Vismigratie van en naar het Lauwersmeer

Effectiviteit van het visvriendelijk beheer van de R.J. Cleveringsluizen voor de migratie van vislarven
&
Migratie mogelijkheid van Driedoornige stekelbaars bij vispassage te Esumakeech



Auteurs: Florian Landstra en Pieter-Wytze Venema

Versie: Definitief juni ’15

Vismigratie van en naar Lauwersmeer

Effectiviteit van het visvriendelijk beheer van de R.J.Cleveringsluizen voor de migratie van vislarven
&
Migratie mogelijkheid van Driedoornige stekelbaars bij vispassage te Esumakeech

Colofon

Auteurs: Florian Landstra
florian.landstra@wur.nl
0681002112

Pieter-Wytze Venema
pieter-wytze.venema@wur.nl
0625137359

Datum: Juni 2015

Status: Definitief

Opdrachtgever: Hogeschool Van Hall Larenstein
Agora 1
8934 CJ Leeuwarden

Waterschap Noorderzijlvest
Stedumermaar 1
9700 AA Groningen

Staatsbosbeheer
De Rug 1
9976 VT Lauwersoog

Opleiding: HBO Milieukunde
Hogeschool Van Hall Larenstein
Agora 1
8934 CJ Leeuwarden

Begeleiding opdrachtgever: Jeroen Huisman (Van Hall Larenstein)
jeroen.huisman@wur.nl
0633800053

Begeleiding proces : Marco Verkaik (Van Hall Larenstein)
Geert Truijen (Van Hall Larenstein)

Afbeelding voorblad: Zoet en zout water in strijd, foto auteurs april ’2015

Samenvatting

De Kaderrichtlijn Water zorgde voor meer begrip voor aquatische ecologie in Nederland. Zodoende is het ecologisch aspect van het water een belangrijke speerpunt van Waterschap Noorderzijlvest. Vissen zijn hier een belangrijk onderdeel van. De visstand is in de Nederlandse wateren enorm in diversiteit achteruit gegaan. Dit komt mede door de vele kunstwerken in de Nederlandse watergangen, waardoor de migratie van vissen is bemoeilijkt. Dit geldt niet alleen voor migratie in de zoete wateren, maar ook voor de migratie tussen het binnenwater en zeewater. Het spuicomplex bij Lauwersoog zorgt voor de afvoer van een deel van het overtollige water van de provincies Friesland, Groningen en Drenthe. Door de bouw van het sluiscomplex is er een harde barrière ontstaan tussen de Waddenzee en het nieuw gevormde Lauwersmeer. Dit maakt vrije migratie bijna onmogelijk. Tijdens de KRW monitoring bleek dat de visstand eenzijdig was en dat er wat moest gebeuren aan vismigratie. Daarom heeft het waterschap Noorderzijlvest besloten om een vismodule in de R.J. Cleveringsluizen te integreren, om zo de migratie van diadrome vissoorten te bevorderen.

In 2002 en 2003 zijn er vooronderzoeken uitgevoerd door George Wintermans. In dit onderzoek werd vastgesteld dat er verschillende vissen naar het Lauwersmeer willen migreren. Ook werd aangetoond dat de vangsten van larvale vissen tegenvielen. De meest aangetroffen larven waren bot (*Platichthys flesus*) en glasaal (*Anguilla anguilla*). Naast deze vissen is ook de driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) aangetroffen. Dit is de kleinste volwassen diadrome vissoort die dit migratiegedrag vertoond. Deze soort wil, net als de larvale vissen, verder het Lauwersmeer op-trekken om zo diverse polders te bereiken. Over de migratie van deze vissoort is nog weinig bekend.

Een voorbeeld van zo'n polder is Esumakeech. Deze polder is ontstaan toen de Lauwerszee veranderde in het Lauwersmeer en ligt aan de Friese kant van het meer. In de polder Esumakeech is een vispassage aangelegd om de migratie van driedoornige stekelbaarzen te bevorderen. In dit onderzoek wordt de polder Esumakeech gebruikt als casus voor de migratie naar het achterland.

Het doel van het onderzoek is om te bepalen hoe effectief het "visvriendelijk" beheer van de R.J. Cleveringsluizen is en of dit effect heeft op vispassages in het achterland. Hierbij wordt, vanwege de essentie, op locatie Lauwersoog naar de larvale vissoorten en op locatie Esumakeech naar de anadrome driedoornige stekelbaarzen (*semi-Armatus* variant) onderzoek gedaan. De evaluatie van het "visvriendelijk" beheer van de R.J. Cleveringsluizen is ook voor andere sluizen van belang, omdat dit inzicht geeft in het effect van "visvriendelijk" beheer van sluizen in het algemeen.

Gedurende dit onderzoek bleek de zeedruif (*Pleurobrachia pileus*) het meest aangetroffen organisme te zijn. Van de vissoorten was sprot (*Sprattus Sprattus*) de meest aangetroffen larve/juveniele vissoort. Uit de analyses blijkt dat glasalen zich meer aanbieden bij vloed-stroom, maar dat ze geen voorkeur hebben voor diepte. Platvis spec. (waarschijnlijk bot) heeft geen voorkeur voor waterdiepte en ook niet voort stroming. Sprot geeft de voorkeur aan om zich dieper in de spuikoker te verplaatsen, maar de stroming maakt voor deze vissoort niet uit.

De verdeling van de varianten driedoornige stekelbaars blijkt bij R.J. Cleveringsluizen hetzelfde te zijn als bij Esumakeech. De Trachurus variant is de meest aangetroffen soort, gevolgd door de semi-Armatus variant. De Leiurus variant is het minst aangetroffen. Daarnaast is voor de locatie Esumakeech statistisch onderzocht of deze vissoort een voorkeur heeft voor dag- of nachtmigratie, dit bleek niet het geval. De tiendoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*) heeft daarintegen bij Esumakeech een voorkeur om overdag te migreren. Omdat de verdeling van het aanbod driedoornige stekelbaars bij Esumakeech grotendeels uit de zee en anadrome variant bestaat, kan er worden geconcludeerd dat het visvriendelijk beheer van de R.J. Cleveringsluizen een positief effect heeft op het achterland.

Wat betreft de R.J. Cleveringsluizen kan er worden geconcludeerd dat deze op het moment niet het effectiefst wordt gebruikt. Bij meer instromend water en zeker met hogere stroomsnelheden naar het Lauwersmeer, weten meer vissen te migreren van de Waddenzee naar het Lauwersmeer. Wanneer de sluisdeuren met een groter peilverschil worden opengezet, neemt de stroomsnelheid en debiet toe. De gewenste richting voor de vissen is wanneer het Waddenzeepeil hoger ligt dan het Lauwersmeerpeil. De sluizen kunnen technisch gezien met meer verschil opengezet worden dan nu het geval is, dit komt mogelijk de effectiviteit ten goede.

Om de migratie van vissen naar het Lauwersmeer te verbeteren, worden enkele aanbevelingen gedaan. Er zijn aanbevelingen voor beide locaties, maar ook voor de individuele locaties. Deze aanbevelingen hebben betrekking op de volgende punten: vervolg onderzoek, waterstand meters, moment van vismodule, automatisering, beheer, locatie van vis, drijvers en lokstroom.

Summary

An important part of the water framework directive is the biodiversity in the water. The abundancy and amount of fish species gives an impression of the quality of the water. The biodiversity and abundancy of fish has declined in the Dutch freshwaters. The main reason for this decline is the many pumps, dikes, sluices etcetera. Not only the management of the water level inland made it hard for fish's to migrate from freshwater to sea and vice versa, but also the deltaworks of the Netherlands. The deltaworks and other instruments to manage the level of freshwater at border of the Netherlands and seas made migration almost impossible. The R.J. Cleveringsluizen is a sluice to control the water level of the province Friesland, Groningen and Drenthe. At this point the surplus of water can be overflowed into the Waddensea. This sluice is a hard boundary between freshwater (Lauwerslake) and salt water (Waddensea). Because of the results of the measurements for the water framework directive, the waterboard decided to make the R.J. Cleveringsluizen more fish friendly. The so-called "fish friendly management" of the R.J. Cleveringsluizen made it easier for fish to migrate from the Waddensea to the Lauwerslake.

In 2002 and 2003, George Wintermans investigated the migration possibilities for fish at the R.J. Cleveringsluizen. The conclusion of this research was, that diadromous fish species could migrate through the sluice. Because of the used method of this research, they didn't caught a lot of fish larvae (species and amounts). Flounder (*Platichthys flesus*) and glaseels/elvers (*Anguilla Anguilla*) were the most abundant larvae species. The three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) was the smallest diadromous fish species caught during the research. This species wants to migrate from the Waddensea to the Lauwerslake and even further. Little is known about the behaviour of the three-spined stickleback after they succeed to migrate into freshwater.

The polder Esumakeech is an example of a regular polder. This polder lies at the Friesian side of the Lauwerslake. Esumakeech is formed after the transformation of the Lauwersea into the Lauwerslake. In this polder is a fish passage constructed, in order to aid the migration of the three-spined stickleback. The research of the polder Esumakeech is a case study for all polders. Knowledge of this research can be used to improve the fish migration of other sluices and polders all around the world.

The goal of this research is to determine how effective the "fish friendly" management of R.J. Cleveringsluizen is and to understand the effects in the hinterland. At location Lauwersoog the focus is on larvae fish species. At location Esumakeech the three-spined sticklebacks (especially the semi-Armatus variant) is the main target.

In order to collect data a literature- and field study was done. The most common catch at this research was the sea gooseberry (*Pleurobrachia pileus*). From the fish species sprat *(Sprattus Sprattus)* was the most common catch. The results of this research have been statically analysed. Glaseels/elvers significant prefer a flood stream. Flatfish spec. (probably flounder) doesn't have a significant preference for swimming dept and tide stream. Sprat are significantly more caught in the deeper fishing pot.

Distribution of the three-spined stickleback types is for the locations Lauwersoog en Esumakeech the same. The Trachurus is the most common catch, the semi-Armatus is the second most found type. The Leiurus variant isn't found much in this research. In the migration of the three-spined stickleback, there wasn't a significantly difference between night or day migration. The migration of nine-spined stickleback (*Pungitius pungitius*) was in contrast with the migration of the three-spined stickleback significantly during the day. The high amount of anadromous and sea variant of the three-spined stickleback at Esumakeech is an effect of the "fish friendly" management of the R.J.Cleveringsluizen.

For fish migration, the R.J. Cleveringsluizen is not being used effectively at this moment. This research shows that with more and higher water flow from the Waddensea to the Lauwerslake, more fish can migrate to the Lauwerslake. The sluices can be opened for fish migration when the Waddensea level is 15 centimeters higher than the Lauwerslake level. When the floodgates are opened at a bigger difference between sea- and lake level, the flow rate of water can be increased. The sluices can be lifted at more difference than managed by the waterboarder. The most difference where the sluice was closed at flood tide, was when the sea level was 8 centimeters higher. With ebb tide, the sluice was maximum opened when the sea level was 1 centimeter higher than the Lauwerslake.

Several recommendations can be done on the basis of this research. To improve the effectiveness of the “fish friendly” management of the R.J.Cleveringsluizen, the following recommendations have to be done. For both locations additional research is recommended. For location R.J. Cleveringsluizen the recommendations are: water level meters, automation, management of the sluice and the location of fish. For location Esumakeech the recommendations are: floaters and luring current.

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport betreffende onze afstudeeropdracht. Deze is gebaseerd op een, in het voorjaar van 2015, uitgevoerd vismonitoringsonderzoek. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van een afstudeeronderzoek voor de HBO Milieukunde opleiding Van Hall Larenstein te Leeuwarden. Het betreft een onderzoek naar de effectiviteit van het visvriendelijk beheer van de R.J. Cleveringsluizen voor de migratie van vislarven en de migratie van driedoornige stekelbaars bij vispassage Esumakeech. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Jeroen Huisman (VHL) voor zijn Phd-promotie en is onderdeel van het Waddenfondsproject 'Ruim baan voor vissen'.

Gedurende het voorjaar van 2015 (13-3-2015 t/m 1-5-2015) hebben de ondergetekende studenten op de locaties Lauwersoog en Esumakeech veldwerk uitgevoerd. Vervolgens hebben wij bij het Van Hall Larenstein te Leeuwarden de verzamelde gegevens verwerkt tot het hier voorliggende eindproduct en het bijgevoegde bijlagendocument.

Bij dezen willen wij de mensen bedanken die mee hebben gewerkt aan dit rapport. Voor de begeleiding willen wij Marco Verkaik en Geert Truijen van het Van Hall Larenstein bedanken. Ter ondersteuning van het veldwerk hebben Jacobus Mollema en Meindert Jansma van het Waterschap Noorderzijlvest en Hans Gartner van Staatsbosbeheer een grote dienst bewezen, wat van groot belang was voor dit onderzoek. Jeroen Huisman van het Van Hall Larenstein zijn wij dankbaar voor zijn organiserende en aansturende rol in dit onderzoek. Daarnaast willen wij van het Waterschap Noorderzijlvest Roy van Hezel en van Staatsbosbeheer Jaap Kloosterhuis bedanken voor hun bijdrage omtrent het regelen van enkele formele zaken. Floris Knot van Waterschap Noorderzijlvest willen wij bedanken voor het aanleveren van databestanden. George Wintermans van Wintermans ecologenbureau willen wij bedanken voor het beschikbaar stellen van kennis van vooronderzoeken.

De organisaties/bedrijven/instanties Waterschap Noorderzijlvest, Van Hall Larenstein, Rijkswaterstaat, Wintermans Ecologen, KNMI en Staatsbosbeheer willen wij ook hartelijk bedanken voor het verlenen van hun diensten.

Tot slot wensen wij de lezer veel leesplezier, hopelijk zal dit rapport bijdragen aan een beter inzicht in het migratiegedrag van vissen in de zout-zoet overgang van de Waddenzee naar en vanuit het Lauwersmeer. Hierbij draagt dit onderzoek bij aan het oplossen van de daar aanwezige migratieproblematiek.

Florian Landstra en Pieter-Wytze Venema
Leeuwarden, juni '15

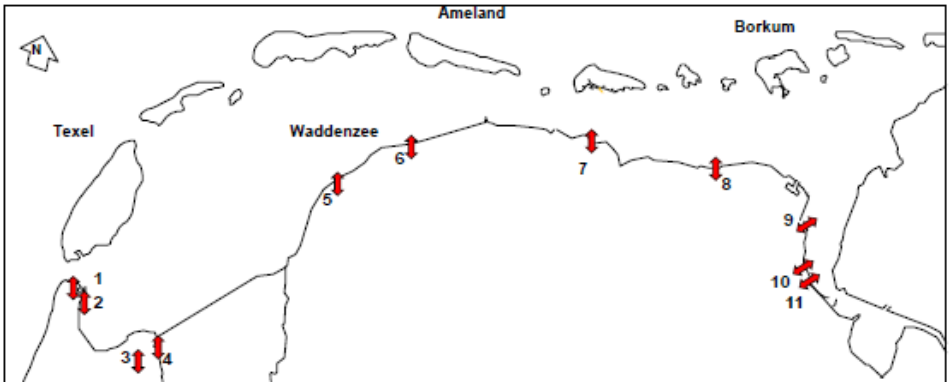
Inhoudsopgave

Samenvatting
Summary
Voorwoord
1. Inleiding 9
Doelstelling van het onderzoek 10
2. Gebiedsgegevens 14
Lauwersmeer 14
R.J. Cleveringsluizen 18
Esumakeech/Ezumakeeg 20
3. Methode 22
Stap 1: Vaststellen onderzoeksvragen 23
Stap 2: Literatuuronderzoek en veldwerk 23
Stap 3: Interpretatie en analyse 28
Stap 4: Synthese 30
Stap 5: Verificatie 30
Stap 6: Advies 30
4. Resultaten 31
Vooronderzoek vissoorten 31
Lauwersoog 40
Esumakeech 53
Analyse 57
Effectiviteit Cleveringsluizen 63
5. Discussie 67
R.J. Cleveringsluizen 67
Esumakeech 69
6. Conclusie 71
7. Aanbevelingen 72
Bibliografie
Bijlagen
Bijlage 1: Ecologische gildes
Bijlage 2: KRW-monitoringen Lauwersmeer
Bijlage 3: Gegevens bemonsteringsmomenten, deel 1
Bijlage 4: Gegevens bemonsteringsmomenten, deel 2
Bijlage 5: Statitische analyse
Bijlage 6: Foto's van de vangsten

1. Inleiding

De Kaderrichtlijn Water verplicht waterschappen een goede ecologische waterkwaliteit te realiseren. Met de ecologische waterkwaliteit wordt de flora en fauna van het water bedoeld, waaronder ook de vissen. Het aantal vissoorten is in de 20e en 21e eeuw drastisch gedaald. Hierbij is er een causaal verband tussen antropogene handelingen en de diversiteit in vissoorten. Watergangen worden daarom nu gedomineerd door algemene soorten, die ook weer minder gunstige effecten (kunnen) hebben op de waterkwaliteit (Wanningen, van den Wijngaard, & Buijse, 2012).

Door het steeds meer kunstmatig regelen van het waterpeil is het vismigratie tussen het binnenwater en de Waddenzee bemoeilijkt. Een voorbeeld hiervan zijn gemalen en sluizen, dit zijn fysieke weerstanden voor de vissen (Ruim baan voor vissen, 2012). De gemalen en sluizen zijn niet direct passeerbaar doordat deze gesloten zijn of vissen worden beschadigd door draaiende delen, maar ook de onnatuurlijke overgang van zoet naar zout en visa versa is een obstakel (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Wetterskip Fryslân, Waterschap Noorderzijlvest, & Waterschap Hunze en Aa's, n.d.). Derhalve zijn er diverse maatregelen getroffen om de vismigratie in de twee richtingen te verbeteren (Wanningen et al., 2012). Hiervoor zijn de verschillende visbarrières aan de kust van de Waddenzee en het binnenwater in kaart gebracht (P. Riemersma, 2005). Deze barrières worden met vismigratievoorzieningen als vispassages en visvriendelijk beheer vispasseerbaar gemaakt. In Figuur 1 zijn elf vismigratievoorzieningen zichtbaar gemaakt, deze vallen allen binnen het onderzoeksproject Ruim baan voor vissen (Huisman, 2015).



FIGUUR 1: ONDERZOEKSLOCATIES PROJECT RUIM BAAN VOOR VISSEN (HUISMAN, 2015)

Dit rapport is van toepassing op onderzoekslocatie nummer 7, dit zijn de R.J. Cleveringsluizen bij het Lauwersmeer. Dit meer is ontstaan op 25 mei 1969, omdat de Lauwerszee werd afgesloten van de Waddenzee. Vrije migratie van vissen tussen zoet en zout is hierdoor nauwelijks meer mogelijk. De enige mogelijkheid voor de vissen om het binnenwater te bereiken is via de sluizen. Op deze locatie wordt, vanwege dit feit, visvriendelijk beheer toegepast door waterschap Noorderzijlvest. Door één van de sluiseenheden een tijd open te zetten, hebben vissen de mogelijkheid om te migreren tussen het binnenwater en de Waddenzee. Het doel van dit beheer is om visstand in het binnenwater te verbeteren, zowel op aantal- als soortniveau.

Doordat de Lauwerszee omgevormd werd tot Lauwersmeer ontstond er de mogelijkheid om land aan te winnen. Voornamelijk aan de Friese kant (lijzijde) zijn daardoor enkele polders ontstaan. Een van deze polders is Esumakeech. Deze polder wordt beheerd door Staatsbosbeheer en is onderdeel van Nationaal park Lauwersmeer. Doordat in deze polder een kunstmatig waterpeil wordt aangehouden, is vismigratie zonder de aanwezige vispassage niet mogelijk. De migratie van vissen naar Esumakeech is wenselijk, omdat zo het areaal aan opgroei-, paai- en foerageergebieden voor vissen wordt vergroot. Daarnaast hebben vissen een belangrijke rol in het plaatselijke ecosysteem. Zij vormen

voor tal van diersoorten namelijk een belangrijke voedselbron. Om meer kennis te krijgen betreffende de migratie naar en vanuit het Lauwersmeer wordt er onderzoek gedaan. De data en uitkomsten van het onderzoek worden door Jeroen Huisman gebruikt als input voor zijn PhD promotie betreffende de vismigratie aan de Noordelijk kuststrook van Nederland. Het waterschap Noorderzijlvest en Staatsbosbeheer zorgen voor de faciliteiten en dat er op de locatie kan worden gemonitord.

Doelstelling van het onderzoek

R.J. Cleveringsluizen

In de wereld zijn veel sluizen aangelegd om het water te kunnen beheren. Hierdoor is de migratie van vissen bemoeilijkt. Door aanpassingen aan sluizen en gemalen wordt geprobeerd deze meer passeerbaar te maken. Dit onderzoek kan worden gezien als een casus. De R.J. Cleveringsluizen is een locatie die centraal kan staan voor de migratiemogelijkheden van een sluis in het algemeen. Zo kan dit onderzoek inzicht geven in de effectiviteit van bijvoorbeeld het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen of een sluis in China.

Het aanbod (aantal en soorten) aan vis dat gebruik maakt van het visvriendelijk beheer van de R.J. Cleveringsluizen is door verschillende instanties onderzocht. Uit onderzoek van G. Wintermans kwam naar voren dat larvale vissen ook gebruik maken van de sluis. Het verbeteren van de migratie voor larvale vissen is belangrijk, omdat deze vissoort hierdoor in stand wordt gehouden of instandhouding wordt versterkt. Daarnaast hebben deze vissen hun eigen rol in een niche en ecosysteem. Uit het onderzoek bleek dat de belangrijkste intrekkende larvale soorten, de glasaal (*Anguilla anguilla*) en bot (*Platichthys flesus*) zijn. Tijdens het onderzoek vielen de vangsten van larvale vissoorten tegen ten opzichte van de visuele waarnemingen van de sluiswachter en de te verwachten resultaten (G. J. M. Wintermans, 2002). Hierdoor kan op basis van dat onderzoek niet een gedegen uitspraak worden gedaan over de migratie van larvale vissen te Lauwersoog. Dat de vangsten van larvale vissoorten tegenvielen bij grote locaties zoals Lauwersoog, wordt verklaard door de soort specifieke efficiency van de gebruikte vangstmethodes. Als met geschikte vangstmethode als larvenetten wordt gevist, kunnen larven van glasalen en botten gevangen worden. In eerder onderzoek te Nieuwe Statenzijl is de efficiency van deze vangstmethode al aangetoond (Landstra & Venema, 2014). Vanwege de omvang van de locatie was het in Lauwersoog niet mogelijk om een totaal beeld te verkrijgen, omdat er maar een klein deel is bemonsterd gedurende dit onderzoek. Dit is gedaan vanwege praktische en financiële redenen. Op een locatie als Zwarte Haan zijn de dimensies veel kleiner en wordt er in verhouding met de dimensies meer percentage bemonsterd (G. Wintermans, 2012). Daarnaast is het voor het onderzoek ook niet noodzakelijk dat alles wordt afgevangen, omdat er geen uitspraken worden gedaan over exacte getallen maar over de patronen.

Bij de reguliere aanbodmetingen langs de Waddenkust wordt maximaal twee tot nul uren voor hoogwater gemonitord. Dit wordt gedaan, omdat verondersteld wordt dat het aanbod aan vissen bij hoogwater het hoogst is in verband met selectief getijdentransport (Bartsch et al., 2003). In de monitoringsonderzoeken van het jaar 2014, die zijn uitgevoerd door Van Hall Larenstein studenten, is altijd gemeten van laagwater naar hoogwater. Door van laag- naar hoogwater te monitoren kon er een uitgebreider beeld worden verkregen van het aanbod aan trekvissen, dan bij de reguliere aanbodbemonstering. Daarbij wordt aangenomen dat dit de belangrijkste periode is die trekvissen gebruiken om naar het binnenwater te migreren (Huisman, 2013). Uit het vooronderzoek van G. Wintermans kwam ook naar voren dat het aanbod aan vis verschilt bij stromingsmomenten. Uit zijn onderzoek werd duidelijk dat het “spuien over vloed” een belangrijke periode is voor larvale vis om naar het binnenwater te migreren. Dit spuien houdt in, dat door het openen van de sluis zoetwater op zee wordt gespuid maar dat door het getij en soortelijke gewicht het zoute zeewater er onderdoor schiet (G. J. M. Wintermans, 2003). In een onderzoek van VisAdvies wordt dit ook

behandeld. Hierin wordt gezegd dat larvale vissen als glasaal en bot gebruik maken van deze “alternerende stromingsrichting” (Kemper, 2007). Naast de migratie mogelijkheid bij alternerende stromingsrichting kunnen vissen ook bij het binnenlaten van zeewater (bij zowel afgaand als opgaand tij) migreren.

Met dit onderzoek wordt meer inzicht gegeven over de vismigratie van larvale vissen gedurende opgaand en afgaand tij. Voor de R.J. Cleveringsluizen is onderzocht hoeveel en welke vissen migreren op de momenten van vismigratie. Met het veldwerk en het literatuuronderzoek is onderzocht hoe effectief deze momenten zijn. Met deze informatie kan vervolgens het visvriendelijk beheer van de locatie worden afgestemd op de vissen en kan het bijdragen aan visvriendelijk beheer in het algemeen.

Esumakeech

Over de migratie van diadrome vissen in het achterland is nog weinig bekend. Omdat migratie van diadrome vissen niet stopt bij het passeren van een kunstwerk/obstakel bij een zoet-zout overgang, is het belangrijk om te weten hoe vissen zich gedragen als ze eenmaal het binnenland hebben bereikt. Diadrome vissen moeten in het binnenland zich aanpassen aan de harde overgang van het zeewater naar een zoete- en stagnante omgeving. De driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) is de kleinste diadrome adulte vis die het binnenwater van Lauwersmeer bereikt. Over de kleinere diadrome vissen is weinig bekend, omdat hier weinig onderzoek naar is gedaan omdat er vaak minder maatschappelijk belang bij is. De driedoornige stekelbaars is een geschikte parameter, omdat de anadrome variant op basis van fenotype te onderscheiden is (Bergstrom, 2002; Campbell, 1985) en talrijker voorkomt dan andere diadrome soorten (G. J. M. Wintermans, 2003).

Polder Esumakeech is onderzocht om meer inzicht te krijgen in de migratie van de driedoornige stekelbaars. Deze polder is ingericht om regenwater vast te houden, waardoor er een ondiepe plas is ontstaan. In deze polder is een vispassage aangelegd om de intrek van vissen en dan met name de driedoornige stekelbaars te bevorderen. Dit is gedaan om het voedselaabod voor soorten als de lepelaar (*Platalea leucorodia)* te verbeteren. Deze vogel is één van de doelsoorten van het Lauwersmeergebied en profiteert van een verhoging in aanbod driedoornige stekelbaars en kan door het ondiepe water hier gemakkelijk op foerageren (Nationaal Park Lauwersmeer, n.d.; Vogelbescherming Nederland, n.d.-a). Doordat de migratie van de driedoornige stekelbaars bij deze vispassage is gemonitord, wordt inzichtelijk wat het effect van de R.J. Cleveringsluizen is op het achterland. Hiervoor is onderzocht of de migratie van anadrome driedoornige stekelbaarzen vooral overdag of ’s nachts plaats heeft gevonden. Daarnaast wordt gekeken of de seizoenstrend van Esumakeech overeenkomt met de seizoenstrend bij de R.J. Cleveringsluizen. Tevens wordt gekeken of de verdeling in de varianten bij Esumakeech overeenkomt met de verdeling bij de R.J. Cleveringsluizen.

Deze twee paragrafen geven samen het doel van het onderzoek weer. Het doel van het onderzoek is om te bepalen hoe effectief het visvriendelijk beheer van de R.J. Cleveringsluizen is en of dit effect heeft op vispassages in het achterland. Hierbij wordt, vanwege de essentie, op locatie Lauwersoog naar de larvale vissoorten en op locatie Esumakeech naar de anadrome driedoornige stekelbaarzen (s*emi-Armatus* variant) onderzoek gedaan.

Onderzoeksvragen

De hoofdvraag die tijdens het onderzoek centraal staat is:
Wanneer is het visvriendelijk beheer van de R.J. Cleveringsluizen het effectiefst ten behoeve van de vismigratie naar het achterland?

Voor het beantwoorden van deze vraag zijn een aantal deelvragen geformuleerd, deze zijn:

1. Wat is het aanbod aan larvale vissen dat de R.J. Cleveringsluizen passeert?
2. Wanneer is de verplaatsing van de larvale vissen in het getij het hoogst?
3. Wat is het aanbod vissen dat gebruik maakt van de vispassage te Esumakeech?
4. Welke varianten van de driedoornige stekelbaars maken gebruik van de vispassage te Esumakeech?
5. Vindt de migratie van anadrome driedoornige stekelbaarzen te Esumakeech vooral overdag of ’s nachts plaats?
6. Is er een relatie in migratie van anadrome driedoornige stekelbaars door de vispassage te Esumakeech en de R.J. Cleveringsluizen?

Afbakening

Locatie

Het onderzoek is uitgevoerd op twee locaties. Locatie 1 is de R.J. Cleveringsluizen (met een groene cirkel omlijnd). Op deze locatie zijn twaalf spuikokers aanwezig. Alle twaalf spuikokers kunnen gebruikt worden voor visvriendelijk beheer. Er is gemonitord in de middelste spui-eenheid (met een rode cirkel omlijnd). Dit is in Figuur 2 zichtbaar gemaakt. Locatie 2 is de polder Esumakeech (met groene omlijning). Deze locatie is gebruikt als een casus voor het achterland. Hier is gemonitord aan de binnenzijde van de vispassage. In Figuur en Figuur 3 is de locatie van de vispassage te Esumakeech zichtbaar gemaakt met een rode cirkel.



FIGUUR 2: OVERZICHT ONDERZOEKSLOCATIE 1, BRON: AUTEURS & FIGUUR 3: OVERZICHT ONDERZOEKSLOCATIE 2, BRON: AUTEURS

Onderzoeksperiode

Het onderzoek liep van 1 februari tot aan 25 juni 2015.

Meetperiode

Deze periode liep van begin april tot begin mei. Op locatie 1 verschilde het tijdstip waarop gemeten werd per dag. Dit heeft te maken met de waterstanden aan de binnen- en buitenzijde van het sluizencomplex. De deur/deuren werd(en) tijdens gelijkwater geopend en een korte tijd open gehouden. Deze periode varieerde van enkele minuten tot tientallen minuten. Op locatie 2 werd tweemaal per dag gemonitord. In de methode wordt verder uitgelegd wanneer er werd gemeten.

Vissoorten
Op locatie 1 werd er gevist op larvale vissen. In de kennisdocumenten van Sportvisserij Nederland is per soort behandeld wanneer deze wordt aangemerkt als larve (J. G. P. Klein Breteler, 2005; Kroon, 2009). Op locatie 2 werd gefocust op de soort driedoornige stekelbaars. De driedoornige stekelbaars komt in drie varianten voor, dit zijn de *Trachurus, semi-Armatus* en *Leiurus* variant. Voor dit onderzoek werd gekeken naar de variant *semi-Armatus*, omdat dit de variant is die paait in het zoete water en opgroeit in zeewater en daardoor een beeld kan geven voor diadrome vissen in het algemeen (RAVON, n.d.; Soortenbank, n.d.). Het onderscheid in de varianten is waarneembaar door de hoeveelheid beenplaten, de kieuwen, stekels en vorm (Bergstrom, 2002; Campbell, 1985).

Aanbod vis
Met het aanbod vis worden alle vissen bedoeld die op de locaties zijn gevangen. Dit wordt uitgedrukt in aantallen per soort.

Variabelen
Op de migratie van larvale vissoorten hebben vele variabelen invloed. Zoals licht, hydrologie, temperatuur, waterkwaliteit, beschikbaarheid van voedsel, predatiedruk en populatiedichtheid (Buysse, Martens, Baeyens, & Coeck, 2004). Vanwege beperkte bemonsteringstijd en middelen zijn er maar een aantal onderzocht. Dit zijn getij (opgaand en afgaand) en stroomsnelheid (tong en stroom). Met deze variabelen wordt inzichtelijk of sommige vissoorten voorkeur hebben voor het tijdstip en onder welke omstandigheden ze willen migreren naar het binnenwater.

Controle Variabelen
Naast de variabelen werden ook controle variabelen opgevraagd. Deze controle variabelen zijn gebruikt om mogelijke afwijkingen in vangsten en resultaten te verklaren. De volgende controle variabelen zijn toegepast bij: neerslag, temperatuur en waarnemingen uit het veld. Waarnemingen uit het veld zijn omstandigheden of bijzondere gebeurtenissen per dag die opvallen en afwijken ten opzichte van andere dagen. Hiervoor zijn gegevens van databestanden van het KNMI, Rijkswaterstaat en analeptische waarnemingen gebruikt.

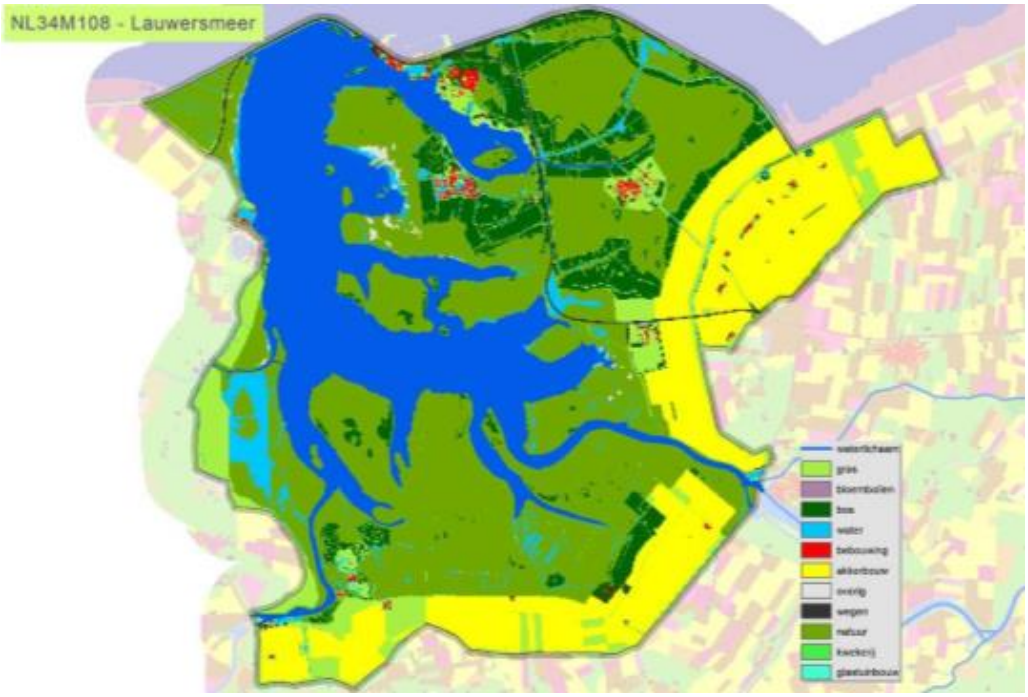
Effectief
In de hoofdvraag wordt afgevraagd wanneer de sluis het effectiefst is. Hiermee wordt bedoeld, wanneer komen gemiddeld per vissoort de meeste aantallen binnen gedurende de meetperiode. Daarbij wordt gekeken of de monitoringsmomenten kunnen worden verlengd of eerder gestart ten behoeve van de vismigratie. Dit heeft betrekking op getij, stroomsnelheid, debiet, technische mogelijkheden, aanbod vis en zwemcapaciteit van de vis.

Leeswijzer
In hoofdstuk twee wordt ingegaan op gebiedsspecifieke gegevens van Lauwersmeer, Lauwersoog en Esumakeech. In het daaropvolgende hoofdstuk wordt de methode van het onderzoek in zes stappen toegelicht. De Resultaten is het vierde hoofdstuk, deze is onderverdeeld in enkele gegevens van de drie vissoorten, grafieken/tabellen van de vangsten en enkele analyses. Vervolgens worden de uitkomsten bediscussieerd, conclusie getrokken en aanbeveling naar aanleiding van dit onderzoek uitgelegd, deze is terug te vinden in de hoofdstukken 5,6 en 7.

2. Gebiedsgegevens

Lauwersmeer

Het Lauwersmeer is ontstaan op 23 mei 1969 door de afsluiting van de Lauwerszee. De 30 kilometer lange dijk om de Lauwerszee bleek niet meer te voldoen aan de veiligheidseisen, daarom is er gekozen om deze niet op te waarderen maar om een dijk van 13 kilometers aan te leggen. De andere redenen om de Lauwerszee om te vormen naar een meer waren ter verbetering van de waterhuishouding en landaanwinning. Door deze afsluiting is de getijdewerking verdwenen en zijn delen droog komen te staan. In Figuur 4 is te zien dat het grootste deel van het Lauwersmeer natuur is (5.058 Ha/48%) gevolgd door zoetwater (2.722 Ha/26%) en akkerbouw (1.815Ha/17%) (Hoorn et al., 2014). Met een totale oppervlakte van 10.454 Ha (Hoorn et al., 2014).

