

Eindevaluatie enclosureproeven de Leijen Resultaten over 2004 t/m 2013



A&W-rapport 2025

in opdracht van

Eindevaluatie enclosureproeven de Leijen

Resultaten over 2004 t/m 2013

A&W-rapport 2025

J. van Belle
J. Postma

Foto Voorplaat

De palen van de enclosures en een stuk enclosuregaas met Driehoeksmosselen, foto J. Postma.

J. van Belle, J. Postma, 2014

Eindevaluatie enclosureproeven de Leijen, Resultaten over 2004 t/m 2013. A&W-rapport 2025.

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek / Ecofide, Feanwâlden / Weesp.

Opdrachtgever**Wetterskip Fryslân**

Harlingerstraatweg 113

8914 AZ Leeuwarden

Telefoon 058-292 22 22

Uitvoerders**Altenburg & Wymenga
ecologisch onderzoek bv**

Postbus 32

9269 ZR Feanwâlden

Telefoon 0511 47 47 64

Fax 0511 47 27 40

info@altwym.nl

www.altwym.nl

Ecofide

Singel 105

1381 AT Weesp

Telefoon 0294-450 282

Fax 0294-457 359

info@ecofide.nl

www.ecofide.nl

Projectnummer

2279lei

Projectleider

J. van Belle

Status

Eindrapport

Autorisatie

Goedgekeurd

Paraaf

M. Brongers

**Datum**

31 augustus 2014

Kwaliteitscontrole

M. Brongers

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Waterkwaliteit in de Leijen	3
2.1	Herkomst van het water: EGV en chloride	3
2.2	Temperatuur, zuurstofgehalte en pH	3
2.3	Doorzicht, algen en zwevend stof	4
2.4	Nutriënten en sulfaat	7
2.5	Conclusie	10
3	Proeven met Glanzig fonteinkruid	13
3.1	Proefopzet	13
3.2	Resultaten	17
3.3	Interpretatie	21
3.4	Aanvullende inventarisatie in 2014	24
3.5	Conclusies	26
4	Proeven met de Driehoeksmossel	29
4.1	Proefopzet	29
4.2	Resultaten	30
4.3	Interpretatie	31
4.4	Aanvullend experiment op stenen vooroevers (2008)	32
4.5	Aanvullende inventarisatie in 2014	34
4.6	Conclusies	37
5	Implicaties voor de Friese boezem	39
5.1	Verspreiding van ondergedoken waterplanten in de boezem	39
5.2	Implicaties voor uitbreiding van ondergedoken waterplanten in de boezem	40
5.3	Verspreiding van <i>Dreissena</i> sp. in de boezem	41
5.4	Implicaties voor <i>Dreissena</i> 's in de boezem	43
6	Literatuur	45
<i>Bijlage 1</i>	<i>Windsnelheid en doorzicht per jaar</i>	<i>47</i>
<i>Bijlage 2</i>	<i>Aanvullend mosselonderzoek 2008</i>	<i>51</i>
<i>Bijlage 3</i>	<i>Aanvullende inventarisatie 2014</i>	<i>55</i>
<i>Bijlage 4</i>	<i>Doorzicht vs chlorofyl-a en zwevend stof</i>	<i>59</i>

1 Inleiding

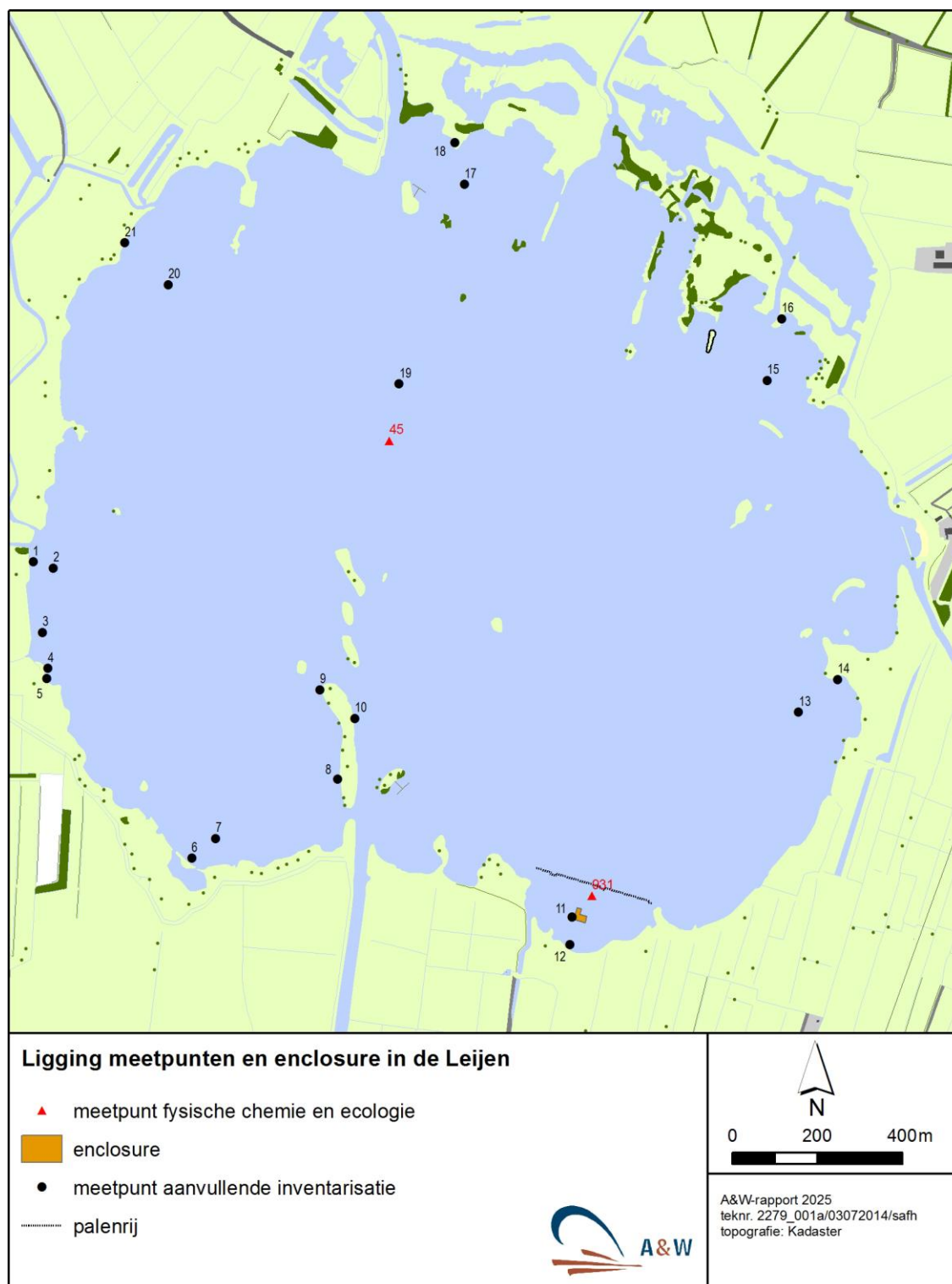
Sinds 2003 zijn in en rond de Leijen diverse maatregelen uitgevoerd, gericht op het verbeteren van de waterkwaliteit, het realiseren van de vereiste aquatisch ecologische KRW-doelstellingen en het ontwikkelen van kennis. Over de uitvoering en de effecten daarvan zijn inmiddels meerdere rapporten en artikelen verschenen (Claassen 2006; AquaSense 2006; De la Haye *et al.* 2010).

Eén van de uitgevoerde maatregelen betreft een experiment met het uitzetten van Driehoeksmosselen en Glanzig fonteinkruid in enclosures. Deze enclosures zijn 10 jaar lang (2004-2013) gemonitord. Het belangrijkste doel van de uitgevoerde enclosure experimenten was nagaan of beide soorten in de Leijen kunnen groeien: zijn de omstandigheden in beginsel geschikt? Voor Glanzig fonteinkruid was daarbij de nevenvraag wat de invloed van bodemwoelende vis en plantenetende vogels is op de ontwikkeling. Voor driehoeksmosselen zijn verschillende typen substraat getest.

Het huidige rapport beschrijft de uitgevoerde experimenten, vat de resultaten samen en geeft antwoord op de vraagstellingen van het onderzoek. In de discussie wordt nagegaan of het met deze opgedane kennis mogelijk is om een voorspelling te doen van de kansen op uitbreiding van Glanzig fonteinkruid, vergelijkbare waterplanten en Dreissena's (zowel de Driehoeksmossel als de Quaggamossel) in de Friese boezem, respectievelijk wat de limiterende factoren hiervoor kunnen zijn.

Leeswijzer

De waterkwaliteit van de Leijen is één van de factoren die de vestigingskansen kan beïnvloeden voor waterplanten zoals Glanzig fonteinkruid of filterfeeders zoals de Driehoeksmossel. Bovendien was de hoofdvraag achter de experimenten of de fysisch-chemische waterkwaliteit voldoende was voor de onderzochte soorten. Alvorens in te gaan op de uitgevoerde enclosure experimenten (hoofdstuk 3 voor het Glanzig fonteinkruid en hoofdstuk 4 voor de Driehoeksmossel) wordt daarom eerst een beeld gegeven van de waterkwaliteit aan de hand van de fysisch-chemische monitoring (hoofdstuk 2). In de bespreking en interpretatie van de resultaten worden ook de weersgesteldheid en herbivorie meegenomen als verklarende factoren voor de resultaten met Glanzig fonteinkruid. Hoofdstuk 5 vat ten slotte de belangrijkste conclusies samen en probeert op basis hiervan uitspraken te doen over de kansen en risico's voor deze organismen in de Friese boezem.



Figuur 1.1 De ligging van de waterkwaliteitsmeetpunten, de enclosures en de palenrij. Tevens zijn de punten weergegeven die in juni 2014 zijn onderzocht op de aanwezigheid van ondergedoken waterplanten en *Dreissena*'s (aanvullende inventarisatie).

2 Waterkwaliteit in de Leijen

Bij het interpreteren van de resultaten uit de enclosureproeven is de waterkwaliteit van belang als een mogelijke verklarende factor. Daarom wordt hier een beeld geschetst van de fysisch-chemische waterkwaliteit aan de hand van de meest relevante parameters.

Het vaste meetpunt voor de fysisch-chemische monitoring in de Leijen is locatie 45, gelegen in het midden van het meer (zie figuur 1.1). Ten behoeve van de enclosureproeven is ook op een aanvullend meetpunt gemonitord. Dit meetpunt 931 is gelegen tussen de palenrij en de enclosures (figuur 1.1).

Voor deze twee meetpunten beschrijft dit hoofdstuk de ontwikkeling van enkele belangrijke waterkwaliteitsparameters in de periode 2004 tot en met 2013. Dit is de periode waarin de proeven zijn uitgevoerd inclusief het eerste jaar na het verwijderen van de enclosures. Voor een overzicht van ontwikkeling van de waterkwaliteit in de periode daarvoor verwijzen we naar De la Haye *et al.* (2010). Zij gaan bovendien uitvoerig in op de oorzaken van waargenomen trends. Hun conclusies zullen waar nodig worden aangehaald.

2.1 Herkomst van het water: EGV en chloride

De EGV en het chloridegehalte vertonen vergelijkbare patronen, met hogere waarden in de zomer en lagere waarden in de winter (figuur 2.1). Dit hangt samen met aan- en afvoer van water: De Leijen is onderdeel van de Friese boezem, waardoor de waterkwaliteit in droge periodes, dus vooral in de zomer, wordt beïnvloed door water dat vanuit het IJsselmeer wordt ingelaten. In natte periodes, dus vooral 's winters, wordt water uit omringende (landbouw)polders uitgeslagen op de Leijen. Het lokale water heeft een lager EGV en chloridegehalte dan het 's zomers ingelaten (IJsselmeer)water.

Zowel voor de EGV als het chloridegehalte is geen duidelijke trend over de jaren herkenbaar. Dit duidt er op dat de waterbalans in de Leijen tussen 2004 en 2013 niet ingrijpend is veranderd.

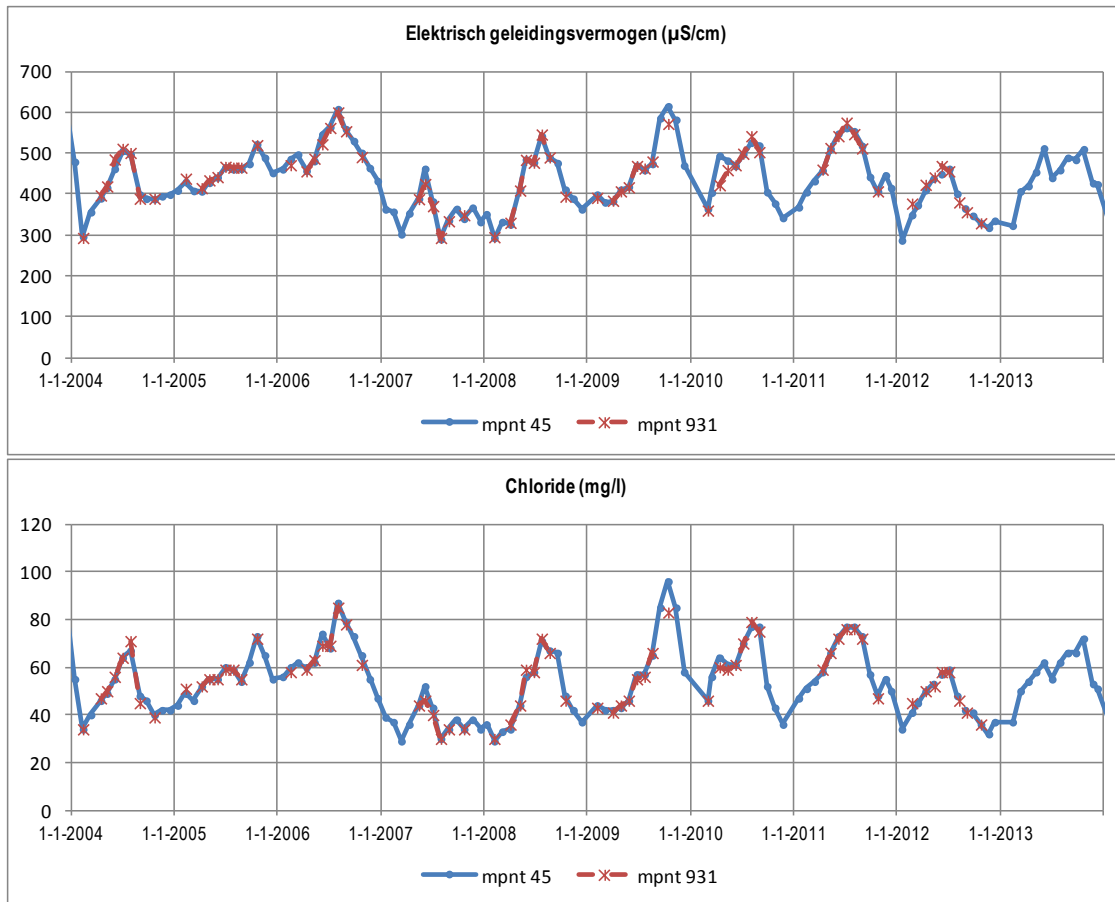
De waarden op meetpunt 931, achter de palenrij, en op meetpunt 45, middenin de Leijen, wijken nauwelijks van elkaar af. Dit geeft aan dat er volop menging optreedt van het water aan weerszijden van de palenrij. Gezien de open structuur van deze palenrij wijkt dit niet af van de verwachting.

2.2 Temperatuur, zuurstofgehalte en pH

De temperatuur vertoont een duidelijk seizoensverloop (figuur 2.2), waarbij de gemeten waarden niet opvallend hoog of laag zijn. Dit patroon wordt, zoals verwacht, ieder jaar vastgesteld waarbij de waarden tussen de jaren licht variëren. Tussen beide meetpunten verschilt de temperatuur niet of nauwelijks, hetgeen in overeenstemming is met de hierboven al geconcludeerde menging van het oppervlaktewater aan beide zijden van de palenrij.

Het zuurstofgehalte vertoont eveneens een seizoensverloop (figuur 2.2), dat ongeveer tegengesteld is aan dat van de temperatuur: hogere gehalten bij lagere temperatuur en andersom. Dat heeft voor een belangrijk deel te maken met de hogere oplosbaarheid van

zuurstof bij lagere temperaturen. Daarnaast speelt de hogere biologische en chemische zuurstofconsumptie bij hogere temperaturen een rol.



Figuur 2.1 Het verloop van het Elektrisch Geleidingsvermogen (EGV) en de chlorideconcentratie in het midden van de Leijen (mpnt 45) en tussen de palenrij en de oever (mpnt 931).

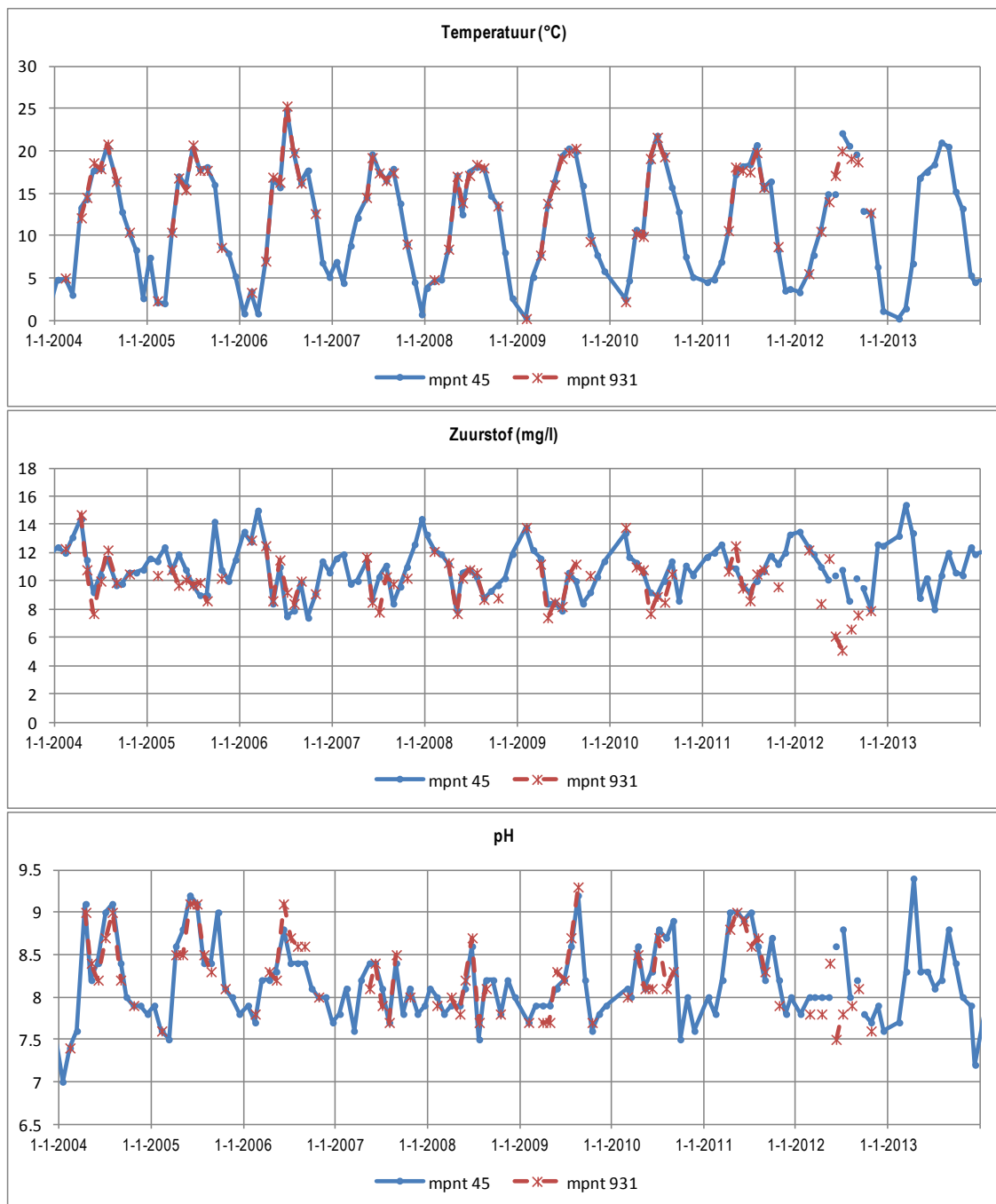
Uit figuur 2.2 blijkt tevens dat het zuurstofgehalte tussen beide meetpunten soms enigszins verschilt. In die gevallen is het zuurstofgehalte achter de palenrij meestal lager dan in het midden van het meer.

De pH vertoont niet in alle jaren een even duidelijke seizoensdynamiek, maar de hoogste pieken worden altijd in het zomerhalfjaar gemeten (figuur 2.2). De pieken zijn hoog ($\text{pH} > 8,5$) tot zeer hoog ($> 9,0$) voor een ondiepe (laagveen)plas. De pieken in de zomer hangen samen met CO_2 -consumptie door uitbundige algengroei. De hoogste pieken corresponderen namelijk met de pieken in het gehalte chlorofyl-a (figuur 2.3).

