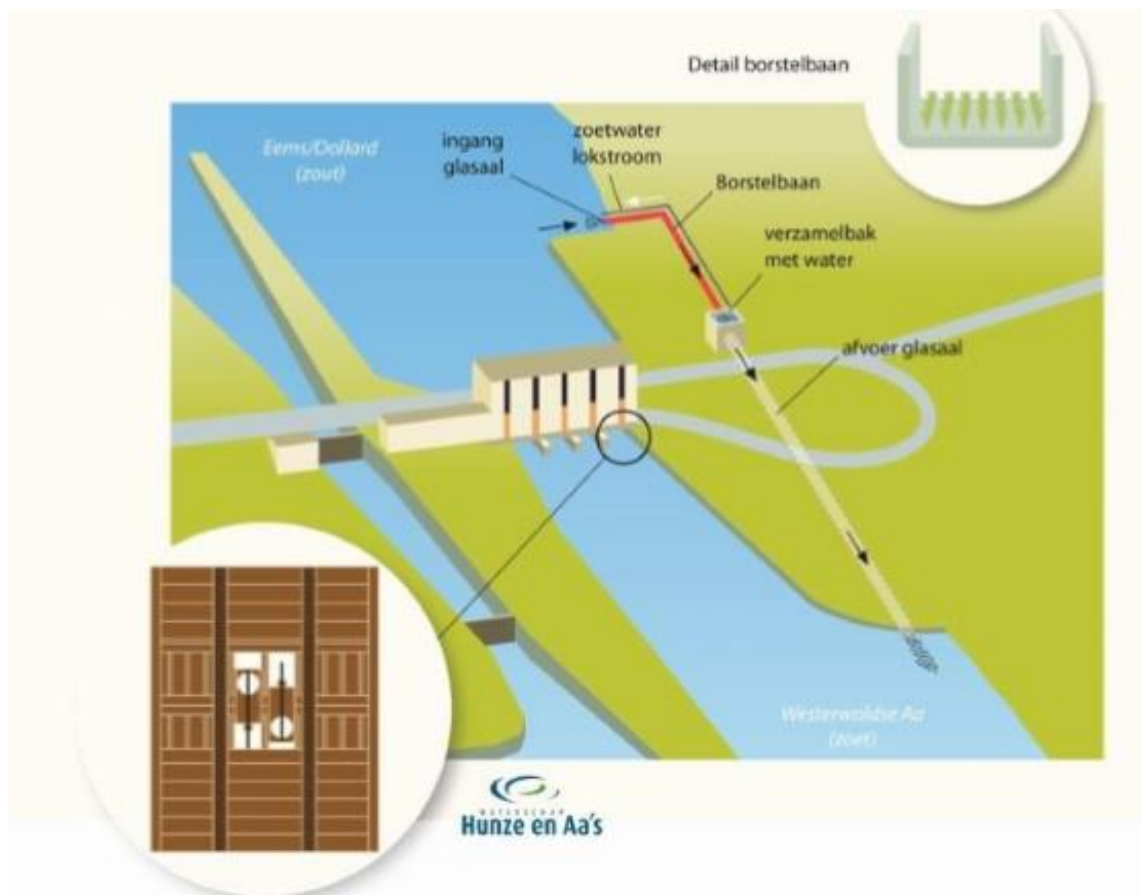
In het noordoosten van de provincie Groningen, tegen de grens van Duitsland, bevindt zich het sluizencomplex Nieuwe Statenzijl. Het sluizencomplex zorgt voor de afwatering van het stroomgebied van de Westerwoldse Aa (zie bijlage I voor een kaartje van het stroomgebied) waarbij het overtollige water bij laagwater wordt geloosd op de Dollard. Er zijn vier grote sluisdeuren waarmee er bij laagwater kan worden gespuid (zie afbeelding 4.1).



Afbeelding 4.1: Het sluizencomplex Nieuwe Statenzijl bij laagwater gezien vanaf de Dollard kant.

Het spuien van het water gaat gepaard met hoge stroomsnelheden waar soorten zoals de driedoornige stekelbaars en de glasaal niet tegenin kunnen zwemmen. Om toch trekvisser binnen te laten zijn er zogenaamde ‘kattenluiken’ in de sluisdeur gemaakt. Een kattenluik is een klep, die geopend kan worden zodat er een doorgang ontstaat (zie afbeelding 4.2). In de meest oostelijke sluisdeur zijn twee kattenluiken gemaakt die kunnen worden geopend als het binnen en buiten water even hoog staat (gelijk water). Het openen van de kattenluiken gebeurt enkel nabij gelijk water zodat de stroming rustig op gang kan komen en er zo min mogelijk zout en slib terecht komt in de Westerwoldse Aa. De

kattenluiken worden automatisch door de computer geopend vlak voordat het gelijk water is. Doordat de luiken vlak voor gelijk water openen ontstaat er eerst een lichte stroming van zoet water uit de Westerwoldse Aa naar de Dollard. De migrerende vissoorten zoals de glasaal en stekelbaars kunnen het zoete water herkennen. Door de lichte stroming van zoet water worden zij geactiveerd en zwemmen tegen de lichte stroming in. Wanneer door het getijde de waterstand in de Dollard hoger wordt, verandert de stromingsrichting. Door het selectieve getijden transport laten de glasaal, bot en driedoornige stekelbaars zich met deze stroming meeliften naar de Westerwoldse Aa. De computer sluit de kattenluiken automatisch bij een bepaalde waterstand omdat er anders te veel zout/brak en slibrijkwater in de Westerwoldse Aa komt. Door de grote hoeveelheid slib die later in het voorjaar in het Eems-Dollardgebied voorkomt, kunnen de kattenluiken meestal niet meer geopend worden in mei, omdat er anders te veel slib in de Westerwoldse Aa komt (Schollema, 2017). Omdat in deze periode vrijwel alleen de glasaal migreert is er speciaal voor de glasaal een tweede maatregel genomen zodat deze soort het zoete water nog kan bereiken. De tweede maatregel betreft een zogenaamde “aalgoot”, die ervoor moet zorgen dat de glasaal via een goot met borstels om de sluis heen kan trekken.



Afbeelding 4.2: Een schematische weergave van de kattenluiken en de aalgoot bij het sluizencomplex van Nieuwe Statenzijl (Hunze en Aa's, 2014).

De glasaaltjes worden gelokt met een kleine zoetwaterstroom die door de borstelgoot heen loopt. Bij de ingang van de goot zijn sproeiers gemonteerd die zoet water sproeien zodat er een zoetwaterbel voor de ingang van de goot ontstaat. Door de zoetwaterbel blijven de aaltjes zoeken naar een doorgang

en gebruiken vanzelf de ingang van de borstelgoot. De borstelgoot loopt langzaam op tot op het hoogste punt waarbij ze zich via een afvoerbuis naar de binnendijkse zijde kunnen laten meevoeren.



Afbeelding 4.3: Het hoogste punt van de aalgoot waar tevens de apparatuur is weggewerkt (links), de zoetwatersproeiers in werking om de glasalen te lokken (midden) en de ingang van de borstelgoot (rechts).

Verder is er bij Nieuwe Statenzijl nog een schutsluis aanwezig zodat boten van de Westerwoldse Aa naar de Dollard kunnen varen en andersom. De schutsluis is vooral in de zomer in werking wanneer er veel recreatiescheepvaart is. Migrerende vissoorten zouden ook via de schutsluis hun weg naar zoet of zout kunnen vinden. Echter komt de migratieperiode van de aal en de driedoornige stekelbaars niet overeen met het meest intensieve gebruik van de schutsluis. In de migratieperiode waar het grootste deel van de glasalen en stekelbaarzen het zoete water in wil (feb – mei) is de recreatievaart nog niet op gang gekomen en wordt de schutsluis slechts sporadisch gebruikt. De mismatch zorgt ervoor dat de migrerende vissoorten weinig gebruik kunnen maken van de schutsluis om het zoete water te bereiken.

Pogum

De tweede onderzoeklocatie bevindt zich in de Duitse provincie Niedersachsen bij het dorp Pogum. Hier staat een gemaal en sluiscombinatie genaamd “Jemgum” (zie afbeelding 4.4). Het gemaal in Pogum is een gemaal en sluiscombinatie, waardoor er zowel water geloosd kan worden door middel van vrij verval als met elektrisch aangedreven pompen. De pompen kunnen worden ingeschakeld op tijden wanneer de waterstand met laagwater niet voldoende verschilt met de waterstand aan de binnenzijde of bij een overvloed aan zoetwater.



Afbeelding 4.4: Het gemaal en sluiscombinatie “Jemgum” bij Pogum en de locatie weergegeven op een plattegrond (de Vries) (Google Maps, 2016).

Het gemaal zorgt voor de afwatering van een groot gebied vanaf de Duitse plaats Bunde tot aan Pogum waaronder de Kanalpolder en de Charlottenpolder, zie bijlage I (Kruithoff, 2017). Het gemaal is in

eigendom en beheer van het Duitse waterschap “Sielacht Rheiderland”. De locatie in Pogum verschilt in grote mate van de locatie in Nieuwe Statenzijl, zo is het gemaal bij Pogum kleiner en zijn er slechts twee sluisdeuren aanwezig (zie afbeelding 4.5).



Afbeelding 4.5: De locatie in Pogum vanaf de Eems kant gefotografeerd.

Daarnaast ligt het gemaal bij Pogum aan de getijdenrivier de Eems wat betekent dat er kan worden vastgesteld dat het hier om een locatie gaat die, in tegenstelling tot Nieuwe Statenzijl, haaks op de stroomrichting staat. Door de afwezigheid van eerder uitgevoerd onderzoek en een groot verschil met de locatie in Nieuwe Statenzijl is het een interessante locatie voor het onderzoek.

4.3 Onderzoeksvragen

Om het doel van het onderzoek te realiseren zijn de volgende vragen geformuleerd:

Wat is de invloed van het getij en het weer op het aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars bij Pogum en Nieuwe Statenzijl en de migratie naar het achterland via vispassages bij Nieuwe Statenzijl?

De hoofdvraag wordt beantwoord met behulp van onderstaande deelvragen:

1. Wat is het verschil in aanbod glasaal en driedoornige stekelbaars aan de zeezijde bij de sluizencomplexen bij Nieuwe Statenzijl en Pogum?
2. Hoe wordt het aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars aan de zeezijde beïnvloedt door het getij en het weer bij Nieuwe Statenzijl en Pogum?
3. Wat is het migratiesucces van glasaal en driedoornige stekelbaars via de kattenluiken en glasaalgoot bij Nieuwe Statenzijl?
4. Wat is de invloed van het debiet in het achterland van Nieuwe Statenzijl op de migratie van de driedoornige stekelbaars?

Daarnaast is tijdens het onderzoek, op verzoek van de opdrachtgever, nog bepaalde data onderzocht die niet direct bijdragen aan het beantwoorden van de onderzoeksvragen. Deze data waren eenvoudig te verzamelen en mee te nemen in het onderzoek. Het gaat hier om de lengte van de glasaal en de lengte en gewicht van de driedoornige stekelbaars gedurende het seizoen.

4.4 Methode en technieken

“Wat is het verschil in aanbod glasaal en driedoornige stekelbaars aan de zeezijde bij de sluizencomplexen bij Nieuwe Statenzijl en Pogum?”

Aanbodmeting kruisnet

Het aanbod glasaal en driedoornige stekelbaars is gemeten door met een kruisnet in te monitoren. In het verleden zijn er onderzoeken uitgevoerd naar de vissoorten en aantallen in Nieuwe Statenzijl met behulp van een fijnmazig kruisnet. Het kruisnet dat gebruikt is op beide onderzoeklocaties is een vierkant net met een afmeting van 1 meter bij 1 meter (zie afbeelding 4.6). Er is gekozen voor een fijnmazig net met een maaswijdte van 1 mm, zodat de glasaal niet ontsnapt.

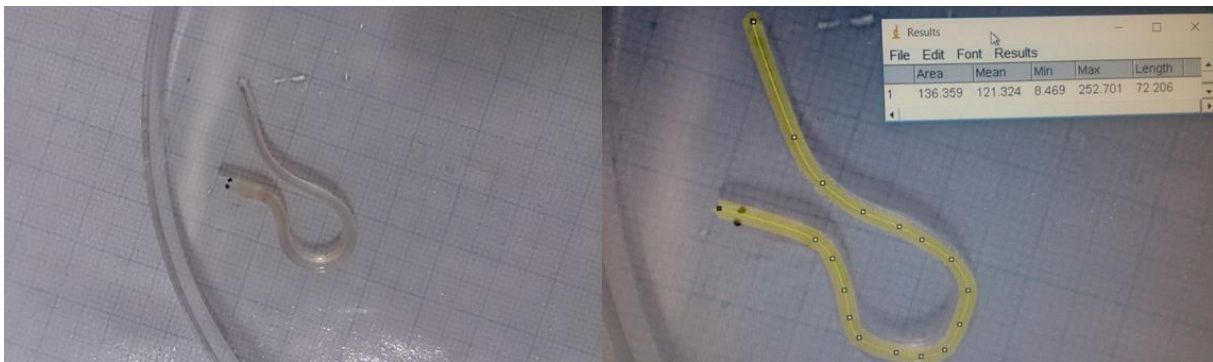


Afbeelding 4.6: Het kruisnet met een groot aantal gevangen driedoornige stekelbaarzen.

Er is gemonitord met het getij mee, van laagwater tot hoogwater, om de invloed van het getij te kunnen aantonen. Het kruisnet is elke tien minuten opgehaald, dus zes keer per uur. Na het bovenhalen van het kruisnet is de vangst geregistreerd, waarna het kruisnet (maximaal vijf minuten na het ophalen) weer in het water is gelaten. Deze frequentie is overgenomen van onderzoeken in het verleden waarbij de frequentie goed uitvoerbaar bleek (Landstra & Venema, 2014). Er is gekozen om de kruisnetmeting op vaste tijden te herhalen. Deze tijdstippen waren bepaald op 5, 15, 25, 35, 45, 55 minuten na het hele uur. Door deze methodiek te handhaven was er geen stopwatch nodig en ontstond er een vast tijdsinterval met zes metingen per uur.

Bij de aanbodmeting is bij alle andere vissoorten, op de doelsoorten na, enkel de aantallen genoteerd. Bij de glasaal en de driedoornige stekelbaars is op de locatie Nieuwe Statenzijl ook de lengte genoteerd van een klein aantal (circa 10-30 stuks) vissen. Enkel bij de driedoornige stekelbaars is ook het gewicht genoteerd van degene die zijn opgemeten. Het registreren van de lengte (en voor driedoornige stekelbaars ook het gewicht) is een zijstap in het onderzoek; het draagt niet bij aan het beantwoorden van de onderzoeksvragen. Echter heeft de opdrachtgever verzocht om deze data te verzamelen en daarbij is besloten deze data ook te verwerken in de rapportage.

De glasaal is opgemeten door middel van een foto te maken van circa tien stuks op een petrischaaltje met daaronder millimeterpapier. De keuze voor de methode is gevallen omdat het meten met een liniaal niet uitvoerbaar is. Elke monitoringsdag op de locatie Nieuwe Statenzijl zijn er één tot drie foto's gemaakt. Met het computerprogramma ImageJ kan de lengte van de glasaal worden opgemeten door er een lijntje over te trekken en vervolgens wordt deze gekoppeld aan de schaal van het millimeterpapier waarna de lengte wordt weergegeven in millimeters (zie afbeelding 4.7).



Afbeelding 4.7: een glasaal gefotografeerd voor de lengte bepaling (links) en het uitvoeren van de lengte bepaling met ImageJ (rechts).

De lengte van de glasalen uit de aanbodmeting worden gedurende het hele seizoen vergeleken met de lengte van de glasalen uit de glasaalgoot. Hiermee kan de lengte worden vergeleken van glasalen die de aalgoot zijn opgetrokken en individuen die dat nog niet hebben gedaan. Met een t-toets wordt nagegaan of er een significant verband is tussen glasalen die de aalgoot op zijn getrokken en de in de kruisnetmonitoring gevangen exemplaren. Mogelijk kunnen alleen de grotere en sterkere alen de aalgoot beklimmen. Daarnaast kan de lengte over het seizoen worden onderzocht. De verwachting is dat de lengte zal toenemen naarmate het seizoen vordert, doordat de glasalen groeien in het water voor de sluis of op weg naar de sluis. De lengte van de glasalen is alleen op de locatie in Nieuwe Statenzijl uitgevoerd omdat de methode moest worden uitgevoerd in het sluisgebouw in verband met de wind. Bij Pogum ligt het sluisgebouw verder van de meetlocatie af waardoor het te veel tijd ging kosten om deze data te verzamelen.

De lengte van de driedoornige stekelbaars is opgemeten door middel van een liniaal. Daarnaast is ook het gewicht van de stekelbaarzen gemeten met een precisieweegschaal (ProScale LSC100).



Afbeelding 4.8: Een driedoornige stekelbaars waarbij het gewicht wordt gemeten.

Met de lengte en het gewicht is de conditiefactor van de stekelbaarzen berekend. De conditiefactor geeft een indicatie aan voor de conditie. Mogelijk beginnen de stekelbaarzen met een betere conditie eerder aan de migratie; dat kan met deze methode worden bewezen. De conditiefactor wordt als volgt berekend: $\text{Conditiefactor} = \text{gewicht} / \text{lengte}^3 \times 100000$ (Vis, 2017). Deze methode is net als het meten van de lengte van de aaltjes alleen bij Nieuwe Statenzijl uitgevoerd vanwege de afstand tot het sluisgebouw bij Pogum.

De exacte plaatsen waarop de aanbodmetingen gedaan werden op elke locatie, zijn als volgt: Bij Nieuwe Statenzijl is vlak voor de Kattenluiken gemonitord. Bij Pogum is vlak voor het gemaal gemonitord. Als de kattenluiken in de sluisdeuren bij Nieuwe Statenzijl geopend waren, werd door de heftige stroming de aanbodmeting recht voor de kattenluiken onmogelijk, daarom is gedurende de opening van de kattenluiken de aanbodmeting doorgezet circa 10 meter links van de kattenluiken, voor de sluis (zie bijlage II).

In totaal vonden meting 4 dagen per week plaats: maandags en donderdags in Nieuwe Statenzijl en dinsdags en vrijdag in Pogum (m.u.v. feestdagen en 24-uurs sessies, hierop werd het rooster aangepast). Voor een overzicht van de gemonitorde dagen (zie bijlage III). De totale monitoringsperiode liep vanaf 06-03-2017 (kalenderweek 10) tot en met 19-05-2017 (kalenderweek 20).

Om de werkzaamheden te vergemakkelijken en geen schade aan het hekwerk bij beide sluizencomplexen te veroorzaken, zijn twee kraantjes gebouwd (afbeelding 4.9).



Afbeelding 4.9: Links de hijskraan bij Nieuwe Statenzijl met het net bevestigd, rechts de hijskraan bij Pogum vlak na de levering.

