

Onderzoek beschikbaarheid glasaal bij RWZI's

t.b.v. herstel aalstand en uitzet binnenvisserij



Rapport VSN 2013.01

13 december 2013

Subsidieproject 'Innovatie in de visketen'
(Ministerie van EZ), mede gefinancierd
vanuit het Europees Visserijfonds (EVF).



Ministerie van Economische Zaken



EVF: Investering in
duurzame visserij



In samenwerking met



Onderzoek beschikbaarheid glasaal bij RWZI's t.b.v. herstel aalstand en uitzet binnenvisserij

Projectnummer	VSN 2013.01
Datum	13 december 2013
Aantal pagina's	52
Opdrachtgever	Uitgevoerd in het kader van de subsidieregeling Innovatie in de visketen van het ministerie van Economische Zaken, mede gefinancierd vanuit het Europees Visserijfonds (EVF).
Samenstelling	Visserij Service Nederland Molenkade 3 2964 LB Groot-Ammers info@visserij servicenederland.nl www.visserij servicenederland.nl
Auteurs	Jan-Willem Kroon & Bram van Wijk met bijdrage van Erwin Winter

Bibliografische referentie:

Kroon, J.W. & A.N. van Wijk, 2013. Onderzoek beschikbaarheid glasaal bij RWZI's t.b.v. herstel aalstand en uitzet binnenvisserij. VSN2013.01 Visserij Service Nederland, in samenwerking en met bijdrage van Imares Wageningen UR.

© Visserij Service Nederland, Groot-Ammers

Behoudens wettelijke uitzonderingen mag niets uit dit rapport worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Visserij Service Nederland, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Visserij Service Nederland is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassingen van resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Visserij Service Nederland.



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	6
2 Achtergrondinformatie	8
2.1 Ontwikkelingen glasaalintrek.....	8
2.2 Nederlands aalbeheerplan.....	9
3 Literatuurstudie naar aantrekkende werking van geurstoffen op glasaal.....	10
3.1 Achtergrond	10
3.2 Rol van geurstoffen tijdens de glasaalmigratie.....	10
3.3 Rol van geurstoffen bij het vinden van soortgenoten	11
3.4 Rol van geurstoffen bij het vinden van voedsel.....	12
3.5 Aantrekking van glasaal tot RWZI-effluentpluimen.....	12
4 Werkwijze.....	14
4.1 Bemonsteringslocaties.....	14
4.2 Vangtuigen	16
4.3 Bemonsteringen.....	18
5 Resultaten	22
5.1 RWZI Wieringen	22
5.2 RWZI Amsterdam-West	25
5.3 RWZI Groote Lucht.....	28
5.4 RWZI Bath	29
5.5 Vergelijking met zuiveringsgegevens.....	31
6 Discussie	35
6.1 Werkwijze bemonsteringen	35
6.2 Bemonsteringsmogelijkheden	36
7 Beantwoording onderzoeksvragen	38
7.1 Ophoping van glasaal.....	38
7.2 Economisch rendabele glasaalvisserij.....	39
7.3 Herstel aalstand en stimulans binnenvisserij	40
7.4 Vismigratievoorzieningen en effluentstromen	41
8 Conclusies en aanbevelingen	42
8.1 Conclusies	42
8.2 Aanbevelingen	43
Dankwoord	44
Literatuur.....	46
Bijlage I Overzicht bemonsteringslocaties.....	48

Samenvatting

In de maanden april en mei 2013 heeft Visserij Service Nederland bij vier lozingspunten van effluent van rioolwaterzuiveringen verspreid door Nederland onderzoeken uitgevoerd naar de aanwezigheid en vangbaarheid van glasaal. De doelstelling van het project is het ontwikkelen van een methode voor het economisch rendabel vangen van glasaal bij RWZI's, wat ten goede komt aan het herstel van de aalstand en de visserij in de Nederlandse binnenwateren.

Uit een literatuurstudie blijkt dat het zeer aannemelijk is dat RWZI-effluent een aantrekkende werking heeft op glasaal. Het meest waarschijnlijke scenario is dat een samenspel van elkaar versterkende prikkels als waterstroming, watertemperatuur en een scala aan geurstoffen met verschillende werking gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor de aantrekkende werking van RWZI-effluent.

De in het voorjaar van 2013 bemonsterde locaties zijn RWZI Wieringen (Den Oever), RWZI Amsterdam-West (Amsterdam), RWZI Groote Lucht (Vlaardingen) en RWZI Bath (uitstroom bij Waarde). Afhankelijk van de mogelijkheden ter plaatse is het glasaalaanbod bemonsterd met een kruisnet of glasaalkuil. Daarnaast is getest of de glasaaldetector en glasaalkub geschikt zijn voor het vangen van glasaal op deze locaties.

Bij RWZI Wieringen is met het kruisnet in vijf bemonsteringsavonden een zeer grote hoeveelheid glasaal gevangen, namelijk ruim 140.000 exemplaren (43,4 kilo). In de maand mei bleef de vangst per avond vrij constant op circa 10 kilo in een periode van 3 uur. Met de glasaaldetector is in een periode van anderhalve maand 4,1 kilo (circa 13.000 exemplaren) glasaal gevangen.

Bij de RWZI's Amsterdam-West en Bath werd ook aanbod van glasaal vastgesteld, maar ging het niet om erg grote aantallen. Bij RWZI Groote Lucht zijn slechts 2 glasalen gevangen.

De grote verschillen in glasaalaanbod lijken veroorzaakt te worden door verschil in stroomsnelheid van het uitstromende effluent, de aan- of afwezigheid van een migratiebarrière en de verdere infrastructuur ter plaatse. Daarnaast verschillen ook de mogelijkheden om effectief te bemonsteren per locatie.

Concluderend kan worden gesteld dat het zeer aannemelijk is dat glasaal wordt aangetrokken door effluentpluimen van RWZI's. Op locaties met een groot glasaalaanbod zoals RWZI Wieringen is het mogelijk om economisch rendabel op glasaal te vissen. Hierbij is het kruisnet het meest geschikte vistuig. Mogelijk kan met de glasaaldetector na enkele technische aanpassingen ook economisch rendabel op glasaal worden gevestigd. De mogelijkheid voor het vangen en overplaatsen van glasaal als maatregel voor aalherstel kan worden ingepast in het toekomstige Nederlandse aalbeheer. Ook kan mogelijk de effectiviteit van een vismigratievoorziening vergroot worden door gebruik te maken van de aantrekkende werking van het effluentwater op glasaal.

1 Inleiding

In de maanden april en mei 2013 heeft Visserij Service Nederland bij vier lozingspunten van effluent van rioolwaterzuiveringen verspreid door Nederland onderzoeken uitgevoerd naar de aanwezigheid en vangbaarheid van glasaal.

1.1 Aanleiding

De palingstand staat onder druk. Eén van de redenen hiervoor is de afname van intrek van glasaal. Bij belangrijke monitoringslocaties als de Afsluitdijk, waar jaarlijks onderzoek wordt gedaan naar de glasaalintrek zijn de aangetroffen aantallen in de afgelopen decennia drastisch afgenomen.

Tóch zijn er locaties waar zich in het voorjaar nog grote aantallen glasaal aandienen. Tijdens migratieonderzoeken heeft Visserij Service Nederland in de afgelopen jaren geconstateerd dat er bij enkele lozingspunten van het effluent van rioolwaterzuiveringen (RWZI's) een voor Nederlandse begrippen zeer grote hoeveelheid glasaal aanwezig was. Een vermoeden is dat deze glasalen worden aangetrokken door de constante lokstroom, mogelijk in combinatie met de watertemperatuur en bepaalde (chemische) stoffen in het geloosde water. Bovenstaande constatering was voor Visserij Service Nederland reden om bij enkele RWZI's verspreid door Nederland onderzoek te doen naar het aanbod en de vangmogelijkheden van glasaal.

1.2 Doelstelling

De hoofddoelstelling van het project is het ontwikkelen van een methode voor het economisch rendabel vangen van glasaal bij RWZI's, wat ten goede komt aan het herstel van de aalstand en de visserij in de Nederlandse binnenwateren.

Het onderzoek zal antwoord geven op de volgende vragen:

- Vindt er bij de uitstroom van het effluent van RWZI's ophoping van glasaal plaats?
- Zo ja, waarom heeft het effluent van RWZI's een aantrekkende werking op glasaal?
- Is het mogelijk om bij RWZI's economisch rendabel op glasaal te vissen?
- Wat is de beste methode voor het vangen van glasaal bij RWZI's?
- Kan het vangen en overplaatsen van glasaal bij RWZI's worden ingezet als maatregel voor herstel van de aalstand en als stimulans voor de binnenvisserij?
- Is het mogelijk om bij de aanleg van vismigratievoorzieningen gebruik te maken van de aantrekkende werking van het effluent van RWZI's op glasaal?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is achtergrondinformatie opgenomen met betrekking tot ontwikkelingen in de glasaalintrek en het Nederlandse aalbeheerplan. Hoofdstuk 3 bevat een literatuurstudie naar de rol die geurstoffen spelen bij gedrag van glasaal in relatie tot een eventueel aantrekkende werking van RWZI's. Hoofdstuk 4 beschrijft de werkwijze van de bemonsteringen bij vier RWZI's, waarna in hoofdstuk 5 de resultaten van deze bemonsteringen zijn opgenomen. Hoofdstuk 6 bestaat uit een discussie, waarin verschillende kanttekeningen bij de bemonsteringsresultaten worden gemaakt. In hoofdstuk 7 worden de in paragraaf 1.2 genoemde onderzoeksvragen beantwoord. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 8.

2 Achtergrondinformatie

2.1 Ontwikkelingen glasaalintrek

De Europese paling (*Anguilla anguilla*) heeft een opvallende leefwijze. De vissen paaien in de Sargassozee, duizenden kilometers bij de Europese kust vandaan. Van daaruit laten de larven zich met de golfstroom meedrijven richting Noord Afrika en Europa. Tegen de tijd dat de larven in Nederland aankomen zijn ze veranderd in glasalen, die actief via rivieren het binnenland van Europa in proberen te zwemmen. Daar groeien de palingen in het zoete water op. In dit stadium wordt de paling een rode aal genoemd. Na gemiddeld 5 tot 10 jaar verandert deze rode aal in geslachtsrijpe paling, vaak aangeduid als schieraal. Deze schieralen zwemmen terug naar hun geboorteplaats in de Sargassozee, waar de vissen zich voortplanten en daarna sterven. Vanaf dat moment begint de cyclus weer van vooraf aan.

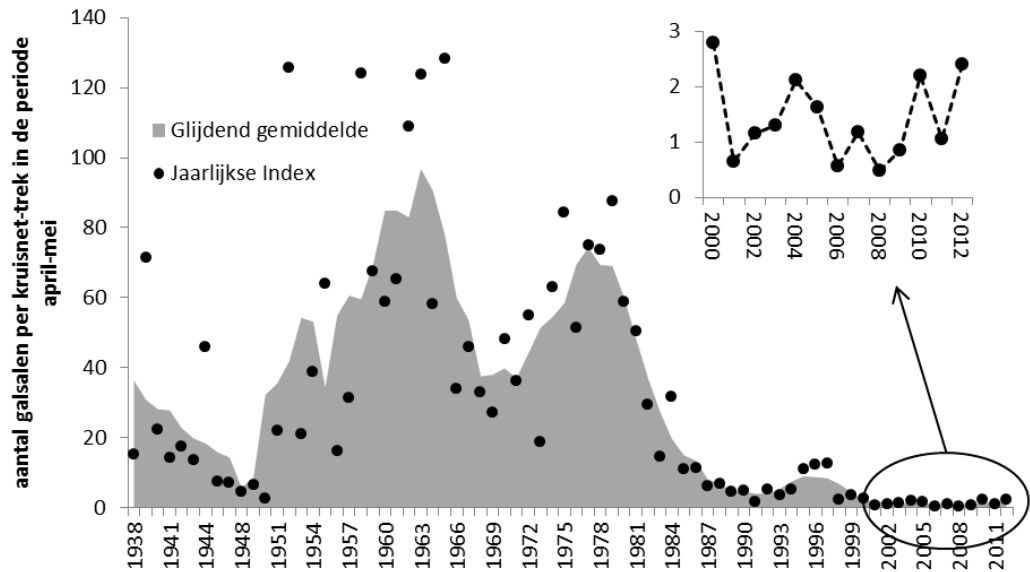
De glasaalintrek in Nederland is in de afgelopen decennia sterk afgenomen. Vanwege de ingewikkelde levenscyclus van de paling is over de precieze oorzaak hiervan nog weinig bekend. Waarschijnlijk gaat het om een combinatie van oorzaken als:

1. Een verminderd voortplantingssucces als gevolg van ophoping van giftige stoffen in de paling;
2. De visserij op glasaal, rode aal en schieraal;
3. Sterfte van uittrekkende schieraal bij waterkrachtcentrales en gemalen;
4. De aanwezigheid van diverse soorten parasieten in paling.
5. Afname van intrekmogelijkheden voor glasaal als gevolg van dammen, gemalen en sluizen.

Daarnaast spelen mogelijk ook oorzaken als veranderde zeestromingen en de ophoping van afval als plastic in de Sargassozee een rol.

Ondanks dat de exacte oorzaak van de achteruitgang van het glasaalaanbod aan de Nederlandse kust niet bekend is, staat vast dat de glasaalintrek na 1980 sterk is teruggelopen. Bij de Afsluitdijk (Den Oever) wordt sinds 1938 op gestandaardiseerde wijze onderzoek gedaan naar het aanbod van glasaal. Dit gebeurt door middel van kruisnetbemonsteringen, die tegenwoordig worden uitgevoerd door Imares.

In figuur 2.1 is de trend van de jaarlijkse glasaalvangsten bij de bemonsteringen in Den Oever te zien. Tussen 1938 en 1980 waren de verschillen in de vangst groot en vooral rond 1950 was de vangst enkele jaren een stuk minder. Daarna herstelde het glasaalaanbod zich echter weer snel. Vanaf 1980 is de vangst echter sterk afgenomen en na een kleine opleving rond 1995 is de vangst onveranderd laag. De glasaalvangsten bevinden zich op een niveau van minder dan 5% van het vroegere niveau.



Figuur 2.1. Trend Glasaalvangst Den Oever (De Graaf & Bierman, 2012)

2.2 Nederlands aalbeheerplan

Om de palingstand te herstellen zijn de lidstaten van de Europese Unie sinds 2009 verplicht om een aalbeheerplan op te stellen. Ook Nederland heeft een aalbeheerplan opgesteld, waarin diverse maatregelen ter verbetering van de palingstand zijn opgenomen.

Eén van deze maatregelen is het uitzetten van glasaal in daarvoor geschikte gebieden. Omdat in Nederland geen glasaalvisserij plaatsvindt, gaat het bij deze uitzet om glasaal die wordt geïmporteerd uit Engeland of Frankrijk.

3 Literatuurstudie naar aantrekkende werking van geurstoffen op glasaal

Paling heeft een sterk ontwikkeld reukvermogen. In deze literatuurstudie wordt onderzocht of geurstoffen een rol spelen bij het gedrag van glasaal. De aanleiding hiervoor is de waarneming van grote concentraties glasaal bij effluentpluimen van RWZI's. Zouden geurstoffen die een aantrekkende werking hebben op glasaal hierbij van belang kunnen zijn?