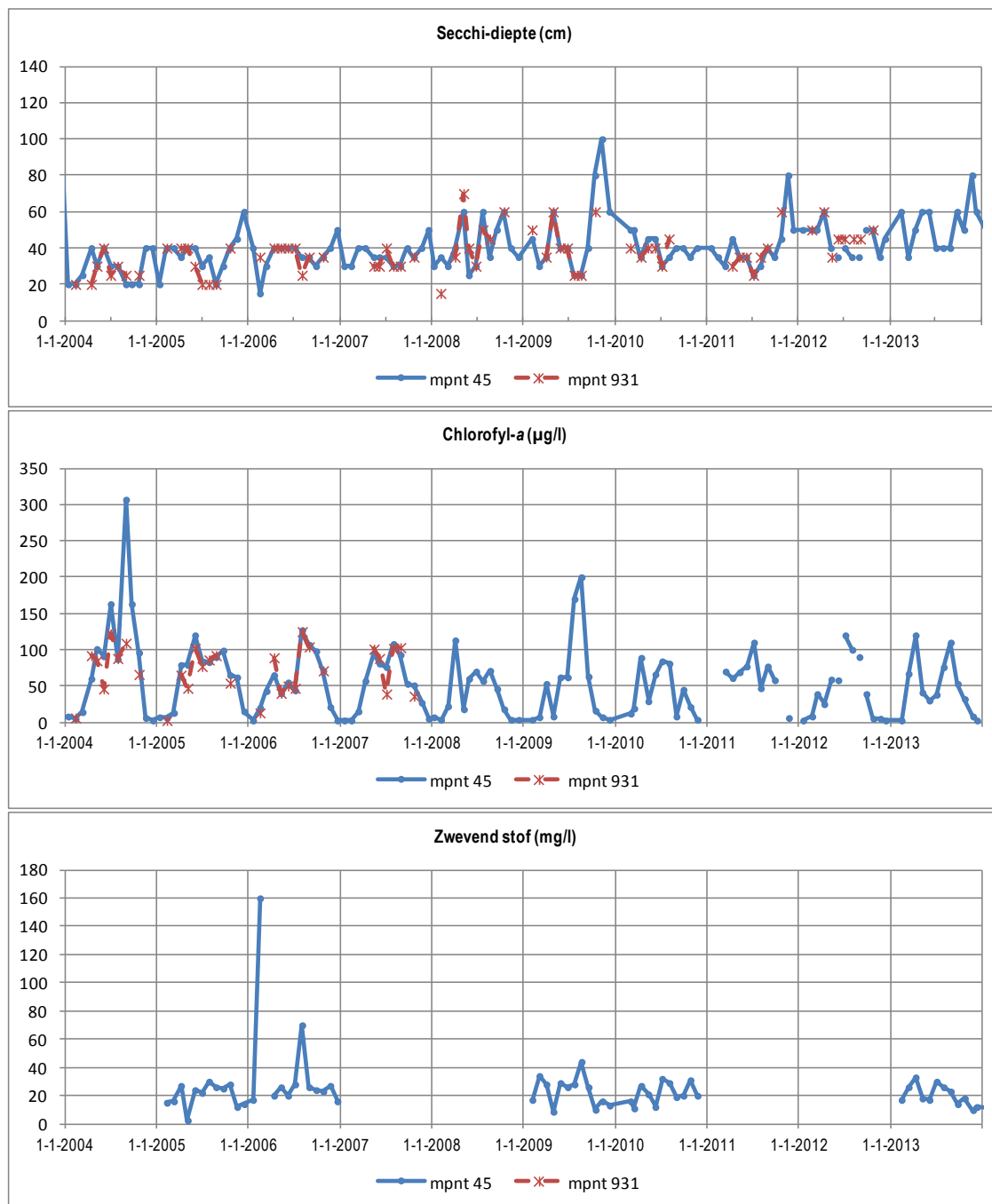
2.3 Doorzicht, algen en zwevend stof

Het doorzicht verschilt over het algemeen weinig tussen beide meetpunten (figuur 2.3), alhoewel incidenteel wel degelijk afwijkende waarden (zowel groter als kleiner) achter de palenrij (mpnt 931) zijn vastgesteld. Op beide meetpunten is het doorzicht tijdens de looptijd

van de enclosureproeven geleidelijk aan toegenomen. Het gehalte chlorofyl-a vertoont geen duidelijke trend over de jaren. Ook het gehalte zwevend stof vertoont geen duidelijke trend. In februari en augustus van 2006 zijn hoge pieken gemeten. Dit valt samen met de baggerwerken in de Leijen, die werden uitgevoerd in de periode van herfst 2005 tot en met 2007 (De la Haye *et al.* 2010). Achter de palenrij zijn geen metingen verricht aan het gehalte zwevend stof.



Figuur 2.2 Verloop van het zuurstofgehalte en de pH in het midden van de Leijen (mpnt 45) en tussen de palenrij en de oever (mpnt 931).



Figuur 2.3 Het doorzicht (Secchi-diepte) en de gehalten chlorofyl-a en zwevend stof in het midden van de Leijen (mpnt 45) en tussen de palenrij en de oever (mpnt 931).

De la Haye *et al.* (2010) tonen aan dat het doorzicht in de Leijen vooral wordt bepaald door het gehalte zwevende stof, en minder door algenbloeiën (zie ook bijlage 4). Zij concluderen dat het gehalte zwevende stof vooral wordt bepaald door golfwerking en dat opwoeling door vis van ondergeschikt belang is. In lijn met deze analyse van De la Haye *et al.* gaan piekwaarden in het chlorofyl-a weliswaar gepaard met gering doorzicht, maar treden vergelijkbare lage waarden ook op in afwezigheid van chlorofyl-pieken.

Het belang van opwerveling door golfslag wordt onderschreven door het werk van Penning (2012). Zij geeft aan dat bij de diepte en strijklengte (fetch) van de Leijen al bij windsnelheden van 4 à 5 m/s (ca. 3 Beaufort) bodemopwerveling door golven te verwachten is. Waarschijnlijk zal de bezinktijd van bodemdeeltjes vergelijkbaar zijn met die in de Loosdrechtse Plassen, zodat de opgewoelde deeltjes na ca. 20 dagen weer op de bodem liggen. Binnen die periode waait het wel weer eens harder dan 3 Beaufort, zodat vrijwel altijd bodemdeeltjes in de waterkolom zullen zweven (med. E. Penning, Deltares).

Als opwoeling door bodemwoelende vis van groot belang zou zijn, zou bovendien toename van het doorzicht verwacht worden vanaf 2005 of 2006. In de winters van 2004/2005 en 2005/2006 is namelijk actief biologisch beheer gevoerd, waarbij grote hoeveelheden vis zijn afgevoerd. Het doorzicht neemt echter pas toe vanaf 2008, dat is het jaar na het afronden van de baggerwerkzaamheden.

2.4 Nutriënten en sulfaat

De gehalten totaal-fosfaat en ortho-fosfaat zijn weergegeven in figuur 2.4. Hierin is ook het gehalte sulfaat weergegeven.

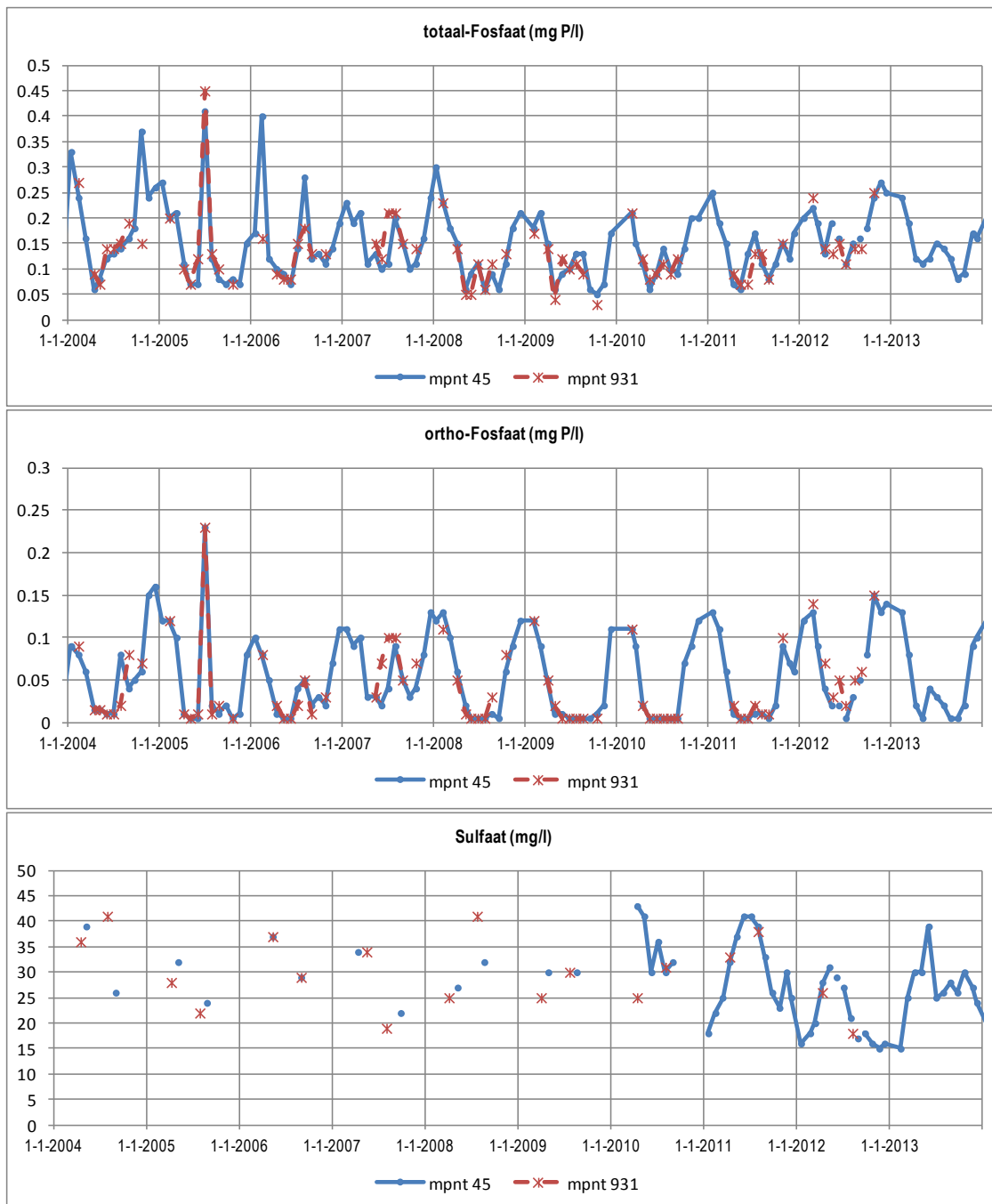
De la Haye *et al.* concludeerden dat het fosfaat-gehalte vanaf de 2^e helft van de jaren '80 van de 20^e eeuw geleidelijk afneemt. Dit geldt ook voor het Opeinderkanaal, dat een belangrijke aanvoerpost in de nutriëntenbalans voor de Leijen is. In de periode 2004 - 2013 vertoont het gehalte totaal-fosfaat een seizoensdynamiek, met relatief lage waarden in het voor- en najaar en hoge waarden in de winter en midden in de zomer. De zomerpiek is het gevolg van afbraak van organisch materiaal (interne eutrofiëring), hier betreft dit waarschijnlijk de sliblaag. De winterpiek is het gevolg van inlaat van fosfaatrijk water uit de omringende landbouwpolders (externe eutrofiëring). Vanaf 2008 is de winterpiek aanzienlijk hoger dan de zomerpiek, hoewel niet zo hoog als in 2004 - 2006. In 2008 – 2010 zijn de zomerconcentraties laag genoeg om een goede groei van macrofyten mogelijk te maken, maar in de periode daarvoor zijn ze erg hoog voor een dergelijk meer. Vanaf 2011 neemt het totaal-fosfaat 's zomers weer wat toe. Waarschijnlijk neemt de nalevering uit de bodem toe vanaf 2011. De waarden verschillen nauwelijks tussen beide meetpunten.

Vanaf 2008 is 's zomers nauwelijks ortho-fosfaat aanwezig: dit is dan kennelijk vrijwel volledig opgenomen door groeiende algen en vaatplanten. Kennelijk is in de periode vóór 2008 nog zoveel ortho-fosfaat aanwezig dat dit 's zomers niet allemaal wordt opgenomen. De gehalten variëren soms tussen de beide meetpunten, maar dit verschil is niet systematisch.

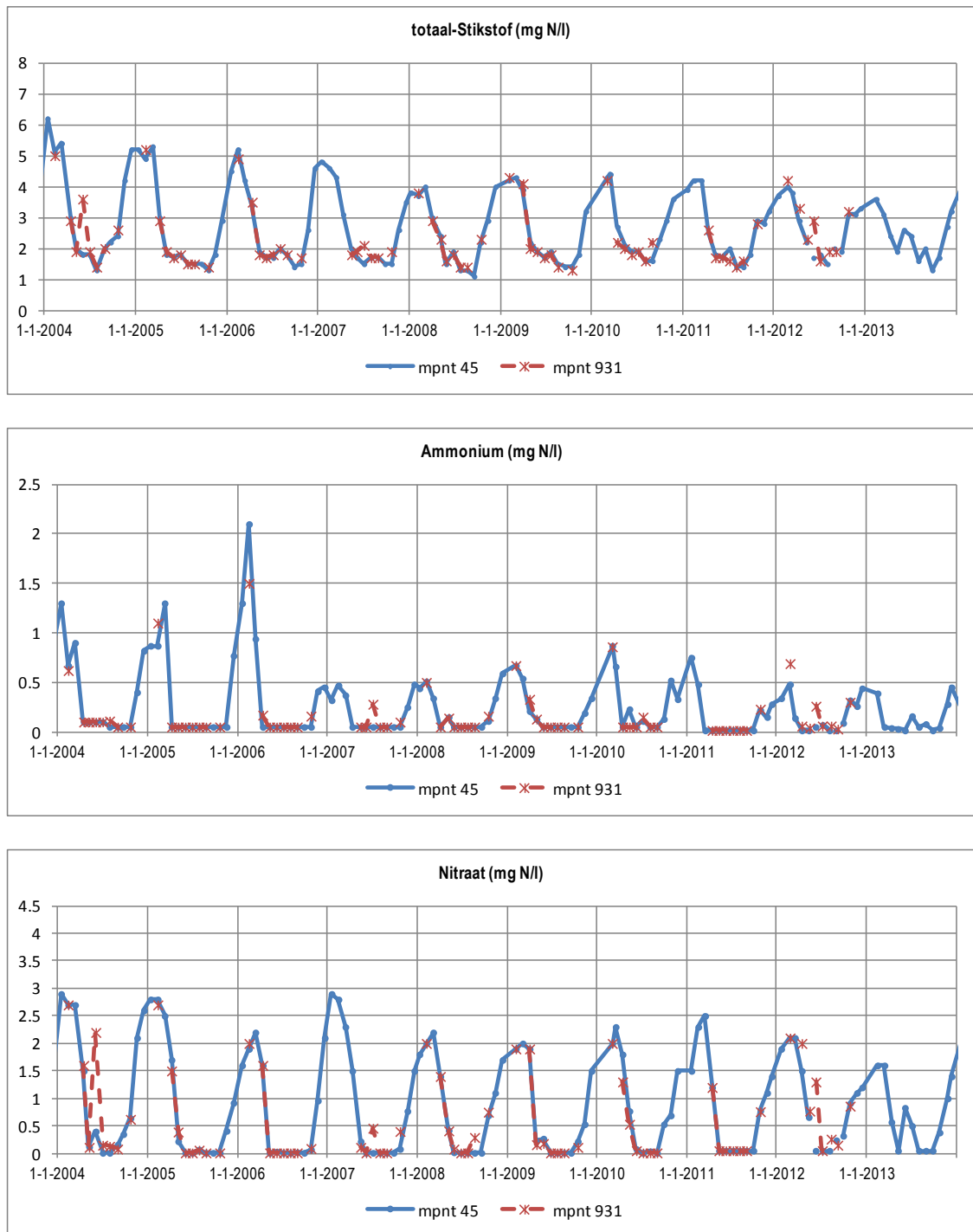
Vanaf 2012 wordt het sulfaatgehalte in het midden van de Leijen vaker gemeten dan in de periode daarvoor. Er is geen structureel verschil tussen de gehalten achter de palenrij en midden op het meer. Het sulfaatgehalte is 's zomers meestal hoger dan 's winters. 's Zomers varieert het tussen 25 en 40 mg/l, wat relatief hoog is, maar niet extreem. Het sulfaatgehalte lijkt enigszins af te nemen met de tijd.

De gehalten totaal-stikstof, nitraat en ammonium zijn opgenomen in figuur 2.5. De la Haye *et al.* concludeerden dat het gehalte totaal-stikstof afneemt sinds de 2^{de} helft van de jaren '80 van de 20^e eeuw. In de periode 2004 – 2013 valt op dat de winterpieken geleidelijk aan wat lager worden. 's Zomers is het gehalte totaal-stikstof lager dan 's winters, maar de zomerwaarden zijn in de beschouwde periode maar weinig veranderd. De zomerwaarden zijn hoog voor een

dergelijke plas, maar zijn niet extreem. De gemeten waarden verschillen maar heel weinig tussen de beide meetpunten.



Figuur 2.4 Totaal-fosfaat, ortho-fosfaat en sulfaat in het midden van de Leijen (mpnt 45) en tussen de palenrij en de oever (mpnt 931).



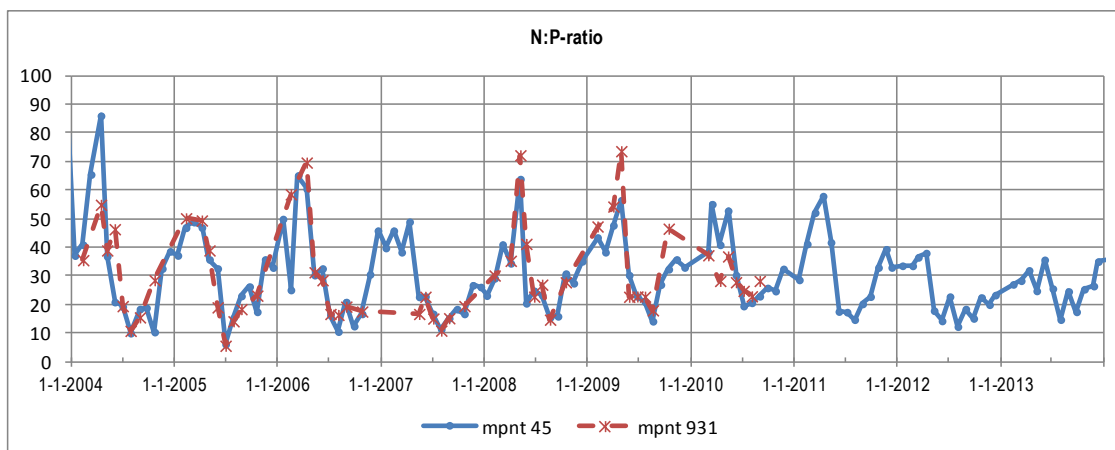
Figuur 2.5 Totaal-stikstof, ammonium en nitraat in het midden van de Leijen (mpnt 45) en tussen de palenrij en de oever (mpnt 931).

Het opgeloste ammonium wordt 's zomers vrijwel volledig opgenomen door groeiende planten en algen, zodat de zomerwaarden laag zijn. In februari 2006 is een opvallende piek herkenbaar, die samenvalt met een piek in het gehalte zwevend stof. Dat duidt er op dat het zwevende stof rijk is aan organische stof. Beide lijken samen te hangen met baggerwerkzaamheden. Na de piek in februari 2006 zijn de winterwaarden lager dan in de jaren daarvoor.

Ook het nitraat wordt 's zomers grotendeels opgenomen door groeiende planten en algen. Hierdoor zijn de zomerwaarden veel lager dan de winterwaarden. Er is weinig verschil tussen de metingen op beide meetpunten. Het nitraatgehalte vertoont geen duidelijke trend in 2004 – 2013.

De la Haye *et al.* (2010) concludeerden dat de zomergemiddelde N:P-ratio toenam tot 2010, wat duidt op een steeds sterkere neiging naar fosfaatlimitatie van de algengroei. Vanaf 2008 ligt de N:P-ratio boven 15, wat als ondergrens voor fosfaatlimitatie wordt gezien. Dat suggereert periodieke stikstoflimitatie voor 2008. De zomerse concentraties van opneembare nutriënten - zijnde nitraat, ammonium en ortho-fosfaat – passen in dit beeld: de concentraties van nitraat en ammonium worden gereduceerd tot onder de detectiegrens (figuur 2.5), terwijl ortho-fosfaat in meetbare hoeveelheden aanwezig blijft (figuur 2.4). Kennelijk wordt het stikstof volledig opgenomen door groeiende planten, terwijl ortho-fosfaat over blijft.

Na 2008 neemt de N:P-ratio eerst toe en in 2008 t/m '10 wordt de concentratie ortho-fosfaat gereduceerd tot onder de detectiegrens. Dan lijkt dus sprake van fosfaatgelimiteerde groei. Na 2010 neemt de N:P-ratio echter weer af en komt de zomerwaarde regelmatig dicht in de buurt van of zelfs onder 15. Dat duidt op verminderde fosfaatlimitatie, door afnemende stikstofgehalten en toenemende fosfaatgehalten. In de zomers van 2012 en '13 blijft langer dan in voorgaande jaren ortho-fosfaat in meetbare hoeveelheden aanwezig in het oppervlaktewater. Dat geldt ook voor nitraat en ammonium. Tezamen suggereert dit dat algengroei na 2010 zowel door fosfaat als door stikstof wordt beperkt, waarbij de balans waarschijnlijk varieert in de tijd.



Figuur 2.6 Ontwikkeling van de N:P-ratio op de beide meetpunten. Conform De la Haye *et al.* 2010 en Portielje & Van der Molen 1998 is een inerte fractie van 0,67 m N/l buiten beschouwing gelaten. De ratio is berekend als mol/mol.

