



Onderzoek naar de werking van de glasaalcollector onder veld- en labo- ratorium omstandigheden.

Rapport: VA2008_41

Opgesteld in opdracht van:

Uitgevoerd in het kader van de subsidieregeling: Innovatie
in de Visketen van LNV

Januari 2010

door:

Kemper Jan H., Igor Spierts & E. Derks

In samenwerking met:
Ing W. den Boer
(Visserijbedrijf W.J. den Boer)



Statuspagina

Titel:	Onderzoek naar de werking van de glasaalcollector onder veld- en laboratorium omstandigheden.
Samenstelling:	VisAdvies BV
Adres:	Twentehaven 5 3433 PT Nieuwegein
Telefoon:	030 285 1066
Homepage:	http://www.VisAdvies.nl
Opdrachtgever:	Uitgevoerd in het kader van de subsidieregeling: Innovatie in de Visketen van LNV
Auteur(s):	Kemper Jan H., Igor Spierts & E. Derks
Uitvoering veldwerk	Ing. W.J. den Boer
E-mail adres:	kemper@VisAdvies.nl
Eindverantwoording	Jan H. Kemper
Aantal pagina's:	33
Trefwoorden:	Glasaal, monitoring
Projectnummer:	VA2008_41
Datum:	Januari 2010

Bibliografische referentie

Kemper Jan H, Igor Spierts & Emiel Derks, 2009. Onderzoek naar de werking van de glasaalcollector onder veld- en laboratorium omstandigheden. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2008_41, 33 pag.

Copyright: © 2009 VisAdvies BV

Behoudens wettelijke uitzonderingen mag niets uit dit document worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaargemaakt, in enige vorm of op enige wijze hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van VisAdvies BV.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding.....	5
1.2	Doel- en vraagstelling.....	6
2	Literatuur overzicht	6
2.1	Lichtintensiteit.....	7
2.2	Maanstand.....	7
2.3	Dag en nacht ritmiek	7
2.4	Watertemperatuur	8
2.5	Zoutgradient	8
2.6	Geurstoffen.....	9
2.7	Getijdestroom en waterniveau.....	9
2.8	Waterafvoer en turbulentie	9
2.9	Factoren op een rij	10
3	Materiaal en methode	11
3.1	Veldexperiment glasaalcollectoren	11
3.1.1	Glasaalcollector.....	11
3.1.2	Onderzoekslocaties.....	13
3.1.3	Uitvoering veldwerk.....	14
3.1.4	Beoordeling van de glasaalcollector als monitoringsinstrument.	14
3.2	Laboratoriumonderzoek	15
3.2.1	Proefdieren.....	15
3.2.2	Dag-nacht ritme experimenten.....	15
3.2.3	Stromings-experimenten	16
4	Resultaten.....	18
4.1	Veldexperiment glasaalcollectoren	18
4.1.1	Algemeen	18
4.1.2	Verloop van de glasaalvangsten.....	19
4.1.3	Correlatie tussen gemiddelde vangsten per fuiketmaal.....	21
4.1.4	Correlatie tussen het verloop in vangsten per fuiketmaal.....	22
4.2	Laboratoriumonderzoek	25
4.2.1	Dag-nacht ritme experimenten.....	25
4.2.2	Stromings-experimenten	26
5	Discussie	29
5.1	Veldexperiment glasaalcollectoren	29
5.1.1	Algemeen	29
5.1.2	Geografische verspreiding	29
5.1.3	Verloop glasaalvangsten en a-biotische factoren	29
5.1.4	Glasaalcollector en relatieve glasaaldichtheid.	30
5.2	Laboratoriumonderzoek	30
5.2.1	Dag-nacht ritme experimenten.....	30
5.2.2	Stromingsexperimenten	32
6	Conclusies	33
6.1	Veldonderzoek	33

6.2	Laboratoriumonderzoek	33
6.3	Aanbevelingen.....	33
6.3.1	Laboratoriumonderzoek	33

Voorwoord

Dit onderzoek is tot stand gekomen dankzij de financiële bijdrage van een groot aantal instanties te weten:

- Het Europees Visserijfonds (EVF).
- Het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van de subsidieregeling “Innovatie in de visketen”.
- De Combinatie van beroepsvissers
- De Hengelsport Federatie Zuidwest Nederland
- De visstandbeheercommissie Den Haag
- De visstandbeheercommissie Delfland

Naast de financiële ondersteuning, hebben de laatste vier partijen ook hun inhoudelijke bijdrage geleverd aan het project

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het gaat slecht met de Europese aal: sinds de jaren 1960 zijn de vangsten gestaag afgenomen met ca. 75%, en sinds 2000 is de intrek van glas niet meer boven de 5% van het historische niveau van vóór 1980 geweest (Dekker 2004; FAO, 2007). Voor deze dalende trends zijn verschillende oorzaken geopperd, maar bij gebrek aan doorslaggevend en overtuigend bewijs, blijft de werkelijke oorzaak vooralsnog onduidelijk. Daarom is sinds 1998 door de Internationale Raad voor het Zeeonderzoek (ICES) geadviseerd uit voorzorg strikte beschermingsmaatregelen te nemen, en een internationaal herstelprogramma op te stellen.

In 2007 is door de Ministerraad van de Europese Unie een voorstel van de Europese Commissie aangenomen voor een “Verordening tot Vaststelling van Maatregelen voor het Herstel van het Bestand van Europese Aal” (Commissie van de Europese Gemeenschappen 2007). In deze Verordening wordt het doel (“het herstel van het bestand van Europese aal”) en streefbeeld (“40 % van ... [de natuurlijke productie van de paarijpe] schieraal kan ontsnappen naar zee...”) vastgesteld. De uitwerking, de keuze van beschermingsmaatregelen en de implementatie daarvan worden aan de lidstaten opgedragen. De Europese aalverordening voorziet in een terugkerende evaluatie: eerst om de 3 jaar, later om de 6 jaar. Belangrijke instrumenten daarbij zijn monitoring en toestandsbeoordeling. In dit kader heeft VisAdvies een glasaalcollector ontwikkeld met een tweeledig doel.

1. Monitoringsinstrument:

De monitoring van glasaal bij Den Oever wordt sinds 1938 standaard uitgevoerd met een kruisnet. De sterk lopende aantallen leiden er echter toe dat de methodiek niet langer als representatief kunnen worden beschouwd. Dekker (2004) pleit voor alternatieve methoden. Dit heeft in geleid tot experimenten met een hevelsysteem op de grens van zoet en zout (Bult en Dekker, 2007). De glasaalcollector is een vergelijkbaar initiatief.

2. Vismigratievoorziening:

De collector kan worden ingezet op locaties waar de glasaalmigratie vanuit zee ernstig wordt verhinderd. Het doel van de glasaalcollector op deze locaties is de glasaal in zo groot mogelijke hoeveelheden te verzamelen en vervolgens in geschikt habitat uit te zetten.

Het onderhavige onderzoek heeft zich uitsluitend gericht op het monitoringsaspect van de collector.

1.2 Doel- en vraagstelling

Het project heeft als hoofddoel om:

- De werking van de glasaalcollector als monitoringsinstrument te onderzoeken.
- het aanbod van glasaal en verloop daarvan in de tijd te bestuderen op de diverse locaties zelf (monitoring).

Binnen het onderzoek wordt getracht antwoord te geven op de volgende vragen:

- Hoe verhoudt zich de vangst tussen de verschillende locaties?
- Is er een relatie tussen invloeden van de maanstand, de watertemperatuur en het getij op de trek en aanbod van glasaal?
- Draagt de collector bij aan een standaardisatie voor de monitoring van glasaal?

2 Literatuur overzicht

Er zijn een groot aantal factoren die van invloed zijn op de migratie van glasaal naar het zoete water. Naast de individuele factoren is er ook sprake van onderlinge beïnvloeding tussen de afzonderlijke factoren. Dit maakt het niet eenvoudig om het belang van de afzonderlijke factoren goed naar waarde te schatten. Resultaten van onderzoeken naar individuele factoren zijn dan ook vaak niet eenduidig, zoals naar voren komt uit het uitgevoerde literatuuronderzoek.

Abiotische factoren, waarvan aangenomen wordt dat zij een rol spelen, zijn:

- Lichtintensiteit
- Maanstand
- Watertemperatuur
- Daglengte
- Zoutgehalte
- Rivierafvoer
- Getijdestroom
- Geurstoffen

In het navolgende onderdeel is een overzicht gemaakt van de beschikbare literatuur met betrekking tot de genoemde factoren. Het hoofdstuk sluit af met een overzicht.

2.1 Lichtintensiteit

Vanuit veldexperimenten blijkt dat er veel tegenstrijdigheid is met betrekking tot het lichtintensiteit en gedrag van glasaal. Sugeha *et al.* (2001) rapporteerde een duidelijk hogere abundantie van glasaal tijdens nieuwe maan dan tijdens volle maan. De Casamajor *et al.* (1999) zag een verband tussen maanlicht intensiteit en glasaalmigratie. Bij veel maanlicht en hoog groot doorzicht migreerde glasaal dicht bij de bodem.

Daar tegenover vonden Jellyman en Lambert (2003) juist een tendens van hogere vangsten in het voorjaar bij zowel volle als nieuwe maan. Wel werd daar bij opgemerkt dat het lage doorzicht het effect van het maanlicht wellicht heeft beperkt. Bardonnnet *et al.* (2005) concludeerde dat de lichtintensiteit geen invloed heeft op glasaal migratie als de troebelheid groter is dan 100-150 NTU. Dit resultaat sluit aan bij de bevindingen van Lafaille *et al.* (2007) die geen enkele relatie met de licht-intensiteit waarnam in een waterloop met een hoge troebelheid (> 150 NTU).

Deelder (1958) merkte op dat glasaal door vissers werd gevangen met behulp van verlichting. Hij rapporteerde tevens dat oudere (meer gepigmenteerde) glasaal meer licht tolerant dan de jongere niet gepigmenteerde glasaal. Hetzelfde werd gevonden door Jellyman (1977) in Nieuw-Zeeland bij de aalsoort *Anguilla dieffenbachia* en *Anguilla australis*. Bardonnnet *et al.* (2005) toonde aan dat vermijding van licht direct aan intensiteit is gerelateerd.

Samenvattend: Afgezien van de tegenstrijdigheden, blijkt toch uit de meeste studies dat licht (-sterkte) een negatief effect heeft op de migratie van glasaal.

2.2 Maanstand

Volgens Tesch (1977) wordt schieraal het meest gevangen in het laatste maankwartier. Jellyman (1977) en Overton & Rulifson (2009) zeggen geen relatie tussen de maancycli en de migratie van glasaal. Dou en Tsukamoto (2003) konden onder laboratoriumomstandigheden ook geen veranderingen in de activiteit in relatie tot de maanstanden waarnemen.

Samenvattend: Het lijkt dat er met betrekking tot dit onderwerp redelijk consensus bestaat.

2.3 Dag en nacht ritmiek

Een groot aantal studies wijzen op een nachtelijke activiteit bij glasaal van verschillende soorten (Deelder, 1952; Deelder, 1958; Jellyman, 1977; Gandolfi *et al.*, 1984; Gascuel, 1986; Sorensen *et al.*, 1986; Sugeha *et al.*, 2001). Een extra actieve periode werd direct na zonsondergang werd gemeld door Sorensen *et al.* (1986) en Gandolfi *et al.* (1984).

Nachtelijk gedrag van zoetwater aalsoorten is ook gemeld bij laboratorium experimenten van Bohun en Winn, 1966; Van Veen *et al.*, 1976; Glova en Jellyman, 2000; Bardonnnet *et al.*, 2003; Dou en Tsukamoto, 2003. Glova en Jellyman (2000) onderzochten de dagelijkse activiteit patroon van de verschillende grootteklassen van de short-finned eel (*Anguilla australis*) en de Nieuw-Zeelandse longfin eel (*Anguilla dieffenbachii*). Activiteit was iets hoger in de nacht (van zonsondergang tot zonsopgang) dan gedurende de dag voor de kleinste categorie (<100 mm). Activiteit daalde sterk direct na het vallen van de avond en nam geleidelijk af tot een laag niveau in de vroege ochtend. Vergelijkbare patronen werden gemeld door Bohun en Winn (1966)

en Dou en Tsukamoto (2003) voor respectievelijk Amerikaanse rode aal (*Anguilla rostrata*) en Japanse glasaal (*Anguilla japonica*). Echter, Bohun en Winn (1966) zagen juist een verhoogde activiteit van de Amerikaanse paling in de vroege ochtend en bij zonsondergang. Van glasaal van de Japanse paling werd waargenomen dat er een wisselende activiteit was gedurende de dag en de nacht. (Dou en Tsukamoto, 2003). Van Veen *et al.* (1976) konden, naast de nachtelijke activiteit, verder geen patronen ontdekken bij de Atlantische aal.

Samenvattend: Glasaal is nachtelijk actief met overdag een min of meer vergelijkbaar patroon bij de verschillende aalsoorten. Sommige studies tonen een specifieke actieve periode direct na zonsondergang.

2.4 Watertemperatuur

Verschillende auteurs melde dat de drang tot migreren beperkt is onder de 8 tot 12 ° C (Gandolfi *et al.*, 1984; Gascuel, 1986; Jessop, 2003; Beaulaton en Castelnaud, 2005). Echter, Deelder (1952), Lecomte-Finiger (1981) en Tongiorgi *et al.* (1986), leggen deze grens bij temperaturen rond de 6 tot 7 ° C voor respectievelijk de Nederlandse, Franse en Italiaanse kust. Gandolfi *et al.* (1984) melden een grens bij 13 tot 17° C in de rivier de Arno (Italië). Witte en Knights (1997) een grens bij 14 tot 16° C en een maximum boven 18 tot 20° C. Gandolfi *et al.* (1984) rapporteerden dat de migratiestromen op gang komen als de temperatuurverschillen tussen rivier- en zeewater minder dan ± 3 tot 4° C is. Overton en Rulifson (2009) konden geen correlatie vinden met de watertemperatuur en namen waar dat migratie van Amerikaanse glasaal zelfs tot 30° C doorging.

Onder laboratoriumomstandigheden, Edeline *et al.* (2006) is gebleken dat met lagere watertemperaturen de motorische activiteit daalde. De hoogste activiteit werd door Linton *et al.* (2005) onder laboratoriumomstandigheden waargenomen tussen de 12° C en 17° C. Tosi *et al.* (1988, 1990) rapporteerden dat glasaal een voorkeur heeft bij hun acclimatisatietemperatuur (8 - 11° C).