3.1 Achtergrond

Zalm gebruikt onder andere specifieke geurstoffen om terug te keren naar de rivier waar deze geboren is ('homing'). Dit speelt bij glasaal die vanuit de paaipplaats in de Atlantische Oceaan naar het Europese continent drift niet. Maar geurstoffen lijken wel degelijk een rol te spelen in het vinden van zoet water. 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. Eén van de eersten die hier onderzoek naar heeft gedaan is Creuzberg (1959, 1961). Hij toonde aan dat zoet oppervlaktewater dat sterk verdund was met zeewater glasaal aantrok. Maar wanneer het zoete oppervlaktewater was gefilterd met kool en daarna sterk verdund met zeewater, verloor het zijn aantrekkingskracht op glasaal. Dit resultaat bleef hetzelfde onafhankelijk van verschillende zoutconcentraties. Hij concludeerde dat organische substanties in het oppervlaktewater verantwoordelijk moesten zijn voor de aantrekkingskracht op glasaal.

Er worden verschillende functies verondersteld voor de diverse soorten geurstoffen die een aantrekkende werking op glasaal hebben (Pesaro et al. 1981), namelijk:

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

Deze verschillende functies die geurstoffen zouden kunnen spelen worden hieronder verder besproken en uitgewerkt.

3.2 Rol van geurstoffen tijdens de glasaalmigratie

Omdat in keuze-experimenten rivierwater sterk wordt geprefereerd door glasaal boven estuarien water, met koolstof gefilterd water, bronwater, kraanwater en gedestilleerd water, wordt er verondersteld dat natuurlijk zoet water organische geurstoffen bevat die werken als aantrekkende oriëntatieprikkel bij migrerende glasaal van zowel de Europese als Amerikaanse paling (Creuzberg 1959, Creuzberg 1961, Miles 1968, Sorensen 1986). Dat geurstoffen hierbij van belang zijn is aangetoond door Hain (1975), omdat glasaal waarbij het reukvermogen was uitgeschakeld niet in staat was onderscheid te maken tussen rivier- en bronwater. Omdat deze palingsoorten uit één pan-mictische populatie bestaan en vanuit de

Atlantische oceaan en kustwateren langs het gehele Noord-Amerikaanse en Europese kustlijn, wordt verondersteld dat herkenning van deze organische geurstoffen is aangeboren en dat deze geurstoffen universeel voorkomend in rivieren moeten zijn (Sorensen 1986).

Er zijn verschillende studies uitgevoerd om te onderzoeken welke organische componenten of bronnen verantwoordelijk waren voor de aantrekkende werking van natuurlijk rivierwater. Hain (1975) vond dat geurstoffen van bepaalde waterplanten en van ontbindend blad glasaal aantrokken. Studies van Sorensen (1986) lieten zien dat een breed scala aan organische componenten zoals afkomstig van waterplanten met epifythische bacteria en detritus van ontbindend bladmateriaal een sterke aantrekkingskracht had op glasaal. Verse bladeren en gevallen bladeren die niet in het water aan het ontbinden waren oefenden geen aantrekkingskracht uit. Ook gespoelde waterplanten en gespoeld grind oefenden geen aantrekkingskracht uit, terwijl ongespoelde waterplanten en grind dit wel deden. Daarnaast bleken ook bacteriële cultures aantrekkingskracht op glasaal uit te oefenen. Sorensen (1986) concludeert hieruit dat bacteriële activiteit een belangrijke rol speelt in de geurcomponenten die voor de aantrekkingskracht van rivierwater zorgen. Omdat geen van de geteste geurcomponenten op zichzelf zo sterk werkte als rivierwater, concludeerde hij dat een combinatie van meerdere geurstoffen, waarbij bacteriële afbraak een belangrijke rol spelen, de meest waarschijnlijke reden voor de grote aantrekkingskracht van rivierwater is. En dat de relatieve concentraties van deze geurstoffen niet alleen glasaal leiden naar rivieren, maar wellicht ook onderscheid in meer en minder productieve rivieren mogelijk maakt.

Maar hiermee is nog niet duidelijk welke specifieke geurstoffen als prikkel voor glasaal dienen. Sola heeft verschillende studies uitgevoerd naar verschillende zogenaamde 'earthy' en 'green odorants' (Sola 1995, Sola & Tongiorgi 1996). De meest onderzochte stof binnen deze groep is geosmin, die een karakteristieke gronderige geur heeft die ook door de mens in lage concentraties goed wordt geroken en veelvuldig voorkomt in zoet grond- en oppervlaktewater, en een sterke aantrekkingskracht op glasaal uitoefent (Tosi & Sola 1993). Het meest waarschijnlijke scenario is dat een boeket aan organische geurstoffen verantwoordelijk is voor de aantrekkingskracht van verdund rivierwater in zee op glasaal en zodoende een rol speelt bij de oriëntatie van glasaal naar riviermondingen, naast andere prikkels die een rol spelen tijdens de migratie van glasaal zoals oriëntatie op waterstromingen en selectief getijden transport. Crivelli et al. (2008) redeneert dat in de Middellandse Zee, waar getijdenstromingen minimaal zijn, deze geurcomponenten weleens de belangrijkste oriënterende prikkel naar lagunes en riviermondingen zouden kunnen zijn.

3.3 Rol van geurstoffen bij het vinden van soortgenoten

Miles (1968) vond dat glasaal en jonge gepigmenteerde aaltjes sterker werden aangetrokken tot water waarin soortgenoten hadden gezwommen dan datzelfde type water waarin geen paling had gezwommen en concludeerde dat paling

geurstoffen afgeeft die soortgenoten kunnen herkennen. Pesara et al. (1981) vond bij Europese glasaal en jonge gepigmenteerde aaltjes ook een aantrekkende werking van water waarin soortgenoten zwommen. De aantrekkende werking is niet heel sterk en Sorensen (1986) concludeert dat stoffen die uitgescheiden worden door soortgenoten wel kunnen leiden tot aggregatie en samenscholing van glasaal en jonge paling, maar dat de aantrekkende werking op grotere afstanden, zoals bijvoorbeeld tijdens migraties vanuit zee naar riviermondingen, minder waarschijnlijk is. Welke geurstoffen een rol spelen bij het vinden van soortgenoten, of dat er sprake is van chemo-communicatie tussen soortgenoten, is onderzocht voor verschillende stadia van paling (Huertas et al. 2008). Hier beperken we ons tot de geurstoffen die zijn onderzocht voor glasaal en jonge gepigmenteerde aaltjes. Er zijn verschillende kandidaat geurstoffen gevonden die een aantrekkende werking hebben op glasaal en jonge gepigmenteerde aal in laboratorium experimenten: feromonen uit huidslim (Saglio 1982), galvloeistoffen en -zouten, 'bile fluids and salts' (Sola & Tosi 1993, Huerta et al. 2009) en specifieke aminozuren die als feromoon zouden kunnen werken (Crnjar et al. 1992, Sola & Tongiorgi 1998). In een veldsituatie heeft Briand et al. (2002) zelfs aannemelijk gemaakt dat geurstoffen van soortgenoten de efficiëntie van een vistrap voor glasaal en jonge gepigmenteerde aaltjes kan beïnvloeden. Ook hier werd attractie gesuggereerd die alleen over kleine afstanden van 0 tot 5 meter werkte.

3.4 Rol van geurstoffen bij het vinden van voedsel

Bij de metamorfose van glasaal naar rode aal is het aannemelijk dat de oriëntatie op geurstoffen verandert. Het zoeken en vinden van geschikte zoetwaterhabitats en het opzoeken van soortgenoten wordt eenmaal aangekomen en gesetteld in opgroeihabitats steeds minder belangrijk en zal het vinden van voedsel aan belang winnen. Hier beperken we ons tot onderzoek naar geurstoffen die wellicht voor het vinden van voedsel voor glasaal en jonge gepigmenteerde paling van belang zijn. Hierbij lijken aminozuren de voornaamste kandidaatstoffen (Sola 1993), waarbij in ieder geval D-Asparagine en D-Alanine sterke aantrekkingskracht hebben op glasaal (Sola & Tongiorgi 1998). Aangezien glasaal en jonge gepigmenteerde aal ook detritus als voedsel tot zich neemt, spelen bovengenoemde studies van Hain (1975) en Sorensen (1986) die voornamelijk worden toegeschreven aan de rol van geurstoffen tijdens de migratie en oriëntatie tot riviermondingen ook in een later stadium een rol bij het vinden van voedsel.

3.5 Aantrekking van glasaal tot RWZI-effluentpluimen

Bovenstaand overzicht laat zien dat geurstoffen op verschillende facetten van de biologie van glasaal en jonge gepigmenteerde aaltjes van invloed is. Op grotere afstand spelen organische componenten die gerelateerd zijn aan bacteriële afbraak waarschijnlijk een grote rol in de oriëntatie van glasaal. RWZI-effluenten zullen deze geurstoffen in hoge concentraties bevatten, waaronder geosmin (Urase & Sasaki 2013). Hiermee kan oriëntatie op geurstoffen die glasaal naar riviermondingen leiden ook (mede) zorgdragen voor de aantrekkingskracht van RWZI-effluent voor glasaal. Naast migratie georiënteerde prikkels op glasaal en jonge aaltjes, kunnen

detritusgeurstoffen en aminozuren die in RWZI-effluent zeker aanwezig zijn, ook op voedsel georiënteerde prikkels geven. Eenmaal op korte afstand van het effluent kunnen ook specifieke feromonen van soortgenoten die al bij de pluim geconcentreerd zijn een verdere aantrekkingskracht uitoefenen op aankomende glasalen.

Concluderend lijkt het zeer aannemelijk dat naast oriëntatie op waterstroming van een effluentpluim, of de in het voorjaar vaak iets hogere watertemperatuur van het RWZI-effluent, zeker ook geurstoffen een rol spelen bij de aantrekkingskracht van RWZI-pluimen op glasaal en jonge gepigmenteerde aaltjes. Hierbij is waarschijnlijk een brede range aan geurstoffen betrokken, die in een geconcentreerde cocktail als RWZI-effluent ruim aanwezig zijn. Het meest waarschijnlijke scenario is dat een samenspel van elkaar versterkende prikkels als waterstroming, watertemperatuur en een scala aan geurstoffen met verschillende werking gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor de potentieel aantrekkende werking van RWZI-effluent.

4 Werkwijze

Om een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen is in de maanden april en mei 2013 op vier locaties onderzoek gedaan door middel van verschillende vangtuigen. In dit hoofdstuk worden de bemonsteringslocaties, vangtuigen en de uitvoering van de bemonsteringen besproken.

4.1 Bemonsteringslocaties

Bij vier uitstroompunten van het effluent van rioolwaterzuiveringen zijn glasaalbemonsteringen uitgevoerd. De locaties zijn bepaald aan de hand van de volgende voorwaarden:

- De locatie moet voor glasaal vanuit zee zonder onoverbrugbare migratiebarrières bereikbaar zijn;
- Er moet zo mogelijk een constante lokstroom (effluent) aanwezig zijn;
- De locaties liggen zoveel mogelijk verspreid door Nederland.

In tabel 4.1 zijn de met behulp van deze randvoorwaarden geselecteerde locaties (van noord naar zuid) opgenomen. In figuur 4.1 zijn de locaties op kaart weergegeven. Op deze kaart is de verspreide ligging van de bemonsterde RWZI's zichtbaar.

Tabel 4.1. Bemonsteringslocaties

Naam RWZI	Beheerder	Locatie effluentlozing	Water
RWZI Wieringen	HHS Hollands Noorderkwartier	Sluiskolkade, Den Oever	Waddenzee
RWZI Amsterdam-West	Waternet	Westpoortweg, Amsterdam	Noordzeekanaal
RWZI Groote Lucht	Hoogheemraadschap van Delfland	Oeverbospad, Vlaardingen	Nieuwe Waterweg
RWZI Bath	Waterschap Brabantse Delta	Westveerpolder, Waarde	Westerschelde

RWZI Wieringen

RWZI Wieringen is gelegen in Den Oever. Het gaat hier om een kleine zuivering met in de maanden april en mei 2013 een gemiddeld debiet van circa 1.500 m³ per dag. Het effluent bestaat hoofdzakelijk uit huishoudelijk afvalwater.

Vanuit de rioolwaterzuivering wordt het water via een buis met een diameter van 50 centimeter onder de Zuiderhaven (IJsselmeer) door naar de Voorhaven (Waddenzee) gevoerd, waar het water door middel van een effluentpomp wordt geloosd. Deze effluentpomp is niet constant in werking, maar slaat afhankelijk van het aanbod van water regelmatig aan en uit. Direct naast de effluentlozing bevindt zich ook het lozingspunt van gemaal Leemans. Dit gemaal draait gemiddeld enkele uren per dag.

Voor glasaal is de locatie zeer goed bereikbaar, door de directe verbinding van de haven met de Waddenzee.

In bijlage I is een luchtfoto van de locatie opgenomen.

RWZI Amsterdam-West

RWZI Amsterdam-West is gelegen in Amsterdam. Het gaat hier om een zeer grote zuivering met in de maanden april en mei 2013 een gemiddeld debiet van circa 170.000 m³ per dag. Het effluent bestaat uitsluitend uit huishoudelijk afvalwater. Vanuit de rioolwaterzuivering wordt het water via twee afvoerpijpen met een diameter van 220 centimeter geloosd in een haven van het Noordzeekanaal.

De ligging van deze locatie aan het Noordzeekanaal betekent dat glasalen voordat ze deze locatie kunnen bereiken al een migratie barrière zijn gepasseerd, namelijk de sluisen bij IJmuiden. Omdat door migratieonderzoek in 2010 bekend is dat er op deze locatie veel glasaalaanbod is, is er toch voor gekozen om deze locatie mee te nemen bij dit onderzoek.

In bijlage I is een luchtfoto van de locatie opgenomen.



Figuur 4.1. Overzicht bemonsteringslocaties

RWZI Groote Lucht

RWZI Groote Lucht is gelegen in Vlaardingen. Het gaat hier om een grote zuivering met in de maanden april en mei 2013 een gemiddeld debiet van circa 62.500 m³ per dag. Het effluent bestaat zowel uit huishoudelijk als industrieel afvalwater.

Vanuit de rioolwaterzuivering wordt het water via twee afvoerpijpen met een diameter van 150 centimeter geloosd in de Nieuwe Waterweg.

Voor glasaal is de locatie zeer goed bereikbaar, omdat de Nieuwe Waterweg in directe verbinding staat met de Noordzee.

In bijlage I is een luchtfoto van de locatie opgenomen.

RWZI Bath

RWZI Bath is gelegen in Rilland. Het gaat hier om een grote zuivering met in de maanden april en mei 2013 een gemiddeld debiet van circa 95.000 m³ per dag. Het effluent bestaat zowel uit huishoudelijk als industrieel afvalwater.

Vanuit de rioolwaterzuivering wordt het water via twee afvoerpijpen met een diameter van 150 centimeter geloosd in de Westerschelde bij Waarde. De afstand tussen de zuivering en het lozingspunt bedraagt hemelsbreed bijna 13 kilometer.

Door de ligging aan de Westerschelde is deze locatie goed bereikbaar voor glasaal, omdat de Westerschelde in directe verbinding staat met de Noordzee.

In bijlage I is een luchtfoto van de locatie opgenomen.