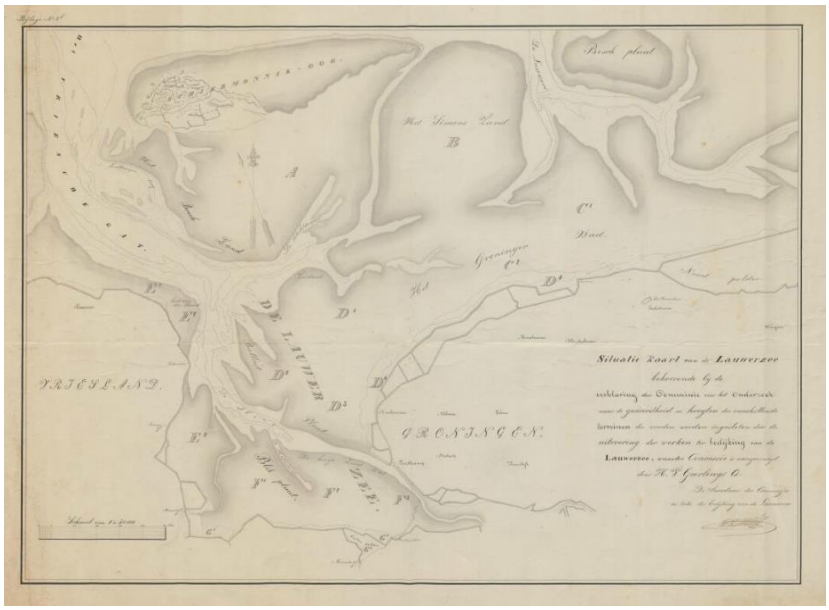


FIGUUR 4: LANDGEBRUIK LAUWERSMEER, BRON: (HOORN ET AL., 2014)

Het Lauwersmeer valt in zijn geheel binnen het Natura 2000-gebied 'Lauwersmeer' en is aangewezen als Vogelrichtlijngebied. Natura 2000-gebied Lauwersmeer is aangewezen voor verschillende soorten broedvogels van riet en moeras, alsmede voor overwinterende en doortrekkende watervogels en steltlopers. Op het moment wordt door de provincie Groningen gewerkt aan het opstellen van een Natura 2000-beheerplan. In dit plan worden de doelen die voor het Natura 2000-gebied Lauwersmeer gelden vastgelegd, alsmede de wijze (maatregelen) waarmee deze doelen zullen worden behaald. Uiteindelijk zal het Natura-2000 beheerplan worden vastgesteld door de Europese Commissie. Doordat het Natura 2000-beheerplan voor het waterlichaam Lauwersmeer onder constructie is, is niet duidelijk op welke wijze de maatregelen vanuit Natura 2000 uiteindelijk zullen worden uitgevoerd. Waarschijnlijk komen er maatregelen die bijdragen aan de KRW-doelen voor het Lauwersmeer. Wanneer de maatregelen duidelijk zijn, zal hierover afstemming plaatsvinden tussen de verschillende betrokken partijen, waarbij ook afstemming met de KRW wordt gezocht (Hoorn et al., 2014).

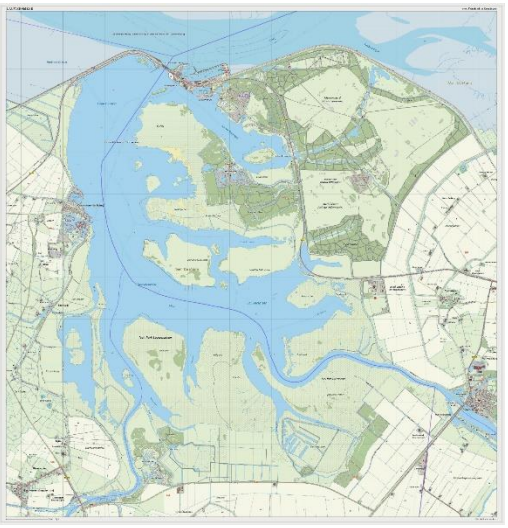
Aan het waterlichaam grenzende delen (buitendijks) maken onderdeel uit van Natura 2000-gebied 'Waddenzee'. Dit is niet van invloed op de KRW-doelen voor waterlichaam Lauwersmeer.
Het gehele Lauwersmeer valt onder de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) (Hoorn et al., 2014).

In Figuur 5 is een kaart weergeven. Deze kaart komt uit 1851 en geeft weer hoe de Lauwerszee er uit zag voor de afsluiting. In Figuur 6 is te zien hoe het laatste gedeelte in de dijk wordt geplaatst waardoor de Lauwerszee werd afgesloten. Figuur 7 geeft de topografische kaart weer van nu.



FIGUUR 5: SITUATIEKAART VAN DE LAUWERSZEE, BRON: (COMMISIE IN ZAKE DER BEDIJKING VAN DE LAUWERSZEE, 1851)





FIGUUR 6: AFSLUITING VAN DE LAUWERSZEE, BRON: (TRESOAR FOTOS, 1969) & FIGUUR 7: TOPOGRAFISCHE KAART VAN HET LAUWERSMEER, BRON: (KADASTER, 2013)

De oude rivieren van de Lauwerszee worden tegenwoordig nog steeds gebruikt voor afwatering door Wetterskip Fryslân en Waterschap Noorderzijlvest. Het Friese boezemwater wordt via het Dokkumer Diep geloodst op het Lauwersmeer. Evenzeer worden diverse polders in Friesland via het gemaal de Dongeradielen op peil gehouden. In Groningen wordt het Reitdiep gebruikt om het waterpeil in de Electraboezem op peil te houden (Hoorn et al., 2014).

Om de waterhuishouding goed onder controle te houden is het peil van het Lauwersmeer op -0,93 m ten opzichte van NAP (Nieuw Amsterdams Peil) gezet. Hierdoor kunnen zowel de Friese boezem als de Electraboezem onder vrij verval water naar het Lauwersmeer laten stromen. Om het beheer te kunnen voeren zijn verschillende kunstwerken aangebracht zoals gemalen en duikers. Zo heeft de Electraboezem ook het Electragemaal. Het waterlichaam Lauwersmeer watert in noordelijke richting af. Het peil in de Friese boezem is NAP -0,52 en in de Electraboezem NAP -0,93. Bij een normale waterstand heeft het Lauwersmeer een wateroppervlakte van 2.400 hectare. Wanneer de waterstand gelijk is aan NAP is dit opgelopen naar 4.700 hectare. Hierdoor kan er 30 miljoen m3 water worden geborgen. Wanneer het peil in de Waddenzee lager is dan in het Lauwersmeer kan er water via de R.J. Cleveringsluizen worden geloosd. In de volgende paragraaf wordt verder ingegaan op dit spuicomplex (Hoorn et al., 2014).

Visstand

Om te bepalen wat de kwaliteit van de visstand van het Lauwersmeer is, heeft het Waterschap Noorderzijlvest een onderzoek laten uitvoeren naar de visstand. Met dit onderzoek is de visstand van het Lauwersmeer bepaald en vervolgens getoetst aan de maatlat vissen voor het watertype van het Lauwersmeer. Het Lauwersmeer is gekarakteriseerd als watertype M30, zwakke brakke wateren. In Tabel 1 is een vergelijking gemaakt tussen de gegevens uit 2011 en 2014, dit is gedaan aan de hand van de maatlat vissen voor watertype M30. In Bijlage 1 worden de afkortingen en soortengroepen toegelicht die zijn gebruikt voor de tabel. Hierin zijn zowel de EKR scores van de verschillende deelmaatlatten als de eindscore weergegeven. In Bijlage 2 wordt uitgelegd hoe de scores in Tabel 1 zijn ontstaan (Patberg, 2014). De EKR (Ecologische KwaliteitsRatio) geeft weer wat de afstand is tot de referentie. Deze referentie geeft weer wat de ecologische doelstelling is voor het natuurlijke oppervlaktewatertype, in dit geval watertype M30 (Altenburg et al., 2007).

TABEL 1: VISSTAND SCORES LAUWERSMEER, BRON: (PATBERG, 2014).

Deelmaatlat	Factor	EKR 2011	Waarde 2014	EKR 2014
Soortensamenstelling: aantal soorten				
CA	0,1	0,08	0,60	0,06
ER	0,1	0,02	0,20	0,02
MJ+MS	0,1	0,00	0,20	0,02
Z1+Z2	0,1	0,08	0,80	0,08
Z3	0,1	0,06	0,70	0,07
		0,24		0,25
Abudantie: biomassa (%)				
CA	0,1	0,04	0,94	0,09
ER	0,1	0,00	0,13	0,01
MJ+MS	0,1	0,00	0,01	0,00
Z1+Z2	0,1	0,10	1,00	0,10
Z3	0,1	0,04	0,67	0,07
		0,18		0,27
Beoordeling (EKR)		0,42		0,52
Oordeel		Matig		Matig

In het beheerplan van het Waterschap Noorderzijlvest staat dat er moet worden voldaan aan de EKR-score voor een Goed Ecologisch Potentieel. Hiervoor moet de EKR-score minimaal 0,6 zijn (Hoorn et al., 2014). In Tabel 1 en Tabel 2 is te zien dat zowel in het jaar 2011 als 2014 hier niet aan wordt voldaan. Echter, is een verbetering zichtbaar. Deze verbetering is vrijwel op alle deelmaatlatten waarneembaar. Voor het Lauwersmeer zijn de soorten behorende tot de katadrome, estuariene en mariene gilde cruciaal. Voor deze gildes zijn bijna alle scores toegenomen maar zijn de scores voor deze deelmaatlatten te laag. Voor zowel de katadrome, estuariene en mariene soorten is de verbinding tussen zoet en zout van groot belang. Om voor een toename voor de soorten van deze gildes (in aantal en abundantie) te zorgen, dienen de ontwikkelingen in de toekomst in het Lauwersmeer gericht te zijn op de migratiemogelijkheden tussen de Waddenzee en het Lauwersmeer. Verder dient er ook aandacht te zijn voor de omstandigheden op het Lauwersmeer om zo soorten op lange termijn te kunnen behouden (Patberg, 2014).

Waterkwaliteit

De meetlocatie voor de gegevens in deze paragraaf is te zien in Figuur 8 en aangegeven met de code NL34_2230. In Figuur 9 is te zien dat de doelstelling voor fosfaat niet wordt bereikt. Het fosfaatgehalte is in het Lauwersmeer wel aan het dalen, ook geldt dit voor het stikstofgehalte. Om deze reden worden deze onderdelen in zowel 2008 als 2011 aangemerkt als ‘matig’ en wordt het GEP niet behaald. Chloride werd in 2008 aangemerkt als ‘slecht’, dit is verbeterd naar de klasse ‘matig’ in 2011. Toch zijn de zomergemiddelden aan chloridegehalte nog te laag. Er is een grote schommeling door het jaar in het zoutgehalte, wat nadelig is voor de ecologie.
Het GEP voor de parameter doorzicht is gesteld op 0,9 meter of meer, maar deze norm wordt niet gehaald. De toestand wordt in 2011 als ‘slecht’ aangemerkt met een doorzicht van minder dan 0,45 m. De zuurgraad in het waterlichaam Lauwersmeer is gekwalificeerd als ‘goed’ (zowel in 2008 als in de huidige situatie) waarmee het GEP wordt behaald. De zuurstofverzadiging voldoet aan de norm en bevond zich in de klasse ‘goed’ in 2008 en in 2011, het GEP wordt hiermee behaald.
Ten aanzien van specifiek verontreinigende stoffen voldoen alle PAK’s aan de normen. Ook overige metalen voldoen aan de norm, met uitzondering van koper. De koperconcentraties laten in de afgelopen 10 jaar geen duidelijke dalende of stijgende trend zien. Ook na toekomstige correctie voor de biobeschikbaarheid blijft de kans groot dat koper een probleemstof blijft (Hoorn et al., 2014).



FIGUUR 8: MEETPUNT KRW LAUWERSMEER, BRON: (HOORN ET AL., 2014)

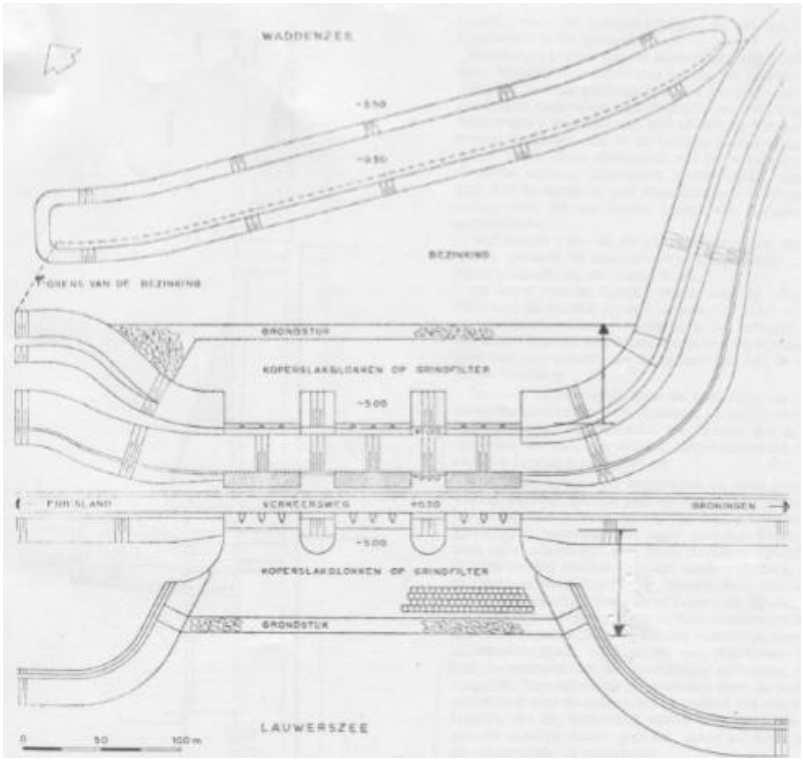
Maatlat	GEP	Toestand 2008	Toestand 2011
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) (mg N/l)			
Totaal stikstof (zomergemiddelde) (mg N/l)	< 1,8		
Chloride (zomergemiddelde) (mg Cl/l)	1000-5000		
Temperatuur (maximum waarde) (°C)	< 25		
Doorzicht (zomergemiddelde) (Meter)	> 0,9		
Zuurgraad (zomergemiddelde) (-)	6,0-9,0		
Zuurstofverzadiging (zomergemiddelde) (%)	60-120		

Goed	Matig	Ontoereikend	Slecht

FIGUUR 9: SCORES PER MAATLAT LAUWERSMEER, BRON: (HOORN ET AL., 2014)

R.J. Cleveringsluizen

Het spuicomplex is 1969 in gebruik genomen om het overtollig water vanuit de Groningse en Friese boezem via het Lauwersmeer op de Waddenzee te spuien. Het complex bestaat uit drie spui-eenheden met elk vier spuikokers. De breedte van een spuikoker is 10 m en de bodem van de spuikokers ligt op -5 m ten opzichte van NAP. Totaal is de spuibreedte dus maximaal 120 m. De sluisbodem is vlak en sluit aan op de bodem in de Waddenzee en het Lauwersmeer. Het plafond van de spuikokers ligt op -0,5 m ten opzichte van NAP. Halverwege de kokers zijn twee schuiven aanwezig waarmee de koker kan worden afgesloten. Gedurende het spuien zijn beide schuiven geheel geheven. Aan de buiten- en binnenzijde van het complex ligt een bodembescherming die zich over een afstand van circa 65 m uitstrekt. De bodembescherming wordt met een grondstuk (damwand) afgesloten. De bodembescherming bestaat uit een zinkstuk met daarop een filterconstructie afgewerkt met koperslakblokken. De bodembescherming kan stroomsnelheden weerstaan van 4 m/s. Aan de Waddenzee zijde is een zinkstuk tot 50 m á 150 m uit het grondstuk gelegd. Daar buiten is een diepere geul aanwezig die dient als woelbak tijdens het spuien. In Figuur 10 is een bovenaanzicht van de R.J. Cleveringsluizen weergegeven (Termes & Eysink, 2005).



FIGUUR 10: BOVENAANZICHT VAN DE R.J. CLEVERINGSLUIZEN, BRON: (TERMES & EYSINK, 2005)

De afmetingen van de sluizencomplexen zijn zo gekozen dat, als één van de drie complexen in onderhoud is, voldoende spuicapaciteit beschikbaar is. De 24 sluisdeuren wegen ieder ongeveer 35 ton en kunnen een statische waterdruk weerstaan bij een ontwerpbuitenwaterstand van +5,45 m NAP. Opgemerkt wordt dat het huidige toetsingspeil bij Lauwersoog +5,00 m NAP is. De deuren zijn voorzien van rubber afsluitingen om lekkage in gesloten toestand zoveel mogelijk te beperken (Termes & Eysink, 2005).

De spuicapaciteit van de sluizen is circa 1900 m3/s bij een afvoercoëfficiënt $\mu = 1$ (Mollema, 2015; Termes & Eysink, 2005). Per tij wordt er gemiddeld 4 miljoen m^3 water geloosd, maar onder uitzonderlijke omstandigheden kan dit wel oplopen tot meer dan 10 miljoen m^3 water per tij (Hoorn et al., 2014).

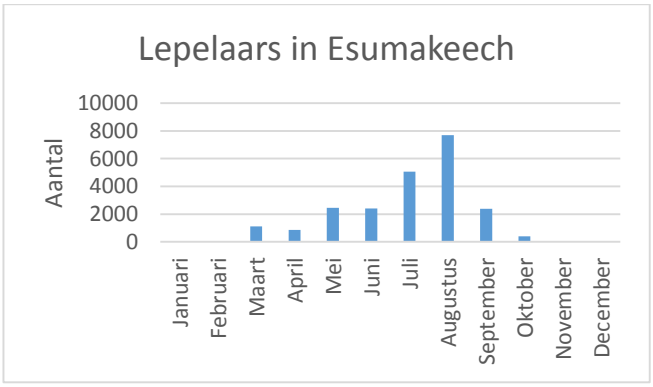
Het spuicomplex is dan ook een harde ingreep op het natuurlijk proces van wat voorheen de Lauwerszee was. Door deze harde barrière tussen het Lauwersmeer en de Waddenzee is de migratie diadrome vissen belemmerd. Momenteel wordt op experimentele basis een aangepast beheer van het spuicomplex toegepast. Hiervoor is in de middelste spuieenheid een vismodule ingebouwd. Met deze vismodule is het mogelijk om bij een verschil van 15 centimeter de sluisdeuren open te zetten. Dit beheer is gericht op migratie tijdens perioden met een gering peilverschil tussen Lauwersmeer en de Waddenzee. Door dit peilverschil kunnen vissen migreren naar het binnenwater (Mollema, 2015). Uit eerder onderzoek bleek dat vooral driedoornige stekelbaars, haring, sprot en spiering van dit moment gebruikt maakten om naar het binnen te migreren (G. J. M. Wintermans, 2003). Een permanente migratie is echter niet mogelijk, dit geldt zeker voor vissen die gebruik maken van selectief getijdentransport, zoals botlarven en glasaal. Deze vissen laten zich meevoeren bij vloed en bij eb laten ze zich tegen de bodem drukken (P. Riemersma, 2005).

Esumakeech/Ezumakeeg

De polder Esumakeech is een polder met voornamelijk een ondiepe waterplas. Deze polder dient als regenwaterberging en vogeltrekplaats. Deze polder is in beheer bij Staatsbosbeheer en vervult daarmee een natuurfunctie. De polder Esumakeech is gelegen in het Friese deel van het Lauwersmeergebied. Door het ondiepe water en rustige ligging is de polder zeer gelieft bij vele soorten steltlopers, eenden, ganzen ect. Naast de vogels trekt deze plaats ook veel schaatsers aan, indien er een geschikte ijsvloer ligt. Daarbij spreekt het ruimtelijke karakter van de omgeving de schaatsers en vogelaars aan.

De polder Esumakeech ligt in het Lauwersmeer, ter hoogte van Esumazijl. De polder heeft een oppervlakte van 282,1 ha en is omsloten met een ringdijk. Door water op te pompen wordt de polder nat gehouden. Ten behoeve van de vismigratie is in de polder een vispassage aangelegd. Deze passage is aangelegd voor de vissen en dan met name voor de driedoornige stekelbaars. Dit is gedaan om het voedselaanbod voor soorten als de lepelaar (*Platalea leucorodia)* te verbeteren. Deze soort profiteert namelijk van een verhoging in aanbod driedoornige stekelbaars. Door het ondiepe water kan er gemakkelijk op gefoerageerd worden op deze vis, zie Figuur 11 (Vogelbescherming Nederland, n.d.-b). Deze soort wordt, zoals in Figuur 12 is te zien, voornamelijk in de zomermaanden gezien in de polder. Er zijn vanaf 30-04-1989 tot en met 04-03-2015 in totaal 22.454 lepelaars gespot (Waarneming.nl, n.d.).





FIGUUR 11: FOERAGERENDE LEPELAARS, BRON: (SLAGERS, 2014) & FIGUUR 12: AANTAL LEPELAARS IN ESUMAKEECH PER MAAND, BRON: (WAARNEMING.NL, N.D.)

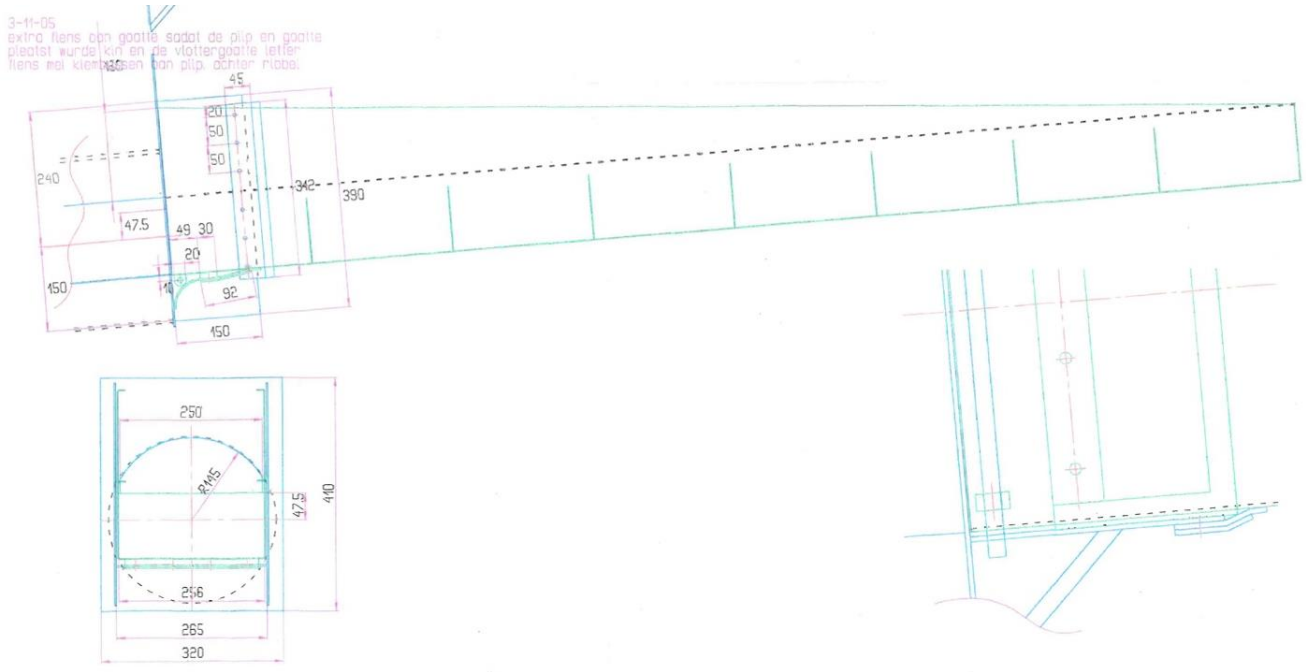
De vispassage

De vispassage bestaat uit een buis en een vlottergoot. In de buis zitten vaste schotten gemonteerd, om zo het verval te verdelen, zie Figuur 13. De vlottergoot is bedoeld om de helling van het laatste stuk aan te kunnen passen. Deze vlottergoot beweegt mee met het peil in de polder, op deze manier is het debiet door de buis altijd hetzelfde, zie Figuur 14.



FIGUUR 13: BUIS MET SCHOTTEN, BRON: AUTEURS & FIGUUR 14: VLOTTERGOOT MET VANGTUIG, BRON: AUTEURS

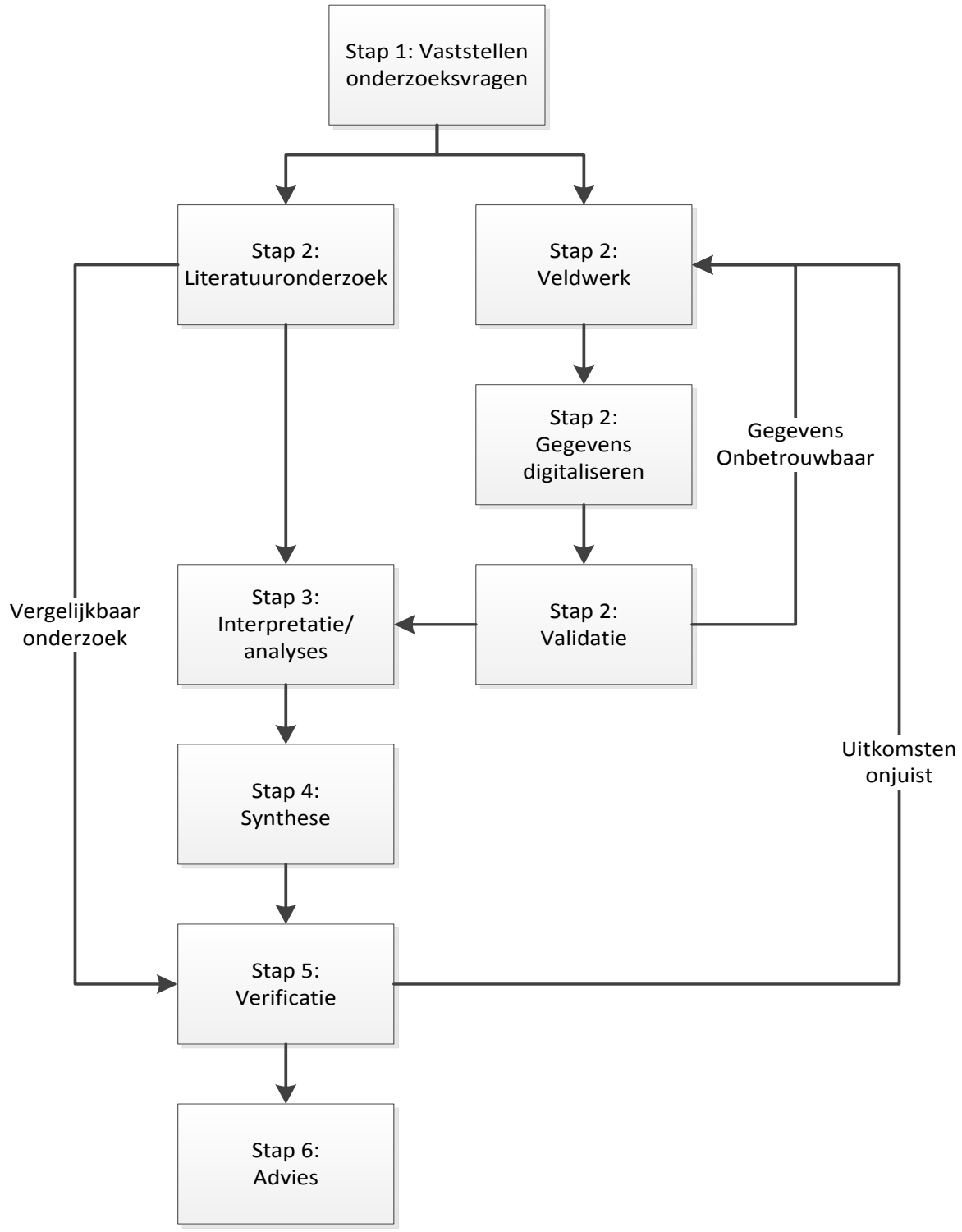
In Figuur 15 is de technische bouwtekening van de vlottergoot weergegeven. In figuur 15 is aan de linkerkant de aansluiting op de buis en de rechterkant de aansluiting op de polder Esumakeech zichtbaar.



FIGUUR 15: BOUWTEKENING VLOTTERGOOT, AFMETINGEN ZIJN IN MILLIMETERS, BRON: (DE JONG, 2005)

3. Methode

Tijdens dit onderzoek is er gebruik gemaakt van een stappenplan (zie Figuur 16). Dit stappenplan is gebaseerd op het stappenplan van Natuurkennis en is aangepast voor gebruik voor dit onderzoek. De methode is verdeeld in verschillende stappen (zie Figuur 16). Hieronder worden de fasen toegelicht.



FIGUUR 16: STAPPENPLAN VOOR DE AANPAK VAN HET ONDERZOEK, BRON: AUTEURS

Stap 1: Vaststellen onderzoeksvragen

De hoofdvraag en bijbehorende deelvragen zijn vastgesteld en weergegeven in het onderdeel onderzoeksvragen. De hoofdvraag is in overleg met de interne- en extern begeleiders opgesteld. Het opstellen van de vragen is gedaan aan de hand van de kennishiaten die te maken hebben met de migratie van larvale en kleine diadrome vissen. Hierbij is zowel te Lauwersoog als te Esumakeech gekeken wat de invloed van het beheer is dat wordt toegepast op de R.J. Cleveringsluizen. De deelvragen hebben betrekking op beide locaties. Het goed formuleren van de vragen is gedaan met behulp van het boek: Basisboek methoden en technieken (Baarda et al., 2012).

Stap 2: Literatuuronderzoek en veldwerk

Deze stap is onderverdeeld in literatuuronderzoek en veldwerk. Met het literatuuronderzoek is onderzocht of er eerder soortgelijke onderzoeken zijn uitgevoerd en wat hier de resultaten en wat hier de aanbevelingen van zijn. Daarnaast is met achtergrondiformatie gezocht omtrent de vissoorten, de locaties en het Lauwersmeer. Tevens zijn er diverse databestanden opgevraagd bij verschillende instanties om zo afwijkingen in vangstgegevens mogelijk te kunnen verklaren.
Het veldwerk is gedaan om locatie specifieke informatie te verkrijgen, dit veldwerk is met het literatuuronderzoek theoretisch onderbouwd. Samen leidde dit tot een uitspraak over wanneer het visvriendelijk beheer mogelijk het effectiefst is. In de volgende paragrafen is uitgelegd hoe dit literatuuronderzoek en veldwerk is gedaan.

Literatuuronderzoek

Om tot een goed literatuuronderzoek te komen zijn er verschillende soorten bronnen gebruikt. Dit zijn zowel schriftelijke als mondelinge bronnen. De schriftelijke bronnen kunnen in drie types worden verdeeld: primaire-, secundaire- en tertiaire bronnen.

- Primaire bronnen: Deze bevatten nieuwe, oorspronkelijke informatie uit de eerste hand. Dit zijn bronnen als onderzoeksverslagen, proefschriften, dagbladen en tijdschriften
- Secundaire bronnen: Deze bevatten afgeleide informatie uit de tweede hand. Dit zijn bronnen als samenvattingen van boeken/artikelen en artikelen over de stand van zake.
- Tertiaire bronnen: Dit zijn bronnen met abstracte informatie. Dit zijn bronnen als woordenboeken, encyclopedieën en bibliografieën.
- Mondelinge bronnen: Dit zijn gesprekken met sleutelpersonen als kenners op gebied van vismigratie.

Om literatuur te zoeken is er gebruik gemaakt van de sneeuwbaleffectmethode en de informele werkwijze. De sneeuwbaleffectmethode houdt in dat er via de literatuurlijst/referenties van een bron naar bruikbare informatie is gezocht. De informele werkwijze is geen systematische methode, hierbij is er via mondelinge bronnen naar bruikbare literatuur gezocht. De mondelinge bronnen zijn mensen die weten wat er in hun werkveld speelt (sleutelpersonen) en kunnen schriftelijke bronnen aandragen die bruikbaar zijn voor dit onderzoek. Voor dit onderzoek is op het internet naar informatie gezocht, maar ook in de mediatheek van Hogeschool Van Hall Larenstein te Leeuwarden.

Op het internet is veel informatie gevonden over het onderwerp van het onderzoek. Om wetenschappelijke literatuur te vinden is de online catalogi GoogleScholar, Greeni en Wageningen UR Library Catalogue gebruikt. Databestanden die nodig waren zijn voor het onderzoek opgevraagd bij Rijkswaterstaat en het KNMI.

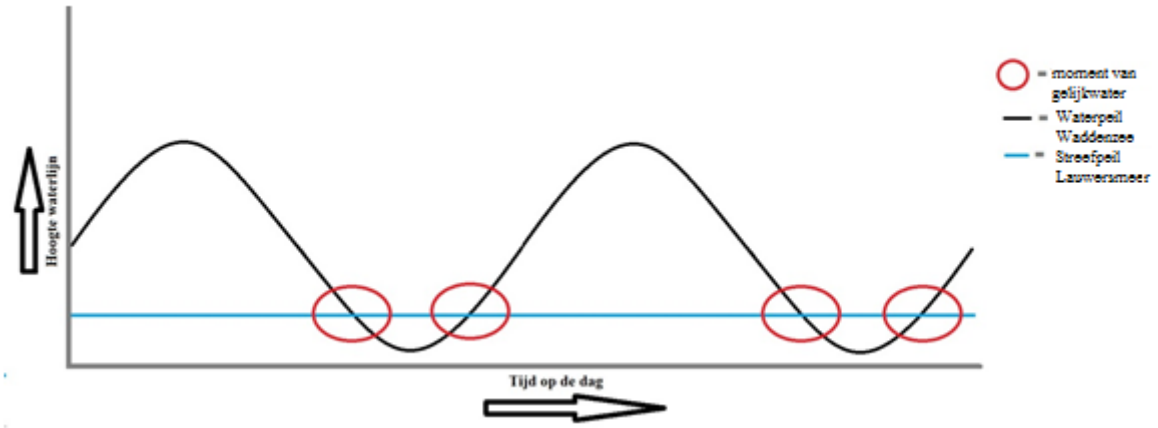
Om te beoordelen of de literatuur bruikbaar was, is er gekeken of het een relatie had met de vragen die zijn opgesteld. Daarnaast is gekeken wie de uitgever is, wie de auteur is, wanneer het is gemaakt en naar welke literatuur is verwezen.

Veldwerk

R.J. Cleveringsluizen

Bemonsteringsmoment

Bij Lauwersoog is het beheer van de sluis aangepast om de migratie van larvale vissen te bevorderen. Zo wordt er nu tijdens het getij minimaal één van de drie sluiseenheden (vier sluisdeuren) opengezet. Dit wordt gedaan met de vismodule, zodat de larvale vissen een kans hebben om te migreren. Deze stroming kan zowel instromend als uitstromend zijn. De stromingsrichting hangt af van het getij en moment van opening van de sluisdeur. Bij vloed stroomt Lauwersmeerwater voor gelijkwater de Waddenzee in. Bij eb is dit juist het tegenovergestelde. In dit onderzoek is alleen instromend water onderzocht. Dit is gedaan omdat de larvale vissen naar het Lauwersmeer willen migreren en niet over een grote zwemcapaciteit beschikken en zich dus met het zoute water laten meevoeren. Daarnaast zijn de momenten met lage stroomsnelheden, waar de larven tegenin kunnen zwemmen, te kort aanwezig en is hiervoor de gebruikte vangstmethode ongeschikt. In Figuur 17 is te zien dat er per etmaal vier momenten zijn van gelijkwater.



FIGUUR 17: SCHEMATISCH OVERZICHT VAN WATERPEILEN IN EEN ETMAAL, BRON: AUTEURS

Larvale vissen gebruiken deze momenten (rondom gelijkwater) om te migreren tussen de zee en het Lauwersmeer. Doordat er gemeten is tijdens de verschillende momenten per dag dat de sluisdeur open stond, is er een beeld ontstaan van de migratie van de larvale vissoorten in tijd (overdag).

Standaardmethode is dat er wordt gemeten van laagwater naar hoogwater. Tijdens dit getij is er één moment dat de vissen de kans krijgen om naar binnen te zwemmen. Dit geld ook wanneer het water van hoog naar laagtij gaat. Per dag zijn er dan in theorie vier kansen om naar het Lauwersmeer te migreren. Om meer inzicht te krijgen in de trek van migrerende vissen, wordt er tijdens verschillende momenten per dag gemonitord. ‘s Nachts is niet gemontitord, in verband met de veiligheid en afwezigheid van sluiswachter. Naast het verschil in opgaand en afgaand tij is ook opgeschreven hoe hard er zoutwater instroomt. Hierdoor is er onderzocht of er een verschil is in, intrek bij verschillende stromingen. Tijdens dit onderzoek wordt onderscheid gemaakt in instromend water, namelijk in de vorm van een tong en een volledige stroom. Een tong betekend dat door verschillende soortelijke massa tussen zout en zoet, het zoute water instromend is en zoet water uitstromend is ten opzichte van het Lauwersmeer. Bij een volledige stroom is de gehele koker gevuld met instromend zout water vanaf de Waddenzee.
Hierdoor zijn er verschillende variaties in bemonsteringsdagen. De variaties zijn:

- Getij: Opgaand en afgaand tij
- Stroming: Tong en stroom

Vangstmethode

Bij de regulaire bemonstering van een vispassage is het de bedoeling om een uitspraak te doen over de efficiëntie. Zo wordt het aanbod vissen aan de zeezijde bepaald met een kruisnet. Binnendijks worden de passages bemonsterd met fuiken. Zodoende wordt inzichtelijk welke en hoeveel vissen gebruik maken van de passage. Tijdens het onderzoek van vorig jaar op locatie Nieuwe Statenzijl, werd al snel duidelijk dat het lastig is om bij grote locaties met dezelfde vangstmethode voor en achter de vispassage te bemonsteren (Landstra & Venema, 2014). Daardoor zijn verschillende vangstmethodes gebruikt met elk verschillende efficiëntie. Dit maakt vergelijking van de vangsten lastig.