Dataverwerking

De totale vangsten van het onderzoek zijn vergeleken door de vangst per vissoort bij elkaar op te tellen voor Nieuwe Statenzijl en Pogum. Deze data zijn in een tabel weergegeven, zodat de verschillen in vangstaantallen per soort duidelijk te zien zijn. Daarnaast zijn gewogen gemiddelden per dag uitgerekend, om het verloop van de vangsten van driedoornige stekelbaarzen en glasalen gedurende de monitoringsperiode per locatie te kunnen vergelijken. Hiermee wordt het verschil in het aantal kruisnetmetingen verrekend, waarbij duidelijk wordt hoeveel driedoornige stekelbaars en glasaal er per kruisnetmeting per dag gemiddeld gevangen zijn. Als er bijvoorbeeld gedurende een aanbodmeting op een dag het net 30 keer is opgehaald, waarbij 150 glasalen zijn gevangen, is het gewogen gemiddelde voor glasalen gedurende de meting $150/30=5$.

“Hoe wordt het aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars aan de zeezijde beïnvloedt door het getij en het weer bij Nieuwe Statenzijl en Pogum?”

Om een relatie tussen het getij en de weersomstandigheden en het aanbod glasaal en driedoornige stekelbaars aan te tonen zijn de gegevens van de aanbodmeting gebruikt. De abiotische factoren die verband houden met het weer of het getij zijn met een multimeter gemeten of opgevraagd bij andere partijen zoals het waterschap Hunze en Aa's en het KNMI (zie tabel 4.3.1).

De gebruikte multimeter betrof een Hanna HI9892, welke automatisch elke 5 minuten een meting verrichtte voor de parameters watertemperatuur, zuurstofgehalte, zuurgraad, saliniteit, geleidbaarheid en Turbiditeit. De meetsonde was met een touw aan een drijver bevestigd, zodat deze op één meter diepte de metingen verrichtte.

In de onderstaande tabel zijn de abiotische factoren terug te vinden die zijn gemeten, inclusief de eenheid, frequentie en de meetmethode.

Tabel 4.3.1: De abiotische factoren en de manier waarop zij worden gemeten. *LET OP: De uurblokken die het KNMI hanteert, zijn metingen over het afgelopen uur. Bij gegevens verkregen om 13:00, bijvoorbeeld de neerslag, gaat het om de neerslag in mm tussen 12:00 en 13:00. Dit uurblok niet verwarren met 'uurblok voor HW'.

Abiotische factor	Eenheid	Frequentie	Meetmethode
Uurblok voor Hoogwater	Uurblok (1-8)	6 x per uur (1 x per meting)	Berekening (zie "data verwerking")
Waterstand	NAP	Elke 10 min	Aangeleverd door Hunze en Aa's
Afvoerdebiet	m ³ / uur	Elke 10 min	Aangeleverd door Hunze en Aa's
Watertemperatuur	Graden Celsius (°C)	Elke 5 min	Eigen meting d.m.v. Hanna multimeter
Zuurstofgehalte	Mg/L	Elke 5 min	Eigen meting d.m.v. Hanna multimeter
Saliniteit	PSU	Elke 5 min	Eigen meting d.m.v. Hanna multimeter
Zuurgraad	pH	Elke 5 min	Eigen meting d.m.v. Hanna multimeter
Geleidbaarheid	µS/cm	Elke 5 min	Eigen meting d.m.v. Hanna multimeter
Turbiditeit	FNU	Elke 5 min	Eigen meting d.m.v. Hanna multimeter
Luchttemperatuur	Graden Celsius (°C)	1 x per uur, op het hele uur	Data KNMI (weerstation Beerta)
Hoeveelheid neerslag	0.1 mm/uur	Per uurblok*	Data KNMI (weerstation Beerta)
Maanstand	% zichtbaar	Per dag	www.Kalender-365.nl
Globale straling	J/m ²	Per uurblok*	Data KNMI (weerstation Beerta)

Data analyse

De data zijn verwerkt in het programma SPSS waarbij gebruik is gemaakt van een Generalized Linear Mixed Model (GLMM). Dit model is gekozen omdat het geschikt is voor een dataset waarbij er geen normale verdeling is. Er is altijd gekeken naar de vangsten in uurblokken voor hoogwater. Deze uurblokken zijn als volgt ingedeeld: het uur vóór hoogwater is uurblok voor HW 1, het uur daaraan voorafgaand is uurblok voor HW 2, etc. Omdat elke tien minuten een aanbodmeting is verricht, bevatten de uurblokken zes kruisnetmetingen.

Het GLMM-model controleerde of er een significant verband was tussen de abiotische parameter en de gemiddelde vangsten in uurblokken per locatie per vissoort, op deze manier zijn alle abiotische parameters eerst enkelvoudig op correlatie gecontroleerd. Er is een significant verband wanneer $p < 0,05$ is (95 % betrouwbaarheid). De Expo (coëfficiënt) geeft aan of de vangst af of toeneemt wanneer de abiotische parameter met 1 punt toe neemt.

Er is met de GLMM ook een model gecreëerd per vissoort voor elke locatie met verschillende abiotische parameters in één model. Er is gebruik gemaakt van een stapsgewijze model selectie door middel van abiotische parameters toe te voegen waarbij de Akaike Corrected Information Criterion (AICC) de waarde is die aangeeft of het model beter past met de toegevoegde parameter. Er is met een volgorde gewerkt waarbij er begonnen is met de parameters met de laagste AICC. Hoe lager de

AICC, hoe beter het model past. Op deze wijze is het best voorspellende model gecreëerd met zo min mogelijk parameters die onderling variantie van elkaar of van uurblok voor hoogwater afpakken.

Op een later tijdstip is er getoetst of er een significant verband is tussen de maanstand en het gemiddeld aantal glasalen in de aalgoot voor (zowel 2014, 2015 als 2017); hiervoor is gebruik gemaakt van een Pearson Correlation toets in IBM SPSS.

“Wat is het migratiesucces van glasaal en driedoornige stekelbaars via de kattenluiken en glasaalgoot bij Nieuwe Statenzijl?”

Methode monitoring aalgoot

Om de hoeveelheid glasaal te bepalen die via de borstelbaan zijn weg omhoog vindt naar de binnendijkse zijde van sluizencomplex Nieuw Statenzijl, is boven de opvangbak (die zich aan het uiteinde van de borstelbaan bevindt) een net geplaatst (zie afbeelding 4.10). Het net heeft een maasgrootte van 1.5mm, waardoor de glasaal tegengehouden wordt. In tegenstelling tot de metingen bij de kattenluiken was de aalgoot dus niet alleen hermetisch omsloten zijn door een net, maar is tijdens zowel eb als vloed gemeten hoeveel glasalen gebruik maken van de passage.



Afbeelding 4.10: Het geplaatste net voor de monitoring in de bak waarmee de aalgoot volledig wordt afgevangen.

Het net is regelmatig geleegd, waarbij het aantal glasalen geteld en gedocumenteerd is. Waar mogelijk is geprobeerd het net elke dag te legen. Wanneer door omstandigheden de mogelijkheid niet bestond om het elke 24 uur te doen, is gekozen voor langere tussenpozen. Uitgangspunt was dan wel om het net zo snel mogelijk te legen, om het welzijn van de glasalen (in het bijzonder op warme dagen) niet in gevaar te brengen. De glasalen zijn na de leging geteld en geregistreerd. Net zoals bij de aanbodmeting (deelvraag 1) zijn er 10 tot 30 glasalen gefotografeerd op mm papier om de lengte te kunnen vergelijken met die van de kruisnetvangsten.

In geval van grote hoeveelheden gevangen glasaal, is niet ieder individu geteld maar vanwege tijd en arbeidsbesparing een schatting gemaakt. De schatting is gemaakt door middel van een samplegroep. Hierbij is de glasaal in een bepaald volume van circa 50 of 100 milliliter geteld. De gevangen

hoeveelheid aal is in een maatbeker geplaatst en gedeeld door het kleine volume waarvan het aantal glasalen bekend was. Daarna is het aantal getelde glasalen maal de factor van het grotere volume gedaan.

Totaal aantal glasalen= aantal sample groep * (totaal volume/sample groep volume)

Methode monitoring kattenluiken

De hoeveelheid vis die via de kattenluiken naar de Westerwoldse Aa komt, is gemeten door middel van steekproefvangsten met fuiken. Bij sluizencomplex Nieuw Statenzijl gaat het om een tweetal kattenluiken en er zijn ook twee fuiken gebruikt voor de bemonstering. De fuiken zijn in de stroming van de kattenluiken geplaatst en waren voorzien van een debietmeter, welke de hoeveelheid water wat door de fuik is gegaan registreert. Met de vangst en het bemonsterde debiet is een berekening uitgevoerd om de totale aantallen door de kattenluiken te schatten. De tijden waarop de kattenluiken geopend werden is afhankelijk van het getij; rond gelijk water werden de kattenluiken voor korte duur (circa 30 minuten) geopend. De openingstijd was afhankelijk van de mate waarin zich slib in de waterkolom bevond. Bij hoge slibconcentraties was de openingstijd van de kattenluiken korter, voorkomend dat te grote hoeveelheden slib in de Westerwoldse Aa terecht komen en risico's tot het dichtslibben van de fuiken te voorkomen.

De fuiken die gebruikt zijn, hebben een openingsoppervlak van 0,358m² en een maasgrootte van 1.5mm. De sok van de fuik heeft een kleinere maasgrootte, waardoor de organismen niet door de waterdruk uit de fuik kunnen spoelen.

De fuiken werden vanaf de bovenzijde van het sluizencomplex in de stroming geplaatst. Om de fuiken zo recht mogelijk voor de opening te positioneren, is aan de onderzijde van de fuiken een touw met een gewicht vastgemaakt (zie afbeelding 4.11). De lengte van dit touw was gelijk aan de afstand tussen het kattenluik en de bodem van de Westerwoldse Aa, zodat het fuik er recht voor kwam te hangen. Daarnaast was een touw aan de bovenzijde van de eerste ring van de fuiken vastgemaakt, die na de tewaterlating aan de railing boven de kattenluiken werd vastgemaakt.



Afbeelding 4.11: Eén van de fuiken waarmee de kattenluiken zijn gemonitord waarbij (1) het touw betreft waarmee het fuik kan worden gelicht, (2) de debietmeter, (3) het touw met gewicht eraan, en (4) de sok waar

de vangst zicht ophoopt.

Tijdens de monitoring zijn de fuiken vijf of tien minuten in het water gelaten. Bij het vangen van hoge aantallen organismen, is voor een interval van vijf minuten gekozen om de stress bij de organismen te minimaliseren, en het determineren en tellen van de vangsten behapbaar te maken.

Het aantal kubieke meter water dat door de fuiken is gegaan (en dus bemonsterd is), is afgezet tegen de theoretische totaal hoeveelheid binnengelaten water door de kattenluiken. De gebruikte formule voor het berekenen van de bemonsterde m^3 is:

$$\text{Debiet}_{(\text{fuik})} = \text{omwentelingen}_{(\text{debietmeter})} * 0,3 * \text{opp}_{(\text{fuik})}$$

Het vastgestelde openingsoppervlak per fuik is $0,358m^2$.

De hoeveelheid binnengelaten water is vastgesteld aan de hand van het peilverschil tussen het moment van openen en het moment van sluiten van de kattenluiken. Paul Hendriks, de hydroloog van waterschap Hunze en Aa's heeft hiervoor de volgende formule opgesteld:

$$\text{Debiet}_{(\text{kattenluik})} = 0,19625 * 0,62 * (\text{SQRT}(2 * 9,81 * (\text{Peilverschil}_{(\text{buitendijkse zijde})})))$$

Hierbij wordt het debiet uitgedrukt in m^3 /seconde en het peilverschil in centimeters. De uitkomst geeft aan hoeveel m^3 er door één kattenluik is gestroomd. Omdat er in de sluisdeur twee kattenluiken zijn ingebouwd die gelijktijdig geopend werden tijdens het monitoren, is de uitkomst vermenigvuldigd met 2 om het totaaldebiet te berekenen.

Het bemonsterde percentage water met de fuiken wat door de kattenluiken komt is berekend met de volgende berekening:

$$\text{Bemonsterde percentage} = \text{debiet fuik} * 100 / \text{totaal debiet kattenluiken}$$

Dit percentage is vervolgens gebruikt om, uitgaande van een homogene verdeling van organismen in het binnengelaten water, te berekenen hoeveel driedoornige stekelbaarzen en glasalen er in het totaal tijdens de opening van de kattenluiken binnen zijn gelaten.

Voor het tellen van grote hoeveelheden glasaal is gebruik gemaakt van samples zoals beschreven bij de methodiek van de aalgoot.

“Wat is de invloed van het debiet in het achterland van Nieuwe Statenzijl op de migratie van de driedoornige stekelbaars?”

Om deze deelvraag te beantwoorden is er gebruik gemaakt van een merk -terug vang methode. Er zijn driedoornige stekelbaarzen gevangen en deze zijn gekenmerkt met de kleurstof Calceïn (Huisman J. , 2017). Wanneer de vis in een donkere ruimte wordt geplaatst kan met een speciale bril de vis met de kleurstof worden onderscheiden van de andere individuen doordat deze fluorescerend oplicht (afbeelding 4.12).



Afbeelding 4.12: Een vis die gekenmerkt is met de kleurstof Calceïne (Fishbio, 2012).

De terugvang-methode betrof het plaatsen van twee hokfuisen. Er zijn twee hokfuisen geplaatst aan de binnendijkse zijde bij de sluis van Nieuwe Statenzijl. Vlak achter de sluis is een splitsing van de watergang waar de Westerwoldse Aa in het boezemkanaal overgaat. In de Westerwoldse Aa en in het boezemkanaal is een hokfuis geplaatst (afbeelding 4.13). De fuik in de Westerwoldse Aa had een keerwand, de hokfuis in het boezemkanaal niet omdat er veel stortsteen lag nabij de oever.



Afbeelding 4.13: Het hokfuis in het boezemkanaal.

In bijlage II staan de exacte locaties waar de hokfuikeu geplaatst zijn. Door de fuien in een verschillende watergang te plaatsen kan worden onderzocht waar de meeste stekelbaars heen trekt na het passeren van de sluis.

Het zou bijvoorbeeld kunnen dat toevallig een hele school stekelbaarzen in één hokfuikeu zwemt. Wanneer er dan geen gekleurde tussen zit blijkt dat de stekelbaars zich niet goed verdeeld heeft over het water en dat het vrijwel zeker een toevallige waarneming is. Bovendien kan met de verhouding gekleurde en ongekleurde stekelbaarzen de totale hoeveelheid stekelbaarzen in de zoetwaterzijde worden geschat.

De gebruikte methode om de totale hoeveelheid stekelbaars te schatten is de merk-terugvang methode of Petersen methode (Emmerik, 2010).

$$N = M * C / R$$

N = totale populatie

M = aantal gekleurde vissen

C = aantal gekleurde en ongekleurde terug gevangen vissen

R = aantal gekleurde terug gevangen vissen

Bijvoorbeeld: In totaal worden 500 vissen gevangen (M), gekleurd en weer vrijgelaten aan binnendijkse zijde. In hokfuikeu 1 zitten 200 stekelbaarzen (C), waarvan er 15 gekleurd blijken te zijn (R). De statische berekening die gebruikt wordt om te schatten wat het totaalaanbod (N) is, gaat als volgt:

$$N = M * C / R \quad \rightarrow \quad N = 500 * 200 / 15 = 6667$$

De schatting voor het totale aantal stekelbaarzen aan de binnendijkse zijde bedraagt 6667 stuks.

Wanneer een bepaalde watergang sterk de voorkeur krijgt, zou er een verband kunnen zijn met het debiet van de watergang. Er is namelijk een opvallend groot verschil in debiet tussen de Westerwoldse Aa en het boezemkanaal. Zo blijkt circa 92 procent van het debiet afkomstig van de Westerwoldse Aa te zijn en slechts 8 procent uit het boezemkanaal, afhankelijk of het gemaal bij Hongerige wolf in werking is of niet. Het doel van deze deelvraag is vooral een beeld krijgen of debiet een rol speelt in de migratiekeuze van de driedoornige stekelbaars. Het gaat hier om beeldvorming omdat er nog vele andere factoren van invloed kunnen zijn op de keuze van de stekelbaars en daarom is het niet volledig uit te sluiten dat debiet de bepalende factor is.

Wanneer de kleurproef was afgerond en de stekelbaarzen in de Westerwoldse Aa zijn vrijgelaten, zijn elke maandag en donderdag de fuien geleegd. Bij het legen van de fuien zijn alle gevangen vissen gedetermineerd en geteld om geen data verloren te laten gaan. Bij de gevangen stekelbaarzen is gekeken of ze gekleurd waren. Om kleuring bij driedoornige stekelbaarzen vast te stellen, is gebruik gemaakt van een UV-zaklamp en een donkere bak waarin de stekelbaarzen werden geplaatst. Tijdens beschijning met een UV-zaklamp kon daarna met behulp van een bril die de fluoriderende werking van de calceïne bij de vissen duidelijk zichtbaar maakt, de gekleurde stekelbaarzen in de donkere omgeving worden onderscheiden van de niet gekleurde exemplaren.

5. Resultaten

Er is gemonitord vanaf 6 maart tot en met 19 mei 2017, waarbij de locatie Nieuwe Statenzijl 21 keer is bemonsterd en Pogum 19 keer. De resultaten worden weergegeven per deelvraag.

5.1. Aanbodmeting

Het totaal aantal keren dat het kruisnet in Nieuwe Statenzijl is opgehaald en de vangsten zijn genoteerd, komt uit op 755 keer. In Pogum zijn minder metingen verricht omdat er twee dagen minder gemonitord is. Het totaal aantal kruisnetmetingen in Pogum komt uit op 676 keer. In tabel 5.1.1 zijn de visvangsten per locatie weergegeven, die geregistreerd zijn tijdens de aanbodmetingen.

Tabel 5.1.1: De totale visvangsten van de aanbodmeting per locatie.