2.5 Conclusie

De Leijen is een zeer eutroof meer, ondanks dat de gehalten aan stikstof en fosfaat zijn afgenomen vanaf het einde van de jaren '90 tot 2010. Na 2010 neemt het stikstofgehalte nog wat af, maar neemt het fosfaatgehalte weer wat toe. Van 2008 tot 2010 is fosfaat in de Leijen het limiterende nutriënt voor algengroei, daarvoor en daarna speelt de beschikbaarheid van

stikstof (ook) een rol. Het eutrofe karakter van de Leijen komt tot uiting in het jaarlijks optreden van algenbloeien (chlorofyl-*a* > ca. 50 µg/l; figuur 2.3).

Hoewel de in dit hoofdstuk behandelde gegevens hierover geen uitsluitel geven, suggereren de hoge productiviteit van het water en het jaarlijks optreden van algenbloeien dat algen het winnen van wortelende planten. Dat betekent dat de Leijen ook bij minder vertroebeling door opwerveling een algengedomineerd, troebel meer zou zijn. Gegoten in de termen van ecologische sleutelfactoren (ESF's; Stowa 2014), betekent dit dat ESF1 (de productiviteit van het water) gedurende de enclosureproeven waarschijnlijk niet voldeed.

Het doorzicht in de Leijen wordt echter niet primair bepaald door algengroei, maar door opwerveling van slib. Door het formaat en de geringe diepte van de Leijen ontstaan waarschijnlijk al bij windsnelheden van 4 à 5 m/s (ca. 3 Bft) golven die slib van de bodem opwoelen. Dit effect is waarschijnlijk belangrijker dan de invloed van bodemwoelende vis. Het doorzicht is gering, maar neemt geleidelijk toe. Op basis van vuistregels (Penning *et al.* 2006) lijkt tenminste 60 cm doorzicht nodig om spontane vestiging van planten op de bodem van de Leijen mogelijk te maken. In de periode van de enclosureproeven is het doorzicht veelal minder dan 60 cm. Het lichtklimaat was gedurende de proeven dus meestal onvoldoende. Dat betekent dat ESF2 (de lichtbeschikbaarheid) niet voldeed gedurende de enclosureproeven.

3 Proeven met Glanzig fonteinkruid

In de Leijen is een Interreg-project uitgevoerd (NOLIMP). In het kader van dit project is een deel van het meer afgeschermd van wind- en golfwerking, door een palenrij aan te brengen. Hierdoor ontstond aan de zuidkant van het meer een min of meer luwe zone langs de zuidoever. De palenrij is aangebracht eind 2003. Kort daarna zijn drie series enclosures aangelegd tussen de palenrij en de oever. In enclosures zijn proeven uitgevoerd met het inbrengen van de ondergedoken waterplant Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*; hoofdstuk 3) en de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*; hoofdstuk 4). Beide soorten kunnen een positief effect hebben op de waterkwaliteit.

3.1 Proefopzet

Aanleiding en onderzoeksvragen

Tot het einde van de jaren '70 waren grote delen van de Leijen begroeid met waterplanten, waarna deze snel achteruit zijn gegaan (Joustra 1953; AquaSense 2006). Tegenwoordig komen nauwelijks nog ondergedoken waterplanten voor (Bijkerk *et al.* 2004). Nadat in het NOLIMP-project al een aantal maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit waren genomen, kwam de vraag op of de fysisch-chemische waterkwaliteit op zich voldoende was voor de groei van waterplanten en Driehoeksmosselen (med. T. Claassen, Wetterskip Fryslân). Dit wilde men onderzoeken door een waterplant en de Driehoeksmossel in enclosures aan te brengen. Bij eerdere uitzet-experimenten in de Alde Feanen was gebleken dat enclosures de vestiging van waterplanten kunnen helpen doordat ze beschutting bieden (Claassen & Meijer-Bielenin 1998). Bovendien maakt het uitzetten in enclosures het mogelijk de uitgezette planten terug te vinden. De keuze voor Glanzig fonteinkruid was gebaseerd op het vroegere algemene voorkomen van deze soort in de Leijen.

De hoofdvraag was aanvankelijk dus, of de fysisch-chemische waterkwaliteit beperkend was voor vestiging en uitbreiding van Glanzig fonteinkruid.

Toen eenmaal bleek dat Glanzig fonteinkruid zich vestigde en uitbreidde verschoof de focus van de oorspronkelijke vraag, naar vragen over de rol van begrazing van door plantenetende vogels en (bodemwoelende) vissen.

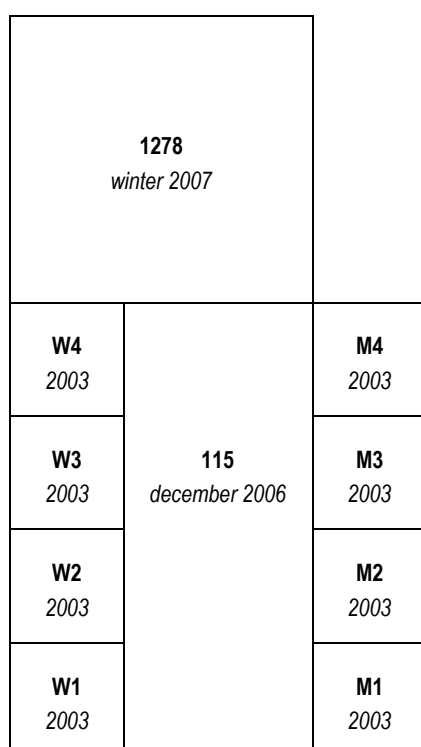
De enclosures

Aan het einde van 2003 zijn achter de palenrij drie rijen met enclosures gecreëerd (figuur 1.1 en figuur 3.1). Iedere rij bestond uit vier enclosures van ieder 4 bij 4 m. In de westelijke rij enclosures (W1 t/m W4 in figuur 3.1) werd Glanzig fonteinkruid uitgezet. In de oostelijke rij werden Driehoeksmosselen uitgezet (zie hoofdstuk 4). De middelste rij (M1 t/m M4) was oorspronkelijk bedoeld om uitbreiding van Driehoeksmosselen te kunnen volgen, maar is uiteindelijk gebruikt om uitbreiding van Glanzig fonteinkruid te volgen.

De afstand tussen de rijen bedroeg 8 m (figuur 3.1). De enclosures zijn opgebouwd uit onbehandelde houten palen die met een onderlinge tussenruimte van 1 m in het water zijn geplaatst. Tussen de palen is gaas gespannen met een maaswijdte van 2 x 2 cm. Het gaas steekt 0,5 m boven water uit en loopt door tot op de zandbodem. De enclosures uit 2003 waren open aan de bovenkant, waardoor eenden, Meerkoeten en andere niet te grote watervogels in de enclosures konden komen.

In december 2006 is het vak tussen de westelijke en de middelste rij enclosures aan weerszijden dichtgezet om de dat jaar waargenomen uitbreiding van Glanzig fonteinkruid te kunnen volgen. De openingen zijn dichtgezet met gaas (maaswijdte 2 x 2 cm), op een vergelijkbare wijze als de eerdere enclosures. De zo ontstane enclosure 115 is 8 x 16 m groot.

In de winter van 2007 is een 12 x 12 m grote enclosure geplaatst (enclosure 1278). Deze enclosure is vogeldicht doordat de bovenkant overspannen is met touw. Rondom is gaas aangebracht (maaswijdte 2 x 2 cm), dat doorloopt tot 20 cm boven de bodem.



Figuur 3.1 Ruimtelijke configuratie van de enclosures. Met vet gedrukte tekst zijn de gebruikte namen aangegeven. Het jaar waarin de enclosure is gecreëerd is aangegeven met cursieve tekst.

Experimentele behandelingen

In tabel 3.1 is per enclosure aangegeven welke behandeling deze heeft ontvangen. In de herfst van 2004 zijn allereerst losse planten Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*) verspreid in de enclosures. In het volgende voorjaar was hiervan niets terug te vinden. Daarom is in juli 2005 nogmaals Glanzig fonteinkruid uitgezet. Ditmaal waren de planten verankerd in lege potjes, waar de planten doorheen werden gevlochten. Aan de bovenkant stak ca. 50 cm van de spruit uit de potjes, en aan de onderkant stak 30 – 40 cm wortelstok uit de potjes. De potjes waren bevestigd in een rekje van gaas (foto 3.1). Dit gaasrekje was opgehangen tussen een baksteen en een drijflichaam (dobber), zodat het rekje ca. 10 cm boven de bodem zweefde. Daarnaast zijn in 2005 ook (overgebleven) losse planten uitgezet.

De meeste enclosures waren van boven open, waardoor er vogels in konden komen. Het lijkt er op dat dit inderdaad gebeurde, getuige een dode vogel in M4 op 1 september 2011. Deze enclosures waren door de maaswijdte van 2 cm wel dicht voor grotere vissen, maar niet voor kleine vissen en ongewervelden. De laatst geplaatste enclosure 1278 wijkt af van de overige: hier konden wel vissen in komen maar geen vogels.

Tabel 3.1 De gehanteerde experimentele behandeling per enclosure. Entmateriaal betreft Glanzig fonteinkruid (Potamogeton lucens); in september 2004 waren de planten afkomstig uit het Groene Stercomplex bij Gytsjerk, in juli 2005 waren ze geoogst bij de Monnikenweg bij Burgum. Een krat meet 60 x 40 x 20 cm. Een krat schelpen is voor 75% gevuld; een krat planten is voor 50% gevuld. De bodem bestaat uit zand met ca. 10 cm slib, in M1 en M2 zijn lege kokkelschelpen op die bodem gedeponneerd. De waterdiepte is ca. 115 cm.

Enclosure	W1	W2	W3	W4	M1	M2	M3	M4	115	1278
Entmateriaal 2004	1 krat	2 kratten	3 kratten	4 kratten	-	-	-	-	-	-
Entmateriaal 2005	1 frame + 0,5 handje	2 frames + 1 handje	3 frames + 2 handjes	4 frames + 3 handjes	-	-	-	-	-	-
Open voor vogels	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Open voor vissen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Substraat	zand / slib	zand / slib	zand / slib	zand / slib	3 krat schelpen op zand/slib	3 krat schelpen op zand/slib	zand / slib	zand / slib	zand / slib	zand / slib



Foto 3.1 Het uitzetten van Glanzig fonteinkruid (foto's Wetterskip Fryslân). Boven: gevulde rekjes met planten, onder: aanbrengen van een rekje in een enclosure.

Monitoringsprogramma

De vestiging en uitbreiding van Glanzig fonteinkruid is gevolgd door per enclosure de bedekking van de planten 2 keer per jaar te registreren. De eerste monitoringsronde vindt plaats in het voorjaar (mei/juni) de tweede in het najaar (september). In de eerste twee monitoringsrondes na het uitzetten in rekjes, dus in het najaar van 2005 en het voorjaar van 2006, is de bedekking in de rekjes bepaald. Vanaf het najaar van 2006 is steeds de totale bedekking van de enclosure geregistreerd.

Tijdens de monitoring zijn waarnemingen van Glanzig fonteinkruid buiten de enclosures geregistreerd, maar hier is niet systematisch naar gezocht.

Tijdens de monitoring is een aantal maal geregistreerd dat de planten waren aangevreten, maar dit is niet systematisch onderzocht.

Verder zijn geen metingen verricht in de enclosures.

Analysekader

Glanzig fonteinkruid is een meerjarige plant die in het voorjaar uitloopt vanuit wortelstokken, waarin reserves zijn opgeslagen (Weeda *et al.* 1991). In de winter sterven de (meeste) bovengrondse delen af. De analyse van de resultaten bestaat uit twee delen: de vestigingsfase na de introductie en de uitbreiding nadat de planten zijn aangeslagen. De achterliggende gedachte, is dat de planten zich eerst vanuit de potjes in de bodem moeten verankeren en daar reserves op moeten slaan. Als dat is gelukt zullen de planten minder kwetsbaar zijn en kunnen ze zich gaan uitbreiden.

We onderzoeken de vestigingsfase aan de hand van de ontwikkelingen in de oorspronkelijke enclosures, *i.e.* de W-serie. Allereerst beschouwen we of de waterkwaliteit voldoende was voor vestiging, aangezien dat de oorspronkelijke onderzoeksvraag is. Vervolgens beschouwen we of de verschillende hoeveelheden entmateriaal hebben geleid tot verschillen in de kans op- en snelheid van vestiging. Tevens beschouwen we of vraat aan de planten invloed heeft op de vestiging en ontwikkeling van de oorspronkelijk geïntroduceerde planten.

De uitbreiding vanuit een gevestigde populatie wordt onderzocht aan de hand van de geregistreerde uitbreiding buiten de W-serie enclosures. Dat betreft dus uitbreiding in de enclosures 115, de M-serie en 1278. De ontwikkeling van de bedekking in deze enclosures wordt vergeleken met die in de W-serie, die dus als referentie voor de groeiomstandigheden wordt gebruikt. We beschouwen of de uitbreiding is te relateren aan de waterkwaliteit en het weer en of de uitbreiding wordt beïnvloed door vraat aan de planten.

Aan het eind van het experiment werden de enclosures verwijderd, waarna de aanwezige populatie Glanzig fonteinkruid snel instortte. We beschouwen hoe deze kennelijke afhankelijkheid van de enclosures verklaard kan worden.

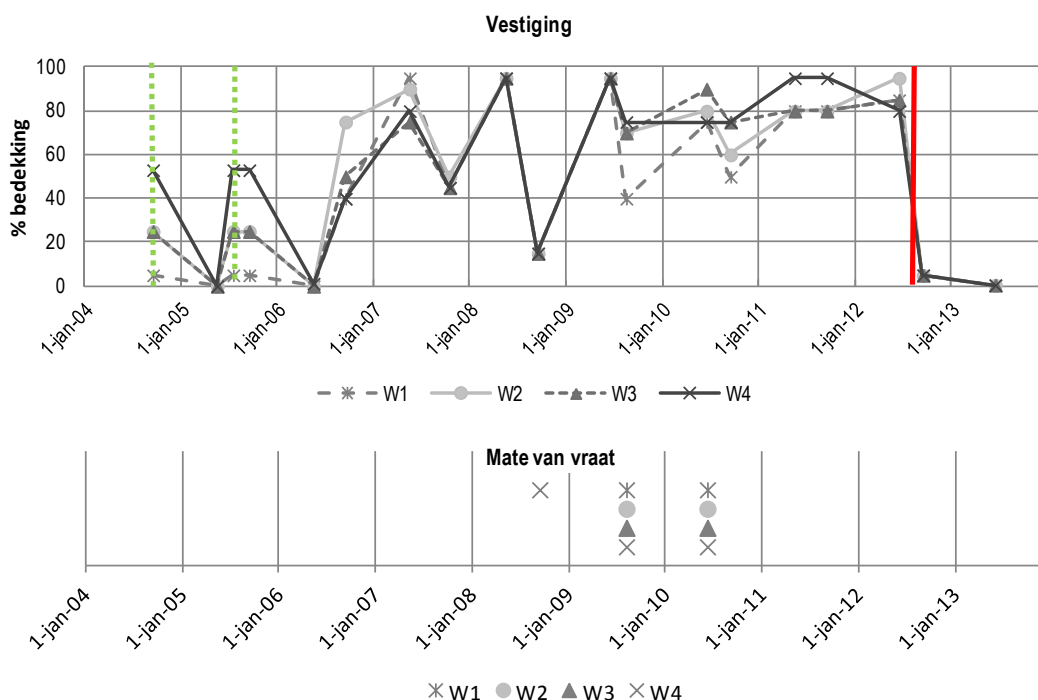
Alle analyses hebben een kwalitatief en verkennend karakter, omdat geen replica's zijn gebruikt. Daardoor kan geen statistisch onderbouwd onderscheid gemaakt worden tussen toevalseffecten en structurele effecten. Bijgevolg hebben de conclusies het karakter van een deskundigenoordeel ('expert judgement').

3.2 Resultaten

3.2.1 Vestiging na enten

De resultaten van de entproef staan in figuur 3.2. Hierin is de ontwikkeling van de bedekking door Glanzig fonteinkruid weergegeven per enclosure, maar alleen voor de W-serie. Beide entpogingen zijn weergegeven met groene strepen. Het moment waarop het gaas van de enclosures is verwijderd is aangegeven met een rode streep. Onder de figuur met de bedekking is aangegeven wanneer en in welke mate vraat is geconstateerd.

Na de eerste entpoging in september 2004 sloegen de planten niet aan, zodat in het voorjaar van 2005 geen Glanzig fonteinkruid werd aangetroffen. In juli 2005 werd voor de tweede keer Glanzig fonteinkruid geënt, ditmaal in potjes. In het najaar van 2005 was er weinig veranderd aan deze planten. In het voorjaar van 2006 was de bedekking van Glanzig fonteinkruid zeer laag, maar in de herfst van dat jaar hadden de planten zich dusdanig ontwikkeld dat de bedekking hoger was dan wat was geënt. Op dat moment waren de planten ook niet langer verankerd in de potjes, maar in de waterbodem. Een jaar en twee maanden na het enten waren de planten dus aangeslagen.



Figuur 3.2 Ontwikkeling van Glanzig fonteinkruid na introductie in de enclosures. De groene lijnen geven het moment van de twee entpogingen weer, de rode lijn geeft aan wanneer de enclosures zijn verwijderd. De onderste figuur geeft de intensiteit van vraat aan.

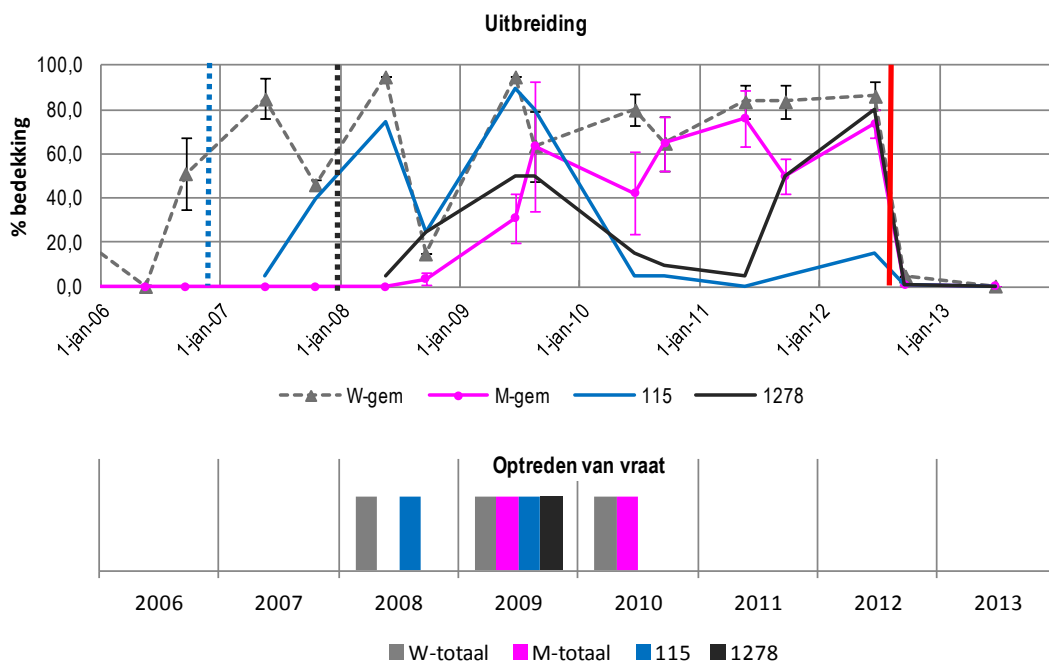
Vanaf het jaar na enten houdt de bedekking geen verband met de geënte hoeveelheid planten: als dat wel het geval zou zijn, zou de bedekkingsgraad in de enclosures zich moeten verhouden als $W4 > W3 > W2 > W1$. In het najaar van 2006 is de bedekking echter het hoogst in W2, en in het voorjaar van 2007 in W1 en W2. Vanaf het voorjaar van 2008 heeft Glanzig fonteinkruid in alle vier enclosures een bedekkingsgraad van 95% bereikt. Drie jaar na het enten hebben de planten zich dus goed gevestigd.

In 2008, '09 en '10 is bij de opname van de bedekkingsgraad opgemerkt dat de planten waren aangevreten. Aangezien de enclosures niet toegankelijk zijn voor grotere vissen, betreft dit waarschijnlijk vraat door vogels (hoewel vraat door scholen kleine visjes of door ongewervelden ook mogelijk is). In '08, '09 en '10 is de bedekking in het voorjaar hoger dan in het najaar. Dat patroon is ook herkenbaar in '07, maar in dat jaar is niet opgemerkt dat de planten waren aangevreten. In 2011 zijn er geen aanwijzingen voor vraat.

Op 6 juni 2012 is de bedekking opgenomen, vlak voordat de enclosures zijn verwijderd in augustus 2012. In juni was de bedekking onverminderd hoog (80 – 95% bedekking), maar op 15 september 2012 was de bedekking in alle voormalige enclosures ingestort tot 5%. In het voorjaar van 2013 waren de planten zo goed als verdwenen.

3.2.2 Uitbreiding vanuit de oorspronkelijke enclosures

In figuur 3.3 is de ontwikkeling van de bedekking weergegeven in de W-serie en in de enclosures waarnaar Glanzig fonteinkruid zich heeft uitgebreid. De ontwikkeling van de bedekking in de W en de M-serie is weergegeven als gemiddelde met standaardafwijkingen, omdat deze enclosures per serie vergelijkbaar zijn. De bedekking in de enclosures 115 en 1278 is apart weergegeven. Deze enclosures verschillen onderling in grootte, en zijn beide aanzienlijk groter dan die van de W- en de M-serie. Enclosure 1278 is bovendien ontoegankelijk voor vogels en open voor vissen, terwijl de andere enclosures allemaal ontoegankelijk zijn voor vissen en open voor vogels. De verticale stippellijnen geven aan wanneer de enclosures zijn gecreëerd (blauw is 115, zwart is 1278). Per jaar is aangegeven of vraat is geconstateerd, waarbij geen indicatie is gegeven van de intensiteit van vraat.