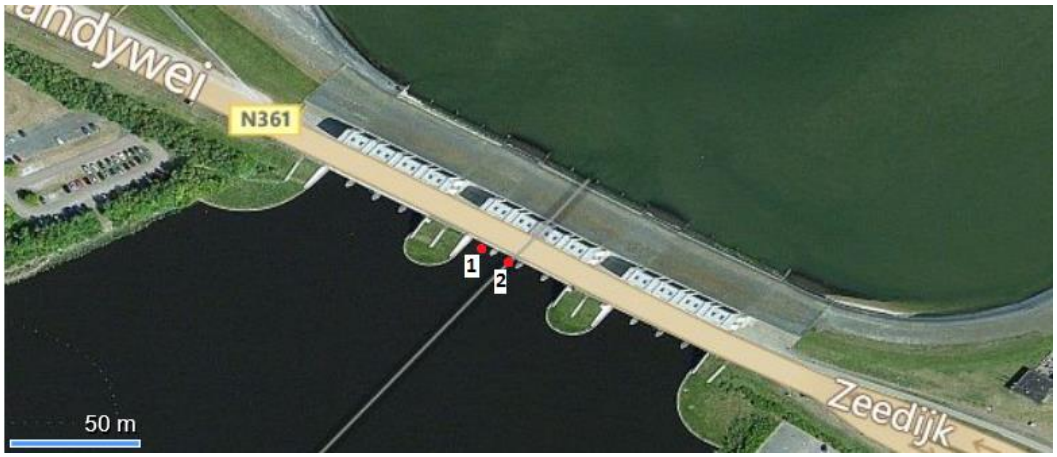
Voor dit onderzoek is gekozen om te meten met een larve-net tijdens gelijkwater, omdat met deze vangstmethode de intrekkende vissen gevangen kunnen worden. Het larve-net vangt integenstelling tot andere fuiken wel larvale vissen, vanwege een fijne maaswijdte (1,5 mm). Een larve-net is geschikt, omdat deze in combinatie met stroming gemakkelijker vis kan vangen en vasthouden door de kiel. Daarnaast is ter validatie het aanbod aan vissen bepaald door een kruisnet met fijne maaswijdte (1 mm). Het kruisnet is, indien mogelijk, ingezet rondom gelijk water wanneer geen water in of uit is gelaten. Het kruisnet is gebruikt als controle om te zien of er geen vissen voor de vismodule door de sluis weet te komen en of er ophoping optreedt na gebruik van de vismodule.

Tijdens de bemonsteringen zijn de volgende gegevens vastgelegd:

- Organisme soort
- Lengte
- Aantal (in grote aantallen op basis van sub samples)

Larve-net

De positionering van het larve-net is belangrijk om gegevens met elkaar te kunnen vergelijken. Daarom zijn de netten altijd op dezelfde plaats en diepte geplaatst. Elke set aan netten (diepe en ondiepe van dezelfde diameter) zijn voor de ingang van een spuikoker gehangen, zodat er geen discussie is over welke spuikoker de vis heeft genomen. De set van de kleine diameter fuiken zijn geplaatst bij spuikoker 1 en de set van de grote diameter fuiken bij spuikoker 2, van de middelste spuieenheid (zie Figuur 18). Dit is gedaan om een completer beeld te krijgen van de migratie en om een betere berekening te kunnen maken van het aantal gepasseerde vissen.

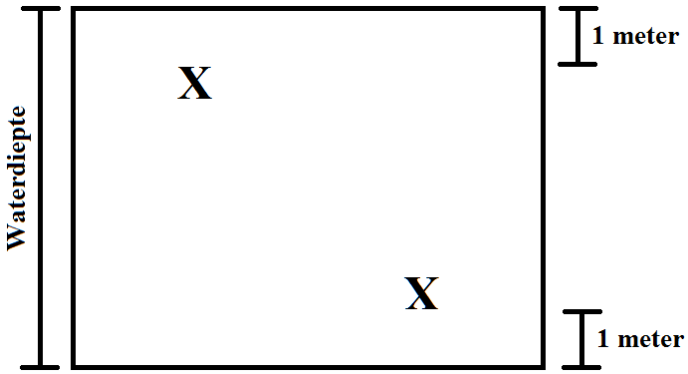


Figuur 18: Bemonsteringslocaties, bron: (Microsoft Corporation, 2015)

Door het openen van de sluisdeur ontstaat er stroming, de sterkte van deze stroming was belangrijk voor het bepalen van de bemonsteringsplaats. De stroming is namelijk dicht bij de sluisdeur te sterk, waardoor het larve-net wegspoelt. Maar wanneer gekozen werd om verder van de sluisopening te bemonsteren was de stroming te laag, waardoor het net ging hangen. Tijdens de testdagen is de afstand bepaald.

Om de vangstmethode te valideren is er ook geëxperimenteerd met verschillende fuiken. Zowel de maaswijdte, de lengte en oppervlakte van de fuiken bepalen de gevoeligheid van de stroming. Daarom is er ook met verschillende maaswijdtes (1,5 en 5 mm), lengtes (2 en 3 m) en oppervlaktes (0,358 m^2 en 0,125 m^2) gevist. Tijdens testdagen en monitoringsmomenten is gekeken of er op verschillende plaatsen met diverse methodes gevist kon worden. Gedurende de hele periode is altijd op precies dezelfde plek en methode het onderzoek uitgevoerd. Doordat er bij verschillende kokers met dezelfde methode is bemonsterd is er een breder inzicht ontstaan in het aanbod passerende vissen. De gegevens van verschillende spuikokers zijn gebruikt voor de validatie. Indien extreme omstandigheden zich voordeden, is er besloten om niet te monitoren in verband met de veiligheid.

In Figuur 19 is de afstand van de netten ten opzichte van de waterbodem en waterspiegel weergegeven, dit is weergegeven met de letter X. Sommige vissoorten blijven namelijk dichter bij de bodem (bentische), terwijl andere liever aan de oppervlakte zwemmen. De netten zijn op twee dieptes ingezet, zodat er verschillende vissoorten werden gevangen. Hierdoor was het mogelijk een meer representatief beeld te verkrijgen van de te passeren vissoorten. Voor de bepaling van de hoeveelheid water wat is bemonsterd, is de diepte ten opzichte van de waterspiegel bepaald. Dit is gedaan door middel van een touw met een gewicht. Het Waterschap Noorderzijlvest heeft een internetlink waar de actuele waterstanden zowel aan zee en meer zijde direct af te lezen was gedurende het onderzoek. Deze link is gedurende het onderzoek door de onderzoekers in de gaten gehouden. Hieruit kon de bemonsterde aantal meters water worden vastgesteld. Dit is gemiddeld genomen in dit onderzoek 4,25 meter geweest. De data van de waterstanden zijn digitaal beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat en Waterschap Noorderzijlvest.



Figuur 19: Vooraanzicht van de sluisdeur vanuit het perspectief van de vis, X staat voor de plaats van een larve-net, bron: Auteurs

Tijdens dit onderzoek is tevens gebruik gemaakt van twee analoge debietmeters. Deze debietmeters zijn in alle vier netten opgehangen. Een debietmeter is een klein raketje met een propeller waar het aantal omwentelingen analoog afgelezen was en met behulp van de oppervlakte een debiet berekend kon worden. Deze methode zorgde ervoor dat er gewerkt kon worden met verschillende netten.

Kruisnet

Het kruisnet is alleen gebruikt bij locatie Lauwersoog. Het is een net van 1 bij 1 meter (1m2) en is trechtervormig met een diepte van circa 1 meter en heeft een maaswijdte van 1 mm. Het kruisnet is gebruikt op dezelfde wijze zoals dat gedaan wordt bij het aanbodonderzoek. De onderzoekers hebben hierover een instructie van de heer Jeroen Huisman op 23-02-2015 gekregen. De bemonsteringen is gedurende de hele periode altijd op precies dezelfde plek uitgevoerd. Tijdens het proefdraaien is de locatie vastgesteld. Wanneer er werd gespuid of extreme omstandigheden zich voordeden is er besloten om niet te monitoren. Er is getimed met een stopwatch en kookwekker. Voor de bepaling van de hoeveelheid water wat is bemonsterd, is dezelfde methode gebruikt als die bij larve-net is behandeld. De kruisnetmetingen zijn gestart een half uur voor het openen van de sluis

tot het moment van openen. Wanneer de sluis weer was gesloten, werd er weer gestart met meten tot een half uur naar de sluiting van de sluis. Vanwege het spuibeheer kon er op sommige momenten niet worden bemonsterd met het kruisnet.

Esumakeech
Tevens is er gemonitord in de polder Esumakeech. Deze polder is een onderdeel van het Lauwersmeer, waarbij een vispassage is geplaatst om de vissen in deze polder te krijgen. De vangsten bij Esumakeech zijn vergeleken met de vangsten te Lauwersoog, hierdoor werd inzichtelijk wat voor invloed de R.J. Cleveringsluizen heeft op het achterland. Voor dit onderzoek is er achter de passage, aan de binnenzijde, een net geplaatst. Hierdoor zijn de vissen die de passage hebben gebruikt afgevangen. Dit net is op werkdagen twee maal per dag geleegd en in het weekend een keer per dag. Op werkdagen werd het net twee keer per dag geleegd om onderscheid te kunnen maken tussen dag en nacht. Het net heeft gedurende de hele onderzoeksperiode de passerende vissen afgehangen. Dit is gedaan om te voorkomen dat de piek werd gemist en te voorkomen dat vissen terug door de passage gingen. Wanneer vissen terug zwemmen zouden latere metingen worden verstoord. Twee keer per dag legen was in het weekend niet mogelijk, in verband met beschikbaarheid. Aangezien de passage werkt met een stroming onder vrij verval, is het mogelijk dat vissen het net hebben ontweken. Dat zou betekenen dat vissen door de passage zwemmen, het net hebben gezien en vervolgens terug zijn gezwommen naar de aanvoersloot. Voor vissen dit de enige mogelijkheid is om de polder Esumakeech te bereiken is, zodoende zou er een ophoging voor de passage moeten ontstaan. Daarom is elke keer voor het legen van de fuik, gekeken in de aanvoersloot of er ophoping van vis was en of er piscivore vogels aanwezig waren.

Het net dat hiervoor gebruikt is een 3D-net (driedoornige stekelbaars-net). Dit net is bijna hetzelfde als het grootste larve-net, alleen is de maaswijdte groter (5 mm ten opzichte van 1,5 mm). Net als bij de R.J. Cleveringsluizen, is hierbij telkens opgeschreven welke soorten zijn gevangen, wat de lengtes van de vissen zijn en de aantallen per soort. Daarnaast is er extra aandacht besteed aan de driedoornige stekelbaars. Van deze vis is opgeschreven welke van de 3 varianten het is. Dit is vastgesteld op basis van het document “Morphological Variation in the Three-Spined Stickleback (*Gasterosteus Aculeatus*) in Scotland” (Campbell, 1985). Elk individue is op de foto gezet. De foto’s zijn later gebruikt om ter controle. Het net is tweemaal per werkdag geleegd op vaste tijdstippen. Dit is overdag (tussen 7:00 en 9:00) en ’s middags (tussen 15:00 en 17:00), sommige dagen is van deze tijd afgeweken i.v.m. beschikbaarheid. Voor deze uren is gekozen om praktische redenen (makkelijker te combineren) en om verstoring van de natuur zo laag mogelijk te houden.

Validatie
Het conceptprojectplan en de bevindingen van het veldwerk, oefeningen en experimenten zijn besproken om te zien of de gebruikte methode de juiste aanpak is, zodat de verkregen gegevens betrouwbaar zijn. De vangstmethoden en locatie zijn ook gevalideerd. De data zijn gedigitaliseerd en verstuurd naar dhr. Jeroen Huisman, die deze heeft gecontroleerd. Indien nodig zijn aanpassingen gedaan. De gebruikte methode is gebaseerd op de gestandaardiseerde methode die zowel bij het aanbodonderzoek als bij de monitoringsonderzoek van 2014 en 2015 van het VHL is gebruikt.

Stap 3: Interpretatie en analyse

De gewonnen gegevens (uit het literatuuronderzoek en veldwerk) zijn geïnterpreteerd en er is per component een analyse gemaakt. Alle componenten zijn los van elkaar geïnterpreteerd om zodoende grip te krijgen op het functioneren van deze componenten. Hierdoor zijn de deelvragen beantwoord. Voor de analyse is gebruik gemaakt van de programma's SPSS en Excel.

Met grafieken en tabellen zijn de vangstgegevens weergegeven. Met een pie-chart zijn de soorten in percentage ten opzichte van elkaar weergeven. Dit is gedaan voor zowel de individuele larve-netten als beide (ondiep en diep en of verschillende diameters) tezamen en alle vangstmethodes samen. Daarnaast is hierbij een tabel weergegeven met de exact gevangen aantallen per vangstmethode. Tevens zijn er staafdiagrammen en lijngrafieken gebruikt om andere gegevens weer te geven, zoals voor de gegevens van het KNMI en het aantal glasalen per diepte.

Statistische analyse

Bij deze stap zijn de veldwerkgegevens statistische geanalyseerd. Zo zijn de analyses uitgevoerd volgens de methode die staat beschreven in het dictaat Basisstatistiek en enkele boeken (Baarda et al., 2012; Hilbrants & de Vries, 2012; Smits & Edens, 2010). Hierbij zijn diverse toetsen gebruikt voor de statistisch analyse om de deelvragen te beantwoorden.

R.J. Cleveringsluizen, Independent-sample T test (toets 1)

Om te onderzoeken of sommige vissoorten op de locatie R.J. Cleveringsluizen een voorkeur hebben voor de diepte in de waterkolom is er een statistische analyse uitgevoerd. De toets die hierbij is gebruikt, is de Independent-sample T test. Hierbij is de variabele diepte de *grouping variable* en de variabele aantal/m^2 de *test variable*. Om het verschil tussen de kleine en grote fuik er uit te halen, zijn de exacte aantallen omgezet naar aantal per vierkante meter. Dit is gedaan voor de vissoorten glasaal, platvis spec. en sprot. Voor deze toets is een betrouwbaarheidsinterval van 95% en een onbetrouwbaarheid van $\alpha = 0{,}05$ gebruikt. De hypotheses voor deze toets zijn:

H_o : Er is geen significant verschil tussen de gemiddelde vangsten (vissoort) en de diepte.
H_1: Er is wel een significant verschil tussen de gemiddelde vangsten (vissoort) en de diepte.

R.J. Cleveringsluizen, Independent-samples Kruskal-Wallis Test (toets 2)

Om te onderzoeken of er een significant verschil is tussen het bemonsteringsmoment en het gemiddeld aantal gevangen vissoorten is gebruik gemaakt van de Independent-Samples Kruskal-Wallis Test. Hierbij is de variabele bemonsteringsmoment de *groups* en de variabele aantal de *test fields*. De bemonsteringsmomenten die hiervoor zijn gebruikt, zijn Eb-tong, vloed-tong en vloed-stroom. De vissoorten die hier zijn onderzocht zijn dezelfde als uit de vorige toets, namelijk glasaal, platvis spec. en sprot. Hierbij wordt getoetst met een betrouwbaarheidsinterval van 95% en een onbetrouwbaarheid van $\alpha = 0{,}05$. De hypotheses die hiervoor is getoetst zijn:

H_o : De verspreiding van de aantallen (vissoort) is gelijk over de bemonsteringsmomenten.
H_1: De verspreiding van de aantallen (vissoort) is niet gelijk over de bemonsteringsmomenten.

Esumakeech, Independent-sample T Test (toets 3)

Om te onderzoeken of sommige vissoorten op de locatie Esumakeech een voorkeur hebben voor dag- of nachtmigratie is er gebruik gemaakt van de Independent-sample T Test. Hierbij is het type bemonstering (dag- en nachtmigratie) de *grouping variable* en de aantallen gevangen vissoorten de *test variable*. Deze toets is toegepast op de anadrome driedoornige stekelbaarzen en de tiendoornige stekelbaarzen. De variant dagen is in deze toets niet meegenomen, omdat deze niet specifiek genoeg is om het migratiepatroon weer te geven. Hierbij is getoetst met een betrouwbaarheidsinterval van 95% en een onbetrouwbaarheid van $\alpha = 0,05$. De hypotheses die hiervoor zijn opgesteld zijn:

H_o : Er is geen significant verschil tussen de gemiddelde vangsten vissoort en het type bemonstering.
H_1: Er is wel een significant verschil tussen de gemiddelde vangsten vissoort en het type bemonstering.

R.J. Cleveringsluizen x polder Esumakeech, Chi-kwadraat toets (toets 4)

Om de relatie tussen de R.J. Cleveringsluizen en de polder Esumakeech te onderzoeken is er onderzocht of er een verschil is in de verhouding varianten driedoornige stekelbaars. De toets die hiervoor is gebruikt, is de Chi-kwadraat toets. Hierbij is de variabele aantal als *frequence variable*, de variabele variant als *Row* en de variabele locatie als *Column* ingevuld. Hierbij is de toets voor *Chi-Square* aangevinkt en zijn naast de *Observed* ook de *Expected counts* meegenomen. Hierdoor is er een kruistabel ontstaan, waarmee de *Pearson Chi-Square* is uitgerekend. Hierbij is getoetst met een betrouwbaarheidsinterval van 95% en een onbetrouwbaarheid van $\alpha = 0,05$. De hypotheses die hiervoor zijn opgesteld, zijn:
H_o : De verhouding binnen de groep Variant is niet verschillend voor de verschillende locaties.
H_1: De verhouding binnen de groep Variant is wel verschillend voor de verschillende locaties**.**

Om alle toetsen uit te voeren is een datamatrix opgesteld. In de datamatrix is te lezen wat het meetniveau en eenheid is van de variabelen en of het discreet of continue is (zie Tabel 2).

TABEL 2: DATAMATRIX, BRON: AUTEURS

Datamatrix				
Onderdeel	Uitdrukking	Eenheid	Meetniveau	Type variabele
Datum	Tijdstip	dd-mm-jjjj	Interval	Discreet
Start tijd	Tijdstip	uu-mm	Ratio	Continue
Eind tijd	Tijdstip	uu-mm	Ratio	Continue
Aantal minuten	Minuten	Nr.	Ratio	Continue
Vissoort	Nederlandse naam	Tekst	Nominaal	Discreet
Lengte vis	Lengte	Nr.	Ratio	Continue
Aantal vis	Exacte aantallen	Nr.	Ratio	Continue
Aantal/m^2	Concentraties	Nr./m^2	Ratio	Continue
Getij	Eb /Vloed	Tekst	Nominaal	Discreet
Stroming (L'oog)	Tong/Stroom	Tekst	Nominaal	Discreet
Stroming (Esu)	Overstort/Vispassage	Tekst	Nominaal	Discreet
Plaats	W/O	Tekst	Nominaal	Discreet
Diepte	Ondiep/Diep	Tekst	Nominaal	Discreet
Afmeting	Klein/Groot	Tekst	Nominaal	Discreet
Factoren	Concentraties	mg/l	Ratio	Continue
Start omwentelingen	Getal	Nr.	Ratio	Continue
Eind omwentelingen	Getal	Nr.	Ratio	Continue

Omwentelingen	Getal	Nr.	Ratio	Continue
M^3/s	Getal	Nr.	Ratio	Continue
Leiurus	Aantal	Nr.	Ratio	Discreet
Semi-armatus	Aantal	Nr.	Ratio	Discreet
Trachurus	Aantal	Nr.	Ratio	Discreet
Tijdstip	Voor/Na	Tekst	Nominaal	Discreet
Type bemonstering	Dag/Nacht/Dagen	Tekst	Nominaal	Discreet
Opmerkingen		Tekst	Nominaal	Discreet

Stap 4: Synthese

Hier zijn de antwoorden van de deelvragen gebundeld, om zodoende een volledig beeld te krijgen van het effect van de sluizen. Hierbij is het antwoord verkregen op de hoofdvraag.

Stap 5: Verificatie

Bij deze stap zijn de uitkomsten van het gehele onderzoek behandeld. Hierbij is met behulp van vergelijkbare onderzoeken gekeken of er overeenkomsten zijn en of verklaringen zijn voor afwijkingen in de data. Vismigratieonderzoeken die in het voorjaar van 2014 zijn uitgevoerd door Van Hall Larenstein studenten, de aanbodonderzoeken van G. Wintermans en onderzoeken van de vismigratierivier te Kornwerderzand zijn hierbij onder andere gebruikt. Sommige uitkomsten uit dit onderzoek kunnen niet verklaard worden, daarvoor is aanvullend veldwerk nodig. Verificatie is daarnaast ook gedaan bij het evaluatiemoment van het conceptrapport.

Stap 6: Advies

Op basis van de resultaten, discussie en conclusie is een advies opgesteld. In dit advies staan enkele aanbevelingen voor zowel de R.J. Cleveringsluizen als de polder Esumakeech.

4. Resultaten

Vooronderzoek vissoorten

Voor dit onderzoek is kennis van enkele soorten van belang. Uit vooronderzoek in het jaar 2002 en 2003 van George Wintermans te Lauwersluizen kwam naar voren dat er meer kennis van glasaal en bot nodig is. Voor Esumakeech is kennis van de driedoornige stekelbaars van belang. In dit hoofdstuk is veelvuldig gebruik gemaakt van het rapport bronnenonderzoek vismigratierivier en diverse kennisdocumenten van Sportvisserij Nederland.

Bot (Platichthys flesus)

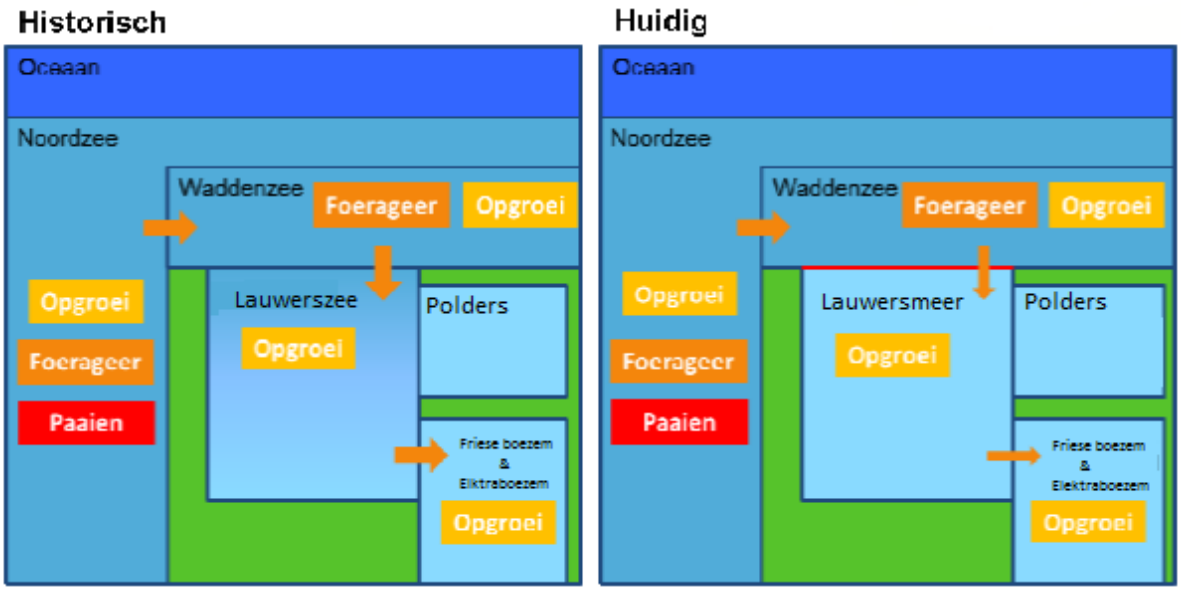
Ecologische schets

Bot is een katadrome vissoort waarvan de paaigebieden in open zee liggen (Morais, Dias, Babaluk, & Antunes, 2011). Kenmerk van katadrome vissen is dat ze paaien op zee en de larven opgroeien in het binnenwater en langs de kust. De volwassen dieren migreren ’s winters naar de diepere delen van de Noordzee. In de zomer migreren ze naar de estuaria om te foerageren. De jonge botlarven migreren in het voorjaar en begin van de zomer stroomopwaarts de estuariene gebieden en rivieren op. Dit doen zij door middel van selectief getijdentransport, hierbij zijn ze afhankelijk van de waterstromen (Bos, 1999; Jager & Mulder, 1999; Jager, 2001). Ze kunnen dan ook in gebieden worden gevonden waar het water een laag zout gehalte heeft (Bos & Thiel, 2006). Zodoende zijn de estuaria en/of overgangsgebieden voor deze soort belangrijk. Juist deze gebieden zijn afgenomen door inpoldering en de plaatsing van kunstwerken. Hierdoor zijn er harde zoet-zout overgangen ontstaan, waardoor botten erg kwetsbaar geworden zijn (Vethaak, 2013). Wat betreft predatie hebben botten een beperkte ontsnappingskans door een lage zwemcapaciteit, maar door hun goede schutkleur worden ze minder snel opgemerkt (Trancart et al., 2012).

Voorkomen

De bot die in euryhaline (van zoet tot zout) zone van het estuarium gevonden kan worden, is de enige platvis van West-Europa die tot diep in het zoet water gevonden kan worden (Vethaak, 2013). Hiervoor moeten er dan geen barrières op de route liggen. Botten zijn vroeger tot wel honderden kilometers landinwaarts in de Duitse Rijn waargenomen. De meeste Nederlandse botten komen voor in ondiepe kustwateren en estuaria zoals de Eems Dollard en de Westerschelde. Ook in grotere brakwatermeren en zoet watermeren zoals het IJsselmeer en Lauwersmeer worden ze gevonden (van Overzee et al., 2011; Vethaak, 2013). Een deel van de botten trekt de rivieren op, de rest van de botten groeit op in kustwateren en estuaria. De botten blijven hooguit enkele jaren in het zoete water, om later weer naar zee te trekken om te paaien. De paaigebieden liggen in zee op een diepte tussen de 20 en 50 meter (Kroon, 2009). Na het paaien gaan de botten niet meer terug naar het zoete water. Botten kunnen naast estuaria ook volledig in de Waddenzee (en andere zoute milieu’s) opgroeien (Daverat et al., 2012). De migratie van zoet-zout is vanuit een populatieperspectief voor de botten minder van belang voor de overleving. De omvang van de populatie kan door zout/zoet migratie echter wel veel groter worden. In Figuur 20 is de verspreiding van de botten weergegeven.

Tijdens de vooronderzoeken (2002 en 2003) van de George Wintermans kon weinig worden gezegd over de aantallen intrekkende botlarven bij de Lauwersluizen. De oorzaak hiervan ligt in de gebruikte vangstmethode, deze was niet geschikt. Wel werden visueel door de sluiswachter vele vissen waargenomen (G. J. M. Wintermans, 2002, 2003). Bij Nieuwe Statenzijl zijn in het voorjaar van 2014 door de onderzoekers van dit document vele botlarven gevangen door gebruik van larvenetten. Deze botlarven konden dankzij selectieve getijden werking eenvoudige de Catflaps passeren en zo migreren naar het binnenwater. Het aantal gevangen botlarven in het voorjaar van 2014 wordt geschat op miljoenen. In het onderzoek zijn naast botlarven ook larven van de platvissoorten schol (*Pleuronectes platessa*), schar (*Limanda limanda*) en tong (*Solea solea*) gevangen (Landstra & Venema, 2014).



FIGUUR 20: VERSPREIDING BOT RONDOM HET LAUWERSMEER, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Timing van migratie

Een deel van de juveniele botten trekt in de lente en de zomer naar het zoete water. In de Rijn werden in het verleden juveniele botten waargenomen tot aan Basel (Kroon, 2009). Als deze botten geslachtsrijp zijn, migreren ze naar het zoute water om aan de paai te kunnen deelnemen. Adulte botten migreren in de winter naar de paaigebieden en planten zich voort tussen februari en mei. Na de paai trekken de vissen terug naar de foerageergebieden. De botlarven migreren door middel van selectief getijdentransport naar de opgroeigebieden. Na 30 tot 60 dagen hebben ze een lengte bereikt van 7 tot 10 mm (Kroon, 2009). Deze trek vindt vooral plaats in de periode april tot en met juni, zoals in Figuur 21 is te zien.

Timing van intrek

				winter		lente			zomer			herfst			
Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Bot	*Platichthys flesus*	Katadroom	Juveniel												

FIGUUR 21: MIGRATIE VAN BOT IN TIJD, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Migratiegedrag en oriëntatie
Botlarven worden vanuit de paaigronden op open zee met de waterstromen door middel van selectief getijdentransport verspreid en komen zo onder andere terecht in de Waddenzee. Eenmaal in estuaria als de Eems Dollard zijn botlarven alsnog grotendeels afhankelijk van waterstromen, echter kan er niet worden uitgesloten dat zij zich actief oriënteren op een zoet-zout gradiënt en dat een zoete lokstroom hier een rol in speelt (Jager, 1998). Het lijkt er op dat het zoutgehalte in het water een cruciale rol speelt in de verspreiding van botlarven (Bos & Thiel, 2006; Jager, 1998). Zo werden er in de Eems Dollard de hoogste concentraties botlarven gevonden op de zoetste plekken (Jager, 1998). De voorkeur voor zoetwater is sterker bij botten die de metamorfose naar platvis al hebben doorgemaakt. Ook blijkt dat de watertemperatuur een rol kan spelen bij de verspreiding van botlarven richting het estuarium (Bos & Thiel, 2006).

Om zich actief te verplaatsen gebruiken zij in een post-larvaal en juveniel stadium selectief getijdentransport, waarbij zij zich bij afgaand tij handhaven op de bodem en zich tijdens vloed hoger in de waterkolom bevinden (Bos, 1999; Jager, 1999). Zo maken zij optimaal gebruik van de stromingsrichting van het water richting het zoete water. Het lijkt er niet op dat zij zich goed actief kunnen verplaatsen, en daarom zijn zij volledig afhankelijk van selectief getijdentransport. Actieve dispersie vindt waarschijnlijk pas plaats als de botten iets groter zijn.

Dat de manier van spuien invloed heeft op de samenstelling van een brakke/zoete meren blijkt uit de gegevens van het aandeel jonge botten op IJsselmeer. Door wijziging in spuiregime worden er beduidend minder jonge botten aangetroffen dan in de jaren ’91 tot en met ’93. In deze jaren werd er tot gelijk water gespuid. Tijdens dit regime waren de stroomsnelheden in de spuikom aanzienlijk lager en wellicht soms zelfs richting het IJsselmeer. Hierdoor konden grote aantallen jonge botten zich richting het IJsselmeer verplaatsen, terwijl dit in andere jaren waarschijnlijk minder goed mogelijk was. Dat er kleine botten het IJsselmeer binnenkomen is duidelijk op basis van monitoring (Griffioen & Kuijs, 2013), maar welk deel van het aanbod er in slaagt om naar binnen te trekken en of zij dit doen door ‘foutjes’ in het spuiregime, lekwater of via de scheepsluizen is nog onduidelijk. De geringe match tussen abundantie op het IJsselmeer en de Waddenzee, en de hogere aantallen in 1991-1993 suggereren dat de intrek momenteel fors is belemmerd (Winter, 2009). Bot migreert en foerageert voornamelijk overdag (Trancart et al., 2012). Desondanks zijn er ook botten gevangen tijdens nachtelijke monitoringen bij de spuisluizen bij Kornwerderzand (Witteveeen+Bos, 2009). Onduidelijk was of dit botten waren die tussen de spuideuren in hebben gezeten nadat zij ‘gevangen’ hebben gezeten na het spuien, of dat zij actief in de nachtelijke uren vanuit de Waddenzee naar binnen trokken.

Zwemcapaciteit
Juveniele botten die het zoete water optrekken zijn grotendeels afhankelijk van waterstromen en tactieken als selectief getijdentransport (Bos, 1999; Jager, 1998, 1999). Uit onderzoek wordt geschat dat de maximale kruissnelheid voor botten tot 4 tot 5 maanden 0,3 m/s is (Quak, Van Emmerik, & Verspui, 2012), zie Figuur 22.

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
bot	Platichthys flesus	4-6	0.5	20	8	15	6	21	12.7	3	4	4	0.2	0.6	0.3

FIGUUR 22: ZWEMCAPACITEIT BOT, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Zoet-zout gradiënten

Botten worden binnen de Kader Richtlijn Water onder de estuariene soorten gerekend (Jager & Kranenbarg, 2004, 2008). Botten in het larvale stadium en in grotere mate in het post-larvale en juveniele stadium hebben een grote voorkeur voor zoet water (Bos & Thiel, 2006). De invloed van het gespuide water vanuit het IJsselmeer bleek in de jaren 1988 tot en met 1996 een sterke relatie te hebben met infectieziekten. In 1988 waren veel (volwassen) botten (~40%) nabij de spuisluizen geïnfecteerd (Vethaak, 2013). Stressfactoren als grote fluctuerende saliniteit gehaltes als gevolg van het spuien, slechte waterkwaliteit en beperkte foerageermogelijkheden lijken de oorzaak van de ziekteverschijnselen bij bot. De ziekteverschijnselen zijn hier na 1996 sterk verminderd en verschillen niet meer van andere gebieden buiten de Waddenzee. Toch geeft Vethaak in dit onderzoek aan dat, hoewel er een sterke daling is van de ziekten, er nog steeds significant meer huidzweren worden gevonden bij spuicomplexen (1%) dan elders in de Waddenzee (<1%) waar het behoort tot de natuurlijke achtergrond. Vethaak wijt de sterke vooruitgang van de gezondheid van de botten vooral aan een verbeterde waterkwaliteit in de Waddenzee, de Eems Dollard en de verbeterde lokale habitats waar er geen directe invloed is van spuiwater. Wellicht dat stress door het grote verschil in saliniteit een deel van de populatie kwetsbaar maakt voor huidziekten.

Driedoornigestekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*)

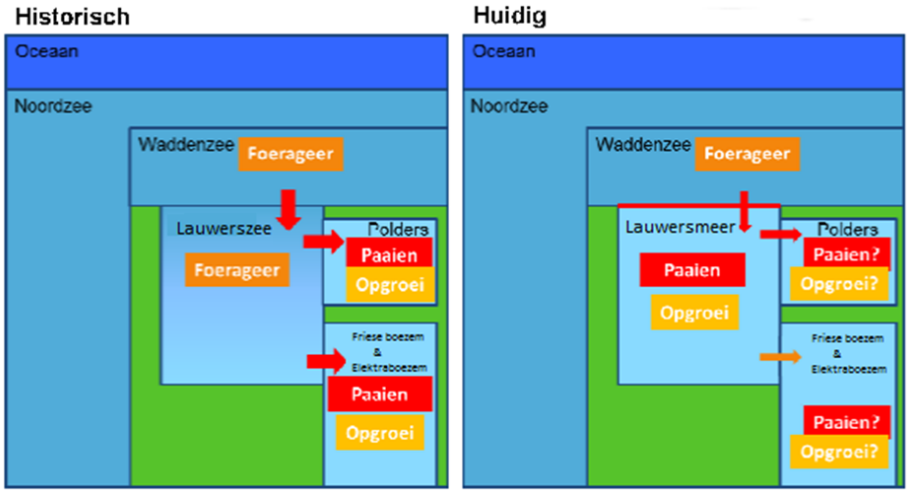
Ecologische schets

Driedoornige stekelbaars is een soort die zich zowel in zout, brak, als zoet water kan voortplanten en die ook resident kan zijn. Er zijn dan ook drie varianten binnen de driedoornige stekelbaarzen: Leiurus (resident zoetwater), semi-Armatus (anadroom) en Trachurus (resident zoutwater). Dit onderzoek is gericht op de semi-Armatus variant. Over de huidige aantalsverdeling van de populaties is nog weinig bekend. Al is het zeker dat de anadrome variant veel minder talrijk is geworden door de aanleg van diverse barrières tussen het zoete en het zoute water.

De driedoornige stekelbaars is door zijn kleine lichaamslengte een gewenste prooi voor visetende vogels zoals lepelaars, sterns, verschillende zaagbekken, etc. Maar ook piscivore (visetende) vissen prederen op de driedoornige stekelbaars. Dit zijn soorten als snoek, baars, snoekbaars en ook zoutwatervissen in de Waddenzee zoals zeebaars (Campbell, 1985).