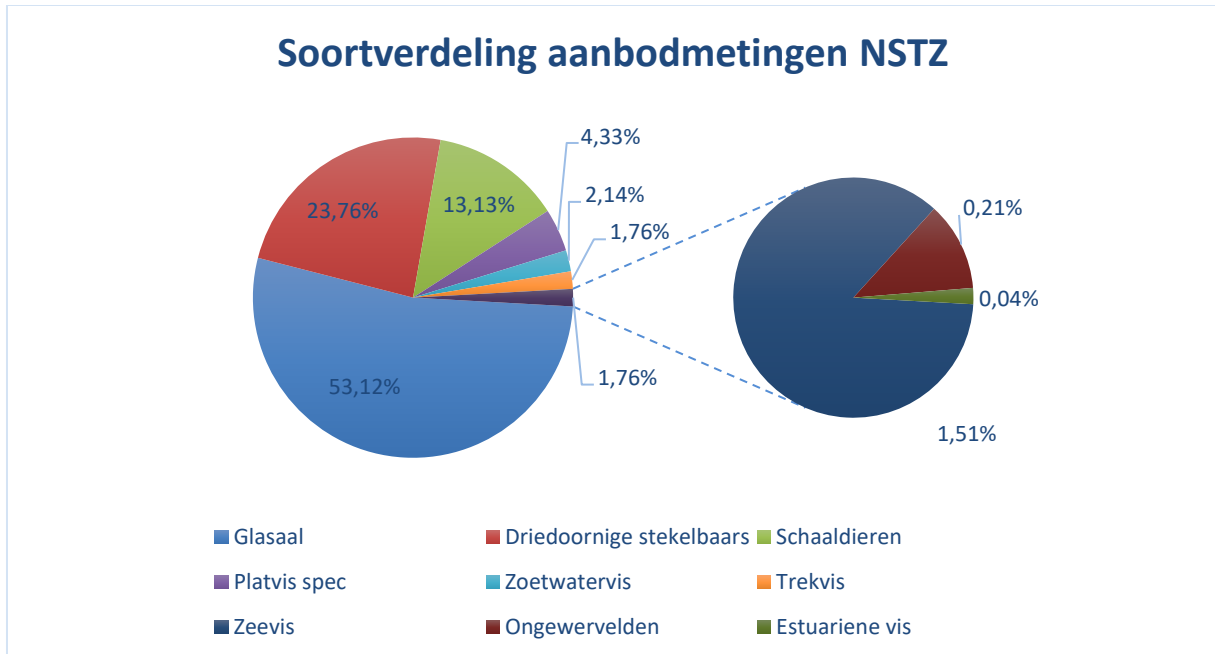
Nederlandse naam	Latijnse Naam	Soortgroep	NSTZ	Pogum	Totaal
Aal (niet juveniel)	<i>Anguilla anguilla</i>	Trekvis	3	0	3
Aal (glasaal)	<i>Anguilla anguilla</i>	Trekvis	2783	13	2796
Baars	<i>Perca fluviatilis</i>	Zoetwatervis	29	1	30
Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	Zoetwatervis	10	13	23
Blauwbandbarbeel	<i>Pseudorasbora parva</i>	Zoetwatervis	0	1	1
Brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	Estuariene vis	2	4	6
Brasem	<i>Abramis brama</i>	Zoetwatervis	2	1	3
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Trekvis	1245	4171	5416
Harder	<i>Mugilidae spec.</i>	Zeevis	36	27	63
Kleine Zeenaald	<i>Syngnathus rostellatus</i>	Zeevis	0	1	1
Kolblei	<i>Blicca bjoerkna</i>	Zoetwatervis	45	154	199
Platvis spec.	<i>Pleuronectiformes spec.</i>		227	1	228
Pos	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Zoetwatervis	9	27	36
Riviergrondel	<i>Gobio gobio</i>	Zoetwatervis	0	5	5
Ruisvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Zoetwatervis	1	2	3
Snoekbaars	<i>Stizostedion lucioperca</i>	Zoetwatervis	4	0	4
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	Trekvis	89	4	93
Sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	Zeevis	43	40	83
Tienddoornige stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>	Zoetwatervis	12	0	12
Vetje	<i>Leucaspius delineatus</i>	Zoetwatervis	0	3	3
Winde	<i>Leuciscus idus</i>	Zoetwatervis	0	1	1
TOTAAL			4540	4469	9009

Naast de gevangen vissen die weergegeven zijn in bovenstaande tabel, zijn een aantal schaaldieren en ongewervelden gevangen en genoteerd tijdens de aanbodmetingen. Deze soorten zijn terug te vinden in onderstaande tabel (tabel 5.1.2):

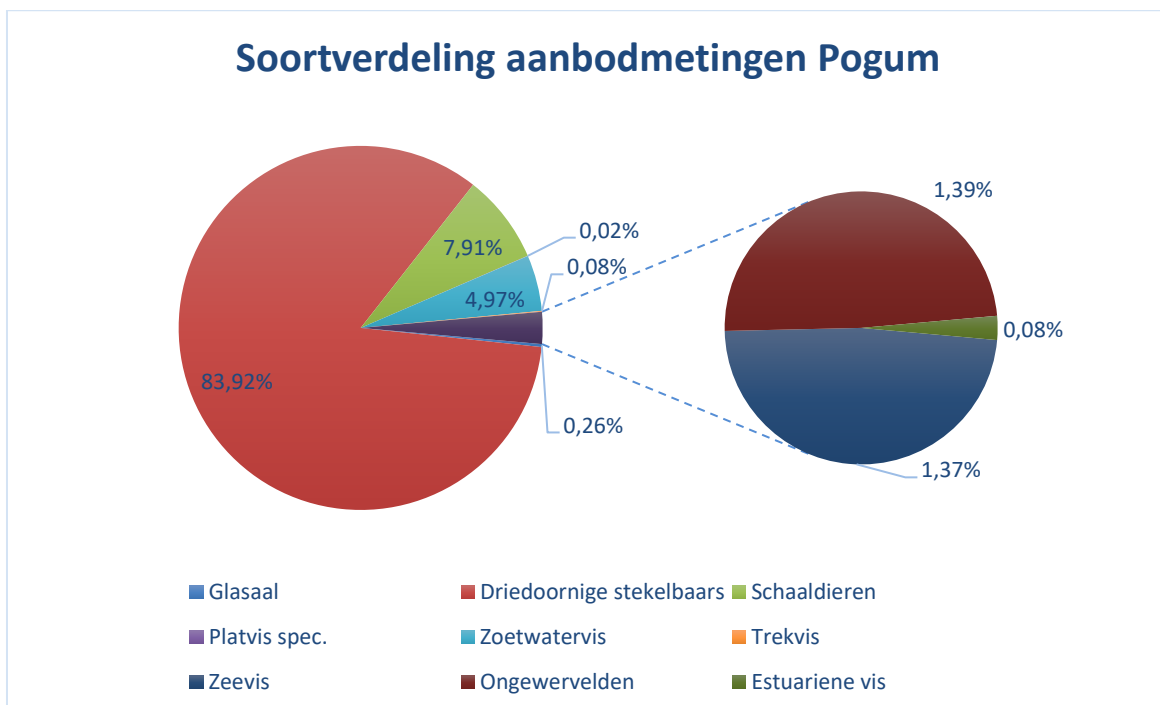
Tabel 5.1.2: Gevangen schaaldieren en ongewervelden tijdens aanbodmetingen

Nederlandse naam	Latijnse naam	NSTZ	Pogum	Totaal
Gewone garnaal	<i>Crangon crangon</i>	53	296	349
Steurgarnaal	<i>Palaemon serratus</i>	314	68	382
Wolhandkrab	<i>Eriocheir sinensis</i>	321	29	350
Zeedruif	<i>Pleurobrachia pileus</i>	11	69	80
TOTAAL		699	462	1161

De vangsttotalen per locatie hebben een relatief klein onderling verschil. De soortenverdeling daarentegen, verschilt sterk per locatie. Om een duidelijk beeld te schetsen van de verdeling van de gevangen soorten, is in onderstaande cirkeldiagrammen per locatie weergegeven welke percentage van het totale vangst bestond uit een bepaalde soortgroep (zie figuur 5.1.3 en 5.1.4). Daarbij zijn de doelsoorten apart weergegeven.



Figuur 5.1.3: Verdeling van de gevangen soortgroepen tijdens aanbodmetingen in NSTZ.

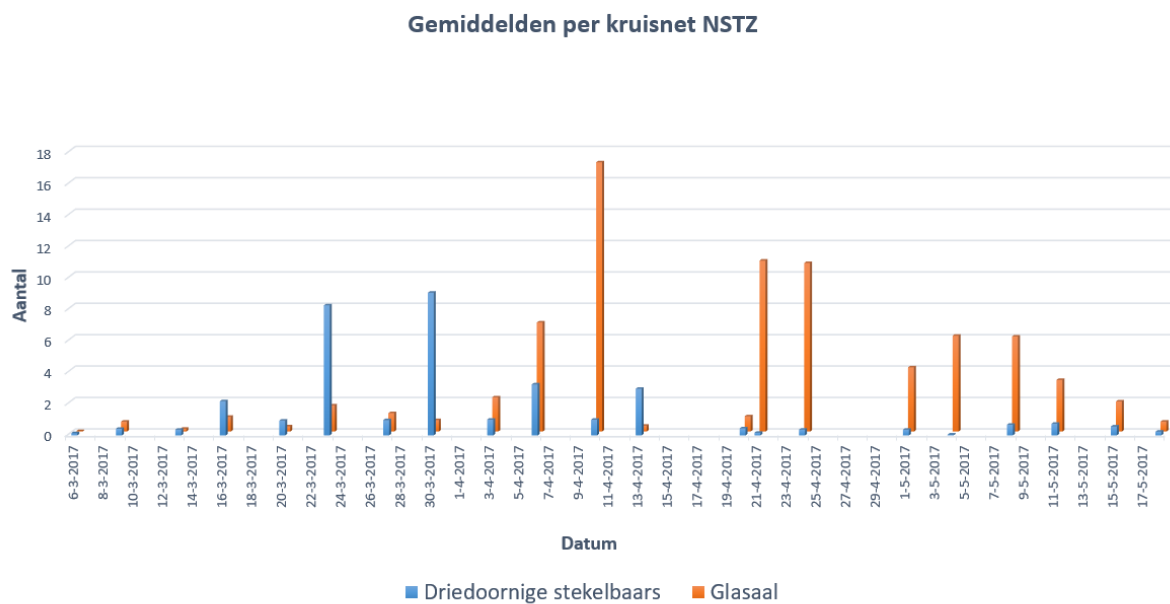


Figuur 5.1.4: Verdeling van de gevangen soortgroepen tijdens aanbodmetingen in Pogum.

Bovenstaand figuur geeft een duidelijk beeld: van alle gevangen soorten in Nieuwe Statenzijl bestaat een totaal van 77 procent uit doelsoorten. In Pogum bestaat 84 procent van de totaalvangst uit doelsoorten. In de verdeling van de doelsoorten zit echter een groot onderling verschil; waar in NSTZ

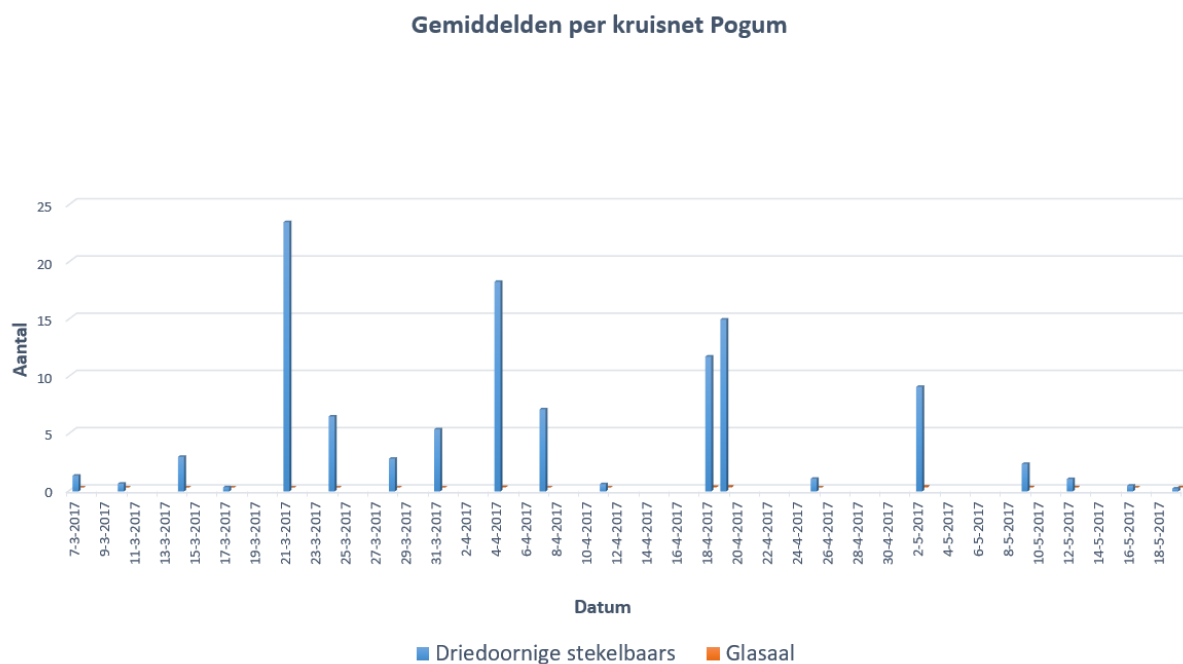
vooral glasaal werd gevangen (53,12% van de totale vangst tijdens de aanbodmetingen), is het percentage voor de gevangen glasalen in Pogum juist extreem laag (0,26% van de totale vangst tijdens de aanbodmetingen). Het deel van de aanbodvangsten dat uit driedoornige stekelbaarzen bestaat is daarentegen juist erg hoog in Pogum (83,92% van het totaal); dit percentage driedoornige stekelbaarzen ligt meer dan 3,5 keer zo hoog als het percentage van deze soort NSTZ (23,76% van het totaal).

Voor beide locaties is berekend wat het gemiddelde aantal doelsoorten per kruisnet was tijdens de dagen dat er aanbodmonitoringen zijn uitgevoerd. Deze gemiddelden per kruisnet zijn gebruikt om onderstaande staafdiagrammen te vervaardigen, die als doel hebben om eventuele trendlijnen in het aanbod per doelsoort te visualiseren.



Figuur 5.2: Gemiddelden per kruisnet voor doelsoorten op locatie NSTZ.

Er is figuur 5.2 een opwaartse trend te zien voor driedoornige stekelbaarzen in het begin van de monitoringsperiode. Rond april begint het aantal driedoornige stekelbaarzen af te nemen en het aantal glasalen sterk toe te nemen. Richting het einde van de monitoringsperiode is er voor glasaal ook een neerwaartse trend te zien.



Figuur 5.3: Gemiddelden per kruisnet voor doelsoorten op locatie Pogum.

Uit bovenstaande figuren kan een duidelijk verschil worden vastgesteld voor het aanbod van de doelsoorten gedurende de monitoringsperiode op beide locaties. In Pogum is het beeld dat geschetst wordt anders, er is een zeer sterke toename te zien van het aanbod driedoornige stekelbaarzen in de loop van maart. Daarna is er sprake van een lichte neerwaartse trend, waarbij de driedoornige stekelbaarzen zeer sterk vertegenwoordigd blijven in de vangsten. De eerste glasaal wordt op 4 april gevangen, maar vanaf dit moment blijft het bij een enkeling die gevangen wordt en is er geen sprake van een duidelijke trend.

De lengte van de glasaaltjes is weergegeven in een staafdiagram waarbij de gemiddelde lengte per dag is genomen. Dit is voor zowel de glasalen uit de aalgoot als voor de glasalen van de kruisnetmeting gedaan (zie bijlage V). Het getal boven de staaf van iedere dag geeft weer hoeveel glasalen er zijn opgemeten die dag en waaruit het gemiddelde is berekend. Uit de resultaten blijkt dat de verwachte toename in lengte door het seizoen zich niet heeft voorgedaan. Zowel bij de resultaten van het kruisnet als de aalgoot lijkt het er eerder op dat lengte van de aaltjes afneemt naarmate het seizoen vordert. Bij de lengtebepaling van de aaltjes uit de aalgoot is de gemiddelde lengte de laatste drie metingen juist weer toegenomen. De lengte van de glasalen in de aalgoot fluctueerde van 60,1 tot en met 79,5mm. De lengte van de glasalen gevangen tijdens de kruisnetmonitoring varieerde van 58,7 tot en met 79,8 mm. Echter moet vermeld worden dat de glasaal van 58,7 mm een uitschieter in de minimale lengte betrof. Er kan gesteld worden dat de lengte van de aalgoot en kruisnetmonitoring gelijk zijn qua bereik. Er is geen significant verschil in lengte tussen glasalen gevangen in de aalgoot of met het kruisnet ($p=0,088$).

De gemiddelde conditiefactor van de driedoornige stekelbaarzen is te vinden in bijlage III. Er blijkt gedurende het seizoen een toename te zijn. Bij de start op 6 maart tot en met 16 maart komt de conditiefactor niet boven de 1 uit. Op 20 maart komt de conditiefactor met een gemiddelde van 1,03 voor het eerst boven de 1 uit. De conditiefactor blijft oplopen tot en met 11 april, waarbij de hoogste

conditiefactor van 1,19 gemeten wordt. Bij de enige meting in mei, op 8 mei, blijkt de gemiddelde conditie weer te zijn afgenomen.

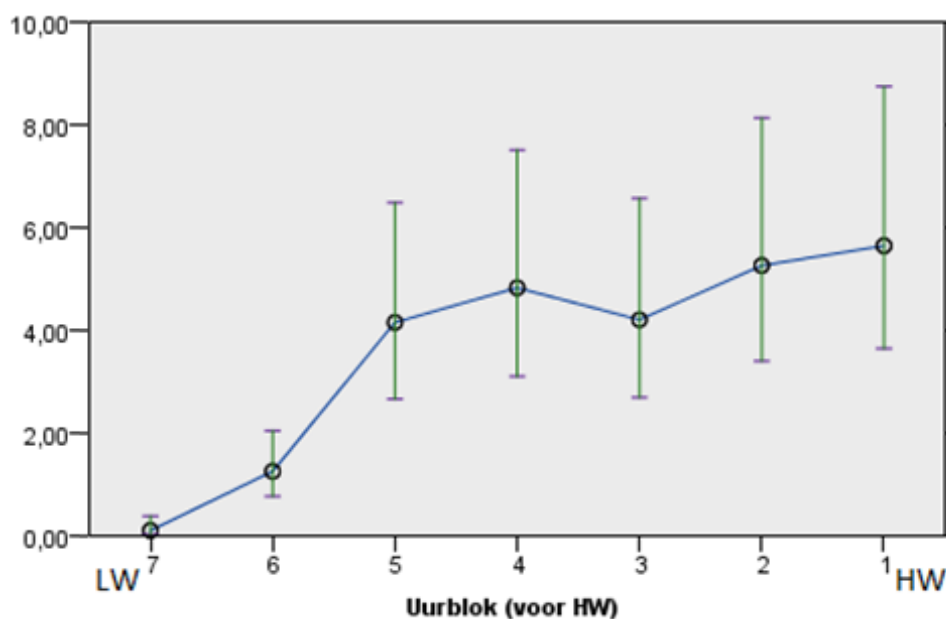
5.2 Abiotische factoren

Nieuwe Statenzijl: Glasaal

Het uurblok voor hoogwater heeft een significant effect op de gemiddelde vangsten van glasaal per uurblok ($p < 0,001$), zie bijlage VI.

Voor glasaal is op de locatie Nieuwe Statenzijl een significant verband gevonden tussen het uurblok voor hoogwater en de parameters globale straling ($p < 0,001$), watertemperatuur ($p = 0,040$), pH ($p = 0,001$) en zuurstof ($p = 0,002$). De vangst neemt af met 0,7 procent wanneer de globale straling met één J/m^2 toeneemt. Bij een toename van de watertemperatuur met één graden Celsius neemt de vangst af met 14 procent. Een stijging van één pH zorgt dat de vangst gemiddeld stijgt met 800 procent. Een toename van 1 mg/L zuurstof zou zorgen voor een gemiddelde vangst toename van 37 procent.

In figuur 5.4 wordt het best voorspellende model weergegeven voor de glasaal bij Nieuwe Statenzijl. Het model heeft de parameters; uurblok voor hoogwater, globale straling en neerslag (zie bijlage VI).



Figuur 5.4: De gemiddelde glasaalvangsten (y-as) per uurblok voor hoogwater (x-as) rekening houdend met de parameters globale straling en neerslag.

Het aantal glasalen per uurblok loopt bijna lineair op tot het hoogste aantal bij uurblok 1. Het uurblok 4 en 5 wijken het meeste af van de lineaire trend.