Figuur 3.3 Ontwikkeling van de bedekkingsgraad in enclosures rondom die waarin Glanzig fonteinkruid was geënt (boven) en de jaren waarin vraat is geconstateerd (onder). In de bovenste figuur geven de groene lijnen aan wanneer enclosure 115, respectievelijk 1278 zijn gecreëerd. De rode lijn geeft aan wanneer alle enclosures zijn verwijderd.

Op 5 september 2006 is voor het eerst waargenomen dat Glanzig fonteinkruid zich uitbreidde buiten de W-serie. Vervolgens is enclosure 115 gecreëerd in december 2006. In mei 2007 werd in deze enclosure 5% bedekking van Glanzig fonteinkruid geregistreerd. Ondanks vraat breidden de planten in 115 zich goed uit in 2008. In het voorjaar van 2008 werd ook substantiële uitbreiding buiten enclosures geconstateerd, namelijk tot 1 à 1,5 m westelijk van de W-serie. Ook in de 'anti-vogel enclosure' 1208 werd in dit voorjaar voor het eerst Glanzig fonteinkruid waargenomen. In de W-serie en in 115 was de bedekking aan het einde van 2008 gereduceerd door vraat.

In 2009 werd vraat geconstateerd in alle enclosures van de W-serie, hoewel dit naar het noorden toe minder werd. In de andere anti-vis enclosures werd minder vraat geconstateerd: alleen in het zuiden van 115 en in de M-serie alleen in M1. In de W-serie en in 115 nam de bedekking iets af in de loop van het jaar, maar in de M-serie nam ze toe. In de anti-vogel enclosure werd in 2009 eveneens vraat geconstateerd. Dit was zo grondig gebeurd dat de planten in augustus los op de bodem leken te liggen. In 2009 had dit weinig effect op de bedekkingsgraad.

In de meeste jaren is de bedekking in het voorjaar hoger dan in het voorgaande najaar, maar in 2010 hebben de planten in alle enclosures een zwakke start. In de W- en M-serie was de bedekking in het voorjaar van 2010 ongeveer gelijk aan die in het najaar van 2009 (voorjaar 2010 binnen de standaardafwijking van herfst 2009). In 115 en 1278 was de bedekking in het voorjaar lager dan in het najaar van 2009 en blijft de bedekking laag. In de W- en de M-serie blijft de bedekking gedurende het jaar min of meer gelijk (gemiddelde in de herfst binnen standaardafwijking in het voorjaar).

In de herfst van 2011 is de bedekking in 1278 weer gelijk aan die in 2009 (ca. 50%). De planten in 115 lijken het ook in 2011 moeilijk te hebben, getuige de lage bedekkingen. In de M-serie is de bedekking in het najaar lager dan in het voorjaar, ondanks dat in 2011 geen vraat is geconstateerd.

In juni van 2012 hebben de planten in de W-serie, de M-serie en in 1278 een bedekking bereikt tussen 70 en 90%. De planten in deze enclosures doen het dus goed. In 115 is de bedekking toegenomen vanaf de zomer van 2011, maar is de bedekking relatief laag (15%). Nadat de enclosures zijn verwijderd in augustus 2012 stort de bedekking in alle enclosures in tot ca. 5%. In het voorjaar van 2013 zijn de planten zo goed als verdwenen en bij een veldbezoek in juni 2014 werd geen spoor meer van de planten gevonden.



Foto 3.2 Glanzig fonteinkruid in de W-serie. Boven: volop aanwezig eind mei 2011. Onder: verdwenen in september 2012 (foto's Wetterskip Fryslân).

3.3 Interpretatie

Vestiging

Het uitzetten van losse planten in september bleek onvoldoende te zijn voor vestiging van Glanzig fonteinkruid, ook in enclosures. Vermoed wordt dat deze los liggende planten door harde wind en golven kapot of uit de enclosures zijn geslagen. Mogelijk speelt ook het uitzetten aan het einde van het groeiseizoen een rol, aangezien dit de planten weinig kans biedt te wortelen voordat ze in winterrust gaan.

De tweede entpoging, met planten in potjes die werden uitgezet in juli, bleek wel effectief. Dat is opmerkelijk, aangezien het doorzicht erg laag was in de periode na het uitzetten. Voor de groei van ondergedoken waterplanten wordt voldoende lichtval op de bodem meestal gezien als één van de beperkende factoren. Als vuistregel voor de maximale waterdiepte waar ondergedoken waterplanten kunnen groeien wordt wel uitgegaan van ca. 1,6 maal de Secchi-diepte (Penning *et al.* 2006). De Secchi-diepte in juli tot en met september 2005 was gemiddeld slechts 28 cm, zodat de maximale groeidepte ca. 50 cm waterdiepte zou zijn. Dat is aanzienlijk minder dan de ca. 115 cm waterdiepte ter plaatse van de enclosures. Kennelijk is de methode met zwevend verankerde volwassen planten een effectieve methode om knelpunten ten aanzien van de lichtbeschikbaarheid in de vestigingsfase sterk te verminderen. Waarschijnlijk drijft de aanwezige 50 cm spruit op, en weet de plant zo toch voldoende licht op te vangen. In 2006 was het doorzicht niet beter dan in 2005. Kennelijk is Glanzig fonteinkruid al snel in staat voldoende voedingsstoffen op te slaan in ondergrondse delen, om in het voorjaar naar het licht toe te kunnen groeien.

De waterkwaliteit in de Leijen bleek dus op zich voldoende voor Glanzig fonteinkruid, ondanks erg gering doorzicht. Het lijkt er echter wel op dat de planten het alleen redden als ze voldoende groot en vitaal zijn om naar het licht toe te kunnen groeien. Voor spontane vestiging van ondergedoken waterplanten zijn de omstandigheden in de Leijen onvoldoende, getuige het vrijwel ontbreken van waterplanten (Bijkerk *et al.* 2004).

De hoeveelheid ingebracht entmateriaal werkte alleen door op de bedekking in het jaar na enten (2006). In het tweede jaar na enten had de ingebrachte hoeveelheid geen invloed meer op de bedekking.

Uitbreiding

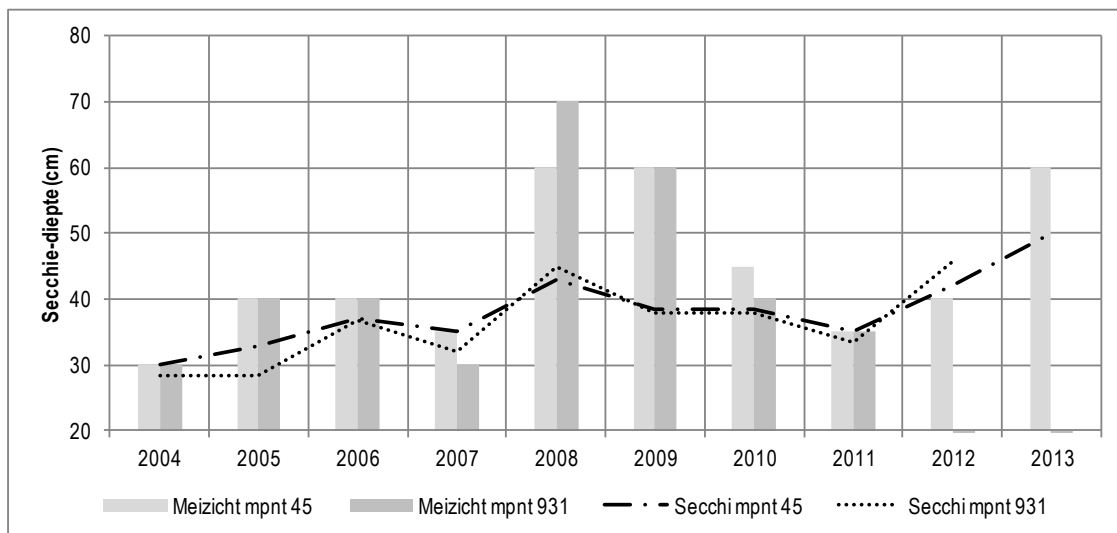
Nadat de planten zich eenmaal hadden gevestigd, hebben ze zich vanaf 2006 weten te handhaven en uit te breiden. Dit ligt niet aan verbetering van de standplaatscondities na 2006, zie hoofdstuk 2. Dat suggereert dat de combinatie van gevestigde waterplanten en enclosures voldoende is voor vitale waterplanten, in weerwil van onvoldoende standplaatscondities buiten de enclosures. Zoals hierboven is opgemerkt, lijkt Glanzig fonteinkruid - als het eenmaal gevestigd is - goed in staat te zijn onvoldoende doorzicht op te vangen door naar het licht toe te groeien. Dit is echter niet het hele verhaal, aangezien de planten zich in de meeste jaren niet of nauwelijks buiten de enclosures wisten uit te breiden.

Gedurende het experiment is alleen in 2008 aanzienlijke uitbreiding van Glanzig fonteinkruid buiten de enclosures vastgesteld, namelijk uitbreiding tot 1 à 1,5 m buiten de enclosures. Daarvoor en daarna was dit beperkt tot enkele planten buiten de enclosures. Dat roept de vraag op waarin de standplaatscondities in 2008 verschilden van die in de overige jaren.

Bij beschouwing van de fysisch-chemische waterkwaliteit valt op dat de Secchi-diepte in het begin van mei in 2008 hoger was dan in overige jaren dat het experiment liep ('meizicht' in figuur 3.4). In het voorjaar van 2008 viel waarschijnlijk wel voldoende licht op de bodem voor plantengroei. De lente van 2008 was bovendien zeer warm en zonnig (www.knmi.nl), wat gunstig lijkt voor de planten.

De forse uitbreiding in 2008 lijkt dus deels samen te hangen met hoog doorzicht in het vroege voorjaar van dat jaar.

In 2009 was het meizicht echter ook hoog en was de lente eveneens warm en zonnig (www.knmi.nl). Dat uitbreiding buiten de kooien in 2009 achter bleef bij 2008 geeft aan dat goed doorzicht en warmte en zon in het voorjaar niet doorslaggevend zijn. Uitgedrukt als zomergemiddelde was het doorzicht in 2009 lager dan in 2008. In 2012 was het doorzicht gelijk aan 2008, maar toen was het meizicht aanzienlijk lager (op meetpunt 45). Het lijkt er op dat zowel het doorzicht in het voorjaar als het gemiddelde over de rest van het jaar van invloed is geweest.



Figuur 3.4 Doorzicht (Secchi-diepte) in het begin van mei (Meizicht) en zomergemiddelde waarden voor de Secchi-diepte (gedurende het experiment). Mpnt 45 is in het midden van de Leijen, mpnt 931 is tussen de palenrij en de zuidoever.

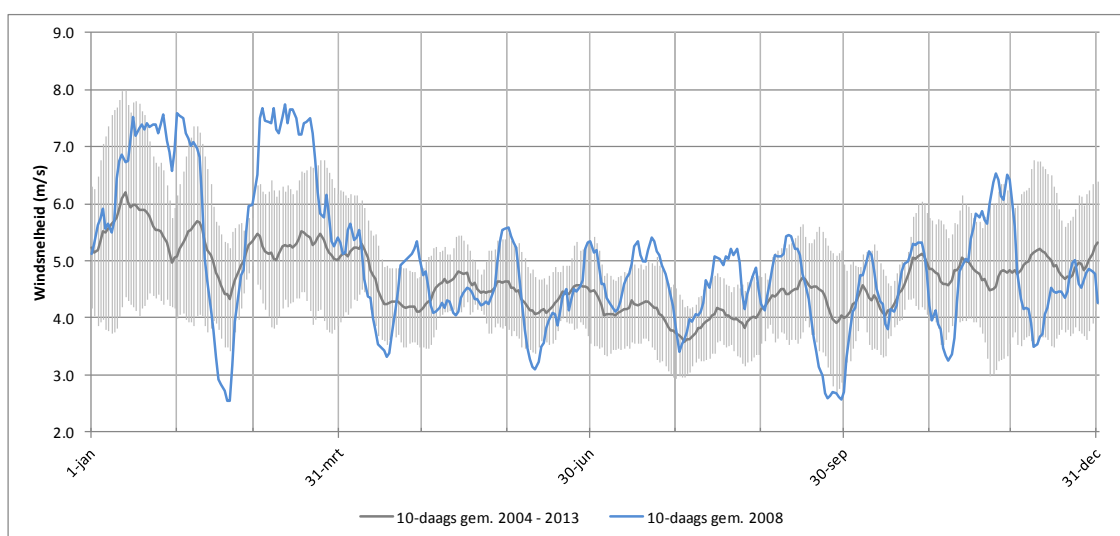
Relatie doorzicht met windsnelheid

Het doorzicht wordt onder meer bepaald door algengroei en opwerveling van zwevend stof. In de Leijen is de invloed van zwevend stof groter dan die van algengroei (De la Haye *et al.* 2010). In een ondiep meer als de Leijen wordt het gehalte zwevend stof waarschijnlijk vooral bepaald door golf- en windwerking (Penning 2012). Daarom is bekeken of 2008 wellicht een windstiller voorjaar kende dan andere jaren. In figuur 3.5 wordt de windsnelheid in 2008 vergeleken met de gemiddelde windsnelheid over 2004 – 2013.

In 2008 blijkt de windsnelheid in april en mei vaak lager dan gemiddeld te zijn geweest. Dat strookt met de verwachting dat de windsnelheid invloed heeft op het doorzicht. In de tweede helft van april blijkt echter een korte periode met hogere windsnelheden dan gemiddeld te zijn opgetreden. Dat geeft aan dat de relatie tussen windsnelheid en doorzicht niet eenduidig is.

Visuele vergelijking van windsnelheid en doorzicht per jaar laat ook geen eenduidige relatie tussen beide zien (bijlage 1). Deze vergelijking wordt bovendien bemoeilijkt doordat jaarlijks maar 13 doorzichtmetingen worden verricht, terwijl de windsnelheid zeer variabel blijft. Bovendien zal invloed van windsnelheid door de invloed van algengroei heen spelen komen, wat de relatie met windsnelheid vertroebelt. Gedegen statistische analyses met behulp van GLM-technieken kunnen meer inzicht geven over de relatie tussen windsnelheid, algengroei en doorzicht. Dat valt echter buiten de reikwijdte van deze analyse.

De conclusie luidt dat windsnelheid hoogstwaarschijnlijk een rol speelt, maar dat deze rol niet eenduidig is.



Figuur 3.5 Tiendaagsgemiddelde windsnelheid bij weerstation Leeuwarden (data KNMI). In grijs het gemiddelde en de standaardafwijking gedurende het experiment, in blauw het jaar 2008.

Effect van vraat

Gedurende het experiment werd in de anti-vissen enclosures nog steeds vraat vastgesteld, vermoedelijk door vogels. Tijdens de opnames werden eenden waargenomen in de enclosures en eenmaal is een dode vogel gerapporteerd (soort onbekend). Deze vraat reduceerde de bedekking van de waterplanten wel, maar het volgende jaar hadden de planten zich hier steeds weer hersteld. Alleen in 2010 herstelden de planten zich slecht, maar dit speelde in alle enclosures. In 2010 was dus sprake van een experiment overstijgend negatief effect. Wat er toen aan de hand was is onduidelijk, maar vanaf 2011 lijkt het de planten weer beter te vergaan.

Vogelvraat lijkt op zich dus niet te leiden tot het verdwijnen van goed gevestigde waterplanten. Het lijkt de bedekking in het jaar waarin de vraat optreedt te reduceren, maar lijkt geen negatief effect te hebben op de bedekkingsgraad in het volgende voorjaar, getuige de hoge bedekkingsgraad in de W-serie in de voorjaren van 2010, 2011 en 2012. Waarschijnlijk wordt de bedekking in het voorjaar bij onvoldoende doorzicht vooral beperkt door de hoeveelheid ondergronds opgeslagen voedingsstoffen. Kennelijk tast de opgetreden mate van vraat het vermogen reserves aan te leggen niet substantieel aan.

In 2009 is vastgesteld dat de bodem in de vogeldichte enclosure (1278) sterk was omgewoeld, vermoedelijk door grazende en/of bodemwoelende vissen. Dit zou invloed kunnen hebben op

de ondergrondse voorraden van Glanzig fonteinkruid. Dan zou het wel effect kunnen hebben op de bedekking in het volgende voorjaar. Hierover kunnen geen uitspraken gedaan worden, doordat 2010 in alle enclosures een slecht jaar was voor de planten. Aangezien de bedekking zich ook in 1278 herstelde in de loop van 2011 is wel duidelijk dat de planten zich konden herstellen van eenmalig omwoelen.

De conclusie luidt dat vraat door vissen en vogels de bedekking van Glanzig fonteinkruid tijdelijk kan verlagen, maar op zich geen desastreus effect op deze soort hoeft te hebben.

Afhankelijkheid van enclosures

In het experiment is Glanzig fonteinkruid met succes geïntroduceerd, maar de planten bleven afhankelijk van de enclosures. Dat blijkt uit de constatering dat de planten zijn vrijwel steeds binnen de enclosures gebleven, en dat opgebouwde populatie vrijwel direct na het verwijderen van de enclosures instortte. Dat instorten ligt niet aan het doorzicht, want dat was in 2012 en 2013 beter dan in het begin van het experiment.

De hamvraag is dus waarom de planten het niet volhielden buiten enclosures? Dat geldt zowel voor de uitbreiding buiten de enclosures in 2008, als voor het verdwijnen van de gevestigde populatie in 2012/2013.

De meest voor de hand liggende verklaring is dat dit te maken heeft met de luwte die een enclosure creëert (Claassen & Meijer-Bielenin 1998). Voor experimenten met waterplanten zal de luwte vooral een effect op stroming en golfslag zijn. Reductie van stroming en golfslag zal waarschijnlijk nog versterkt worden door de planten, als deze eenmaal tot ontwikkeling zijn gekomen. Op de bovenste foto in foto 3.1 is dit effect zichtbaar, hoewel de foto op een relatief windstille dag is genomen. Het is te verwachten deze effecten ook leiden tot meer doorzicht in de enclosures.

Vermoedelijk zijn de planten na het verwijderen van de enclosures kapotgeslagen door golven en stroming. Kennelijk was het luwte-genererend effect van de planten zelf onvoldoende om de golven en stroming te weerstaan. Mogelijk was de populatie nog te klein om zich zelfstandig te handhaven, waardoor geen luw 'hart' overbleef van waaruit de randen steeds weer aangevuld kunnen worden.

3.4 Aanvullende inventarisatie in 2014

Op 26 juni 2014 is een aanvullende inventarisatie uitgevoerd op de Leijen. Deze inventarisatie was voornamelijk gericht op Driehoeksmosselen (zie hoofdstuk 4), maar ook de aanwezigheid van waterplanten is telkens vastgesteld. De onderzochte locaties staan in figuur 1.1. De locaties zijn zo gekozen dat ze bij benadering evenredig zijn verdeeld over de windrichtingen. Dat geeft een beeld van het voorkomen van ondergedoken waterplanten in relatie tot de exponentie op de overheersende zuidwestelijke wind. Verder is op de meeste plaatsen bemonsterd op enkele tientallen meters uit de oever en vlak bij de oever. Het meetpunt bij de oever is steeds tegen of tussen uitlopers van de riet-/lisdodde- of mattenbiesbegroeiing gekozen, zodat de bemonsterde locatie zo beschut mogelijk was. Dat maximaliseert de trefkans op ondergedoken waterplanten. De locaties 8, 9, 10 en 17 betreffen zeer ondiepe zones (ca. 30 cm diep) achter een vooroever van stortsteen.

Tijdens de inventarisatie zijn zeer weinig ondergedoken waterplanten aangetroffen. In tabel 3.2 zijn de resultaten weergegeven voor beschutte locaties. Met uitzondering van één sliertje

Stomp fonteinkruid op locatie 1, zijn alleen in ondiepe zones achter een vooroever ondergedoken waterplanten aangetroffen.

Dat op locatie 8 verschillende waterplanten zijn aangetroffen toont aan dat een slibrijke bodem wel begroeid kan zijn, mits ze maar voldoende ondiep en beschut is. Verder is opvallend dat op de kop van het onderzochte eilandje (locatie 9) geen waterplanten werden aangetroffen: hier stond tijdens de inventarisatie een stevige O-W stroom, maar verder leken de condities gunstig (ondiep, zandige bodem). Op de oostkant van dit eiland (locatie 10) werden weinig waterplanten aangetroffen, terwijl ook deze locatie een gunstiger bodemgesteldheid leek te hebben dan locatie 8. Locatie 10 was onderhevig aan golfwerking.

De aanwezigheid van ondergedoken waterplanten op beschutte locaties achter stortstenen vooroevers en de afwezigheid op geëxponeerde locaties achter stortsteen bevestigt de grote invloed van wind en stroming op ondergedoken waterplanten in de Leijen.

De afwezigheid van waterplanten tegen en tussen de oeverbegroeiing is niet goed te begrijpen. Vooral de afwezigheid in locatie 6 verbaast: deze locatie is ondiep, wordt door de rietkraag beschermd tegen wind uit de overheersende richting en heeft een zandige bodem. Op de andere beschutte locaties die niet achter vooroevers liggen, is de situatie minder ideaal: het water is vaak vrij diep en/of de bodem is bedekt met een laag slib of half vergaan riet (detritus).

Tabel 3.2 De aanwezigheid van waterplanten op de onderzochte beschutte locaties (tegen de oeverbegroeiing of achter vooroevers. De locatienummers verwijzen naar figuur 1.1 de ligging van de waterkwaliteitsmeetpunten, de enclosures en de palenrij. tevens zijn de punten weergegeven die in juni 2014 zijn onderzocht op de aanwezigheid van ondergedoken waterplanten en dreissena's (aanvullende inventarisatie).