4.2

Vangtuigen

Bij de bemonsteringen is gebruik gemaakt van verschillende vangtuigen, waarbij de inzet van vangtuigen per bemonsteringslocatie afhankelijk was van de mogelijkheden ter plaatse. De volgende vangtuigen zijn gebruikt:

Actieve vistuigen

Kruisnet

Glasaalkuil

Passieve vistuigen

Glasaaldetector

Glasaalkub

Kruisnet

Een kruisnet bestaat uit een vierkant of rechthoekig frame waarin voor het vangen van glasaal een zeer fijnmazig netwerk is bevestigd. Het kruisnet wordt met behulp van een elektrische lier bediend. Hierbij wordt het kruisnet voor de uitstroom van het effluent afgezonken tot op de bodem. Om glasaal te lokken wordt boven het kruisnet een lamp geplaatst met een vermogen van 1000 Watt. Na een periode van 5 tot 15 minuten wordt het net met behulp van de lier omhoog getakeld. Glasalen die boven het net zwemmen komen op deze manier op het net te liggen en kunnen hier met behulp van een klein schepnetje vanaf worden geschept.

Het kruisnet is ingezet bij de bemonsteringen van het glasaalaanbod bij de RWZI's Wieringen en Amsterdam-West. Het formaat van het kruisnet was afhankelijk van de mogelijkheden ter plaatse. Bij RWZI Wieringen is gebruik gemaakt van een kruisnet met een formaat van 1,5 bij 1,5 meter (oppervlakte 2,25 m²). Bij RWZI Amsterdam-West is een kruisnet van 1,3 bij 2,6 meter (oppervlakte 3,38 m²) gebruikt.

In figuur 4.2 is een foto van de kruisnetbemonstering bij RWZI Wieringen te zien.



Figuur 4.2. Kruisnet



Figuur 4.3. Glasaalkuil

Glasaalkuil

Op locaties waar het niet mogelijk was om het glasaalaanbod met een kruisnet te bemonsteren, is gevist met een speciaal voor dit onderzoek gemaakte glasaalkuil. Deze kuil bestaat uit een metalen frame met een breedte van 1,5 en een hoogte van 0,75 meter. In dit frame is een fijnmazig netwerk bevestigd. De lengte van het net is circa 3 meter en loopt uit op een punt. In de punt is een dop bevestigd, zodat de vangst op een eenvoudige manier uit de kuil gehaald kan worden. Aan beide kanten van het frame is een touw bevestigd, zodat de kuil door twee personen in waadpak door ondiep water kan worden voortgetrokken.

De glasaalkuil is ingezet bij de bemonsteringen van het glasaalaanbod bij de RWZI's Groote Lucht en Bath. Bij RWZI Bath werd alleen wadend in ondiep water gevist. Bij RWZI Groote Lucht kon bij laag water wadend gevist worden. Bij hoog water werd de kuil direct voor de uitstroom te water gelaten, waarna het net met de stroming mee werd gevoerd. Als het net ver genoeg uit de kant was, werd het weer binngetrokken. Door twee drijvers aan de bovenkant van het frame bleef de kuil zweven, zodat de bovenste 75 centimeter van de waterkolom werd bemonsterd. In figuur 4.3 is een foto van de kuilbemonstering bij de uitstroom van RWZI Bath te zien.

Glasaaldetector

In samenwerking met Bureau Waardenburg is de zogenaamde glasaaldetector ontwikkeld. De glasaaldetector is een kunststof bak, die op een vlot wordt geplaatst. Vanuit deze bak loopt een goot, die is bekleed met kokosmat. Door middel van een pomp wordt water in de bak gepompt. Hierbij werd zoveel mogelijk gebruik gemaakt van effluentwater uit de betreffende RWZI, door het water zo dicht mogelijk bij de effluentuitstroom op te pompen. Als de bak vol is, stroomt het overtollige water via de goot uit te bak. Dit zorgt voor een lokstroom, waar glasalen tegenin kunnen kruipen. Hierbij geeft de kokosmat houvast aan de glasaaltjes. Uiteindelijk komen de glasalen in de verzamelbak terecht. Ook in deze bak zijn kokosmatten bevestigd, waartussen de glasaal schuilgelegenheid vindt.

De glasaaldetector is ingezet bij de RWZI's Wieringen, Amsterdam-West en Bath. Vooral bij RWZI Bath waren er de nodige opstartproblemen, maar bij Wieringen en Amsterdam-West is de detector succesvol ingezet. Zie hiervoor hoofdstuk 5; Resultaten. In figuur 4.4 is een foto van de glasaaldetector voor de uitstroom van RWZI Amsterdam-West te zien.



Figuur 4.4. Glasaaldetector



Figuur 4.5. Glasaalkub

Glasaalkub

De glasaalkub is een vangtuig dat gebaseerd is op het eeuwenoude principe van de aalkub, die in het verleden vooral op de Benedenrivieren werd gebruikt voor het vangen van paling. De glasaalkub bestaat uit een buis met aan één zijde een kleine instroomopening en aan de andere kant een breed uitlopende opening. In de buis aan de kant van de brede opening is een keel gemaakt, vergelijkbaar aan de kelen die in een fuik zitten. De glasaalkub wordt in het water geplaatst, waar hij als gevolg van de stroming met de smalle kant in de stroming en de brede kant van de stroomrichting af komt te liggen. In de brede opening ontstaat daardoor een luwe plaats, met een veel geringere stroomsnelheid dan de omgeving. Daardoor is de kans dat glasaal zich hier ophoopt en via de keel de vangpijp inzwemt.

De glasaalkub is ingezet bij de RWZI's Amsterdam-West, Groote Lucht en Bath.

In figuur 4.5 is een foto van de glasaalkub bij RWZI Groote Lucht te zien.

4.3 Bemonsteringen

Bij alle vier de RWZI's is in april en mei 2013 minimaal vier avonden met het kruisnet of de glasaalkuil gevist. Deze visserijen waren gericht op het vaststellen van (de omvang van het) glasaalaanbod. Daarnaast is in dezelfde periode onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor het vangen van glasaal in de glasaaldetector en de glasaalkub. De locaties en de periode waren hierbij afhankelijk van de mogelijkheden en de resultaten ter plaatse. In deze paragraaf worden de bemonsteringen per RWZI beschreven.

RWZI Wieringen

Bij RWZI Wieringen is vijf avonden met een **kruisnet** gevist, namelijk op 18 april, 2 mei, 16 mei, 17 mei en 30 mei. Volgens de planning zouden op alle locaties vier avonden aanbodbemonsteringen plaatsvinden, maar vanwege de zeer grote vangsten bij Den Oever is besloten om op deze locatie twee avonden achter elkaar te bemonsteren. Dit om te onderzoeken of de vangsthoeveelheid in dit geval vergelijkbaar blijft, of dat de tweede avond minder glasaal wordt aangetroffen. De bemonsteringen zijn uitgevoerd in de avond van 21.00 tot 24.00 uur. Dit omdat glasaal vooral in het donker actief is. De bemonsteringsavonden zijn gekozen aan de hand van het getij. In alle gevallen is gevist met opkomend water. Omdat glasaal tijdens de migratie gebruik maakt van de getijdestroming zijn de vangstkansen bij

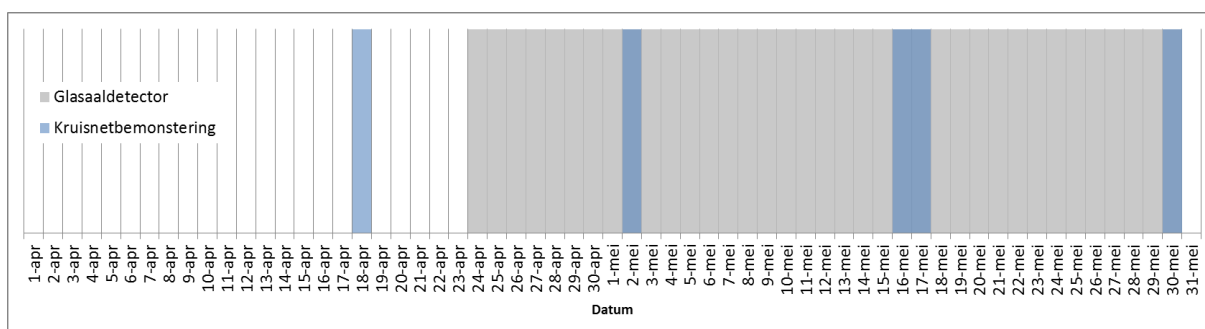
opkomend water het grootst. Tijdens de bemonsteringsperiode werd het kruisnet 8 keer per uur gelicht.

De **glasaaldetector** is in de periode van 24 april tot en met 30 mei ingezet bij RWZI Wieringen. In deze periode is de detector 13 keer bemonsterd. Op 30 mei is de detector niet gelijk verwijderd, omdat dit vanwege laag water niet mogelijk was. Daarom is de detector pas op 6 juni verwijderd.

Alle bij de bemonsteringen gevangen glasalen zijn met ontheffing van het Ministerie van Economische Zaken overgezet naar het Waardkanaal (Amstelmeerboezem). De uitzetlocatie is op kaart weergegeven in bijlage I.

Bij de bemonsteringen is samengewerkt met beroepsvisser Dick Bakker.

In figuur 4.6 zijn de bemonsteringsdatums met beide vistuigen weergegeven.



Figuur 4.6. Overzicht bemonsteringen RWZI Wieringen

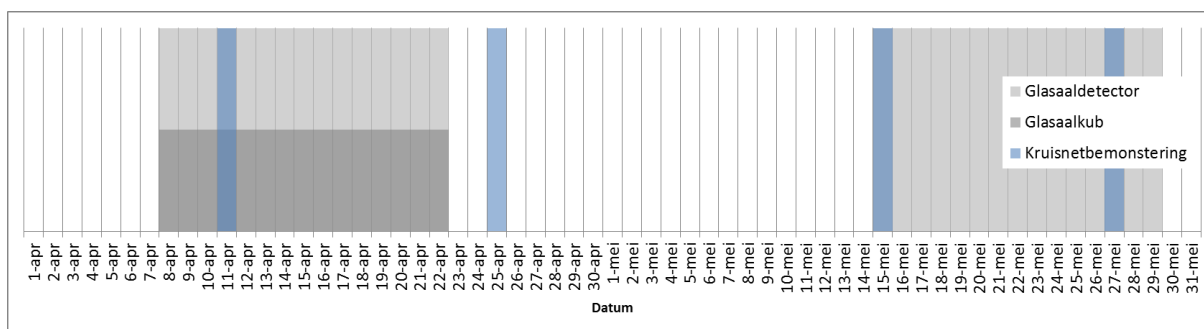
RWZI Amsterdam-West

Bij RWZI Amsterdam-West is vier avonden met een **kruisnet** gevist, namelijk op 11 april, 25 april, 15 mei en 27 mei. De bemonsteringen zijn uitgevoerd in de avond van 21.00 tot 24.00 uur. Dit omdat glasaal vooral in het donker actief is. Bij deze locatie hoefde geen rekening gehouden te worden met de tijdstippen van eb en vloed, omdat in het Noordzeekanaal geen getij aanwezig is. Tijdens de eerste twee bemonsteringen werd het kruisnet 4 keer per uur gelicht, bij de laatste twee was dit 8 keer per uur.

De **glasaaldetector** is in de periode van 8 april tot en met 22 april en van 15 tot en met 29 mei ingezet bij RWZI Amsterdam-West. In deze periode is de detector acht keer bemonsterd. Tijdens de eerste periode is de glasaaldetector als gevolg van opstartproblemen niet constant in werking geweest. Voor de werking van de pomp in de detector werd gebruik gemaakt van accu's, maar deze bleken niet genoeg capaciteit te hebben om de pomp enkele dagen achter elkaar te laten draaien. In de tweede periode was dit probleem opgelost en draaide de pomp wel constant.

De **glasaalkub** is in de periode van 8 tot en met 22 april ingezet. In die tijd is de kub drie keer bemonsterd.

Alle bij de bemonsteringen gevangen glasalen zijn met ontheffing van het Ministerie van Economische Zaken overgezet achter het op enkele honderden meters afstand gelegen gemaal Halfweg (Rijnlands Boezem). De uitzetlocatie is op kaart weergegeven in bijlage I. Bij de bemonsteringen is samengewerkt met beroepsvisser Piet Ruijter. In figuur 4.7 zijn de bemonsteringsdatums met de gebruikte vistuigen weergegeven.



Figuur 4.7. Overzicht bemonsteringen RWZI Amsterdam-West

RWZI Groote Lucht

Bij RWZI Groote Lucht is vier avonden met een **glasaalkuil** gevist, namelijk op 22 april, 10 mei, 17 mei en 30 mei. De bemonsteringen zijn uitgevoerd in de avond van 21.00 tot 24.00 uur. Dit omdat glasaal vooral in het donker actief is. De bemonsteringsavonden zijn gekozen aan de hand van het getij. Bij de eerste twee avonden is gevist met opkomend water, te beginnen bij eb. Omdat glasaal tijdens de migratie gebruik maakt van de getijdestroming zijn de vangstkansen bij opkomend water het grootst.

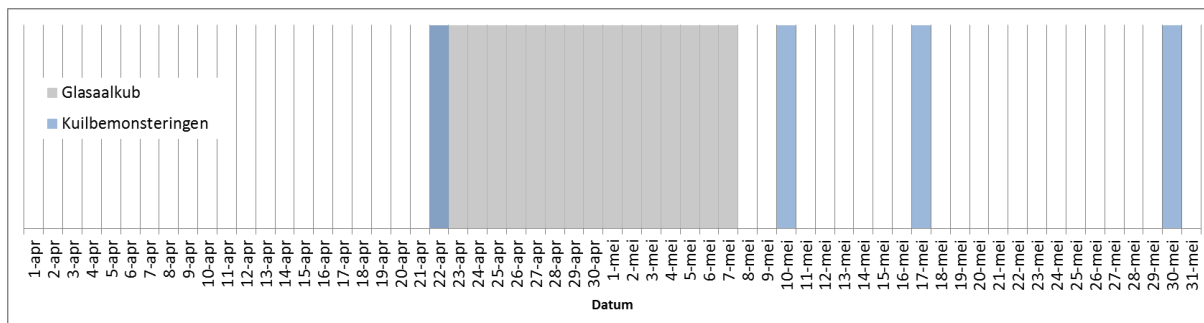
Vanwege de zeer geringe vangsten en omdat bij laag water lastig gevist kon worden, is besloten om de laatste twee bemonsteringsavonden bij vloed, rond de kentering van het getij te bemonsteren.

De **glasaaldetector** is bij de locatie Groote Lucht niet getest. Vanwege de golfslag en stroming als gevolg van langsvarende schepen was niet zeker of het vlot met de detector op zijn plaats zou blijven. Daarnaast was de inschatting dat de kans op vandalisme op deze locatie groot zou zijn. Om deze redenen is van testen van de glasaaldetector op deze locatie afgezien.

De **glasaalkub** is in de periode van 22 april tot en met 7 mei ingezet. In die tijd is de kub drie keer bemonsterd. Omdat het als gevolg van golfslag en stroming bijna niet mogelijk bleek om de kub op zijn plaats te houden is besloten om de glasaalkub op 7 mei te verwijderen. Ook het feit dat geen enkele glasaal werd gevangen speelde hierbij mee.

Bij de bemonsteringen is samengewerkt met beroepsvisser Jacob Struik.

In figuur 4.8 zijn de bemonsteringsdatums met beide vistuigen weergegeven.



Figuur 4.8. Overzicht bemonsteringen RWZI Groote Lucht

RWZI Bath

Bij RWZI Bath is vier avonden met een **glasaalkuil** gevist, namelijk op 8 april, 23 april, 8 mei en 24 mei. De bemonsteringen zijn uitgevoerd in de avond van 21.00 tot 24.00 uur. Dit omdat glasaal vooral in het donker actief is. De bemonsteringsavonden zijn gekozen aan de hand van het getij. In alle gevallen is gevist met opkomend water. Omdat glasaal tijdens de migratie gebruik maakt van de getijdestroming zijn de vangstkansen bij opkomend water het grootst. Tijdens een bemonsteringsavond werden 12 trekken met een lengte van circa 100 meter gedaan.