Samenvattend, de algemene indruk is dat temperatuur een belangrijke factor is bij de aanzet tot migratie bij glasaal. Zowel het verschil in temperatuur tussen zee en rivierwater kan een drempel zijn, als de absolute temperatuur. Deze ligt volgens de geraadpleegde literatuur tussen de 6 tot 16° C. De brede range geeft aan dat temperatuur niet de enige factor van belang is.

2.5 Zoutgradient

Van Heusden (1943) toonde aan dat onder laboratoriumomstandigheden, daling in het zoutgehalte glasaalmigratie stimuleert. De activiteit is daarbij evenredig aan de afname van het zoutgehalte afnemen. Deelder (1958) neemt een soortgelijke tendens waar bij gepigmenteerde glasaal, zelfs zonder stroom. Gelijktijdig meldt hij dat niet gepigmenteerde jonge glasaal juist wordt afgestoten door zoetwater. Tosi *et al.* (1988, 1990) rapporteerde dat op zee gevangen glasaal nog geen voorkeur heeft voor zoetwater, terwijl deze voorkeur wel bestaat zodra de glasaal in zoetwater wordt aangetroffen.

Samenvattend: Zoetwater en een zoutgradiënt hebben invloed op glasaal. Het is echter niet duidelijk of migratie hier door wordt gestimuleerd of dat de voorkeur voor zoetwater toeneemt als de vissen al in zoetwater zijn aangekomen.

2.6 Geurstoffen

Europese glasaal onderscheid de geur van eb en vloed en past het zwemgedrag aan in reactie op dergelijke geurveranderingen (Creutzberg, 1961). Sorensen (1984) vond dat het hetzelfde resultaat voor Amerikaanse glasaal. Dit wordt onderschreven door McCleave & Kleckner (1982). Tosi *et al.* (1990) geven aan dat glasaal de voorkeur geeft aan natuurlijk zoet- oppervlaktewater is boven leidingwater, onder laboratorium omstandigheden. .

Samenvattend: Geur speelt een rol bij de migratie van glasaal. Het aantal onderzoeken op dit gebied is echter opvallend beperkt.

2.7 Getijdestroom en waterniveau

Glasaal maakt gebruik van “*Selectief Getijde Transport*” (Creutzberg, 1958; Creutzberg, 1961; Jellyman, 1977; Tesch, 1977; McCleave en Kleckner, 1982; Gandolfi *et al.*, 1984 ; McCleave en Wippelhauser, 1987; Beaulaton en Castelnaud, 2005). SGT vindt plaats als glasaal bij de monding van de rivier gebruik maakt van het opkomende water om landinwaarts te migreren. Hiervoor migreren de glasalen verticaal in de waterkolom om zodanig met de vloedstroom mee te drijven (McCleave en Wippelhauser, 1987). Recent is deze gedachte weer opgepikt en uitgewerkt door Bult en Dekker, 2007 en Edeline *et al.* , 2007).

Lafaille *et al.* (2007) merkte lage glasaal dichtheden op aan de voorkant van een dam als de getijdenverschillen gering waren. Hieruit werd geconcludeerd dat stroomopwaartse migratiedynamiek afhangt van getijde en waterhoogte. Een ander aanwijzing voor SGT komt van Bardonnnet *et al.* (2003), die voornamelijk in stroomafwaarts richting. glasaal vingen.

Samenvattend: SGT is een algemeen onderkende strategie bij glasaal. Er is echter nog veel onduidelijk hoe dit in verhouding staat tot actieve migratie en de exacte levensfase (wel of niet gepigmenteerd) waarin dit van toepassing is.

2.8 Waterafvoer en turbulentie

Jellyman en Lambert (2003) geven aan dat rivierafvoer een van de belangrijkste factor is die bepalend is voor de aanzet tot glasaalmigratie in het voorjaar. Daar werd wel direct bij opgemerkt dat de afvoer op zich niet de uiteindelijke trigger is voor de aanzet van de migratie. Hoge afvoer leidt tot hoge turbulentie en beperkt doorzicht en zodoende minder maan- en /kunstlicht. (Bardonnnet *et al.*, 2005). Overton en Rulifson (2009) vingen in het voorjaar standaard Amerikaanse glasaal bij een afvoer <math> < 150 \text{ m}^3/\text{sec}</math> in de benedenstroom van de Roanoke rivier. Boven een afvoer van $650 \text{ m}^3/\text{sec}$ werd geen glasaal meer aangetroffen. Deelder (1958) schreef een lange vertraging in de stroomopwaartse migratie toe aan de extreem hoge afvoer in dat jaar.

Samenvattend: Rivierafvoer is geen eenduidige factor die de aanzet tot migratie bepaald. Wellicht is er een samenhang met de de hoge afvoer veroorzaakte troebelheid van het water. Middelmatige afvoer kan stimulerend werken terwijl zeer hoge afvoer juist een remmende werking kan hebben.

2.9 Factoren op een rij

tabel 2.1 geeft een samenvatting van de factoren die van invloed zijn op glasaal gedrag met hun specifieke werking.

tabel 2.1 *Samenvatting van factoren die van invloed zijn op glasaal gedrag tijdens hun migratie. (+): Sterk effect; (-): geen effect; (+/-): effect is tegenstrijdig tussen verschillende studies, en (?): er is (te) weinig onderzoek naar verricht.*

Factor	Effect op		Referenties
Licht intensiteit	activiteit	+ / -	De Casamajor <i>et al.</i> (1999); Bar-donnet <i>et al.</i> (2005)
Maanstand		-	Jellyman (1977); Dou and Tsuka-moto (2003)
Dag-nacht ritme		+	Van Veen <i>et al.</i> (1976); Glova and Jellyman (2000); Dou and Tsuka-moto (2003)
Water temperatuur		+	Gandolfi <i>et al.</i> (1984); Tosi <i>et al.</i> (1988, 1990); Linton <i>et al.</i> (2005)
Saliniteit		+	Van Heusden (1943); Tosi <i>et al.</i> (1988, 1990)
Geur		+ / ?	Creutzberg (1961); Sorensen (1986)
Getijde en waterstand	orientatie	+	McCleave and Kleckner (1982); Lafaille <i>et al.</i> (2007)
Rivier afvoer		+	Jessop (2003); Overton and Rulif-son (2009)
Turbulentie		+ / ?	Deelder (1958)
Endogene klok		+ / ?	McCleave and Wippelhauser (1987); Wippelhauser and McCleave (1988)
Pigmentatiefase		+ / ?	Elie <i>et al.</i> (1982)

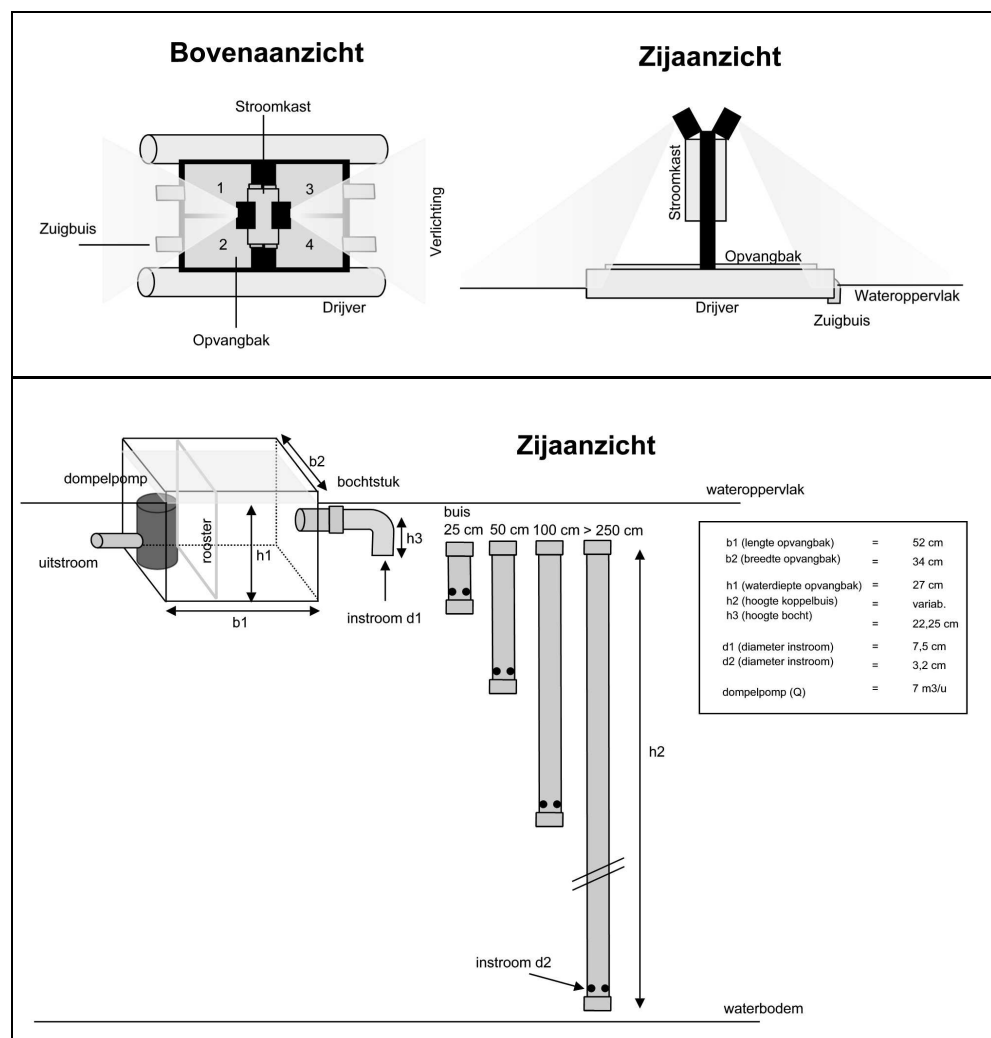
3 Materiaal en methode

3.1 Veldexperiment glasaalcollectoren

3.1.1 Glasaalcollector

Het principe van de glasaalcollector is gebaseerd op het migratiegedrag van glasaal zoals staat beschreven in § 2.7. Het is tevens geïnspireerd door de experimenten van Bult en Dekker (2007) die bij opkomend water glasaal vanuit het buitenwater naar een vangconstructie hevelde. De gedachte hierachter is dat glasaal zich met de stroom mee laat voeren zoals het geval bij “*Selectief Getijde Transport*”.

De basis van de glasaalcollector is het model dat in het voorjaar van 2008 is ingezet bij onderzoek in Scheveningen en Katwijk (Kroes *et al.*, 2008a/b).

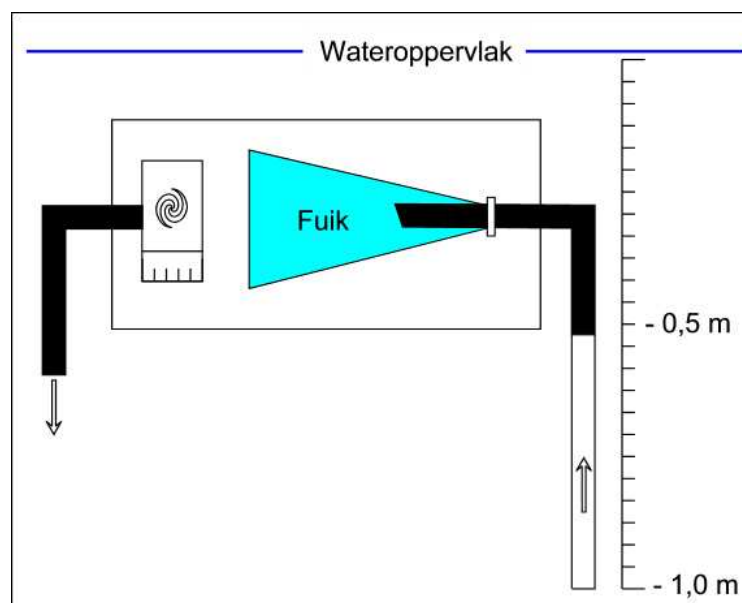


figuur 3.1 Schets van boven- en zijaanzicht van de glasaalcollector zoals deze in het voorjaar van 2008 is ingezet. Voor het onderzoek in 2009 zijn een aantal aanpassingen toegepast.

In het kader van het onderzoek in 2009, zijn door VisAdvies laboratoriumproeven uitgevoerd om het model uit 2008 te optimaliseren (Spierts en Kemper, 2009). Aan de

hand van dit onderzoek zijn een aantal adviezen overgenomen voor de productie van het model van 2009. De belangrijkste aanpassingen zijn:

- Opheffen verlichting: Zoals in § 2.1 staat beschreven, heeft licht invloed op de aanwezigheid van glasaal. Er is echter geen eenduidig beeld met betrekking tot de aantrekkende of juist werende werking van licht op de aanwezigheid van glasaal. Ongeacht het effect zal licht niet altijd in dezelfde mate invloed hebben op de vissen. In helder water heeft licht meer invloed dan in troebel water. De helderheid van water verandert in de loop van de tijd. Om de resultaten van de collectoren onderling zo goed mogelijk te kunnen vergelijken is besloten geen verlichting te gebruiken. Bovendien leidde de verlichting tot veel storingen. Enerzijds waren dat elektrische storingen, anderzijds was dit het gevolg van vandalisme. Hoewel dit minder inhoudelijk argumenten zijn, vormde zij wel een bedreiging voor de continuïteit van het onderzoek.
- Stabilisatie van de collector: Aanvankelijk waren de vier bakken in de collector aan de bovenzijde geopend. Hierdoor was het drijfvermogen van de collector niet constant. Dit is opgelost door de bakken luchtdicht af te sluiten en ca 10 onder water te plaatsen.
- Vermindering van het aantal aanzuigdieptes: aanvankelijk waren er vier verschillende dieptes waarop het water werd aangezogen. In 2008 bleek dat de glasaal opbrengst onder 1 meter diepte zeer beperkt was. Bovendien bleek de variatie in de resultaten dusdanig groot was en het aantal metingen te beperkt om de dataset statistisch te bewerken. In 2009 is gekozen voor minder diepten en derhalve meer metingen per aanzuigdiepte.
- Toepassing van een fuikconstructie. Aanvankelijk werd er van uitgegaan dat de hoge stroomsnelheid in de buis zou voorkomen dat glasaal weer ontsnapt. Uiteindelijk is toch besloten voor een fuikconstructie om ontsnapping te voorkomen. De vernieuwde constructie van is schematisch weergegeven in figuur 3.2



figuur 3.2 Schematische voorstelling van de glasaalcollector.