Voorkomen

Stekelbaars heeft migrerende en twee niet migrerende sub-populaties. Voor de migrerende sub-populaties is migratie tussen zoet en zout van belang, voor de niet migrerende sub-populaties zijn zoet-zoutovergangen niet van belang. In vergelijking met de historische situatie is de trekkende driedoornige stekelbaars in het achterland afgenomen, zie Figuur 23.



FIGUUR 23: VERSPREIDING VAN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS RONDOM HET LAUWERSMEER, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Timing van migratie
De anadrome driedoornige stekelbaarzen trekken vanuit de Waddenzee in het voorjaar (februari-mei) naar het zoete binnenwateren om te paaien. In het najaar (september en oktober) trekken zij terug naar zee (Wootton, 1976). De massale migratie in het voorjaar vindt plaats vlak na de trek van de spiering die normaal gesproken rond eind maart plaats vindt, zie Figuur 24. Dit fenomeen is door de onderzoekers van dit document in het voorjaar 2014 zelf waargenomen bij Nieuwe Statenzijl (Landstra & Venema, 2014).

Timing van intrek

				winter		lente			zomer			herfst			
Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratiegilde	Stadium	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Driedoornige stekelbaars	Gasterosteus aculeatus	Anadroom	Adult												

FIGUUR 24: MIGRATIE VAN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS IN TIJD, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Migratiegedrag en oriëntatie
Net als bot is de driedoornige stekelbaars voor een deel afhankelijk van selectief getijdentransport (Bult & Dekker, 2007). Zo werd er in een studie bij Nieuw Statenzijl veel stekelbaars gevangen in een passage die aansluit op selectief getijdentransport (Landstra & Venema, 2014). Ook bij het onderzoek van Witteveen+Bos bleek dat door middel van schutten van de spuideuren veel driedoornige stekelbaars aan de IJsselmeerzijde werd gevangen (Witteveeen+Bos, 2009). Hoeveel driedoornige stekelbaars er tijdens een reguliere spui binnentrekken en hoe dit in verhouding staat tot het schutten zoals werd onderzocht is vooralsnog onbekend, maar er wordt aangenomen dat dit zeer beperkt is. Dat driedoornige stekelbaarzen ook tegen de stroom in zwemmen, is waargenomen bij hevelpassages (Wintermans 1997, Wintermans 2004). In de Eems, bij het Emssperwerk te Ditzum, is waargenomen dat stekelbaarzen zich ophopen voor de stuw (Scholle, Schuchardt, Brandt, Veckenstedt, & Endjer, 2005). In het tijdsvenster waarbinnen zij kunnen migreren (15 tot en met 20 min) passeren zij met honderden tegelijk de stuw. Over de efficiëntie van deze passage, de verhouding tussen aanbod en succesvolle passage is echter geen informatie. De saliniteit bij deze overgang is van licht brak naar zoet, maar er is over het hele traject variatie in de saliniteit.

Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden
De twee typen stekelbaars, migrerend en niet migrerend, vertonen verschillende eigenschappen wat betreft zwemcapaciteit (Tudorache, Blust, & De Boeck, 2007). Dit komt waarschijnlijk door een verschil in het hormonaal systeem (Kitano, Ishikawa, Kume, & Mori, 2012). Hierbij heeft de migrerende vorm een grotere zwemcapaciteit met mogelijk een lager energie verbruik (Tudorache et al., 2007). Er wordt verschillend gedacht over de zwemcapaciteit van stekelbaars, waarbij de theorie eerst was dat de migrerende vorm aangepast was op het lange afstand zwemmen en hierdoor mogelijk minder goed was in het ontwijken van predatoren en daarom meer borstplaten heeft dan de niet migrerende vorm (Bergström, 2002). Tudorache wijst er juist op dat de migrerende vorm genoeg zwemcapaciteit heeft om predators te ontwijken maar meer vertrouwd op de borstplaten (Tudorache et al., 2007). Een andere studie geeft aan dat de sprintcapaciteit van de anadrome vorm (~66 cm/s) lager ligt dan de residente vorm (~90 cm/s) over een afstand van 2 tot en met 2,7 meter (resident) bij een temperatuur van rond de 9,5 graden, maar dat de anadrome soort minder snel moe is bij langdurig zwemmen (Taylor & McPhail, 1986). Uit onderzoek wordt geschat dat de maximale kruissnelheid voor driedoornige stekelbaars 0,2 m/s is (Quak et al., 2012), zoals is te zien in Figuur 25. Uit ander onderzoek komt naar voren dat de maximale kruissnelheid hoger ligt (gemiddeld 0,298 m/s), maar dat voor het passeren van een kunstwerk de stroomsnelheid van het water lager moet liggen dan 0,25 m/s (Peake, 2008).

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	*wetenschappelijke naam*	*maand*	*S*	*Fxy*	*x*	*y*	*min*	*max*	*gem*	*min*	*max*	*gem*	*min*	*max*	*gem*
driedoornige stekelbaars	*Gasterosteus aculeatus*	3-4	0.5	25	9	15	1.5	11.5	6.8	4	9	7	0.2	0.9	0.5

FIGUUR 25: ZWEMCAPACITEIT DRIEDOORNIGE STEKELBAARS, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Zoet-zout gradiënten

Er is veel onderzoek gedaan naar de fysische veranderingen van de driedoornige stekelbaars tijdens het verplaatsen van zout naar zoet water. Het is echter onbekend in hoeverre zij een specifiek acclimatisatiezone en -periode nodig hebben. Feit is dat driedoornige stekelbaars van het migrerende type gedurende het paaiseizoen beter in staat is om in een omgeving te leven met lage zoutgehaltes. Andersom verliezen zij deze eigenschappen in de herfst wanneer zij richting zee migreren (Lam & Hoar, 1967). Een review artikel door Kitano laat zien dat speciale eigenschappen om een zoetzout gradiënt te kunnen weerstaan hormonaal gedreven zijn (Kitano et al., 2012). Dit betekent onder andere dat de migrerende vorm van de stekelbaars een hogere thyroxine niveau heeft. Hierdoor verschillen het metabolisme, de zwemcapaciteit en de osmoseregulatie tussen de residente en de anadrome vorm van de stekelbaars. Dit wordt bevestigd doordat er geen meldingen zijn van massale sterfte bij het passeren van hevelpassages waarbij de overgang tussen zoet en zout abrupt is. Persoonlijke observaties van Peter Paul Schollema en George Wintermans, waarbij driedoornige stekelbaarzen probleemloos snel werden overgeplaatst van zout naar zoet water, suggereren ook dat er weinig tijd/aanpassing nodig is voor de overgang van zoet naar zout.

Aal/glasaal (Anguillia anguillia)

Ecologische schets

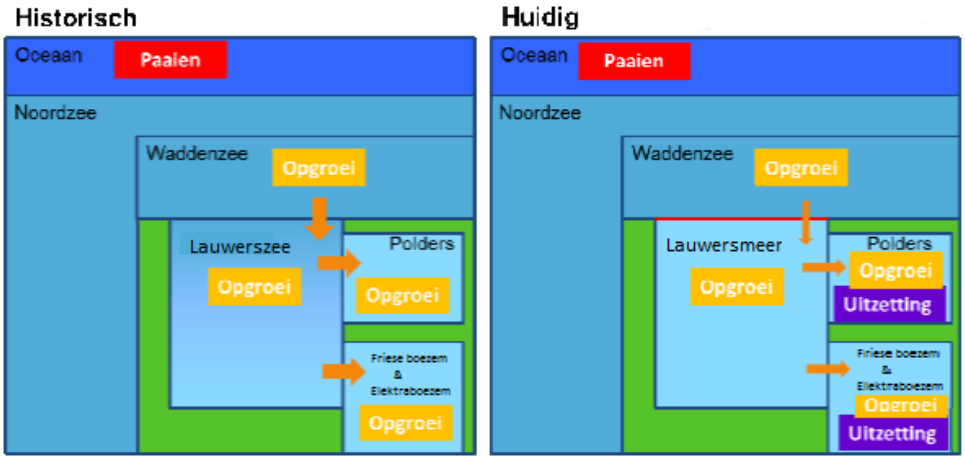
De Europese aal of paling is een katadrome vissoort die vanuit zee het zoete water op trekt om op te groeien. De paling plant zich waarschijnlijk voort in de Sargassozee, waarna de Leptocephalus larven met de stroming mee gaan naar het Europese continent en Noord-Afrika. De inmiddels tot glasaal uitgegroeide vissen trekken het zoete water binnen om op te groeien. Na het verblijf in het zoete water veranderen de morfologische kenmerken van de alen wederom (van ‘rode aal’ naar ‘schieraal’) en trekken ze naar zee om zich voort te planten (Hoenjet & Venema, 2015).

De aalpopulatie kent een sterke afname gedurende de afgelopen decennia (Dekker, 2004b). Zo is de huidige intrek van glasaal slechts 1 tot 5% van de intrek in de jaren ‘60 en ‘70 (de Graaf & Bierman, 2012). Verschillende factoren zijn mogelijk verantwoordelijk voor deze sterke afnam. Dit zijn: vervuiling, visserij, klimaatverandering, plaatsing van kunstwerken en exotische parasieten (Dekker, 2004b; Wirth & Bernatchez, 2003). Het relatieve aandeel van elk van deze factoren is onbekend. Het aanbrengen van veel onnatuurlijke structuren in watersystemen heeft geleid tot barrières die de migratie belemmeren of de sterfte tijdens migratie verhogen. Dit zijn structuren als dammen, stuwen, waterkrachtcentrales, gemalen en sluizen.

Voorkomen

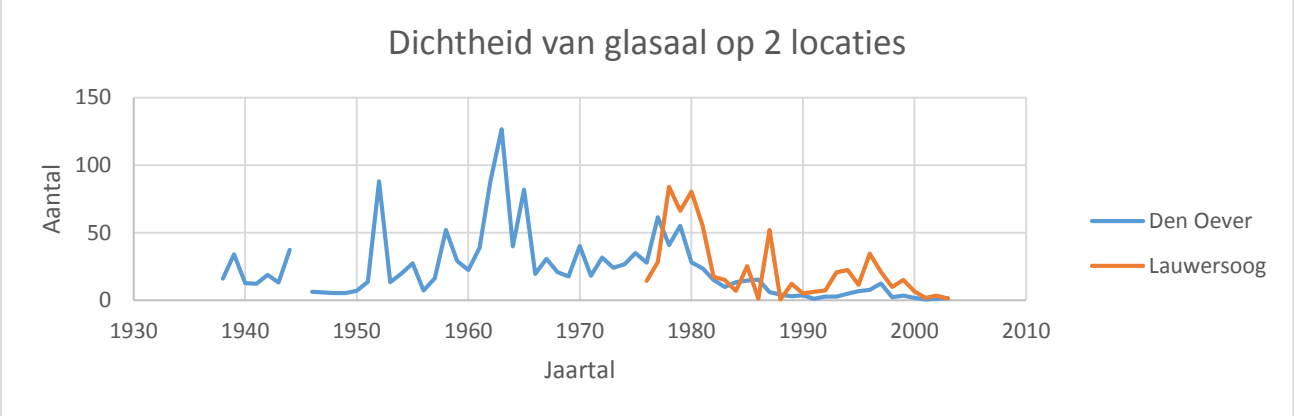
De migratie tussen zoet en zout water is voor de aal belangrijk (zie Figuur 26). Er zijn weliswaar ook opgroeiende alen die altijd in zout (brak) water blijven, zogenaamde ‘buitenaal’. Dit geeft aan dat voor een deel van de alen de migratie naar zoet water niet noodzakelijk is. De bijdrage van het deel van de populatie dat in het zoute water opgroeit is onbekend, maar er wordt aangenomen dat dit relatief klein is. Opvallend is dat met het sterk afnemen van de aal in het binnenwater, deze ‘buitenaal’ vrijwel gelijktijdig verdwenen is uit de Waddenzee. Dit zou er op kunnen duiden dat de Waddenzee een sub-optimaal habitat is, omdat soorten zich bij een afnemend aantal vooral gaan handhaven in de optimale habitats. Tijdens de vooronderzoeken (2002 en 2003) bij de Lauwersluizen

door George Wintermans is aangetoond dat de paling de Waddenzee op trekt buiten de regulaire migratie. Dit zou mogelijk een rest populatie kunnen zijn van de op de Waddenzee foeragerende palingen. Ook is in het verleden aangetoond dat palingen opgroeien op mosselbanken (Hoenjet & Venema, 2015).



FIGUUR 26: VERSPREIDING GLASAAL RONDOM HET LAUWERSMEER, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Het vooronderzoek in 2002 en 2003 bij Lauwersoog was niet geschikt voor glasaal en over het aantal intrekkende glasaal bij Lauwersoog kon dan ook weinig worden gezegd. Net als in Den Oever, wordt er in Lauwersoog door IMARES al een tijd de dichtheid van glasaal gemeten. In Figuur 27 is de trend in glasaal dichtheid weergegeven, hieruit blijkt dat de dichtheid van gevangen glasaal voor zowel locatie Den Oever als Lauwersoog de laatste jaren is gedaald (Dekker, 2004a).



FIGUUR 27: GRAFIEK GLASAALDICHTHEDEN, BRON: (DEKKER, 2004A)

Timing van migratie

Glasaal trekt voornamelijk in de maanden maart, april en mei de zoete wateren binnen, maar kan ook al in de maand februari worden gevonden in de Waddenzee (Creutzberg, 1961), zie Figuur 28. De intrek van glasaal vindt vooral 's nachts plaats (Deelder, 1952, 1958; Dekker & van Willigen, 2000). Dit werd ook waargenomen in het voorjaar 2014 door de onderzoeker te Nieuwe Statenzijl waargenomen (Landstra & Venema, 2014). Glasalen verschijnen aan de zeezijde van Nederland bij een temperatuur van 4,5 graden Celsius (Deelder, 1952) en zwemmen het binnenwater in als de temperatuur boven 10 graden Celsius komt (Hoenjet & Venema, 2015). In een ander onderzoek wordt aangeven dat glasaal aanwezig is bij 3 tot 11 graden Celsius, met de grootste aantallen bij 6 tot 9 graden Celsius (Quak et al., 2012; van Heusden, 1943). Volwassen schieraal trekt voornamelijk in de maanden september-november richting zee, maar ze kunnen ook gedurende de andere maanden richting zee vertrekken (J. Klein Breteler et al., 2007; Winter, Jansen, & Bruijs, 2006).

Timing van intrek

				winter		lente			zomer			herfst			
Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Migratieglide	Stadium	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Europese aal	*Anguilla anguilla*	Katadroom	Juveniel												

FIGUUR 28: INTREK VAN GLASAAL IN TIJD, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Migratiegedrag en oriëntatie

Glasaal die vanuit de paaiplaats in de Atlantische Oceaan naar het Europese continent zwemt, verspreidt zich voornamelijk over het Europese continent. maar komt ook voor in IJsland en Noord-Afrika. Hierbij spelen waterstromingen een grote rol. Daarnaast spelen ook geurstoffen een rol in de oriëntatie richting het zoete water, waarbij zij zich grotendeels verplaatsen door gebruik te maken van de getijcyclus (Bolliet, Lambert, Rives, & Bardonnet, 2007; Bult & Dekker, 2007; Creutzberg, 1959, 1961; Dekker & van Willigen, 1997, 1998). Hierbij lijkt, zeker op iets grotere afstanden, niet zozeer de zoet-zout gradiënt van belang, maar organische verbindingen die met het zoete water worden meegevoerd naar zee. Aangetoond is dat zoet oppervlaktewater wat sterk verdund is met zeewater glasaal aantrekt. Maar wanneer het zoete oppervlaktewater was gefilterd met kool en daarna sterk verdund met zeewater, het z'n aantrekkingskracht op glasaal verloor. Dit resultaat bleef hetzelfde, onafhankelijk van verschillende zoutconcentraties. Er werd geconcludeerd dat organische substanties in het oppervlaktewater verantwoordelijk zijn voor de aantrekkingskracht op glasaal (Creutzberg, 1959, 1961). Verschillende functies worden verondersteld voor de diverse soorten geurstoffen die een aantrekkende werking op glasaal hebben (Pesaro, Balsamo, Gandolfi, & Tongiorgi, 1981):

- Om tijdens de migratie riviermondingen te vinden
- Om soortgenoten te vinden
- Om voedsel te vinden

In een keuze-experiment heeft glasaal de voorkeur voor rivierwater boven estuarien water, daarom wordt verondersteld dat natuurlijk zoet water organische geurstoffen bevat die werken als aantrekkende oriëntatieprikkel. Dit geldt voor migrerende glasaal van zowel de Europese als Amerikaanse aal (Creutzberg, 1959, 1961; Miles, 1968; Sorensen, 1986). Geurstoffen zijn van belang omdat glasalen waarbij het reukvermogen was uitgeschakeld niet in staat waren onderscheid te maken tussen rivier- en bronwater (Hain, 1975). Omdat deze aalsoorten uit één panmictische populatie bestaan en vanuit de Atlantische oceaan en kustwateren langs het gehele Noord-Amerikaanse en Europese kustlijn voorkomen, wordt verondersteld dat herkenning van deze organische geurstoffen is aangeboren en dat deze geurstoffen universeel voorkomen in rivieren (Sorensen, 1986). Verschillende studies zijn uitgevoerd om te onderzoeken welke organische componenten of bronnen verantwoordelijk waren voor de aantrekkende werking van natuurlijk rivierwater (Hain, 1975; Tosi & Sola, 1993). Een combinatie van meerdere geurstoffen, waarbij bacteriële afbraak een belangrijke rol speelt, lijkt de meest waarschijnlijke reden voor de grote aantrekkingskracht van rivierwater. De relatieve concentraties van deze geurstoffen leiden glasaal niet alleen naar rivieren, maar maakt het wellicht ook mogelijk om onderscheid te maken in meer en minder productievere rivieren (Sorensen, 1986).

Naarmate glasaal dichterbij de spuicomplexen komt, combineren zij mogelijk de oriëntatie op basis van geurstoffen (oriëntatie) met het gebruik maken van het getij (verplaatsing en oriëntatie) om uiteindelijk bij de spuideuren te komen (Creutzberg, 1959, 1961; Dekker & van Willigen, 1997, 2000). Metingen van Creutzberg en gegevens van het voormalig RIVO bij Den Oever laten zien dat glasalen, naarmate het voorjaar vordert steeds dichterbij de deuren van den Oever komen, totdat ze zich daar ophopen in april en mei (Creutzberg, 1961).

Van Heusden geeft aan dat de aanwezigheid en het gedrag van glasaal samenhangt met een aantal factoren: gerelateerd aan spuien en iets meer bij volle maan en springtij (Quak et al., 2012). Bij rust overdag graven de glasalen zich in, bij activiteit oriënteren ze zich op stroming en harde structuren (bijvoorbeeld oeverwanden). Deelder bevestigt het overdag ingraven en aggregaties bij uitstromen van zoetwater (Deelder, 1952). Deelder vermoedt dat intrek via de 'lekkende' sluizen plaatsvindt, niet zozeer door het gevoerde sluisbeheer (Deelder, 1952). Verder geeft Deelder aan dat glasaal zich meer via de bodem beweegt. Deelder maakt onderscheid tussen langer aanwezige glasaal die schoolt nabij de oever en meer aan de oppervlakte zwemt en door zwak licht aangetrokken kan worden, en nieuw aangekomen glasaal die zoetwater zelfs mijdt (Deelder, 1960).

Mede op basis van studies bij het sluizencomplex bij Den Oever in de jaren vijftig (Deelder, 1952, 1958, 1960) en de jaren negentig (Dekker & van Willigen, 1997, 1998), concludeert Dekker & van Willigen (2000) dat er nog tot in mei selectief getijdentransport te zien is in de vangsten van glasaal rondom de sluizen. Dit gecombineerd met de verblijftijd die kan oplopen tot minimaal enkele weken, lijkt het hen zeer waarschijnlijk dat de glasaal voor de sluizen, nog dagelijks blootgesteld aan het getij, tot laat in het migratieseizoen nog gebruik maakt van selectief getijdentransport. Ook verschillen in timing van pieken in netvangsten ('aanbod'), en doortrek via aalgoten van gemiddeld twee weken bij harde zoet-zoutovergangen in Zeeland (Winter, Bult, & van Willigen, 2007) zijn in overeenstemming met het idee dat er een lange verblijftijd is aan de zeezijde van barrières .Dat betekent dat er pas in latere instantie wordt overgegaan van selectief getijdentransport naar actief zwemgedrag. Bij onderzoek te Nieuwe Statenzijl is aangetoond dat glasalen eerst gebruik maken van selectief getijdenwerking. Later, toen de aantallen massaal toenamen en het voorjaar vorderde gingen de glasalen gebruik maken van de aalgoot waar ze actief tegen de stroom in moesten zwemmen om het binnenwater te bereiken. Daarbij was duidelijk zichtbaar dat de slankere glasalen meer gedreven waren om gebruik te maken van de aalgoot (Landstra & Venema, 2014)

Zwemcapaciteit en passeermogelijkheden

McCleave (1980) heeft sprintsnelheden van 0,25 tot 0,50 m/s gemeten voor glasaal van 7 cm (wat redelijk overeenkomt met de gemiddelde sprintsnelheid geschat met Sprintfish van 0,4 m/s), waarbij snelheden tot 0,23 m/s gedurende 3 minuten konden worden volgehouden (Goudswaard et al., 2009). Er wordt geschat dat de maximale kruissnelheid Ucrit 0,2 m/s voor glasaal van 5 tot 6,5 cm is (Quak et al., 2012).

Sprintcapaciteit

Berekende sprint capaciteit (m/s)			gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)				temperatuur intrek periode (C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)		
Nederlandse naam	*wetenschappelijke naam*	*maand*	*S*	*Fxy*	*x*	*y*	*min*	*max*	*gem*	*min*	*max*	*gem*	*min*	*max*	*gem*
europese aal	*Anguilla anguilla*	3-5	0.5	15	7	15	1.5	20	8.8	7	8	8	0.2	0.8	0.4

FIGUUR 29: ZWEMCAPACITEIT GLASAAL, BRON: (GOUDSWAARD ET AL., 2009)

Acclimatisatie en het belang van zoet-zout gradiënten

Glasalen gevangen in een estuarium met een saliniteit van 24‰ hadden een overleving van 100% bij een actuele overplaatsing naar zoet water (Wilson, Antunes, Bouca, & Coimbra, 2004). Dit duidt erop dat glasalen goed in staat zijn om snelle veranderingen van zout naar zoet aan te kunnen. Ook het voorkomen van palingpopulaties in kleine rivieren die geen estuarium hebben zijn in lijn met dat zij in staat zouden moeten zijn om een 'harde overgang' tussen zoet-zout te kunnen passeren. Glasaal lijkt zich wel hormonaal te moeten prepareren op een overgang van zout naar zoet, vroeg in het jaar arriverende glasaal kan wellicht minder goed omgaan met een abrupte overgang dan glasaal die laat aankomt in het trekseizoen. Dat glasaal zich ophoopt in bepaalde gebieden in estuaria of bij zoet-zout barrières hoeft niet met aanpassing te maken te hebben, maar kan bijvoorbeeld ook een gevolg zijn van het lange tijd vertrouwen op selectief getijdentransport alvorens er wordt overgegaan tot actief tegen de stroming in zwemmen.

Lauwersoog

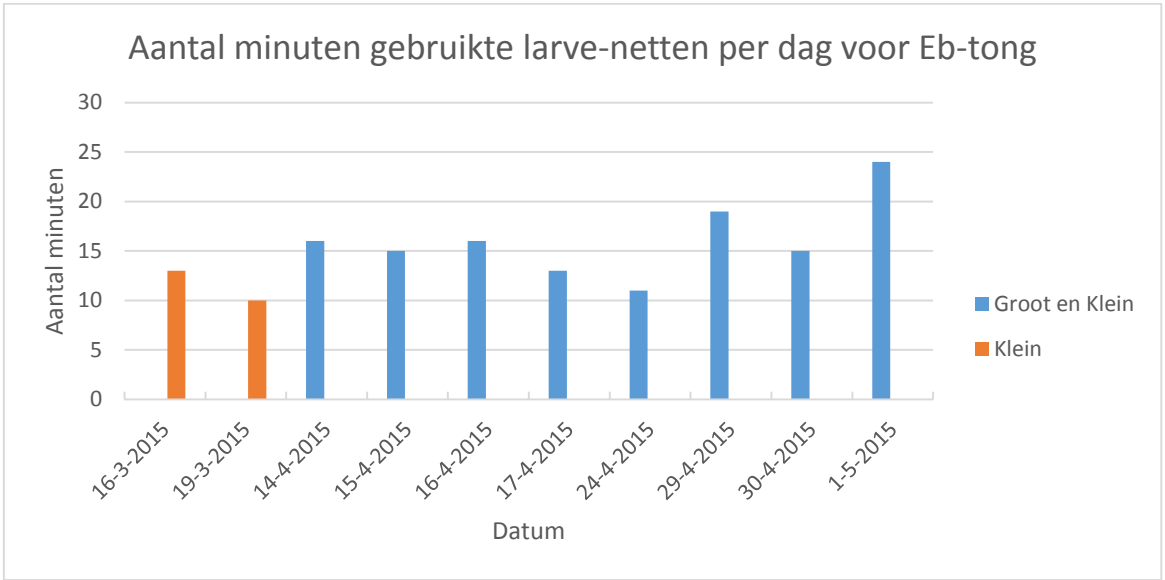
Bemonsteringen larve-net

Tijdens dit onderzoek is er op verschillende momenten gemonitord. Zoals in de methode is behandeld, wordt er onderscheid gemaakt tussen afgaand tij (eb), opkomend tij (vloed), stroom en tong. In Tabel 3 is te zien hoe vaak er is gemonitord. Tijdens dit onderzoek is niet een keer gemonitord tijdens Eb-stroom, omdat het moment zich niet voor heeft gedaan. Eb-tong is tien keer gemonitord, Vloed-tong is vier keer en Vloed-stroom 13 keer gemonitord. In totaal zijn er 27 monitoringsdagen geweest, waarmee in totaal 494 minuten zijn bevist.

TABEL 3: AANTAL BEMONSTERINGEN LARVE-NETTEN

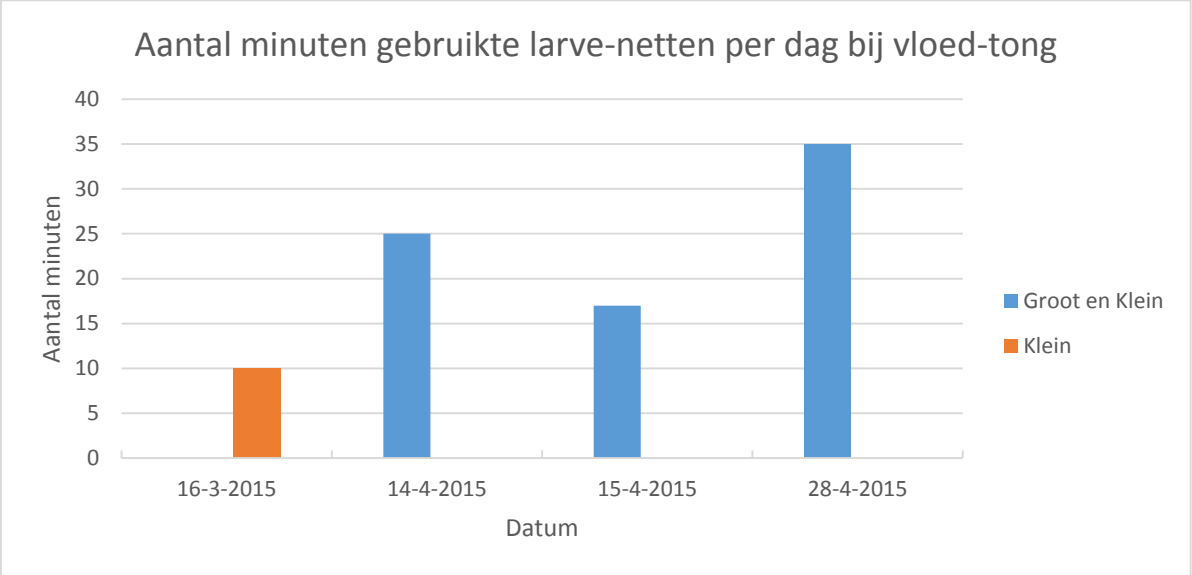
Larve-net	Eb-tong	Eb-stroom	Vloed-tong	Vloed-stroom
Monitoringsdagen	10	0	4	13
Aantal minuten	152	0	87	255

In Figuur 30 zijn de aantallen minuten per bemonstering weergegeven. Dit is de eerste grafiek in een serie van drie. In deze serie is het aantal minuten op de y-as gezet, op de x-as de datum weergegeven en is er onderscheid gemaakt tussen de gebruikte larve-netten (grote of/en kleine). Hierdoor is inzichtelijk gemaakt hoe vaak er welke type bemonstering is gedaan. In de grafiek hieronder is te zien dat er 10 maal is gemonitord tijdens eb en tong, waarvan acht keer met zowel 2 grote als 2 kleine larve-netten en twee keer met alleen 2 kleine larve-netten. Tevens is te zien dat er elke keer bij deze data gelijk aan of meer dan 10 minuten zijn gemonitord, met een top op 1 mei van 24 minuten.



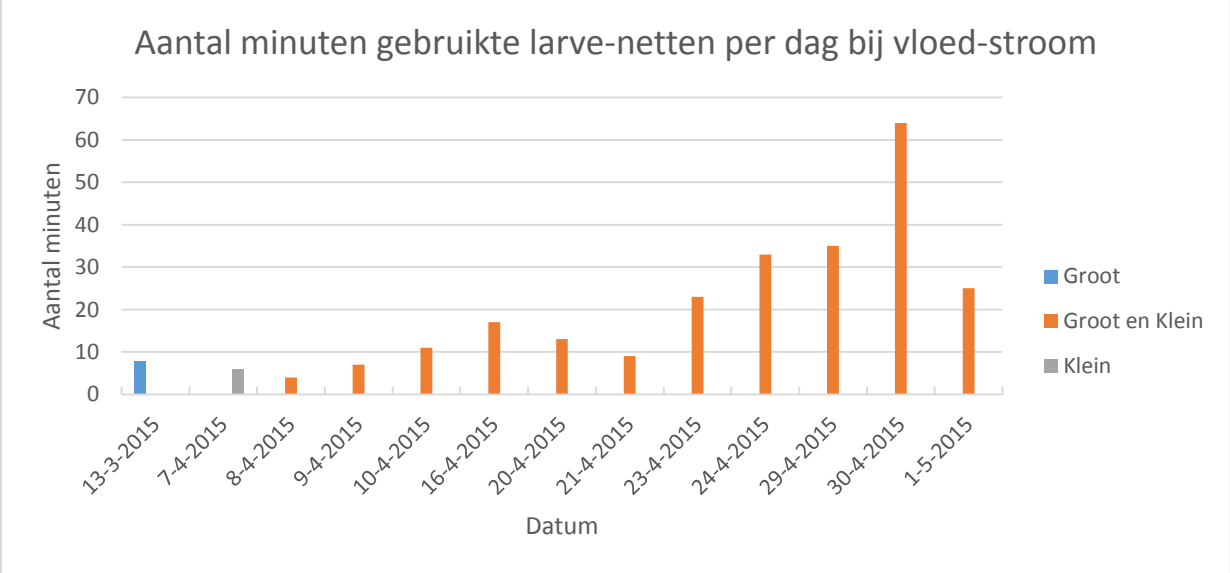
FIGUUR 30: AANTAL MINUTEN GEBRUIKTE LARVE-NETTEN PER DAG VOOR EB-TONG

Figuur 31 is de tweede in een serie van drie. Hierin is te zien dat er drie keer is bemonsterd met zowel 2 grote als 2 kleine larve-netten en één keer met 2 kleine larve-netten. Hier hebben ook alle monitoringen minstens 10 minuten geduurd, met een top op 28 april van 35 minuten.



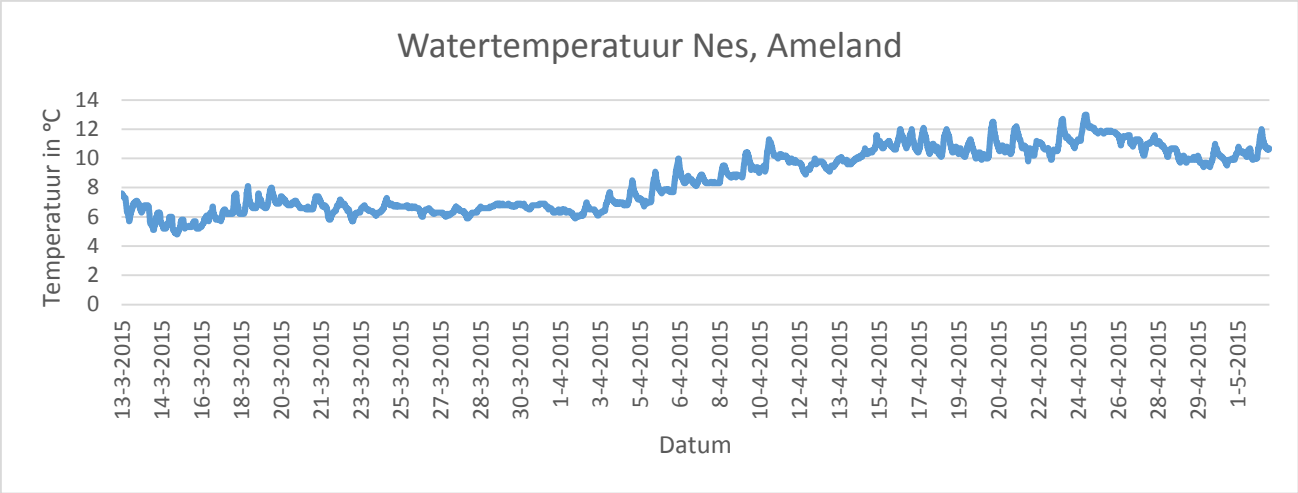
FIGUUR 31: AANTAL MINUTEN GEBRUIKTE LARVE-NETTEN PER DAG BIJ VLOED-TONG

De laatste uit een serie van drie, is Figuur 32. Hierin is te zien dat er één keer met 2 grote larve-netten, elf keer met 2 grote en 2 kleine larve-netten en één keer alleen met 2 kleine larve-netten is gevist. Hierin is te zien dat het minst aantal minuten is bemonsterd op 8 april (4 minuten) en het meest aantal minuten op 30 april (64 minuten).



FIGUUR 32: AANTAL MINUTEN GEBRUIKTE LARVE-NETTEN PER DAG BIJ VLOED-STROOM

In Figuur 33 is het verloop in watertempratuur zichtbaar gemaakt van de meetperiode 13-03-2015 tot 01-05-2015. De meetpunt is op het Wad vlakbij Nes Ameland. Dit was de dichtst bijzijnde punt waarvoor data van watertemperatuur beschikbaar is. In de grafiek valt op dat de temperatuur langzaam oploopt. Met start van plus minus 8 graden Celsius en eindigt op ongeveer 9 graden Celsius.



FIGUUR 33: WATERTEMPERATUUR NES, AMELAND

In Bijlage 3 en

Dag	Minuten	Getij	Plaats	Afmeting	Omwentelingen	M3/s	M3
28-4-2015	35	Vloed	Ondiep	Groot	2886	0,159	333,9
28-4-2015	35	Vloed	Ondiep	Klein	230	0,004	8,4
29-4-2015	19	Eb	Diep	Groot	1764	0,179	204,06
29-4-2015	19	Eb	Diep	Klein	193	0,006	6,84
29-4-2015	35	Vloed	Diep	Groot	326	0,018	37,8
29-4-2015	35	Vloed	Diep	Klein	43	0,001	2,1
30-4-2015	15	Eb	Diep	Groot	1494	0,192	172,8
30-4-2015	15	Eb	Diep	Klein	251	0,01	9
30-4-2015	64	Vloed	Diep	Groot	1470	0,044	168,96
30-4-2015	64	Vloed	Diep	Klein	6	NIHIL	NIHIL
1-5-2015	24	Eb	Diep	Groot	1875	0,15	216
1-5-2015	24	Eb	Diep	Klein	420	0,011	15,84
1-5-2015	25	Vloed	Diep	Groot	4740	0,365	547,5
1-5-2015	25	Vloed	Diep	Klein	599	0,015	22,5

Bijlage 4 zijn twee tabellen opgenomen met een overzicht van enkele kenmerkende gegevens van de monitoringsdagen. Hierin is te lezen hoeveel debiet, volgens de analoge debietmeters, is bemonsterd.

Bemonsteringen kruisnet

Voor en na het monitoren is indien mogelijk met een kruisnet gevist. Zoals in de Tabel 4 zichtbaar is, is op sommige dagen een nul ingevuld of weinig lichtingen geweest terwijl er twee keer is gemonitord met de larve-netten. De oorzaak hiervan ligt in het spuibeheer, tijdens spuien kon er vanwege de stroming niet gevist worden met het kruisnet.