, n.a. = niet aangetroffen. * Hier is een dood exemplaar van de Gevlekte Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes limosus*) aangetroffen.

Locatie	Ligging	Waterdiepte	Substraat	Soort	Abundantie
1	Tegen riet- + lisdoddekraag	70 cm	Slib en rietresten	Stomp fonteinkruid	r (1 sliertje)
4	Tegen rietkraag	75 cm	Zand met slib	n.a.	
6	Tegen rietkraag	40 cm	Zand	n.a.	
8	Achter vooroever*	30 cm	Zand met > 30 cm slib	Kranswier sp. Schedefonteinkruid Smalle waterpest Draadwier	o r r f
9	Achter vooroever	25 cm	Zand	n.a.	
10	Achter vooroever	20 cm	Zand met 5 cm slib	Haarfonteinkruid Draadwier	o o
12	Tegen lisdoddekraag	55 cm	>10 cm slib	n.a.	
14	Tussen Mattenbies- en Riet opstanden	55 cm	Zand, deels met detritus	n.a.	
16	Tussen Riet opstanden	80 cm	Zand met detritus	n.a.	
17	Achter vooroever	40 cm	Zand met 5 cm slib	Haarfonteinkruid Draadwier	o o
18	Tegen rietkraag	100 cm	Zand	n.a.	
21	Tegen lisdoddekraag	130 cm	Slib	n.a.	

3.5 Conclusies

- De entmethode met potjes in rekjes is een succesvolle methode gebleken om Glanzig fonteinkruid aan te laten slaan in weerwil van onvoldoende doorzicht;
- Het lijkt er op dat Glanzig fonteinkruid geen licht tot op de bodem nodig heeft om te kunnen groeien, mits de planten al goed zijn aangeslagen;
- De enige keer dat forse uitbreiding buiten de enclosures is waargenomen viel echter samen met een groot doorzicht in het voorjaar. Dit 'meizicht' lijkt van groot belang voor de groei van ondergedoken waterplanten;
- Begrazing door vogels heeft effect op de bedekking van Glanzig fonteinkruid binnen een jaar, maar in het volgende jaar is dit effect verdwenen;
- Begrazing en/of omwoelen door vissen heeft effect op de bedekking, maar de planten herstellen zich hier weer van. Het is onzeker of het herstel één of twee jaar nodig heeft;
- Op zichzelf leiden begrazing en omwoelen dus niet tot het verdwijnen van een gevestigde populatie van Glanzig fonteinkruid;
- Na het verwijderen van de enclosures is de opgebouwde populatie waarschijnlijk door fysieke aantasting door golven en stroming ingestort;
- De verspreiding van ondergedoken waterplanten in de Leijen duidt eveneens op grote invloed van golven en stroming op ondergedoken waterplanten;
- Een gevestigde populatie Glanzig fonteinkruid lijkt in de Leijen dus gevoeliger voor golven en stroming, dan voor beperkt doorzicht of begrazing door vissen of watervogels.

De huidige afhankelijkheid van Glanzig fonteinkruid van luwte door enclosures contrasteert met het vroegere algemene voorkomen van deze soort in de Leijen (Joustra 1953). De wind- en golfwerking zal sindsdien nauwelijks zijn toegenomen, zodat wind en golven niet kunnen verklaren waarom de ondergedoken waterplanten verdwenen uit de Leijen.

Waarschijnlijk is sprake van een samenspel van factoren: Uiteindelijk is de vestiging en groei van ondergedoken waterplanten afhankelijk van vele verschillende factoren, waaronder de bodemgesteldheid, waterkwaliteit, waterdiepte en het doorzicht. Golfslag en stroming leiden tot mechanische stress voor ondergedoken waterplanten, waarop planten reageren door middel van fenotypische aanpassingen (Szmeja & Gałka 2008). Zowel een slappe waterbodem als hoge nutriëntenbeschikbaarheid in de waterbodem en waterkolom kunnen planten gevoeliger maken voor fysieke stress (Schutten *et al.* 2005; Zhu *et al.* 2014). De geschiktheid van de standplaats wordt dus niet bepaald door één van de standplaatsfactoren, maar door het samenspel van deze factoren.

Vermoedelijk zijn de standplaatsfactoren in de Leijen op een aantal vlakken marginaal voor Glanzig fonteinkruid. De water- en bodemkwaliteit lijken maar net voldoende te zijn voor Glanzig fonteinkruid, waardoor de plant gevoelig is voor golfslag en stroming. Het verschil met de situatie die Joustra (1953) beschreef, lijkt dan ook deels samen te hangen met toegenomen gevoeligheid van ondergedoken waterplanten voor golfslag en stroming als gevolg van verslechterende water- en waterbodemkwaliteit.

Aanbevelingen

Glanzig fonteinkruid kan groeien in de Leijen, mits de groeiplaats voldoende luw is. Er van uitgaande dat Glanzig fonteinkruid zelf voldoende luwte kan genereren als de populatie eenmaal groot genoeg is, lijkt succesvolle herintroductie in de Leijen mogelijk. Dit kan het best gebeuren door introductie in enclosures langs de luwe westoever. Deze enclosures dienen dan steeds verder te worden uitgebreid naarmate de populatie groeit. Als de populaties groot genoeg zijn kunnen de enclosures verwijderd worden.

Hoe groot een populatie moet zijn om zichzelf in stand te houden is onbekend, maar is afhankelijk van luwte, de waterkwaliteit, de waterbodemkwaliteit, en de waterbodemstructuur. Een nieuw introductie-experiment kan zo worden ontworpen dat het licht werpt op de benodigde kritische massa Glanzig fonteinkruid en hoe deze afhangt van de standplaatscondities. Hiervoor zijn, naast metingen buiten de enclosures, herhaalde metingen aan de bodemgesteldheid en waterkwaliteit in de enclosures nodig. Metingen aan doorzicht en stroming buiten de enclosures, binnen langs de rand en middenin de enclosures kunnen licht werpen op het effect van de enclosures en de planten op golfslag en stroming. Voor inzicht in de algemeenheid van gevonden relaties en spreiding in dosis-effectrelaties zijn replica's onontbeerlijk ($n \geq 5$).

Op basis van de informatie uit een dergelijk experiment kan de benodigde populatiegrootte voor een zelfstandig standhoudende populatie worden ingeschat. Als deze kritische populatiegrootte is bereikt kan één van de enclosures worden verwijderd. Als de betreffende populatie daarna standhoudt kunnen de andere enclosures worden verwijderd.

4 Proeven met de Driehoeksmossel

4.1 Proefopzet

De enclosures

In §3.1 is de opbouw van de enclosureproeven met het Fonteinkruid geschematiseerd weergegeven. De enclosureproeven met de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) zijn op dezelfde manier opgebouwd door iets ten oosten van de rij met de 4 controle-enclosures M1-M4 een vergelijkbare rij van vier enclosures te construeren voor de experimenten met de Driehoeksmossel. Deze vier enclosures zijn als O1-O4 gecodeerd (zie figuur 4.1).

M4 <i>geen schelpen</i>	O4 <i>geen schelpen</i>
M3 <i>geen schelpen</i>	O3 <i>geen schelpen</i>
M2 <i>3 kratten schelpen</i>	O2 <i>3 kratten schelpen</i>
M1 <i>3 kratten schelpen</i>	O1 <i>3 kratten schelpen</i>

Figuur 4.1 Ruimtelijke configuratie van de enclosures met de Driehoeksmosselen. Met vet gedrukte tekst zijn de gebruikte namen aangegeven. In cursieve tekst is aangegeven in welke enclosures er aanvullend substraat is toegevoegd in de vorm van lege kokkelschelpen.

Experimentele behandelingen

Bij aanvang van de enclosure-proeven werd verondersteld dat de aanwezigheid van Driehoeksmosselen in de Leijen werd beperkt door hetzij de binnenkomst van pelagische mossellarven hetzij de overleving van gesettelde dieren. Om inzicht te krijgen in de werkelijke oorzaak werden enclosure proeven uitgevoerd waarbij Driehoeksmosselen zijn ingebracht om zo de eventuele invloed van de dispersie van larven te omzeilen.

De onderzoekshypothese van de enclosure proeven was daarom dat de kans op overleving van de Driehoeksmossel wordt beperkt door de afwezigheid van geschikt vestigingssubstraat. Op 29 september 2004, 2 maanden voor de start van het experiment, zijn daarom in twee controle-enclosures (M1-M2) telkens 3 kratten met lege Kokkelschelpen verspreid. Hetzelfde werd bij de start van het experiment op 24 november 2004 gedaan voor twee Driehoeksmossel enclosures (O1-O2). Het enige verschil tussen de controle-enclosures M1-M4 en de behandelingen O1-O4 is dan ook de afwezigheid van Driehoeksmosselen in M1-M4. Er zijn zowel twee controle-enclosures zonder enige behandeling (M3-M4) ingericht als twee waarin lege Kokkelschelpen zijn aangebracht (M1-M2). De kokkels waren afkomstig van een Harlinger schelpenhandelaar en zijn aangevoerd in kratten van 60*40*20cm (l*b*h) die voor 75% waren gevuld. Per enclosure (oppervlak 16 m²) betekent dit dat de laag met lege Kokkelschelpen, bij een homogene-verdeling, <1 cm dik was. In werkelijkheid zijn de lege Kokkel-schelpen primair in het centrum van de enclosures aangebracht en niet volledig over het oppervlak

gehomogeniseerd. De dikte van deze laag zal daarom in de richting van de randen in omvang zijn afgenomen. De werkelijke laagdikte is niet vastgesteld. Wel is tijdens de proeven vastgesteld dat de dikte van de sliblaag tussen de 5 en 10 cm varieerde. Daarom mag verondersteld worden dat op de meeste plaatsen binnen de enclosure de dikte van de laag Kokkel-schelpen te beperkt was voor het bieden van geschikt hard vestigingssubstraat.

Op 24 november 2004 zijn de enclosures vervolgens geënt met Driehoeksmosselen in een variabele dichtheid. In elk van de enclosures O2 en O4 is 1 krat met Driehoeksmosselen uitgestrooid; in de enclosures O1 en O3 telkens 3 kratten. De Driehoeksmosselen waren afkomstig van de elektriciteitscentrale van Electrabel bij Burgum. Hun lengteverdeling is niet vastgelegd; wel zijn de mosselen als “klein” gekwalificeerd.

Dataverzameling

In mei 2005 is met een bodemhapper onderzoek verricht naar de aanwezigheid van levende Driehoeksmosselen in de enclosures, terwijl in september 2005 als mede in mei en september 2006 en 2007 met een macrofaunahandnet werd bemonsterd. Met dit handnet werd telkens een trek genomen door het handnet vanuit het midden van de enclosure naar de rand te bewegen (2m). Per enclosure werd 1 trek gedaan; in sept 2005 echter 3 trekken. Dezelfde monsternamemethode werd telkens ook in de vier controle-enclosures (M1-M4) uitgevoerd.

Bij ieder monsternamen is het aantal aanwezige Driehoeksmosselen in het monster kwalitatief geschat (veel dan wel weinig) en is het percentage levende dieren bepaald (t.o.v. het totaal aantal mosselschelpen in het monster). De monitoring is in oktober 2007 voor het laatst uitgevoerd.

4.2 Resultaten

De resultaten zijn samengevat in tabel 4.1 en laten zien dat er één jaar na de start van het experiment nog redelijke aantallen dieren levend werden teruggevonden. Alleen de enclosure O1 week af met duidelijk lagere aantallen. Overigens illustreert tabel 4.1 dat ook al in mei 2005 slechts enkele mosselen zijn teruggevonden. Dit heeft echter vooral te maken met een kleinere bemonsteringsoppervlak door een andere monsternamemethode (bodemhapper versus handnet).

Twee jaar na de start van het experiment (bemonstering op 5-9-2006) werden ook met het handnet nog weinig levende dieren teruggevonden en vanaf mei 2007 zijn alleen nog dode, merendeels lege, mosselen gevonden. De resultaten laten geen verschillen zien tussen het al dan niet aanbrengen van Kokkelschelpen dan wel het gebruik van een grote (3 kratten) of kleinere (1 krat) ent van Driehoeksmosselen. In alle gevallen houden de dieren het maximaal zo'n 2 jaar in de enclosures uit en zijn ze na de derde winter allemaal dood of verdwenen.

Tijdens de gehele monitoringsperiode zijn er in de controle enclosures uit de M-serie geen Driehoeksmosselen aangetroffen.

Het is aardig om op te merken dat er in mei 2007 in de meer westelijk gelegen W-serie (die voor de enclosures met de waterplanten zijn gebruikt; zie hoofdstuk 3) wel Driehoeksmosselen zijn aangetroffen. Deze zijn uitsluitend aangetroffen op het harde substraat dat de aangebrachte potjes voor de planten boden. De afwezigheid van Driehoeksmosselen in de controle-serie is hiermee in overeenstemming, aangezien er in deze M-serie geen lege potjes zijn aangebracht.

Tabel 4.1 Samengevat overzicht van de resultaten uit de enclosures met de Driehoeksmossel.

Datum	Methode	O1	O2	O3	O4
Behandeling (24-11-2004)		3 kratten Kokkels 3 kratten <i>Dreissena</i>	3 kratten Kokkels 1 krat <i>Dreissena</i>	geen Kokkels 3 kratten <i>Dreissena</i>	geen Kokkels 1 krat <i>Dreissena</i>
3-5-2005	Bodemhap	Enkele kleine kluitjes met ieder 5-10 dieren	Enkele levende dieren	Enkele kleine kluitjes met ieder 5-10 dieren	Enkele levende dieren
1-9-2005	Handnet	Weinig dieren; in de drie trekken 0, 20 en 20% levend	Veel dieren; in de drie trekken 0, 80 en 90% levend	Redelijk aantal dieren; in de drie trekken 0, 80 en 90% levend; kleine kluitjes	Redelijk aantal dieren; in de drie trekken 50,60 en 90% levend; kleine kluitjes
4-5-2006	Handnet	Weinig dieren; kluitjes op substraat	Weinig dieren; kluitjes op substraat	Weinig dieren	Weinig dieren
5-9-2006	Handnet	Weinig dieren 2, 5 en 80% levend	Weinig dieren 5, 10 en 40% levend	Weinig dieren 0, 0 en 5% levend	Weinig dieren 0, 10 en 75% levend
24-5-2007	Handnet	100% †	100% †	100% †	100% †
3-10-2007	Handnet	100% †	100% †	100% †	100% †

4.3 Interpretatie

De aanwezigheid van lege Kokkel-schelpen blijkt de overleving van de Driehoeksmossel niet te beïnvloeden. De monitoringsresultaten laten in ieder geval geen verschil zien. Dit is opmerkelijk aangezien de aanwezigheid van hard substraat juist een van de meest bepalende factoren is voor een goed vestigingsklimaat van deze sessiele dieren. De verklaring ligt waarschijnlijk in de gebruikte hoeveelheid Kokkel-schelpen ten opzichte van de aanwezige sliblaag. Hierboven (§4.1) is aangegeven dat de dikte van de laag lege Kokkel-schelpen hoogstwaarschijnlijk kleiner was dan de dikte van de sliblaag, waardoor deze onvoldoende houvast boden voor de Driehoeksmossel en de Driehoeksmosselen zijn ondergesneeuwd door het slib.

De Kokkel-schelpen verloren hiermee hun functie als geschikt habitat voor de Driehoeksmosselen, terwijl voor de aangebrachte Driehoeksmosselen de overlevingskansen afnamen met het dikker worden van de sliblaag. Met een 5 á 10 cm dikke sliblaag is het eerder opmerkelijk dat er tot 2 jaar na de start nog levende dieren zijn vastgesteld. Deze hebben waarschijnlijk op lokaal aanwezige plaatsen in de enclosures toch iets van hard substraat gevonden (bijv. heterogeen verspreide 'kluitjes' Kokkelschelpen of een Zwanenmossel) waarmee ze boven de sliblaag het oppervlaktewater konden blijven filtreren. De aangetroffen mosselen waren echter klein (<1 cm). Het is daarom onwaarschijnlijk dat dit exemplaren zijn die bij de start van de enclosureproeven zijn uitgezet omdat een Driehoeksmossel van 2 jaar oud normaliter >1 cm is.

Simultaan aan dit experiment zijn er zoals gezegd (§4.2) ook waarnemingen gedaan van Driehoeksmosselen die zich hadden gevestigd op de potjes met Fonteinkruiden in de enclosures W1-W4 (zie figuur 4.2). Dit betekent dat de waterkwaliteit ten tijde van de enclosureproeven voldoende goed was om overleving van de dieren mogelijk te maken. Ook betekent het dat er mossellarven in het oppervlaktewater van de Leijen aanwezig zijn (al dan

niet vanuit binnenkomend water). Gezien de sessiele levenswijze van Driehoeksmosselen is het namelijk zeer onwaarschijnlijk dat de dieren, die in de oostelijke enclosures zijn uitgezet, zich actief over tenminste 20 m hebben kunnen verplaatsen naar de westelijk gelegen enclosures met het Fonteinkruid.



Figuur 4.2 Foto van de Driehoeksmosselen die zich op de bakjes met Fonteinkruiden hebben genesteld, genomen op 24 mei 2007.

4.4 Aanvullend experiment op stenen vooroevers (2008)

Vanwege de slechte overleving van de Driehoeksmossel in de enclosures is in 2008 een aanvullend experiment uitgevoerd, waarbij Driehoeksmosselen op het onderwatertalud van de stenen vooroevers van de in 2006 aangelegde eilandjes zijn uitgezet.

Dit experiment is op 22 mei 2008 gestart. De mosselen, wederom afkomstig van Electrabel Burgum, zijn in “uiennetten” op verschillende locaties en verschillende diepten uitgezet. De netten hebben een plat oppervlak van 90*50 cm en hebben een netachtige structuur van V-vormige mazen, afmeting 10*5 mm (grootste breedte). Rekening houdend met de draaddikte hebben de netten ongeveer een doorlaatbaarheid van 40%. Ze zijn ieder gevuld met ca 2,5 kg mosselen.

De netten zijn gemerkt met “strippers” in de kleuren wit en zwart en voorzien van een drijvertje. Ter hoogte van een net met mosselen is op de oever een steen gemerkt met witte verf. De x- en y-coördinaten van de gemerkte stenen zijn vastgelegd met een GPS (nauwkeurigheid ca. 5 m). De netten zijn bij vijf eilandjes uitgezet op diepten variërend tussen de 50 en 100 cm. Ook is gevarieerd met de mate van beschutting door de netten aan zowel de westzijde (invloed heersende westenwind), als de oostzijde (golfslag boten vaargeul) uit te hangen. Op één locatie (het ‘oude’ eiland) zijn mosselen (5 kg) aan de binnenkant van de beschoeiing los over de zandige bodem uitgestrooid (diepte tussen de 10-50 cm). In bijlage 2 is een overzicht van de uithang-locaties opgenomen (interne memo Wetterskip Fryslân).



Figuur 4.3 Foto van de Driehoeksmosselen in de uinnetten

Op 11 september 2008 is gekeken of de mosselen zich op de uitzet locaties hadden gevestigd. Helaas bleek dat alle uitgezette netten waren verdwenen. Op het 'oude' eiland waar de Driehoeksmosselen los op de bodem waren verspreid is vervolgens ook op de aanwezige stenen gezocht naar gevestigde Driehoeksmosselen. Deze waren in ruime mate te vinden met vooral kleine Driehoeksmosselen op de ondiepe stenen (figuur 4.4). Vervolgens is daarop een vergelijkbare zoekactie bij alle andere eilanden uitgevoerd. Ook hier werd geconstateerd dat op alle omgedraaide stenen Driehoeksmosselen aanwezig zijn. Op de ondiep liggende stenen vooral wat kleinere dieren. De grotere exemplaren zaten vaak wat dieper (ca. 60 cm). Mosselen zijn aanwezig vanaf 10 cm diepte.

Tijdens dit aanvullende onderzoek is ook naar de schelpenlengte-verdeling gekeken. De mediane lengte in de uitgezette Driehoeksmosselen was zo'n 12-13 mm en de kleinste schelpen hadden een lengte van ten minste 5 mm.

In september 2008 is ook naar de verdeling van de schelpenlengtes van Driehoeksmosselen gekeken. Helaas is de bemonstering van de stenen niet geheel aselekt uitgevoerd, waarbij vooral schelpen >15 mm selectief zijn verzameld. Wel valt uit de schelpenlengte-verdelingen op dat op de stenen van alle vijf eilanden ook Driehoeksmosselen met een lengte tussen de 2 en 5 mm werden aangetroffen. Dit betekent dat er in 2008 voortplanting van Driehoeksmosselen in de Leijen plaats heeft gevonden, dan wel dat mossellarven van elders via het oppervlaktewater zijn aangevoerd.



Figuur 4.4 Foto van de Driehoeksmosselen op de stenen rond de uitzet locaties.

4.5 Aanvullende inventarisatie in 2014

De uitgevoerde experimenten en waarnemingen laten zien dat de Driehoeksmossel in de enclosures slecht overleeft maar tegelijkertijd dat ze zich op geschikt substraat, zoals stenen in de oeverzone of de macrofyten-potjes in de enclosures, wel kunnen vestigen en overleven. In absolute zin lijkt de waterkwaliteit van de Leijen daarom geen beperkende factor meer voor de aanwezigheid van de Driehoeksmossel. De waterkwaliteit kan echter wel van invloed zijn op de geschiktheid van de Leijen als habitat. Zo zou het hoge zwevende stofgehalte op een mogelijk slechte voedselsituatie kunnen duiden met negatieve effecten op de groei, voortplanting en dichtheid van de mosselen. Inmiddels is uit diverse studies en monitoringgegevens gebleken dat naast de Driehoeksmossel een tweede Dreissena-soort met een invasief karakter in Nederland voorkomt. Het betreft de Quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*) die in Nederland in 2006 voor het eerst is waargenomen (Bij de Vaate, 2006). Deze mosselsoort is in staat locaties te koloniseren waar de Driehoeksmossel niet of minder toe in staat is. In het onderzoek aan het Volkerak-Zoommeer werd bijvoorbeeld geconcludeerd dat de verbetering van de waterkwaliteit (minder algen, hoger doorzicht) het gevolg is van de explosieve toename van de Quaggamossel (De Vries & Postma, 2013). Dit resulteert in drie aanvullende onderzoeksvragen:

1. Hoe verhoudt de Leijen zich t.o.v. andere Friese Meren?
2. Hoe verhoudt de voedselsituatie voor Driehoeksmosselen in de Leijen zich ten opzichte van ander Nederlands oppervlaktewater?
3. Heeft de Quaggamossel de Leijen al bereikt?