3.1.2 Onderzoekslocaties

Er zijn zeven locaties geselecteerd voor de plaatsing van de collectoren. De keuze is gevallen op locaties waarvan al was aangetoond dat er in het voorjaar veel glasaal aanwezig is. Daarnaast zijn locaties geselecteerd die in potentie een belangrijk verzamelpunt kunnen zijn voor glasaal. Voorafgaand aan het onderzoek is elke locatie bezocht en beoordeeld op geschiktheid met betrekking tot bereikbaarheid en de aanwezigheid van stroomvoorziening. Onderstaand wordt per locatie een beknopte beschrijving gegeven per locatie.



figuur 3.3 Overzicht van locaties met de glasaalcollectoren.

- 1 **Gemaal Parkhaven.** Kunstwerken: grote scheepvaartsluis, een sluis voor de recreatievaart en een gemaal. Afstand tot de zee: 32 km. Positie collectoren: langs de kademuur tussen beide sluisen en tussen grote sluis en gemaal. Waterdiepte: 3,5 m tot 4,0 m bij laag water.
- 2 **Schiedamse Buitensluisen.** Kunstwerk: grote scheepvaartsluis. Afstand tot de zee: 28 km. Positie collectoren: langs de kademuur aan de linker en rechterzijde van de sluis. Waterdiepte: 3,0 m tot 3,5 m bij laag water
- 3 **Gemaal Zaaier (Buitenzijde).** Kunstwerk: boezemgemaal en keersluis. Afstand tot de zee: 15 km. Positie collectoren: aan de buitenzijde in de Nieuwe Waterweg.
- 4 **Gemaal Zaaier (Binnenzijde).** Kunstwerk: boezemgemaal en keersluis. Afstand tot de zee: 15 km. Positie collectoren: 20 meter voor het gemaal. Waterdiepte: 3 m.
- 5 **Wateringse buitensluis**
- 6 **Keersluis Scheveningen.** Kunstwerk: keersluis. Afstand tot de zee: 1,7 km. Positie collectoren: aan de linker en rechterzijde van de sluis. Waterdiepte: 3,5 m nabij oever bij laag water.
- 7 **Gemaal Schoute.** Kunstwerk: boezemgemaal. Afstand tot de zee: 2,2 km. Positie collectoren: langs beide de overzijden van het gemaal. Waterdiepte: 3,0 m nabij oever bij laag water

3.1.3 Uitvoering veldwerk

De bemonsteringen zijn uitgevoerd in de periode 18 maart tot en met 10 juni. Het veldwerk is verricht door Ing. W. den Boer van Visserijbedrijf W.J. den Boer. In de oorspronkelijke opzet zouden alle collectoren driemaal per week, en alle collectoren op dezelfde dag worden bemonsterd. In de praktijk bleek dit niet haalbaar en zijn de bemonsteringen verdeeld over de week uitgevoerd. De waarnemingen zijn vastgelegd op een veldformulier. Na het legen van de bak is het aantal aalen geteld en werd onderscheid gemaakt tussen:

- Glasaal,
- Pootaal. Dit is aal vanaf het stadium dat de vis geen (gepigmenteerde) glasaal meer is. In de regel zijn dat vissen die al een één jaar in estuaria langs de kust aanwezig zijn. De bovengrens ligt bij een lengte van 28 cm. Daarboven wordt gesproken van:
- Rode aal.

Aanvullend gegevens werden genoteerd.

- Locatie, datum, tijd, collector nummer, uitvoerder (en vrijwilligers);
- Vervuiling en beschadigingen/onderhoud aan collectoren, zonodig met foto's ondersteund.
- Stroming (bijzonderheden), weersomstandigheden.
- Overige opmerkingen.

Alle gevangen aal is stroomopwaarts van het kunstwerk uitgezet (boezemzijde). Een beperkt aandeel is meegenomen ten behoeve van het laboratoriumonderzoek (§ 3.2). De formulieren zijn periodiek aangeleverd en op kantoor ingevoerd.

3.1.4 Beoordeling van de glasaalcollector als monitoringsinstrument.

Eén van de vragen van het onderzoek is of de vangsten in de glasaalcollector representatief zijn voor de relatieve dichtheid van de visstand in de directe omgeving. Er wordt gesproken over een relatieve dichtheid, omdat moeilijk is te achterhalen hoe de vangsten in de collector zich verhouden tot de absolute dichtheid in de omgeving. Echter, de vangsten in de collector, op verschillende momenten zijn onderling goed vergelijkbaar zolang de vangstinspanning gelijk blijft. Om deze reden wordt de vangst teruggerekend naar één fuikdag. Verder wordt aangenomen dat de hoeveelheid aangezogen water per tijdseenheid (d.i. vangstinspanning) gelijk blijft.

Per locatie zijn twee variabelen te onderscheiden.

1. De twee collectoren staan, binnen één locatie, op verschillende plaatsen. De onderlinge afstand is 25 à 50 meter. Verwacht mag worden dat de vangst in de collectoren een afspiegeling is van de dichtheid in de directe omgeving van de collector. Anderzijds liggen de collectoren dusdanig dicht bij elkaar dat ook mag worden aangenomen dat het vangstverloop in de tijd eenzelfde trend te zien zal geven. Ofwel, een relatief hoge opbrengst in collector 1 moet ook in een hoge opbrengst in collector 2 resulteren.
2. De verzamelbakken 1 en 2 van elke collector nemen water in op een diepte van 0,5 m onder het wateroppervlak. Verzamelbakken 3 en 4 doen dit op een diepte van 1 meter. Verzamelbakken 1/2 en 3/4 kunnen worden beschouwd als duplo's. Van een duplo mag worden verwacht dat:
- 3.

- De gemiddelde vangst onderling met elkaar overeenstemt
- het verloop in de tijd met elkaar overeenstemt.

Van de resultaten tussen de twee duplo's onderling kan worden verwacht dat

- De gemiddelde opbrengst van elkaar verschilt. Dit als gevolg van verschillen in dichtheid in verschillende waterlagen
- Het verloop in de tijd tussen duplo's overeenstemt. Echter in veel mindere mate dan de resultaten binnen duplo's.

3.2 Laboratoriumonderzoek

3.2.1 Proefdieren

Europese glasaal (*Anguilla anguilla*) werd gevangen met glasaal collectoren vlak vóór de getijdensluizen in Scheveningen. De gemiddelde lengte bedroeg 7,0 cm (standaarddeviatie: 0,29 cm). Direct na de vangst werden de dieren overgebracht naar het laboratorium van VisAdvies in Nieuwegein. Daar werden de dieren voor opslag uitgezet in 60 liter aquaria (zie figuur 3.4).



figuur 3.4 *Europese glasaal (Anguilla anguilla).*

Gedurende de gehele onderzoeksperiode werden de vissen niet gevoerd, en de mortaliteit was 5-10%. De aquaria werden frequent voorzien van vers water uit het Merwedekanaal. Gevangen glasalen werden maximaal 3 weken in de aquaria gehouden, en na de experimenten uitgezet in het Merwedekanaal. De watertemperatuur in de aquaria waar de glasalen tussen de experimenten door werden opgeslagen werd gedurende de gehele onderzoeksperiode constant gehouden op 15 ± 2 °C, met behulp van een TECO koeler met Eheim pomp (1000 l/h). De temperatuur van het water waarin het onderzoek werd verricht was gedurende gehele onderzoeksperiode 13,0-16,0°C. De overige watercondities werden constant gemeten, en hadden een waarde van: O₂: > 8.0 mg/l; pH: 8.0-8.3; NO₂⁻: < 0.3 mg/l; NO₃⁻: < 50 mg/l en NH₄⁺: < 2 mg/l. Temperatuur (°C), O₂ (mg/l) and pH werden gemeten met een WTW pH/Oxi 340i meter. NO₂⁻ (mg·l⁻¹), NO₃⁻ (mg·l⁻¹) and NH₄⁺ (mg·l⁻¹) werden bepaald met Merck colometrische test sets.

Gedurende de gehele onderzoeksperiode constant gehouden op 15 ± 2 °C, met behulp van een TECO koeler met Eheim pomp (1000 l/h). De temperatuur van het water waarin het onderzoek werd verricht was gedurende gehele onderzoeksperiode 13,0-16,0°C. De overige watercondities werden constant gemeten, en hadden een waarde van: O₂: > 8.0 mg/l; pH: 8.0-8.3; NO₂⁻: < 0.3 mg/l; NO₃⁻: < 50 mg/l en NH₄⁺: < 2 mg/l. Temperatuur (°C), O₂ (mg/l) and pH werden gemeten met een WTW pH/Oxi 340i meter. NO₂⁻ (mg·l⁻¹), NO₃⁻ (mg·l⁻¹) and NH₄⁺ (mg·l⁻¹) werden bepaald met Merck colometrische test sets.

3.2.2 Dag-nacht ritme experimenten

Het dag-nacht ritme van de glasalen werd bepaald bij 2 verschillende licht regimes: natuurlijk daglicht (fotoperiode: 13L : 11D) en 24 uur donker (0L : 24D). Voor elk lichtregime werden in totaal 4 experimenten van ieder 24 uur uitgevoerd in aquaria van 60x30x15 cm (lxbxh) die bedekt waren met 5 cm zand. Elk individueel experiment werd uitgevoerd in vers water met 20 (nieuwe) glasalen die tijdens de opslagperiode in eenzelfde lichtregime werden gehouden. Tijdens de experimenten werd geen vers water toegevoegd.

De activiteit van de vissen werd gefilmd met een RoHS Exview High Resolution en een Sony CCD camera met 48 additionele infrarood LED' s ($\lambda=850$ nm). Data wer-

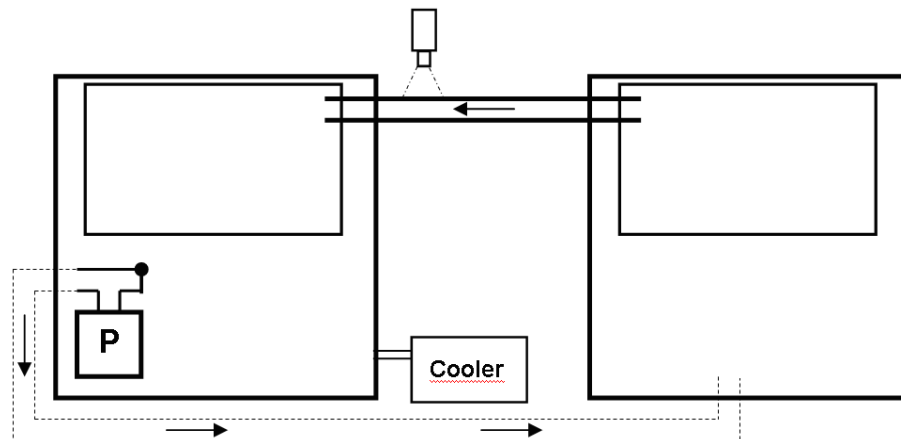
den opgenomen met een digitale videorecorder (DVR 7004). Daar glasalen in het donker slechts tot de helft van het aquarium zichtbaar waren werd het aquarium verticaal door midden gedeeld met insectengaas. Glasalen werden enkel in het voorste aquariumdeel geplaatst en konden voldoende acclimatiseren voor aanvang van de experimenten. Tenslotte werd 1 cm onder de waterspiegel de lichtintensiteit gemeten met een LI-cor data logger (model LI-1400) met onderwater sensor.

De glasalen werden gedurende elk experiment van 24 uur continu gefilmd. De 24 uur film werd in blokken van 20 min opgesplitst (n=72) waarvan telkens de eerste 60 s op de PC werd onderzocht op glasaal activiteit (maximaal aantal actieve glasalen gedurende 1 s per onderzochte 60 s).

Verschillen in absolute activiteit tussen drie dagelijkse lichtperiodes (dag: 6:40-20:20 u; vroege avond: 20:20-22:20u, en nacht: 22:20-6:40u) werden getest met een General Linear Model (GLM) voor herhaalde metingen. Activiteitsverschillen tussen de beide lichtregimes (dagregime, 13L : 11D, en nachtregime, 0L : 24D) voor de 3 dagelijkse lichtperiodes werden getest met een Mann-Whitney test.

3.2.3 Stromings-experimenten

Gedurende twee experimentele periodes werden respectievelijk 600 en 1500 glasalen gebruikt om hun gedrag te onderzoeken t.a.v. stromend water van verschillende snelheid. Uit een eerder uitgevoerde pilot studie bleek dat 2 snelheden, 10 cm/s en 22 cm/s, het meest geschikt bevonden waren voor het hier uit te voeren onderzoek. De experimentele opzet is weergegeven in figuur 3.5.



figuur 3.5 *Bovenaanzicht experimentele opzet. 2 'Kooien' van insectengaas (150 l elk) werden in 2 visbekkens (650 l elk) onderling verbonden d.m.v. een siphon (Ø: 45 cm binnenzijde). Een regelbare dompelpomp verplaatste de gewenste hoeveelheid water van het ene visbekken naar het andere, waarna dit met een exact te regelen snelheid via de siphon terugstroomde in het eerste visbekken (hevelwerking). De glasalen die zich in de kooien bevonden zwommen vervolgens, indien gewenst, door de siphon, zowel met de stroom mee, als er tegen in.*

In de 1^e onderzoeksperiode (13-16 april 2009) werd het effect van 2 aparte stroomsnelheden (10 en 22 m/s) op het migratiegedrag van glasalen onderzocht, zowel met de stroom mee, als tegen de stroom in. Voor elk individueel experiment (90 min.) werden telkens 30 (nieuwe) glasalen in één van de beide bekkens geplaatst. Bij elke stroomsnelheid en migratierichting werd het experiment 4 keer herhaald. De totale onderzoeksperiode bedroeg 4 nachten (22:00-6:15 u) waarbij per nacht 4 experimenten werden uitgevoerd. Elk type experiment (afhankelijk van snelheid en richting)

werd 4 keer willekeurig verspreid over de 4 nachten uitgevoerd, volgens het Latin Square design (dus elk type experiment werd op 4 verschillende tijdstippen in de nacht uitgevoerd, dit om effecten van tijdstip op de onderzoeksresultaten geheel uit te sluiten).

De 2^e onderzoeksperiode (27-30 april 2009) was qua opzet gelijk aan de 1^e, met dat verschil dat er nu per experiment 90 glasalen werden gebruikt om een mogelijk effect van visintensiteit op migratiegedrag te onderzoeken.

Tenslotte werd nog onderzocht of pootalen een voorkeur hadden voor stroomopwaartse migratie (7-20 mei 2009), omdat dat wel de condities zijn die ze in de natuur tegenkomen (ze zullen stroomopwaarts de rivieren moeten optrekken om polders en boezems te bereiken). Hiertoe werden 5 experimenten uitgevoerd met 30 volledig gepigmenteerde pootalen voor elk experiment van 90 min. (10-15 cm TL), waarbij ze tegen een stroomsnelheid van 22 m/s dienden op te zwemmen.