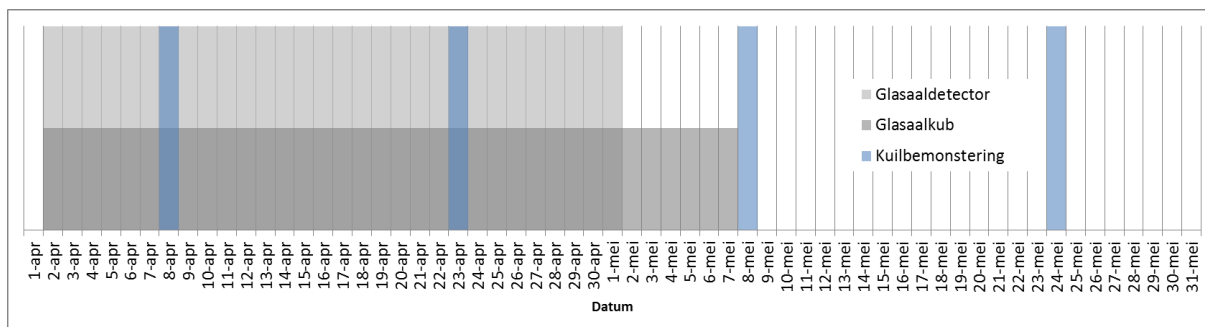
De **glasaaldetector** is in de periode van 2 april tot en met 1 mei ingezet bij RWZI Bath. In deze periode is de detector 10 keer bemonsterd. In het begin werd geprobeerd om de accu die nodig was om te pomp te laten draaien met behulp van een windmolentje op het vlot op te laden. De windmolen bleek echter niet genoeg vermogen te leveren om de accu constant voldoende geladen te houden. Daarom stond de pomp regelmatig stil. Dit probleem werd opgelost door het om de paar dagen vervangen van de accu's. Naast de problemen met de elektriciteitsvoorziening zat de pomp ook enkele keren verstopt door vuil uit het effluentwater en heeft de glasaaldetector schade opgelopen als gevolg van golfslag door harde wind.

De **glasaalkub** is in de periode van 22 april tot en met 7 mei ingezet. In deze periode is de kub 11 keer bemonsterd.

Alle bij de bemonsteringen gevangen glasalen zijn met ontheffing van het Ministerie van Economische Zaken overgezet in een op een halve kilometer afstand gelegen polderwatergang. De uitzetlocatie is op kaart weergegeven in bijlage I.

Bij de bemonsteringen is samengewerkt met beroepsvisser Peter Kooistra.

In figuur 4.9 zijn de bemonsteringsdatums met gebruikte vistuigen weergegeven.



Figuur 4.9. Overzicht bemonsteringen RWZI Bath

5 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de glasaalbemonsteringen en de vangsten met de verschillende ingezette vistuigen behandeld.

5.1 RWZI Wieringen

Bij RWZI Wieringen bleek het glasaalaanbod zeer groot. Zowel met het kruisnet als met de glasaaldetector is een aanzienlijke hoeveelheid glasaal gevangen.

Kruisnet

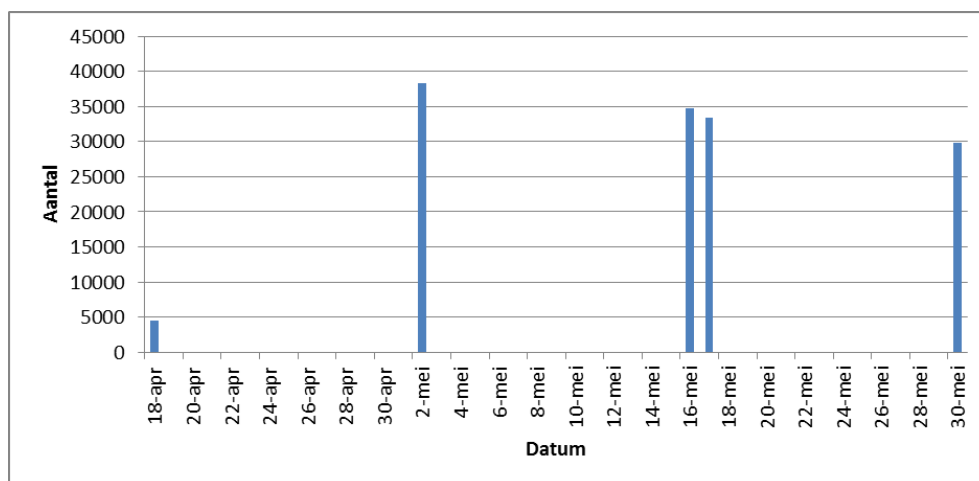
In tabel 5.1 is een overzicht van de glasaalvangsten met het kruisnet opgenomen. In totaal is een gewicht van maar liefst 43,4 kilo aan glasaal gevangen. Uitgaande van 3.250 glasalen per kilo gaat het hierbij om ruim 140.000 exemplaren. Tijdens de eerste bemonstering was het glasaalaanbod al groot, maar in mei was er bij alle bemonsteringen een zeer grote hoeveelheid glasaal aanwezig. Zelfs nadat op 16 mei ruim 10 kilo glasaal was gevangen en overgezet naar de Amstelmeerboezem, werd de daarop volgende avond weer ruim 10 kilo gevangen. De grote vangsten liepen tot eind mei door. Deze aanhoudende grote vangsthoeveelheid wijst op ophoping van glasaal als gevolg van een migratiebelemmering.

In de tabel is ook de gemiddelde vangst per kruisnettrek weergegeven, uitgaande van 24 trekken per avond. Hierbij valt op dat dit aantal tijdens de bemonsteringen in mei elke keer ruim boven de 1.000 exemplaren ligt. Gelet op de oppervlakte van het kruisnet van 2,25 m² (1,5 x 1,5 m) betekent dit dat er tijdens deze bemonsteringen elke keer meer dan 500 glasalen per vierkante meter aanwezig waren.

Tabel 5.1. Vangsten kruisnet RWZI Wieringen

Datum	Vangst in kilo (totaal)	Vangst in aantal (totaal)	Vangst in aantal per trek
18 april	1,4	4.550	190
2 mei	11,8	38.350	1.598
16 mei	10,7	34.775	1.449
17 mei	10,3	33.475	1.395
30 mei	9,2	29.900	1.246
TOTAAL	43,4	141.050	

In figuur 5.1 worden de vangsten in aantallen per bemonsteringsavond in een grafiek weergegeven. Figuur 5.2 en 5.3 laten twee foto's zien van de grote glasaalvangst.



Figuur 5.1. *Vangst per kruisnetbemonstering in aantal*



Figuur 5.2 en 5.3. *Grote glasaalvangst bij RWZI Wieringen*

Glasaaldetector

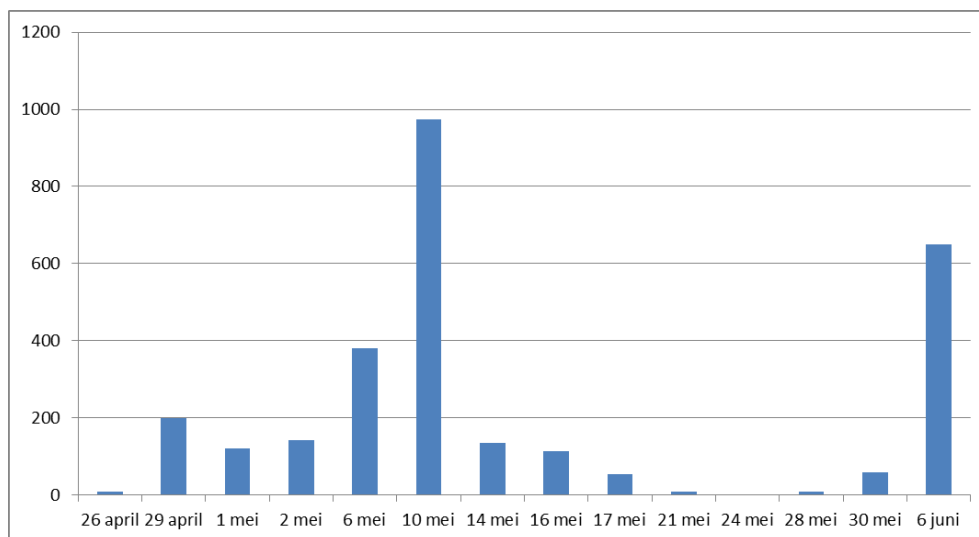
In tabel 5.2 is een overzicht van de vangsten met de glasaaldetector opgenomen. In totaal zijn ruim 13.000 glasalen gevangen, wat neerkomt op een gezamenlijk gewicht van circa 4,1 kilo. De vangsten varieerden van 2 tot duizenden exemplaren per bemonstering. Hierbij moet worden opgemerkt dat de zeer geringe vangsten op 26 april en 24 mei werden veroorzaakt doordat de lokstroompomp niet goed functioneerde. Ook bij een wel naar behoren functionerende lokstroompomp waren de fluctuaties in vangst echter groot. De vangst van glasalen in de glasaaldetector geeft aan dat glasalen daadwerkelijk actief naar het effluent van de RWZI migreren. Dit omdat het uitstromende water uit de detector bestaat uit effluentwater.

Omdat de periode tussen de bemonsteringen niet iedere keer even lang is, is in tabel 5.2 ook de gemiddelde vangst per nacht (CPUE; Catch Per Unit Effort) opgenomen. Deze CPUE varieert bij een goed werkende lokstroompomp van 8 tot 975 glasalen per nacht. Het verloop in gemiddelde vangst per nacht is te zien in figuur 5.4. In de eerste helft van mei was de vangst vrij hoog, met een uitschieter op 10 mei. De tweede helft van mei namen de gemiddelde vangsten per nacht sterk af. Opvallend is de zeer grote toename in het begin van juni. Een kanttekening is dat van de 1,8 kilo die bij het opruimen van de detector werd aangetroffen circa 0,4 kilo niet in de bak zat, maar in de kokosmat die in de goot ligt aanwezig was.

Tabel 5.2. Vangsten glasaaldetector RWZI Wieringen

Datum	Vangst in kilo (totaal)	Vangst in aantal (totaal)	Gemiddeld aantal per nacht
26 april*	0,0	16	8
29 april	0,2	600	200
1 mei	0,1	243	122
2 mei	0,0	142	142
6 mei	0,5	1.520	380
10 mei	1,2	3.900	975
14 mei	0,2	540	135
16 mei	0,1	228	114
17 mei	0,0	54	54
21 mei	0,0	38	10
24 mei*	0,0	2	1
28 mei	0,0	31	8
30 mei	0,0	119	60
6 juni	1,4	4.550	650
6 juni IN GOOT	0,4	1300	n.v.t.
TOTAAL	4,1	13.283	

* Pomp werkte niet goed door verstopping/vuil.

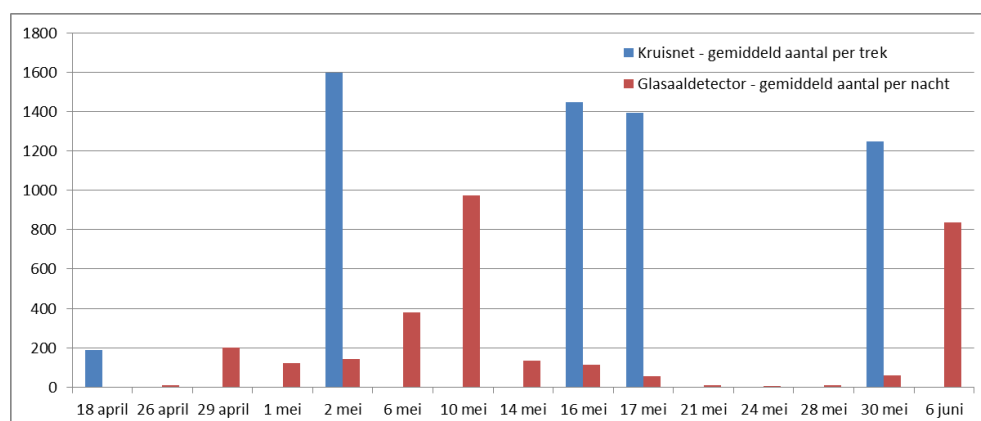


Figuur 5.4. Vangst glasaaldetector in gemiddeld aantal per nacht

Vergelijking vangsten kruisnet en glasaaldetector

In figuur 5.5 is een vergelijking gemaakt tussen de gemiddelde vangst per trek bij de kruisnetbemonsteringen en de gemiddelde vangst per nacht met de glasaaldetector. Opvallend is dat alle kruisnetbemonsteringen in mei zijn uitgevoerd op tijdstippen met een vrij gemiddelde vangst per nacht in de glasaaldetector. Tijdens de piekvangsten met de glasaaldetector is niet met het kruisnet bemonsterd. Mogelijk zouden de vangsten op deze momenten nog veel groter kunnen zijn dan tijdens de uitgevoerde kruisnetbemonsteringen het geval was. Voor een uitgebreide vergelijking van de vangsten van beide vistuigen wordt

verwezen naar het rapport Evaluatie Glasaaldetector; Potentie van de glasaaldetector als monitoringstool en vangtuig van glasaal (Bergsma, 2013).



Figuur 5.5. Vergelijking vangsten kruisnet en glasaaldetector

Bijvangst

Zowel bij de kruisnetbemonsteringen als de bemonsteringen met de glasaaldetector is bijvangst van andere vis vastgesteld.

Bij het kruisnet ging het hierbij vooral om de vissoorten driedoornige stekelbaars (duizenden), haringlarven (duizenden) en spiering (honderden). Omdat de vangst handmatig van het kruisnet wordt gehaald, is het echter mogelijk om de vangst te sorteren, waarna de bijvangst onbeschadigd weer kan worden teruggeplaatst in het water. De bijvangst wordt daarom niet als knelpunt gezien.

In de glasaaldetector werden naast de doelsoort glasaal ook 9 pootaaltjes en 16 driedoornige stekelbaarzen aangetroffen. De vangst van pootaal is te verklaren doordat deze vissen evenals glasaal via de goot omhoog kunnen klimmen. Vreemd genoeg waren er ook stekelbaarzen die via deze weg in de detector terecht kwamen. Dit werd bevestigd door de waarneming van enkele driedoornige stekelbaarzen die met hun stekels vast zaten in de kokosmat, halverwege de goot. Gelet op de vangstaantallen blijft het bijvangstpercentage echter ruim onder de 1% en wordt daarom niet als knelpunt gezien.

5.2 RWZI Amsterdam-West

Bij RWZI Amsterdam-West is glasaal aangetroffen, maar de gevangen aantallen waren niet groot. Uit zichtwaarnemingen bleek dat voor de uitstroom glasaal aanwezig was, maar in vergelijking met waarnemingen bij het enkele honderden meters verder gelegen gemaal Halfweg was de hoeveelheid gering. Toch zijn zowel met het kruisnet als met de glasaaldetector glasalen gevangen.

Kruisnet

In tabel 5.3 is een overzicht van de glasaalvangsten met het kruisnet opgenomen. In totaal zijn 44 glasalen gevangen.