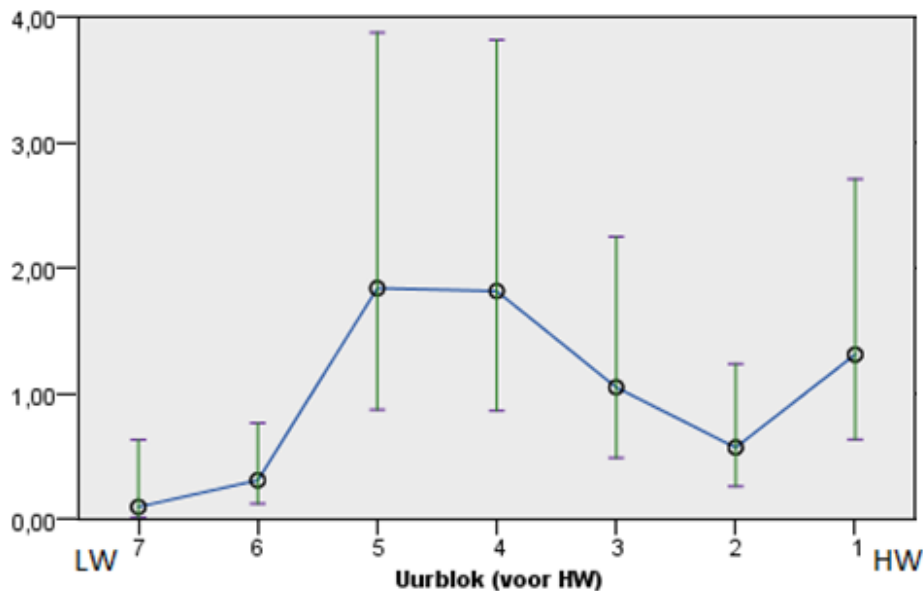
Nieuwe Statenzijl: Driedoornige stekelbaars

Het uurblok voor hoogwater heeft een significant effect op de gemiddelde vangsten van driedoornige stekelbaars per uurblok ($p = 0,016$), zie bijlage VI.

Er is op de locatie Nieuwe Statenzijl voor de driedoornige stekelbaars een significant verband gevonden tussen de gemiddelde vangst driedoornige stekelbaars per uurblok voor hoogwater en de parameters pH ($p < 0,001$), geleidbaarheid ($p = 0,003$) en Turbiditeit ($p = 0,025$). Bij de pH-waarde neemt

de vangst van driedoornige stekelbaars met 91 procent af wanneer de waarde met één pH stijgt. Bij een sterke toename van de geleidbaarheid neemt de vangst met 71 procent af. Een stijging van de Turbiditeit zorgt voor een afname van de vangst met 77 procent.

In het best voorspellende model zijn de volgende parameters opgenomen; uurblok voor hoogwater, zuurgraad (pH), log Turbiditeit en neerslag (zie bijlage VI).



Figuur 5.5: De gemiddelde driedoornvangsten (y-as) per uurblok voor hoogwater (x-as) rekening houdend met de parameters zuurgraad, Turbiditeit en neerslag.

Op de grafiek is te zien dat in Nieuwe Statenzijl in uurblok 4 en 5 de spreiding en de gemiddelde vangsten van de driedoornige stekelbaars het hoogste is.

Pogum: Glasaal

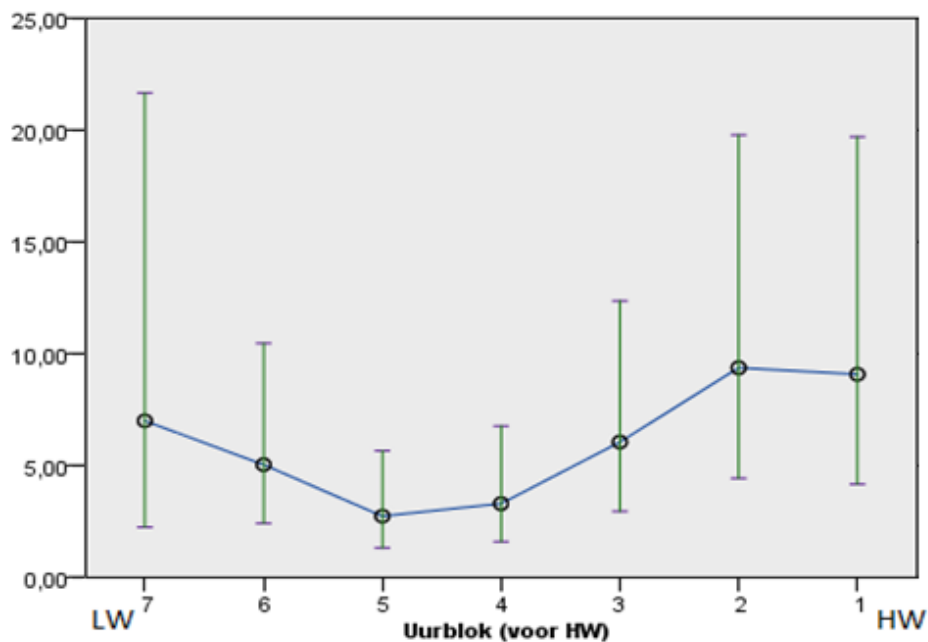
Bij Pogum is voor de glasaal geen enkel significant verband gevonden. Vanwege de lage aantallen en het ontbreken van significante resultaten voor de losse parameters is er geen model gecreëerd.

Pogum: Driedoornige stekelbaars

Het uurblok voor hoogwater heeft een significant effect op de gemiddelde vangsten van driedoornige stekelbaars per uurblok ($p < 0,048$), zie bijlage VI.

Op de locatie in Pogum is voor de driedoornige stekelbaars een significant verband gevonden tussen het uurblok voor hoogwater en de parameters globale straling ($p = 0,033$) en neerslag ($p = 0,020$), zie bijlage VI. De vangst neemt met 0,4 procent af wanneer de globale straling met 1 J/m^2 toeneemt. De vangst neemt af met 8 procent af wanneer de neerslag met 0,1 mm toeneemt.

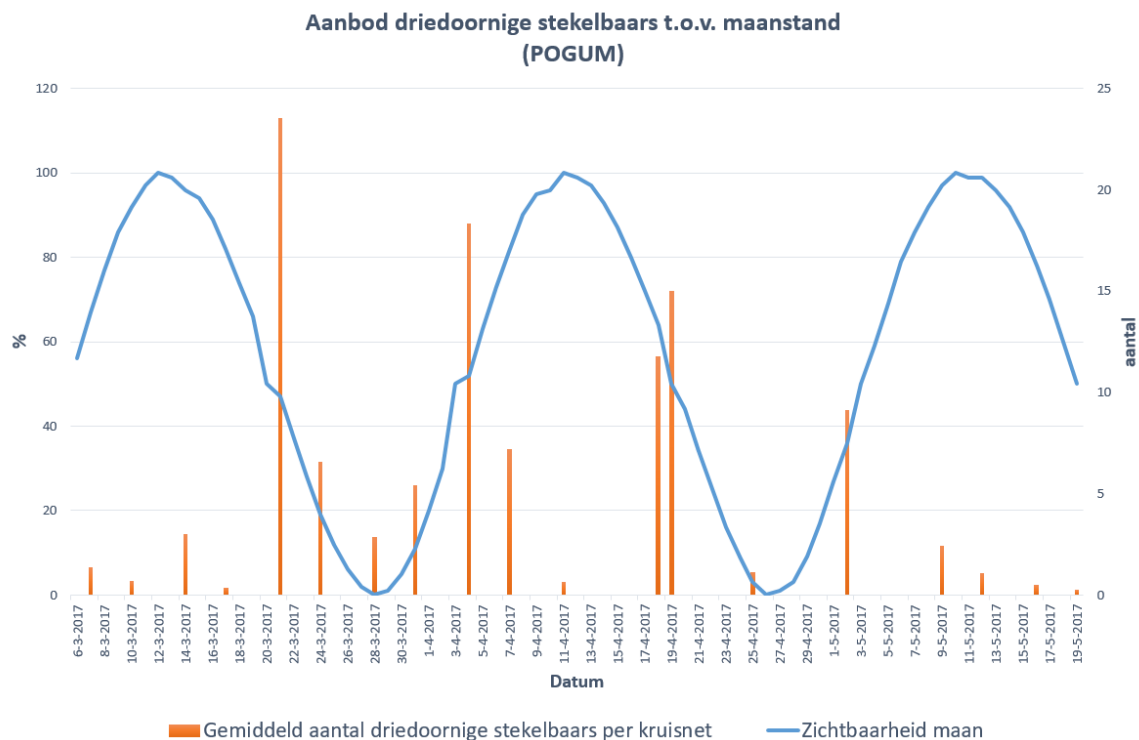
Het best voorspellende model in Pogum bevat de variabelen; uurblok voor hoogwater, log geleidbaarheid, log Turbiditeit en watertemperatuur (zie bijlage VI).



Figuur 5.6: De gemiddelde driedoornvangsten (y-as) per uurblok voor hoogwater (x-as) rekening houdend met de parameters geleidbaarheid, Turbiditeit en watertemperatuur.

Het aantal vangsten neemt van uurblok 7 tot en met 5 af, waarna de vangsten weer stijgen tot aan uurblok 2, in uurblok 1 zakt de gemiddelde vangst weer iets.

Voor Pogum is onderstaande grafiek gemaakt om het gemiddelde per kruisnet voor driedoornige stekelbaarsen af te zetten tegen de maanstand. Er is duidelijk te zien dat de piekvangsten samenvallen met het eerste en laatste kwartier. Er is echter geen significant verband gevonden tussen de maanstand en het gemiddeld aantal stekelbaarsen per kruisnet ($p=0,322$).



Figuur 5.7: Samenhang gemiddelde per kruisnet driedoornige stekelbaars (aanbod) en maanstand voor Pogum

5.3 Migratiesucces vispassages

De kattenluiken

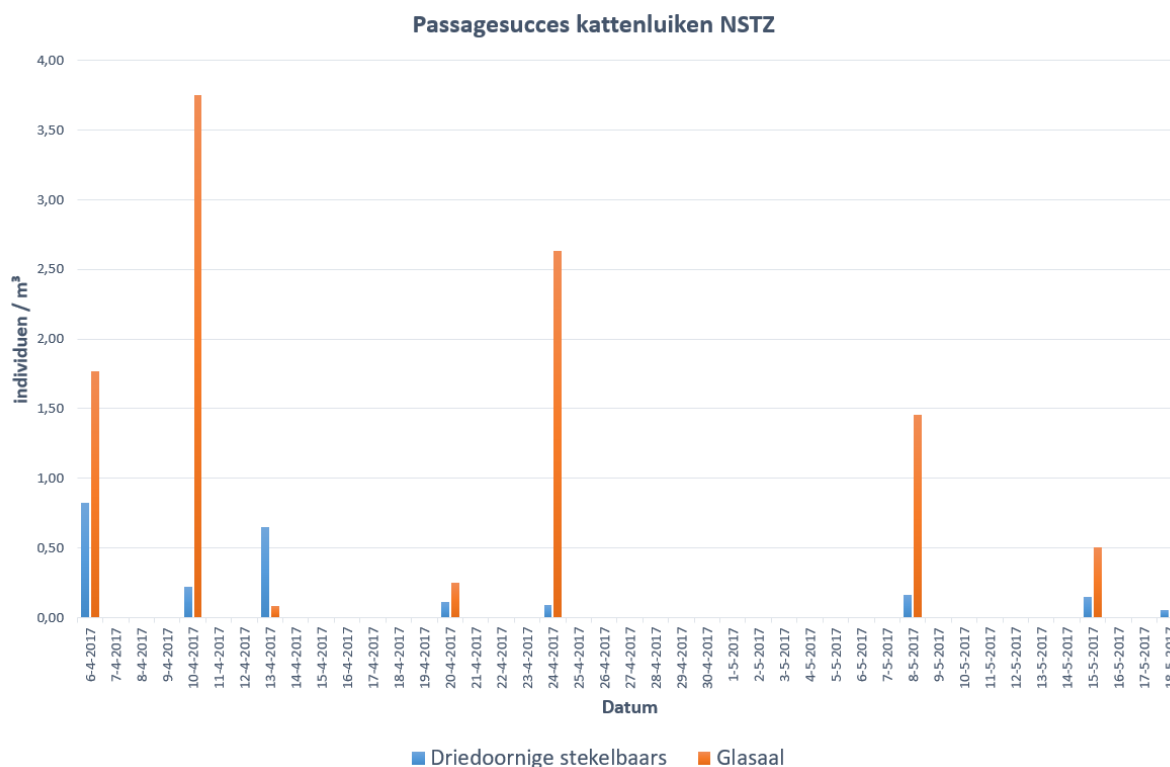
De kattenluiken bij sluizencomplex Nieuwe Statenzijl worden normaliter softwarematig geopend als de waterstanden aan de binnen- en buitendijkse zijde gelijk zijn. Helaas werd er aan het begin van de monitoringsperiode een technisch mankement vastgesteld, waardoor de kattenluiken niet meer automatisch geopend werden. Om toch data te kunnen verzamelen en vis naar de Westerwoldse Aa te laten migreren, zijn meerdere malen de kattenluiken handmatig geopend. Dit werd gedaan door medewerkers van waterschap Hunze en Aa's. De duur van de opening van de kattenluiken werd bepaald door visuele waarnemingen van het water dat vanuit de zoutwaterzijde via de kattenluiken naar binnen kwam; als de slibconcentratie hoger werd, werd de duur van de opening van de kattenluiken korter. In totaal zijn tijdens de monitoringsperiode de kattenluiken 8 dagen bemonsterd.

In tabel 5.3.1 worden de resultaten van de kattenluiken weergegeven. De totaalvangst in de fuiken geeft de aantallen doelsoorten weer voor de betreffende datum. Het bemonsteringspercentage geeft het percentage aan van de hoeveelheid water die door de twee fuiken is gegaan in verhouding tot het totale debiet van de kattenluiken. In de kolom met de theoretisch binnengelaten driedoornige stekelbaarzen en glasalen zijn de uitkomsten weergegeven van de met behulp van de bemonsteringspercentages berekende aantallen die per dag door de kattenluiken zijn gekomen.

Tabel 5.3.1: Fuikvangsten en theoretisch binnengelaten aantal doelsoorten.

Datum	Totaalvangst in fuiken		Bemonsteringspercentage	Theoretisch binnengelaten	
	Driedoornige stekelbaars	Glasalen		Driedoornige stekelbaars	Glasalen
06-04-17	53	1964	12%	442	16380
10-04-17	90	1415	9%	972	15288
13-04-17	39	159	7%	592	2415
20-04-17	0	206	3%	0	6881
24-04-17	2	759	3%	76	28812
08-05-17	23	839	3%	679	24757
15-05-17	79	281	6%	1405	4997
18-05-17	0	120	3%	0	3916
TOTALEN:	286	5743		4166	103446

In de tabel is duidelijk te zien dat het aantal glasalen dat via de kattenluiken de binnendijkse zijde van sluizencomplex Nieuwe Statenzijl bereikt groter is dan het aantal driedoornige stekelbaarzen. Om de verschillen die ontstaan door de fluctuerende openingsduur van de kattenluiken op te heffen, is in grafiek figuur 5.8 gebruik gemaakt van een gemiddelde per kruisnet van de doelsoorten per kubieke meter water die door de kattenluiken stroomde. Er is een duidelijk aflopende trend te zien in de hoeveelheid glasalen per kubieke meter water die via de kattenluiken migreren. Deze trend is minder goed te zien voor de driedoornige stekelbaarzen.

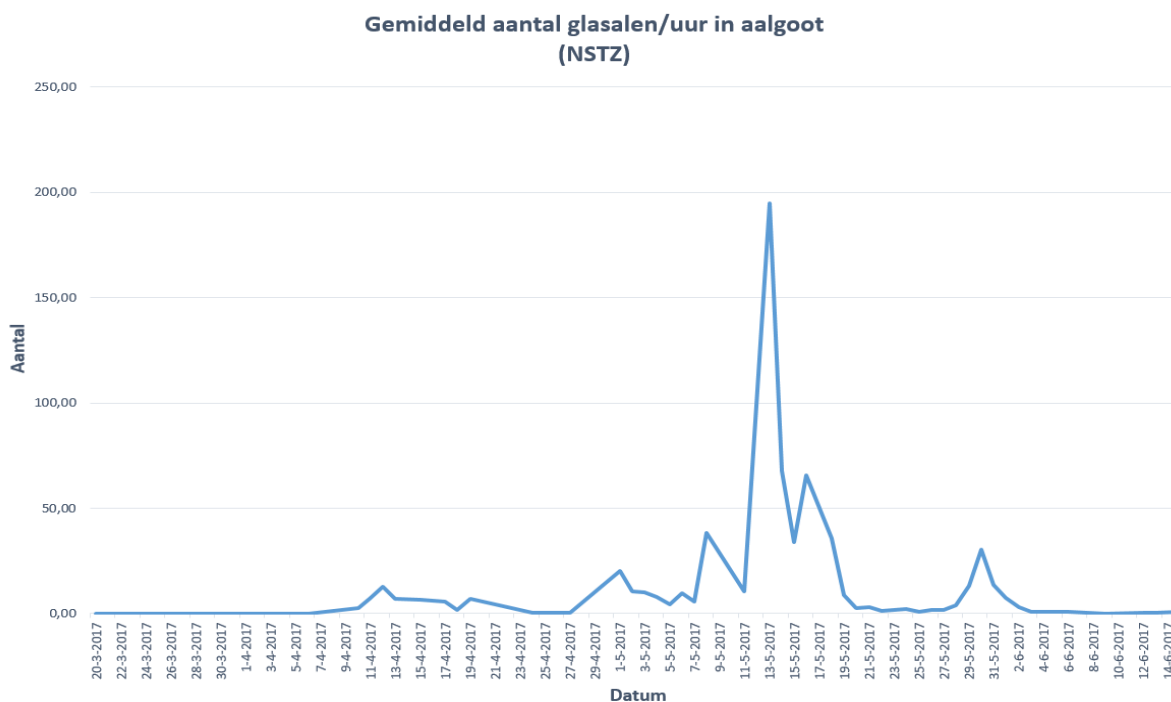


Figuur 5.8: Het theoretische aantal doelsoorten per m³ door de kattenluiken.

De Aalgoot

De monitoring van het aantal glasalen dat via de aalgoot de binnendijkse zijde bereikt, is gestart op 20 maart 2017 en geëindigd op 15 juni 2017. In deze periode zijn in het totaal 24887 glasalen en 6 alen geteld. De 'duur van de inzet' van de aalgoot tussen twee meetmomenten varieerde tussen 1125 minuten en 7385. Deze verschillen zijn terug te voeren op de onregelmatige tijdstippen waarop metingen gedaan werden, de onregelmatige werkdagen en weekenden. In periodes waar de temperatuur hoger was, is het net aan het einde van de aalgoot frequenter geleegd. Dit om sterfte van glasaal door uitdroging tegen te gaan. Aan het einde van de aanbodmonitoringsperiode zijn medewerkers van waterschap Hunze en Aa's nog enkele weken doorgegaan met het legen van het net in de aalgoot en het tellen van het aantal glasalen. Ook deze data zijn opgenomen in de statistieken.