Bij alle bovengenoemde experimenten konden de vissen 30 min voor aanvang van het experiment aan de experimentele condities acclimatiseren.

Statische verschillen tussen periodes 1 en 2 (30 glasaal versus 90 glasaal per experiment) en tussen periodes 1, 2 enerzijds en periode 3 anderzijds (glasaal versus pootaal) werden getest met een one-way ANOVA. Post hoc Tukey HSD testen werden uitgevoerd om verschillen aan te tonen tussen verschillende typen behandelingen (stroomsnelheid- en richting).

4 Resultaten

4.1 Veldexperiment glasaalcollectoren

4.1.1 Algemeen

In de oorspronkelijke opzet was er een indeling gemaakt in glasaal, pootaal en rode aal. Uiteindelijk werd onder pootaal gepigmenteerde aal verstaan en is apart gemonsterd. De oorspronkelijke klassen pootaal en rode aal zijn bijeengenomen. Voor de verwerking is niet- en wel gepigmenteerde aal bijeengenomen zoals aanvankelijk de bedoeling was. In figuur 4.1 staat in geel aangegeven op welke dagen de verzamelbakken in de collectoren zijn bemonsterd. In rood zijn de dagen weergegeven waarop er een storing in de verzamelbak is opgetreden.

Baknr ->	Schoute		Parksluizen		Keersluis Sch.		Sch B.sluis		Wat. B.sluis		Zaaijer binnen		Zaaijer buiten	
	Coll. 1	Coll. 2	Coll. 1	Coll. 2	Coll. 1	Coll. 2	Coll. 1	Coll. 2	Coll. 1	Coll. 2	Coll. 1	Coll. 2	Coll. 1	Coll. 2
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
15-mrt														
22-mrt														
29-mrt														
5-apr														
12-apr														
19-apr														
26-apr														
3-mei														
10-mei														
17-mei														
24-mei														
31-mei														
7-jun														

figuur 4.1 Overzicht van de dagen waarop de individuele verzamelbakken (1-4) zijn bemonsterd (geel) en de dagen dat er bij een verzamelbak storing is opgetreden (rood).

tabel 4.1 *Overzicht van het aantal bemonsteringen per verzamelbak.*

Verzamelbak ->	Collector 1				Collector 2				Totaal
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Gemaal Schoute	26	23	24	25	34	37	36	35	240
Parksluizen	22	22	22	23	24	24	24	24	185
Keersluis Scheveningen	29	30	30	31	22	22	22	21	207
Schied. buitenensluis	10	14	14	13	11	11	11	11	95
Wateringse Sluis	29	29	29	29	31	31	31	31	240
Zaaijer binnen	34	34	34	34	32	32	31	32	263
Zaaijer buiten	16	16	16	16	14	14	14	13	119
									1349

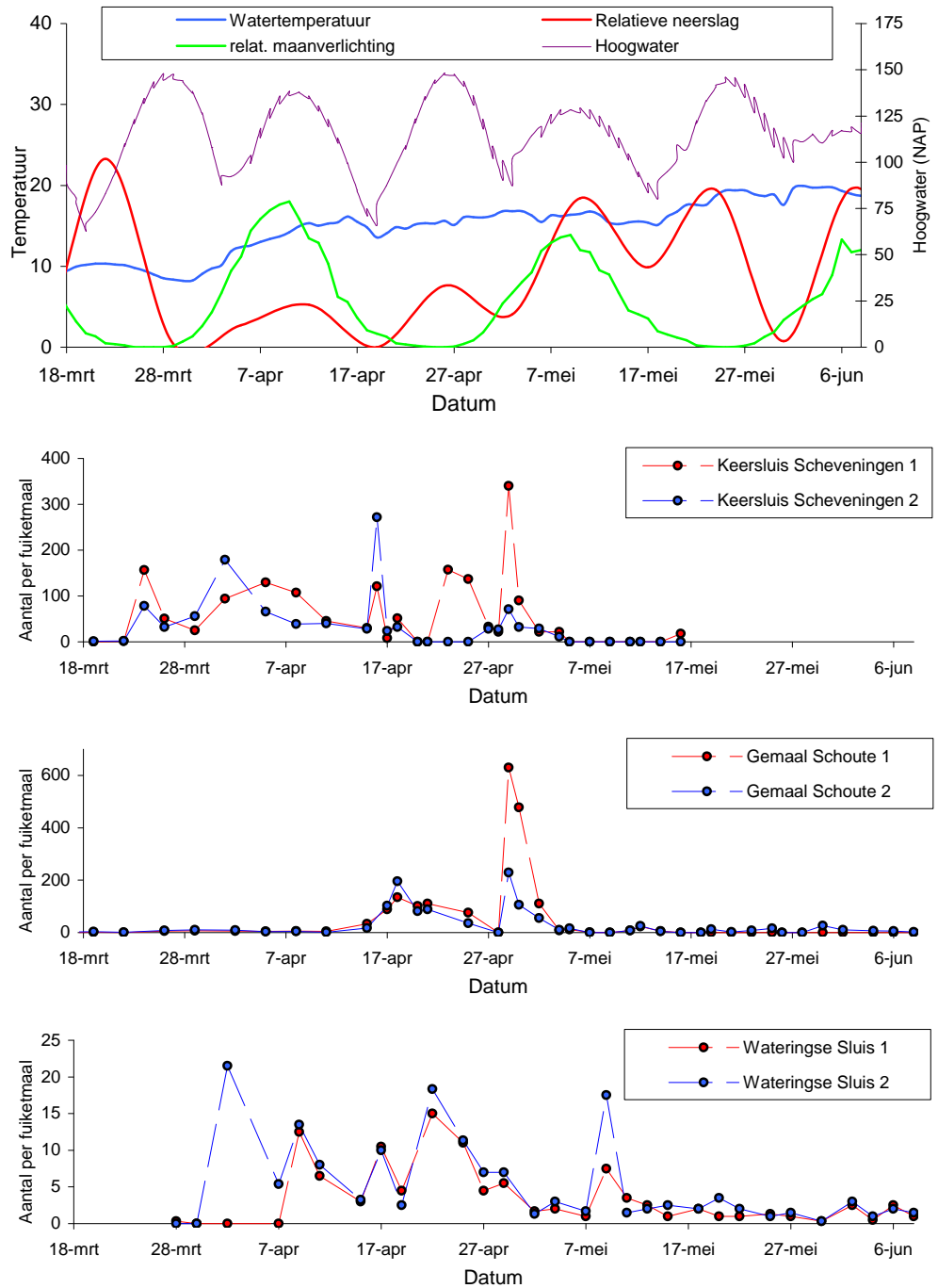
tabel 4.2 *Overzicht van de totaal vangsten per collector en per vissoort*

Collector	Glasaal		Rode aal		DD Stekelbaars	
	1	2	1	2	1	2
Gemaal Schoute	2602	1722	480	810	23	34
Parksluizen	0	0	0	0	2	0
Keersluis Scheveningen	3326	1965	44	34	141	87
Schied. buitenensluis	2	0	0	0	2	1
Wateringse Sluis	252	369	13	15	6	4
Zaaijer binnen	156	289	24	41	9	6
Zaaijer buiten	24	25	0	0	3	0
Totaal	6362	4370	561	900	186	132

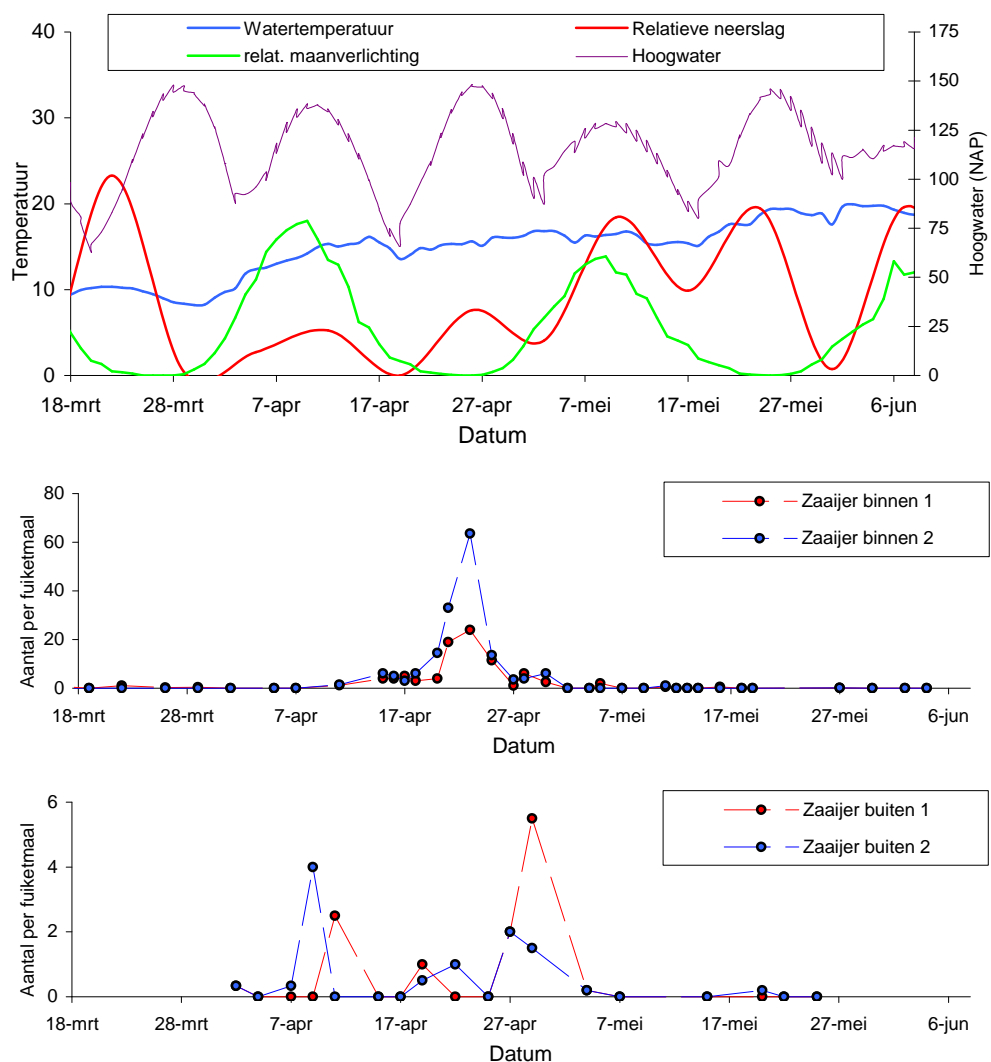
4.1.2 Verloop van de glasaalvangsten

In onderstaande figuren staat het verloop van de glasaalvangsten uitgezet tegen de tijd. De vangsten zijn gerekend naar aantalen per fuikdag. Er is verder per locatie onderscheid gemaakt tussen collector 1 (rood) en collector 2 (blauw) In de bovenste figuur is het verloop binnen de onderzoeksperiode weergegeven van:

- De watertemperatuur (bron: [www. Aqualarm.nl](http://www.Aqualarm.nl), locatie Keizersveer)
- De relatieve neerslag. Hiervoor is de totale neerslag per week berekend aan de hand van de KNMI gegevens (www. KNMI.nl). De neerslag gegevens zijn indicatief voor het debiet in de Maas en van de gemalen.
- De relatieve maanverlichting. Hierbij is gebruik gemaakt van de maanstand en het aantal uren dat de maan op was in de periode tussen zonsondergang en zonsopgang. De maanlichtintensiteit kreeg per nacht een waarde tussen 0 (nieuwe maan) en 100 (volle maan). De uiteindelijke relatieve maanverlichting is het product van beide (uren x intensiteit).
- De waterstand bij hoogwater. Zoals in § 2.7 staat beschreven, wordt aangenomen dat het getij een belangrijke rol speelt bij de migratie van glasaal. Gedurende grote verschillen tussen hoog en laag water (springtij) mag worden verwacht dat de effect van het getij op eventuele “*Selectief Getijde Transport*” bij glasaal, het grootst is. De waterstand is afhankelijk van de maanstand en heeft daarom een periodiciteit van twee weken.



figuur 4.2 Verloop van het aantal glasalen per fuiketmaal bij de Keersluis Scheveningen (locatie 6) gemaal Schoute (locatie 7) en de Wateringse buitensluis (locatie 5) de resultaten van de twee collectoren zijn afzonderlijk weergegeven in respectievelijk rood en blauw.



figuur 4.3 Verloop van het aantal glasalen per fuiketmaal bij gemaal Zaaier binnen (locatie 4) en bij gemaal Zaaier buiten (locatie 3). De resultaten van de twee collectoren zijn afzonderlijk weergegeven in respectievelijk rood en blauw

4.1.3 Correlatie tussen gemiddelde vangsten per fuiketmaal

In tabel 4.3 staat een overzicht van de gemiddelde vangst per fuiketmaal uitgezet en opgesplitst naar:

- locatie,
- aanzuigdiepte en
- collector.

Voor elke locatie, aanzuigdiepte en collector is ook het procentuele verschil in vangst berekend tussen de verzamelbak met de laagste en de hoogste opbrengst. In de tabel is de verzamelbak met de laagste opbrengst steeds in de eerste kolom geplaatst.

tabel 4.3 Gemiddeld aantal glasalen per aanzuigdiepte per fuiketmaal. De kolom 'ratio' geeft het procentuele verschil aan tussen de verzamelbak met de hoogste en de laagste opbrengst.