Om deze vragen te beantwoorden is op 26 juni 2014 een aanvullende inventarisatie uitgevoerd, waarbij op zowel hard (vooral stenen, maar ook aanwezige boomstammen, rietstengels en meerpalen) als zacht substraat naar Driehoeksmosselen werd gezocht. De aangetroffen mosselen zijn gedetermineerd en vervolgens is van een representatief deelmonster afkomstig van stenen vooroever de relatie tussen de schelp lengte en het asvrij droog vleesgewicht bepaald.

Aanwezigheid van Driehoeksmosselen in de Friese meren

In 1998 en 2002 is onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van Driehoeksmosselen in een groot aantal Friese meren (Klinge, 1999; De Laak et al., 2003). Er is gebruik gemaakt van een mosselkor met een breedte van 1 meter en een net bestaande uit ringen met een diameter van 5 cm. De inventarisaties zijn uitgevoerd door per meer op meerdere plekken een raai te varen.

Per raai is de lengte van het gevaren traject vastgelegd en is de hoeveelheid aangetroffen Driehoeksmosselen bepaald. In 1998 is de hoeveelheid mosselen beschreven in individuen/m², terwijl in 2002 de biomassa's zijn gerapporteerd als gram/m². Een directe vergelijking tussen beide onderzoeksjaren wordt daardoor bemoeilijkt.

De resultaten (tabel 4.2) laten zien dat de dichtheid van de Driehoeksmossel in de verschillende meren sterk verschilt. De resultaten laten echter ook zien dat deze verschillen zich niet direct laten verklaren door verschillen in de helderheid van het water (doorzicht; zwevende stof) of de regionale ligging in Friesland (bijv. afstand tot inlaatpunt van IJsselmeer water). Dit komt deels doordat er ook binnen een meer sprake is van een grote variatie in dichtheid als gevolg van ruimtelijke heterogeniteit (Dijkstra, 1998). Onderzoek in het Sneekermeer (Bierma en de Jong, 1997) geeft aan dat dit waarschijnlijk te maken heeft met de lokale aanwezigheid van harde bodems (zandruggen). De aanwezigheid van slib op de bodem lijkt daarmee de belangrijkste factor te zijn die de kolonisatie van profundale gebieden negatief beïnvloedt.

Tabel 4.2 Overzicht van de resultaten uit twee mossel-onderzoeken met een mosselkor, waarbij tevens per meer de range (min-max) van het doorzicht en zwevende stof gehalte (data Wetterskip Fryslân) zijn aangegeven.

	Znev. stof	Doorzicht	dichtheid (gem aantal mosselen/m ² /trek)	
	mg/l	m	n/m ²	g/m ²
	Data Wetterskip 1998 - 2014		K. Dijkstra, 1998 1998	De Laak et al, 2003 2002
De Leijen	10 - 64	0,2 - 0,8	0	aanwezig (weinig)
Krusdobbe			0	
Oudegaaster Brekken		0,2 - 0,8	0	0
Pikmeer	25	0,2 - 0,8	0	0,5
Slotermeer	31 - 64	0,2 - 0,7	0,67	0,2
Grutte krite	6 - 20	0,4 - 0,8	1,1	2
Bergumermeer	8 - 46	0,2 - 0,9	1,4	14
Fluessen	11 - 110	0,2 - 0,9	3,4	22,5
Zandmeer	7 - 57	0,2 - 0,8	4	aanwezig
Wijde Ee			4,2	5,3
Sanemar	7 - 57	0,2 - 0,8	6	0,5
Heegermeer		0,2 - 1,0	24,1	0,5
Sneekermeer	5 - 54	0,2 - 1,2	44	1
Langweerder wielen	9 - 21	0,3 - 0,9	49,6	9
Terkaplester Poelen	10 - 26	0,2 - 1,0	50	aanwezig
Tjeukemeer	4 - 35	0,2 - 1,0	52,3	2,5
Gaastmeer			78,5	aanwezig
Sitebuurtster Ee		0,3 - 0,5	107	5,5
Saiter Petten	9	0,7 - 0,8		1,5
Eernewoudeste Wijd				4
Ringwiel			0	aanwezig

Aangetroffen soorten Dreissena's

Langs de oevers zijn op alle bezochte locaties alleen Driehoeksmosselen aangetroffen. Dit was verrassend, omdat de Quaggamossel wel in de Leijen werd verwacht. Zo is de Quaggamossel in 2012 al op <5km afstand van de Leijen aangetroffen (Pr. Margrietkanaal bij Burgum; data Wetterskip Fryslân) en is deze soort ook al verder in de boezemwateren aangetroffen. Alhoewel de Leijen haar wateraanvoer voornamelijk vanuit het zuiden krijgt, betekent deze aanwezigheid van levensvatbare populaties Quaggamossel op kleine afstand van de Leijen, dat de kolonisationsnelheid vanuit het IJsselmeer water niet langer een beperkende factor is die

de afwezigheid van de Quaggamossel in de Leijen kan verklaren. In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de verspreiding van de Quaggamossel.

De aantallen Driehoeksmosselen zijn laag en de dieren bevinden zich op hard substraat zoals dode Rietstengels, palen of boomtakken en -stronken die in het water liggen. Er is hierbij geen verschil aangetroffen tussen de west-, zuid-, oost- en noordzijde van het meer. Op de stenen vooroevers langs de nieuw aangelegde eilandjes is de dichtheid van de Driehoeksmossel veel hoger dan op het andere harde substraat zoals de genoemde boomtakken en palen in het water (figuur 4.5). Op iedere steen die wordt omgedraaid zijn meestal tientallen Driehoeksmosselen aanwezig, e.e.a. in overeenstemming met de waarnemingen uit 2008 zoals die hierboven al zijn beschreven.

Daarnaast zijn ook de meer open delen van het meer bemonsterd. Hierbij is gebruik gemaakt van een (verlengd) handnet om zo een groter bemonsterd oppervlak te krijgen ten opzichte van een bodemhapper. In deze monsters werden sporadisch enkele Driehoeksmosselen aangetroffen. In de meeste gevallen was dit gecorreleerd aan de aanwezigheid van hard substraat, zoals een zwanenmossel. In sommige gevallen kon dit niet worden vastgesteld, maar ook niet worden uitgesloten.

Ook op de plek van de oude enclosureproeven zijn Driehoeksmosselen aangetroffen. Zo lag op meerdere plaatsen rond de enclosure opstelling nog het oude gaas op de bodem en telkens was dit begroeid met Driehoeksmosselen (zie foto op voorkant).



Figuur 4.5 Foto van de Driehoeksmosselen op de stenen rond de nieuwe eilanden (juni 2014).

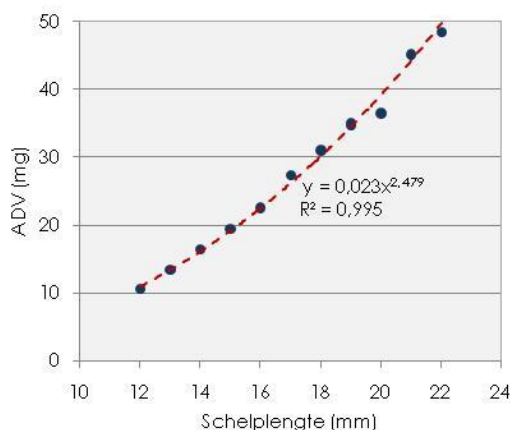
Lengte – asvrij droog vleesgewicht relatie

Er is geprobeerd om van zowel hard als zacht substraat een representatief monster Driehoeksmosselen te verzamelen om de relatie tussen schelpenlengte en het asvrij droog vleesgewicht (AFDW) te kunnen bepalen. Deze relatie geeft een goed beeld van hun conditie. Het aantal Driehoeksmosselen op zacht substraat was echter te laag voor een zinvolle analyse. Van de bemonsterde Driehoeksmosselen zijn de determinaties gecontroleerd door dhr

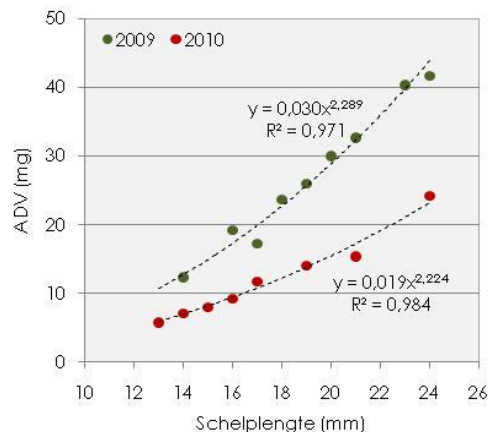
A. bij de Vaate van Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau. Ook de lengte-AFDW relaties zijn door de heer Bij de Vaate bepaald. Hij heeft zijn bevindingen in een notitie vastgelegd, die is opgenomen in bijlage 3.

Uit de relatie tussen schelpenlengte en AFDW (figuur 4.6) blijkt dat het AFDW van de Driehoeksmosselen in de Leijen vergelijkbaar is met dat van mosselen uit het IJsselmeer. Het verschil in AFDW tussen beide bemonsteringsjaren in het IJsselmeer wordt overigens toegeschreven aan de toegenomen concurrentie om voedsel met de Quaggamossel. Voor de Leijen geeft de relatie tussen lengte en AFDW aan dat de voedselsituatie als goed gekarakteriseerd kan worden.

Ook is gekeken naar de relatie tussen schelpenlengte en biovolume (bijlage 3). In vergelijking met driehoeksmosselen in het IJsselmeer scoren de mosselen uit de Leijen duidelijk beter (groter biovolume bij vergelijkbare schelpenlengte). Hoewel harde gegevens over de relatie tussen de conditie van de mosselen en hun biovolume ontbreken, lijkt voorlopig de conclusie gerechtvaardigd dat een hoger vleesgewicht ook leidt tot een hoger biovolume.



A) De relatie tussen schelpenlengte en asvrij droog vleesgewicht bij driehoeksmosselen uit de Leijen



B) De relatie tussen schelpenlengte en asvrij droog vleesgewicht bij driehoeksmosselen verzameld in juni 2009 en 2010 in het zuidelijk deel van het IJsselmeer

Figuur 4.6. De relatie tussen schelpenlengte en asvrij droog vleesgewicht bij driehoeksmosselen uit de Leijen (A) en het IJsselmeer (B); Data van dhr A. bij de Vaate; zie bijlage 3.

4.6 Conclusies

- De overleving van de uitgezette Driehoeksmosselen in de enclosures was in alle gevallen laag. Na één jaar werden nog kleine aantallen levende mosselen teruggevonden, maar na twee jaar werd er geen enkele levende Driehoeksmossel meer aangetroffen. Het al dan niet aanbrengen van lege Kokkelschelpen als hard substraat heeft geen aantoonbaar verschil kunnen maken. Dit komt waarschijnlijk omdat de dikte van de laag Kokkelschelpen veel minder was dan de dikte van de aanwezige sliblaag.
- Voorafgaand, tijdens en na de looptijd van de enclosureproeven zijn Driehoeksmosselen wel op andere locaties in de Leijen waargenomen. De waterkwaliteit in de Leijen was en is dan ook geen beperkende factor in het voorkomen van de Driehoeksmossel in de Leijen.

- De relatie tussen schelpenlengte met asvrij drooggewicht en/of biovolume geeft aan dat ook de voedselsituatie voor de Driehoeksmossel in de Leijen als goed is te kwalificeren. De aanwezigheid van Driehoeksmosselen met een lengte <6 mm duidt op de aanwezigheid van reproductie in de Leijen (alhoewel de aanwezigheid van settelende mossellarven in het binnenkomende oppervlaktewater nooit geheel kan worden uitgesloten). De reproductie hoeft overigens niet ieder jaar in dezelfde periode op te treden. Gegevens uit 2014 lijken aan te geven dat er in juni 2014 nog geen voortplanting is geweest.
- De dichtheid van de Driehoeksmossel verschilt sterk tussen de Friese meren maar ook binnen een meer. Deze verschillen zijn niet direct te verklaren vanuit de helderheid van het water (doorzicht; zwev stof) of de regionale ligging in Friesland (bijv. afstand tot inlaatpunt van IJsselmeer water). Onderzoek in het Sneekmeer (Bierma en de Jong, 1997) geeft aan dat dit waarschijnlijk te maken heeft met de lokale aanwezigheid van harde bodems (zandruggen). De aanwezigheid van slib op de bodem lijkt daarmee de belangrijkste factor te zijn die de kolonisatie van profunde gebieden negatief beïnvloedt.
- Er kan geconcludeerd worden dat de slechte overleving van de Driehoeksmossel in de enclosures is veroorzaakt door de afwezigheid van bereikbaar en geschikt (hard) substraat waarmee de dieren zich boven de sliblaag kunnen vestigen en oppervlaktewater kunnen filtreren.
- De Quaggamossel is in 2014 nog niet in de Leijen aanwezig.

Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat zolang de Leijen (als gevolg van de optredende wind- en golfwerking) wordt gekenmerkt door een hoog zwevende stof gehalte en een sterk dynamische situatie boven het sediment, zowel de Driehoeksmossel als –in mindere mate- eventueel ook Quaggamosselen moeite zullen houden met het koloniseren van het zachte substraat (waterbodem) in de Leijen. Op het harde substraat zijn Driehoeksmosselen in ruime aantallen aanwezig. Ondanks deze hoge dichtheden lijkt het waarschijnlijk dat de totale biomassa van de Driehoeksmossel op het hard substraat onvoldoende is voor een betekenisvolle invloed op de waterkwaliteit en daarmee de aquatische ecologie. Het oppervlak aan hard substraat is daarvoor (ondanks de recente aanleg van extra eilanden) te beperkt. Een dergelijke invloed zou wel verwacht kunnen worden indien de Quaggamossel zich in de nabije toekomst op het zachte substraat kan vestigen en daardoor op termijn veel hogere biomassa's kan bereiken (zie situatie in Volkerak-Zoommeer, zoals in hoofdstuk 5 nader wordt toegelicht). Wellicht is het beste advies daarom gelegen in het vooralsnog even rustig afwachten hoe de ontwikkeling van de Quaggamossel verder zal verlopen.

5 Implicaties voor de Friese boezem

5.1 Verspreiding van ondergedoken waterplanten in de boezem

De conclusie dat de overleving en aanwezigheid van ondergedoken waterplanten in de Leijen beperkt lijkt te worden door aantasting door golfslag en stroming, is van belang voor de rest van de Friese boezem. Aangezien de vorm van de wateren min of meer vast ligt, betekent beperking door golfslag dat slechts delen van meren begroeid kunnen worden. Om te zien of golfslag en stroming ook elders in de boezem het voorkomen van ondergedoken waterplanten beperken, hebben we de mate van exponentie vastgesteld voor alle door Wetterskip Fryslân in 2013 vastgestelde groeiplaatsen van ondergedoken waterplanten. De exponentie is daarbij uitgedrukt als het aantal strekkende meters open water tussen de groeiplaats en de oever zuidwestelijk daarvan. Het resultaat staat in tabel 5.1. In deze tabel zijn alleen meren opgenomen waarin ondergedoken waterplanten zijn aangetroffen.

*Tabel 5.1 De mate van exponentie op het zuidwesten van alle in 2013 door Wetterskip Fryslân vastgestelde groeiplaatsen van ondergedoken waterplanten in de Friese boezem. De exponentie is uitgedrukt als strekkende meter open water tot de oever, gerekend vanaf de groeiplaats naar het zuidwesten. * data uit 2014.*

Meetpunt	Meer	Nederlandse naam	Abundantie	Expo (m) - min	Expo (m) - max
34	Bergumermeer	Schedefonteinkruid	o	15	15
24	Groote Wielen	Gewoon blaasjeskruid	o	0	250
24	Groote Wielen	Stomp fonteinkruid	o	10	10
317	Terkaplester Puollen	Gekroesd fonteinkruid	r	50	50
75	Sneekmeer	Stomp fonteinkruid	r	250	250
75	Sneekmeer	Grof hoornblad	r	?	?
89	Koeverdor*	Doorgroeid fonteinkruid	lf	270	700
121	Grutte brekken	Schedefonteinkruid	r - la	25	200
142	Tjeukemeer	Doorgroeid fonteinkruid	o - la	50	5.500
142	Tjeukemeer	Schedefonteinkruid	o	15	5.500
105	Slotermeer	Gewoon / Breekbaar kransblad	r	4.200	4.200
105	Slotermeer	Glanzig fonteinkruid	o - lf	200	550
105	Slotermeer	Schedefonteinkruid	o - lf	200	4.000
105	Slotermeer	Doorgroeid fonteinkruid	o - la	50	2.500
85	Fluezen	Schedefonteinkruid	o	35	2.100
85	Fluezen	Doorgroeid fonteinkruid	o	15	100

In tabel 5.1 zijn de meren min of meer geordend op afnemende afstand van het IJsselmeer. Dat betekent dat het IJsselmeerwater 's zomers eerst in de onderaan staande meren terecht komt en als laatste in de bovenaan genoemde meren. In de tabel loopt de maximale exponentie min of meer op. In de meren achterin het boezemsysteem groeien ondergedoken waterplanten dus dicht bij de zuidwestoever dan in de meren voorin het boezemsysteem. Voor een deel worden de maximale waarden bepaald door de vorm van de meren: Tjeukemeer, Slotermeer en Fluezen zijn nu eenmaal grote meren. Een belangrijk deel van de variatie heeft echter wel degelijk te maken met de variatie in groeiplaatsen. Daarnaast speelt natuurlijk mee dat verschillende soorten planten verschillen in hun gevoeligheid voor golfslag.

In het Bergumermeer is slechts één groeiplaats van ondergedoken waterplanten aanwezig, en wel in de beschutting tussen een eilandje en de oever. In de Grootte Wielen komen op meerdere plaatsen waterplanten voor, maar alleen in beschutte 'zijtakken' aan de plassen. Ook in de Terkaplester Puollen en het Sneekermeer groeien waterplanten alleen op beschutte plaatsen.

de Leijen, de Alde Feanen, en de de Wide Ie zijn niet vermeld in de tabel, omdat hier geen ondergedoken waterplanten zijn aangetroffen door Wetterskip Fryslân. In de Alde Feanen komen in beschutte petgaten en op een beperkt aantal plaatsen in de boezem wel waterplanten voor. Het merendeel van deze groeiplaatsen is beschut, maar tenminste één groeiplaats kent een exponentie van ca. 100 m (Jager 2012; van Belle in voorbereiding).

In de Fluezen groeien verreweg de meeste waterplanten langs de zuidoever of langs de westoever van de baai it Sân. In het Slotermeer groeien de meeste ondergedoken waterplanten langs de zuid- of de westoever, maar ook op enkele plekken langs de noordoever en op forse afstand van de oostoever. In de Grote Brekken groeien de ondergedoken waterplanten langs de westoever. In het langgerekte Koevorder is de situatie anders: hier groeit een veld Doorgroeid fonteinkruid midden op het meer. Het Tjeukemeer wijkt sterk af van de andere meren: hier groeien de ondergedoken waterplanten juist langs de noord- of de oostoever.

De groei van ondergedoken waterplanten lijkt dus vooral in de meren 'achterin' het boezemsysteem beperkt te zijn door golfslag en stroming. Deze factoren lijken naar het zuidwesten toe minder belangrijk te worden. Bezien in het licht van een samenspel van verschillende standplaatsfactoren, duidt dit er op dat golfslag en stroming belangrijker worden naarmate de groeiplaats verder verwijderd is van het inlaatpunt van (relatief voedselarm) IJsselmeerwater. Anders gezegd: in het zuidwesten zijn de condities vrij gunstig voor ondergedoken waterplanten, waardoor ze veel golfslag kunnen verdragen. In het noordoosten zijn de condities marginaal, zodat ondergedoken waterplanten er amper kunnen groeien. Daar redden ze het alleen als ze beschut zijn tegen golven.

5.2 Implicaties voor uitbreiding van ondergedoken waterplanten in de boezem

Voorals in het noordoosten van de Friese boezem komen zeer weinig ondergedoken waterplanten voor. Het lijkt er op dat golven en stroming hier belangrijke limiterende factoren zijn, vermoedelijk als gevolg van marginale geschiktheid van andere standplaatscondities. In het zuidwesten van de boezem is de waterkwaliteit beter door de inlaat van IJsselmeerwater. Daardoor hebben golven en stroming minder invloed op het voorkomen van ondergedoken waterplanten.

Allereerst betekent dit dat de water- en/of waterbodemkwaliteit in het noordoosten van de boezem nog nauwelijks voldoende is voor ondergedoken waterplanten. Hier is uitbreiding van ondergedoken waterplanten mogelijk door de water- en waterbodemkwaliteit te verbeteren. Bij de huidige water- en waterbodemkwaliteit zullen kansen voor uitbreiding gezocht moeten worden in beschutte hoeken. Op beschutte plaatsen zullen de kansen voor ondergedoken waterplanten nog steeds beperkt worden door het doorzicht, de waterbodem, etc.