TABEL 4: AANTAL KRUISNETMONITORINGEN PER DAG

Datum	Aantal lichtingen
16-3-2015	0
19-3-2015	4
7-4-2015	5
8-4-2015	4
9-4-2015	6
10-4-2015	4
14-4-2015	0
15-4-2015	27
16-4-2015	10
17-4-2015	3
20-4-2015	4
21-4-2015	6
23-4-2015	6
24-4-2015	9
28-4-2015	10
30-4-2015	6
Totaal	122

Totale vangsten

In Tabel 5 zijn alle organismen opgenomen die gevangen zijn tijdens de larve-nettenmonitoring in Lauwersoog. In totaal zijn er 156.014 organismen gevangen. Het grootste deel bestaat uit zeedruiven (*Pleurobrachia pileus*), omgerekend in percentages is dit 88,5 % van het totaal. De meest gevangen vissoort is sprot (*Sprattus sprattus*), omgerekend in percentage is dit 10,1 % van het totaal. Haring is de grootste vissoort die tijdens dit onderzoek is gevangen, de lengte hiervan bedroeg 30 centimeter. In Bijlgage 6 zijn enkele foto's opgenomen van de vangsten.

TABEL 5: TOTALE VANGSTEN TIJDENS DE BEMONSTERINGSPERIODE EN OMGEREKENDE HOEVEELHEDEN VOOR DE GEBRUIKTE SPUIEENHEID

Nederlandse benaming	*Latijnse benaming*	Aantal	Berekende hoeveelheid
Zeedruif	*Pleurobrachia pileus*	138.132	18.446.347
Sprot	*Sprattus sprattus*	15.811	2.112.651
Klepelklokje	*Sarsia tubulosa*	769	102.533
Meloenkwal	*Beroe cucumis*	407	55.499
Kleine zeenaald	*Syngnathus rostellatus*	195	26.821
Botervis	*Pholis gunnellus*	186	24.800
Glasaal	*Anguilla anguilla*	186	30.225
Platvis spec.*	*Pleuronectidae spec.*	131	17.553
Driedoornige stekelbaars	*Gasterosteus aculeatus*	111	19.361
Gewone garnaal	*Crangon crangon*	34	5.355
Zeedonderpad	*Myoxocephalus scorpius*	9	1.200
Harder spec.	*Mugilidae spec.*	7	933
Lozano's grondel	*Pomatoschistus lozanoi*	4	533
Penseelkrab	*Hemigrapsus takanoi*	4	533
Schol	*Pleuronectes platessa*	3	400
Zager	*Alitta virens*	3	400
Zandspiering	*Ammodytes tobianus*	3	400
Glasgrondel	*Aphia minuta*	2	267
Haring	*Clupea harengus*	2	267
Slakdolf	*Brotula barbata*	2	267
Steurgarnaal	*Palaemon serratus*	2	267
Kwal spec.	*Cnidaria spec.*	1	133
Langspriet	*Corophium volutator*	1	133
Tiendoornige stekelbaars	*Pungitius pungitius*	1	133
Zeebaars	*Dicentrarchus labrax*	1	133
Totaal		156.014	20.847.144

*: Op basis van lengte en vangstdatum, waarschijnlijk bot.

In de laatste kolom van de Tabel 5 staat aangegeven wat de hoeveelheid gepasseerde organismen in theorie zou zijn. Hiervoor is berekend dat er in theorie 0,75% is bemonsterd per moment, dit heeft te maken met de oppervlaktes van de netten en sluisdeuren. Hieronder is de berekening voor dit percentage weergegeven.

Afmeting deur:
Hoogte waterkolom bij gelijkwater: 4,25 meter
Breedte sluisdeur: 8 meter
Oppervlakte: 4,25 * 8 = 34 m^2
Aantal deuren per monitoring: 4
Totale oppervlakte tijdens monitoring: 34 * 4 = 136m^2

Afmetingen larve-net:
Oppervlakte kleine larve-net: 0,125 m^2
Aantal kleine larve-netten: 2
Oppervlakte grote larve-net: 0,385 m^2
Aantal grote larve-netten: 2
Totale oppervlakte larve-netten: 0,125 * 2 + 0,385 * 2 = 1,02 m^2

Percentage afgevangen hoeveelheid: 100 / (136 / 1,02) = 0,75 %

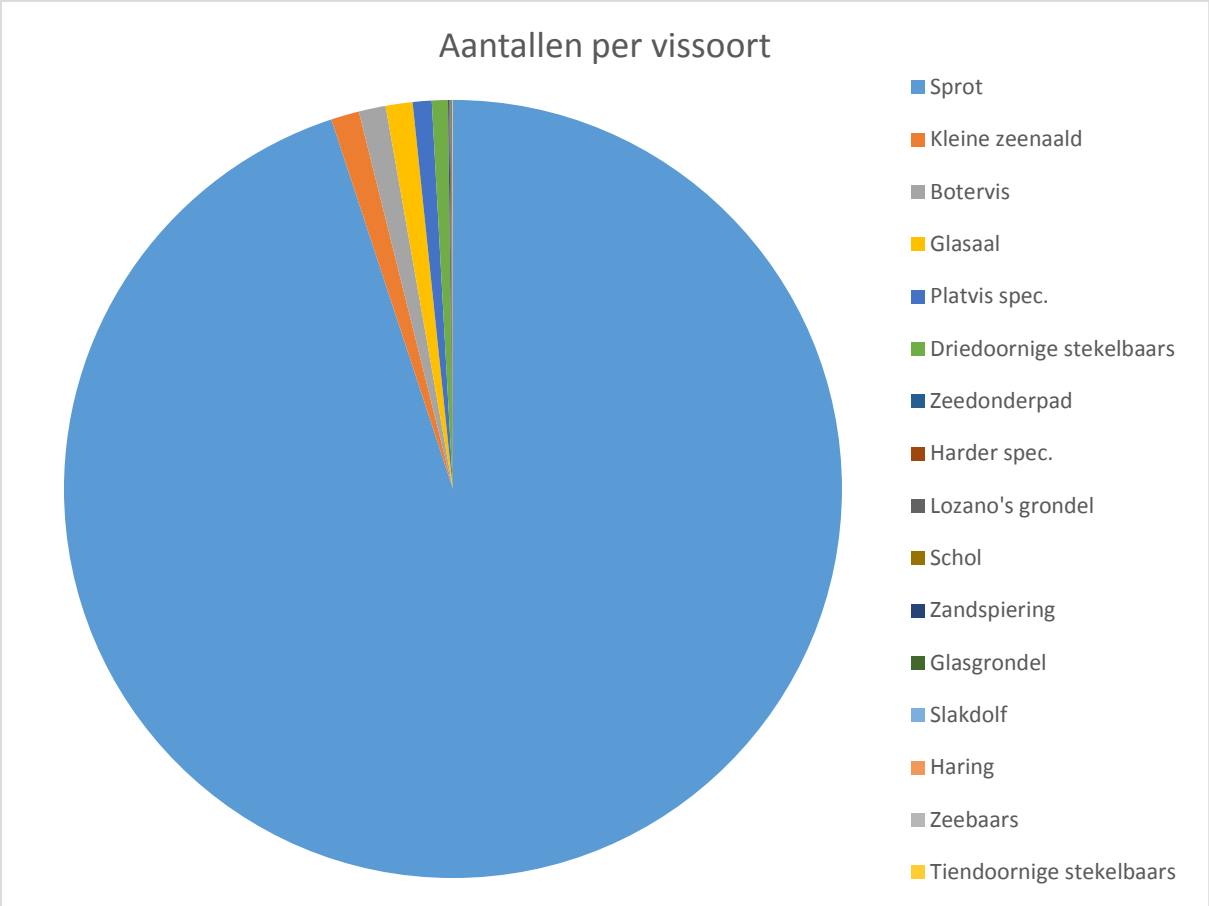
In Tabel 6 zijn de kruisnetvangsten uitgezet. Wat opvalt, is dat er maar twee vissoorten zijn gevangen, kleine zeenaald en slakdolf. Dit zijn zwakke zwemmers. Tijdens de kruisnetmonitoring werd regelmatig niets gevangen namelijk 62 keer van de 122 keer. Zeedruif is het meest gevangen organisme (94,1%) namelijk 256 van de 272 gevangen organismen. In tegenstelling tot de larve-netten, is er in het kruisnet geen sprot aangetroffen.

TABEL 6: TOTALE VANGSTEN KRUISNET VOOR EN NA GEBRUIK VAN DE VISMODULE TIJDENS DE BEMONSTERINGSPERIODE

Nederlandse benaming	***Latijnse benaming***	**Aantal voor**	**Aantal na**
Zeedruif	*Pleurobrachia pileus*	181	75
Kleine zeenaald	*Syngnathus rostellatus*		6
Gewone garnaal	*Crangon crangon*	2	1
Steurgarnaal	*Palaemon serratus*		2
Meloenkwal	*Beroe cucumis*	2	
Slakdolf	*Brotula barbata*	1	1
Klepelklokje	*Sarsia tubulosa*	1	
Totaal		187	85
Geen vangsten		38	24

Vissoorten

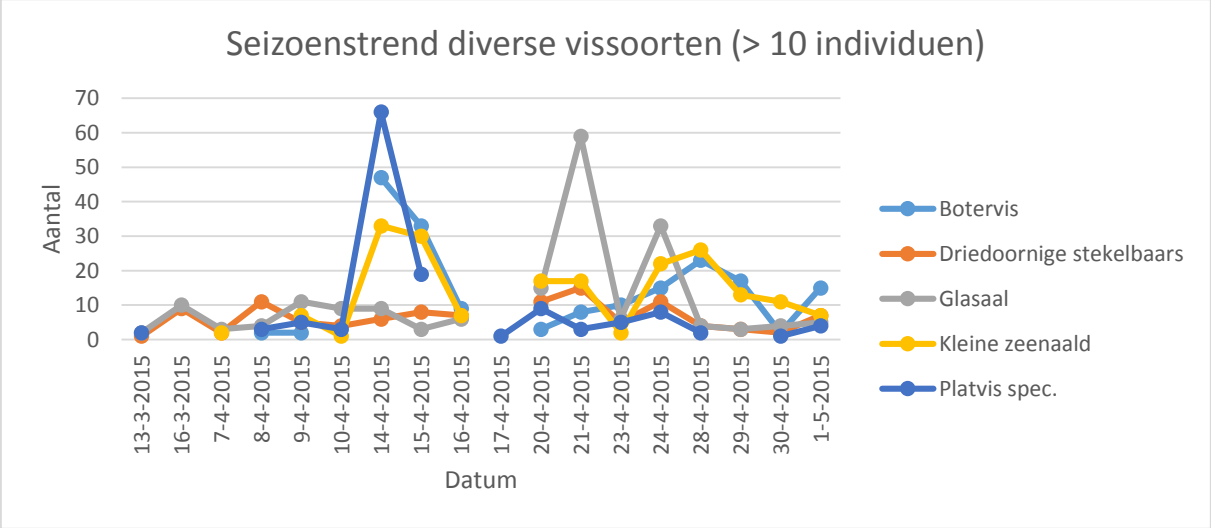
In Figuur 34 is te zien dat er in totaal 16 vissoorten zijn gevangen, waarvan het grootste deel sprot is. Hiervan is de tiendoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*) de enige zoetwatervis. Van deze soort is echter bekend dat ze gebruik kunnen maken van estuaria. Er zijn in totaal 2 diadrome, 6 esauriene en 5 mariene soorten gevangen. De soorten Lozano's grondel (*Pomatoschistus lozanoi)* en platvis spec. zijn niet ingedeeld naar een gilde. Dit komt omdat voor de Lozano's grondel niet bekend is in welke gilde de vis thuishoort en bij Platvis spec. de soort onbekend is. De indeling naar gildes is gedaan op basis van de tabel die in Bijlage 1 is toegevoegd.



FIGUUR 34: VERDELING AANTAL GEVANGEN VISSEN PER SOORT

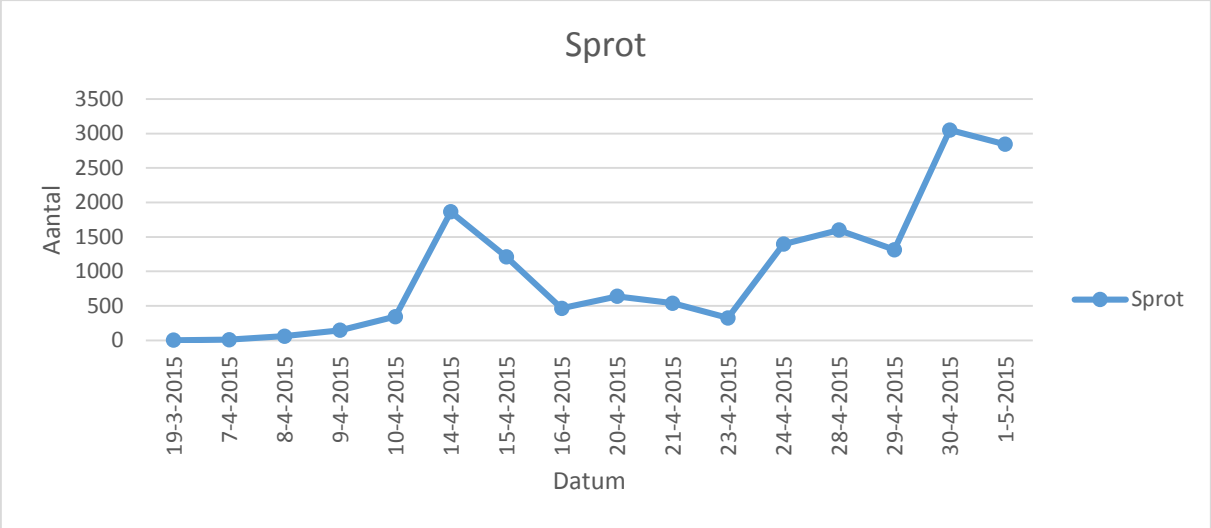
Grafieken van de vissoorten in tijd

In Figuur 35 zijn trends te zien voor de vissen waarvan tijdens de monitoring meer dan 10 individuen zijn gevangen. Op de x-as is de datum en op de y-as de aantal gevangen vissen gezet. Wat opvalt, is dat er meerdere pieken zijn en voor de meeste vissoorten een gat valt op 17 april, met uitzondering van platvislarven. De grootste piek ligt op 14 april en wordt veroorzaakt door de platvislarven (66 individuen). Hierbij moet wel worden vermeld dat erop deze dag twee momenten zijn bemonsterd.



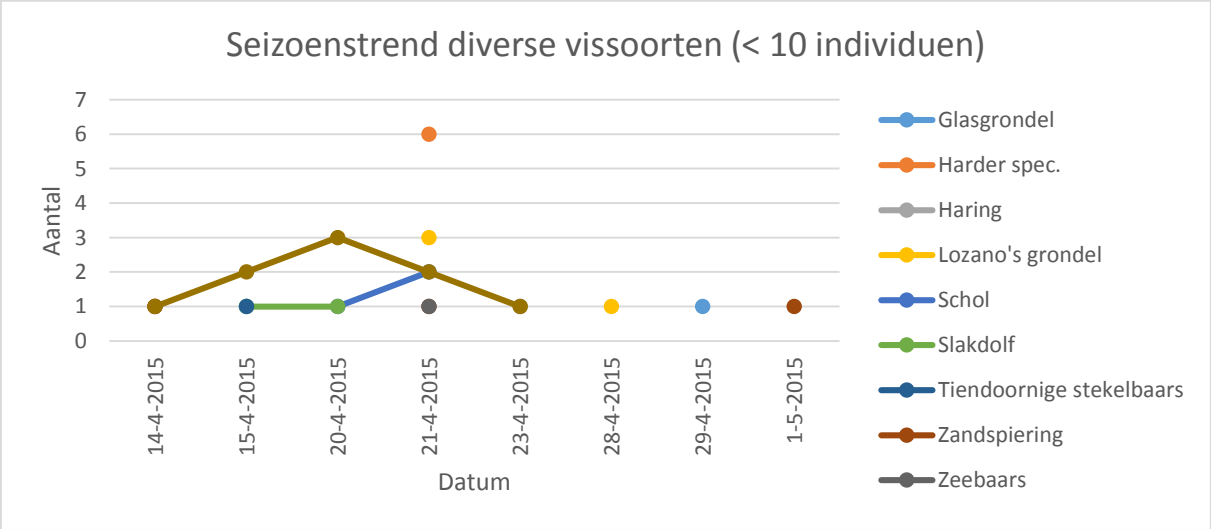
FIGUUR 35: SEIZOENSTREND DIVERSE GEVANGEN VISSOORTEN (> 10 INDIVIDUEN)

In Figuur 36 is het aantal gevangen sprotten (y-as) tegenover de datums (x-as) neergezet. Hierin valt op dat er op 14 en 15 april een piek ligt in de aantallen en dat daarna het langzaam oploopt. Er zijn in totaal 16 dagen geweest waarop sprotten zijn gevangen. Met 30 april als dag met het hoogst aantal gevangen individuen (3051). Opmerking is wel dat op 30 april er twee momenten zijn bemonsterd.



FIGUUR 36: SEIZOENSTREND GEVANGEN SPROT

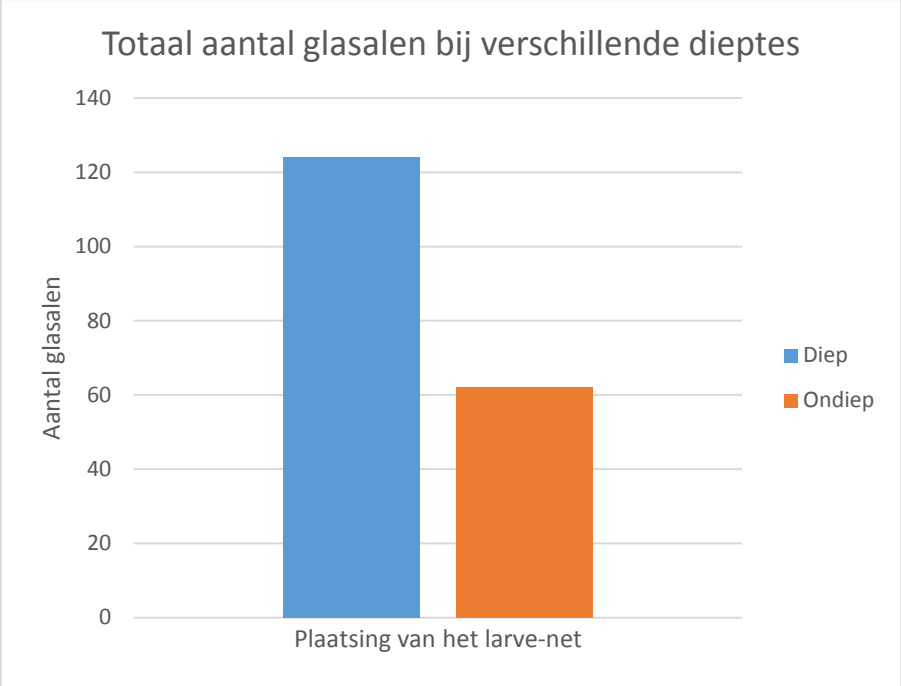
In Figuur 37 is de seizoenstrend voor de vissen gemaakt die in totale aantallen onder de 10 individuen liggen. Deze vissen zijn apart genomen omdat hierin nauwelijks een trend zichtbaar is, zoals in de grafiek is te zien. Wat opvalt, is dat er nog wel lijnen zichtbaar zijn voor zeedonderpad en schol, maar voor de andere vissoorten niet. Dit komt doordat de andere vissoorten op één dag zijn gevangen en/of er dagen tussen de vangsten liggen. Van de soort harder spec. zijn er namelijk 7 stuks gevangen maar in de grafiek is maar één stip zichtbaar, deze stip geeft weer dat er op 21 april 6 stuks zijn gevangen. De andere harder spec. is namelijk gevangen op 14 april, maar is niet zichtbaar door de andere markeringen.



FIGUUR 37: SEIZOENSTREND DIVERSE GEVANGEN VISSOORTEN (< 10 INDIVIDUEN)

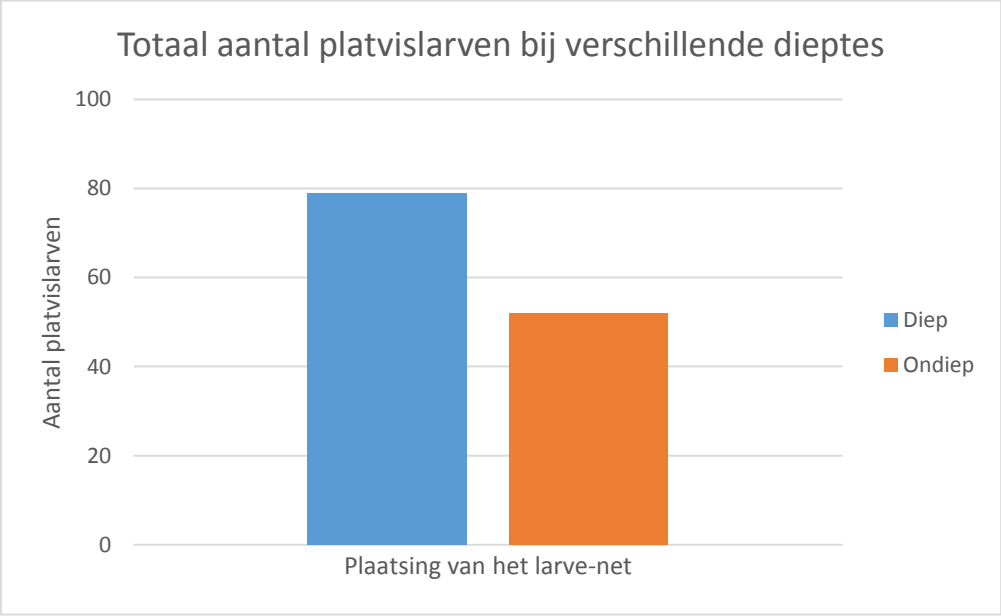
Migratie van larven

In Figuur 38 is aangegeven in welke diepte glasalen zijn gevangen. Hierin is op de x-as de plaatsing van het larve-net neergezet en op de y-as het totaal aantal gevangen glasalen. Hierin is te zien dat glasalen meer in de diepe larve-netten worden gevangen. In de statistische analyse wordt weergegeven of er een significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten en de dieptes.



FIGUUR 38: TOTAAL AANTAL GEVANGEN GLASALEN BIJ VERSCHILLENDE DIEPTES

In Figuur 39 is aangegeven in welke diepte platvislarven zijn gevangen. Hierin is op de x-as de plaatsing van het larve-netten en op de y-as het totaal aantal gevangen platvislarven neergezet. Wat opvalt is, dat er meer platvislarven worden gevangen in diepe larve-netten. In de statistische analyse wordt weergegeven of er een significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten en de dieptes.



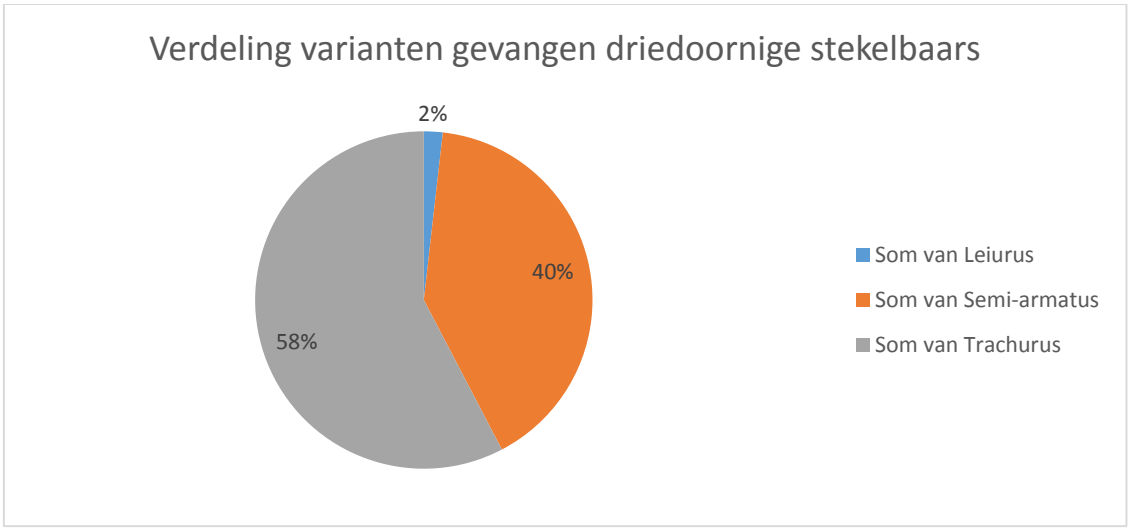
FIGUUR 39: AANTAL GEVANGEN PLATVISLARVEN BIJ VERSCHILLENDE DIEPTES

In Bijlage 3 is zichtbaar dat het aantal bemonsterde kubieke meter water varieert van moment tot moment. Dit is belangrijk om mee te nemen om een completer beeld te vormen over de gepasseerde vissen. Zo zijn er korte momenten waarin veel kubieke meter water is gemonitord (21 april) en lange momenten waarin weinig kubieke meter water is gemonitord (30 april). Uit de analeptische waarnemingen is gebleken dat de stroming eerst binnenkomt in de middelste kokers en daarna de buitenste. In Figuur 40 is dit te zien, het grijze zeewater komt hier in de middelste kokers binnenstromen. In de tabel (bijlage 3) is tevens te zien dat de debietmeter in het diepe grote larve-net meer rotaties maakt dan in de andere larve-netten. Hiermee wordt de analeptische waarneming bevestigd.



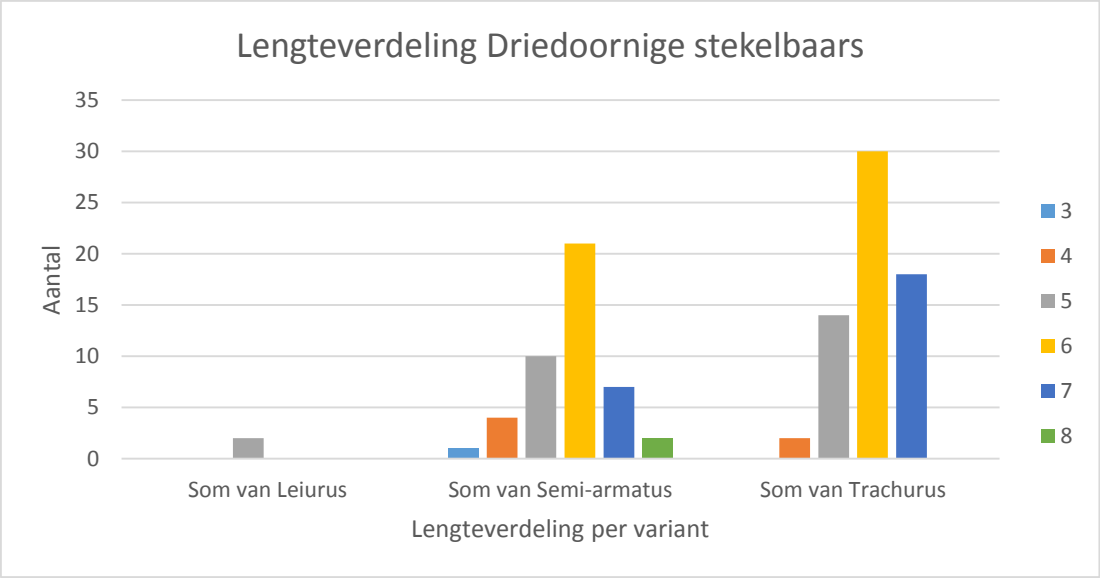
FIGUUR 40: ZOUTWATER KOMT HET LAUWERSMEER BINNEN, BRON: AUTEURS

De driedoornige stekelbaarzen die gevangen zijn in het larve net, zijn ook gedetermineerd op de drie varianten (zie Figuur 41). Trachurus is met 58% de meest gevangen variant. Daarna komt met 40% de semi-Armatus variant. 2% van de gevangen stekelbaarzen was de Leiurus variant.



FIGUUR 41: VERDELING VARIANTEN GEVANGEN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS

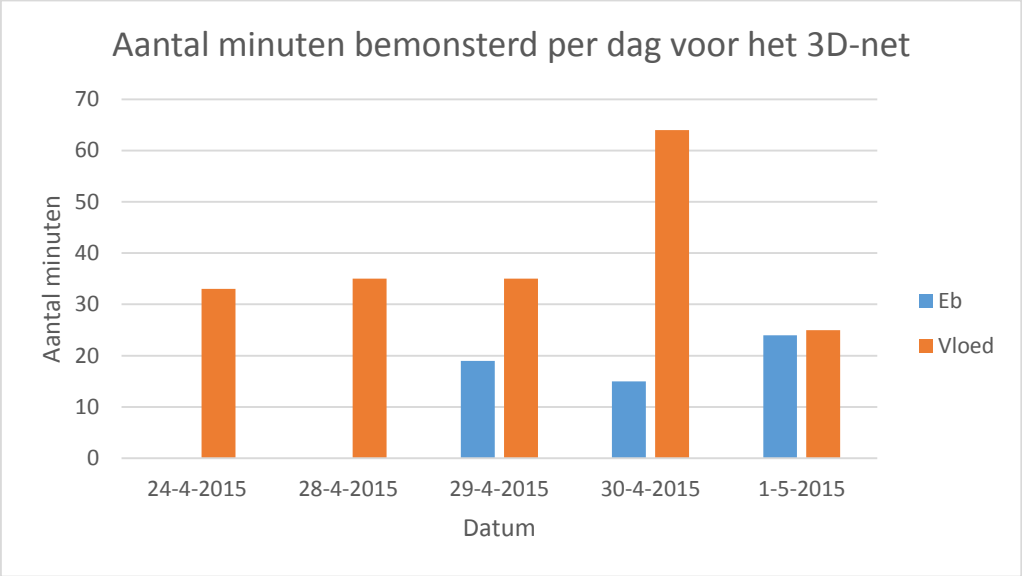
In Figuur 42 is de lengteverdeling per gevangen variant van driedoornige stekelbaars gemaakt. Bij de Trachurus variant is de verdeling meer gepiekt in de 6 en 7 centimeter. Bij de semi-Armatus is de verdeling meer verdeeld, met de meeste aangetroffen van 6 centimeter. De Leiurus variant is twee maal aangetroffen met een grootte van 5 centimeter.



FIGUUR 42: LENGTEVERDELING VARIANTEN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS

Vangsten 3D-net

Op de locatie is ook getest met een zo'n genoemde 3D-net. Vangsten van deze methode waren bedoeld om de mogelijke ontwijkende vissen op te vangen. In Figuur 43 is het aantal bemonsterde minuten met welk getij en datum te zien. In deze grafiek is zichtbaar dat het aantal bemonsteringen en aantal minuten met vloed meer is.



FIGUUR 43: AANTAL MINUTEN BEMONSTERD PER DAG VOOR HET 3D-NET

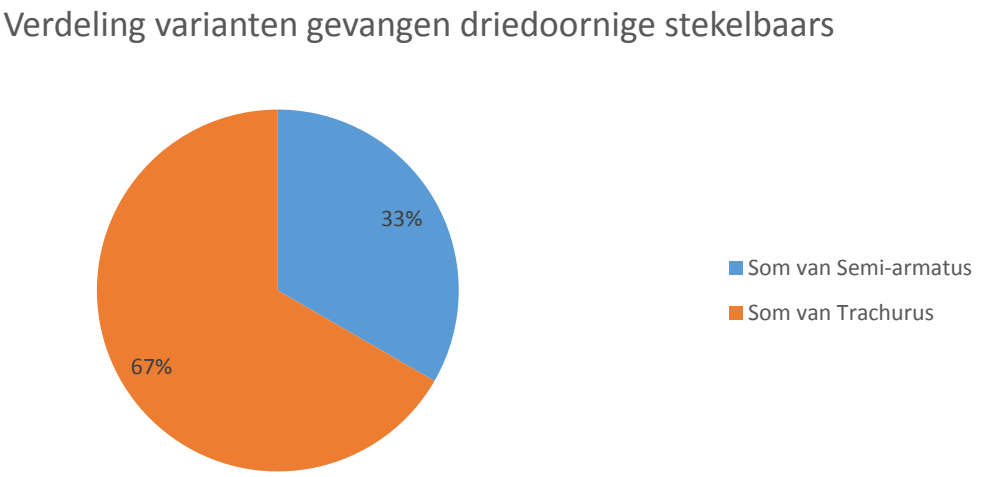
In

Tabel **7** is een overzicht weergeven van de gevangen aantallen bij dit net. Van de totale gevangen organismen is de zeedruif met een aantal van 26640 de meest aangetroffen soort. Van de vissen is sprot het meest aangetroffen, in totaal 276. Glasalen en botten zijn niet aangetroffen in dit net, zoals van te voren werd gedacht omdat de maaswijdte te groot was.

TABEL 7: TOTALE VANGSTEN 3D-NET

Nederlandse benaming	*Latijnse benaming*	Aantal
Zeedruif	*Pleurobrachia pileus*	26.640
Meloenkwal	*Beroe cucumis*	1.385
Sprot	*Sprattus sprattus*	276
Klepelklokje	*Sarsia tubulosa*	180
Driedoornige stekelbaars	*Gasterosteus aculeatus*	30
Penseelkrab	*Hemigrapsus takanoi*	2
Kleine zeenaald	*Syngnathus rostellatus*	2
Totaal		28.515

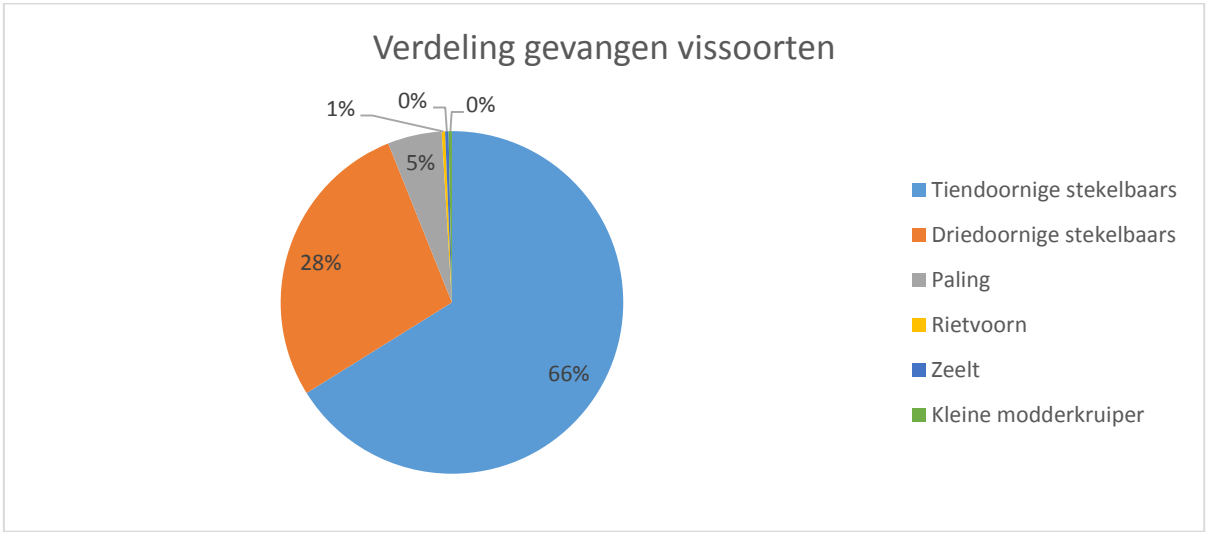
In dit kruisnet is evenals bij de larve-netten de driedoornige stekelbaars ingedeeld in de drie varianten. Een overzicht van de verdeling is zichtbaar gemaakt in Figuur 44. De Trachurus-variant is met 67% van de vangst het meest aangetroffen. 33% van de vangst was een semi-Armatus-variant. De Leiurus-variant is niet aangetroffen.



FIGUUR 44: VERDELING VARIANTEN GEVANGEN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS

Esumakeech

Bij Esumakeech zijn zes vissoorten gevangen, waarvan tiendoornige stekelbaars de meest gevangen soort is (66%). Driedoornige stekelbaars is daarna de meest gevangen soort (28%). In de grafiek staat twee keer 0 en één keer 1 genoteerd terwijl de vissen wel zijn aangetroffen, dit komt doordat het getal zeer klein is. Namelijk de soorten: zeelt, kleine modderkruiper en rietvoorn zijn maar één keer aangetroffen. Een overzicht is geïllustreerd in Figuur 45.