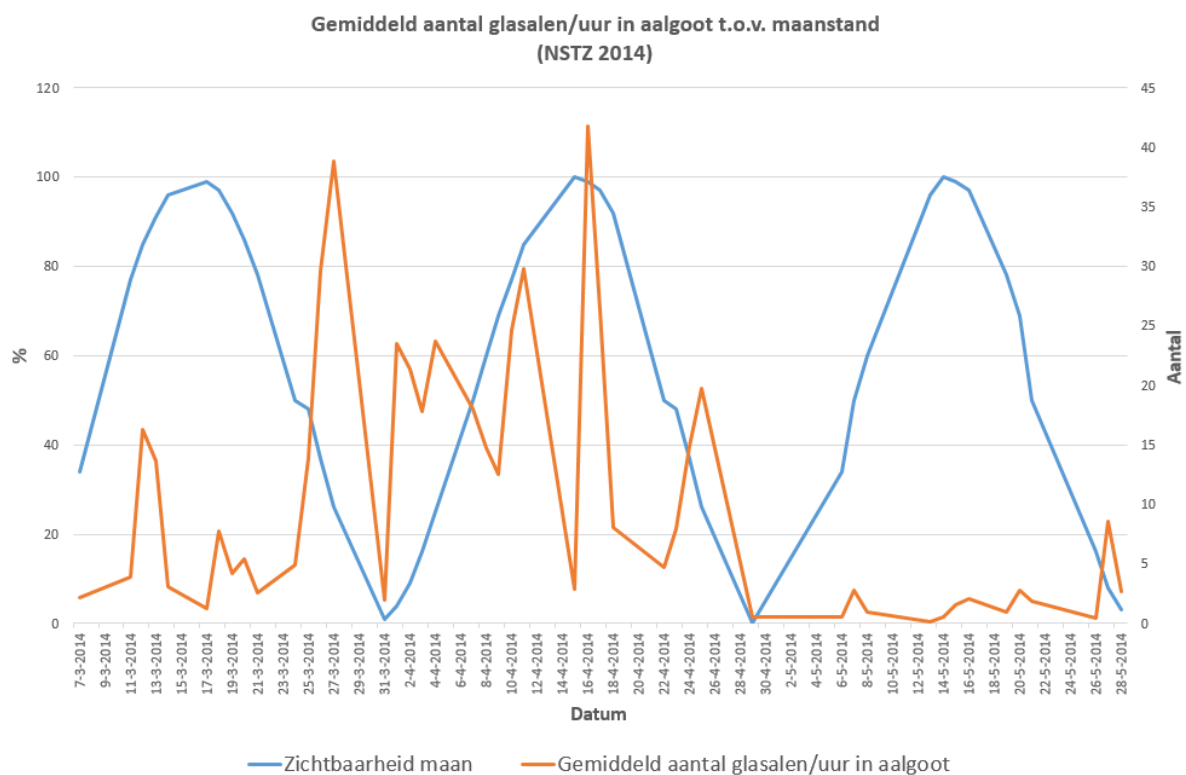
Om inzicht te krijgen in het verloop van het aantal glasalen dat de aalgoot passeert, zijn de aantallen eerst verrekend naar een gemiddelde. Het uiteindelijk gebruikte gemiddelde is het aantal glasalen dat per uur het einde van de aalgoot bereikte tussen twee meetmomenten. Zo is bijvoorbeeld tussen 10 en 11 april de duur van de inzet 1200 minuten en is het aantal getelde glasalen 146. Dit betekent dat het gemiddelde per minuut $146/1200=0,122$ is, en het gemiddelde per uur dus $0,122*60=7,3$. Op dezelfde manier is voor alle meetmomenten een gemiddelde per uur voor de tussenliggende periode berekend. In onderstaande grafiek zijn de resultaten hiervan weergegeven.



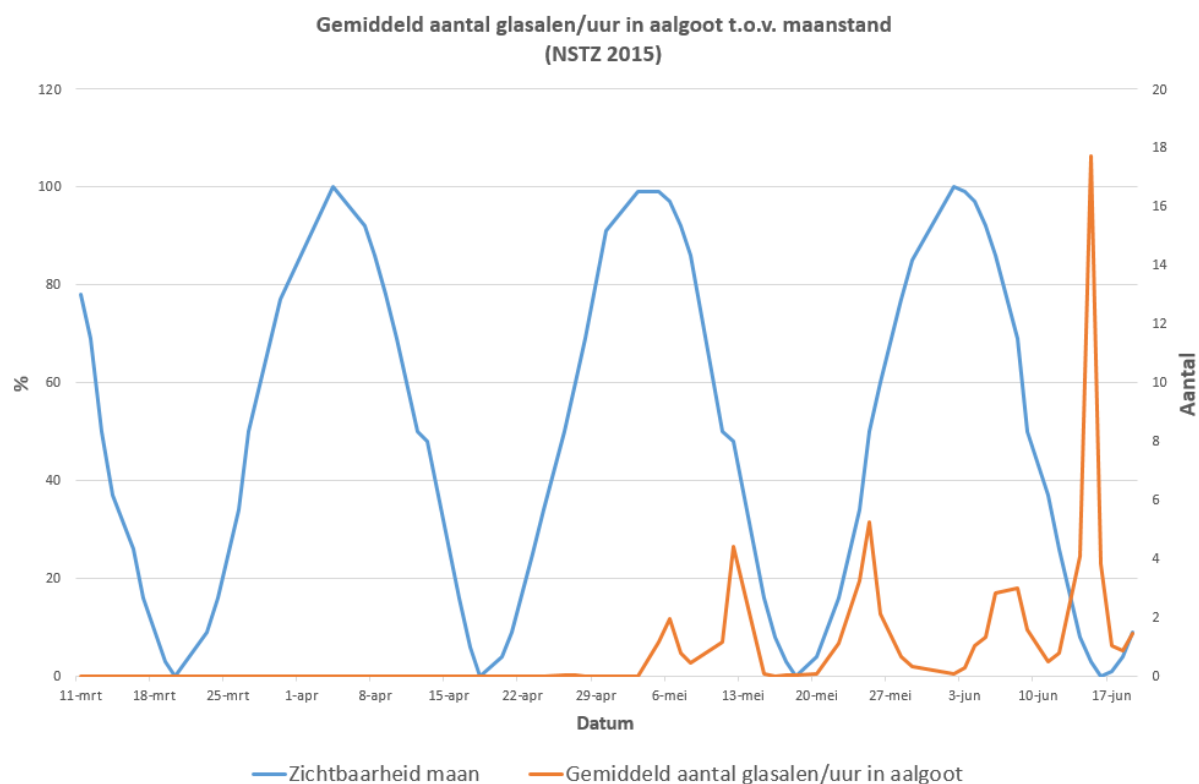
Figuur 5.9: Het verloop van het gemiddeld aantal glasalen in de aalgoot.

Allereerst valt op dat bij aanvang van de monitoring het aantal glasalen zeer laag is. De eerste glasalen worden geteld op 10 april. Zeer opvallend is de piek in het uurgemiddelde op 13 mei. Op deze dag werden in het totaal 10369 glasalen geteld, wat resulteerde in een uurgemiddelde van 195 glasalen. Als kanttekening bij deze vangst is aangegeven dat het volle maan was. Mogelijk is er dus een verband tussen de maanstand en het aantal glasalen dat gebruik maakt van de aalgoot. Daarom is de maanstand toegevoegd aan de gemiddelde glasaalvangsten per uur in de aalgoot.

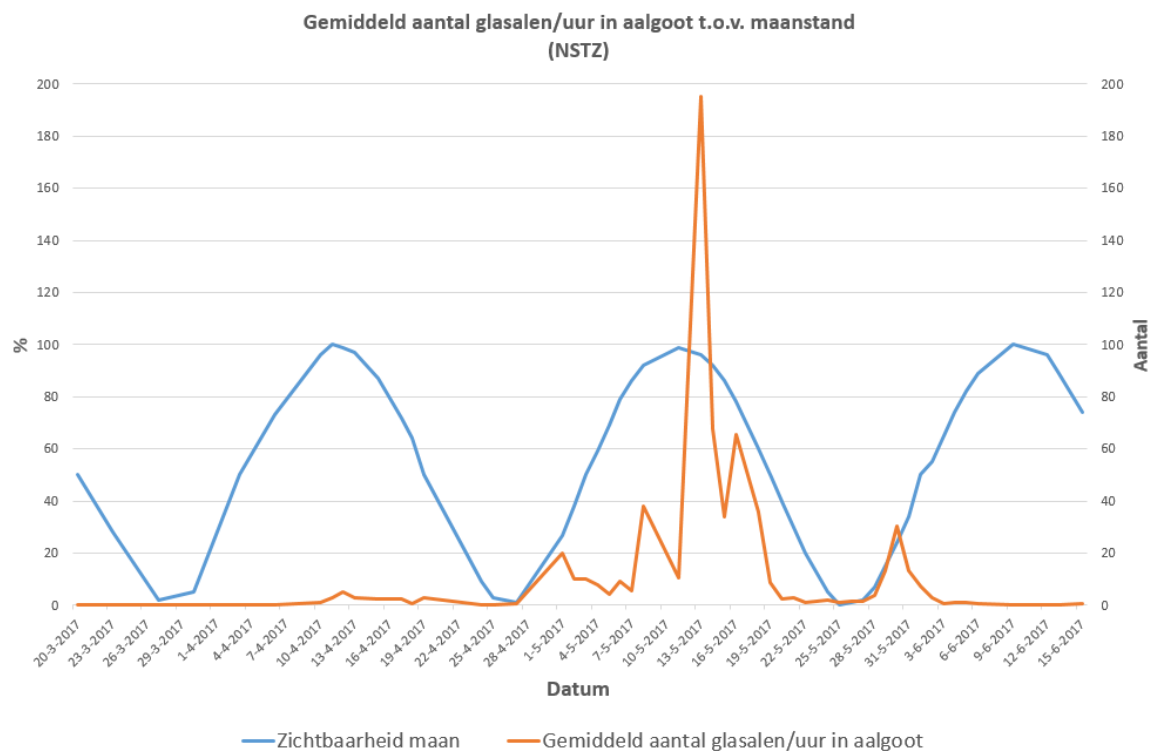
Het leek tevens interessant om ook een vergelijking te maken met voorgaande jaren, waarbij gelijk de maanstand is toegevoegd, zodat er ook kan worden gecontroleerd of er voorgaande jaren een verband was tussen de maanstand en de glasaalvangsten. Op de volgende pagina staan figuur 5.10, 5.11 en 5.12 waarbij de maanstand is toegevoegd. Figuur 5.10 is weergeeft de glasaalvangsten en maanstanden van 2014, 5.11 van 2015 en 5.12 van 2017. De getalswaarde voor de zichtbaarheid van de maan is per meting weergegeven. Getalswaarde 0 betekent nieuwe maan, getalswaarde 100 betekent volle maan. Aan alle tussenliggende maanstanden is met behulp van een maankalender een waarde gegeven. Echter zijn de tussenliggende maangegevens van 2014 bij benadering, deze waren niet beschikbaar. Aan de hand van het verloop van de maanstand van 2017 is er voor 2014 een vergelijkbaar verloop gecreëerd.



Figuur 5.10: De aalgootvangsten in 2014 in relatie met de maanstand.



Figuur 5.11: De aalgootvangsten in 2015 in relatie met de maanstand.

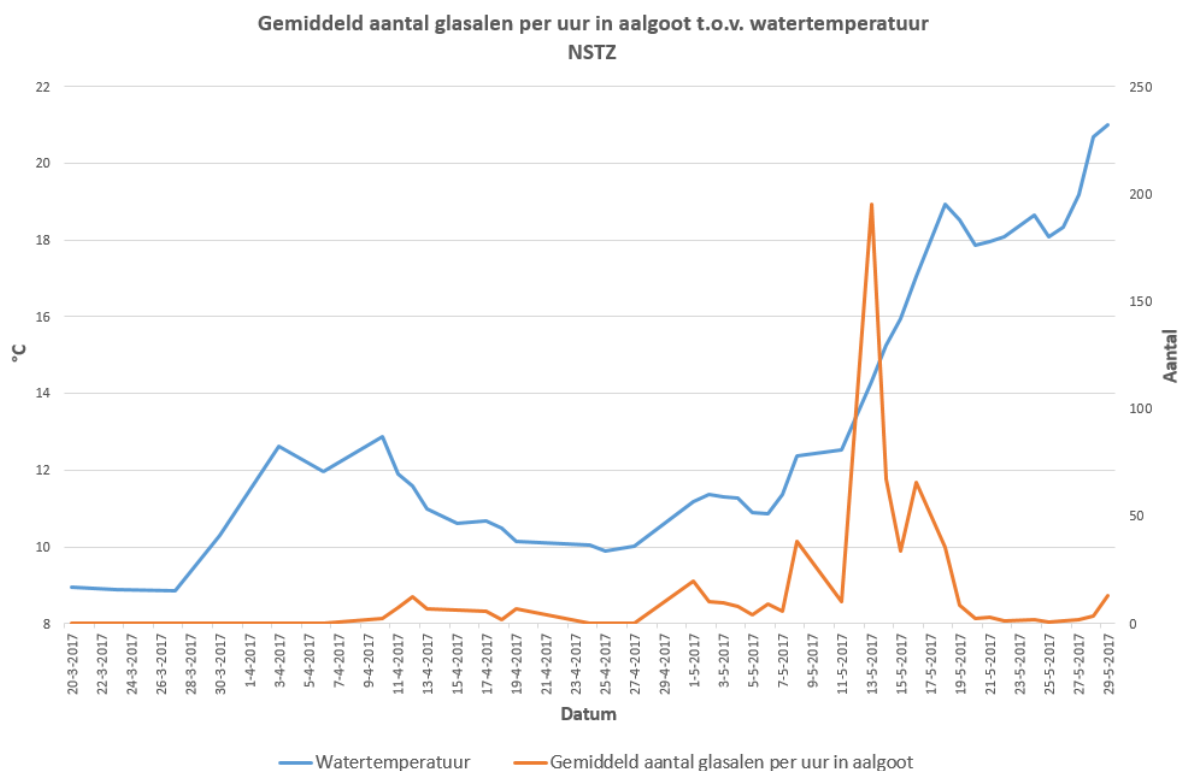


Figuur 5.12: De aalgootvangsten in 2017 in relatie met de maanstand.

Het eerste wat opvalt wanneer de drie jaren met elkaar worden vergeleken is dat de vangsten enorm verschillen per tijdsperiode. De glasaalvangsten in 2014 zijn op zijn hoogst in april, terwijl dit in 2015 in juni is en in 2017 in mei. In 2014 loopt de vangst van glasalen in de aalgoot na 30 april snel terug terwijl in 2015 pas de eerste glasalen in de eerste week van mei gevangen worden.

Wat opvalt in relatie tot de maanstand is dat bij een nieuwe maan er in alle jaren er vrijwel geen glasaal wordt gevangen. In 2014 blijkt het extra duidelijk, waarbij de aalvangsten rondom nieuwe maan hoog liggen, maar bij nieuwe maan enorme dips maken op 31 maart en 30 april. In 2015 is het ook duidelijk waarbij op 15 juni het hoogste aantal van circa 18 glasalen per uur de aalgoot zijn opgeklommen, maar op 16 juni bij nieuwe maan dipt het tot nog geen 4 glasalen per uur. Voor zowel 2014 als 2015 is er geen significant verband gevonden tussen de maanstand en de aantal gemiddeld aantal glasalen per uur in de aalgoot ($p_{2014}=0,476$ en $p_{2015}=0,283$).

In figuur 5.12 is te zien dat de eerste glasalen in de aalgoot gesignaleerd werden rond volle maan in april (volle maan viel op 11 april). De piek in het uurgemiddelde in deze maand was tussen 11 en 12 april, waarop het gemiddelde op 5 glasalen per uur uitkwam. De daaropvolgende maand is er wederom een piek in te zien in het aantal glasalen rond volle maan; 10 mei was het volle maan, de piek in het uurgemiddelde viel tussen 11 en 13 mei, waarop gemiddeld 195 glasalen per uur het uiteinde van de aalgoot bereikten. Bij nieuwe maan was het aantal getelde glasalen zeer laag. In april viel nieuwe maan op de 26^e. Het laagste punt in de uurgemiddelden in april was met 0,13 glasalen/uur tussen de 19e en 25e. Ook de meting tussen 25 en 26 april was met een gemiddelde van 0,16 glasalen/uur zeer laag. Bij de volgende nieuwe maan op 25 mei is weer een bodem te zien. Hier was het laagste uurgemiddelde van de maand tussen 24 en 25 mei, met 0,96 glasalen/uur. Echter is het verband tussen de maanstand en het gemiddeld aantal glasalen voor 2017 net niet significant ($p=0,083$).



Figuur 5.13: De watertemperatuur en de gemiddelde aalvangsten in de aalgoot.

In figuur 5.13 is de watertemperatuur en de gemiddelde vangsten per uur in de aalgoot. Er lijken gelijkenissen in de grafiek te zitten, wat erop kan duiden dat er een verband is. Gelet moet worden op de piek in de aalvangsten van bijna 200 glasalen per uur terwijl de watertemperatuur snel steeg op dat moment. Tijdens de toetsing bleek er echter geen significant verband te zijn ($p=0,456$).

Kleurproef aalgoot

Om inzicht te krijgen in de tijd die een glasaal nodig heeft om het uiteinde van de aalgoot te bereiken zijn twee kleurproeven uitgevoerd. Op donderdag 4 mei zijn 500 glasalen gekleurd. Deze 500 glasalen zijn vervolgens om 20:00 uitgezet in de Westerwoldse Aa aan de voet van de aalgoot. Na intensieve monitoring (uurbasis) was op vrijdag 5 mei nog geen gekleurde glasaal gezien in het net aan het einde van de aalgoot. Hierna is op dagbasis verder gegaan met de monitoring. De eerste 5 gekleurde glasalen werden op maandag 8 mei om 18:30 gesignaleerd in het net. Dit is 4 dagen nadat de gekleurde glasalen werden uitgezet. Op 9 mei werden 4 gekleurde glasalen geteld in het net.

Ook werden tijdens de monitoring van de kattenluiken op 8 mei 4 gekleurde glasalen gevangen in de fuiken.

Op donderdag 11 mei zijn 291 glasalen gekleurd. Hiervan zijn er geen teruggezien in de aalgoot. Wél zijn er op 15 mei om 13:30 twee gekleurde glasalen teruggevangen in de fuiken tijdens het monitoren van de kattenluiken.

5.4. Migratie achterland

De resultaten van deze deelvraag zijn uitgevoerd volgens de methode maar door de lage terug vangsten kan er geen uitspraak worden gedaan. Het lijkt erop dat de fuiken meerdere malen zijn geleege door derden waardoor er (bijna) geen vangst was. Wanneer de fuiken wel ongehavend bleven staan, waren de vangsten laag.

De hoeveelheid stekelbaarzen die gekleurd is, was afhankelijk van het aanbod. Er zijn in totaal drie keer stekelbaarzen gekleurd namelijk:

Tabel 5.4.1: De hoeveelheid gekleurde stekelbaarzen.