In het noordoosten kunnen maatregelen om kleinschaliger water te creëren dubbelop werken: door golven en stroming te verminderen en door tegelijk ook de opwerveling te beperken, zodat het doorzicht toeneemt en de voedselbeschikbaarheid van de waterkolom vermindert.

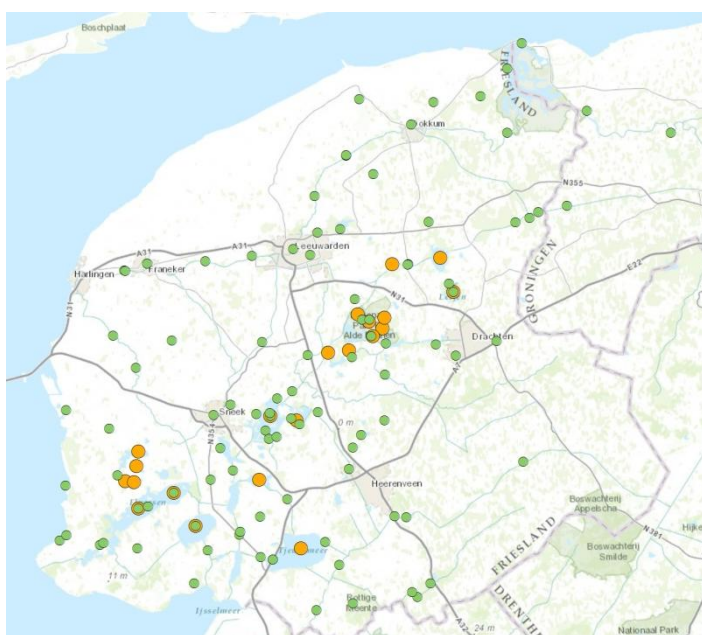
In het zuidwesten van de Friese boezem lijkt de waterkwaliteit beter voor ondergedoken waterplanten. De enclosureproeven in de Leijen bieden geen aanwijzingen voor uitbreiding van ondergedoken waterplanten in het zuidwesten van de boezem.

5.3 Verspreiding van *Dreissena* sp. in de boezem

De Driehoeksmossel heeft zich rond 1826 in Nederland gevestigd (Verdonschot et al., 2013), terwijl de Quaggamossel sinds 2006 in Nederland wordt aangetroffen (Bij de Vaate, 2006). Door Gittenberger en Janssen (2004) wordt aangegeven dat de aanwezigheid van de Driehoeksmossel in Friesland al vóór 1970 bekend was. Dit betekent dat het al dan niet aantreffen van de Driehoeksmossel in Fries oppervlaktewater niet langer door kolonisationsnelheden vanuit het IJsselmeer maar eerder door de aanwezigheid van geschikt substraat en/of waterkwaliteit wordt beïnvloed. Voor de Quaggamossel ligt dit anders en kan zijn huidige vóórkomen in Friesland nog wel degelijk door zijn kolonisationsnelheid zijn beïnvloed.

Om de relevantie van de huidige waarnemingen voor de Friese boezem te kunnen beoordelen is een overzicht opgesteld van de waarnemingen van de Driehoeksmossel en de Quaggamossel in Friesland. Hierbij is van meerdere bronnen gebruik gemaakt namelijk:

- twee stage rapporten (Bierma & de Jong, 1997; K-H Dijkstra, 1998);
- macrofauna bemonsteringen uitgevoerd door Wetterskip Fryslân;
- mossel-bemonsteringen die simultaan met een tweetal visstand onderzoeken zijn uitgevoerd (Klinge, 1999; De Laak et al, 2003);
- eigen waarnemingen van dhr. Bij de Vaate;
- het huidig onderzoek.

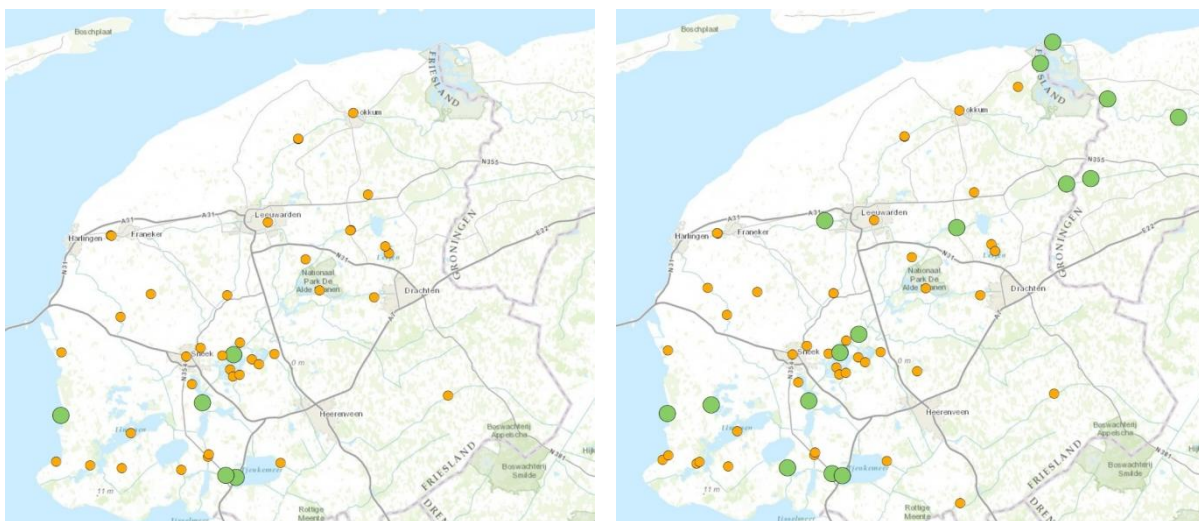


Figuur 5.1. Verspreiding van de Driehoeksmossel in Friesland over de periode 1989-2014.

● = aanwezigheid in mosselkor; ● = aanwezigheid in oever monsters (handnet of stenen)

Figuur 5.1 illustreert dat de Driehoeksmossel in Friesland op veel plaatsen kan worden aangetroffen, waarbij zij een voorkeur hebben voor de grotere wateren (zoals kanalen, meren). Voor de Leijen heeft de inventarisatie van Driehoeksmosselen zich in het verleden op zowel het harde (litorale) als zachte (profundale) substraat gericht. In het mosselkor onderzoek uit 1998 zijn in de Leijen geen Driehoeksmosselen aangetroffen, terwijl dat bij het onderzoek in 2002 wel het geval was. Overigens werd ook toen opgemerkt dat hun voorkomen schaars was: *“In De Leyen zijn slechts in één van de vier trekken met de mosselkor driehoeksmosselen aangetroffen”* (bijlagen rapport OVB, 2002). Ook de huidige waarnemingen in juni 2014 duiden op een heterogeen en sporadisch voorkomen van de Driehoeksmossel op het zachte substraat in de Leijen. Vanwege deze sporadische aanwezigheid wordt het al dan niet aantreffen van deze soort in bodemonsters uit de Leijen sterk beïnvloed door ruimtelijke heterogeniteit en de grootte van de bemonsterde oppervlakten.

De eerste waarneming op hard substraat in de Leijen is van september 2008 toen bij het zoeken van de uitgehangen netten met Driehoeksmosselen gericht op stenen is gezocht (waarneming Wetterskip Fryslân). Men kan er echter vanuit gaan dat deze stenen al vrij snel na de aanleg van de eilanden (2006) zijn gekoloniseerd. Uit de gegevens blijkt namelijk dat de Driehoeksmossel al vanaf de start van de enclosureproeven in de Leijen aanwezig was (OVB, 2002), dat de waterkwaliteit in de Leijen geen beperkende factor is geweest en dat zich in de nabijheid van de Leijen levensvatbare populaties Driehoeksmossel te vinden, die als bron van mossellarven kunnen dienen. Er is daarmee een gerede kans dat de waarnemingen van Driehoeksmosselen met een lengte <6 mm (zie hfst 4) duiden op reproductie in de Leijen en/of direct omliggende wateren en niet (uitsluitend) via settelende mossellarven uit binnenkomend oppervlaktewater vanaf het IJsselmeer.



Figuur 5.2. Verspreiding van de Quaggamossel in Friesland over de periode 2009-2010 (links) en 2009-2014 (rechts).

- = geen Quaggamossel maar wel Driehoeksmossel aangetroffen;
- = Quaggamossel aangetroffen

De verspreiding van de Quaggamossel is weergegeven in figuur 5.2. Waarnemingen zijn afkomstig uit privé-waarnemingen van de heer Bij de Vaate en de macrofaunamonsters van Wetterskip Fryslân. De eerste waarneming van de Quaggamossel is in 2009 gedaan, toen de heer Bij de Vaate in zowel Tjeukemeer, Pr. Margrietkanaal als Follegastersloot de Quaggamossel heeft aangetroffen. In de periode 2009-2010 zijn de waarnemingen beperkt tot

de zuid-west hoek van Friesland, die daarmee duiden op een (overigens logische) oorsprong van de Quaggamossel uit het binnenkomende IJsselmeerwater. De kolonisatie van Friesland is de laatste jaren verder gegaan en de Quaggamossel wordt momenteel tot in de noord-oost hoek van Friesland aangetroffen. In de Leijen zijn tot in 2014 nog geen Quaggamosselen aangetroffen. In 2012 is de soort echter al wel aangetroffen in het prinses Margrietkanaal bij Burgum, hemelsbreed zo'n 5 km van de Leijen verwijderd. Kolonisatie van de Leijen is daarom op korte termijn te verwachten.

5.4 Implicaties voor Dreissena's in de boezem

In 1998 is een eerste onderzoek uitgevoerd naar de dichtheden van de Driehoeksmossel in meerdere Friese watersystemen (Klinge, 1999). De hoogste dichtheden werden aangetroffen in het Sneekmeer, Langweerder wielen, Terkaplester poelen, Tjeukemeer, Gaastmeer en Sitebuurtster Ee met dichtheden tussen de 40-105 individuen/m². Ook in 2002 zijn bestandopnamen met een mosselkor uitgevoerd. Hierbij zijn echter geen dichtheden maar biomassa's gerapporteerd in g/m², waardoor de getallen zich moeilijk laten vergelijken (De Laak et al., 2003). De hoogste dichtheden werden aangetroffen in het Bergumermeer (max. 27 g/m²), Fluezen (max. 22 g/m²) en de Langweerder wielen (max. 10 g/m²). Opvallend hierbij is dat in het onderzoek uit 1998 zowel het Bergumermeer als de Fluezen vrij lage dichtheden kende (<5 ind/m²). Dit kan te maken hebben met ruimtelijke heterogeniteit waardoor de trekken met een mosselkor onderling sterk kunnen verschillen. Een toename van de dichtheid in de jaren is echter ook niet uit te sluiten.

Om deze populatieschattingen te kunnen beoordelen en de eventuele impact van de Driehoeksmosselen op het aquatisch ecosysteem in te kunnen schatten, zijn ze in tabel 5.2 vergeleken met recente dichtheidsmetingen in enkele andere Nederlandse watersystemen. Hieruit blijkt dat ook de maximale dichtheden in Friesland nog steeds aan de lage kant zijn ten opzichte van andere Nederlandse watersystemen. Van de onderzochte wateren laat het Markermeer zich qua morfologie wellicht het beste met de Friese meren vergelijken; de waterdiepte is relatief gering en er is veel slib in het systeem aanwezig. Met zo'n 250 ind/m² ligt de Dreissena dichtheid in het Markermeer iets hoger dan de range zoals die voor de Friese meren is vastgesteld, terwijl tegelijkertijd al jaren wordt gekeken naar welke factoren deze lage dichtheden in het Markermeer kunnen verklaren. In het zuidelijk deel van het IJsselmeer en vooral het Volkerak zijn de Dreissena dichtheden een factor 10 hoger, waarbij in ieder geval voor het Volkerak is geconcludeerd dat deze hoge dichtheden (>95% Quaggamossel) in staat zijn tot een positief effect op de waterkwaliteit, waarvan ook de ondergedoken waterplanten kunnen profiteren (De Vries & Postma, 2013). Ook in het zuidelijk deel van het IJsselmeer heeft de komst van de Quaggamossel geleid tot een aanzienlijk hogere Dreissena-dichtheid (>95% Quaggamosselen) met een verbeterd doorzicht tot gevolg.

Er mag verwacht worden dat de Quaggamossel binnen enkele jaren ook de Leijen zal koloniseren. Gelet op de waarnemingen van deze soort uit ander Nederlands oppervlaktewater (bijv. Volkerak) zou het niet verbazingwekkend zijn wanneer de Quaggamossel het aanwezige slibrijke substraat beter zal koloniseren dan de Driehoeksmossel tot nu toe heeft kunnen doen. Als op die manier de totale dichtheid van Dreissena's in de Leijen kan gaan toenemen zou er ook eerder sprake kunnen zijn van een positief effect op het doorzicht. Ondanks het feit dat de Quaggamossel in de KRW-maatlatten niet als kenmerkende of positief dominante soort is beschreven (waar dat voor de Driehoeksmossel wel het geval is), zou dit toch voor een positief effect op de EKR-score kunnen zorgen als gevolg van een toegenomen doorzicht de kans voor macrofyten vergroot.

Tegen deze verwachting zijn echter ook bedenkingen te uiten. Zo zijn er ook verschillen tussen de genoemde meren. In het Volkerak kan het zwevende stof zich waarschijnlijk makkelijker in de diepere delen verzamelen dan in de ondiepe Friese meren. Hierdoor zal het zachte substraat in het Volkerak zandiger van structuur zijn en daardoor makkelijker te koloniseren. Tegelijkertijd zijn er ook in veel Friese meren meer zandige delen, die te maken hebben met de aanwezigheid van zandruggen (zie §5.1). De grote ruimtelijke heterogeniteit die in beide mosselkor onderzoeken werd geconstateerd is hier waarschijnlijk een gevolg van. Zo laat de verdeling van de Driehoeksmossel-dichtheid in het Sneekerveer (Bierma & de Jong, 1997) een opvallende overeenkomst zien met de aanwezigheid van een harde bodem. Het feit dat Driehoeksmosselen ook op elkaar of op andere schelpen (zoals lege Zwanenmosselen) kunnen hechten speelt daarbij een ondergeschikte rol.

Tabel 5.2. Dichtheden van *Dreissena*'s (Driehoeksmossel en Quaggamossel) op zacht substraat in Friesland en enkele andere Nederlandse watersystemen met een onderscheid naar jaartal en diepte van de monsterlocatie.

Watersysteem	Aantal locaties	Jaartal	Diepte (m)	<i>Dreissena</i> 's (ind/m ²)	Referentie
Friesland	18	1998; 2002	1-4	0 - 105	Dijkstra, 1998
Haringvliet (oostelijk deel)	3	2010	2-5	850	Bij de Vaate et al., 2010
Markermeer	72	2011	1,5-4,5	250	Bij de Vaate et al., 2011
IJsselmeer (zuidelijk deel)	32	2012	2-6	2400	Bij de Vaate & Jansen, 2012
Volkerak	37	2012	2-5	4900	Bij de Vaate et al., 2012

Noot. In het Markermeer was het aandeel van de Quaggamossel in de *Dreissena* gemeenschap 80%; in de drie overige wateren >95%. In Friesland betrof het uitsluitend *D. polymorpha*.

Al met al blijft het moeilijk om de toekomstige ontwikkeling te voorspellen. Gezien de ontwikkelingen van de Quaggamossel in Friesland en Nederland als geheel, wordt Wetterskip Fryslân geadviseerd om op de korte termijn geen maatregelen te ontplooiën om de populaties van *Dreissena*'s actief te beïnvloeden. Wel wordt het Wetterskip aangeraden om op korte termijn het populatieonderzoek naar de mosselen op zacht substraat in de meren zodanig te herhalen, dat ook vergelijkingen kunnen worden gemaakt met andere wateren. Dat betekent een aanpassing van de bemonsterings-methode en de te analyseren parameters.