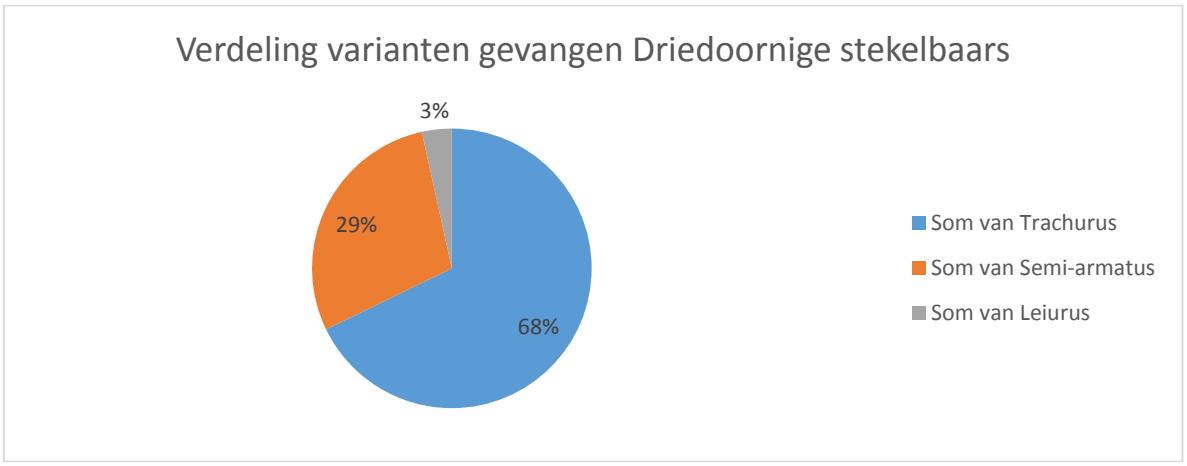
FIGUUR 45: VERDELING GEVANGEN VISSOORTEN

In Tabel 8 zijn de aantallen per soort geïllustreerd die zijn gevangen te Esumakeech. Er zijn in totaal 313 vissen gevangen, waarvan er 87 driedoornige stekelbaarzen zijn. In de tabel zijn de lengtes van de vissen niet meegenomen, maar wat wel is opgevallen is dat er meerdere kleine palingen zijn gevangen (< 20 cm). De palingen hadden een lengte van 12 tot 35 centimeter, waarbij kleine palingen (<10 cm) door de mazen van het net zijn ontsnapt. In Bijlgage 6 zijn enkele foto's opgenomen van de vangsten.

TABEL 8: TOTALE VANGSTEN ESUMAKEECH

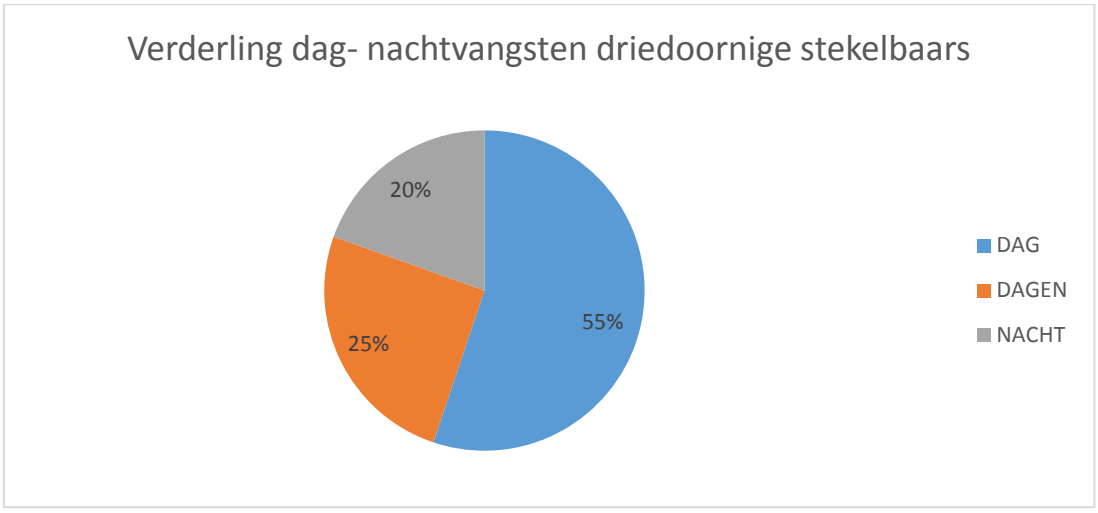
Nederlandse benaming	***Latijnse benaming***	**Aantal**
Tiendoornige stekelbaars	*Pungitius pungitius*	207
Driedoornige stekelbaars	*Gasterosteus aculeatus*	87
Paling	*Anguilla anguilla*	16
Kleine modderkruiper	*Cobitis taenia*	1
Rietvoorn	*Scardinius erythrophthalmus*	1
Zeelt	*Tinca tinca*	1
Totaal		313

Van de gevangen driedoornige stekelbaarzen was 68% de Trachurus-variant, 29% de semi-Armatus en 3% de Leiurus-variant. In Figuur 46 is de verdeling in een pie-chart weergegeven.



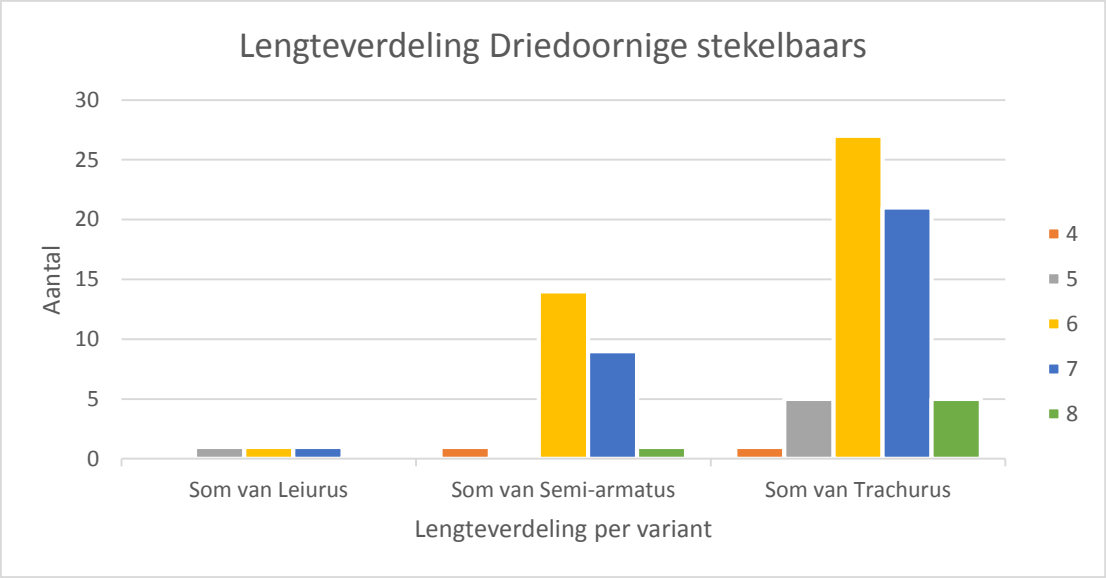
Figuur 46: Verdeling varianten gevangen driedoornige stekelbaars

Doordat de netten op werkdagen twee keer per dag geleegd werden, kan een verdeling worden gemaakt wanneer de driedoornige stekelbaarzen migreren. 55% van de driedoornige stekelbaarzen is gevangen bij het leggen van het net in de namiddag. Deze driedoornige stekelbaarzen zijn de vissen die tussen de ochtend tot namiddag door de passage zijn gekomen. 25% van de driedoornige stekelbaarzen werden opgevangen tussen de namiddag en de ochtend erna. De overige 20% is gevangen in de metingen die in het weekend geleegd zijn. Zie Figuur 47 voor de totale overzicht.



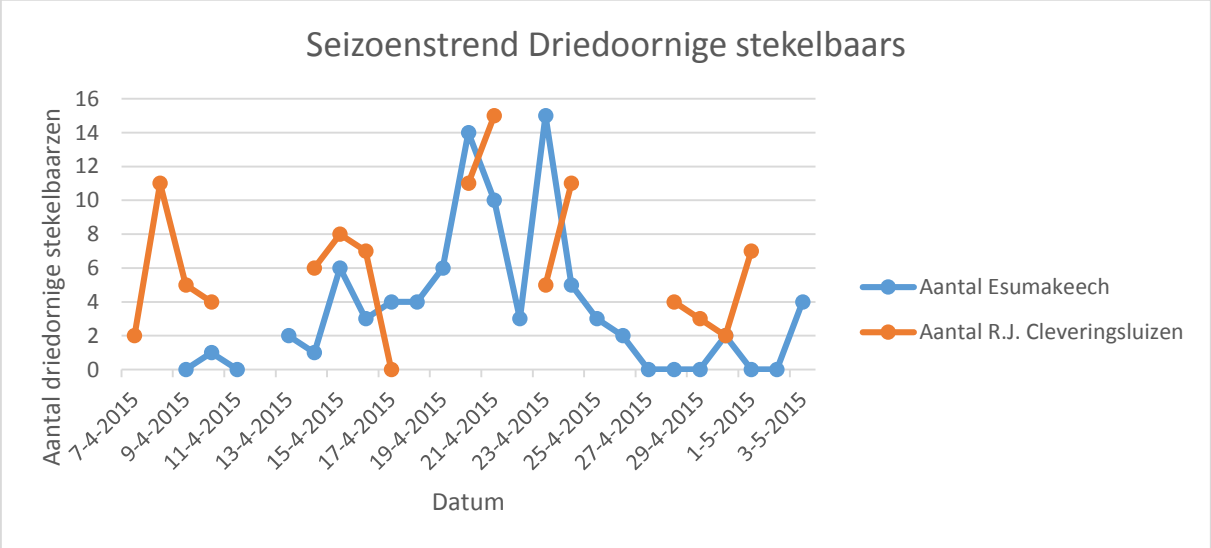
Figuur 47: Verdeling dag- nachtvangsten driedoornige stekelbaars

In Figuur 48 is de lengteverdeling weergegeven van de aangetroffen drie varianten. De Trachurus-variant en semi-Armatus variant zijn de meeste aangetroffen met een lengte van 6 en daarna 7 centimeter. De Leurius vorm is drie keer aangetroffen met de lengtes van 5, 6 en 7 centimeter.



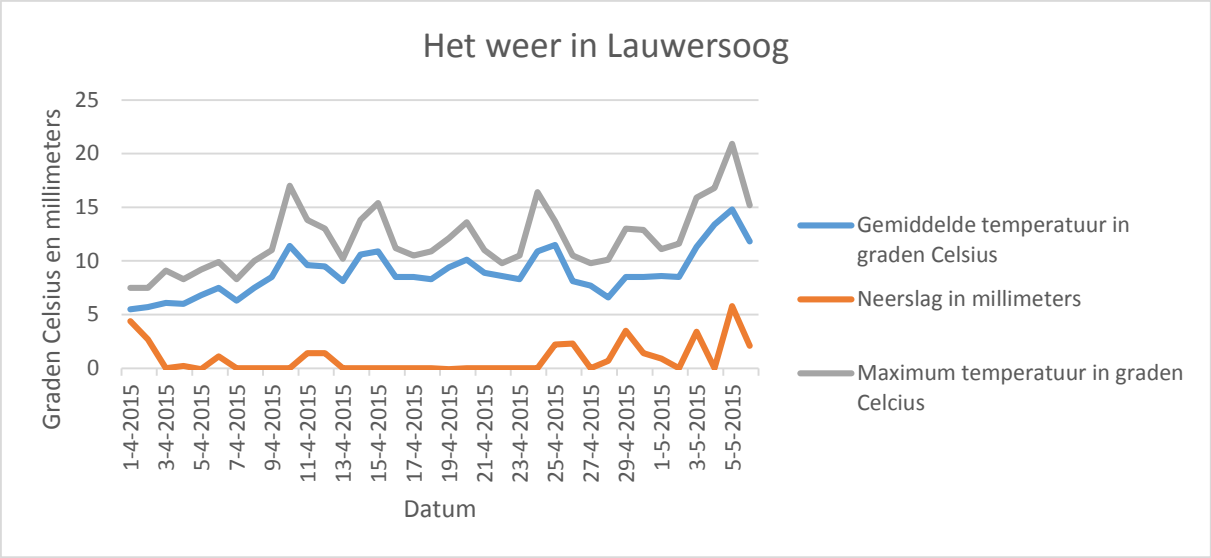
FIGUUR 48: LENGTEVERDELING GEVANGEN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS

In Figuur 49 is de seizoenstrend van de driedoornige stekelbaars weergegeven, voor zowel de locatie Esumakeech als R.J. Cleveringsluizen. Hierin is te zien dat er voor beide locaties pieken liggen op 15, 23 en 24 april. Wanneer de driedoornige stekelbaars de R.J. Cleveringsluizen hebben gepasseerd zal er een vertraging in de trend bij Esumakeech moeten optreden vanwege de afstand die moet worden overbrugd. De grafiek laat zien dat de pieken op dezelfde dagen liggen, waardoor kan worden aangenomen dat de migratie door een andere factoren wordt verklaard omdat er geen vertraging zichtbaar is. De gaten in de grafiek zijn ontstaan doordat er op deze dagen niet is gemonitord. In de grafiek zijn alleen de dagen zichtbaar gemaakt voor de periode dat op beide locatie is gemonitord.



FIGUUR 49: SEIZOENSTREND DRIEDOORNIGE STEKELBAARS

In Figuur 50 is de trend van temperatuur en neerslag te zien. In de grafiek is te zien dat er niet veel neerslag is gevallen in de maand april. Wat opvalt in deze grafieken is dat de pieken van de seizoenstrend van driedoornige stekelbaars bij Esumakeech overeenkomen met het weer. Tijdens dagen met een hogere temperatuur en minder neerslag zijn meer driedoornige stekelbaarzen gevangen dan koudere en nattere dagen.



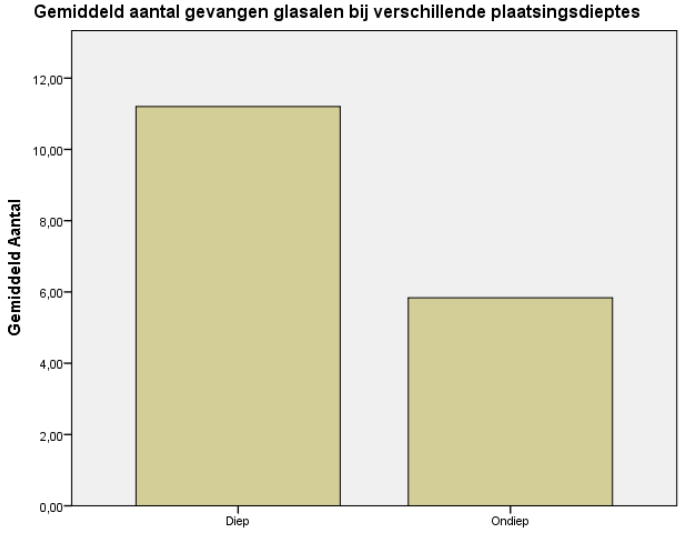
Figuur 50: Het weer in Lauwersoog, Temperatuur en Neerslag, Bron: (KNMI, 2015a)

Analyse

De statistische analyses die uitgevoerd zijn, zijn methodisch beschreven in stap 3 van de methode. In Bijlage 5 zijn de uitkomsten van de toetsen weergegeven. Hieronder zijn de belangrijkste punten van de toetsen behandeld.

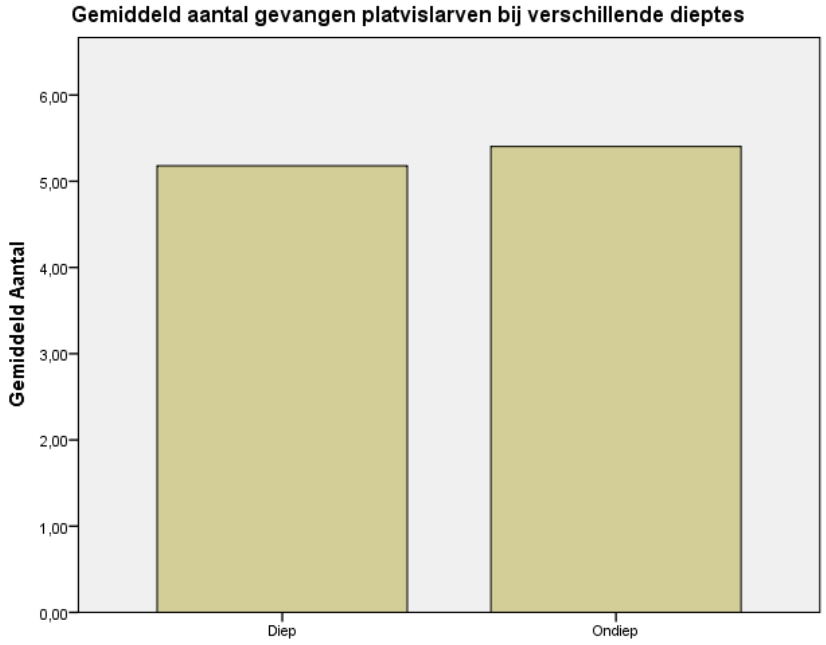
Toets 1: Glasaal

Voor glasaal is de significantie bij de Levene's test 0,171, dat is groter dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances assumed. Hierin is de significantie groter (0,154) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt gehandhaafd. Dit betekent dat er geen significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten tussen het diepe en ondiepe larvenet voor glasaal bij vloed en tong. In Figuur 51 is de grafiek van deze test weergegeven. Hierin staat op x-as de diepte en op de y-as het gemiddeld aantal gevangen glasalen.



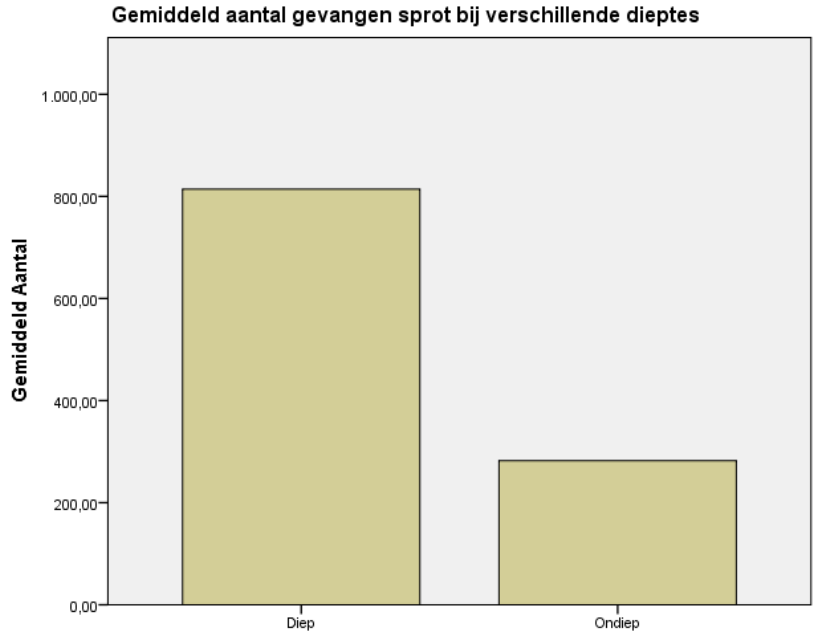
FIGUUR 51: GEMIDDELD AANTAL GEVANGEN GLASALEN BIJ VERSCHILLENDE DIEPTES

Toets 1: Platvis spec.
Voor platvis spec. is de significantie bij de Levene's test 0,539, dat is groter dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances assumed. Hierin is de significantie groter (0,940) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt gehandhaafd. Dit betekend dat er geen significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten tussen het diepe en ondiepe larve-net voor platvis spec. bij vloed en tong. In Figuur 52 is de grafiek van deze test weergegeven. Hierin staat op x-as de diepte en op de y-as het gemiddeld aantal gevangen platvislarven.



FIGUUR 52: GEMIDDELD AANTAL GEVANGEN PLATVISLARVEN BIJ VERSCHILLENDE PLAATSINGSDIEPTES

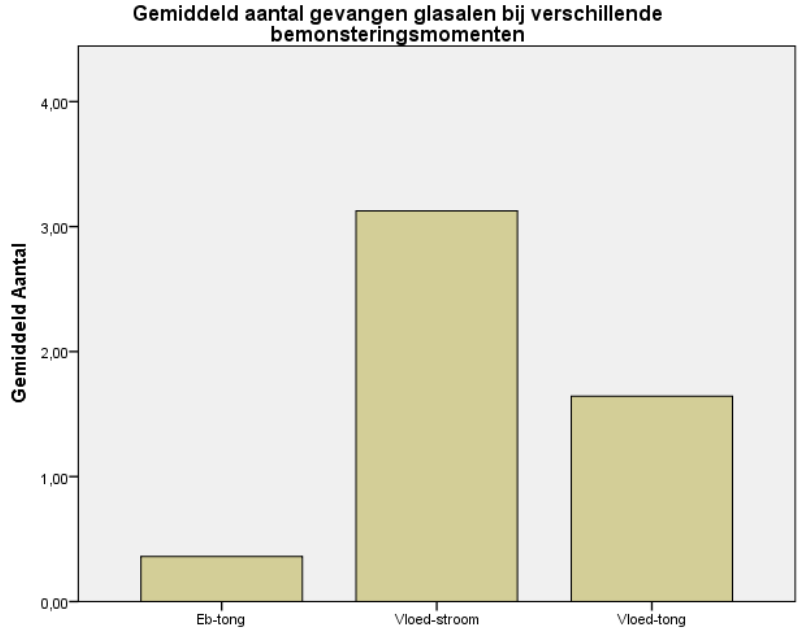
Toets 1: Sprot
Voor sprot is de significantie bij de Levene's test 0,000, dat is kleiner dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances not assumed. Hierin is de significantie kleiner (0,08) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt verworpen. Dit betekent dat er wel significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten tussen het diepe en ondiepe larve-net voor sprot bij vloed en stroom. Waarbij de voorkeur uitgaat naar het diepe larve-net, gemiddelde aantal diepe larve-net 814,29 ten op zichte van gemiddelde aantal ondiepe larve-net 282,20. In Figuur 53 is de grafiek van deze test weergegeven. Hierin staat op x-as de diepte en op de y-as het gemiddeld aantal gevangen sprot.



FIGUUR 53: GEMIDDELD AANTAL GEVANGEN SPROT BIJ VERSCHILLENDE PLAATSINGSDIEPTES

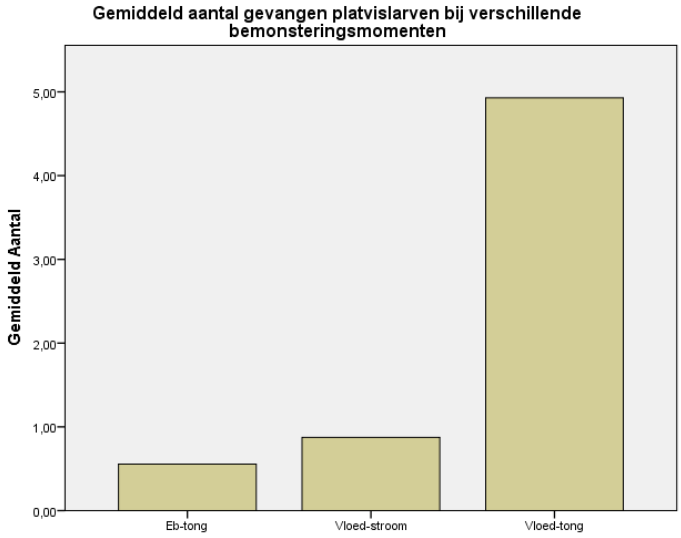
Toets 2: Glasaal

Voor glasaal ligt de significantie van de Kruskal-Wallis Test op 0,007, dit is lager dan de α (0,05). Daarom wordt de H_0-hypothese verworpen. Hierdoor mag worden geconcludeerd dat de verdeling glasaal niet gelijk is. Waarmee gezegd wordt dat de glasaal een voorkeur heeft voor migratie bij vloed-stroom, daarna vloed-tong en het minst voorkeur heeft om te migreren bij eb-tong. In Figuur 54 is de grafiek van deze test weergegeven. Hierin staat op x-as het bemonsteringsmoment en op de y-as het gemiddeld aantal gevangen glasalen.



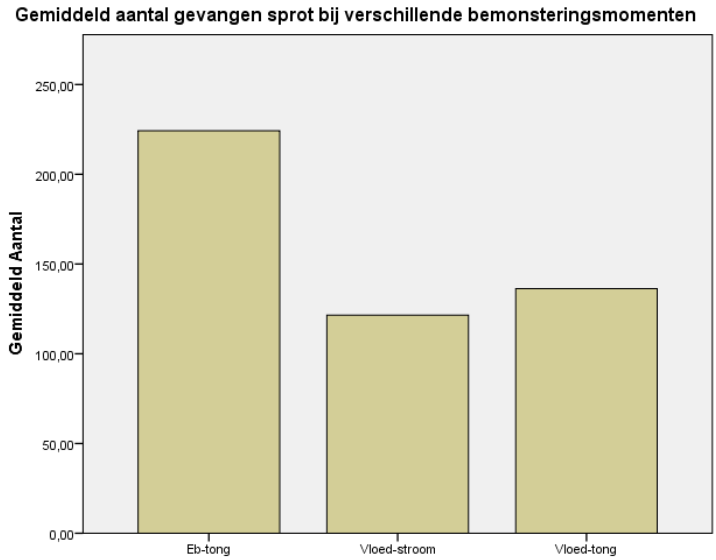
FIGUUR 54: GEMIDDELD AANTAL GEVANGEN GLASALEN BIJ VERSCHILLENDE BEMONSTERINGSMOMENTEN

Toest 2: Platvis spec.
Voor platvis spec. ligt de significantie van de Kruskal-Wallis Test op 0,203, dit is hoger dan de α (0,05). Daarom wordt de H_0-hypothese gehandhaafd. Hierdoor mag er worden geconcludeerd dat de verdeling van platvis over de bemonsteringsmomenten gelijk is en daarom geen voorkeur heeft. Dit kan worden verklaard door het selectief getijdentransport, platvissen gebruiken deze stroming om zich voort te beweggen (Kroon, 2009). In Figuur 55 is de grafiek van deze test weergegeven. Hierin staat op de x-as het bemonsteringsmoment en op de y-as het gemiddeld aantal gevangen platvislarven.



FIGUUR 55: GEMIDDELD AANTAL GEVANGEN PLATVISLARVEN BIJ VERSCHILLENDE BEMONSTERINGSMOMENTEN

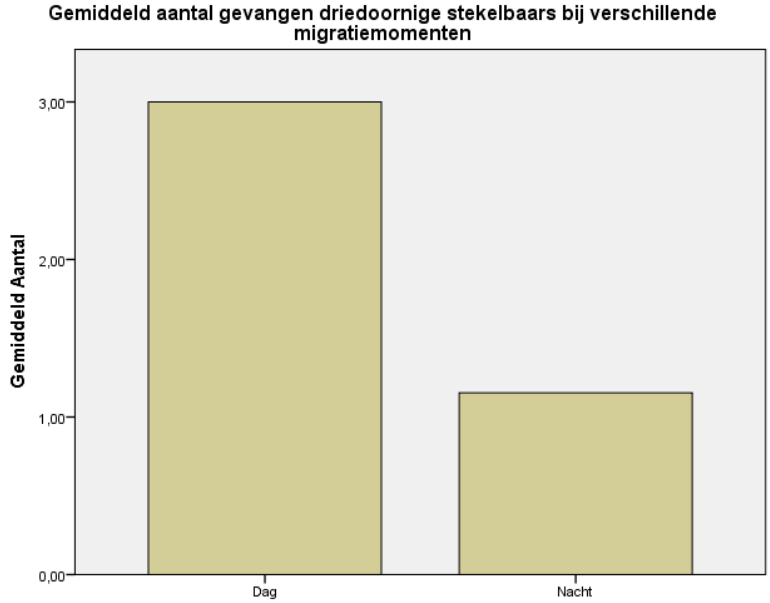
Toets 2: Sprot
Voor sprot ligt de significantie van de Kruskal-Wallis Test op 0,932, dit is hoger dan de α (0,05). Daarom wordt de H_0-hypothese gehandhaafd. Hierdoor mag er worden geconcludeerd dat de verdeling sprot over de bemonsteringsmomenten gelijk is en daarom geen voorkeur heeft. In Figuur 56 is de grafiek van deze test weergegeven. Hierin staat op de x-as het bemonsteringsmoment en op de y-as het gemiddeld aantal gevangen sprot.



FIGUUR 56: GEMIDDELD AANTAL GEVANGEN SPORT BIJ VERSCHILLENDE BEMONSTERINGSMOMENTEN

Toets 3: Driedoornige stekelbaars

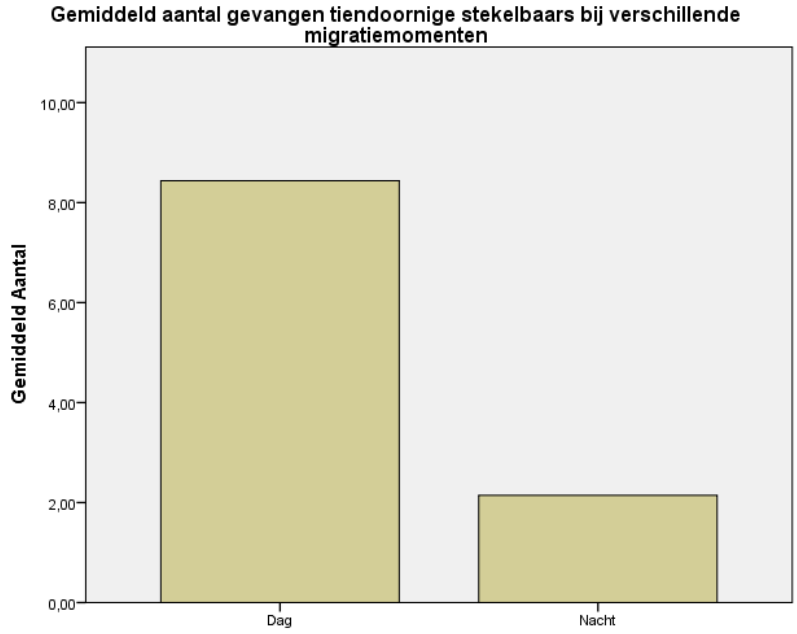
De significantie bij de Levene's test 0,101, dat is groter dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances assumed. Hierin is de significantie groter (0,104) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt gehandhaafd. Dit betekent dat er geen significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten driedoornige stekelbaars tussen het type bemonstering. Dit betekent dat er geen significant verschil is tussen migratie overdag en 's nachts. In Figuur 57 is de grafiek van deze test weergegeven. Hierin staat op de x-as het migratiemoment en op de y-as de gemiddeld aantal gevangen driedoornige stekelbaarzen.



FIGUUR 57: GEMIDDELD AANTAL GEVANGEN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS BIJ VERSCHILLENDE MIGRATIEMOMENTEN

Toets 3: Tiendoornige stekelbaars

De significantie bij de Levene's test 0,007, dat is kleiner dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances not assumed. Hierin is de significantie kleiner (0,037) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt gehandhaafd. Dit betekent dat er wel een significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten tiendoornige stekelbaars tussen het type bemonstering. Waarbij de voorkeur ligt voor migratie overdag, gemiddelde aantal dag 8,4375 ten op zichte van gemiddelde aantal nacht 2,1429. In Figuur 58 is de grafiek van deze test weergegeven. Hierin staat op de x-as het migratiemoment en op de y-as de gemiddeld aantal gevangen tiendoornige stekelbaarzen.



FIGUUR 58: GEMIDDELD AANTAL GEVANGEN TIENDOORNIGE STEKELBAARS BIJ VERSCHILLENDE MIGRATIEMOMENTEN

Toets 4: R.J. Cleveringsluizen x polder Esumakeech

De Pearson Chi-Square geeft aan dat de significantie 0,196 is. Dit is hoger dan de α (0,05), waardoor de H_0-hypothese wordt gehandhaafd. Dit betekent dat de verhoudingen in de varianten van de driedoornige stekelbaarzen bij de beide locatie niet verschillend zijn. Het grootste deel bestaat uit de variant Trachurus, gevolgd door Semi-armatus en het kleinste deel bestaat uit de Leiurus variant. In Figuur 59 staat de uitkomst van deze test weergegeven. Hierin is de verhouding gevangen varianten driedoornige stekelbaarzen vergeleken tussen beide monitoringslocaties.

Variant * Locatie Crosstabulation

			Locatie		Total
			Polder Esumakeech	R.J. Cleveringsluizen	
Variant	Leiurus	Count	3	2	5
		Expected Count	2,2	2,8	5,0
	Semi-armatus	Count	25	45	70
		Expected Count	30,8	39,2	70,0
	Trachurus	Count	59	64	123
		Expected Count	54,0	69,0	123,0
Total		Count	87	111	198
		Expected Count	87,0	111,0	198,0

FIGUUR 59: KRUISTABEL VOOR DE VERGELIJKING VAN DE VERHOUDING IN VARIANTEN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS

Effectiviteit Cleveringsluizen

Om de effectiviteit van het visvriendelijke beheer van de R.J. Cleveringsluizen vast te stellen zijn er vele variabelen van invloed. De zwemcapaciteit van de larven is van belang, omdat het moment waarin migratie kan plaats vinden beperkt is. Larvale/juveniele botten hebben een zwemcapaciteit van 0 tot 0,3 m/s en glasalen 0,2 m/s (zie paragraaf: Vooronderzoek). Botten en glasalen maken vanwege hun beperkte zwemcapaciteit gebruik van selectief getijdentransport. Hierdoor kunnen ze op een energie efficiënte manier grotere afstanden afleggen (zie zelfde paragraaf). Daarnaast kan een soort als zeedruif (veel aangetroffen tijdens het onderzoek), ook worden gebruikt om de effectiviteit te meten. Deze soort beschikt namelijk over een nog kleinere zwemcapaciteit. Deze soort gebruikt voornamelijk de stroming om zich voort te bewegen. Wanneer er dus met meer debiet wordt afgevist, is er meer kans om zeedruiven aan te treffen in een larve-net.
Om de snelheid van het instromende water te bepalen, is gebruik gemaakt van een formule waarmee het debiet van instromend water is te berekenen (Termes & Eysink, 2005). Met de uitkomsten uit deze formule is een andere formule opgesteld, waardoor de stroomsnelheid is te berekenen. Afhankelijk van het peilverschil tussen de Waddenzee en het Lauwersmeer neemt het debiet en de stroomsnelheid toe of af en veranderd de stromingsrichting.

Debietberekening: $Q=m*B*a*\sqrt{2}*G*(hzee-hmeer)$
Stroomsnelheidsberekening: $s=Q/(B*a)$

Q =	debiet door de spuikokers van de sluizen [m3/s]
m =	afvoercoëfficiënt van de sluizen [-] (bij instromend water is dat 0,9)
B =	breedte van de (in gebruik zijnde) spuikokers [m]
a =	hoogte van de spuikokers [m]
g =	zwaartekrachtsversnelling; 9,81 m/s2
hmeer =	waterstand op het Lauwersmeer (wordt beïnvloed door beheer en weer) [m+NAP]
hzee =	waterstand op de Waddenzee (varieert in de tijd) [m+NAP]
s =	stromingsnelheid [m/s]

De R.J. Cleveringsluizen kunnen in de vismodulestand vanaf/tot 15 centimeter peilverschil worden opgezet, zie hoofdstuk 2: R.J. Cleveringsluizen. Dit betekent dat bij afgaand water de sluis opengezet kan worden wanneer het peil van de Waddenzee 15 centimeter hoger is dan het Lauwersmeer. Bij opkomend water kan de sluis worden gesloten met ditzelfde peilverschil. Om de relatie tussen peilverschil, debiet en stroomsnelheid weer te geven wanneer met één spuieenheid water wordt ingelaten, is Tabel 9 weergegeven. Tijdens dit onderzoek zijn de sluizen bij afgaand water maximaal geopend met 1 centimeter verschil. Bij opkomend water is de sluis maximaal gesloten met 8 centimeter verschil (Mollema, 2015).

TABEL 9: STROMING EN DEBIET BIJ VERSCHILLENDE PEILVERSCHILLEN

Peilverschil	M3/s	m/s vloed	m/s eb
1	67,77	0,4	1,543966
2	95,84	0,56	1,491613
3	117,38	0,69	1,437354
4	135,54	0,7973	1,380965
5	151,54	0,89140	1,322173
6	166,00	0,97649	1,260643
7	179,3	1,054729	1,195951
8	191,68	1,127553	1,127553
9	203,31	1,195951	1,054729

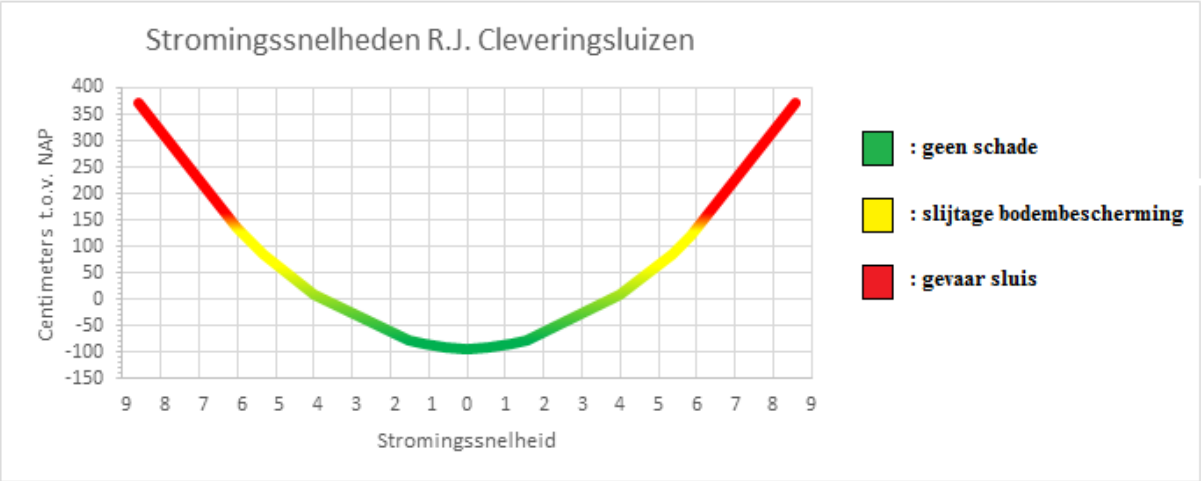
10	214,31	1,260643	0,97649
11	224,77	1,322173	0,891409
12	234,76	1,380965	0,7973
13	244,35	1,437354	0,69
14	253,57	1,491613	0,56
15	262,47	1,543966	0,4

De waardes in Tabel 10 zijn gebaseerd op literatuuronderzoek. Het maximum voor slijtage geeft aan welke snelheid nog acceptabel is, voordat de bodembescherming begint te slijten (Termes & Eysink, 2005). Het gemiddelde springtij geeft weer wat in een lange reeks van jaren de gemiddelde stand is bij springtij (Rijkswaterstaat, 2011). Het maximum voor een sluisdeur geeft aan welke waarde nog acceptabel is, voordat de sluisdeuren niet meer dicht kunnen (Termes & Eysink, 2005). Bij hoogste bekende waarde is gerekend met de hoogste waterstand die ooit is gemeten bij Lauwersoog (Rijkswaterstaat, 2011).