	Collector 1						coll. 1
	D50_1	D50_2	ratio	D100_1	D100_2	ratio	
Gemaal Schoute	26,71	35,64	25%	3,97	8,66	54%	19,0
Keersluis Scheveningen	13,43	19,99	33%	10,63	15,70	32%	14,9
Wateringse Sluis	0,84	1,24	33%	0,82	0,97	15%	1,0
Zaaijer binnen	0,68	0,96	29%	0,45	0,92	51%	0,8
Zaaijer buiten	0,15	0,43	66%	0,03	0,13	75%	0,2
Schied. buitenensluis	0,00	0,04		0,00	0,00		0,0
Parksluizen	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
Gemiddelde			37%			45%	

	Collector 2						coll. 2
	D50_1	D50_2	ratio	D100_1	D100_2	ratio	
Gemaal Schoute	8,75	10,57	17%	4,92	7,29	32%	7,9
Keersluis Scheveningen	9,73	15,02	35%	6,85	16,37	58%	12,1
Wateringse Sluis	1,46	2,01	27%	0,88	1,00	11%	1,3
Zaaijer binnen	1,20	1,35	12%	1,41	1,83	23%	1,4
Zaaijer buiten	0,18	0,31	42%	0,15	0,19	22%	0,2
Schied. buitenensluis	0,00	0,00		0,00	0,00		0,0
Parksluizen	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0
Gemiddelde			27%			29%	

4.1.4 Correlatie tussen het verloop in vangsten per fuiketmaal

In § 4.1.3 is gekeken naar het verband tussen de resultaten van de duplo's op basis van de vangst per fuiketmaal per locatie, gemiddeld over de totale onderzoeksperiode. In deze paragraaf wordt in nader detail nagegaan in hoeverre de verzamelbakken op gelijke aanzuigdiepte, reproduceerbare resultaten opleveren. Hiervoor is gebruik gemaakt van de afzonderlijke vangsten per bemonstering. Voor deze vergelijking is het verloop van de vangsten in de tijd gebruikt (figuur 4.2 & figuur 4.3). Echter, niet alle resultaten komen in aanmerking voor deze analyse. Uitgangspunt is dat waarden van beide duplo's (d.i. beide verzamelbakken met dezelfde aanzuigdiepte) betrekking hebben op dezelfde bemonsteringsperiode. Immers, de glasaaldichtheid kan van dag tot dag sterk variëren. Indien de metingen niet betrekking hebben op dezelfde periode, kijken we naar een tijdseffect in plaats van de reproduceerbaarheid van de gegevens aan de hand van twee identieke meetopstellingen. Dit is dan ook de reden dat in de oorspronkelijke opzet alle bemonsteringen op één en dezelfde dag zouden worden uitgevoerd. In de praktijk is dit, in combinatie met de bemonsteringen die zijn uitgevallen door storing, geen haalbare kaart gebleken (figuur 4.1).

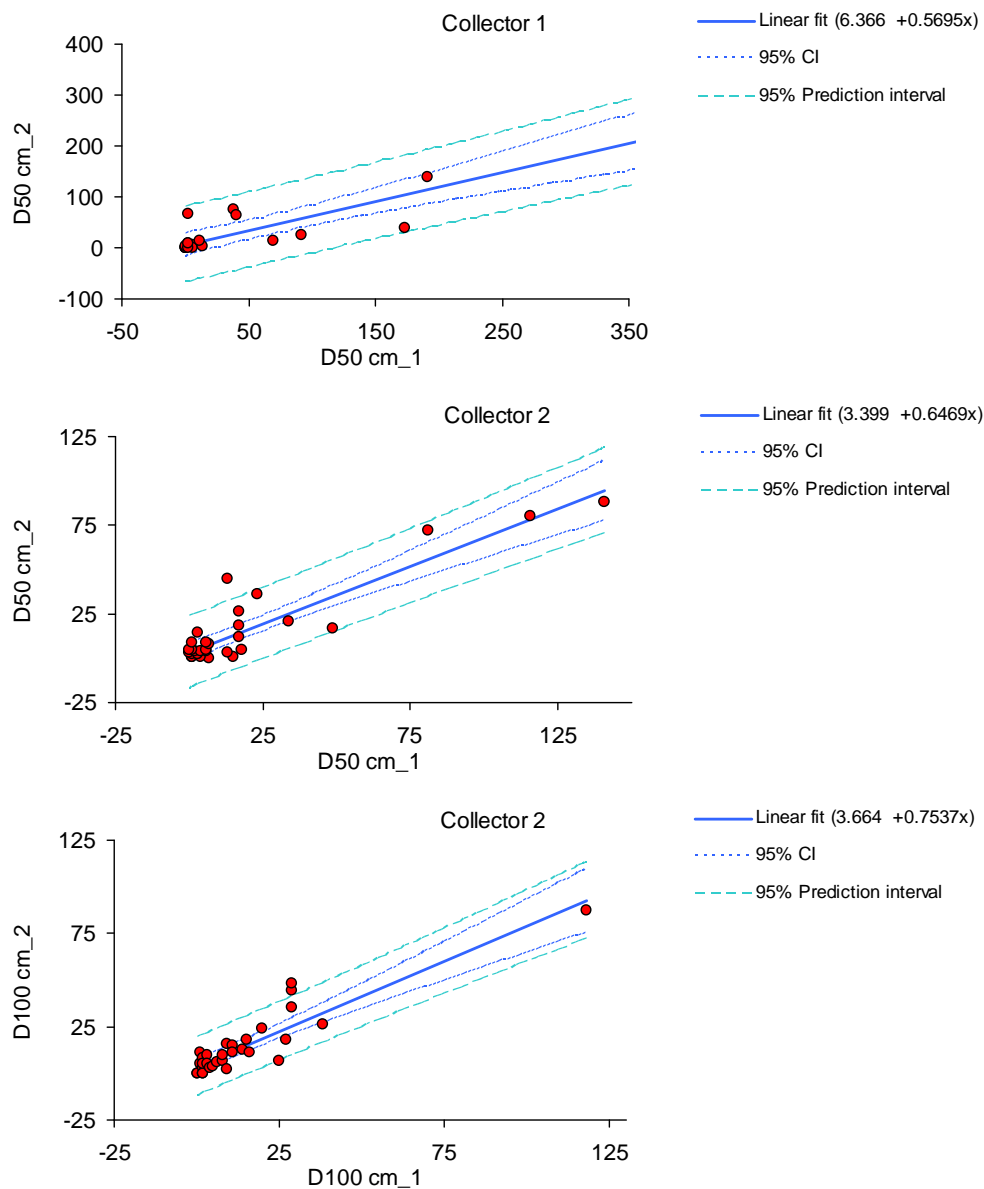
Een ander aspect dat bij de selectie en rol speelt zijn de nultellingen. Nultellingen (geen vangst) zijn van groot belang om inzicht te krijgen in de visdichtheid. In het kader van de toetsing van de collector als meetapparaat ligt dit anders. Aan de hand van een nultelling kan niet altijd worden nagegaan of de ene verzamelbak het beter doet dan de ander. Duidelijk is dat op een locatie als Parksluizen de verzamelbakken een perfecte correlatie te zien zullen geven. Immers alle metingen zijn gelijk (nultellingen).

Voor de vergelijking tussen verzamelbakken met de zelfde aanzuigdiepte (50 cm of 100 cm) kwam alleen gemaal Schoute in aanmerking. Voor de vergelijking tussen collectoren op dezelfde locatie kon gebruik worden gemaakt van de locaties:

- Keersluis Scheveningen,
- Gemaal Schoute en
- Gemaal Zaaijer binnen.

Relatie tussen verzamelbakken op dezelfde aanzuigdiepte.

In figuur 4.4 zijn de resultaten van de verzamelbakken (aanzuigdiepte 50 cm) bij gemaal Schoute, tegen elkaar uitgezet. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de totale opbrengsten van een collector uitgezet tegen de duplo collector voor de bovengenoemde locaties.

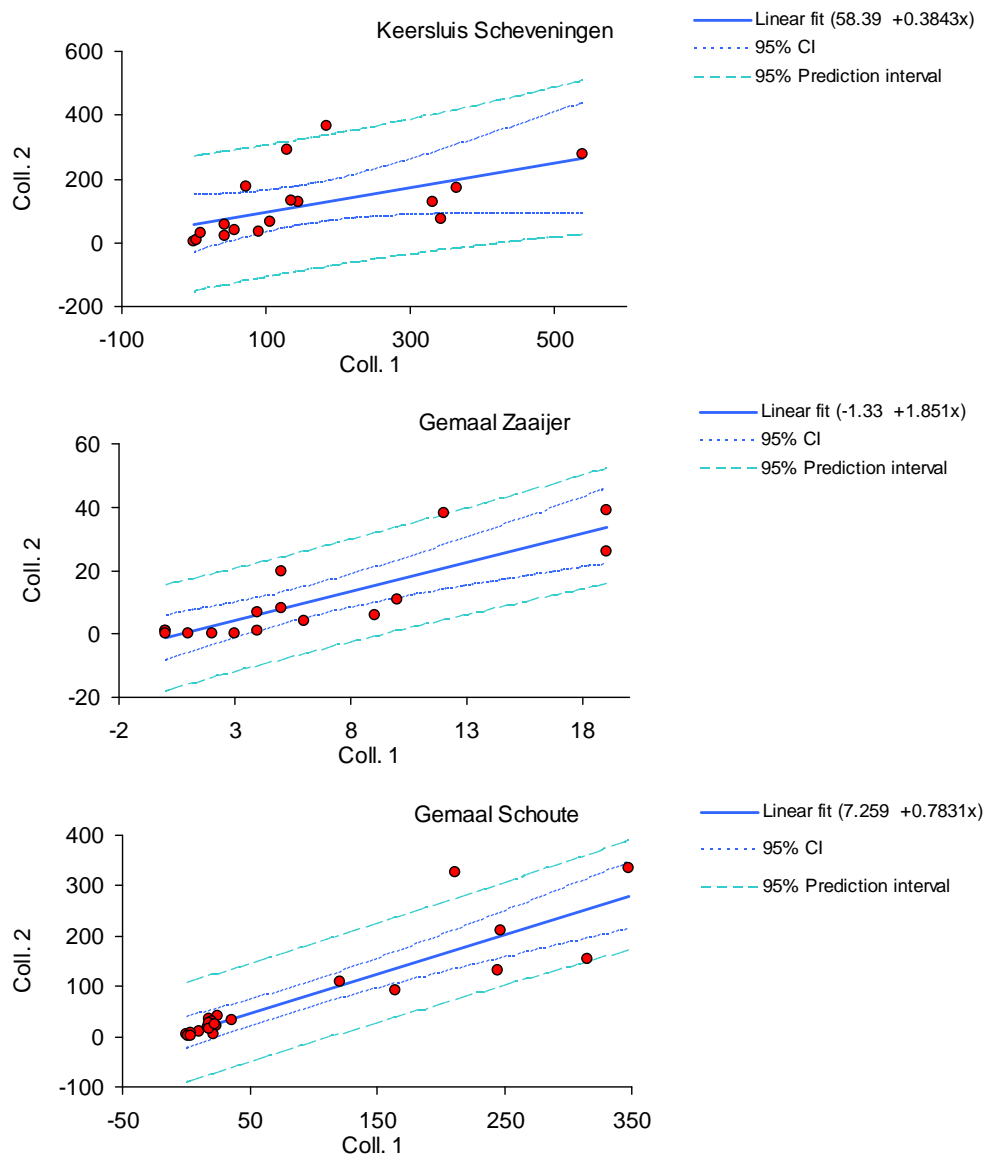


figuur 4.4 Regressielijnen van de resultaten per collector op dezelfde aanzuigdiepte bij gemaal Schoute.

tabel 4.4 Overzicht van de R-waarde (correlatiecoëfficiënt), p-waarde en RiCo (richtingscoëfficiënt) van de regressielijnen in figuur 4.4. Voor de correlatie zijn steeds de laagste waarden op de X-as uitgezet. Hierdoor heeft de RiCo consequent een waarde onder de 1..

Collector Aanzuigdiepte	1 50	2 50	2 100
R	0,88	0,91	0,91
p	<0.001	<0.001	<0.001
RiCo	0,57	0,65	0,75

Relatie tussen collectoren 1 en 2 op dezelfde locatie.



figuur 4.5 Regressielijnen van de relatie tussen de totale vangsten per collector op dezelfde locatie.

tabel 4.5 Overzicht van de R-waarde (correlatiecoëfficiënt), p-waarde en RiCo (richtingscoëfficiënt) van de regressielijnen in figuur 4.5. Voor de correlatie zijn steeds de laagste waarden op de X-as uitgezet. Hierdoor heeft de RiCo consequent een waarde onder de 1..

Locatie	Schoute	Keersluis	Zaaiër
R	0,89	0,54	0,85
p	<0.001	<0.02	<0.001
RiCo	0,78	0,38	0,54

4.2 Laboratoriumonderzoek

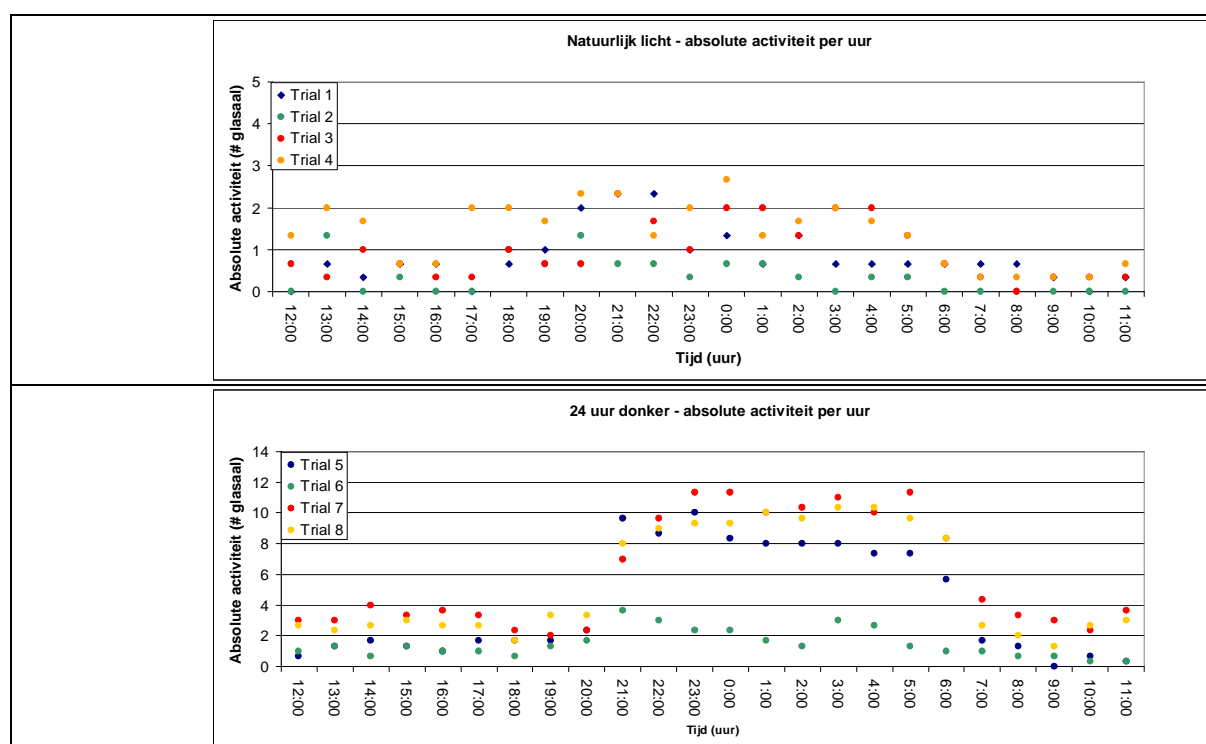
4.2.1 Dag-nacht ritme experimenten

Lichtregimes: dag versus nacht

In figuur 4.6. is

- de absolute activiteit (maximaal aantal actieve glasalen gedurende 1 s)
- van vier groepen glasalen (N=20, elke trial)
- gedurende 4 trials van elk 24 uur bij
- enerzijds een lichtregime (13L : 11D) en
- anderzijds volledige nacht (0L : 24D) weergegeven.