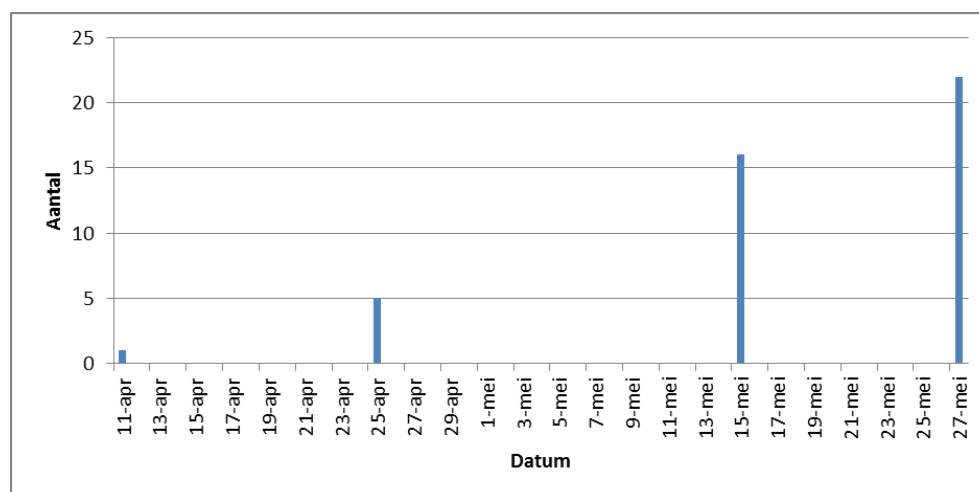
Gedurende de bemonsteringsperiode nam de vangst steeds verder toe, maar de gemiddelde vangst per trek bleef constant lager dan één exemplaar. Een kanttekening hierbij is dat het kruisnet tijdens de eerste twee

bemonsteringsavonden vier keer per uur werd gelicht (totaal 12 keer) en de laatste twee bemonsteringen acht keer per uur (totaal 24 keer). Een toename van de vangst tot laat in het seizoen duidt op ophoping van glasaal, al zijn de aantallen niet erg hoog. Mogelijk blijven individuele glasalen wel lang in de nabijheid van de RWZI hangen.

Tabel 5.3. Vangsten kruisnet RWZI Amsterdam-West

Datum	Vangst in aantal (totaal)	Vangst in aantal per trek
11 april	1	0,1
25 april	5	0,4
15 mei	16	0,7
27 mei	22	0,9
TOTAAL	44	

In figuur 5.6 worden de vangsten in aantallen per bemonsteringsavond in een grafiek weergegeven.



Figuur 5.6. Vangst per kruisnetbemonstering in aantal

Zichtwaarnemingen bevestigden het beeld dat de glasalen zeer verspreid aanwezig waren, zonder duidelijke concentraties. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat op deze locatie niet tegen een obstakel in de vorm van bijvoorbeeld een muur/beschoeiing gevist kon worden. De glasalen kunnen ongestoord onder de betonnen constructie bij de uitstroom van de RWZI zwemmen. Ook kunnen de glasalen in theorie zonder barrière de uitstroombuizen van het effluent inzwemmen, waarna ze na enkele honderden meters uiteindelijk tegen een overstortmuur 'vast lopen'. Omdat deze overstortmuur zich ondergronds bevindt, is hiertegen niet met een kruisnet te vissen. Ook was het hierdoor niet mogelijk om waar te nemen of op deze locatie wel een grotere concentratie van glasaal aanwezig was.

Glasaaldetector

In tabel 5.4 is een overzicht van de vangsten met de glasaaldetector opgenomen. Tijdens de eerste bemonsteringsperiode (8 – 22 april) was de werking van de detector niet optimaal, wat de zeer geringe vangst kan verklaren. Tijdens de tweede periode (15 – 29 mei) werkte de detector wel naar behoren. In totaal zijn 181 glasalen gevangen.

Als gekeken wordt naar de gemiddelde vangst per nacht, valt op dat deze bij het begin van de tweede bemonsteringsperiode 16 stuks bedraagt, om daarna snel terug te lopen tot slechts enkele exemplaren. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de glasaaldetector als gevolg van slib in het effluent snel vuil werd. De kokosmat in de opvangbak werd tijdens elke bemonstering schoongespoeld, maar bij de kokosmat in de goot gebeurde dit niet. Mogelijk slibde de kokosmat in de goot dicht, waardoor het voor glasalen lastiger werd om in de bak te komen. Ook is het mogelijk dat de zuurstofgehalte in de bak als gevolg van het vieze water laag is, waardoor glasaal hier niet graag verblijft. Tijdens het opruimen van de glasaaldetector op 29 mei waren slechts 8 glasalen in de opvangbak aanwezig, maar werden er 120 glasalen geteld die nog in de goot zaten. Dit ondersteunt de genoemde mogelijke verklaringen voor de geringe vangst in de opvangbak.

Tabel 5.4. Vangsten glasaaldetector RWZI Amsterdam-West

Datum	Vangst in aantal (totaal)	Gemiddeld aantal per nacht
PERIODE 1: 8 – 22 april		
12 april	0	0
18 april	0	0
22 april	1	0,3
PERIODE 2: 15 – 29 mei		
17 mei	31	16
21 mei	8	2
24 mei	9	3
27 mei	4	1
29 mei	8	4
29 mei IN GOOT	120	n.v.t.
TOTAAL	181	

Glasaalkub

In de glasaalkub is geen enkele glasaal aangetroffen. Dit vangtuig bleek niet geschikt voor het vangen van glasaal op deze locatie.

Vergelijking vangsten kruisnet, glasaaldetector en glasaalkub

Bij een vergelijking van de vangsten met het kruisnet en de glasaaldetector valt op dat in absolute aantallen de meeste glasalen zijn gevangen met de glasaaldetector. Als gekeken wordt naar de gemiddelde vangst per nacht met de glasaaldetector, is te zien dat die aantallen laag zijn, met een maximum van 16 glasalen per nacht. Met het kruisnet werden op 15 mei ook 16 glasalen gevangen en op 27 mei 22 exemplaren in een tijdsperiode van drie uur. Dit betekent dat de vangst per

tijdseenheid met het kruisnet regelmatig hoger is dan met de detector. Met de glasaalkub is geen enkele glasaal gevangen. Een kanttekening hierbij is wel dat in de periode dat met de glasaalkub werd bemonsterd zowel met het kruisnet als de detector slechts één glasaal is gevangen. Het aanbod was op dit moment waarschijnlijk dus gering.

Bijvangsten

Bij de kruisnetbemonsteringen zijn diverse andere vissoorten bijgevangen. Hierbij ging het vooral om driedoornige stekelbaars (tientallen), zwartbekgrondel en brakwatergrondel (een tiental van beide soorten). Daarnaast zijn een baars en een bot aangetroffen. In vergelijking met de totale glasaalvangst van 44 exemplaren is het bijvangstpercentage hoog. Omdat de vangst handmatig van het kruisnet wordt gehaald, is het echter mogelijk om de vangst te sorteren, waarna de bijvangst onbeschadigd weer kan worden teruggeplaatst in het water. De bijvangst wordt daarom niet als knelpunt gezien.

In de glasaaldetector is de bijvangst van 3 pootalen vastgesteld. Op een vangst van in totaal 181 glasalen komt dit neer op een bijvangstpercentage van minder dan 2%. Vanwege het geringe bijvangstpercentage wordt dit wordt niet als een knelpunt gezien.

In de glasaalkub is geen enkele vis gevangen.

5.3 RWZI Groote Lucht

Bij RWZI Groote Lucht zijn slechts twee glasalen aangetroffen. Er zijn geen zichtwaarnemingen van glasaal gedaan. Het testen van vangtuigen werd belemmerd door de stroming en golfslag als gevolg van de scheepvaart.

Glasaalkuil

In tabel 5.6 is een overzicht van de glasaalvangsten met de glasaalkuil opgenomen. In totaal zijn slechts twee glasalen gevangen tijdens de eerste bemonstering. Bij de daarop volgende bemonsteringen is geprobeerd om deze beter af te stemmen op het getij, maar dit heeft geen enkele glasaal opgeleverd. Daarom wordt geconcludeerd dat het glasaalaanbod bij de uitstroom van RWZI Groote Lucht zeer minimaal is.

Tabel 5.6. Vangsten kruisnet RWZI Groote Lucht

Datum	Vangst in aantal (totaal)
22 april	2
10 mei	0
17 mei	0
30 mei	0
TOTAAL	2

Glasaalkub

In de glasaalkub is geen enkele glasaal aangetroffen. Dit vangtuig bleek niet geschikt voor het vangen van glasaal op deze locatie. Een groot knelpunt was dat de kub gevoelig bleek voor stroming of golfslag als gevolg van scheepvaart. Daardoor was het niet mogelijk om het vangtuig goed op zijn plaats te houden. Op figuur 5.7 is te zien dat de glasaalkub als gevolg van golfslag op de oever terecht was gekomen.



Figuur 5.7. Glasaalkub op de oever als gevolg van golfslag

Vergelijking vangsten kruisnet en glasaalkub

Gelet op de zeer geringe vangsten kan geen vergelijking worden gemaakt tussen de verschillende vistuigen.

Bijvangsten

Bij de bemonsteringen met de glasaalkuil zijn diverse vissoorten gevangen. Hierbij ging het vooral om haringlarven (honderden). Van de vissoorten driedoornige stekelbaars, horsmakreel, tiendoornige stekelbaars, winde en zwartbekgrondel zijn één tot enkele exemplaren gevangen. In vergelijking met de totale glasaalvangst van slechts twee exemplaren is het bijvangstpercentage zeer hoog. Omdat de vangst handmatig uit de glasaalkuil wordt gehaald, is het echter mogelijk om de vangst te sorteren, waarna de bijvangst onbeschadigd weer kan worden teruggeplaatst in het water. De bijvangst wordt daarom niet als knelpunt gezien. In de glasaalkub is geen enkele vis gevangen.

5.4

RWZI Bath

Bij RWZI Bath is glasaal aangetroffen, maar de gevangen aantallen waren niet groot. Zowel met de glasaalkuil als met de glasaalkub is glasaal gevangen. De glasaaldetector bleek op deze locatie niet effectief te zijn.

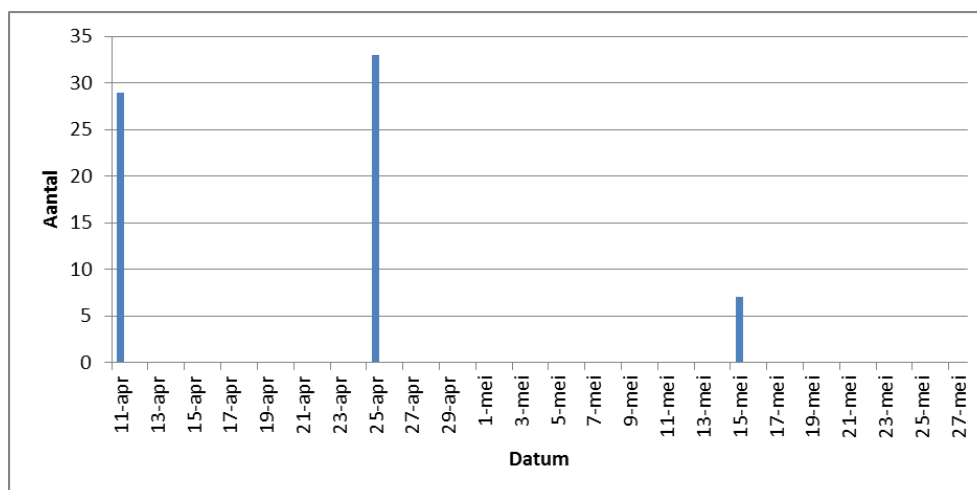
Glasaalkuil

In tabel 5.8 is een overzicht van de glasaalvangsten met de glasaalkuil opgenomen. In totaal zijn 69 glasalen gevangen. Opvallend is dat de vangst in mei sterk afnam tot nul exemplaren bij de laatste bemonstering. Dit terwijl de vangsten bij de noordelijke locaties juist in mei hoger waren dan in april. Dit verschil is mogelijk te verklaren doordat glasalen met de golfstroom vanuit het zuiden aan de kust komen.

Tabel 5.8. Vangsten glasaalkuil RWZI Bath

Datum	Vangst in aantal (totaal)	Vangst in aantal per trek
8 april	29	2,4
23 april	33	2,8
8 mei	7	0,6
24 mei	0	0,0
TOTAAL	69	

In figuur 5.8 worden de vangsten in aantallen per bemonsteringsavond in een grafiek weergegeven.



Figuur 5.8. Vangst per kuilbemonstering in aantal

Glasaaldetector

Met de glasaaldetector is bij de uitstroom van RWZI Bath geen enkele glasaal gevangen. Een waarschijnlijke oorzaak hiervan is het regelmatig ontbreken van een lokstroom in de beginperiode, toen bleek dat de windmolen niet voldoende vermogen had om de accu op te laden.

Toen de accu's regelmatig gewisseld werden, zodat wel constant elektriciteit aanwezig was, werden echter nog geen glasalen gevangen. Hiervoor zijn diverse mogelijke verklaringen.

Een eerste mogelijke verklaring is dat de lokstroompomp enkele keren verstopt zat, waardoor er toch nog weinig tot geen lokstroom aanwezig was.

Een tweede mogelijke verklaring hiervoor is dat de lokstroom van de detector sowieso zeer gering was in vergelijking met het uitstromende water van de RWZI,

waardoor deze niet door glasalen werd opgemerkt.

Een derde verklaring is dat de detector op deze locatie erg gevoelig was voor golfslag. Het heen en weer schudden van de detector en het klotsen van het water in de opvangbak kan mogelijk een reden zijn waarom glasalen niet via de goot omhoog zwemmen, of waarom de glasalen niet in de opvangbak willen verblijven.

Glasaalkub

Met de glasaalkub zijn in totaal vier glasalen gevangen. Deze waren in de kub aanwezig tijdens de bemonstering op 15 april. Na deze eenmalige vangst is geen enkele glasaal meer in de kub aangetroffen.

Vergelijking vangsten glasaalkuil, glasaaldetector en glasaalkub

Gelet op het ontbreken van vangsten met de glasaaldetector en de zeer geringe vangsten met de glasaalkub waren deze vistuigen niet geschikt voor de betreffende locatie. Met de glasaalkuil was het wel mogelijk om een beeld te vormen van de aanwezigheid van glasaal.

Bijvangsten

Zowel bij de glasaalkuilbemonstering als de bemonsteringen met de glasaalkub is bijvangst van andere vis vastgesteld. In de glasaaldetector zijn geen vissen aangetroffen.

In de glasaalkub zijn gedurende de bemonsteringsperiode vijf spieringen en één driedoornige stekelbaars aangetroffen. De bijvangst met dit vistuig is dus gering. Bij de bemonsteringen met de glasaalkuil zijn diverse vissoorten gevangen. Hierbij ging het vooral om platvisbroed (honderden), kleine zeenaald (tientallen), driedoornige stekelbaars (tientallen), dikkopje (tientallen) en spiering (tientallen). Van de vissoorten bot, botervis, puitaal, schar, zandspiering en zeebaars zijn één tot enkele exemplaren aangetroffen. In vergelijking met de totale glasaalvangst van 69 exemplaren is het bijvangstpercentage hoog, waarbij de bijvangst van garnalen en krabben nog buiten beschouwing is gelaten. Omdat de vangst handmatig uit de glasaalkuil wordt gehaald, is het echter mogelijk om de vangst te sorteren, waarna de bijvangst onbeschadigd weer kan worden teruggeplaatst in het water. De bijvangst wordt daarom niet als knelpunt gezien.