TABEL 10: HISTORISCHE EN BELANGRIJKE PEILVERSCHILLEN

	NAP	Peilverschil cm	M^3/s	m/s
Maximum voor slijtage	8	101	681,09	4,006385
Gemiddelde springtij	119	212	986,75	5,804434
Maximum voor een sluisdeur	134	227	1021,1	6,006271
Bij hoogst bekende waarde	375	468	1466,1	8,6241229

In Figuur 60 zijn de waarden die hiervoor zijn genoemd schematisch weergegeven. Met de kleuren is aangegeven wanneer het nog veilig is om de sluisdeuren open te hebben. Groen geeft aan dat er niets aan de hand is, bij de gele kleur begint de bodembescherming te slijten en bij rood kunnen de deuren niet meer dicht. Hierdoor kan er worden afgelezen bij welk peil ten opzichte van NAP de sluisdeuren theoretisch gezien veilig open kunnen blijven.



FIGUUR 60: STROMINGSSNELHEDEN R.J. CLEVERINGSLUIZEN OP BASIS VAN HISTORISCHE EN BELANGRIJKE PEILVERSCHILLEN

Kengetallen

De snelheid waarmee water opkomt en afgaat in de getijen op de Waddenzee is afhankelijk van de stand van de maan. Zo zijn er grofweg drie scenario's in de maand mogelijk, namelijk doodtij, springtijd en de tussenvariant. Doodtij vindt plaats wanneer de maan in zijn eerste kwartier of laatste

kwartier is. Springtij vindt plaats bij volle en nieuwe maan. De rest van de maand is de maan wassend of afnemend, dit is de tussenvariant. Bij doodtij komt zeewater langzaam op en gaat het langzaam af. Bij springtij komt water snel op en zakt het snel, daarnaast zijn de pieken en dalen groter. De snelheid van het opkomend of afgaand water is mede bepalend voor de tijd die vissen hebben om naar binnen te komen. Gemiddeld genomen komt het water van de Waddenzee bij Lauwersoog 1 cm per minuut op (Mollema, 2015). Doordat er in een maand door de variantie in maanstand grofweg 3 verschillen zijn, wordt in dit document gewerkt met 3 verschillende stijgings- of dalingssnelheden, namelijk (0,5), (1) en (2) centimeter per minuut.

Voor de range van zwemsnelheden van larvale vis wordt rekening gehouden met een variatie van -0,3 tot 0,3 m/s, omdat de bot de hoogste snelheid (0,3 m/s) kan hebben van twee onderzochte larve soorten. De negatieve getallen worden verklaard doordat, theoretisch gezien, er ook in de tegengestelde richting van de stroming gezwommen zou kunnen worden. Samen met de stromingssnelheid is dit de werkelijke snelheid van de larven.

Bot en glasaal schuilen voor stroming, indien deze niet de gewenste kant op gaat. Deze vissen laten zich bij afgaand water naar de bodem zakken, om te voorkomen dat zij met de stroming mee richting zee gaan (Goudswaard et al., 2009). Hiervoor moet voor de vissen wel een slib/slijk houdende bodem (zachte ondergrond) aanwezig zijn, waar zij zich in kunnen verschuilen/ingraven. De R.J. Cleveringsluizen is aan beide zijden uitgerust met een harde ondergrond van koperslakblokken. Deze zijn geplaatst om erosie van de bodem tegen te gaan. De blokken zijn geplaatst tot 65 meter van beide zijden, zie hoofdstuk 2: R.J. Cleveringsluizen. Binnen deze 65 meter kunnen de vissen dus niet schuilen wanneer er gespuid wordt en bij afgaand water. Dat betekent dat vissen die met afgaand water naar binnen willen migreren, zich op zijn minst 65 meter vanaf de sluis bevinden. Als de sluis geopend wordt, verandert de stroming waardoor water richting het Lauwersmeer stroomt. Hierbij zullen de botten en glasalen met de stroom meegevoerd worden doordat ze gebruik maken van selectief getijdentransport. Vaak wordt er nadat de vismodule is geweest rechtstreeks gespuid. Dit betekent dat de vissen die als laatst naar binnen willen, een afstand van minimaal 130 meter moeten overbruggen. Namelijk 65 meter om de deur te passeren en 65 meter om tot de slib/slijk houdende bodem te komen.

Wachtijd

Wanneer er gekozen wordt om de sluisdeur te sluiten, valt de stroming in het binnenwater weg. Hierdoor moeten de vissen volledig op eigen krachten de 65 meter overbruggen. Juveniele/larvale bot heeft de grootste spreiding van zwemcapaciteit, namelijk van 0 m/s tot 0,3 m/s. Doordat niet gerekend kan worden met 0 m/s, wordt hier gerekend met een verplaatsing van de vissen van 0,05 m/s (voor vissen die het Lauwersmeer opzwemmen). Dit wordt gedaan omdat voor de laatste vissen die de sluis passeren de stroming in werkelijkheid niet nul is. Voor de werkelijke snelheid van deze laatste stroom kan geen exact getal gegeven worden, omdat deze stroming zeer wisselend per moment is en in dit onderzoek niet vastgesteld kon worden. Deze stroming wordt verklaard door het sluiten van de sluisdeur. Door soortelijke massa van het zeewater wordt het net binnen gelaten water, onder het Lauwersmeerwater gedrukt en zal zich verplaatsen naar diepere delen. Een berekening met een getal bijna gelijk aan nul of negatief heeft geen nut, omdat uitkomsten hieruit veel minuten wachttijd tot het spuien zal betekenen. Dit is zeer onrealistisch omdat hierdoor niet tot nauwelijks gespuid zou kunnen worden. Daarnaast wordt sterk getwijfeld of de vissen zich zo'n lange tijd voor de deur zullen bevinden, omdat verondersteld wordt dat zij hun weg op het meer zullen vervolgen.

Met de wachttijd wordt de tijd bedoeld die de larvale vis nodig heeft om het laatste deel, na sluiting van de deuren bij afgaand tij, te overbruggen. Dat betekent dat de vislarven in maximaal geval (langzaamste verplaatsingssnelheid van 0,05 m/s) er 21 minuten en 40 seconden over doen (65 meter/ 0,05 m/s = 1300 seconden, 1300 / 60 = 21,667 minuten). De tijd tussen het sluiten van de

sluisdeur voor vismigratie en de start van het spuibeheer zal dus minimaal 21 minuten en 40 seconden moeten zijn. Hierbij wordt er dan wel vanuit gegaan dat de vissen een rechte lijn vanuit de sluisdeur zwemmen richting hun schuilplaats. Wanneer gerekend wordt met een zwemsnelheid van 0,2 m/s wordt de benodigde wachttijd korter. Bij een zwemsnelheid van 0,2 m/s (voor glasaal en bot beide mogelijk) is het 5 minuten en 25 seconden (65 meter / 0,2 m/s =325 seconden, 325 / 60 = 5,41667).

Eb/vloed
Wanneer er niet gespuid wordt na de vismodule bij eb moeten de vissen de 65 meter overbruggen voordat ze veilig zijn, dit geldt ook voor vloed. Wanneer de tijd om veilig binnen te komen met maximale zwemsnelheid van de bot 0,3 m/s inclusief de maximale stromingssnelheid (bij 15 centimeter verschil is dat 1,543966 m/s) wordt berekend, dan wordt het verharde deel van 65 meter bij de sluis in 35,25 seconden afgelegd (65 meter / (0,3 + 1,543966 m/s) = 35,25 seconden).

Model
De instromingsnelheid van het Waddenzeewater naar het Lauwersmeer is afhankelijk van moment van openen. Het moment van sluiten bepaalt samen met het moment van openen hoeveel water en hoe snel het Waddenzeewater het Lauwersmeer bereikt. De snelheid en hoeveelheid Waddenzeewater dat het Lauwersmeer bereikt, is voor de effectiviteit van het visvriendelijke beheer van belang. Hoe harder de stroming, des te sneller de vissen over het verharde stuk van minimaal 130 meter zijn. Indien er bij afgaand water niet na de vismodule gespuid gaat worden, is de eerste 65 meter van belang. Als er wel voor gekozen wordt om te spuien na vismodule, moet de eerdere beschreven wachttijd minimaal gehanteerd worden. Doordat de sluis op verschillende peilverschil momenten geopend en gesloten kan worden en er vele variabelen van invloed zijn is er een model opgesteld.

Om te bepalen welke afstand de vissen afgelegd hebben ten op zichte van hun startpunt, kan een uitspraak worden gedaan over welk deel van de vissen de benodigde afstand hebben overbrugd. De volgende punten zijn van belang:

- Stromingsrichting (Eb of Vloed);
- Peilverschil startmoment en eindmoment (0 tot 15 centimeter zie hiervoor Tabel 9)
- Stijgings- of dalingssnelheid van het Waddenzeewater (0,5, 1 en 2 centimeter per minuut);
- Zwemcapaciteit (-0,3 tot 0,3 m/s);
- Aantal minuten.

De formule die hiermee is gemaakt luidt als volgt:

Aantal meters = (Selectie startmoment tot eindmoment – eindmoment + zwemsnelheid) * 60 * stijgings- of dalingssnelheid

Voorbeeld:
De deur wordt bij afgaand tij (eb) met een verschil van 15 centimeter opengezet en bij 1 centimeter verschil dichtgezet. Er wordt vanuit gegaan dat de larvale vis niet mee zwemt en het peil met 1 cm/minuut op komt zetten. Hierdoor heeft de larvale vis 14 minuten gehad voor migratie en heeft het maximaal 875 meter overbrugd.

Berekening:
Aantal meters = (0,4 tot 1,543966 – 1,543966 + 0) * 60 * 1 = 875,17 meter

5. Discussie

In deze discussie worden de uitkomsten van dit onderzoek vergeleken met andere onderzoeken.

R.J. Cleveringsluizen

In dit deel wordt de uitkomsten van de R.J. Cleveringsluizen bediscussieerd.

Kruisnet

Door de sluis met een hoger Waddenzeepeil open te zetten of open te houden wordt zeewater binnengelaten. Wanneer de sluis wordt gesloten valt de druk van de Waddenzee weg, waardoor het Lauwersmeerwater tegen de sluis wordt gedrukt (Landstra & Venema, 2015). Hierdoor wordt het zeewater wat net is binnen gelaten, vanwege de soortelijke massa, weggedrukt richting het meer. Hierdoor ontstaat er een onderstroming van zeewater richting het meer. De larvale vissen worden door het selectief getijdentransport meegevoerd met deze stroming. Deze stroom water verplaatst zich naar de diepere delen van het Lauwersmeer en neemt daarbij de vissen mee. Dit kan een verklaring zijn voor het feit dat tijdens de kruisnetbemonsteringen geen larvale vissen zijn gevangen. Want de larvale vissen werden wel op dezelfde plaats gevangen met de larve-netten wanneer de sluis open stond. Dat een kruisnet een geschikte methode is, hoeft niet over getwijfeld te worden gezien het lang lopende onderzoek “trekvissen aanbod waddenzeekust”.

Verplaatsing van larven

De twee sets aan fuiken zijn op twee verschillende dieptes geplaatst. Tijdens de analyse kwam naar voren dat glasaal geen voorkeur heeft voor een verplaatsingsdiepte. Wel werd er meer glasaal gevangen bij een hogere stromingssnelheid (stroom in plaats van tong). Uit andere onderzoeken komt naar voren dat glasaal gebruik maakt van selectief getijdentransport (Bolliet, Lambert, Rives, & Bardonnet, 2007; Bult & Dekker, 2007; Creutzberg, 1959, 1961; Dekker & van Willigen, 1997, 1998). Volgens Deelder verplaatst glasaal zich daarbij dieper in de waterkolom (Deelder, 1952). Tijdens dit onderzoek werd glasaal niet significant meer aangetroffen in de “diepe” larve-netten. Een reden hiervoor kan zijn dat de stroomsnelheid meestal hoger was dan 0,2 m/s (zwemcapaciteit glasaal), waardoor de glasaal overgeleverd is aan de stroming. Mogelijk worden daarom de glasalen gelijkmatiger verdeeld over de gehele spuikoker.

Dat er meer glasalen werden gevangen met een sterkere stroom, kan er op wijzen dat de glasalen een drempelwaarde hebben. Deze drempelwaarde kan mogelijk de 0,2 m/s zijn, omdat de glasalen dan niet meer zelf beslissen waar ze heen gaan. Zo kan de voorkeur voor verplaatsing dieper in het water een reden zijn voor de glasalen om zich later met het water mee te laten voeren.

Van bot is ook bekend dat ze zich met de stroming mee laten voeren (Jager, 1998). Uit dit onderzoek komt naar voren dat bot geen voorkeur heeft voor diepte en stromingssnelheid. Hierbij laten ze zich net als glasaal, leiden door de stroming en vervolgens verdelen over de spuikoker. Dat er niet meer botten werden gevangen met een hogere stroomsnelheid, kan komen doordat deze geen drempelwaarde hebben. Mogelijk laten de botlarven zich sneller meevoeren met de stromingsrichting.

Voor sprot is aangetoond dat deze meer is gevangen in de diepe larve-netten. Van sprotten is bekend dat ze in scholen zwemmen (Binohlan & Bailly, n.d.) en daarom verdeeld zijn over de waterkolom. Dat ze meer in de diepe larve-netten zijn gevangen heeft te maken met de stroming. De diepe larve-netten bevisten eerder het zoute water dan de ondiepe larve-netten en bleven langer in de stroming (Landstra & Venema, 2015). Dat er niet meer sprotten werden gevangen met een hogere stroomsnelheid, kan komen doordat deze niet een drempelwaarde hebben. Mogelijk laten de sprotlarven zich sneller meevoeren met de stromingsrichting.

Vangsten doelsoorten
De gevangen aantallen van de verwachte doelsoorten bot en glasaal vielen tegen. In het onderzoek van 2014 te Nieuwe Statenzijl werd met dezelfde vangstmethode grote aantallen gevangen (Landstra & Venema, 2014). Nieuwe Statenzijl is een ander gebied, maar de vangsten vielen ook daar dit jaar tegen (Schollema, 2015). Doordat het weer zeer wisselend kan zijn in een zeeklimaat kunnen sommige soorten daarom niet of juist wel zijn aangetroffen. De oorzaak moet worden gezocht in het afwijkende weerbeeld van dit voorjaar. In de meetperiode maart en april 2015 was de temperatuur lager dan normaal en stond er regelmatig een harde wind (KNMI, 2015b). In het voorjaar van 2015 werd deze watertemperatuur overdag pas voor het eerste bereikt begin april. Pas vanaf midden april was de watertemperatuur constant boven de 10 graden Celsius (zie figuur 33). Soorten die voorkeur hebben voor kouder water deden het beter. Sprot is zo'n vissoort die voorkeur heeft voor kouder water (Petereit, Haslob, Kraus, & Clemmesen, 2008). Ook heeft een soort als schol meer belang bij koeler water (IMARES & NIOZ, 2012). Terwijl glasaal een voorkeur heeft om naar het binnenwater te migreren bij een temperatuur boven de 10 °C (Hoenjet & Venema, 2015).

Sprot is tijdens dit onderzoek de meest gevangen vissoort. Dit beeld komt overeen met een vergelijkbare locatie als Kornwerderzand (Goudswaard et al., 2009). Tijdens het onderzoek te Nieuwe Statenzijl in het jaar 2014 zijn maar enkele sprotten gevangen. In een ander onderzoek is aangetoond dat sprot migreert bij zoet-zout overgangen, maar dat deze soort niet ver het zoete water opzwemt omdat dit geen geschikte opgroeiplaats is (Scholle, Schuchardt, Schulze, & Veckenstedt, 2007). Dit kan een oorzaak zijn voor de reden dat sprotten niet massaal naar de Westerwoldse Aa migreren.

In vergelijking met de vooronderzoeken op deze locatie (G. J. M. Wintermans, 2002, 2003) wordt er meer sprot gevangen. De oorzaak hiervoor moet worden gezocht in de gebruikte methode tijdens dit onderzoek.

Effectiviteit
Om te bepalen of de R.J. Cleveringsluizen effectief beheerd worden, is er berekend wanneer de vis een kans heeft om de sluis te passeren. Hierbij is rekening gehouden met meerdere factoren. Eén van deze factoren is zwemsnelheid. Hierbij is rekening gehouden met de kruissnelheid van glasaal en bot. Het discussiepunt bij deze factor is het gedrag van de vis. Er is namelijk rekening gehouden met het feit dat vissen in een rechte lijn zwemmen en bij opening van de sluisdeuren direct naar binnen willen. In onderzoek voor te Kornwerderzand komt naar voren dat het onbekend is hoe vissen zich gedragen voor en tijdens een spui event in en bij een sluis/vispassage en wat dit voor effect heeft op het aanbod (Griffioen & Winter, 2014). Wanneer gerekend wordt met het feit dat vissen geen rechte lijn zullen zwemmen, verandert de uitkomst en zal het langer duren voordat de vissen veilig binnen zijn.

Esumakeech

In dit deel wordt ingegaan op de discussiepunten die van toepassing zijn op de monitoring bij polder Esumakeech.

Paling

Tijdens het onderzoek zijn er meerdere palingen van verschillende lengtes gevangen. Dit waren hoofdzakelijk palingen kleiner dan 30 centimeter. Dit betekent dat glasalen tijdelijk het Lauwersmeer gebruiken om op te groeien, maar later verder stroomopwaarts willen trekken. In het onderzoek van Deelder wordt geconcludeerd dat palingen gedurende hun leven diverse gebieden gebruiken om op te groeien (Deelder, 1970). Gezien het habitat en de geringe lengte, kunnen dit mannelijke palingen zijn. Mannelijke palingen blijven namelijk dichter bij de kust en worden minder groot (J. G. P. Klein Breteler, 2005). Gezien de plaats van de vangst, kan worden aangenomen dat deze palingen de glasalen van de vorige jaren zijn die door het “visvriendelijk” beheer van de R.J. Cleveringsluizen een kans hebben gekregen om naar het binnenwater te migreren.

Lokstroom

De polder Esumakeech is een met regenwater gevoede polder. In de polder is een overstort/stuw geplaatst die de polder op peil moet houden (zie Figuur 61). De overstort zorgt ervoor dat het overtollige water, dat de vispassage niet kan verwerken, wordt afgevoerd. Deze stroom trekt ook de driedoornige stekelbaarzen uit de aanvoersloot naar dit punt. Voor de overstort werden vele stekelbaarzen waargenomen (Gartner, n.d.). Doordat de stekelbaarzen niet verder kunnen migreren op dit punt, hopen ze zich hier op. Staatsbosbeheer heeft de overstort daarom ingesteld op een nog hoger peil (Gartner, n.d.). Hierdoor zou water langer over de passage moeten gaan in plaats van de overstort. Door lekkages in de stuw ontstaat er nog steeds een lokstroom. Bij een andere passage werd ook waargenomen dat driedoornige stekelbaarzen zich voor een passage ophoopten en pas op een bepaald moment massaal gingen migreren (Scholle et al., 2005). Deze ophoping kan door deze verwarrende stroom versterkt worden.



FIGUUR 61: LOCATIE OVERSTORT EN VISPASSAGE, BRON: (MICROSOFT CORPORATION, 2015)

Vangsten doelsoort

Bij Esumakeech werd de verwachte piek in aantal van de driedoornige stekelbaars niet aangetroffen in de meetperiode. Door Jager en Kleef in hun driejarige pilot studie op de Eems/Dollard werd wel een piek waargenomen, deze viel in de periode februari-maart. Na de maand maart vond daar een snelle daling in de waargenomen aantallen plaats. De daling in de aantallen kwam doordat de driedoornige stekelbaarzen hun weg vonden naar het zoete water (Jager & Kleef, 2002). Doordat de piek niet is waargenomen in de meetperiode van dit onderzoek, is de verkregen data minder uitgebreid dan verwacht. Dat de piek niet is waargenomen is mogelijk veroorzaakt doordat de trek van driedoornige stekelbaars per jaar verschilt (G. Wintermans, 2003, 2014).

Dag/nacht ritme
Uit dit onderzoek blijkt dat de driedoornige stekelbaars geen voorkeur heeft voor dag- of nachtmigratie. In een onderzoek naar diadrome vissen in het Eems-Dollard estuarium werd ook geen dag- nacht ritme waargenomen (Jager & Kleef, 2002). Door de gebruikte methode in dit onderzoek kan het wel zijn dat de verkregen data voor dag/nacht vangsten is beïnvloed. Het net is namelijk op verschillende tijdstippen geleegd. Zo kunnen driedoornige stekelbaarzen gevangen zijn in het net wanneer het niet nacht was. Hierdoor kunnen de vangsten meer genivelleerd zijn, waardoor er geen significant verschil kon worden aangetoond.

Verdeling driedoornige stekelbaars
Tijdens dit onderzoek zijn zowel op locatie Esumakeech als R.J. Cleveringsluizen driedoornige stekelbaarzen gevangen. In beide gevallen was de Trachurus variant het meest aanwezig, gevolgd door de semi-Armatus variant. De Leiurus-variant is op beide locaties nauwelijks gevangen. De verdeling in varianten komt op beide locaties overeen. In de Ringvaart te Evergem (België) is de verhouding van driedoornige stekelbaarzen ook onderzocht. Op deze locatie werd een andere verdeling aan driedoornige stekelbaarzen gevangen. De Leiurus-variant werd hier het meest aangetroffen, gevolgd door de semi-Armatus variant (Buysse, Vlietinck, Martens, Baeyens, & Coeck, 2001). De verschillen in de verdeling tussen beide onderzoeken kunnen worden veroorzaakt door de zeewering. De zeesluis bij Terneuzen staat bekend als vismigratie barrière (Wanningen et al., 2012), hiervan is onbekend of er “visvriendelijk” beheer wordt toegepast. Door het “visvriendelijk” beheer van de R.J. Cleveringsluizen hebben de Trachurus en semi-Armatus variant een kans om te migreren.

6. Conclusie

Met dit onderzoek is meer inzicht verkregen in de migratieproblematiek bij getijdensluizen en welk effect dit heeft op achterliggende polders. Tijdens het onderzoek zijn er op de R.J. Cleveringsluizen in totaal 16 verschillende vissoorten gevangen, waarvan het merendeel uit sprot bestond (10,1 % van het totaal). De larvale/juveniele vissen die tijdens dit onderzoek zijn gevangen, naast sprot, zijn glasaal en platvis spec. (hoogstwaarschijnlijk bot). In totaal waren dit 186 glasalen en 131 platvissen. Met statistische analyses is aangetoond dat de vissoorten glasaal en platvis spec. geen voorkeur hebben voor de plaats in de waterkolom en dat sprot de voorkeur heeft om zich dieper in de waterkolom te verplaatsen. Glasalen hebben wat betreft migratiemoment een voorkeur voor vloed-stroom, gevolgd door vloed-tong en eb-tong. Platvis spec. en sprot hebben geen voorkeur voor het migratiemoment.

In de polder Esumakeech zijn in totaal 6 vissoorten gevangen, waarvan tiendoornige stekelbaars het meest voorkwam (66 %), gevolgd door de driedoornige stekelbaars (28 %). Voor de laatst genoemde vissoort is gekeken welke varianten er gebruik maakten van de vispassage. Het grootste deel bestond uit de variant Trachurus (68 %), gevolgd door de variant semi-Armatus (29 %) en Leiurus (3 %). Uit de statistische analyse komt naar voren dat de driedoornige stekelbaars geen voorkeur heeft voor dag- of nachtmigratie, de tiendoornige stekelbaars daar in tegen had een voorkeur voor migratie overdag.

De verhoudingen tussen de varianten van de driedoornige stekelbaarzen is met statistische analyses voor beide locaties met elkaar vergeleken. Hieruit kwam naar voren dat de verhoudingen gelijk zijn en dat voor beide locaties geldt dat de Trachurus variant het meest gevangen is, gevolgd door de variant semi-Armatus en Leiurus. Hieruit blijkt dat er een relatie bestaat tussen de polder Esumakeech en de R.J. Cleveringsluizen. Daarnaast is gekeken of de seizoenstrend van de driedoornige stekelbaars overeenkomt tussen beide locaties of dat het weer meer van invloed is. De conclusie hieruit is, dat de temperatuur en neerslag eerder de sturende factoren zijn bij de migratie van driedoornige stekelbaars te Esumakeech dan de seizoenstrend bij de R.J. Cleveringsluizen.

De hoofdvraag die tijdens dit onderzoek is opgesteld, is: **“Wanneer is het visvriendelijk beheer van de R.J. Cleveringsluizen het effectiefst ten behoeve van de vismigratie naar het achterland?”**

Met dit onderzoek is aangetoond dat het visvriendelijke beheer van de R.J. Cleveringsluizen een positief effect heeft op het Lauwersmeer en zijn omgeving. Zo zijn er diverse vissoorten gevangen die gelden als doelsoorten voor het Lauwersmeer. Voor de mate van de effectiviteit van het “visvriendelijk” beheer kan worden gezegd dat het huidige beheer verbeterd kan worden. Zeker wanneer er naar de mogelijkheden op de locatie en het uitgevoerde beheer wordt gekeken. Theoretisch gezien kunnen de sluisdeuren eerder open dan dat tijdens de monitoringsperiode het geval was. De vismodule is opgesteld om bij een peilverschil van 15 centimeter open te gaan, maar dit is tijdens het project niet voorgekomen. Tijdens dit onderzoek is de stromingssnelheid niet dus danig hoog geweest dat er negatieve effecten ontstonden aan de constructie van het spuicomplex. Hiervoor geldt namelijk dat bij een stroming van meer dan 4 m/s er slijtage ontstaat aan de bodembescherming. De maximale stroming tijdens dit onderzoek is 1,12 m/s geweest.

Uit het onderzoek komt naar voren dat bij een hoger debiet de vissen meer mogelijkheden hebben om te kunnen migreren en dat hier voor de locatie R.J. Cleveringsluizen nog wel kansen liggen. Vooral voor de larvale vissen is het belangrijk dat zij de tijd krijgen om te kunnen migreren. Zo hebben zij bij afgaand tij (eb) een hoeveelheid tijd nodig om beschutting te vinden voordat met het spuibeheer begonnen kan worden. Wanneer de deur bij gelijkwater dicht wordt gezet hebben larvale vissen 21 minuten en 40 seconden nodig om in veiligheid te komen, dit in verband met spuien.

7. Aanbevelingen

Aan de hand van dit onderzoek worden enkele aanbevelingen gedaan. Deze aanbevelingen zijn hier weergegeven en onderverdeeld in drie stukken: algemeen, R.J. Cleveringsluizen en Esumakeech.

Algemeen

In deze paragraaf wordt ingegaan op de aanbevelingen voor vervolg onderzoek.

Vervolg onderzoek

Om meer inzicht te krijgen in de migratie van de vissen te Lauwersoog en Esumakeech is vervolgonderzoek gewenst. Hierbij is verlenging van het monitoringsonderzoek aan te raden. Zodoende kan een beter beeld verkregen worden van de migratie van larvale vissen en driedoornige stekelbaarzen. Hierdoor kan uitsluitsel worden gegeven over de gevolgen van het weer. Daarnaast kan dan een breder beeld verkregen worden van het aanbod aan vissen ter plaatse. Tevens is gewenst om verder naar de stromingsgedragingen in de passages en de chloride inlaat op het Lauwersmeer te kijken.

R.J. Cleveringsluizen

In deze paragraaf worden de punten: waterstandsmeters, moment van vismodule, automatiseren, beheer en locatie van de vis behandeld.

Waterstandmeters

Voor Lauwersoog is het noodzakelijk dat de waterstandmeters nauwkeuriger werken, zodat de werking van de vismodule beter kan worden afgestemd op het getij. Tijdens dit onderzoek kwam naar voren dat de waterstandmeters niet naar behoren werken, zeker na het onderhoud aan de meters op 14 april 2015.

Moment van vismodule

Het Waterschap Noorderzijlvest kan meer vissen de kans bieden om het binnenwater te bereiken door de sluisdeuren met een groter peilverschil open te zetten. Tijdens de monitoring heeft de vismodule nooit volledig gewerkt, de sluisdeuren zijn altijd voor het peilverschil van 15 centimeter dichtgezet of te laat opengezet (maximaal dicht bij 8 en open bij 1 centimeter). De aanbeveling is dan ook dat er een afweging moet worden gemaakt tussen het spuibeheer, de technische mogelijkheden en de hoeveelheid kans die men de vissen wil gegeven om te kunnen migreren. Gezien de KaderRichtlijn Water mag er meer zeewater binnen gelaten worden, waardoor de migratie van vissen en de waterkwaliteit wordt verbeterd.

Automatiseren

Als de R.J. Cleveringsluizen geautomatiseerd worden, hebben de vissen ook de kans om te migreren bij afwezigheid van de sluisbeheerders. Binnen werktijden van de sluiswachter is er meestal één en soms twee momenten per werkdag mogelijk, terwijl bij automatisering dit 4 keer per dag mogelijk is want er zijn per dag namelijk 4 momenten van gelijkwater.

Beheer

Door een wijziging in beheer kan het moment van vismigratie verbeterd worden. Indien gekozen wordt om de sluisdeuren te openen voor vismigratie, zou een lichte lokstroom van zoetwater de vissen meer motiveren om het Lauwersmeer op te zwemmen (Griffioen & Winter, 2014). Indien mogelijk moet voor het spuibeheer een andere sluiseenheid/sluisdeur(en) worden gebruikt dan de sluiseenheid/sluisdeur(en) die voor de vismodule wordt gebruikt. Na het moment van migratie is het voor de vissen beter om de sluisdeur met grote verschil tussen Waddenzee en Lauwersmeer te sluiten of te openen. Om zo de vissen de kans te geven om in veiligheid te komen, ook wel wachttijd genoemd. De wachttijd tussen het binnenlaten van vissen en spuibeheer zou minimaal 20 minuten

en 40 seconden moeten zijn om de vissen de mogelijkheid te bieden om te schuilen, als er met het meest worst case scenario wordt gerekend. Voor de vismodule kan het best de binnenste sluisdeuren van de middelste spuieenheid worden gebruikt, omdat hier de weerstand lager en de stroomsnelheid hoger is.

Locatie vis
Aan de hand van het literatuuronderzoek is bekend geworden dat de vissen zich rondom de Zoutkamperlaag verzamelen. De exacte locatie is onbekend. Wanneer deze locatie duidelijk wordt, kan het model worden aangescherpt. Daarnaast is het interessant om te kijken of de vissen ook gebruik maken van de schutsluis en in welke mate dit het geval is.

Esumakeech
In deze paragraaf wordt ingegaan op de aanbeveling voor de locatie Esumakeech. De volgende punten worden behandeld: drijvers en lokstroom.

Drijvers
In de vispassage te Esumakeech horen drijvers gemonteerd te zitten in de vlottergoot. Doordat deze ontbraken tijdens dit onderzoek wisselde de stroomsnelheid sterk. Deze wisselende stroomsnelheid zorgt ervoor dat op een gegeven moment de snelheid te hoog was voor de driedoornige stekelbaarzen. Daarnaast waren er ook momenten dat er te weinig water over de vlottergoot ging. Dit zorgde ervoor dat vissen niet door de passage konden zwemmen. Deze drijvers zouden de migratie van de driedoornige stekelbaarzen naar de polder Esumakeech kunnen bevorderen.

Lokstroom
Om de migratie te bevorderen naar de polder Esumakeech zou de overstort van Esumakeech en de vispassage samengevoegd kunnen worden. Aangezien de driedoornige stekelbaarzen zoetwater met opgeloste organische stoffen gebruiken om hun te oriënteren, raken zij door de 2 stromingen verward en zwemmen ze mogelijk naar de overstort in plaats van naar de passage. Bij een samenvoeging wordt voorkomen dat de driedoornige stekelbaarzen verward raken. Hierdoor zouden de driedoornige stekelbaarzen de vispassage makkelijker kunnen vinden en hun weg sneller kunnen vervolgen.

Bibliografie

Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J. G., Berg, M. S. van den, Broek, T. van den, Buskens, R., … Twisk, F. (2007). Referenties en Maatlatten voor Natuurlijke watertypen voor de Kaderichtlijn Water 2015-2021. *Water*, 375. Retrieved from http://www.vliz.be/imis/imis.php?module=ref&refid=135200

Baarda, B., Bakker, E., van der Hulst, M., Fischer, T., Julsing, M., van Vianen, R., & de Goede, M. (2012). *Basisboek Methoden en Technieken* (Vijfde dru.). Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.

Bartsch, P., Berg, R., Gabriel, O., Henderson, I. W., Kamstra, A., Kloppmann, M., … Thorpe, J. E. (2003). *The Eel*.

Bergstrom, C. a. (2002). Fast-start swimming performance and reduction in lateral plate number in threespine stickleback. *Canadian Journal of Zoology*, *80*(2), 207–213. doi:10.1139/z01-226

Bergström, C. A. (2002). Fast-start swimming performance and reduction in lateral plate number in threespine stickleback. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, *80*, 207–213.

Binohlan, C. B., & Bailly, N. (n.d.). Sprattus sprattus. Retrieved from http://www.fishbase.org/summary/Sprattus-sprattus.html

Bolliet, V., Lambert, P., Rives, J., & Bardonnet, A. (2007). Rhythmic swimming activity in Anguilla anguilla glass eels: Synchronisation to water current reversal under laboratory conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *344*, 54–66.

Bos, A. R. (1999). Tidal transport of flounder larvae (Pleuronectes flesus) in the Elbe River, Germany. *Arch Fish Mar Res*, *47*, 47–60.

Bos, A. R., & Thiel, R. (2006). Influence of salinity on the migration of postlarval and juvenile flounder Pleuronectes flesus L. in a gradient experiment. *Journal of Fish Biology*, *68*, 1411–1420.

Bult, T. P., & Dekker, W. (2007). Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (Anguilla anguilla) at the interface of fresh and salt water. *Ices Journal of Marine Science*, *64*, 1396–1401.

Buysse, D., Martens, S., Baeyens, R., & Coeck, J. (2004). Onderzoek naar de migratie van vissen tussen Boven-Zeeschelde en, 1–94.

Buysse, D., Vlietinck, K., Martens, S., Baeyens, R., & Coeck, J. (2001). Onderzoek naar vismigratie in de Ringvaart aan de sluis van Evergem.

Campbell, R. N. (1985). Morphological Variation in the Three-Spined Stickleback (Gasterosteus Aculeatus) in Scotland. *Behaviour*, *93*(1), 161–168. doi:10.1163/156853986X00838

Commisie in zake der bedijking van de Lauwerszee. (1851). Situatiekaart van de Lauwerszee. Retrieved May 21, 2015, from http://frieskaartenkabinet.nl/nl/fries-kaartenkabinet/00968

Creutzberg, F. (1959). Discrimination between ebb and flood tide in migrating elvers (anguilla-vulgaris turt) by means of olfactory perception. *Nature*, *184*, 1961–1962.

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

Daverat, F., Morais, P., Dias, E., Babaluk, J., Martin, J., Eon, M., … Antunes, C. (2012). Plasticity of European flounder life history patterns discloses alternatives to catadromy. *Marine Ecology Progress Series*, *465*, 267–280.

De Graaf, M., & Bierman, S. (2012). *Report on the eel stock and eel fishery in the Netherlands in 2011*. *IMARES-Report*.

De Jong, C. (2005). Vispassage.

Deelder, C. L. (1952). On the Migration of the Elver (Anguilla vulgaris Turt.) at Sea. *Journal Du Conseil*, *18*, 187–218.

Deelder, C. L. (1958). On the Behaviour of Elvers (Anguilla vulgaris Turt.) Migrating from the Sea into Fresh Water. *Journal Du Conseil*, *24*, 135–146.