Elke activiteitsmeting per uur is het gemiddelde van 3 twintig minuten metingen in dat betreffende uur (let op het schaalverschil van de Y-as tussen beide figuren). De absolute activiteit is gedurende alle dagdelen hoger voor de glasalen van het 24 uur donker regime in vergelijking met de glasalen van het lichtregime.

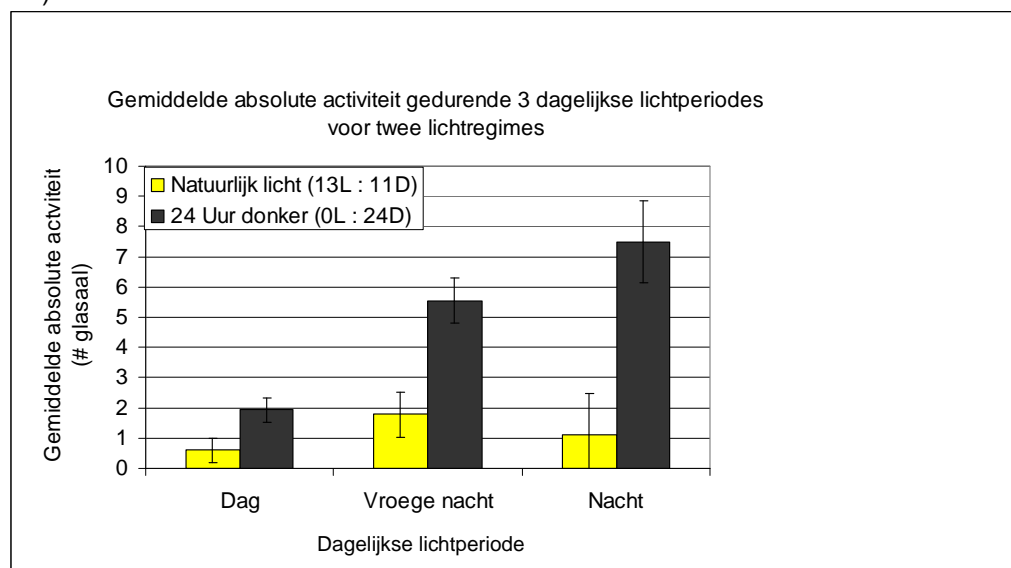


figuur 4.6 Gemiddelde absolute activiteit van glasalen per uur bij 2 lichtregimes: Natuurlijk licht (bovenste figuur) en 24 u donker (onderste figuur).

De totale absolute activiteit van de glasalen onder beide lichtregimes (activiteiten van alle 24 uur experimenten voor elk lichtregime apart opgeteld) is significant hoger voor de glasalen van het 24 uur donker regime dan die van de glasalen van het lichtregime.

Activiteit per dagelijkse lichtperiode voor beide lichtregimes

De activiteit van de glasalen gedurende drie dagelijkse lichtperiodes (dag, vroege nacht en nacht) verschilde significant van elkaar, voor beide lichtregimes afzonderlijk ($P = 0,001$). Er is een significante interactie aangetoond tussen lichtperiode gedurende de dag en het lichtregime waaraan de glasalen werden onderworpen ($P = 0,006$). Gepaarde vergelijkingen laten zien dat de gemiddelde activiteit gedurende de dag significant lager is ten opzichte van die gedurende de vroege nacht en de nacht ($P = 0,008$ en $P = 0,002$, respectievelijk), voor beide lichtregimes afzonderlijk (figuur 4.7).



figuur 4.7 Gemiddelde absolute activiteit voor beide lichtregimes (natuurlijk licht: 13L : 11D; donker: 0L : 24D) gedurende de 3 dagelijkse lichtperiodes (gemiddelde \pm SD).

Wanneer de drie dagelijkse lichtperiodes tussen beide lichtregimes worden vergeleken, valt op dat zowel voor de vroege nacht als voor de nacht de activiteit van de glasalen in het 24 uur donkerregime significant hoger is dan die voor de glasalen uit het lichtregime (beide $P = 0,029$). Activiteit gedurende de dag verschilde niet significant tussen beide regimes ($P = 0,057$).

4.2.2 Stromings-experimenten

Migratiegedrag van 30 glasalen

De migratie van 30 glasalen bij verschillende stroomsnelheden (10 en 22 cm/s), zowel stroomopwaarts (SO) als stroomafwaarts (SA) is voor elke combinatie (10SO, 10SA, 22SO en 22SA) 4 keer uitgevoerd (zie figuur 4.8).

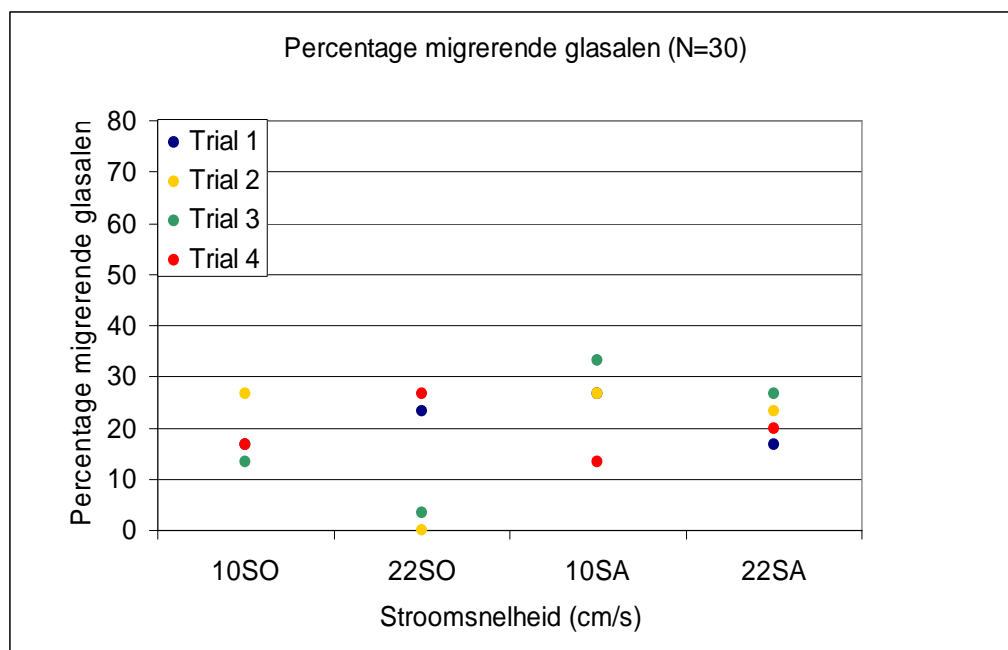
De absolute aantallen migrerende glasalen (**gemiddelde**; S.D.) waren

5.5: 0.87,

4.0: 2.0,

7.5: 1.3 en

6.5: 0,65 voor respectievelijk 10SO, 22SO, 10SA en 22SA en verschilden onderling niet significant ($P = 0,47$). De glasalen hadden dus géén specifieke voorkeur voor de stroomsnelheid, en ook niet voor de stroomrichting. Het tijdstip en de dag waarop de experimenten werden uitgevoerd had ook geen significant effect op het aantal migrerende glasalen ($P = 0,99$ en $P = 0,48$, respectievelijk).



figuur 4.8 Percentage migrerende glasalen (N=30) bij verschillende stroomsnelheden (10 en 22 cm/s), en zowel stroomopwaarts (SO) als stroomafwaarts (SA). Elke combinatie is 4 keer uitgevoerd (elk 1,5 uur).

Effect van verhoging visintensiteit op migratiegedrag glasalen

Het drievoudig verhogen van de glasaalintensiteit in eenzelfde experiment zoals hierboven is beschreven leidde tot een significant hoger percentage migratie (% van totaal aantal glasalen) vergeleken met een glasaalintensiteit van 30 ($P = 0,00$, figuur 4.9). De absolute aantallen migrerende glasalen (**gemiddelde: SD**) waren

31: 1.9,

29.5: 2.2,

45.5: 3.8 en

46.7: 2.6 voor respectievelijk 10SO, 22SO, 10SA en 22SA en verschilden nu wé onderling significant ($P = 0,022$). Het aantal migrerende glasalen was significant lager bij 22SO ten opzichte van zowel 10SA ($P = 0,044$) en 22SA ($P = 0,045$). De glasalen hadden dus een duidelijke voorkeur voor stroomafwaartse migratie, de stroomsnelheid was hierbij echter niet van belang. Het tijdstip en de dag waarop de experimenten werden uitgevoerd had ook geen significant effect op het aantal migrerende glasalen ($P = 0,92$ en $P = 0,27$, respectievelijk).

Migratiegedrag van pootalen

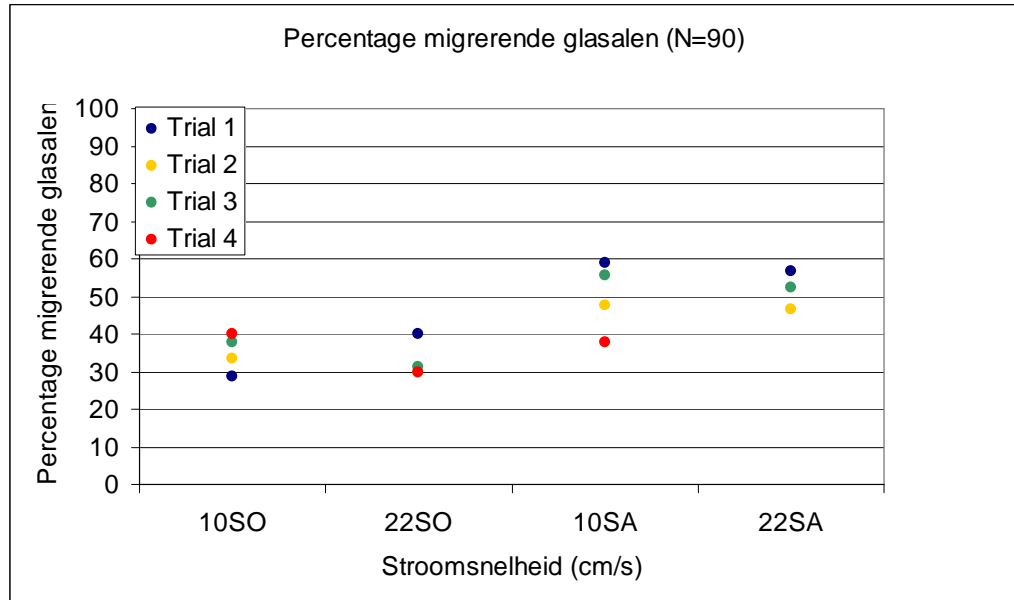
De percentages stroomopwaarts migrerende alen voor drie verschillende experimenten waren:

13: 6,8 voor het experiment met 30 glasalen (elk 4 keer uitgevoerd),

33: 2,4 (gemiddelde ± S.D.) voor het experiment met 90 glasalen (elk 4 keer uitgevoerd), en tenslotte

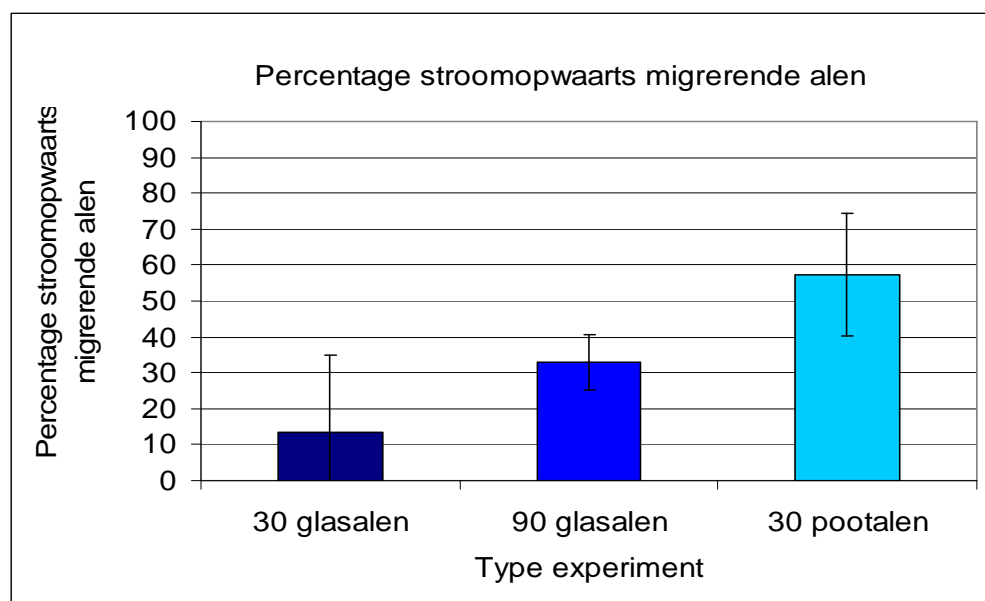
57: 6,1 voor het experiment met 30 volledig gepigmenteerde pootalen (elk 5 keer uitgevoerd, figuur 4.10).

De verschillen tussen deze drie experimenten waren significant ($P = 0,001$)



figuur 4.9

Percentage migrerende glasalen (N=90) bij verschillende stroomsnelheden (10 en 22 cm/s), zowel stroomopwaarts (SO) als stroomafwaarts (SA). Elke combinatie is 4 keer uitgevoerd (elk 1,5 uur). De laatste trial bij 22SA ontbreekt vanwege een stroomstoring van enkele uren die nacht.



figuur 4.10

Percentage stroomopwaarts migrerende alen (glas- en pootalen) bij een stroomsnelheid van 22 cm/s tijdens drie verschillende experimenten: (1) 30 glasalen; (2) 90 glasalen; en (3) 30 pootalen.

Post hoc testen lieten geen significant verschil zien in percentage stroomopwaarts migrerende glasalen bij de experimenten met verschillende visintensiteit (30 versus 90 glasalen, $P = 0,095$). Het percentage stroomopwaarts migrerende pootalen was echter wel significant hoger dan het percentage migrerende glasalen ($P = 0,001$ voor $N=30$, en $P=0,026$ voor $N=90$).

5 Discussie

5.1 Veldexperiment glasaalcollectoren

5.1.1 Algemeen

In figuur 4.1 is te zien dat veel verzamelbakken te leiden hebben gehad van storingen. Veel storingen waren van elektrische aard en een kleiner deel was het gevolg van vandalisme. Niettemin zijn er van de beoogde 36 bemonsteringen per locatie gemiddeld 24 bemonsteringen gerealiseerd. Helaas bleek het niet mogelijk om per bemonstering alle locaties op dezelfde dag uit te voeren.