5.5 Vergelijking met zuiveringsgegevens

In tabel 5.10 is een overzicht gemaakt van verschillende parameters van de rioolwaterzuiveringen. Deze gegevens zijn verkregen aan de hand van interviews met beheerders van de betreffende zuiveringen en hebben betrekking op de maanden april en mei 2013, toen ook de bemonsteringen zijn uitgevoerd.

Tabel 5.10. Overzicht parameters RWZI's

	Wieringen	Amsterdam	Groote Lucht	Bath
Gemiddeld debiet per dag in m³	1539	170199	63665	95008
Gem. stroomsnelheid effluent-afvoer in m/s	0,05	0,26	0,42	0,31
Gem. temperatuur effluent in °C APR	10,7	16,7	12,6	13,6
Gem. temperatuur effluent in °C MEI	14,5	18,8	15,4	16,2
Gem. stikstoflozing in kg per dag	11	1191*	134	?
Rendement stikstofzuivering	90%	< 7 mg/l	72%	77%
Methode zuivering	?	biologisch	biologisch	biologisch + chemisch
Gem. fosfaatlozing in kg per dag	3	102	45	?
Rendement fosfaatzuivering	78%	0,6 mg/l	39%	72%
Methode zuivering	?	biologisch	biologisch	biologisch
Herkomst water	huishoudens	huishoudens	gemengd	gemengd
Kenmerken ontvangende water	Stromingsluwe kom, migratiebarrière	Uitstroomkanaal gemaal, barrière (gemaal) op circa 650 m afstand	Zeer dynamisch, geen migratiebarrière	Zeer dynamisch, geen migratiebarrière
Glasaalvangst	154.333	225	2	73

* Uitgaande van een fosfaatgehalte in het effluent van 7 mg/l

De verschillende parameters in de tabel worden vergeleken met de glasaalvangst te plaatse.

Gemiddeld debiet per dag

Er zit een groot verschil tussen de afgevoerde hoeveelheid effluent door de bemonsterde RWZI's. RWZI Wieringen is in vergelijking met de andere RWZI's een erg kleine zuivering. Het debiet bij RWZI Groote Lucht was een factor 40 hoger dan bij RWZI Wieringen en bij RWZI Amsterdam West was dit zelfs een factor 110. Als gekeken wordt naar de glasaalvangst is te zien dat bij de kleine RWZI veel meer glasaal werd gevangen dan bij de grote RWZI's. Een vergelijking van de drie grote RWZI's laat zien dat de vangsten bij de twee RWZI's met de hoogste afvoer groter zijn dan bij de RWZI met een lagere afvoer van effluent. Daarom is uit deze gegevens geen duidelijke relatie tussen debiet en aantrekkingskracht op glasaal af te leiden.

Gemiddelde stroomsnelheid effluentafvoer

Gerelateerd aan het debiet per dag is er ook een groot verschil in stroomsnelheid van het effluent door de afvoerpijpen. Aan de hand van het debiet per dag en de diameter van de afvoerpijp(en) is de gemiddelde stroomsnelheid van de effluentafvoer berekend. Deze varieert van 0,05 meter per seconde bij RWZI Wieringen tot 0,42 meter per seconde bij RWZI Groote Lucht. Hierbij gaat het om gemiddelde waarden. Afhankelijk van factoren als regen en het tijdstip op de dag varieert de waterafvoer en daarmee ook de stroomsnelheid sterk. Er zijn diverse onderzoeken gedaan naar het vermogen van glasaal om tegen stromend water in te zwemmen. Sorensen (1951) noemt een maximale zwemsnelheid van 0,40 meter per seconde. Uit onderzoek van Solomon en Beach (2004) blijkt dat glasalen bij een stroomsnelheid van 0,20 meter per seconde niet verder dan 10 meter kunnen zwemmen, want daarna raken ze uitgeput. Bij RWZI Wieringen is de stroomsnelheid zeer laag, waardoor glasaal hier gemakkelijk heen kan zwemmen en kan verblijven. De gemiddelde stroomsnelheid bij de RWZI's Amsterdam-West en Bath is een stuk hoger. Hier kunnen glasalen waarschijnlijk in veel gevallen nog wel een stuk tegenin zwemmen. Voor langere tijd op de locatie verblijven zal echter lastiger zijn, omdat de glasalen constant inspanning moeten leveren en daardoor uitgeput raken. Bij piekafvoeren zullen eventueel aanwezige glasalen als gevolg van een toenemende stroomsnelheid worden 'weggeduwd'. Bij RWZI Groote Lucht is de gemiddelde stroomsnelheid sowieso te hoog om tegenin te zwemmen. Dit is een mogelijke verklaring voor het vrijwel afwezig zijn van glasaal op deze locatie. Wellicht worden glasalen bij RWZI's met een hogere stroomsnelheid wel aangetrokken, maar kunnen ze zich niet direct voor de uitstroom handhaven en blijven ze verspreid over een groter gebied in de nabijheid van de effluentpluim aanwezig. Als gelet wordt op het glasaalaanbod is er een duidelijke relatie tussen de vangsthoeveelheden en de stroomsnelheid. Een lage stroomsnelheid bij het lozingspunt van het effluent leidt tot grote vangsten. Hoe hoger de stroomsnelheid, hoe minder glasaal wordt gevangen.

Gemiddelde temperatuur effluent

De gemiddelde temperatuur van het effluent was het laagst bij RWZI Wieringen en het hoogst bij RWZI Amsterdam West. Bij de RWZI met de laagste temperatuur was het glasaalaanbod dus het hoogst. Bij de RWZI met de op één na laagste effluenttemperatuur was de vangst het laagst, terwijl de vangst bij de twee zuiveringen met de hoogste temperatuur weer wat groter was. Uit de gegevens is geen duidelijke relatie tussen temperatuur van het effluent en de aantrekkingskracht op glasaal af te leiden.

Stikstof- en fosfaatlozing en -zuivering

Als gevolg van de geringe waterafvoer bij RWZI Wieringen is de lozing van stikstof en fosfaat op deze locatie in vergelijking met andere locaties zeer gering. Dit zal ook gelden voor andere stoffen die mogelijk een aantrekkende werking hebben op glasaal, zoals beschreven in paragraaf 2.3. Toch was het aanbod van glasaal op deze locatie veruit het grootst.

Bij de grote zuiveringen is geen verband te zien tussen lozing van stoffen en glasaalaanbod. Ook lijkt er geen verband te zijn tussen glasaalaanbod en de toepassing van biologische of chemische zuivering.

Herkomst water

Er is geen verband te zien tussen de glasaalvangst en het gegeven of de RWZI alleen huishoudelijk water of water van huishoudens en industrie zuivert.

Kenmerken ontvangende water

Naast parameters die direct betrekking hebben op de effluentlozing, kunnen ook kenmerken van het ontvangende water een rol spelen bij het al dan niet aanwezig zijn van grote hoeveelheden glasaal. De uitstroom van RWZI Wieringen bevindt zich in een kom, waar het water vrij rustig is. De locatie staat onder invloed van het getij, maar omdat het een doodlopende kom is, is weinig getijdestroming aanwezig. Daarnaast is deze locatie voor glasaal een migratiebarrière, waardoor de kans op ophoping groot is. RWZI Amsterdam-West loost in een afwateringskanaal van gemaal Halfweg, dat uitmondt in de aan het Noordzeekanaal liggende havens. Gemaal Halfweg, waar volgens zichtwaarnemingen wel ophoping van glasaal plaatsvindt, ligt op een afstand van circa 650 meter vanaf de effluentlozing. Vermoedelijk worden de glasalen aangetrokken door de constante lokstroom van de RWZI, maar omdat ze hier niet in kunnen zwemmen gaan ze in de nabijheid van de RWZI verder zoeken naar intrekmogelijkheden. Dit zou verklaren waarom het glasaalaanbod bij gemaal Halfweg zo hoog is. De RWZI's Groote Lucht en Bath lozen op grote stromende wateren die onder invloed staan van het getij. De stroomrichting en -sterkte variëren afhankelijk van dit getij. Het instromende effluent is gering ten opzichte van de totale waterverplaatsing, waardoor veel verdunning van het effluent optreedt en de aantrekkende werking dus minder zal zijn. Daarnaast is op deze locaties sprake van getijdestroming, waardoor glasalen hier waarschijnlijk (gedeeltelijk) gebruik maken van selectief getijdetransport, waarbij ze zich passief met de vloedstroom mee laten stromen en dus weinig of niet actief op de effluentstroom af zullen zwemmen. Ook is geen migratiebarrière in deze wateren aanwezig, waardoor de kans op ophoping van glasaal vele malen kleiner is.

Samenvattend

Er lijkt een verband te zijn tussen de stroomsnelheid van de effluentlozing en de glasaalvangst. Hoe lager de stroomsnelheid, hoe meer glasaal er voor de RWZI-lozing verblijft. Als gekeken wordt naar de kenmerken van de wateren waarop de RWZI's lozen wordt zichtbaar dat de aanwezigheid van een migratiebarrière en rustig water waar glasaal gemakkelijk kan verblijven belangrijke factoren zijn voor het al dan niet ophopen van glasaal voor een effluentlozingspunt. Uit de andere parameters zijn geen verbanden af te leiden. Waarschijnlijk bevat de effluentstroom van een kleine RWZI als RWZI Wieringen genoeg stoffen die een aantrekkingskracht op glasaal uitoefenen en spelen daarnaast vooral factoren als stroomsnelheid en de infrastructuur ter plaatse een rol.

6 Discussie

6.1 Werkwijze bemonsteringen

Bemonsteringslocaties

Bij de selectie van bemonsteringslocaties zijn verschillende criteria gehanteerd, zoals genoemd in paragraaf 3.1. Hiervoor is in eerste instantie gebruik gemaakt van het overzicht van RWZI's op de website http://www.rwzi.nl/google_earth/.

Bij de keuze voor locaties Wieringen en Amsterdam-West is daarnaast gebruik gemaakt van voorkennis die in voorgaande jaren is opgedaan bij bemonsteringen van het visaanbod bij nabijgelegen gemalen.

Bij de zuidelijke locaties was deze voorkennis niet aanwezig. Daarom is na selectie van de locaties door middel van de genoemde website een veldbezoek aan de RWZI's gebracht, waarna de locatie geschikt werd geacht voor de bemonstering. Wel was hierbij een aangepast vistuig nodig, omdat vanwege de situatie ter plaatse geen kruisnetbemonsteringen uitgevoerd konden worden. Daarom is voor deze locaties de glasaalkuil ontwikkeld.

Vangtuigen

Het kruisnet is een standaard vistuig voor de bemonstering van glasaal. Zoals hierboven vermeld, is voor locaties waar kruisnetbemonsteringen niet mogelijk waren de glasaalkuil ontwikkeld. Een nadeel van deze methode is dat het in tegenstelling tot de kruisnetbemonsteringen niet mogelijk is gebruik te maken van een lamp, die een aantrekkende werking op glasaal heeft. Toch bleek de methode bij de uitstroom van RWZI Bath geschikt om aanbod van glasaal vast te stellen.

Een eerste versie van de glasaaldetector is in 2012 al ingezet door Bureau Waardenburg. Bij het zoeken naar een geschikte invangmethode om bij de RWZI's te testen is daarom in overleg met Bureau Waardenburg besloten om gezamenlijk enkele glasaaldetectoren te laten maken en op verschillende locaties in te zetten. Aspecten als klimsubstraat en optimale hellingshoek van de goot waren door Bureau Waardenburg al in een eerder stadium onderzocht.

De glasaalkub is een niet eerder getest vangtuig voor glasaal, gebaseerd op een vistuig dat in het verleden werd gebruikt om rode aal te vangen. Helaas bleek dit vangtuig niet effectief. Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat het op geen enkele locatie mogelijk was om de kub recht voor de effluentstroom te plaatsen, zodat een constante effluentstroom door de kub zou stromen. Daardoor was de stroming door de kub beperkt, of stroomde vooral 'normaal' oppervlaktewater door de kub.

Planning bemonsteringen

Op de locaties RWZI Wieringen en Amsterdam-West zijn de bemonsteringen uitgevoerd volgens het vooraf opgestelde plan van aanpak. Hierbij zijn geen problemen opgetreden.

Bij RWZI Groote Lucht bleek tijdens de eerste twee bemonsteringen de vloedstroom later op gang te komen dan verwacht. Daarom zijn de volgende bemonsterings-

datums verplaatst, waarbij rond hoogwater werd gevist. Deze verandering leidde echter niet tot een toename van de glasaalvangsten.

Bij RWZI Bath kwam het water juist sneller op dan verwacht. Daarom was het in de meeste gevallen niet mogelijk om tot 24.00 uur te vissen, maar moest tussen 22.30 en 23.00 worden gestopt, omdat het water te hoog werd om verder te vissen. De glasaalvangsten namen in de loop van de avond echter sterk af, waardoor dit waarschijnlijk weinig effect heeft gehad op de gevangen aantallen.

6.2 Bemonsteringsmogelijkheden

RWZI Wieringen

Bij RWZI Wieringen kon effectief met het kruisnet worden bemonsterd. Op deze locatie 'lopen de glasalen vast' tegen een muur, waardoor ophoping plaatsvindt. Omdat het kruisnet strak langs de muur omhoog werd gehaald, waren de opgehoopte glasalen gemakkelijk te vangen.

De resultaten van de glasaaldetector werden tijdens enkele bemonsteringen negatief beïnvloed doordat de lokstroompomp gedeeltelijk of helemaal verstopt zat, waardoor de lokstroom gering was of helemaal ontbrak. Bij de beschrijving van de resultaten in paragraaf 4.1 is aangegeven wanneer dit het geval was.

RWZI Amsterdam-West

Bij RWZI Amsterdam-West, was het niet mogelijk om het kruisnet tegen een muur op te halen, waar glasaal 'vast loopt'. De uitstroomopeningen van de buizen die het effluent lozen komen onder een betonnen constructie uit. Vanwege de boven het water hangende betonnen constructie kon echter niet tegen bijvoorbeeld een overstortmuur worden gevist, maar werd het kruisnet 'in het open water' opgehaald. Daardoor werden alleen toevallig langs zwemmende glasalen gevangen. Het was niet mogelijk om waar te nemen of onder de betonnen constructie ophoping van glasaal plaatsvond.

Een knelpunt bij de bemonsteringen met de glasaaldetector was dat er erg veel slib in het effluent aanwezig was, waardoor de opvangbak en de goot snel vies werden. Dit heeft mogelijk een negatief effect gehad op de resultaten. Zie verder paragraaf 4.2.

RWZI Groote Lucht

Gelet op de zeer geringe vangst bij RWZI Groote Lucht staat vast dat de ophoping van glasaal op deze locatie niet groot is. Waarschijnlijk speelt de stroomsnelheid van de effluentafvoer en de stroomsnelheid in de Nieuwe Waterweg hierbij een belangrijke rol.

Daarnaast kon ook niet erg effectief bemonsterd worden, omdat de Nieuwe Waterweg voor glasaal een doorgaande route is, waar ze niet belemmerd worden door migratiebarrières. Daarom vindt geen ophoping als gevolg van een migratiebarrière plaats. Mogelijk maken glasalen in de Nieuwe Waterweg gebruik van selectief getijdentransport, waarbij ze zich passief met de vloedstroom het binnenland in laten stromen. Daardoor stromen ze aan de effluentpluim voorbij, zonder 'moeite te doen' om op de bron van de lokstroom af te zwemmen.