Deelder, C. L. (1960). Ergebnisse der holländischen Untersuchungen über den Glasaalzug. *Arch. Fisch.Wiss*, *11*, 1–10.
Deelder, C. L. (1970). *Synopsis of biological data of the eel Anguilla anguilla*.
Dekker, W. (2004a). Monitoring van de intrek van glasaal in Nederland: evaluatie van de huidige en alternatieve methodieken.
Dekker, W. (2004b). What caused the decline of the Lake IJsselmeer eel stock after 1960? *ICES Journal of Marine Science*, *61*, 394–404.
Dekker, W., & van Willigen, J. (1997). *Hoeveel glasaal trekt het IJssemeer in? RIVO rapport*.
Dekker, W., & van Willigen, J. (1998). Hoeveel glasaal trekt het IJssemeer in? *RIVO Rapport*.
Dekker, W., & van Willigen, J. (2000). *De glasaal heeft het tij niet meer mee! RIVO rapport*.
Gartner, H. (n.d.). Mondelinge mededeling.
Goudswaard, P. C., Perdon, K. J., Kesteloo, J. J., Jol, J., Zweeden, C. Van, & Jansen, J. M. (2009). *Vismigratierivier: Bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen*.
Griffioen, A. B., & Kuijs, E. (2013). *Winterintrek van rivierprik bij Kornwerderzand en het Haringvliet najaar 2012*. *IMARES-Report*.
Griffioen, A. B., & Winter, H. V. (2014). *Het voorkomen van diadrome vis in de spuikom van Kornwerderzand 2001-2012 en de relatie met spuidebieten*.
Hain, J. H. . (1975). *Migratory orientation in the American eel*.
Hilbrants, W., & de Vries, T. (2012). *Basisstatistiek*. (V. 3.7, Ed.). Leeuwarden.
Hoenjet, N., & Venema, P. (2015). Paling en zijn ecosysteem.
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Wetterskip Fryslân, Waterschap Noorderzijlvest, & Waterschap Hunze en Aa's. (n.d.). Ruim baan voor vissen.
Hoorn, M. Van, Ven, K. Van De, Dijk, S., Zantingh, G., Schut, J., & Reeze, B. (2014). *De Kaderrichtlijn Water bij Waterschap Noorderzijlvest*.
Huisman, J. (2013). Onderzoeksplan vismigratieroutes en de effectiviteit van zoet-zout vispassages in de waddenregio, 44.
Huisman, J. (2015). *Monitoring factsheet Lauwersoog*.
IMARES, & NIOZ. (2012). Bij warmer zeewater meer tong dan schol. Retrieved from http://www.wageningenur.nl/nl/show/Bij-warmer-zeewater-meer-tong-dan-schol.htm
Jager, Z. (1998). Accumulation of flounder larvae (Platichthys flesus L.) in the Dollard (Ems estuary, Wadden Sea). *Journal of Sea Research*, *40*, 43–57.
Jager, Z. (1999). Selective tidal stream transport of flounder larvae (Platichthys flesus L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, *49*, 347–362.
Jager, Z. (2001). Transport and retention of flounder larvae (Platichthys flesus L.) in the Dollard nursery (Ems estuary). *Journal of Sea Research*, *45*, 153–171.
Jager, Z., & Kleef, H. L. (2002). *Het diadrome visbestand in het Eems-Dollard estuarium in de periode 1999 tot 2001*.
Jager, Z., & Kranenbarg, J. (2004). Implementatie KRW vis in overgangswateren. *Achtergronddocument Vis*.
Jager, Z., & Kranenbarg, J. (2008). *Maatlat vissen in estuaria KRW watertype O2*.
Jager, Z., & Mulder, H. P. J. (1999). Transport velocity of flounder larvae (Platichthys flesus L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, *49*, 327–346.
Kadaster. (2013). Topografische kaart van natuurgebied Lauwersmeer. Retrieved from http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Natuur-Lauwersmeer-2014Q1.jpg
Kemper, J. H. (2007). Onderzoek naar vismigratie door de Noordersluis en de vispassage te IJmuiden, 18.
Kitano, J., Ishikawa, A., Kume, M., & Mori, S. (2012). Physiological and genetic basis for variation in migratory behavior in the three-spined stickleback, Gasterosteus aculeatus. *Ichthyological Research*, *59*, 293–303.
Klein Breteler, J. G. P. (2005). Kennisdocument Europese aal of paling, 77.
Klein Breteler, J., Vriese, T., Borcherding, J., Breukelaar, A., Jörgensen, L., Staas, S., … Ingendahl, D. (2007). Assessment of population size and migration routes of silver eel in the River Rhine

based on a 2-year combined mark-recapture and telemetry study. *ICES Journal of Marine Science*, *64*, 1450–1456.
KNMI. (2015a). Daggevens van het weer in Nederland.
KNMI. (2015b). Veel overlast door lentestorm. Retrieved from http://www.knmi.nl/cms/content/122891/veel_overlast_door_lentestorm
Kroon, J. W. (2009). *Kennisdocument bot*. Bildthoven.
Lam, T. J., & Hoar, W. S. (1967). Seasonal effects of prolactin on freshwater osmoregulation of marine form (trachurus) of stickleback gasterosteus aculeatus. *Canadian Journal of Zoology*, *45*, 509.
Landstra, F., & Venema, P.-W. (2014). Vismonitoringsonderzoek Nieuwe Statenzijl.
Landstra, F., & Venema, P.-W. (2015). Analeptische waarnemingen.
Microsoft Corporation. (2015). Bing Kaarten.
Miles, S. G. (1968). Rheotaxis of elvers of American eel (Anguilla rostrata) in laboratory to water from different streams in Nova Scotia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, *25*, 1591.
Mollema, J. (2015). Mondelinge mededeling.
Morais, P., Dias, E., Babaluk, J., & Antunes, C. (2011). The migration patterns of the European flounder Platichthys flesus (Linnaeus, 1758) (Pleuronectidae, Pisces) at the southern limit of its distribution range: Ecological implications and fishery management. *Journal of Sea Research*, *65*, 235–246.
Nationaal Park Lauwersmeer. (n.d.). Ezumakeeg. Retrieved March 10, 2015, from http://www.np-lauwersmeer.nl/documents/unieke_natuur/ezumakeeg.xml?lang=nl
P. Riemersma, M. J. K. (2005). Van Wad tot Aa, (december 2004). Retrieved from http://www.beeldschoonwater.nl/friksbeheer/wp-content/uploads/2013/11/Van-Wad-tot-Aa-Visie-vismigratie-Groningen-noord-Drenthe-2005-2015.pdf
Patberg, W. (2014). KRW visstandmonitoring Lauwersmeer 2014.
Peake, S. J. (2008). Swimming performance and behaviour of fish species endemic to Newfoundland and Labrador: A literature review for the purpose of establishing design and water velocity criteria for fishways and culverts. *Fisheries and Oceans Canada*.
Pesaro, M., Balsamo, M., Gandolfi, G., & Tongiorgi, P. (1981). Discrimination among different kinds of water in juvenile eels, Anguilla Anguilla (L.). *Monitore Zool*, *15*, 1863–191.
Petereit, C., Haslob, H., Kraus, G., & Clemmesen, C. (2008). The influence of temperature on the development of Baltic Sea sprat (Sprattus sprattus) eggs and yolk sac larvae. *Marine Biology*, *154*(2), 295–306.
Quak, J., Van Emmerik, W. A. M., & Verspui, R. (2012). *Kennisdocument trekvissen Afsluitdijk*.
RAVON. (n.d.). Driedoornige stekelbaars. Retrieved March 10, 2015, from http://ravon.nl/Infotheek/Soortinformatie/Vissen/Driedoornigestekelbaars/tabid/1418/Default.aspx
Rijkswaterstaat. (2011). Waddenzee Lauwersoog, 1.
Ruim baan voor vissen. (2012). Ruim baan voor vissen. Retrieved from www.ruimbaanvoorvissen.nl/page.aspx?id=12
Scholle, J., Schuchardt, B., Brandt, T., Veckenstedt, J., & Endjer, R. (2005). Fishdurchgängigkeit des Petkumer Sieles im mesohalinen Abschnitt der Ems. *BIOCONSULT*.
Scholle, J., Schuchardt, B., Schulze, S., & Veckenstedt, J. (2007). Situation of the smelt (osmerus eperlanus) in the Ems estuary with regard to the aspect of spawning grounds and recruitment. *BIOCONSULT*.
Schollema, P. P. (2015). Mondelinge mededeling.
Slagers, J. (2014). Lepelaar. Retrieved from HTTP://waarneming.nl/WAARNEMING/VIEW/85763788
Smits, J., & Edens, R. (2010). *Onderzoek met SPSS en Excel* (Tweede edi.). Amsterdam: Pearson Education Benelux.
Soortenbank. (n.d.). Driedoornige stekelbaars. Retrieved March 10, 2015, from http://www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=zoetwatervissen&id=61
Sorensen, P. W. (1986). Origins of freshwater attractant(s) of migrating elvers of the American eel, Anguilla rostrata. *Environmental Biology of Fishes*, *17*, 185–200.

Taylor, E. B., & McPhail, J. D. (1986). Prolonged and burst swimming in anadromous and fresh-water threespine stickleback, gasterosteus-aculeatus. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, *64*, 416–420.

Termes, A. P. P., & Eysink, W. D. (2005). *Watervisie Lauwersmeer*.

Tosi, L., & Sola, C. (1993). Role of geosmin, a typical inland water odour, in guiding glass eel Anguilla Anguilla (L.) migration. *Ethology*, *95*, 177–185.

Trancart, T., Lambert, P., Rochard, E., Daverat, F., Coustillas, J., & Roqueplo, C. (2012). Alternative flood tide transport tactics in catadromous species: Anguilla anguilla, Liza ramada and Platichthys flesus. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, *99*, 191–198.

Tresoar Fotos. (1969). Het laatste gedeelte wordt gesloten bij de afsluiting van de Lauwerszee. Retrieved May 21, 2015, from http://collections.tresoar.nl/cdm/ref/collection/TRLffa/id/10043

Tudorache, C., Blust, R., & De Boeck, G. (2007). Swimming capacity and energetics of migrating and nonmigrating morphs of three-spined stickleback Gasterosteus aculeatus L. and their ecological implications. *Journal of Fish Biology*, *71*, 1448–1456.

Van Heusden, G. P. H. (1943). *De trek van den glasaal naar het IJsselmeer*.

Van Overzee, H. J. M., de Boois, I. J., van Keeken, O. A., van Os-Koomen, B., van Willigen, J., & de Graaf, M. (2011). *Vismonitoring in het IJsselmeer en Markermeer*. *IMARES-Report*.

Vethaak, A. D. (2013). Disease prevalence in flounder (Platichthys flesus) from the Dutch Wadden Sea as indicator of environmental quality: A summary of 1988-2005 surveys. *Journal of Sea Research*, *82*, 142–152.

Vogelbescherming Nederland. (n.d.-a). Lauwersmeer. Retrieved March 10, 2015, from http://www.vogelbescherming.nl/vogels_kijken/vogelgebieden/zoekresultaat/detailpagina/q/gebied/7/tab/Bescherming

Vogelbescherming Nederland. (n.d.-b). Lauwersmeer. Retrieved from http://www.vogelbescherming.nl/vogels_kijken/vogelgebieden/zoekresultaat/detailpagina/q/gebied/7/tab/Bescherming

Waarneming.nl. (n.d.). Lepelaar. Retrieved from 21-5-2015

Wanningen, H., van den Wijngaard, K., & Buijse, T. (2012). Nederland leeft met Vismigratie Actualisatie landelijke database vismigratie, (November).

Wilson, J. M., Antunes, J. C., Bouca, P. D., & Coimbra, J. (2004). Osmoregulatory plasticity of the glass eel of Anguilla anguilla: freshwater entry and changes in branchial ion-transport protein expression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *61*, 432–442.

Winter, H. V. (2009). *Voorkomen en gedrag van trekvissen nabij kunstwerken en consequenties voor de vangkans met vistuigen*.

Winter, H. V., Bult, T., & van Willigen, J. (2007). *Glasaalintrek in gebied Waterschap Zeeuwse Eilanden*. *IMARES-Report*.

Winter, H. V., Jansen, H. M., & Bruijs, M. C. M. (2006). Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, Anguilla anguilla, by telemetry in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish*, *15*, 221–228.

Wintermans, G. (2003). *Trekvisaanbod 2001 t/m 2003*.

Wintermans, G. (2012). TREKVISAANBOD LANGS DE WADDENZEEKUST Gegevensverslag monitoring voorjaar 2012, 1–23.

Wintermans, G. (2014). *Trekvisaanbod 2012 t/m 2014*.

Wintermans, G. J. M. (2002). Proefbemonsteringen visintrek via spuisluizen Lauwersoog, 21.

Wintermans, G. J. M. (2003). Proefbemonsteringen visintrek via spuisluizen Lauwersoog, (voorjaar).

Wirth, T., & Bernatchez, L. (2003). Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy? *Proceeding of the Royal Society B: Biological Sciences*, *270*, 681–688.

Witteveeen+Bos. (2009). *Visstandonderzoek op de Middelgronden*.

Wootton, R. J. (1976). The biology of the sticklebacks. *Academic Press ,Wales*.

Bijlagen

Bijlage 1: Ecologische gildes

In Tabel 11 staan de vissoorten die in watertype M30 kunnen voorkomen ingedeeld in groepen of ecologische gilden. Hieronder staat opgesomd waarvoor de afkortingen boven de soorten staan (Altenburg et al., 2007):

CA:	diadrome soorten die migreren tussen zee en rivier en het estuarium als trekroute gebruiken en soms ook (tijdelijk) als opgroeigebied
ER:	estuarien residente soorten die hun totale levenscyclus in het estuarium kunnen doorlopen
MJ:	mariene juvenielen, mariene soorten waarvan de jonge exemplaren kunnen opgroeien in een estuarium
MS:	mariene seizoengasten, mariene soorten die in een vast seizoen een estuarium kunnen bezoeken
Z1-MBRAK:	chloridetolerante soorten, die respectievelijk nog zijn aangetroffen bij chloridegehalten tot circa 8 g/l
Z2-LBRAK:	chloridetolerante soorten, die respectievelijk nog zijn aangetroffen bij chloridegehalten tot circa 4 g/l
Z3-ZOET:	zoetwatersoorten, die niet worden aangetroffen bij chloridegehalten boven circa 4 g/l

TABEL 11: VISSOORTEN INGEDEELD IN GILDES, BRON: (ALTENBURG ET AL., 2007)

CA	ER	MJ	MS	Z1-MBRAK**	Z2-LBRAK**	Z3-ZOET***
Driedoornige stekelbaars	Bot	Griet	Ansjovis	Baars	Alver	Bittervoorn
	Botervis	Haring	Diklipharder	Kolblei	Blankvoorn	Grote modderkruiper
Dunlipharder*	Brakwatergrondel	Kabeljauw	Geep	Snoekbaars	Brasem	
Elft	Dikkopje	Koornaarsvis**	Pijlstaartrog*	Tiendoornige stekelbaars	Giebel	Kleine modderkruiper
Fint	Glasgrondel	Rode poon	Snotolf		Karper	
Paling	Grote zeenaald	Schar	Sprot		Pos	Kroeskarper
Rivierprik	Harnasman	Schol	Vijfdradige meun		Vetje	Kwabaal
Spiering	Houting	Steenbolk				Meerval
Steur	Kleine zeenaald	Tarbot				Rivierdonderpad
Zalm	Puitaal	Tong				Riviergrondel
Zeeforel	Slakdolf	Wijting				Ruisvoorn
Zeeprik	Trompetterzeenaald**	Zeebaars				Snoek
	Vorskwab*					Winde
	Zandspiering					Zeelt
	Zeedonderpad					
	Zeestekelbaars*					
	Zwarte grondel**					
***: wordt alleen beoordeeld bij type 02**						
****: wordt niet beoordeeld bij type 02**						
*****: wordt alleen beoordeeld bij M31**						

Bijlage 2: KRW-monitoringen Lauwersmeer

TABEL 12: GESCHATTE HOEVEELHEID BIOMASSA (KG) PER HECTARE PER LENGTEKLASSE (CM) IN HET LAUWERSMEER, BRON: (PATBERG, 2014)

Soort	Gilde	totaal	0+	>0+ - 15	16 - 25	26 - 40	>= 41
Brasem	Z2	63,8	0,1	2	4,6	3	54,2
Snoekbaars	Z1	20,8	0,2		0,5	0,7	19,4
Paling	CA	13,9		0,2	1,9	4,6	7,2
Baars	Z1	12,9	0,2	7,2	3,2	1,8	0,5
Blankvoorn	Z2	12,2	0,7	1,6	7	2,9	
Pos	Z2	9,4		9,3	0,1		
Kolblei	Z1	4,8		0,3	1,5	3,1	
Winde	Z3	3,2	0	0		1,1	2,1
Bot	ER	1		0,7	0,1	0,2	
Rivierdonderpad	Z3	0,1	0	0,1			
Ruisvoorn	Z3	0,1		0	0		
Spiering	CA	0,1		0,1			
Zeelt	Z3	0,1	0	0,1			
Driedoornige stekelbaars	CA	0	0	0			
Sprot	MS	0		0			
		Totaal	**0 - 15**	**16 - 35**	**36 - 44**	**45 - 54**	**>= 55**
Snoek	Z3	6,4		0,3	0,5	0,4	5,2
Totaal		148,8					

TABEL 13: GESCHATTE HOEVEELHEID AANTALLEN PER HECTARE IN HET LAUWERSMEER, BRON: (PATBERG, 2014)

Soort	Gilde	Totaal	0+	>0+ - 15	16 - 25	26 - 40	>= 41
Pos	Z2	679		677	2		
Baars	Z1	627	38	543	40	5	
Blankvoorn	Z2	431	211	119	92	8	
Paling	CA	309		54	140	86	30
Brasem	Z2	244	28	107	66	9	34
Snoekbaars	Z1	62	40		10	2	10
Bot	ER	43		41	1	1	
Kolblei	Z1	37		11	15	10	
Rivierdonderpad	Z3	34	3	31			
Sprot	MS	16		16			
Spiering	CA	9		9			
Winde	Z3	4	1			1	1
Zeelt	Z3	2		2			
Driedoornige stekelbaars	CA	2	1	1			
Ruisvoorn	Z3	1		1	1		
		Totaal	**0 - 15**	**16 - 35**	**36 - 44**	**45 - 54**	**>= 55**
Snoek	Z3	6		2	1	1	2
Totaal		2506					

Bijlage 3: Gegeven bemonsteringsmomenten, deel 1

TABEL 14: ENKELE GEGEVENS VAN DE BEMONSTERINGSMOMENTEN (1)

Dag	Minuten	Getij	Plaats	Afmeting	Omwentelingen	M3/s	M3
8-4-2015	4	Vloed	Diep	Klein	1333	0,208	49,92
9-4-2015	7	Vloed	Ondiep	Klein	1716	0,153	64,26
9-4-2015	7	Vloed	Diep	Klein	1737	0,155	65,1
10-4-2015	11	Vloed	Ondiep	Klein	1684	0,096	63,36
10-4-2015	11	Vloed	Diep	Klein	1357	0,077	50,82
14-4-2015	16	Eb	Ondiep	Klein	7	0,0003	0,288
14-4-2015	16	Eb	Diep	Klein	118	0,0046	4,416
14-4-2015	25	Vloed	Ondiep	Klein	16	0,0004	0,6
14-4-2015	25	Vloed	Diep	Klein	10	NIHIL	NIHIL
15-4-2015	15	Eb	Ondiep	Klein	23	0,001	0,9
15-4-2015	15	Eb	Diep	Klein	8	NIHIL	NIHIL
15-4-2015	17	Vloed	Ondiep	Klein	44	0,002	2,04
15-4-2015	17	Vloed	Diep	Klein	0	0	0
16-4-2015	16	Eb	Ondiep	Klein	77	0,003	2,88
16-4-2015	16	Eb	Diep	Klein	6	NIHIL	NIHIL
16-4-2015	17	Vloed	Ondiep	Klein	765	0,028	28,56
16-4-2015	17	Vloed	Diep	Klein	29	0,001	1,02
17-4-2015	13	Eb	Ondiep	Klein	813	0,039	30,42
17-4-2015	13	Eb	Diep	Klein	409	0,02	15,6
20-4-2015	13	Vloed	Ondiep	Groot	1496	0,222	173,16
20-4-2015	13	Vloed	Ondiep	Klein	1342	0,065	50,7
21-4-2015	9	Vloed	Ondiep	Groot	1359	0,291	157,14
21-4-2015	9	Vloed	Ondiep	Klein	1873	0,13	70,2
23-4-2015	23	Vloed	Ondiep	Groot	1968	0,165	227,7
23-4-2015	23	Vloed	Ondiep	Klein	1531	0,042	57,96
24-4-2015	11	Eb	Ondiep	Groot	798	0,14	92,4
24-4-2015	11	Eb	Ondiep	Klein	268	0,015	9,9
24-4-2015	33	Vloed	Ondiep	Groot	3410	0,199	394,02
24-4-2015	33	Vloed	Ondiep	Klein	2404	0,046	91,08

TABEL 15: ENKELE GEGEVENS VAN DE BEMONSTERINGSMOMENTEN (2)

Dag	Minuten	Getij	Plaats	Afmeting	Omwentelingen	M3/s	M3
28-4-2015	35	Vloed	Ondiep	Groot	2886	0,159	333,9
28-4-2015	35	Vloed	Ondiep	Klein	230	0,004	8,4
29-4-2015	19	Eb	Diep	Groot	1764	0,179	204,06
29-4-2015	19	Eb	Diep	Klein	193	0,006	6,84
29-4-2015	35	Vloed	Diep	Groot	326	0,018	37,8
29-4-2015	35	Vloed	Diep	Klein	43	0,001	2,1
30-4-2015	15	Eb	Diep	Groot	1494	0,192	172,8
30-4-2015	15	Eb	Diep	Klein	251	0,01	9
30-4-2015	64	Vloed	Diep	Groot	1470	0,044	168,96
30-4-2015	64	Vloed	Diep	Klein	6	NIHIL	NIHIL
1-5-2015	24	Eb	Diep	Groot	1875	0,15	216
1-5-2015	24	Eb	Diep	Klein	420	0,011	15,84
1-5-2015	25	Vloed	Diep	Groot	4740	0,365	547,5
1-5-2015	25	Vloed	Diep	Klein	599	0,015	22,5

Bijlage 4: Gegevens bemonsteringsmomenten, deel 2

TABEL 16: ENKELE GEGEVENS VAN DE BEMONSTERINGSMOMENTEN

Datum	Tijd	meer	zee	verschil meer-zee	Klasse	Opmerking
13-mrt	11:33	-0,95	-0,99	0,04	vloed stroom	Redelijk/ slechte vangst, goede stroom
	11:41	-0,95	-0,84	-0,11		
16-mrt	09:50	-0,85	-0,95	0,1	eb tong	Te laat geopend
	10:03	-0,84	-1,05	0,21		
16-mrt	13:28	-0,94	-1,01	0,07	vloed tong	Redelijk vangst, zwakke stroming
	13:38	-0,94	-0,92	-0,02		
19-mrt	13:33	-0,89	-0,78	-0,11	eb tong	Redelijke vangst, zwakke stroom
	13:47	-0,89	-0,9	0,01		
7-apr	08:40	-1,03	-1,02	-0,01	vloed stroom	Redelijke vangst, zwakke stroom
	08:46	-1,03	-0,94	-0,09		
8-apr	09:06	-1,06	-1,08	0,02	vloed stroom	Redelijk stroom, redelijke vangst (0,21 m3/3 kleine fuik)
	09:10	-1,05	-1,01	-0,04		
9-apr	09:47	-0,93	-1,02	0,09	vloed stroom	Goede vangst, redelijke stroom (0,15 m3/s en 0,16 m3/s kleine fuiken)
	09:54	-0,94	-0,94	0		
10-apr	10:06	-1,01	-1,07	0,06	vloed stroom	Goede vangst, redelijk/zwakke stroom (0,1 en 0,08 klein)
	10:17	-0,99	-0,92	-0,07		
14-apr	10:35	-0,9	-0,98	0,08	eb tong	Nauwelijks stroming, goede vangst (te klein getal kleine fuik)
	10:51	-0,93	-1,05	0,12		
14-apr	12:53	-0,98	-0,78	-0,2	vloed tong	Nauwelijks stroming, slechte vangst (te klein getal kleine fuik)
	13:18	-0,95	-0,6	-0,35		
15-apr	12:40	-0,95	-0,78	-0,17	eb tong	Vangsten goed, stroming nauwelijks (te kleine getal kleine fuik)
	12:55	-0,96	-0,88	-0,08		
15-apr	14:35	-0,98	-1,03	0,05	vloedtong	Nauwelijks stroming, slechte vangst (te kleine getal kleine fuiken)
	14:52	-0,96	-0,96	0		
16-apr	13:37	-0,97	-0,79	-0,18	eb tong	Nauwelijks stroming, slechte vangst (te kleine getal kleine fuiken)
	13:53	-0,99	-0,93	-0,06		
16-apr	16:26	-0,99	-1,13	0,14	vloed stroom	Nauwelijks stroming, redelijke vangst (te klein getal kleien fuik)
	16:43	-0,98	-1	0,02		
17-apr	14:38	-1	-0,8	-0,2	eb tong	Nauwelijks stroming, slechte vangst (te klein getal kleine fuik)
	14:51	-1	-0,92	-0,08		
20-apr	07:56	-0,97	-1,2	0,23	vloed stroom	Redelijke vangst, redelijk stroming (0,22 groot en 0,07 klein ondiep)
	08:09	-0,96	-1	0,04		
21-apr	08:45	-0,94	-1,15	0,21	vloed stroom	Redelijke vangst, redelijke stroming (0,29 groot en 0,13 klein ondiep)

	08:54	-0,94	-1	0,06		
23-apr	09:36	-0,96	-1,28	0,32	vloed stroom	Redelijke vangst, redelijke stroming (0,17 groot en 0,04 klein ondiep)
	09:59	-0,96	-1,04	0,08		
24-apr	07:23	-0,97	-0,79	-0,18	eb tong	Slechte vangst, zwakke stroom (0,14 groot en 0,02 klein ondiep)
	07:43	-0,95	-0,89	-0,06		
24-apr	09:57	-0,95	-1,25	0,3	vloed stroom	Stroming goed, vangst goed (0,2groot en 0,05 klein ondiep)
	10:30	-0,96	-0,78	-0,18		
28-apr	12:09	-0,95	-0,87	-0,08	vloed tong	Vangst goed, stroming redelijk (0,16 groot en –klein ondiep)
	12:44	-0,94	-0,75	-0,19		
29-apr	12:22	-0,95	-1,05	0,1	eb tong	Vangst goed, stroming redelijk (0,18 groot en – klein diep)
	12:41	-0,96	-1,13	0,17		
29-apr	14:28	-0,95	-0,72	-0,23	vloed stroom	Stroming zwak, vangst redelijk (te klein getal voor groot en klein diep)
	15:03	-0,93	-0,45	-0,48		
30-apr	14:05	-0,94	-1,02	0,08	eb tong	Stroming redelijk, goede vangst (0,19 groot en – klein diep)
	14:20	-0,93	-1,01	0,08		
30-apr	14:39	-0,91	-0,93	0,02	vloed stroom	Stroming zwak, vangst slecht (0,04 groot en – klein diep)
	15:43	-0,92	-0,44	-0,48		
1-mei	14:30	-0,97	-1,11	0,14	eb tong	Stroming redelijk, vangst goed (0,15 groot en – klein diep)
	14:54	-0,99	-1,16	0,17		
1-mei	16:38	-1,01	-0,67	-0,34	vloed stroom	Stroming sterk, vangsten goed (0,37 groot en 0,02 klein diep)
	17:03	-0,99	-0,42	-0,57		

Bijlage 5: Statitische analyse

Toets 1: Glasaal

Group Statistics

	Diepte	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Aantal_m2	Ondiep	49	5,8367	15,39121	2,19874
	Diep	49	11,2041	21,15713	3,02245

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Aantal_m2	Equal variances assumed	1,902	,171	-1,436	96	,154	-5,36735	3,73760	-12,78643	2,05173
	Equal variances not assumed			-1,436	87,689	,155	-5,36735	3,73760	-12,79541	2,06072

Bij de Levene's test 0,171, dat is groter dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances assumed. Hierin is de significantie groter (0,154) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt gehandhaafd. Dit betekend dat er geen significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten tussen het diepe en ondiepe larve-net voor glasaal bij vloed en tong.

Toets 1: Platvis spec.

Geselecteerd: vloed, tong

Group Statistics

	Diepte	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Aantal_m2	Ondiep	49	5,4026	15,34191	2,19170
	Diep	49	5,1800	13,64323	1,94903

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Aantal_m2	Equal variances assumed	,379	,539	,076	96	,940	,22263	2,93296	-5,59925	6,04452
	Equal variances not assumed			,076	94,708	,940	,22263	2,93296	-5,60027	6,04554

Bij de Levene's test is Sig. 0,539, dat is groter dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances assumed. Hierin is de significantie groter (0,940) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt gehandhaafd. Dit betekend dat er geen significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten tussen het diepe en ondiepe larve-net voor platvis spec. bij vloed en tong.

Toets 1: Sprot

Group Statistics

	Diepte	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Aantal_m2	Ondiep	49	282,2041	363,85230	51,97890
	Diep	49	814,2857	1325,74936	189,39277

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Aantal_m2	Equal variances assumed	22,542	,000	-2,709	96	,008	-532,08163	196,39609	-921,92480	-142,23847
	Equal variances not assumed			-2,709	55,190	,009	-532,08163	196,39609	-925,63771	-138,52555

Bij de Levene's test is Sig. 0,000, dat is kleiner dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances not assumed. Hierin is de significantie kleiner (0,08) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt verworpen. Dit betekend dat er wel significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten tussen het diepe en ondiepe larve-net voor sprot bij vloed en stroom. Waarbij de voorkeur ligt voor het diepe larve-net, gemiddelde aantal diepe larve-net 814,29 ten op zichte van gemiddelde aantal ondiepe larve-net 282,20.

Toets 2: Glasaal

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Aantal is the same across categories of Bemonsteringsmoment.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,007	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Toets 2: Platvis spec.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Aantal is the same across categories of Bemonsteringsmoment.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,203	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Toets 2: Sprot

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Aantal is the same across categories of Bemonsteringsmoment.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,932	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Toets 3: Driedoornige stekelbaars

Group Statistics

	VAR00010	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00009	Dag	16	2,9375	3,62342	,90585
	Nacht	14	1,0714	2,16490	,57860

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
VAR00009	Equal variances assumed	2,881	,101	1,680	28	,104	1,86607	1,11059	-,40887	4,14102
	Equal variances not assumed			1,736	24,945	,095	1,86607	1,07487	-,34791	4,08005

De significantie bij de Levene's test 0,101, dat is groter dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances assumed. Hierin is de significantie groter (0,104) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt gehandhaafd. Dit betekend dat er geen significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten driedoornige stekelbaars tussen het type bemonstering. Dit betekend dat er geen significant verschil is tussen migratie overdag en 's nachts.

Toets 3: Tiendoornige stekelbaars

Group Statistics

	VAR00036	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00035	Dag	16	8,4375	10,05961	2,51490
	Nacht	14	2,1429	4,92805	1,31708

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
VAR00035	Equal variances assumed	8,541	,007	2,125	28	,043	6,29464	2,96153	,22823	12,36106
	Equal variances not assumed			2,217	22,411	,037	6,29464	2,83891	,41335	12,17593

De significantie bij de Levene's test 0,007, dat is kleiner dan de onbetrouwbaarheid (0,05) en daarom moet er worden gekeken naar de rij van Equal variances not assumed. Hierin is de significantie kleiner (0,037) dan de gekozen α (0,05), waardoor H_0 wordt gehandhaafd. Dit betekend dat er wel een significant verschil is tussen de gemiddelde vangsten tiendoornige stekelbaars tussen het type bemonstering. Waarbij de voorkeur ligt voor migratie overdag (gemiddelde aantal dag 8,4375 ten op zichte van gemiddelde aantal nacht 2,1429).

Toets 4: R.J. Cleveringsluizen x polder Esumakeech

Variant * Locatie Crosstabulation

			Locatie		
			Polder Esumakeech	R.J. Cleveringsluizen	Total
Variant	Leiurus	Count	3	2	5
		Expected Count	2,2	2,8	5,0
	Semi-armatus	Count	25	45	70
		Expected Count	30,8	39,2	70,0
	Trachurus	Count	59	64	123
		Expected Count	54,0	69,0	123,0
Total		Count	87	111	198
		Expected Count	87,0	111,0	198,0

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,256[a]	2	,196
Likelihood Ratio	3,283	2	,194
N of Valid Cases	198		

a. 2 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,20.

Uit de Pearson Chi-Square is af te lezen dat de significantie 0,196 is. Dit is hoger dan de α (0,05), waardoor de H_0-hypothese wordt gehandhaafd. Dit betekend dat de verhoudingen in de varianten van de driedoornige stekelbaarzen bij de beide locatie niet verschillend zijn. Het grootste deel bestaat uit de variant Trachurus, gevolgd door Semi-armatus en het kleinste deel bestaat uit de Leiurus variant.

Bijlage 6: Foto's van de vangsten

R.J. Cleveringsluizen



FIGUUR 62: HARING



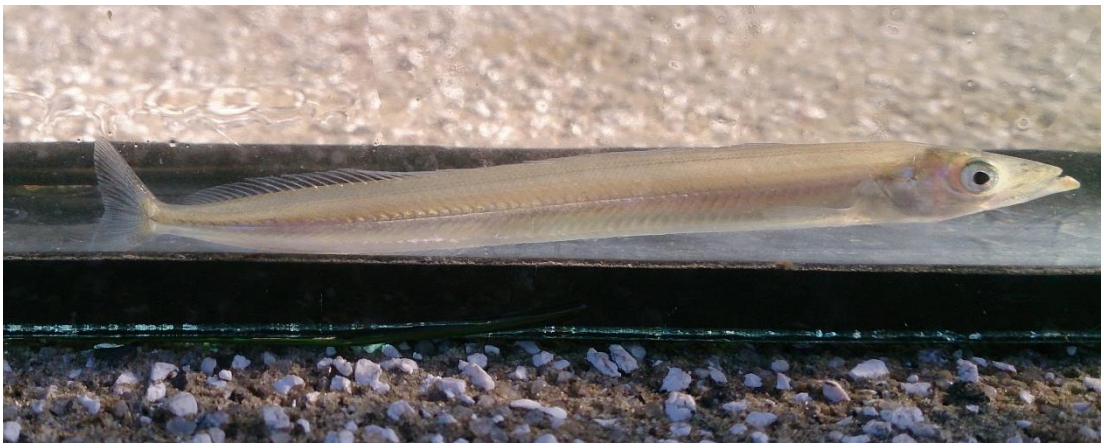
FIGUUR 63: ZEEBAARS



FIGUUR 64: LOZANO'S GRONDEL



FIGUUR 65: SCHOL



FIGUUR 66: ZANDSPIERING



FIGUUR 67: BOTERVIS



FIGUUR 68: SPROTTEN



FIGUUR 69: PENSEELKRAB



FIGUUR 70: SLAKDOLF



FIGUUR 71: DRIEDOORNIGE STEKELBAARZEN



FIGUUR 72: HARDER



FIGUUR 73: KLEPELKLOKJE



FIGUUR 74: GLASAAL



FIGUUR 75: KLEINE ZEENAALD



FIGUUR 76: SPROT



FIGUUR 77: ZEEDRUIF



FIGUUR 78: VANGST

Esumakeech



FIGUUR 79: TIENDOORNIGE EN DRIEDOORNIGE STEKELBAARS



FIGUUR 80: PALINGEN



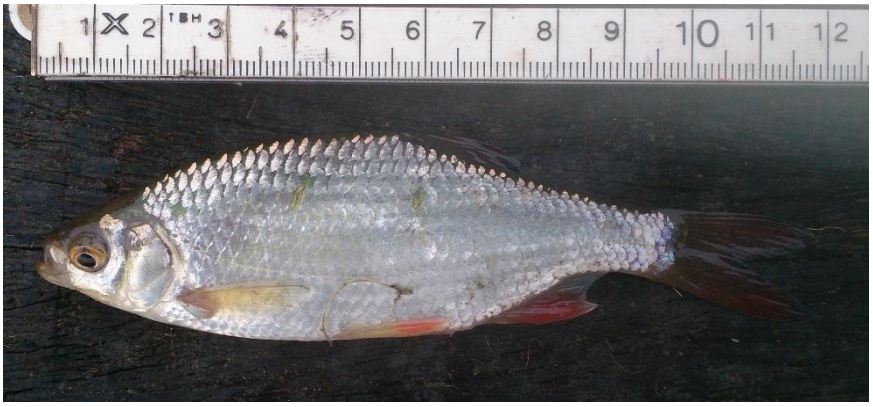
FIGUUR 81: TIENDOORNIGE STEKELBAARZEN



FIGUUR 82: PALING



FIGUUR 83: ZEELT



FIGUUR 84: RUISVOORN



FIGUUR 85: KLEINE MODDERKRUIPER