In totaal zijn er ruim 10 000 glasalen gevangen wat neerkomt op een krappe 3 kg. Hiervan is het overgrote deel bij Scheveningen gevangen.

5.1.2 Geografische verspreiding

De geografische verspreiding is niet helemaal volgens verwachting. Zo werd aangenomen dat op de locaties bij gemalen Zaaier en Parksluizen meer vis zou worden gevangen dan het geval was. Wellicht heeft dit te maken met de sterkere overgang van zoet- naar zoutwater bij Scheveningen in combinatie de fuikwerking van de locatie. Het is dan ook goed mogelijk dat de intrek via de Nieuwe Waterweg minstens zo groot is als bij Scheveningen. De route loopt hier echter niet dood op de gemalen en hebben de glasalen alle gelegenheid om hun weg stroomopwaarts verder voort te zetten.

5.1.3 Verloop glasaalvangsten en a-biotische factoren

In figuur 4.2 zijn een aantal a-biotische factoren, die mogelijk invloed hebben op de intrek van glasaal, uitgezet tegen de tijd. In de overige grafieken is het verloop van de vangsten per fuiketmaal uitgezet tegen de tijd. Te zien is dat het verloop bij gemaal Schoute en de Keersluis Scheveningen een min of meer gelijk verloop in de tijd vertonen. Pieken zijn waar te nemen op 17 en 30 april. Het verband met de locaties in de Nieuwe Waterweg is minder duidelijk, hoewel het onderlinge verband wel zichtbaar is. Een gemeenschappelijk piek voor de Wateringse sluis en het gemaal Zaaier is waar te nemen rond 21 april. Heel eenduidig is de timing van deze migratiepiek echter niet, zodat de relatie met de a-biotische factoren ook moeilijk is te leggen. Bij Scheveningen zijn geen van de pieken in verband te brengen met één van de parameters. Niettemin hebben (een combinatie) van factoren, zonder twijfel invloed op de migratie. Het is echter goed mogelijk dat de vangsten bij Scheveningen in de tijd achterlopen op de daadwerkelijke aanzet tot migratie vanuit de Noordzee.

Het springtij op 25 april valt gelijk met de grootste en enige piek bij gemaal Zaaier in de Nieuwe Waterweg. De resultaten schieten echter te kort om het oorzakelijke verband hiertussen aan te kunnen tonen.

5.1.4 Glasaalcollector en relatieve glasaaldichtheid.

De kernvraag bij het veldexperiment is in welke mate de glasaalcollector representatieve en reproduceerbare gegevens oplevert met betrekking tot de glasaaldichtheid. Hiervoor is gekeken naar de resultaten van de verzamelbakken die in theorie identiek zijn (duplo's). De resultaten hiervan, die in tabel 4.3 zijn terug te vinden, laten zien dat de duplo's op 50 cm diepte, gemiddeld 30% van elkaar verschillen. Voor de duplo's op een diepte van 100 cm, ligt dit verschil iets hoger (ca 36%).

In figuur 4.4 is de overeenkomst in nog groter detail bekeken door op het verloop van de vangsten in de tijd te focussen. De hoge R-waarde geeft aan dat de duplo verzamelbakken (van één en dezelfde collector) sterk gecorreleerde en statistisch significante resultaten opleveren. De RiCo geeft vergelijkbare afwijkingen tussen de verzamelbakken van 25 tot 45%.

In figuur 4.5 zijn de resultaten tussen collectoren bekeken. Zoals verwacht mag worden geeft dit ook een sterke (significante) correlatie te zien. De verschillen tussen de collectoren zijn echter groter (RiCo van 0.38 tot 0,78). Deze verschillen zijn goed verklaarbaar aan de hand van de kleine verschillen in locatie. Bekend is dat de dichtheid van glasaal over zeer kleine afstanden redelijk kan fluctueren.

5.2 Laboratoriumonderzoek

5.2.1 Dag-nacht ritme experimenten

De hypothese dat de activiteit van glasalen een dag-nacht ritme vertoont wordt in het hier beschreven onderzoek, evenals in diverse andere onderzoeken die zowel in het veld als onder laboratoriumcondities zijn uitgevoerd (o.a. Deelder, 1958; Van Veen *et al.*, 1976; Jellyman, 1977; Gandolfi *et al.*, 1984; Gascuel, 1986; Glova and Jellyman, 2000; Bardonnnet *et al.*, 2003; Dou and Tsukamoto, 2003), ondersteund.

Uit het huidige onderzoek is gebleken dat Europese glasaal overdag niet volledig inactief werd, maar ook s' nachts perioden van inactiviteit vertoonde. Dit wordt ondersteund door een onderzoek van Dou en Tsukamoto (2003), die een vergelijkbaar resultaat vond met Japanse glasaal (*Anguilla japonica*).

Een tweede hypothese dat glasalen een hogere activiteit zouden vertonen gedurende de eerste 2 uren van de nacht wordt door de resultaten van deze studie niet ondersteund. In de huidige studie is deze specifieke activiteitsperiode direct na zonsondergang, zoals beschreven door Sorensen *et al.* (1986) en Gandolfi *et al.* (1984), niet waargenomen. De experimenten met verschillende stroomsnelheden van het water werden uitgevoerd op verschillende tijdstippen in de nacht, en lieten zien dat migratie activiteit niet beïnvloed werd door het tijdstip van de nacht. Dit feit suggereert dat er een constante activiteit is van de glasalen gedurende de nacht. Ook uit een onderzoek van Glova en Jellyman (2000) bleek dat 'short finned eels' (*Anguilla australis*) en Nieuw Zeelandse 'longfin eels' (*Anguilla dieffenbachii*, beiden < 10 cm TL) geen

significant verschil in activiteit vertoonden gedurende verschillende periodes in de nacht. Dou en Tsukamoto (2003) daarentegen, vonden wel een geleidelijke toename in activiteit van Japanse glasalen gedurende de nacht. Deze vissen werden echter bij veel hogere temperaturen gehouden (19°C) dan in de huidige studie en de alen werden gevoerd gedurende het experiment.

Het experiment met glasalen die 24 uur in het donker werden gehouden toonde aan dat de activiteit van de dieren overdag niet verstoord was t.o.v. activiteit van de glasalen die aan een natuurlijk dag-nacht ritme blootgesteld werden (geen significant verschil). De activiteit s' nachts was wel significant hoger voor de glasalen die in het donker werden gehouden in vergelijking met de alen die in het natuurlijke ritme werden gehouden. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat zelfs het kleine beetje licht dat s' nachts door de ramen naar binnen viel al voldoende was om de activiteit van de glasalen te verminderen. De suggestie dat licht een negatief effect heeft op glasaal activiteit wordt ook ondersteund door Casamajor *et al.* (1999) die ontdekte dat bij veel maanlicht en groot doorzicht glasaal dicht bij de bodem migreerde.

Deeder meldde al in 1958 dat de jongste glasaalstadia het minst lichttolerant zijn. De glasalen die in de dag-nacht ritme experimenten gebruikt zijn in de huidige studie werden als eerste gevangen in het seizoen 2009 en zijn daarmee dus het minst lichttolerant.

Opvallen was dat de glasalen die in volkomen duisternis gehouden werden zelfs na 12 dagen nog steeds een circadiaan ritme vertoonden. Aangezien dit ritme gehandhaafd blijft na een langdurige periode zonder enige vorm van externe prikkels, is het aannemelijk dat het dag-nacht ritme van deze vissen onder controle staat van een endogene klok. Edel (1976) rapporteerde dat Amerikaanse alen (*Anguilla rostrata*) die in volledige duisternis gehouden werden hun activiteitspatroon verhoogden op momenten op de dag die samenvielen met nacht (donker). Hij suggereerde de aanwezigheid van een intern tijdsmechanisme. Bohun en Winn (1966) daarentegen lieten zien dat het circadiane ritme van Amerikaanse alen verloren ging na 9-10 dagen verblijf in constante duisternis. Echter, omdat zij echter pootalen van 20-30 cm gebruikten in hun studie en geen glasalen, is een directe vergelijking met de resultaten van het huidige onderzoek niet geheel correct. Van Veen (1976) concludeerde dat licht een 'Zeitgeber' is die het circadiane motor activiteitspatroon van alen triggered.

Tenslotte zijn er nog studies geweest waarbij men suggereerde dat glasalen mogelijk een 'getijdeklok' met een periode van ongeveer 12,4 uur gebruiken als een timer voor de duur van het getij in kustzones (o.a. McCleave en Kleckner, 1982). McCleave en Wippelhauser (1987, 1988) lieten zien dat glasalen inderdaad een getijderitme lieten zien, waarbij opviel dat enkel glasalen die zich in de getijde zone bevonden dit ritme vertoonden. In het huidige onderzoek is geen bewijs gevonden voor gedrag dat 'aangestuurd' wordt door getij (ongeveer een cyclus van 12 uur). Bardonnnet *et al.* (2003) toonde aan dat het gedrag van glasalen als reactie op het getijde verween indien de vissen 3 dagen geen efficiënt 'synchronisatie signaal' ontvingen van het getijde. Dit verklaart tevens waarom in het huidige onderzoek het verband tussen het getijde en het glasaalgedrag niet werd aangetoond, aangezien de vissen al langer dan drie dagen 'weg' waren van enige invloed van het getijde (de acclimatisatieperiode aan de laboratoriumcondities alleen duurde al 5 dagen).

5.2.2 Stromingsexperimenten

Bij een dichtheid van 30 glasalen werd er geen significant verschil gevonden voor stroomopwaartse of stroomafwaartse migratie. Ook de verschillende stroomsnelheid van het water leidde niet tot significante verschillen. Bij een dichtheid van 90 glasalen was er een significante voorkeur voor stroomafwaartse migratie. Bardonnnet *et al.* (2003) toonde ook aan dat glasalen in een experimentele opstelling voornamelijk stroomafwaarts gevangen werden. Deelder (1958) daarentegen toonde aan dat glasalen stroomopwaarts zwommen tegen een stroom in van 7 cm/s in een groot bekken (> 20 m³). De in dit onderzoek (N=90 glasalen) en in het onderzoek van Bardonnnet *et al.* (2003) beschreven voorkeur van glasaal om stroomafwaarts te zwemmen suggereert dat deze vissen nog in de fase verkeren van het *“Selectief Getijde Transport”*. Wanneer de vangstlocatie van de glasalen in ons onderzoek in acht genomen wordt, dan is de bovenstaande veronderstelling van de fase waarin de vissen verkeren zeker niet onlogisch. De glasalen bevinden zich nog op de overgang van zout- naar zoetwater, en meedriften op de (vloed) zeegolven naar landinwaarts gelegen wateren lijkt dan de juiste strategie.

Er komt echter een moment in de ontwikkeling van de glasaal waarop ze niets meer hebben aan *“Selectief Getijde Transport”*, omdat stroomafwaartse rivier afvoer de stroomopwaartse vloedbeweging van het zeewater overtreft. Op dat moment zullen de glasalen hun strategie moeten aanpassen en actief tegen de stroom de rivier op moeten zwemmen indien ze de landinwaarts gelegen wateren willen bereiken. Uit het huidige onderzoek kwam naar voren dat stroomopwaartse migratie bij een stroomsnelheid van 22 cm/s significant hoger was bij pootalen in vergelijking met glasalen. Dit suggereert dat deze oudere alen inderdaad, in tegenstelling tot de glasalen, hun strategie aanpassen en een voorkeur ontwikkelen om tegen de stroom in de rivier op te trekken.

Opvallend was de bevinding dat een verhoogde glasaal intensiteit in de experimentele opstelling van 30 naar 90 vissen leidde tot meer dan 100% toename in migratieactiviteit (stroomopwaarts of stroomafwaarts): van 20% naar ruim 42%. De meest plausible verklaring voor deze toename in relatieve migratieactiviteit is dat glasalen zich niet onafhankelijk van elkaar gedragen maar een soort van ‘groepsgedrag’ vertonen, waarbij minder actieve glasalen getriggered worden door de meer actieve vissen. De kans om getriggered te worden door collega vissen is simpelweg groter bij 90 dan bij 30 individuen. Uit onderzoek van Sorensen (1984) met Amerikaanse glasalen kwam echter naar voren dat elk individu een keuze maakt onafhankelijk van de overige vissen in een experiment. Deze veronderstelling is door meerdere auteurs gedaan die laboratorium experimenten met glasaal uitvoerden (Tosi *et al.*, 1990; McCleave and Jellyman, 2002). Wanneer de resultaten van het huidige onderzoek worden bekeken, dan staan deze recht tegenover de hierboven beschreven bevindingen. Nader onderzoek zal hier mogelijk meer opheldering over verschaffen.

6 Conclusies

6.1 Veldonderzoek

- De glasaalcollector levert reproduceerbare resultaten op, zodat het een zinvol instrument kan zijn voor de monitoring van glasaal.
- Rekening gehouden moet worden met een foutenmarge in de grootteorde van 30 à 40%.
- Op locaties waar de glasaal zich in het voorjaar massaal verzameld werkt de glasaalcollector het best. Dit is vooral het geval op de twee locaties bij Scheveningen.

6.2 Laboratoriumonderzoek

- Glasalen vertonen een duidelijk dag-nacht ritme voor wat betreft hun activiteit. De vissen zijn constant actief gedurende de hele nacht, zowel onder omstandigheden met natuurlijke licht als in volstrekte duisternis gedurende 24 uur.
- Het verschil in activiteit tussen overdag en s' nachts was groter bij glasalen die 24 uur in duisternis werden gehouden dan bij glasalen die onder natuurlijke licht omstandigheden werden gehouden.
- Glasalen vertoonden geen significante voorkeur om stroomopwaarts te zwemmen.
- Een hogere glasaalintensiteit in het experimentele aquarium leidde tot een significant hogere migratie activiteit.
- Volledig gepigmenteerde pootalen vertoonden een significant hogere stroomopwaartse migratie activiteit dan glasalen.