Een tweede punt wat mogelijk meespeelt is dat het uitstromende effluent ondanks

dat het om een grote RWZI gaat in het niet valt bij de hoeveelheid water die door de Nieuwe Waterweg stroomt. Daardoor zal een sterke verdunning van het effluent optreden. Mogelijk merkt het merendeel van de via de Nieuwe Waterweg intrekende glasalen de aanwezigheid van de RWZI daarom niet eens op.

RWZI Bath

Hoewel de vastgestelde glasaalconcentratie bij RWZI Bath duidelijk groter was dan bij RWZI Groote Lucht, geldt voor deze locatie hetzelfde als hierboven genoemd. De stroomsnelheid is vrij hoog en de Westerschelde is een doorgaande route voor glasaal, zonder migratiebelemmeringen. Selectief getijdentransport is hier ook goed mogelijk.

Daarnaast is de Westerschelde zelfs nog een stuk breder dan de Nieuwe Waterweg, waardoor de effluentstroom niet over de hele breedte zal worden opgemerkt. De kans dat glasalen de aanwezigheid van de effluentstroom opmerken is dus vrij gering.

Samenvattend

Als gekeken wordt naar de discussie per locatie vallen enkele aspecten op.

De omvang van de glasaalvangst is sterk afhankelijk van de situatie ter plaatse. Op locaties waar geen ophoping van glasaal plaatsvindt, of het niet mogelijk is om de mogelijke ophopingsplaats te bevissen is de vangst vele malen kleiner dan op de locatie waar wel ophoping plaatsvindt en deze locatie ook effectief bevestigd kan worden. De aanwezigheid van een migratiebarrière en de mogelijkheden die de locatie biedt om de bemonsteringen uit te voeren zijn dus van groot belang voor de behaalde resultaten.

Daarnaast spelen de dimensies en stroomsnelheid van het ontvangende water een belangrijke rol. Op locaties met een getijdenstroom zullen glasalen geneigd zijn om door middel van selectief getijdentransport het binnenland in te migreren en zijn ze minder of niet geneigd om actief op lokstromen af te zwemmen. Daardoor zal weinig tot geen ophoping bij RWZI-pluimen optreden. Ook wordt de lokstroom bij grote, brede wateren mogelijk minder opgemerkt omdat verdunning optreedt en/of de lokstroom niet over de hele breedte van het water kan worden opgemerkt.

Het is belangrijk om onderscheid te maken in aanbod van glasaal en ophoping van glasaal. De bemonsteringsresultaten geven vooral een beeld van de ophoping. Het daadwerkelijke glasaalaanbod in het betreffende water is op locaties zonder migratiebarrière lastig vast te stellen, omdat als glasaal ongestoord door kan zwemmen en er in de meeste gevallen geen ophoping plaatsvindt. Dit betekent dat alleen 'toevallig' langs zwemmende/drijvende glasalen gevangen.

7

Beantwoording onderzoeksvragen

7.1

Ophoping van glasaal

Vragen:

1. Vindt er bij de uitstroom van het effluent van RWZI's ophoping van glasaal plaats?
2. Zo ja, waarom heeft het effluent van RWZI's een aantrekkende werking op glasaal?

Antwoord:

Aan de hand van de resultaten van een literatuurstudie is het zeer aannemelijk dat glasaal wordt aangetrokken door effluentpluimen. Het meest waarschijnlijke scenario is dat een samenspel van elkaar versterkende prikkels als waterstroming, watertemperatuur en een scala aan geurstoffen met verschillende werking gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor de potentieel aantrekkende werking van RWZI-effluent op glasaal.

Tijdens de bemonsteringen bij vier effluentstromen is op alle locaties glasaal aangetroffen. Dit is een sterke aanwijzing dat er daadwerkelijk een aantrekkende werking op glasaal is. Wel valt op dat de ophoping van glasaal sterk verschilt per locatie. Dit grote verschil wordt waarschijnlijk onder andere veroorzaakt door de verschillen in infrastructuur ter plaatse. Bij RWZI Wieringen, waar glasaal als het ware 'vastloopt' tegen een migratiebarrière, was een grote ophoping van glasaal aanwezig. Op de locaties waar het effluent wordt geloosd in een doorgaande route zonder migratiebarrière is mogelijk wel een aantrekkende werking aanwezig, maar is glasaal veel minder geneigd om op de betreffende locatie te blijven hangen. Waarschijnlijk speelt ook de stroomsnelheid hierbij een belangrijke rol. Op locaties met weinig stroming en/of luwe zones kan glasaal gemakkelijker blijven hangen dan op een locatie met een hogere stroomsnelheid.

Om een beter beeld te krijgen van de mate waarin de aantrekkende werking van het RWZI-effluent op glasaal geldt, wordt aanbevolen om bij RWZI Wieringen een aanvullend onderzoek uit te voeren, waarbij gelijktijdig direct voor de uitstroom van de RWZI en tegen de sluisdeur van de op honderd meter afstand gelegen Stevinluizen wordt bemonsterd. Methode en materiaal moeten voor beide locaties gelijk zijn. Aan de hand van een vergelijking tussen de vangsthoeveelheden op beide locaties is met nog grotere zekerheid te zeggen of glasaal op het effluentwater afkomt, of dat de glasaaldichtheid in de hele kom bij de effluentstroom gelijkmatig is verdeeld. Een manier om inzicht te krijgen in de verblijftijden en daarmee de mate van ophoping van glasaal op de betreffende locaties is het kleurmerken van glasaal, waarna een 'vang -terugvang onderzoek' kan worden uitgevoerd. Dit kan ook inzicht geven in de totale hoeveelheid aanwezige glasaal.

Een vergelijkbaar onderzoek kan worden uitgevoerd bij de uitstroom van RWZI Bath, waarbij direct bij de effluentstroom en op een vergelijkbare locatie op enige afstand hiervan met de glasaalkuil wordt bemonsterd.

7.2 Economisch rendabele glasaalvisserij

Vragen:

1. Is het mogelijk om bij RWZI's economisch rendabel op glasaal te vissen?
2. Wat is de beste methode voor het vangen van glasaal bij RWZI's?

Antwoord:

Aan de hand van de bemonsteringsresultaten wordt gesteld dat bij RWZI Wieringen een voldoende grote hoeveelheid glasaal aanwezig is om economisch rendabel te bevissen. Op de andere bemonsterde locaties is dit niet het geval. Mogelijk zijn er langs de Nederlandse kust nog meer locaties waar het glasaalaanbod voldoende groot is om economisch rendabel te bevissen. Dit kunnen RWZI's zijn, maar ook andere locaties waar glasaal als gevolg van de aanwezigheid van een lokstroom wordt aangetrokken, maar vervolgens massaal ophoopt tegen een migratiebarrière.

In de maand mei werd er bij RWZI Wieringen per bemonsteringsavond van 3 uur circa 10 kilo glasaal gevangen. Uitgaande van een verkoopprijs van € 400,- per kilo, kan dit in theorie een opbrengst opleveren van € 4.000,- per avond. Dit is ruimschoots voldoende om te spreken van een economisch rendabele visserij. Mogelijk kan de vangst per avond nog worden vergroot door gebruik te maken van een groter kruisnet, enkele kruisnetten naast elkaar, vaker lichten van het kruisnet, of verlenging van de bemonsteringsperiode.

Ook bij een halvering van de vangst tot 5 kilo als gevolg van natuurlijke schommelingen in het glasaalaanbod gedurende het seizoen is echter nog steeds rendabel te vissen.

Uit de bemonsteringen bleek dat het kruisnet momenteel het enige vistuig is waarmee economisch rendabel gevestigd kan worden.

Ook met de glasaaldetector werd een redelijke hoeveelheid glasaal gevangen, maar deze hoeveelheid was te klein om economisch rendabel te zijn. Bij een optimalisatie van de glasaaldetector kan dit vangtuig mogelijk in de toekomst wel worden ingezet. Een voordeel van de glasaaldetector ten opzichte van het kruisnet is dat het vangtuig maar om de paar dagen gelicht hoeft te worden, waardoor de tijdsinspanning veel lager is dan bij de kruisnetvisserij. Daarom is de glasaaldetector al bij een kleinere vangsthoeveelheid rendabel dan kruisnetvisserij.

7.3 Herstel aalstand en stimulans binnenvisserij

Vraag:

Kan het vangen en overplaatsen van glasaal bij RWZI's worden ingezet als maatregel voor herstel van de aalstand en als stimulans voor de binnenvisserij?

Antwoord:

Bij RWZI Wieringen is het mogelijk om in de periode dat glasaal aan de kust komt honderdduizenden en bij een maximale visserijinspanning mogelijk zelfs enkele miljoenen glasalen te vangen. Het is niet bekend of deze glasalen als ze niet worden gevangen uiteindelijk het IJsselmeer weten in te trekken, of dat een groot deel van deze glasalen voor de Afsluitdijk/uitstroom van de RWZI blijft hangen waar ze uiteindelijk ten prooi valt aan predatoren die op deze glasaalconcentratie af komen. Uitgaande van dit laatste scenario, is het vangen en overplaatsen van glasaal ('Glasaal over de dijk') een nuttige maatregel die in belangrijke mate kan bijdragen aan herstel van de aalstand en het stimuleren van de beroepsvisserij. Voor herstel van de aalstand kunnen de glasalen worden overgeplaatst naar zogenaamde aalreservaten, waar voldoende geschikt opgroeigebied voor paling aanwezig is en een vrije uittrekmogelijkheid naar zee gegarandeerd is. Voor het stimuleren van de beroepsvisserij kan de glasaal worden uitgezet in wateren waar door de beroepsvisserij op paling wordt gevestigd. Ook een combinatie van herstel van de aalstand en het stimuleren van de beroepsvisserij is mogelijk, in de vorm van decentraal aalbeheer. Hierbij is de beroepsvisserij in het gebied gebonden aan een vangstquotum, gebaseerd op de hoeveelheid uitgezette glasaal en een vooraf vastgesteld gewenst uittrekpercentage van volgroeide schieraal.

7.4

Vismigratievoorzieningen en effluentstromen

Vraag:

Is het mogelijk om bij de aanleg van vismigratievoorzieningen gebruik te maken van de aantrekkende werking van het effluent van RWZI's op glasaal?

Antwoord:

Gelet op de resultaten van de literatuurstudie en de veldbemonsteringen is met een grote mate van zekerheid te zeggen dat het effluent om verschillende redenen daadwerkelijk een aantrekkende werking op glasaal heeft.

Daarom is het mogelijk om de effectiviteit van een vismigratievoorziening te optimaliseren door het effluentwater te gebruiken als lokstroom. Dit kan bereikt worden door het effluentwater om te leiden, zodat het door de vismigratievoorziening stroomt. Glasaal wordt van afstand al aangetrokken door de geurstoffen in de lokstroom. Als de glasalen op deze lokstroom afzwemmen, zullen ze de vismigratievoorziening passeren. Nadat de glasalen de voorziening zijn gepasseerd, moet door middel van een technische oplossing worden voorkomen dat de glasalen de RWZI in kunnen zwemmen, maar dat ze in het beoogde water achter de vismigratievoorziening terecht komen.

Een belangrijke kanttekening is dat de aantrekkingskracht van het effluent mogelijk niet geldt voor andere vissoorten en dat de intrek van deze soorten mogelijk zelfs kan worden belemmerd door vermijding van de effluentstroom. Zelfs binnen één vissoort is er in verschillende stadia een verschillende reactie mogelijk. Glasaal wordt aangetrokken, maar schieraal lijkt de effluentpluimen juist te vermijden (Foekema et al, 2011). Daarom is het belangrijk om per specifieke locatie duidelijk in ogenschouw te nemen voor welke doelsoort(en) een migratievoorziening is bedoeld, waarna een keuze voor het al dan niet gebruiken van effluentwater wordt gemaakt.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

- Uit een literatuurstudie blijkt dat het zeer aannemelijk is dat glasaal wordt aangetrokken door effluentpluimen van RWZI's. Waarschijnlijk speelt hierbij een combinatie van prikkels als waterstroming, watertemperatuur en verschillende geurstoffen een rol.
- Bij de bemonsteringen bij vier RWZI's is op alle locaties glasaal aangetroffen. Dit bevestigt dat er daadwerkelijk een aantrekkende werking van de uitstroom van RWZI's op glasaal is.
- De hoeveelheid aanwezige glasaal voor de uitstroom van een RWZI is sterk afhankelijk van de infrastructuur ter plaatse. Hierbij speelt de stroomsnelheid een belangrijke rol. Hoe minder stroming, hoe groter de glasaalophoping. Ook de aanwezigheid van een migratiebarrière is van belang. Op locaties waar glasaal vastloopt tegen een migratiebarrière vindt veel meer ophoping van glasaal plaats dan op locaties waar het effluent wordt geloosd in een doorgaande route zonder migratiebarrière.
- Bij RWZI Wieringen is het mogelijk om economisch rendabel op glasaal te vissen. Bij vangsten van 10 kilo per avond en een kiloprijs van € 400,- kan per avond voor € 4.000,- aan glasaal worden gevangen. Mogelijk kan de vangsthoeveelheid door enkele aanpassingen in de visserij en vistuigen nog verder worden verhoogd.
- Aan de hand van de onderzoeksresultaten is een kruisnet tot dusver in Nederland het enige vistuig waarmee een voldoende grote hoeveelheid glasaal gevangen kan worden om economisch rendabel te vissen.
- Mogelijk kan met de glasaaldetector na enkele technische aanpassingen ook economisch rendabel op glasaal worden gevist.
- Bij RWZI Wieringen is het waarschijnlijk mogelijk om in het voorjaar honderdduizenden tot enkele miljoenen glasalen te vangen. Zolang geen goede vismigratievoorziening aanwezig is voor glasaal die van de Waddenzee naar het IJsselmeer wil migreren, kan het vangen en overzetten van glasaal ('Glasaal over de dijk') een bijdrage leveren aan herstel van de aalstand en het stimuleren van de binnenvisserij.
- De mogelijkheid voor het vangen en overplaatsen van glasaal als maatregel voor aalherstel kan worden ingepast in het toekomstige Nederlandse aalbeheer. Hierbij ligt een koppeling met decentraal aalbeheer voor de hand.
- De effectiviteit van een vismigratievoorziening voor glasaal kan mogelijk vergroot worden door gebruik te maken van de aantrekkende werking van het effluentwater op glasaal. Dit kan door de effluent als lokstroom door de vispassage te laten lopen. Wel moet het effect op andere vissoorten dan ook bepaald worden, omdat ook een vermijdingsreactie op RWZI-effluent zou kunnen optreden, zoals voor schieraal is gevonden.

8.2 Aanbevelingen

- Nader onderzoek naar de dichtheid van glasaal direct bij de effluentlozing en op enige afstand hier vandaan kan meer inzicht geven in de mate waarin glasaal wordt aangetrokken door het effluent van RWZI's. Geschikte locaties voor nader onderzoek zijn RWZI Wieringen en RWZI Bath (zie verder paragraaf 7.1).
- In de komende jaren kan de glasaaldetector zo worden aangepast dat dit vangtuig in de toekomst ingezet kan gaan worden voor het economisch rendabel vangen en overplaatsen van glasaal.
- Gelet op de goede resultaten bij RWZI Wieringen, wordt aanbevolen om langs de Nederlandse kust te zoeken naar locaties met een vergelijkbaar groot glasaalaanbod. Hierbij moet gefocust worden op locaties waar ophoping plaatsvindt als gevolg van de aanwezigheid van een migratiebarrière. Naast lozingspunten van RWZI's kunnen dit ook locaties als gemalen en sluizen zijn.
- Vervolgens kan op geschikte locaties een project worden opgestart met betrekking tot het vangen en overplaatsen van glasaal ('Glasaal over de dijk').