Ronde	Datum	Aantal gekleurd
1	6 maart 2017	100
2	23 maart 2017	178
3	30 maart 2017	500

Deze deelvraag heeft wel bijgedragen aan het ontwikkelen van een juiste merk -terugvang methode. De kleurstof calceïn is getest op driedoornige stekelbaarzen en bleek goed te werken. De driedoornige stekelbaarzen waren goed te onderscheiden van niet gekleurde soortgenoten.

De terugvangsten van driedoornige stekelbaars in de fuiken is terug te vinden in bijlage V.

6. Discussie

Vangsten kruisnetmonitoring

Er is een groot verschil te zien in de glasaalvangsten in de kruisnetmonitoring per locatie. In Pogum zijn slechts 13 stuks glasalen gevangen terwijl er in Nieuwe Statenzijl 2783 gevangen zijn. Een mogelijke verklaring is de richting van de getijdenstroom, die langs het gemaal in Pogum stroomt, maar naar het sluizencomplex van Nieuwe Statenzijl toe. Zoals eerder in de rapportage vermeld maken glasalen gebruik van selectief getijden transport waardoor zij zich met de stroming mee laten voeren (AMINAL & OVB, 2005), langs het gemaal in Pogum. De reden waarom er wel relatief veel driedoornige stekelbaars gevangen is (4171 stuks) ligt waarschijnlijk bij de eigenschappen van de stekelbaars zelf. Hoewel de sprintcapaciteit (0,7-0,9 m/s) niet veel verschilt van de glasaal (0,9 m/s) heeft de stekelbaars een grotere drang om van het selectief getijden transport af te wijken en op eigen kracht een stroomopwaartse migratie te maken. Uit onderzoek blijkt dat deze stekelbaarzen gekenmerkt worden door een hoger gehalte van het hormoon thyroxine (van Emmerik, 2016).

Werking aalgoot

Tijdens de onderzoeksperiode zijn 24887 glasalen in aalgoot gevangen. In 2014 en 2015 is de aalgoot ook bemonsterd waarbij 18533 en 1934 glasalen zijn gevangen (Landstra & Venema, 2014) (Burgler & Bangma, 2015). Er blijkt een relatief groot verschil te zijn in de vangsten, waarbij vooral de vangsten van 2015 erg afwijken van 2014 en 2017. Een oorzaak kan zijn dat er in 2014 en 2015 met de lokstroom van de aalgoot is geëxperimenteerd (Burgler & Bangma, 2015). Echter is het waarschijnlijker dat de oorzaak ligt bij de natuurlijke variatie van de intrek van glasaal. De intrek blijkt jaarlijks flink te verschillen, waardoor de grote verschillen in vangsten in de aalgoot kunnen worden veroorzaakt (Rijksoverheid, 2015). Dat in dit onderzoek het hoogste aantal glasalen is gevangen zou kunnen worden veroorzaakt door de storing van de kattenluiken, waardoor meer glasalen opzoek moesten naar een andere route en de ingang van de aalgoot vonden.

Het valt op dat de eerste glasalen pas op 10 april zijn waargenomen in de aalgoot, terwijl er met de kruisnetmonitoring al vanaf 6 maart glasalen werden gevangen. De verklaring ligt bij de watertemperatuur, glasalen beginnen pas met de actieve migratie vanaf 6 tot 8 graden Celsius (Briand, Fatin, Feunteun, & Fontenelle, 2005). Echter blijkt uit de data van de watertemperatuur dat vanaf 20 maart de watertemperatuur al de 9 graden overschrijdt. Het zou kunnen dat er slechts een gering aantal glasalen voor de sluis aanwezig zijn en geen daarvan tot 10 april de ingang van de aalgoot heeft kunnen vinden. Het lijkt niet voor de hand liggend, een andere verklaring kan zijn dat 's nachts, wanneer de grootste migratie van de glasaal plaats vindt, de watertemperatuur nog onder de 6- 8 graden lag. In de ondieptes van de Dollard kan het water snel afkoelen. Een andere mogelijkheid is dat de glasaal die vroeg in het seizoen bij de kustlijn aankomt liever meezwemgedrag vertoont, echter zijn er geen bronnen gevonden die dit bevestigen.

De proef die de snelheid van het beklimmen van de aalgoot onderzocht liet zien dat er na vier dagen de eerste glasalen waren gesignaleerd in het opvangnet. Stress door kleuring is een factor die het onderzoek beïnvloed kan hebben. Van een tweede batch is er geen enkele glasaal terug gevangen, echter is het moment van terug zetten verricht op het moment dat er gespuid werd. Het is mogelijk dat, ondanks de poging de glasalen op een turbulent vrije plaats terug te zetten, er toch veel glasalen met de stroming zijn meegevoerd.

Werking kattenluiken

Tijdens de acht bemonsteringen van de kattenluiken zijn 5743 glasalen en 286 driedoornige stekelbaarzen gevangen. Het blijkt lastig de vangsten te vergelijken met voorgaande jaren door het verschil in aantal bemonsteringen en het verschil in tijdsduur van een bemonstering. In 2014 zijn de kattenluiken 35 keer bemonsterd en in 2015 34 keer (Burgler & Bangma, 2015). Het blijkt dat er, net als bij de aalgoot, in 2015 minder vissen door de kattenluiken zijn gepasseerd dan in 2014 en 2017. Er is geschat (door middel van de debietmeters en het werkelijke debiet van de kattenluiken) dat in 2014 tijdens de 35 openingen 366343 glasalen en 25534 driedoornige stekelbaarzen via de kattenluiken naar het zoete water zijn gepasseerd (Landstra & Venema, 2014). In 2015 is de schatting met 34 openingen 19422 glasalen en 1670 stekelbaarzen. In dit onderzoek (2017) is de schatting met acht openingen 103446 en 4166 stekelbaarzen. Er kan geconcludeerd worden dat er in dit onderzoek per opening meer doelsoorten naar het zoete water hebben kunnen trekken dan voorgaande jaren. De oorzaak hiervoor kan gezocht worden bij het geringe openingen, waardoor er door ophoping van vis voor de sluis, meer vis per opening naar het zoete water is getrokken. Een andere verklaring zouden de handmatige openingen kunnen zijn, waardoor de kattenluiken, indien het mogelijk was, vaak een langere openingstijd hebben gehad.

Abiotische parameters

Uit eerder onderzoek bleek de watertemperatuur en het getijde significant voor de hoeveelheid gevangen glasaal (Piper, Wright, & Kemp, 2012). In dit onderzoek zijn deze parameters ook significant bevonden. Bij Nieuwe Statenzijl zijn namelijk de parameters uurblok voor hoogwater, watertemperatuur, zuurgraad, zuurstof en globale straling significant bevonden. Uit de eerder uitgevoerde onderzoeken bij Nieuwe Statenzijl in 2014 en 2015 en dit onderzoek blijken veel overeenkomsten zijn in de resultaten voor glasaal. In 2014 blijken de parameters zuurstof en temperatuur significant, wat overeenkomt met de resultaten in dit onderzoek (Landstra & Venema, 2014). In 2015 zijn de parameters watertemperatuur, geleidbaarheid en getijde significant (Burgler & Bangma, 2015). Enkel de correlatie met de geleidbaarheid is in dit onderzoek niet gevonden. Bij Pogum is er voor de glasaal, zoals verwacht door de lage aantallen (13 stuks), geen enkele parameter significant bevonden.

Voor de driedoornige stekelbaars zijn er bij Nieuwe Statenzijl de parameters uurblok voor hoogwater, de zuurgraad, de geleidbaarheid en de turbiditeit significant bevonden. Deze resultaten komen niet overeen met het onderzoek in 2014, waarbij enkel de water- en luchttemperatuur significant zijn bevonden (Landstra & Venema, 2014). In 2015 zijn de parameters bewolking en neerslag significant bevonden (Burgler & Bangma, 2015), deze resultaten komen niet overeen met de resultaten in dit onderzoek bij Nieuwe Statenzijl maar wel de resultaten in Pogum.

In Pogum zijn voor de driedoornige stekelbaars de parameters uurblok voor hoogwater, globale straling en neerslag significant bevonden. Globale straling is een maat voor de lichtinval en daarmee vergelijkbaar met de bewolking, wanneer er veel bewolking is er immers minder lichtinval. Verder lijkt er een verband zichtbaar tussen het aanbod van driedoornige stekelbaarzen en de maanstand. De pieken in het gewogen gemiddelde driedoornige stekelbaarzen vallen samen met het eerste en laatste kwartier. Omdat er geen data van voorgaande jaren zijn en het eerste en laatste kwartier slechts vier keer zijn voorgekomen tijdens de aanbodmeting, kan een uitspraak over een causaal verband niet gedaan worden.

Getijde aanbod

In de figuren 5.4 en 5.5 van het aanbod tijdens de uurblokken blijkt het eerste uurblok (uurblok 7) nauwelijks op te lopen voor de glasaal zowel de driedoornige stekelbaars. De verklaring zou kunnen liggen dat er tijdens uurblok 7, tijdens laagwater, nog gespuid werd en er veel turbulentie aanwezig was in het water voor de sluis. De turbulentie kan de vangst met een verticaal getrokken kruisnet nadelig beïnvloeden.

Watertemperatuur en maanstand

De piek in de aalgoot is waargenomen op het moment van springtij en een relatief hogere watertemperatuur. Het kan zijn dat een combinatie van deze twee factoren de bepalende factor is voor de piek in de vangsten. In een onderzoek in Engeland is een vergelijkbare waarneming gedaan, tijdens hoogtij en hogere watertemperaturen piekte de vangsten in de fuiken (Piper, Wright, & Kemp, 2012).

Lengte glasaal

De lengte van de glasalen in de aalgoot fluctueerde van 60,1 tot en met 79,5mm. De lengte van de glasalen gevangen tijdens de kruisnetmonitoring varieerde van 58,7 tot en met 79,8 mm. De verwachte toegenomen lengte is niet waargenomen tijdens het onderzoek, het lijkt er eerder op dat de lengte afneemt naarmate het seizoen vordert. Het blijkt een trend die vaker is waargenomen en als oorzaak worden de verschillen in tijdstip van aankomst bij de Nederlandse kust genoemd en de duur van het transformatieproces van leptocephaluslarve tot glasaal (Bult & Dekker, 2006). In vergelijking met een onderzoek in Engeland, in de rivier de Stour, zijn de glasalen groter dan de gevonden lengtes in dit onderzoek. Van april tot en met september zijn ruim 14 duizend glasalen gevangen, waarvan de lengte varieerde van 73 tot en met 321 mm. Van alle glasalen bevond 66 procent zich in het bereik van 81 tot 90 mm (Piper, Wright, & Kemp, 2012). Een mogelijke verklaring is de locatie en de daarbij horende omstandigheden.

Conditiefactor stekelbaars

De conditiefactor van de driedoornige stekelbaars loopt tijdens het onderzoek langzaam op tot op de laatste waarneming op 8 mei. Een mogelijke oorzaak van de oplopende conditie kan de hoeveelheid kuit bij de vrouwelijke stekelbaarzen zijn. De vrouwtjes zouden, naarmate het seizoen vordert, meer kuit hebben dan de vrouwtjes eerder in het seizoen. Er zijn helaas geen bronnen in de literatuur die dit bevestigen maar het is visueel is waargenomen tijdens het onderzoek. Het kuit zorgt voor een toename in het gewicht waardoor de conditiefactor hoger uitkomt.

Migratie achterland en invloed van debiet

Het is niet gelukt de deelvraag over de invloed van het debiet op de migratiekeuze van de driedoornige stekelbaars te beantwoorden. De fuiken zijn meerdere malen aangetroffen in een staat waarbij de fuik "open" stond aan de achterkant en de bevestigingsstok niet meer op zijn plek stond. Er zijn vermoedens dat de fuiken door derden zijn gelegeerd waardoor er vaak legen fuiken werden aangetroffen. Desondanks zijn de resultaten van deze deelvraag niet geheel onbruikbaar, de methode is drie maal getest. De kleuring met calceïne verliep goed, waarbij de stekelbaarzen goed te onderscheiden waren van de niet gekleurde exemplaren. Er zijn een aantal stuks terug gevangen in de fuiken, wat betekent dat ook terug vang in de fuiken goed zou kunnen werken.

7. Conclusie

“Wat is het verschil in aanbod glasaal en driedoornige stekelbaars aan de zeezijde bij de sluizencomplexen bij Nieuwe Statenzijl en Pogum?”

Er is een groot verschil in de vangstverdeling tussen de locaties Nieuwe Statenzijl en Pogum. In Nieuwe Statenzijl is vooral veel glasaal gevangen terwijl in Pogum ruim driemaal zoveel driedoornige stekelbaars is gevangen als in Nieuwe Statenzijl. In Pogum zijn slechts 13 stuks glasalen gevangen.

“Hoe wordt het aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars aan de zeezijde beïnvloedt door het getij en het weer bij Nieuwe Statenzijl en Pogum?”

Bij Nieuwe Statenzijl is met behulp van het GLMM-model aangetoond dat er, rekening houdend met het uurblok, een significant verband gevonden is tussen het aanbod glasaal en globale straling, watertemperatuur, pH en zuurstof. Voor het aanbod driedoornige stekelbaars bij Nieuwe Statenzijl is er een significant verband te zien voor het aanbod per uurblok en de pH, geleidbaarheid en de saliniteit.

Bij Pogum is aangetoond dat er, rekening houdend met het uurblok, een significant verband is tussen het aanbod driedoornige stekelbaarzen, de geleidbaarheid, de turbiditeit en de watertemperatuur. Als naar de losse parameters wordt gekeken zonder rekening te houden met andere parameters, is er een significant verband te zien tussen het aanbod driedoornige stekelbaars per uurblok en de globale straling en neerslag.

“Wat is het migratiesucces van glasaal en driedoornige stekelbaars via de kattenluiken en glasaalgoot bij Nieuwe Statenzijl?”

De kattenluiken hebben een geschat aantal van 103446 glasalen en 4166 stekelbaarzen binnen gelaten, daarmee heeft deze vispassage een grote invloed op het aantal vis dat het zoete water kan bereiken.

De aalgoot heeft gedurende het onderzoek 24887 glasalen binnen gelaten waarvan het overgrote deel halverwege mei is waargenomen, wanneer de kattenluiken doorgaans niet meer open kunnen gaan. De aalgoot heeft ondanks dat het circa een vierde deel van de kattenluiken binnenlaat, toch een nuttige werking, omdat deze glasalen anders vrijwel geen kans hebben het zoete water te bereiken.

“Wat is de invloed van het debiet in het achterland van Nieuwe Statenzijl op de migratie van de driedoornige stekelbaars?”

Deze deelvraag kon niet worden beantwoord met de verzamelde data.

“Wat is de invloed van het getij en het weer op het aanbod van glasaal en driedoornige stekelbaars bij Pogum en Nieuwe Statenzijl en de migratie naar het achterland via vispassages bij Nieuwe Statenzijl?”

Het begrijpen van de invloeden op de migratie per vissoort is een uitdagende taak. De resultaten laten duidelijk correlaties zien tussen verschillende parameters en het aanbod doelsoorten. Het lijkt erop

dat de getijdenstroming het grote verschil in gevangen doelsoorten bij de onderzoeklocaties veroorzaakt. De glasaal stroomt met de getijdenstroming mee langs het gemaal in Pogum, terwijl de driedoornige stekelbaars beter in staat is van de stroming af te wijken en op eigen kracht een doorgang te zoeken. Bij Nieuwe Statenzijl lijkt dit bevestigd te worden, de glasaalvangsten lopen naarmate inkomend getij vordert bijna lineair op, terwijl dit niet het geval is bij de driedoornige stekelbaars. Toch heeft het getij op beide soorten een grote invloed; het uurblok voor hoogwater blijkt zowel in Pogum als in Nieuwe Statenzijl significant voor de driedoornige stekelbaars. Voor de glasaal enkel in Nieuwe Statenzijl vanwege de geringe vangsten in Pogum.

De invloed van het weer is minder duidelijk dan het getij. Hoewel er meerdere correlaties zijn met weers-gerelateerde parameters, blijkt het minder duidelijk dan het getij. Er worden vaak verschillende parameters significant bevonden op verschillende locaties waardoor een conclusie trekken over de invloed van het weer lastig blijkt.

De maanstand lijkt een grote invloed hebben op zowel glasaal als driedoornige stekelbaars. Nabij volle maan zijn meermaals grote hoeveelheden glasaal in de aalgoot aangetroffen, bij nieuwe maan juist vaak lage aantallen. Bij Pogum lijkt de maangestalte effect te hebben op het aanbod driedoornige stekelbaars; bij het eerste kwartier en laatste kwartier worden grotere hoeveelheden driedoornige stekelbaarzen per kruisnetmeting gevangen.

8. Aanbevelingen

1. Een herhaling van het onderzoek waarbij er eerder wordt begonnen met de monitoring. Bij Pogum is er sprake van hoge vangsten driedoornige stekelbaarzen wanneer de maanstand het eerste kwartier of laatste kwartier betreft. Bij de eerste meting tijdens de betreffende maandstand zijn direct zeer hoge aantallen waargenomen. Het kan erop duiden dat er eerder in het seizoen (voordat begonnen is met de monitoring), bij de juiste maanstand al grote aantallen driedoornige stekelbaarzen voor de sluis aanwezig waren. Herhaling van het onderzoek kan zowel de migratieperiode onderzoeken als de correlatie met de maanstand bevestigen. Daarnaast kan de gevangen vis worden overgezet naar bijvoorbeeld de zoetwaterzijde, zodat de kans dat er meermalen dezelfde vis wordt gevangen, wordt uitgesloten en er een beter beeld wordt geschetst van het werkelijke aantal driedoornige stekelbaarzen voor het gemaal.
2. Het is interessant om de tijdsduur waarmee glasalen de aalgoot kunnen beklimmen te onderzoeken. Echter blijkt uit dit onderzoek dat het onnodig is om 12 uur na de uitzet al te beginnen met monitoren. Aanbevolen wordt om na circa 48 uur te beginnen met de monitoring van de aalgoot.
3. Onderzoek naar abiotische parameters die invloed hebben op de migratie van driedoornige stekelbaars in het achterland. Het is aannemelijk dat een bepaalde trigger (bijvoorbeeld debiet) ervoor zorgt dat het merendeel van de stekelbaarzen naar een bepaalde omgeving toe trekt voor de voortplanting. Met meer informatie over de migratie van de driedoornige stekelbaars in het achterland kan wellicht de specifieke migratieroute voor de driedoornige stekelbaars passeerbaar worden gemaakt. In dit onderzoek is aangetoond dat de kleurmethode met calceïne voldoende werkt. Deze kleurstof kan in vervolgonderzoeken uitstekend worden gebruikt om bijvoorbeeld een merk-terugvangonderzoek uit te voeren.
4. Voor de optimalisatie van de kattenluiken is het interessant om te onderzoeken wat het effect is van de tijdsduur van het openen van de kattenluiken op het zoutgehalte in het achterland. Het openen van de kattenluiken wordt beperkt door de invloed van het zoutgehalte, echter hoeft de invloed van het zoutgehalte op het achterland niet groot te zijn waardoor de kattenluiken langer geopend zouden kunnen worden.