6.3 Aanbevelingen

6.3.1 Laboratoriumonderzoek

- Licht heeft een negatief effect op glasaal activiteit. Het is daarom aan te bevelen om achtergrondlicht zoveel mogelijk te vermijden bij het gebruik van de glasaalcollector.
- Glasalen zijn overdag nagenoeg geheel inactief. Het meest efficiënt gebruik van de glasaalcollector is daarom s' nachts.
- Uit de huidige studie blijkt dat verhoogde visdichtheden tot een hoger percentage migratie activiteit leidt. In de toekomst zal nader onderzoek moeten worden verricht naar de efficiëntie van de glasaalcollector als vang instrument voor glasalen, in afhankelijkheid van de visdichtheid in het water waar de collector actief is. Op deze wijze kan een beeld gecreëerd worden van de dichtheidsafhankelijke vangsten van de collector. Met deze data kan de glasaalcollector vervolgens als monitoringsinstrument op diverse locaties langs de Nederlandse kust ingezet worden. De aantallen gevangen glasalen per tijdseenheid op een locatie kan dan vervolgens omgerekend worden in het glasaalaanbod op die betreffende locatie (in aantallen glasalen per m³).

- Uit het huidige onderzoek komt naar voren dat pootalen een hogere stroomopwaartse migratie activiteit vertonen dan glasalen. In een vervolgstudie is het interessant om ook te onderzoeken of pootalen een hogere dan wel lagere stroomafwaartse migratie activiteit vertonen in vergelijking tot glasalen.
- Glasaal die in volstrekte duisternis werden gehouden vertoonden na 12 dagen nog steeds een duidelijke biologische klok die overeenkwam met de reële dag-nacht cyclus. Een vraag is hoe lang het duurt het voordat het bioritme van glasaal af gaat wijken van deze 'normale' licht-donker cyclus? Dit kan onderzocht worden door glasalen gedurende enkele weken te filmen en de activiteit elke paar dagen te scoren.

Literatuurlijst

- Aschoff, J., 1954.** Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. *Naturwissenschaften* 41: 49-56.
- Barbin, G.P. and Kreuger, W.H., 1994.** Behaviour and swimming performance of elvers of the American eel, *Anguilla rostrata*, in an experimental flume. *Journal of Fish Biology* 45: 111-122.
- Bardonnnet, A., Dasse, S., Parade, M. and Heland, M., 2003.** Influence de l'alternance jour/nuit sur les déplacements de civelles en fluvium. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 368: 9-20.
- Bardonnnet, A., Bolliet, V. and Belon, V., 2005.** Recruitment abundance estimation: role of glass eel (*Anguilla anguilla* L.) response to light. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 321: 181-190.
- Bardonnnet, A. and Riera, P., 2005.** Feeding of glass eels (*Anguilla anguilla*) in the course of their estuarine migration: new insights from stable isotope analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63: 201-209.
- Beaulaton, L. and Castelnaud, G., 2005.** The efficiency of selective tidal stream transport in glass eel entering the Gironde (France). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 378-379: 5-21.
- Bohun, S. and Winn, H.E., 1966.** Locomotor Activity of the American Eel (*Anguilla rostrata*). *Chesapeake Science* Vol. 7, No. 3: 137-147.
- Bolliet, V., Lambert, P., Rives, J. and Bardonnnet, A., 2007. Rhythmic swimming activity in *Anguilla anguilla* glass eels: Synchronisation to water current reversal under laboratory conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 344: 54-66.
- Bult, T.P., and Dekker, W. 2007.** Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (*Anguilla anguilla*) at the interface of fresh and salt water. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1396-1401.
- Creutzberg, F., 1958.** Use of tidal streams by migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.). *Nature* 181: 357-358.
- Creutzberg, F., 1961.** On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) in a tidal area. *Netherlands Journal of Sea Research* 1: 257-338.
- Daverat, F., Limburg, K.E., Thibault, I., Shiao, J.-C., Dodson, J.J., Caron, F., Tzeng, W.-N., Iizuka, Y. and Wickström, H., 2006.** Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species, *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology Progress Series* 308: 231-241.
- De Casamajor, M.N., Bru, N. and Prouzet, P., 1999.** Influence de la luminosité nocturne et de la turbidité sur le comportement vertical de migration de la civelle d'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 355: 327-347.
- Deelder, C.L., 1952.** On the migration of the elver (*A. Vulg.* Turt.) at sea. *Journal Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 18: 187-218.
- Deelder, C.L., 1958.** On the Behaviour of Elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) Migrating from the Sea into Fresh Water. *Journal Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 24: 135-146.
- Dekker W. (1998)** Long-term trends in the glass eels immigrating at Den Oever, The Netherlands. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 349: 199-214.
- Dekker, W., 2000.** The fractal geometry of the European eel stock. *ICES Journal of Marine Science* 57: 109-121.
- Dekker, W. (ed.), 2002.** Monitoring of glass eel recruitment. Report C007/02-WD, Netherlands Institute of Fisheries Research, IJmuiden, 256 pp.
- Dekker, W., 2003.** Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*? *Fisheries Management and Ecology* 10: 365-376.
- Dekker, W., 2004.** Monitoring van de intrek van glasaal in Nederland: evaluatie van de huidige en alternatieve methodieken. RIVO Rapport Nummer: C006/04. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV.
- Dekker, W., 2008.** Report on the eel stock and fishery in the Netherlands, 2008. National annual report to ICES. Draft 18 August 2008. 29pp.

- Dou, S. and Tsukamoto, K., 2003.** Observations on the nocturnal activity and feeding behavior of *Anguilla japonica* glass eels under laboratory conditions. *Environmental Biology of Fishes* 67: 389-395.
- Edel, R.K., 1976.** Activity Rhythms of Maturing American Eels (*Anguilla rostrata*). *Marine Biology* 36: 283-289.
- Edeline, E., Lambert, P., Rigaud, C. and Elie, P., 2006.** Effects of body condition and water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behavior. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 331: 217-225.
- Edeline, E., Beaulaton, L., Le Barh, R. and Elie, P., 2007. Dispersal in metamorphosing juvenile eel *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology Progress Series* 344: 213-218.
- Elie, P., Lecomte-Finiger, R., Cantrelle, I. and Charlon, N., 1982.** Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (Poisson téléostéen anguilliforme). *Vie Milieu* 32: 149-157.
- Gandolfi, G., Pesaro, M., and Tongiorgi, P., 1984.** Environmental factors affecting the ascent of elvers, *Anguilla anguilla* (L.), into the Arno river. *Oebalia X*, N.S.: 17-35.
- Gascuel, D., 1986.** Flow carried and active swimming migration of the glass eel (*Anguilla anguilla*) in the tidal area of a small estuary on the French Atlantic coast. *Helgolander Meeresuntersuchungen* 40: 321-326.
- Glova G.J. and Jellyman D.J., 2000.** Size-related differences in diel activity of two species of juvenile eel (*Anguilla*) in a laboratory stream. *Ecology of Freshwater Fish* 2000 9: 210-218.
- Helfman, G.S., 1986.** Diel distribution and activity of American eels (*Anguilla rostrata*) in a cave spring. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 1595-1605.
- ICES, 2006.** Report of the joint EIFAC/ICES Working Group Eel (WGEEL), 23-27 January 2006, Rome, Italy. ICES Document CM 2006/ACFM: 16.
- ICES, 2009.** Report of the 2008 session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 3-9 September 2008 Leuven, Belgium. ICES Document CM 2009/ACOM:15.
- Jellyman, D.J., 1977.** Invasion of a New Zealand freshwater stream by glass-eels of two *Anguilla* spp. *New Zealand Journal of Marine and freshwater Research* 11: 193-209.
- Jellyman, D.J. and Lambert, P.W., 2003.** Factors affecting recruitment of glass eels into the Grey River, New Zealand. *Journal of Fish Biology* 63: 1067-1079.
- Jessop, B.M., 2003.** Annual variability in the effects of water temperature, discharge, and tidal stage on migration of American eel elvers from estuary to river. *American Fisheries Society Symposium* 33: 3-16.
- Kroes, M.J., F.T. Vriese and Den Boer, W., 2008a.** Collectorsysteem voor vangst en monitoring van migratiepatronen van glasaal d.m.v. een opwaartse (vloed)stroom. *VisAdvies BV*, Utrecht. Visserijbedrijf W.J. den Boer, Nieuwerkerk aan de IJssel. Projectnummer VA2008_09, 31 pag.
- Kroes, M.J., Vriese, F.T. and Den Boer, W., 2008b.** Collectorsysteem voor glasaal d.m.v. vloedsimulatie bij Scheveningen. Monitoren, verzamelen en uitzetten. *VisAdvies BV*, Utrecht. Projectnummer VA2008_09, 39 pag.
- Laffaille, P., Caraguel J.-M. and Legault, A., 2007.** Temporal patterns in the upstream migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*) at the Couesnon estuarine dam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73: 81-90.
- Langdon, S.A. and Collins, A.L., 2000.** Quantification of the maximal swimming performance of Australasian glass eels, *Anguilla australis* and *Anguilla reinhardtii*, using a hydraulic flume swimming chamber. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 34 (4): 629-636.
- Lecomte-Finiger, R., 1981.** Etude expérimentale de la résistance thermique des civelles de Gironde et de Méditerranée. *Cah. Lab. Montereau* 12: 17-22.
- Linton, E.D., Jónsson, B. and Noakes, D.L.G., 2005.** Effects of water temperature on the swimming and climbing behaviour of glass eels, *Anguilla* spp. *Environmental Biology of Fishes*, 78: 189-192.
- LNV (Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food quality), 2008.** The Netherlands eel management plan. 15 December 2008.
- LNV (Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food quality), 2009.** The Netherlands eel management plan. 1 April 2009.

- McCleave, J.D., 1980.** Swimming performance of European eel (*Anguilla anguilla* (L.)) elvers. *Journal of Fish Biology* 16: 445-452.
- McCleave, J.D. and Kleckner, R.C., 1982.** Selective tidal stream transport in the estuarine migration of glass eels of the American eel (*Anguilla rostrata*). *Journal Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 40: 262-271.
- McCleave, J.D. and Wippelhauser, G.S., 1987.** Behavioural aspects of selective tidal stream transport in juvenile American eels. *American Fisheries Society Symposium* 1: 138-150.
- McCleave, J.D. and Jellyman, D.J., 2002.** Discrimination of New Zealand stream waters by glass eels of *Anguilla australis* and *Anguilla dieffenbachii*. *Journal of Fish Biology* 61: 785-800.
- Overton, A.S., and Rulifson, R.A., 2009.** Annual variability in upstream migration of glass eels in a southern USA coastal watershed. *Environmental Biology of Fishes* 84: 29-37.
- Sorensen, I., 1951.** An investigation of some of the factor affecting the upstream migration of the eel. *Reports of the Institute of Freshwater Research - Drottningholm* 32: 126-132.
- Sorensen, P.W., 1984.** The use of olfaction by migrating elvers of the American eel. PhD Dissertation, University of Rhode Island, Kingston.
- Sorensen, P.W., Bianchini, M.L. and Winn, H.E., 1986.** Diel foraging activity of American eels, *Anguilla rostrata* (Lesueur), in a Rhode Island estuary. *Fishery bulletin* 84, No. 3: 746-747.
- Spierts, I.L.Y. and Kemper, J.H., 2009** (in preparation). Optimalisatie glasaalcollector: hydraulische metingen. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2008_41, 16 pag.
- Sugeha, H.Y., Arai, T., Miller, M.J., Limbong, D. and Tsukamoto, K., 2001.** Inshore migration of the tropical eels *Anguilla* spp. recruiting to the Poigar River estuary on north Sulawesi Island. *Marine Ecology Progress Series* 221: 233-243
- Tesch, F.W., 1977.** *The Eel: Biology and Management of Anguillid Eels.* Chapman and Hall, London. 434 pp.
- Tongiorgi, P., Tosi, L. and Balsamo, M., 1986.** Thermal preferences in upstream migrating glass eel of *Anguilla anguilla* (L.) *Journal of Fish Biology* 28: 501-510.
- Tosi, L., Sala, L., Sola, C., Spampanato, A. and Tongiorgi, P., 1988.** Experimental analysis of the thermal and salinity preferences of glass eels, *Anguilla anguilla* (L.), before and during the upstream migration. *Journal of Fish Biology* 33: 721-733.
- Tosi, L., Spampanato, A., Sola, C. and 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.
- Tsukamoto, K., Nakai, I. and Tesch, W.V., 1998.** Do all freshwater eels migrate? *Nature* 396 (6712): 635-636.
- Van Heusden, G.P.H., 1943.** De trek van den glasaal naar het IJsselmeer. Joh. Enschede & Zn. Haarlem. Thesis, pp. 1-152.
- Van Veen, Th., Hartwig, H.G., and Müller, K., 1976.** Light-dependent Motor Activity and Photonegative Behavior in the Eel (*Anguilla anguilla* L.). *Journal of Comparative Physiology* 111: 209-219.
- White, E.M. and Knights, B., 1997.** Environmental factors affecting migration of the European eel in the Rivers Severn and Avon, England. *Journal of Fish Biology* 50: 1104-1116.
- Wippelhauser, G.S. and McCleave, J.D., 1988.** Rhythmic activity of migrating juvenile American eels *Anguilla rostrata*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 68: 81-91



Twentehaven 5
3433 PT Nieuwegein

t. 030 285 10 66
e. info@VisAdvies.nl
www.VisAdvies.nl

K.V.K. 30207643; ABN-AMRO: 40.01.19.528

Aansprakelijkheid:

VisAdvies BV, noch haar aandeelhouders, vertegenwoordigers of werknemers, zijn aansprakelijk voor enige directe, indirecte, incidentele of gevolgschade dan wel boetes of andere vormen van schade en kosten die het gevolg zijn van of voortvloeien uit het gebruik van het advies van VisAdvies BV door opdrachtgever of voortvloeien uit toepassingen door opdrachtgever of derden van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van VisAdvies BV. Opdrachtgever vrijwaart VisAdvies BV voor alle aanspraken van derden en de door VisAdvies BV daarmee te maken kosten (inclusief juridische bijstand) indien de aanspraken op enigerlei wijze verband houden met de voor de opdrachtgever door VisAdvies BV verrichtte werkzaamheden.

Niettegenstaande het voorgaande is elke aansprakelijkheid van VisAdvies BV uit hoofde van de overeenkomst van opdracht tussen VisAdvies BV en opdrachtgever beperkt tot het bedrag dat in het betreffende geval onder de beroepsaansprakelijkheidsverzekering van VisAdvies BV wordt uitbetaald, vermeerderd met het bedrag van het eigen risico dat volgens de verzekering ten laste komt van VisAdvies BV. Indien geen uitkering mocht plaatsvinden krachtens genoemde verzekering, om welke reden ook, is de aansprakelijkheid van VisAdvies BV beperkt tot [twee keer] het bedrag dat door VisAdvies BV in verband met de betreffende opdracht in rekening is gebracht [en tijdig is voldaan in de twaalf maanden voorafgaande aan het moment waarop de gebeurtenis die tot de aansprakelijkheid aanleiding gaf plaatsvond,] met een maximaal aansprakelijkheid van [€50.000].