Dankwoord

Dit onderzoek kon worden uitgevoerd dankzij financiële bijdragen van verschillende partijen. Naast een subsidie 'Innovatie in de visketen' van het Ministerie van Economische zaken en een bijdrage van het Europees Visserijfonds (EVF), hebben de volgende partijen (op alfabetische volgorde) bijgedragen aan het onderzoek:

- Combinatie van beroepsvissers;
- Hoogheemraadschap van Delfland;
- Provincie Zeeland;
- Sportvisserij Nederland;
- Sportvisserij Zuidwest Nederland;
- Stichting DUPAN;
- Visstandbeheercommissie Hollands Noorderkwartier;
- Waternet;
- Waterschap Brabantse Delta;
- Waterschap Scheldestromen.



Ministerie van Economische Zaken



EVF: Investering in duurzame visserij



Hoogheemraadschap van Delfland



Provincie Zeeland



Sportvisserij
Zuidwest Nederland



Sportvisserij
Nederland



Visstandbeheercommissie
Hollands Noorderkwartier
waternet



COMBINATIE VAN
BEROEPSVISSERS



Waterschap
Brabantse Delta



Waterschap Scheldestromen

Bij de bemonsteringen is samengewerkt met de volgende beroepsvissers:

- RWZI Wieringen Dick Bakker
- RWZI Amsterdam-West Piet Ruijter
- RWZI Groote Lucht Jacob Struik
- RWZI Bath Peter Kooistra

Daarnaast is bij dit onderzoek samengewerkt met de volgende partijen:

- Imares Erwin Winter
- Bureau Waardenburg Joost Bergsma



Via deze weg willen we alle partijen bedanken voor de bijdrage aan dit project.

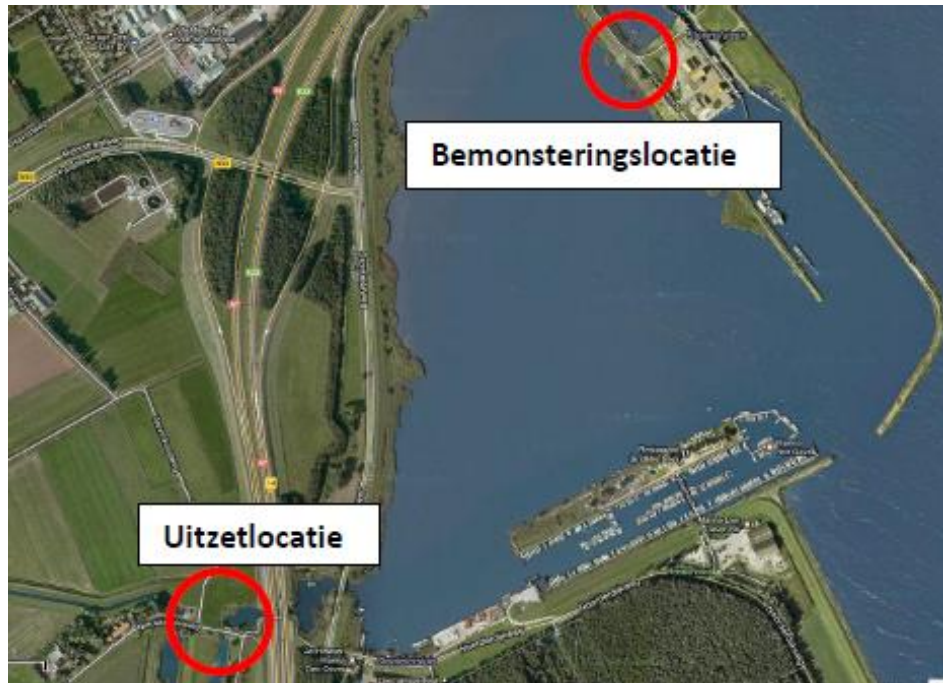
Literatuur

- Briand C, Fatin D, Legault A, 2002. Role of eel odour on the efficiency of an eel, *Anguilla Anguilla*, ladder and trap. *Environmental Biology of Fishes* 65: 473-477.
- Creutzberg F. 1959. On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) by means of olfactory perception. *Nature* 184: 1961-1962.
- Creutzberg F. 1961. Discrimination between ebb and flood tide in migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) in a tidal area. *Netherlands journal of Sea Research* 1: 257-338.
- Crivelli AJ, Auphan N, Chauvelon P, Sandoz A, Menella JY, Poizat G, 2008. Glass eel recruitment, *Anguilla Anguilla* (L.), in a Mediterranean lagoon assessed by a glass eel trap: factors explaining the catches. *Hydrobiologia* 602: 79-86.
- Crnjar R, Scalera G, Bigiani A, Tomassini Barbarossa I, Magherini PC, Pietra P, 1992. Olfactory sensitivity to amino acids in the juvenile stages of the European eel *Anguilla Anguilla* (L.). *Journal of Fish Biology* 40:567-576.
- De Graaf, M. & S.M. Bierman, 2012. Report on the eel stock and eel fishery in the Netherlands in 2011. Rapport C144/12. IMARES Wageningen UR in opdracht van Ministerie van Economische Zaken Directie Agroketens en Visserij.
- Foekema, E. M., et al, 2011. Vismigratie en lozingspluimen: Samenvattend rapport. Rapport C077/11. IMARES Wageningen UR, in het kader van Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Hain. J.H.W. 1975. Migratory orientation in the American eel. Ph.D. Thesis. University of Rhode Island, Kingston. 126 pp.
- Huertas M, Hagey L, Hofmann AF, Cerda J, Canario AVM, Hubbard PC, 2010. Olfactory sensibility to bile fluid and bile salts in the European eel (*Anguilla Anguilla*), goldfish (*Carassius auratus*) and Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) suggests a 'broad range' sensitivity not confined to those produced by conspecifics alone. *The Journal of Experimental Biology* 213: 308-317.
- Huertas M, Canario AVM, Hubbard PC, 2008. Chemical communication in the Genus *Anguilla*: a minireview. *Behaviour* 145: 1389-1407.
- Miles SG, 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 (8): 1591.
- Pesaro M, Balsamo M, Gandolfi G, Tongiorgi P, 1981. Discrimination among different kinds of water in juvenile eels, *Anguilla Anguilla* (L.). *Monitore Zool. Ital.* 15: 183-191.
- Saglio, 1982. Piegage d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans le milieu naturel au moyen d'extrait biologiques d'origine intraspecific. Mise en evidence de l'attractivité phéromonale de mucus épidermique. *Acta Oec. Appli.* 3: 223-231.
- Sola C, Spampinato A, Tosi L, 1993. Behavioural responses of glass eels, *Anguilla anguilla*, towards amino acids. *Journal of Fish Biology* 42: 683-691.
- Sola C, 1995. Chemoattraction of upstream migrating glass eels, *Anguilla anguilla* to earthy and green odorants. *Environmental Biology of Fishes* 43: 179-185.

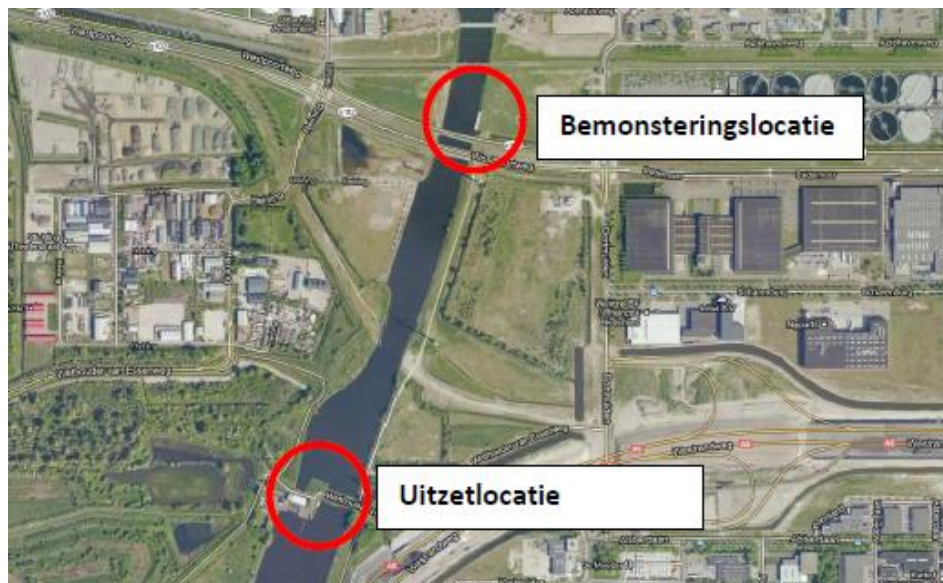
- Sola C, Tongiorgi P, 1996. The effects of salinity on the chemotaxis of glass eels, *Anguilla anguilla*, to organic earthy and green odorants. *Environmental Biology of Fishes* 47: 213-218.
- Sola C, Tongiorgi P, 1998. Behavioural responses of glass eels, *Anguilla anguilla*, to non-protein amino acids. *Journal of Fish Biology* 53: 1253-1262.
- Solomon D.J. & M.H. Beach, 2004a. Fish pass design for eel and elver (*Anguilla anguilla*). Environment Agency R&D Technical report W2-070/TR1.
- Solomon D.J. & M.H. Beach, 2004b. Manual for provision of upstream migration facilities for eel and elver. Environment Agency Science Report SC020075/SR2.
- Sorensen I., 1951. An investigation of some factors affecting the upstream migration of the eel. *Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 32: 126-132.
- Sorensen PW, 1986. Origins of freshwater attractant(s) of migrating elvers of the American eel, *Anguilla rostrata*. *Environmental Biology of Fishes* 17: 185-200.
- Sorensen PW, 2009. Stream Water Creates a Discernable Odor Gradient that Migratory Juvenile American Eels May Follow Inshore. In: Haro A, Smith KL, Rulifson, RA, et al. CHALLENGES FOR DIADROMOUS FISHES IN A DYNAMIC GLOBAL ENVIRONMENT. *American Fisheries Society Symposium* 69: 841-844.
- The Ministry of Agriculture, Nature and Food quality, 2009. The Netherlands eel management plan.
- Tosi L, Spampinato A, Sola C, Tongiorgi P, 1990. Relation of water odour, salinity and temperature to ascent of glass-eels, *Anguilla Anguilla* (L.): a laboratory study. *Journal of Fish Biology* 36: 327-340.
- 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.
- Urabe T, Sasaki Y, 2013. Occurrence of earthy and musty odor compounds (geosmin, 2-methylisoborneol and 2,4,6-trichloroanisole) in biologically treated wastewater. *Water Science & Technology*, In Press/online available: doi:10.2166/wst.2013.451.

Bijlage I Overzicht bemonsteringslocaties

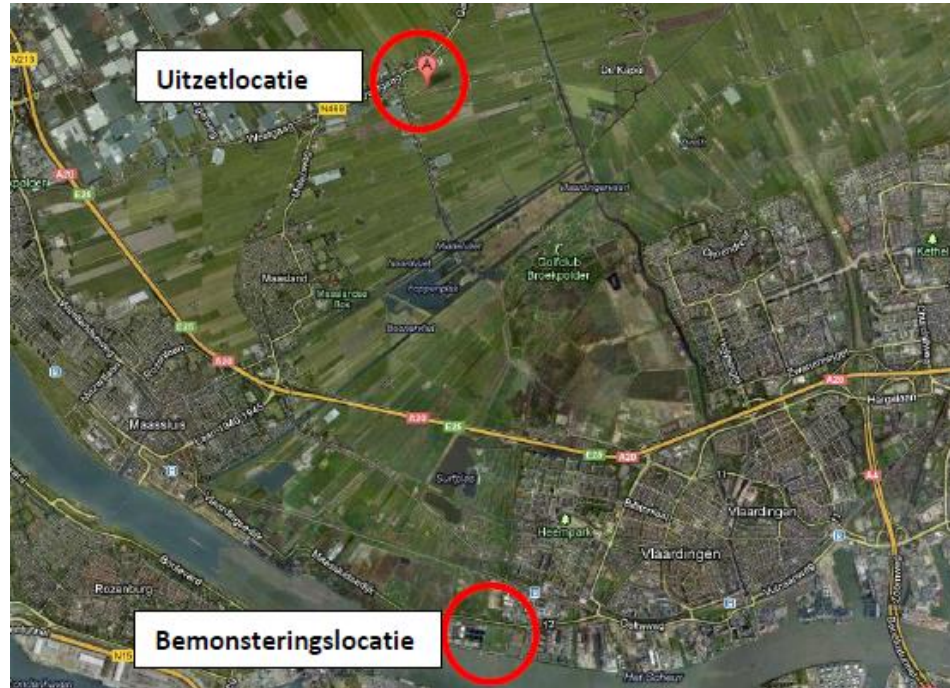
RWZI Wieringen



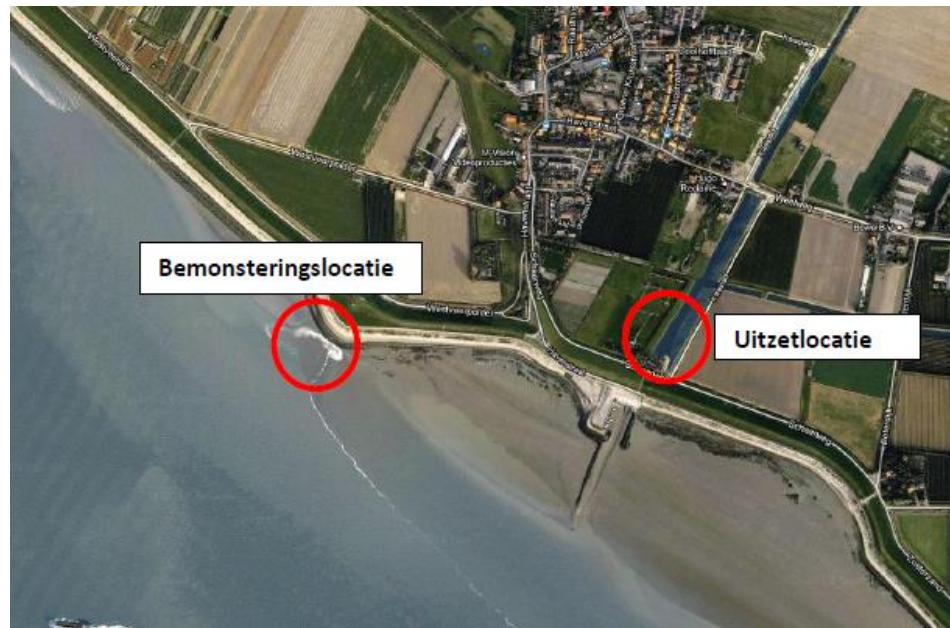
RWZI Amsterdam West



RWZI Groote Lucht



RWZI Bath



a Molenkade 3
2964 LB Groot-Ammers
t 0184 661 465
m 0653 643 682
@ info@visserij servicenederland.nl
w www.visserij servicenederland.nl



Visserij Service
Nederland *sterk in viswerk*

-  Visstandonderzoek
-  Afvissingen
-  Vismigratieonderzoek
-  Natuurtoetsen en QuickScans
-  Calamiteitenservice
-  Advies en begeleiding
-  Rapportage
-  Transport en opslag van vis

www.visserij servicenederland.nl