Bibliografie

- (2017). Opgehaald van Soortenbank.nl:
<http://www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=zoetwatervissen&id=61>
- (2017). Opgehaald van NMF Groningen: <http://nmfgroningen.nl/wat-we-doen/natuur-landschap/eems-dollard/>
- AMINAL & OVB. (2005). *Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland*. Antwerpen.
- Auburn University. (2013, Augustus 13). *Fisheries biology: Pit Tag*. Opgehaald van Website van Auburn University: www.ag.auburn.edu
- Birker, M., Haamke, D., Jakel, A., Jan, A., & Rippen, J. (2012). *Waterkwaliteit in het Eems-Dollard estuarium. Wie doet er wat aan?* Groningen: University of Groningen.
- Booma, T., & Bouwmans, L. (2013). *ONDERZOEK NAAR DE IN- EN DOORTREK VAN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS EN GLASAAL EN HET FOERAGEERGEDRAG VAN LEPELAARS BIJ ROPTAZIJL EN ZWARTE HAAN [STAGERAPPORT]*. Leeuwarden: Van Hall Larenstein.
- Bouma, S., Veen, S., & Bonhof, G. (2002). *Proefgebieden in het herstel van zoet zout overgangen in het deltagebied*. RIKZ.
- Briand, C., Fatin, D., Feunteun, E., & Fontenelle, G. (2005). ESTIMATING THE STOCK OF GLASS EELS IN AN ESTUARY BY MARK-RECAPTURE EXPERIMENTS USING VITAL DYES. *Peche Piscic*, 23-46.
- Bult, T., & Dekker, W. (2006). *Een experimentele veldstudie naar het intrekgedrag van glasaal op de grens van zout en zoet met implicaties voor het verbeteren van de intrekmogelijkheden*. Ijmuiden: Ministerie van LNV.
- Burgler, F., & Bangma, T. (2015). *Werking vispassages Nieuwe Statenzijl*.
- Buyse, D., Martens, S., Bayens, r., & Coeck, J. (2003). *Onderzoek naar de migratie van vissen tussen Boven-Zeeschelde en Bovenschelde*. Brussel: Instituut voor natuurbehoud.
- Commissie Verantwoorde Vis. (2010, september). *Visfeitenpaling*. Opgehaald van https://www.schmidtzeervis.nl/Visfeiten_paling.pdf
- de Leeuw, J., Winter, E., & Buijse, T. (2002). Riviervis terug in de rivieren? *De levende natuur* 103, pp. 10-15.
- De Volkskrant*. (2016, oktober 5). Opgehaald van <http://www.volkskrant.nl/wetenschap/mysterieuze-migratie-paling-voor-het-eerst-in-kaart-gebracht~a4389876/>
- de Vries, B. (sd). *Jemgum gemaal (BB)*. Pogum.
- Diggle, P., Liang, K.-Y., & Zeger, S. L. (1994). *Analysis of longitudinal data*. Clarendon Press.

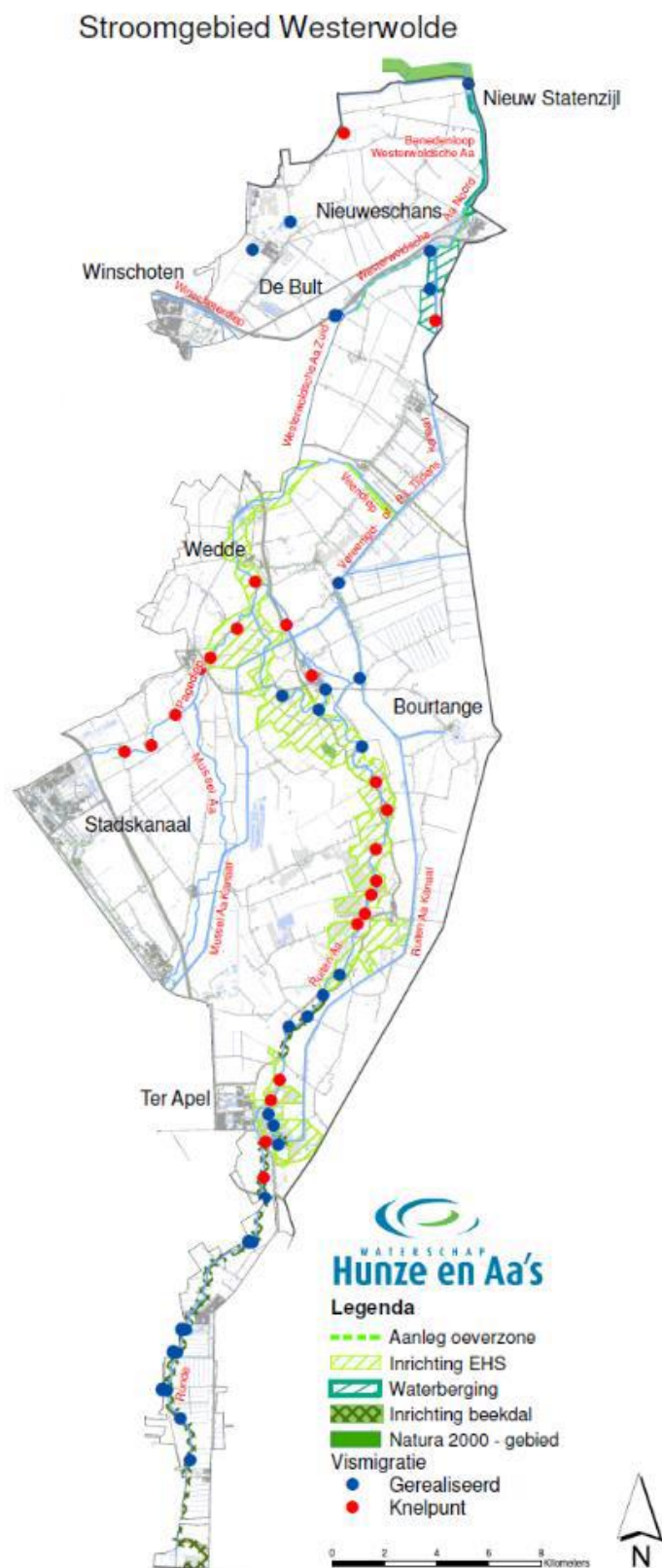
- Dijksen, S. (2013, mei 8). *Disco in texelse sloten*. Opgehaald van Ecomare:
http://www.ecomare.nl/bezoek-ecomare/nieuwspagina/news/disco-in-texelse-sloten/?no_cache=1&cHash=d1c8277fbbfaeda811734db009196932
- Emmerik, W. (2004, december). *Kennisdocument atlantische steur*. Opgehaald van Sportvisserij Nederland.
- Emmerik, W. (2010). *Oriënterend onderzoek exotische rivierkreeften stadswateren Gouda*. Bilthoven: Sportvisserij Nederland.
- Essink, K. (2009, september). De Dollard, een dynamisch systeem onder invloed van de mens. pp. 1-3.
- Feunekes, G., & Fokker, R. (2016). *Vismigratie naar het Lauwersmeer*.
- Fishbio. (2012, oktober 31). *On The Next Episode Of Ghost-Fish Hunter....* Opgehaald van Fishbio:
<http://fishbio.com/field-notes/inside-fishbio/on-the-next-episode-of-ghost-fish-hunter>
- Fishbio. (2015, Mei 15). *Passive Inductive Transponder (PIT) Tags*. Opgehaald van Website van Fishbio: www.fishbio.com
- Google Maps. (2016). Opgehaald van Locatie Pogum.
- Google Maps. (2017). Opgehaald van
<https://www.google.nl/maps/search/maps/@53.3208046,7.2551516,552m/data=!3m1!1e3>
- Google Maps. (2017). Opgehaald van
<https://www.google.nl/maps/place/Groningen/@53.3192472,7.2549071,359m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47c83286b462cca7:0xcb4b5086f9a6c8dc!8m2!3d53.2193835!4d6.5665018>
- Google Maps. (2017). *Google Maps*. Opgehaald van
<https://www.google.nl/maps/place/Dollard/@53.2840624,7.0885401,23390m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47b631360f46be6f:0x2d111f35b388be2!8m2!3d53.2822961!4d7.1872298>
- Hartgers, E., Backx, J., & Walhout, T. (2001). *Visintrek in de delta; een inventarisatie van migratiekelpunten*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Hengelsportfederatie Groningen & Drenthe, w. (2013, Oktober 16). *Vispassages in Nieuw Statenzijl geopend*. Opgehaald van Website van Hengelsportfederatie Groningen & Drenthe: www.vissen.nl
- Het Groninger Landschap. (sd). *Eems-Dollard aangewezen als natura 2000 gebied*. Opgehaald van www.groningerlandschap.nl: <https://www.groningerlandschap.nl/nieuws/eems-dollard-aangewezen-als-natura-2000-gebied/>
- Huisman, J. (2017, maart 17). (K. H. Spaans, Interviewer)
- Huisman, J., Wanningen, H., Schollema, P., Kroes, M., Riemersma, P., & meer, e. (2007). *Herstel vismigratie in Noord-Nederland in volle gang*. Opgehaald van <http://www.kroes->

- consultancy.nl/wp-content/uploads/2015/01/Huisman-J.-Wanningen-H.-Schollema-P.P.-Kroes-M.J.-Riemersma-P.-2007.pdf
- Hunze & Aa's, W. (sd). Van Wad tot Aa; Waterschap geeft vissen ruim baan. *Poster vismigratie 2014*. Waterschap Hunze en Aa's, Veendam.
- Hunze en Aa's. (2014). *Van Wad tot Aa*. Opgehaald van <https://www.hunzeenaas.nl/about/schoonwater/Documents/Poster%20Vismigratie%202014.pdf>
- Hunze en Aa's. (2016, maart). *Hunze en Aa's*. Opgehaald van <https://www.hunzeenaas.nl/nieuwsbrief/maart2016/Paginas/vistrek.aspx>
- IMARES. (2008). *Memo: Korte beschrijving van de voortgang rond het ontwikkelen van een hevel voor glasaalbemonsteringen*. Ijmuiden: IMARES.
- Imares. (2013). *Quickscan aal populatie*. Wageningen: Imares.
- Klein Breteler, J. (2005). *Kennisdocument Europese aal*. Bilthoven: Sportvisserij Nederland.
- Kroes, M., & Monden, S. (2005). *Vismigratie een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland*. Brussel: Ministerie van de Vlaamse gemeenschap, AMINAL.
- Kruijthoff, H. (2017, maart 23). (K. H. Spaans, Interviewer)
- Kuipers, H. (sd). Statistiek. (J. Oldenbroek, & K. Hoek Spaans, Interviewers)
- Landstra, F., & Venema, P.-W. (2014). *De werking van de vispassages (stagerapport)*. Leeuwarden: Van Hall Larenstein.
- Leestmans, J., & Yseboodt, R. (1993). *Visserijkundig onderzoek en voorstel voor een planmatig visstandbeheer van de Galgenweel*. Antwerpen: ministerie van de Vlaamse gemeenschap.
- Living North Sea. (2011). *Vismigratie van bron tot monding*.
- Meijer, M.-L., Borrius, K., van Wieringen, M., & Jager, Z. (2004). Herstel van zoet-zout overgangen in Noord-Nederland. *De Levende Natuur*, 1-2.
- Piper, A. T., Wright, R. M., & Kemp, P. S. (2012). The influence of attraction flow on upstream passage of European eel (*Anguilla anguilla*). *Elsevier*, pp. 329-336.
- Quak, J. (2016). *Van aal tot zalm tussen zoet en zout: een beschouwing over de visstand in het Haringvliet*. Bilthoven: Sportvisserij Nederland.
- RAVON. (2015). *Samen voor de Aal*. Nijmegen: Stichting RAVON.
- RAVON. (2016). *Driedoornige stekelbaars*. Opgehaald van RAVON.nl: <http://www.ravon.nl/Infotheek/Soortinformatie/Vissen/Driedoornigestekelbaars/tabid/1418/Default.aspx>

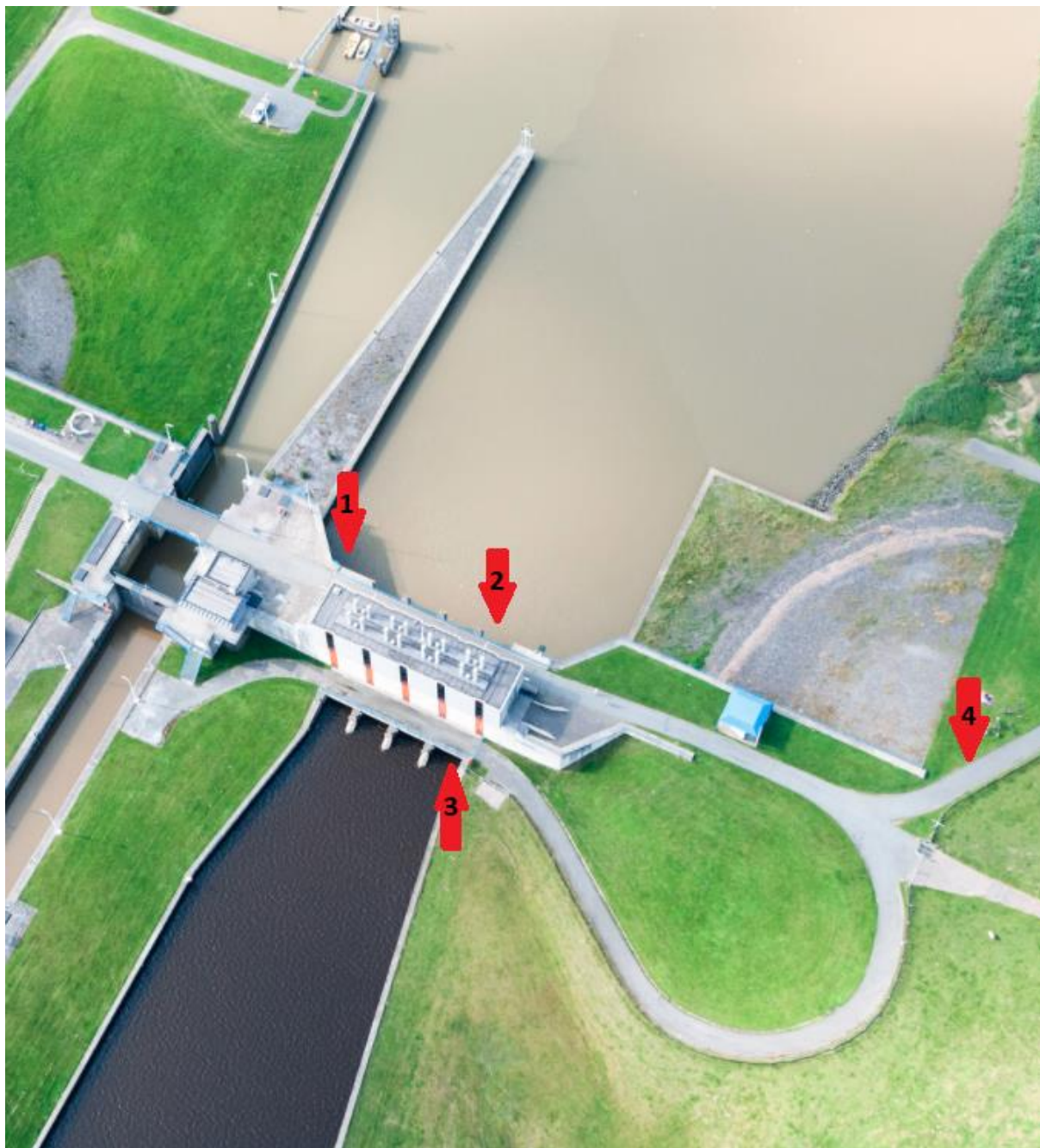
- Riemersma, P., & Kroes, M. (2006). *Van Wad tot Aa. Visie vismigratie Groningen Noord-Drenthe*. Nieuwegein.
- Rijke Waddenzee. (2015, juni 8). *Congres Eems Dollard*. Opgehaald van <https://rijkwaddenzee.nl/nieuws/congres-eems-dollard/>
- Rijke Waddenzee. (2017, februari 23). *Sneak Preview Eems-Dollard film*. Opgehaald van www.rijkwaddenzee.nl: <https://rijkwaddenzee.nl/nieuws/sneak-preview-eems-dollard-film/>
- Rijksoverheid. (2015, november 9). *Intrek paling (glasaal)*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1227-achteruitgang-paling>
- Rijkswaterstaat. (2011). *andere mogelijkheden voor het Besluit beheer Haringvlietsluizen*.
- Rijkswaterstaat. (2011). *Andere mogelijkheden voor het Besluit beheer Haringvlietsluizen*.
- Rijkswaterstaat. (2017, juni 21). *Kader Richtlijn Water*. Opgehaald van www.Rijkswaterstaat.nl: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/wetten-regels-en-vergunningen/natuur-en-milieuwetten/kaderrichtlijn-water/index.aspx>
- Rijkswaterstaat. (2017). *Visvriendelijk sluisbeheer*. Opgehaald van <https://www.deafsluitdijk.nl/wp-content/uploads/2014/05/IG-afsluitdijk-open-voor-vis.pdf>
- Ruim baan voor vissen. (2012). *Belang van vismigratie*. Opgehaald van Website van 'ruim baan voor vissen': www.ruimbaanvoorvissen.nl
- Schollemma, P. P. (2017, februari 25). (K. H. Spaans, Interviewer)
- Stichting RAVON. (2016, Maart 9). *Start monitoring glasaal en driedoornige stekelbaars in Noord-Holland en Zuid-Holland*. Opgehaald van Website van Nature Today: www.naturetoday.com
- STOWA. (2012). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kader richtlijn water 2015-2021*. Amersfoort: STOWA.
- 't Hart, M. (1978). *De stekelbaars*. Antwerpen: Het spectrum.
- Taal, M., Schmidt, C., Brinkman, A., Stolte, W., van Maren, D., & IMARES. (2015). *Slib en primaire productie in het estuarium*. Deltares.
- Trouw. (2013). *Nederland als robuust deltaland*.
- van Emmerik, W. A. (2016). *Biologische factsheet trekvis Haringvliet en Voordelta*. Bilthoven: Sportvisserij Nederland.
- van Houdt, J. (2011). *Beeldbank*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://beeldbank.rws.nl/MediaObject/Details/411320?resultArea=53,27|6,854|52,9991|7,241|&resultType=Map&mapId=78>
- Vis, H. (2017, mei 23). *Conditiefactor driedoornige stekelbaars*.

- Waddenvereniging. (2017). Opgehaald van http://www.waddenvereniging.nl/wv/images/PDF/ons_werk/estuariene%20overgangen.pdf
- Waddenzee werelderfgoed. (sd). Opgehaald van Waddenzee werelderfgoed: <http://www.waddensea-worldheritage.org/nl/waddenzee-werelderfgoed/uniek-haar-soort/eems-dollard>
- Wageningen universiteit. (2017). *Vismigratie en het gedrag rondom knelpunten*. Opgehaald van <http://www.wur.nl/nl/show/Vismigratie-en-het-gedrag-van-vissen-rondom-knelpunten.htm>
- Walker, J. A. (1997). *Ecological morphology of lacustrine threespine stickleback*.
- Wanningen, H. (2014, februari). *Magazine over de zee*. Opgehaald van file:///C:/Users/hoeks_003/Downloads/artikel%20over%20de%20zee%20feb%202014.pdf
- Winter, H., Griffioen, A., & van Keeken, O. (2014). *De vismigratierivier: bronnenonderzoek naar het gedrag van vis rond zoet-zout overgangen*. Ijmuiden: IMARES Wageningen UR.
- Wintermans, G. (2014). *Trekvisaanbod langs de Waddenzee: Gegevensverslag monitoring voorjaar 2014*.
- WNF. (2017). *Driedoornige stekelbaars*. Opgehaald van www.wnf.nl: <https://www.wnf.nl/dieren/dierenbieb-vissen/driedoornige-stekelbaars.htm>
- Ziltwater. (2016, maart 6). *Vismigratie tussen zoet en zout*. Opgehaald van Ziltwater: http://www.ziltwater.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=15&lang=en

Bijlage I: Stroomgebied kaarten



Bijlage II: Monitoringsplaatsen per locatie



Bron: (van Houdt, 2011).



Bron: (Google Maps, 2017).

Bijlage III: Monitoringsschema

Datum	Locatie		Aanbodmeting		Overige	
	NSTZ	Pogum	Start	Einde	Kattenluiken	Aalgoot
06-03-17	X		12:45	18:25		
07-03-17		X	14:35	18:25		
09-03-17	X		16:15	22:25		
10-03-17		X	07:05	11:05		
13-03-17	X		08:05	13:15		
14-03-17		X	08:35	13:55		
16-03-17	X		09:45	15:05		
17-03-17		X	09:45	15:25		
20-03-17	X		11:15	17:05		X
21-03-17		X	11:25	17:45		
23-03-17	X		13:55	20:55		X
24-03-17		X	15:35	21:45		
27-03-17	X		07:45	13:25		X
28-03-17		X	08:05	13:55		
30-03-17	X		10:05	15:25		X
31-03-17		X	10:15	15:55		
03-04-17	X		12:35	18:05		X
04-04-17		X	12:55	19:05		
06-04-17	X		15:05	21:35	X	X
07-04-17		X	04:25	10:45		
10-04-17	X		20:15	01:35	X	X
11-04-17		X	08:05	13:55		X
13-04-17	X		09:45	14:55	X	X
18-04-17		X	11:25	17:25		X
19-04-17		X	11:55	18:15		X
20-04-17	X		13:15	19:25	X	
21-04-17	X		01:55	07:45		
24-04-17	X		18:05	00:15	X	X
25-04-17		X	06:45	12:45		X
01-05-17	X		11:45	17:05		X
02-05-17		X	12:05	17:55		X
04-05-17	X		13:45	20:05		X
08-05-17	X		18:35	23:55	X	X
09-05-17		X	06:55	12:55		
11-05-17	X		08:35	14:15		X
12-05-17		X	08:55	14:45		
15-05-17	X		10:25	16:25	X	X
16-05-17		X	10:45	16:45		X
18-05-17	X		12:05	18:15	X	X
19-05-17		X	12:35	18:55		X

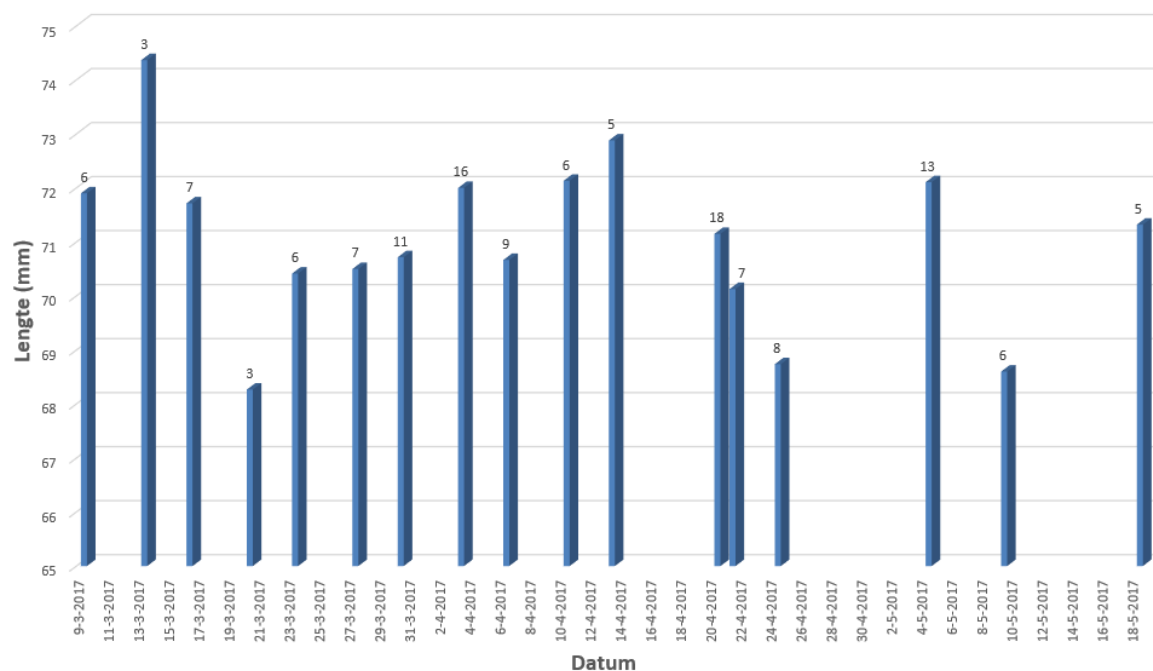
Bijlage IV: Locaties hokfuiken



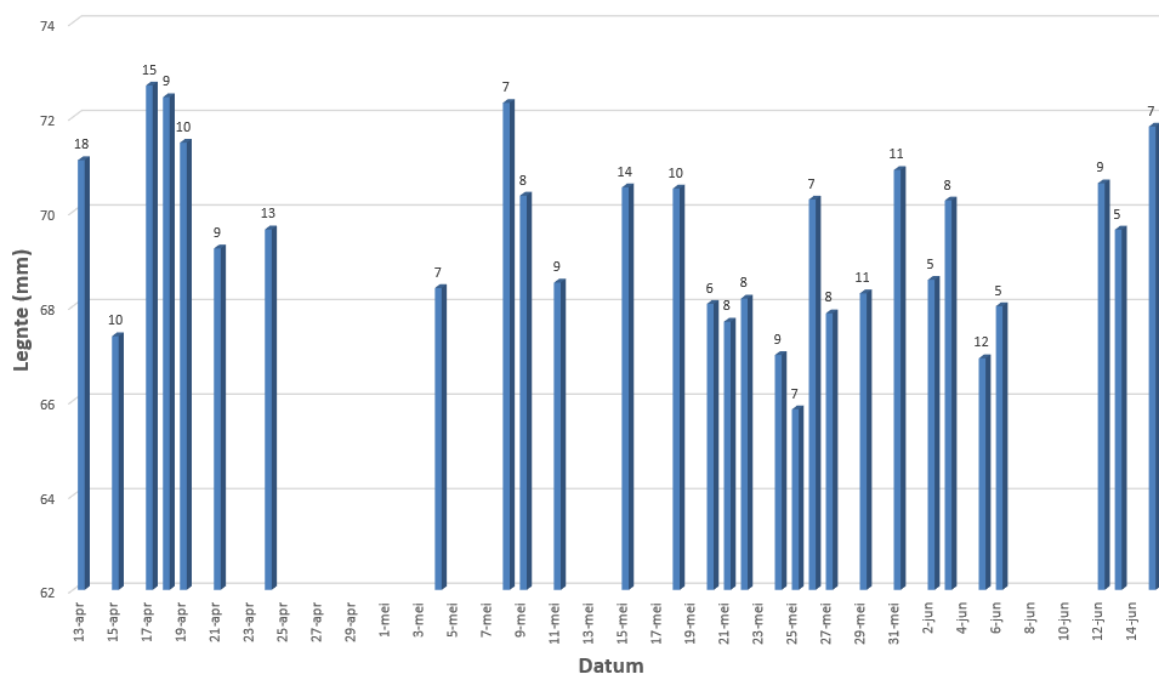
Bron: (Google Maps, 2017)

Bijlage V: Lengte glasaal en conditiefactor stekelbaars

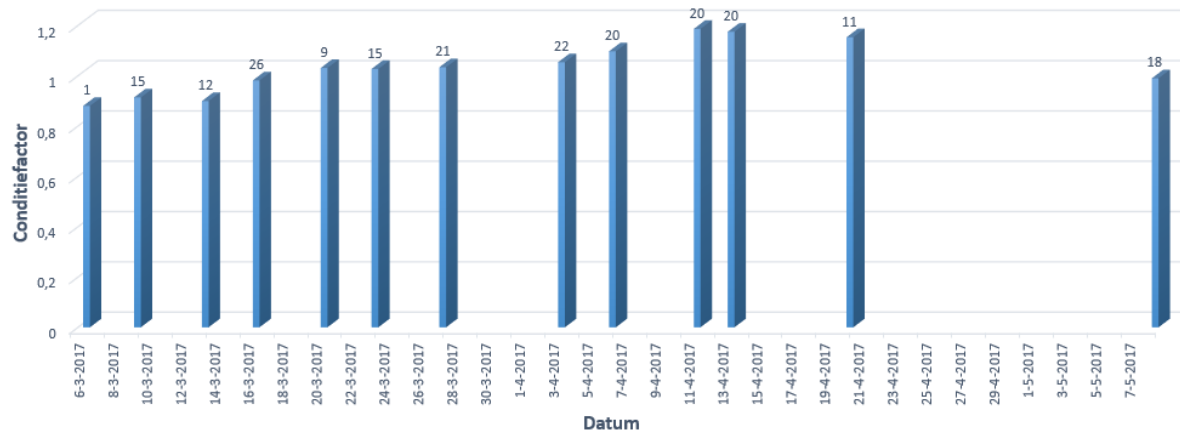
Gemiddelde lengte glasaal kruisnet
(NSTZ, n-waarde boven kolom)



Lengte glasaal aalgoot
(NSTZ, n-waarde boven kolom)



Conditiefactor driedoornige stekelbaars kruisnet
(NSTZ, n-waarde boven kolom)



Bijlage VI: Statistische uitkomsten

Locatie: NSTZ, Driedoornige stekelbaars

Abiotiek	AICC	F	Df1	Df2	P	Expo	Con 95%
Uurblok voor HW	503,834	2,759	6	105	0,016	-	-
Globale straling	506,953	0,009	1	104	0,923	1,000	(0,994:1,006)
Neerslag (0,1mm)	499,072	0,710	1	104	0,401	0,885	(0,665:1,179)
Watertemperatuur	501,674	2,163	1	104	0,144	0,861	(0,703:1,054)
pH	437,510	23,172	1	104	<0,001	0,088	(0,032:0,240)
Log10(geleidbaarheid)	460,751	9,255	1	104	0,003	0,287	(0,127:0,648)
Saliniteit	475,816	6,112	1	104	0,015	0,845	(0,179:0,967)
Zuurstof	499,164	0,040	1	104	0,841	0,965	(0,677:1,374)
Log10(Turbiditeit)	464,724	5,204	1	104	0,025	0,227	(0,063:0,824)

Locatie: NSTZ, glasaal

Abiotiek	AICC	F	Df1	Df2	P	Expo	Con 95%
Uurblok voor HW	307,648	14,902	6	105	<0,001	-	-
Globale straling	292,833	20,998	1	104	<0,001	0,993	(0,991:0,996)
Neerslag (0,1mm)	303,792	1,711	1	104	0,194	0,939	(0,853:1,033)
Watertemperatuur	299,893	4,318	1	104	0,040	0,865	(0,754:0,993)
pH	322,100	12,874	1	104	0,001	8,0	(2,535:25,245)
Log10(Geleidbaarheid)	315,968	0,345	1	104	0,558	1,165	(0,695:1,953)
Saliniteit	325,350	1,773	1	104	0,186	1,049	(0,977:1,125)
Zuurstof	307,767	10,184	1	104	0,002	1,366	(1,125:1,657)
Log10(Turbiditeit)	321,913	1,047	1	104	0,309	1,484	(0,691:3,188)

Locatie: Pogum, Driedoornige stekelbaars

Abiotiek	AICC	F	Df1	Df2	P	Expo	Con 95%
Uurblok voor HW	247,808	2,140	7	86	0,048	-	-
Globale straling	257,751	4,676	1	85	0,033	0,996	(0,993:1,000)
Neerslag (0,1mm)	250,095	5,652	1	85	0,020	0,916	(0,851:0,986)
Watertemperatuur	248,769	3,678	1	85	0,058	0,804	(0,642:1,008)
pH	248,199	0,384	1	85	0,537	1,818	(0,127:12,375)
Log10(geleidbaarheid)	242,796	2,915	1	85	0,091	0,446	(0,174:1,142)
Saliniteit	250,782	3,791	1	85	0,055	0,915	(0,836:1,002)
Zuurstof	249,182	1,858	1	85	0,176	1,091	(0,961:1,238)
Log10(Turbiditeit)	249,289	1,118	1	85	0,293	1,260	(0,816:1,944)

Locatie: Pogum, glasaal

Abiotiek	AICC	F	Df1	Df2	P	Expo	Con 95%
Uurblok voor HW	498,514	0,583	7	86	0,768	-	-
Globale straling	494,826	0,859	1	85	0,357	0,996	(0,987:1,005)
Neerslag (0,1mm)	497,552	0,280	1	85	0,598	1,037	(0,904:1,190)
Watertemperatuur	511,637	0,006	1	85	0,939	1,012	(0,738:1,388)
pH	583,374	2,266	1	85	0,136	137,785	(0,206:92151,331)
Log10(Geleidbaarheid)	490,791	0,011	1	85	0,917	1,140	(0,095:13,608)
Saliniteit	487,469	0,451	1	85	0,504	0,926	(0,738:1,162)
Zuurstof	486,920	0,260	1	85	0,612	1,103	(0,753:1,616)
Log10(Turbiditeit)	457,938	0,581	1	85	0,448	0,644	(0,204:2,031)

Model NSTZ: Driedoornige stekelbaars (AICC 434,905)

Source	F	df1	df2	Sig.
Corrected Model ▼	4,185	10	101	,000
UurblokvoorHW	3,284	6	101	,005
LogTURB	0,361	1	101	,549
ZuurstofDO_mean	4,117	1	101	,045
Neerslagin0.1mm_mean	1,626	1	101	,205
pH_mean	17,546	1	101	,000

Probability distribution:Negative binomial
Link function:Log

Model Term	Coefficient ▼	Std.Error	t	Sig.	Exp(Coefficient)	95% Confidence Interval for Exp (Coefficient)	
						Lower	Upper
Intercept	17,479	4,325	4,041	,000	39.006.352,004	7.324,962	207.713.763.892,599
UurblokvoorHW=1	2,560	1,007	2,542	,013	12,930	1,755	95,292
UurblokvoorHW=2	1,731	1,015	1,705	,091	5,649	0,753	42,346
UurblokvoorHW=3	2,339	1,010	2,314	,023	10,368	1,397	76,955
UurblokvoorHW=4	2,885	1,005	2,870	,005	17,905	2,438	131,512
UurblokvoorHW=5	2,897	0,999	2,900	,005	18,127	2,498	131,551
UurblokvoorHW=6	1,127	1,018	1,107	,271	3,086	0,410	23,231
UurblokvoorHW=7	0 ^a						
LogTURB	-0,292	0,486	-0,601	,549	0,747	0,285	1,958
ZuurstofDO_mean	0,243	0,120	2,029	,045	1,275	1,005	1,617
Neerslagin0.1mm_mean	-0,131	0,103	-1,275	,205	0,877	0,715	1,076
pH_mean	-2,650	0,633	-4,189	,000	0,071	0,020	0,248
Negative Binomial	1,924						

Probability distribution:Negative binomial
Link function:Log

Model NSTZ: Glasaal (AICC 292,186)

Fixed Effects
Target:Glasaal_sum

Source	F	df1	df2	Sig.
Corrected Model ▼	19,930	8	103	,000
UurblokvoorHW	13,846	6	103	,000
Globalestraling_mean	23,725	1	103	,000
Neerslagin0.1mm_mean	3,242	1	103	,075

Probability distribution:Negative binomial
Link function:Log

Fixed Coefficients
Target:Glasaal_sum

Model Term	Coefficient ▼	Std.Error	t	Sig.	Exp(Coefficient)	95% Confidence Interval for Exp (Coefficient)	
						Lower	Upper
Intercept	-1,536	0,678	-2,265	,026	0,215	0,056	0,826
UurblokvoorHW=1	3,933	0,606	6,487	,000	51,068	15,344	169,960
UurblokvoorHW=2	3,862	0,595	6,493	,000	47,584	14,625	154,822
UurblokvoorHW=3	3,639	0,591	6,160	,000	38,057	11,792	122,818
UurblokvoorHW=4	3,777	0,586	6,446	,000	43,684	13,665	139,645
UurblokvoorHW=5	3,626	0,584	6,212	,000	37,580	11,808	119,605
UurblokvoorHW=6	2,434	0,584	4,170	,000	11,403	3,583	36,288
UurblokvoorHW=7	0 ^a						
Globalestraling_mean	-0,007	0,001	-4,871	,000	0,993	0,990	0,996
Neerslagin0.1mm_mean	-0,078	0,043	-1,801	,075	0,925	0,848	1,008
Negative Binomial	1,039						

Probability distribution:Negative binomial
Link function:Log

Model Pogum: Driedoornige stekelbaars (AICC 235,730)

Source	F	df1	df2	Sig.
Corrected Model ▼	3,325	9	82	,002
UurblokvoorHW	3,428	6	82	,005
LogCONDUCT	3,529	1	82	,064
LogTURB	3,178	1	82	,078
WaterTemp□C_mean	7,811	1	82	,006

Probability distribution:Negative binomial
Link function:Log

Model Term	Coefficient ▼	Std.Error	t	Sig.	Exp(Coefficient)	95% Confidence Interval for Exp (Coefficient)	
						Lower	Upper
Intercept	8,809	2,346	3,755	,000	6.696,881	62,976	712.145,829
UurblokvoorHW=1	0,259	0,628	0,412	,681	1,296	0,371	4,521
UurblokvoorHW=2	0,291	0,610	0,477	,635	1,338	0,398	4,500
UurblokvoorHW=3	-0,145	0,571	-0,254	,800	0,865	0,278	2,692
UurblokvoorHW=4	-0,748	0,509	-1,471	,145	0,473	0,172	1,302
UurblokvoorHW=5	-0,933	0,480	-1,941	,056	0,393	0,151	1,023
UurblokvoorHW=6	-0,327	0,444	-0,737	,463	0,721	0,298	1,743
UurblokvoorHW=7	0 ^a						
LogCONDUCT	-0,974	0,519	-1,879	,064	0,377	0,135	1,059
LogTURB	0,397	0,223	1,783	,078	1,487	0,955	2,315
WaterTemp□C_mean	-0,360	0,129	-2,795	,006	0,698	0,540	0,901
Negative Binomial	1,087						

Probability distribution:Negative binomial
Link function:Log

Bijlage VII: Fuik terugvangsten

Hokfuik 1: Boezemkanaal			
Datum	Aantal Driedoorn		Gekleurd
23-mrt	0		0
27-mrt	98		4
3-apr	72		0
11-apr	5		0
20-apr	1		0

Hokfuik 2: Westerwoldse Aa			
Datum	Aantal Driedoorn		Gekleurd
23-mrt	0		0
27-mrt	31		1
3-apr	0		0
11-apr	243		1
20-apr	214		2