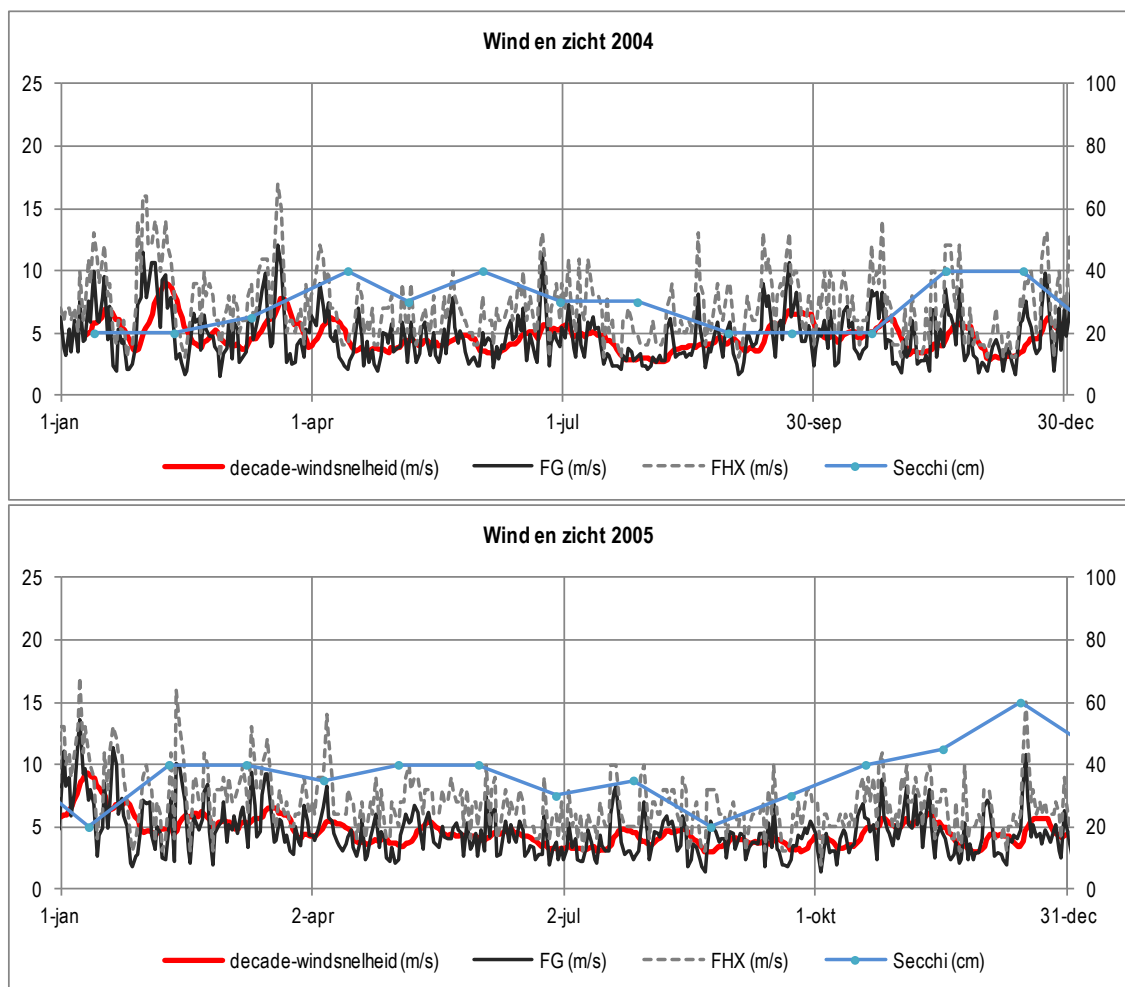
6 Literatuur

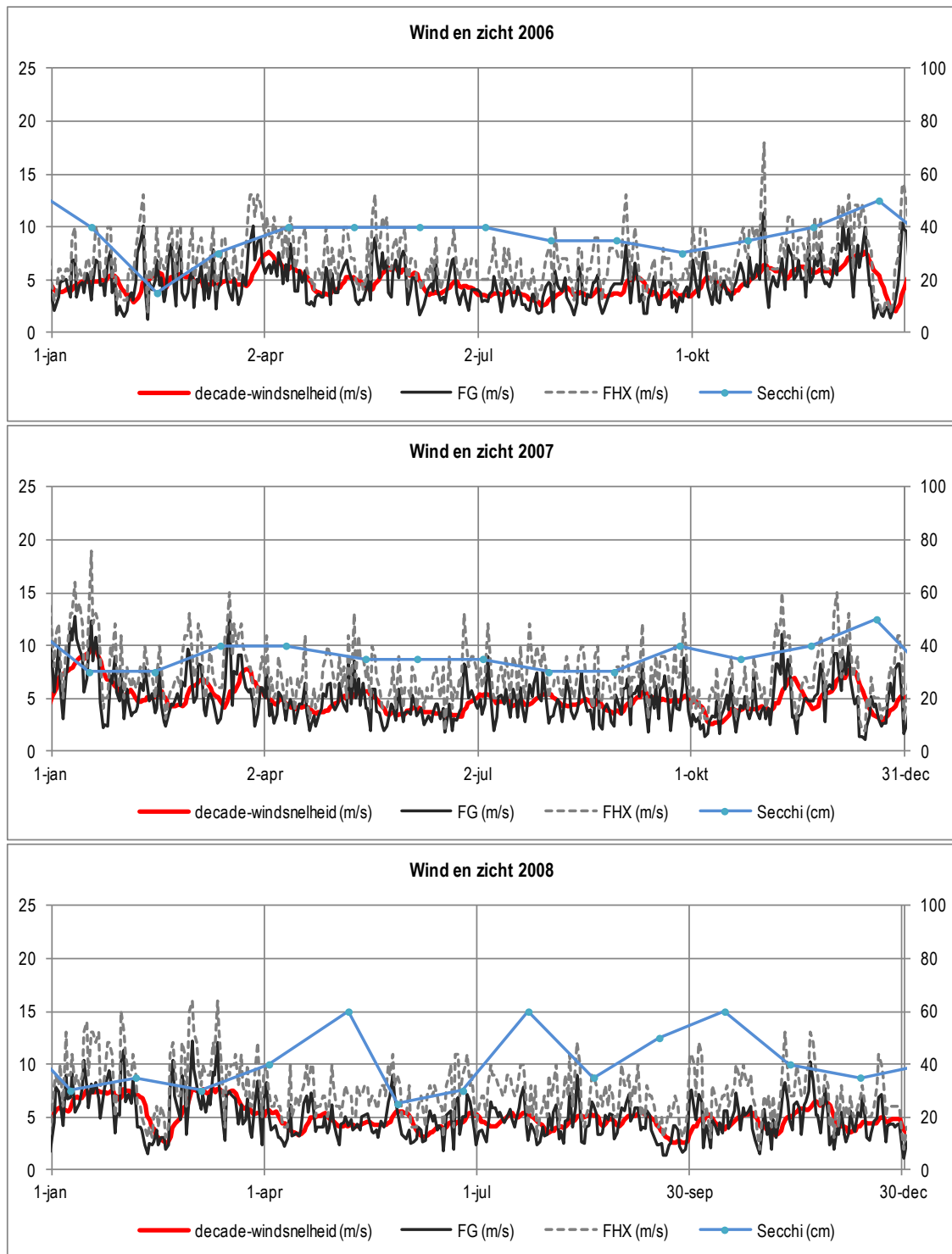
- AquaSense 2006. De Leijen. Integrale rapportage over het ecologisch functioneren. Rapportnummer 06.2454bb. AquaSense, Amsterdam.
- Belle, J. van in voorbereiding. Nulmonitoring LIFE+-project Booming Business. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Bierma, A.G. & R. de Jong 1997. De Driehoeksmossel in Friesland. Ecologie en voorkomen. Stage-rapport Van Hall instituut.
- Bijkerk, W., W. Altenburg & T. Claassen 2004. Water- en oeverplanten in de Leijen. Inventarisatie van macrofyten in 2003. A&W-rapport 436. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Claassen, T.H.L. 2006. Implementation of the EU Water Framework Directive in Lake Leijen, The Netherlands; Preliminary results of water quality monitoring and an overview of restoration measures. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.
- Claassen, T.H.L. & I. Meijer-Bielenin 1998. Technisch document "Introductie van waterplanten bij herstelprojecten". Een kleinschalig experiment in het IZAKSWIJD. Intern verslag Wetterskip Fryslân, Leeuwarden.
- Dijkstra, K.-H. 1998. De Driehoeksmossel in Friesland. Stageverslag AOC Friesland.
- Gittenberger, E. & A.W. Janssen (Red.) 2004. De Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brakwater. Nederlandse Fauna deel 2. KNNV uitgeverij.
- Haye, M.A.A. de la, H. van Dam, E. van der Pouw Kraan & D. Tempelman 2010. De ecologische toestand van de Leijen. De resultaten van 10 jaar maatregelen en monitoring. Grontmij, Amsterdam.
- Jager, H.J. 2012. Kleine inventarisatie waterplanten Alde Feanen. Notitie It Fryske Gea, Olterterp.
- Joustra, A.H. 1953. Plantensociologisch onderzoek van de oost- en west-oever van de Leijen. Verslag Bijvak Plantensociologie, Paedagogiek. M.O.-B.
- Klinge, M. 1999. Monitoring van de visstand in de Friese Boezem en in de wateren voor karperachtigen. Wetterskip Fryslân, Witteveen + Bos, september 1999. 150p.
- KNMI 2009. Jaar 2008: Twaalfde warme jaar op rij. Het jaar was tevens zeer zonnig. Beschikbaar via internet: http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoensoverzichten/jaar/jaar08.html
- KNMI 2011. Jaaroverzicht van het weer in Nederland. 2010. KNMI, klimaatdata- en advies, De Bilt. Beschikbaar via internet: http://www.knmi.nl/klimatologie/mow/pdf/jow_2010.pdf
- Laak, G.A.J. de, G.C.W. van Beek, J.C.A. Merks & J.G.P. Klein Breteler (2003). Monitoring visstand Friese wateren 2002. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. OVB Onderzoeksrapport nummer: OND00153.
- Penning, W.E., M. Haasnoot, M. Kuijper & R. van Buren 2006. Rekenregels voor macrofyten in meren ten behoeve van de KRW. WL Delft Hydraulics.
- Penning, W.E. 2012. Ecohydraulics in large shallow lakes: implications for management. Proefschrift Technische Universiteit Delft.
- Schutten, J., J. Dainty & A.J. Davy 2005. Root anchorage and its significance for submerged plants in shallow lakes. *Journal of Ecology* 93:556-571.
- Stowa 2014. Ecologische sleutelfactoren. Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. STOWA-rapport 2014-19. STOWA, Amersfoort
- Szmeja, J. & A. Gałka 2008. Phenotypic responses to water flow and wave exposure in aquatic plants. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 77(1):59-65.
- Vaate, A. bij de 2006. De quaggamossel, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897), een nieuwe zoetwater mosselsoort voor Nederland. *Spirula* 353: 143-144.

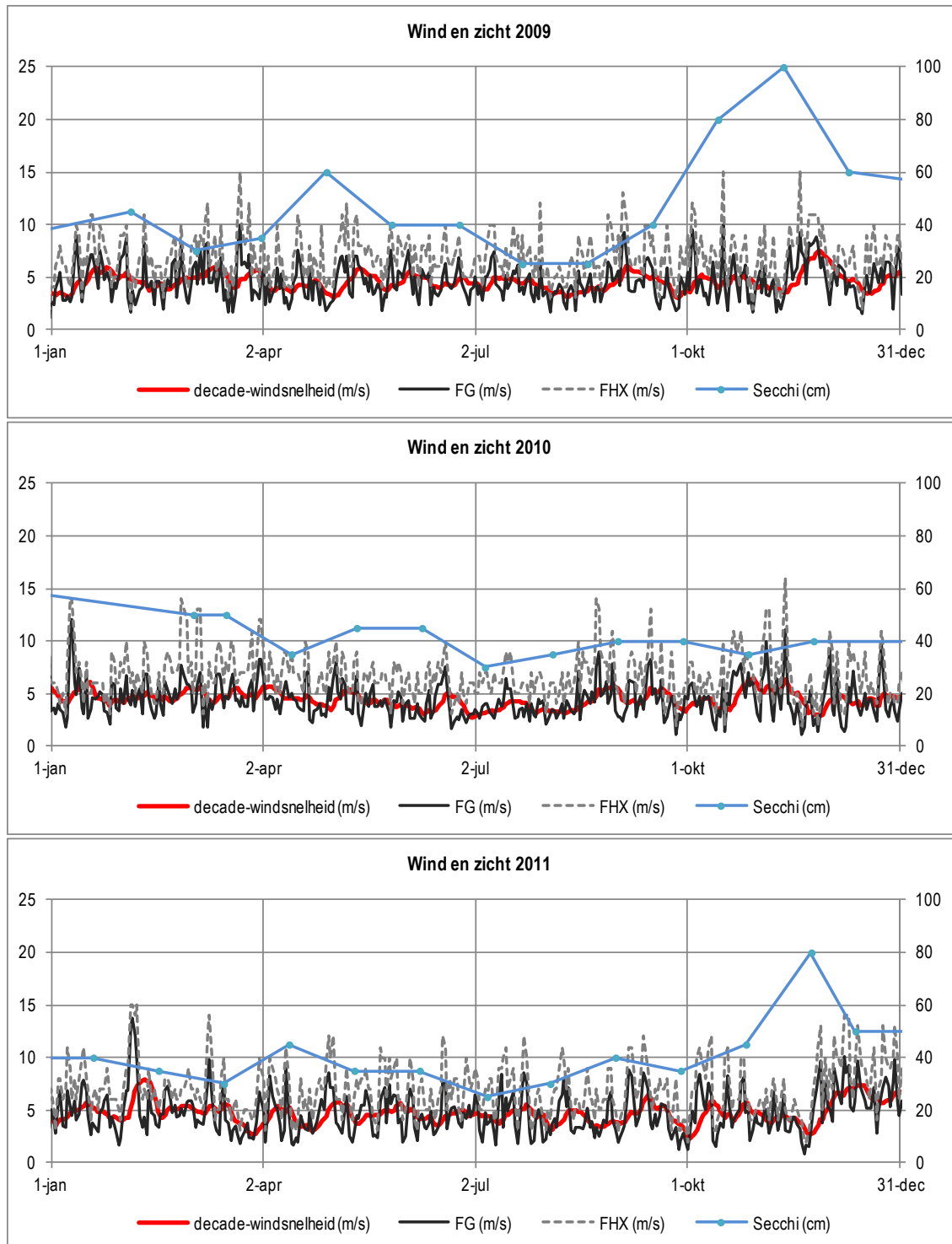
- Vaate, A. bij de, S.J. bij de Vaate, J. Tempelaars & E.A. Jansen 2010. Een uitgangssituatie voor Dreissena's in het Haringvliet ten behoeve van onderzoek naar effecten van het openen van de Haringvlietsluizen. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2010/03.
- Vaate, A. bij de & E.A. Jansen 2011. De dichtheid van driehoeks- en quaggamosselen in het Markermeer: resultaten van de kartering uitgevoerd in 2011. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2011/03.
- Vaate, A. bij de & E.A. Jansen 2012. De dichtheid van driehoeks- en quaggamosselen in het IJsselmeer: resultaten van een gebiedsdekkende kartering uitgevoerd in 2012. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2012/03.
- Vaate, A. bij de, E.A. Jansen & S.J. bij de Vaate 2012. De Dreissena dichtheid in het Volkerak: resultaten van onderzoek uitgevoerd in 2012. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2012/04.
- Verdonschot, R.C.M., J.H. Vos & P.F.M. Verdonschot 2013. Exotische macrofauna en macrofyten in de Nederlandse zoete wateren. Voorkomen en beleid in 2012. WUR-Werkdocument 334.
- Vries, I. de & R. Postma 2013. Quick scan waterkwaliteit en ecologie Volkerak-Zoommeer. Deltares rapport 1207783.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra 1991. Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 4. IVN.
- Zhu, G., T. Cao, M. Zhang, L. Ni & X. Zhang 2014. Fertile sediment and ammonium enrichment decrease the growth and biomechanical strength of submerged macrophyte *Myriophyllum spicatum* in an experiment. Hydrobiologia 727:109-120.

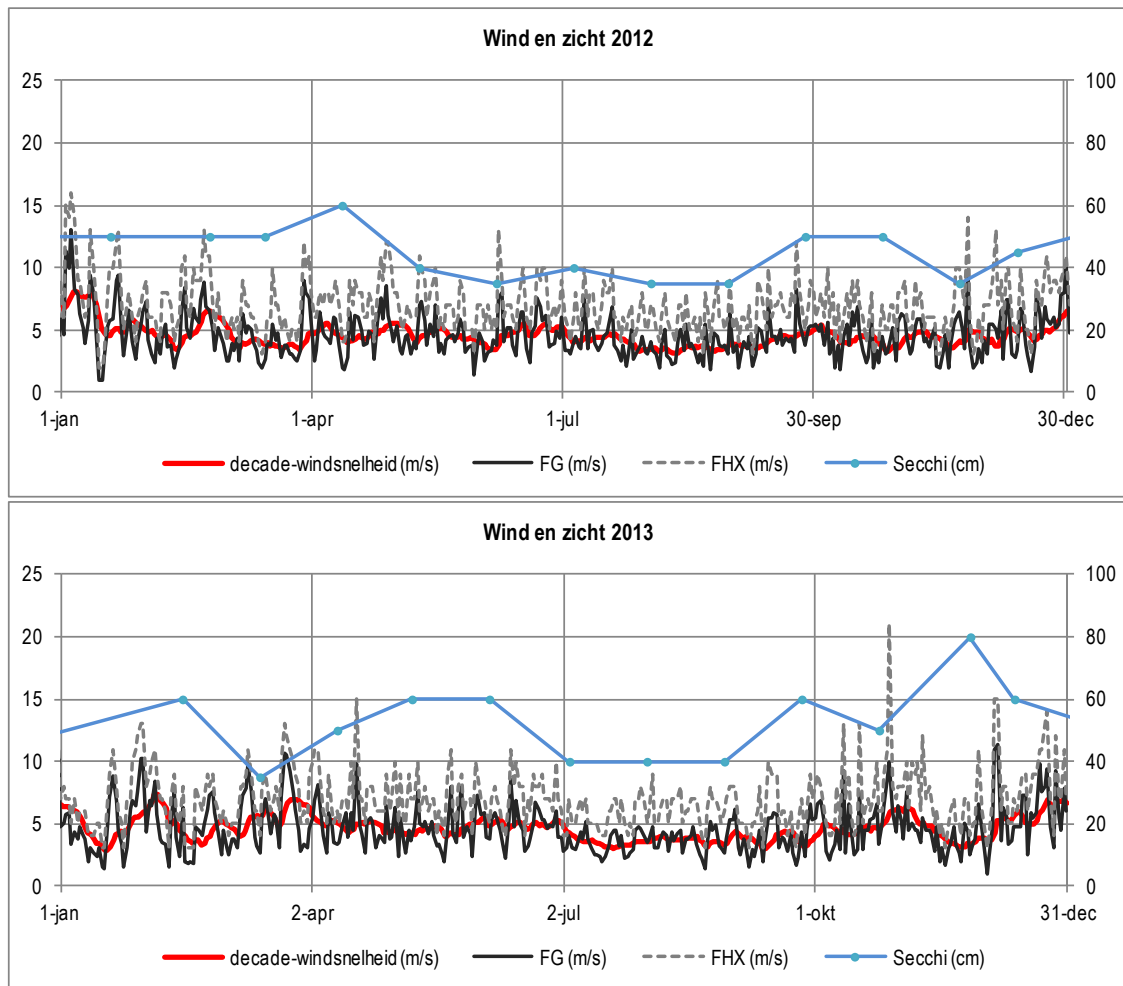
Bijlage 1 Windsnelheid en doorzicht per jaar

In onderstaande figuren zijn op de rechter y-as Secchi-dieptes midden op de Leijen (meetpunt 45, data Wetterskip Fryslân) uitgezet tegen de windsnelheid bij KNMI-meetstation Leeuwarden op de linker y-as (data KNMI). De decade-windsnelheid is de gemiddelde windsnelheid over de voorgaande 10 dagen, FG is de daggemiddelde windsnelheid, FHX is de maximale uurgemiddelde windsnelheid en Secchi is het doorzicht.









Bijlage 2 Aanvullend mosselonderzoek 2008

Onderstaande tekst is een integraal overgenomen interne notitie van Wetterskip Fryslân.

Uitzetten driehoeksmosselen in de Leijen.

In de Leijen zijn vier nieuwe eilanden (2006) aangelegd, welke rondom voorzien zijn van stenen.

Op 22 mei 2008 zijn er op de stenenbeschoeiing rondom de eilandjes, driehoeksmosselen uitgezet.

De mosselen, afkomstig van Electrabel Burgum, zijn in “uiennetten” geplaatst en op verschillende locaties en verschillende diepten geplaatst. De netten hebben een grote van 90 cm x 50cm, met V-vormige mazen, afmeting 10 mm x 5 mm (grootste breedte). Rekening houdend met de draaddikte hebben de netten ongeveer een doorlaatbaarheid van 40 % . Ze zijn gevuld met ca 2,5 kg mosselen.

De netten zijn gemerkt met “strippers” in de kleuren wit en zwart en voorzien van een drijvertje. Ter hoogte van een net met mossels is een steen gemerkt met witte verf. De x- en y-coördinaten zijn bepaald met een GPS, nauwkeurigheid van ca 5 meter.

Eiland 1 (vanaf het Opeinder kanaal/zuiden)

Net nummer	merkteken	locatie	x-coord	y-coord	diepte	Ondergrond
1	1 zwart	westzijde			50 cm	Steen
2	1 wit	westzijde			100 cm	Steen
3	1 wit / 1 zwart	westzijde	200.009	574.179	75 cm	Steen

De mossels zijn aan de westzijde geplaatst, hier hebben ze geen/weinig last van de golfslag afkomstig van boten uit de vaargeul. Wel kan de (overheersende) westenwind de groei beïnvloeden.

Eiland 2 (vanaf het Opeinder kanaal/zuiden)

Net nummer	merkteken	locatie	x-coord	y-coord	diepte	Ondergrond
4	2 zwart / 1 wit	oostzijde	200.042	574.373	50 cm	Zand

De mossels zijn aan de oostzijde geplaatst, in het midden van het eiland t.o. boei 19 (tussen paal 4 en 5). In deze zak is gevuld met een dubbele hoeveelheid (ca 5 kg) mossels, en plat op het zand gelegd.

Eiland 3 (vanaf het Opeinder kanaal/zuiden)

Net nummer	merkteken	locatie	x-coord	y-coord	diepte	Ondergrond
5	2 wit / 1 zwart	oostzijde	200.036	574.467	50 cm	Steen

De mossels zijn aan de oostzijde geplaatst, in het midden van het eiland tussen t.h.v. paal 4/ 5 van de palenrij tussen de eilandjes. Het eiland heeft enige luwte van eiland 4 wat betreft de golfslag.

Eiland 4 (vanaf het Opeinder kanaal/zuiden)

Net nummer	merkteken	locatie	x-coord	y-coord	diepte	Ondergrond
6	2 wit	westzijde	200.019	574.544	100 cm	Zand
7	2 zwart	westzijde	200.013	574.467	70 cm	Steen

De mossels zijn aan de westzijde geplaatst, hier hebben ze geen/weinig last van de golfslag afkomstig van boten uit de vaargeul. Wel kan de (overheersende) westenwind de groei beïnvloeden.

Eiland oud (ten zuid-westen van eiland 2)

Net nummer	merkteken	Locatie	x-coord	y-coord	diepte	Ondergrond
los	Geen	West binnen			10 cm	Steen
Los	geen	West binnen			50 cm	Zand

De mossels (ca 5 kg) zijn los uitgespreid aan de binnen kant van de beschoeiing. Ze zijn over verschillende diepten, variërend tussen de 10 cm en 50 cm, over de bodem uitgespreid.

Volgens de informatie van Miquel bestond de indruk dat het meedeinen met de golven stress veroorzaakt bij de mosseltjes. Daarom zijn er mossels aan verschillende zijden geplaatst:

Oostzijde: invloed van golfslag boten en wind
 Westzijde: invloed van (overheersende) westenwind
 Binnenkant beschoeiing weinig invloed van wind en golfslag

Tijdens het plaatsen en nog enkele dagen hierna hadden we een Oostenwind.

Monitoring driehoeksmossels op de eilandjes.

Op 22 mei 2008 zijn er op vijf verschillende eilandjes, aan de zuidkant van de Leijen, driehoeksmosselen uitgezet.

De mossels zijn zowel in netten als los op verschillende diepten uitgezet.

Op 11 september 2008 is gekeken of de mossels zich ook gevestigd hebben.

Na enige tijd zoeken bleken alle netten te zijn verdwenen, bij alle eilandjes.

Bij het "oude" eilandje zijn in het voorjaar de mossels niet in een net geplaatst maar los over de stenen uitgespreid. Hier vonden we kleine mosseltjes aan de onderkant van de stenen.

Bij alle eilandjes hebben we hierna stenen omgekeerd en overal kwamen we mossels tegen.

De grotere exemplaren lagen vaak wat dieper (60 cm) dan de kleinere exemplaren. Vanaf ca 10 cm onder de waterspiegel werden de mosseltjes gevonden.



Bij eilandje drie werden nog enkele mossels op de zandgrond gevonden en bij eiland vier hadden enkele mossels zich vastgezet aan een oude rietstengel.



Omdat de netten niet meer te vinden zijn, misschien weggehaald zijn, ontstaat de gedachte dat met het storten van de stenen in, de driehoeksmossel zich op dit substraat wel spontaan zou kunnen ontwikkelen.
(als we positief denken dan hebben de driehoeksmossels uit de oude enclosures zich verplaatst naar de eilanden.).

Bijlage 3 Aanvullende inventarisatie 2014

Waterfauna

Hydrobiologisch
Adviesbureau

Notitie

Van : Bram bij de Vaate

Aan : Jaap Postma

Datum : 8 juli 2014

Betreft : resultaten twee Dreissenamonsters uit De Leijen

Op 26 juni 2014 zijn twee Dreissenamonsters genomen in "de Leijen", een relatief klein meer tussen Bergum en Drachten. Bemonsterd zijn de Dreissena's op de bodem (het "bodemmonster") en op stenen in de oeverzone (het "stenenmonster").

Soorten en populatieopbouw

In beide monsters zijn alleen driehoeksmosselen aangetroffen. Opvallend was de afwezigheid van quaggamosselen in beide monsters. Op grond van verschillende waarnemingen in Friesland werd hun aanwezigheid wel verondersteld.

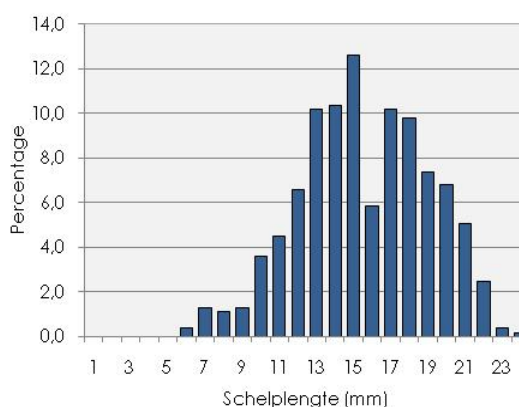
Het bodemmonster bevatte 67 driehoeksmosselen. Van alle exemplaren is de schelpenlengte gemeten (afgerond op hele mm's).

Van de driehoeksmosselen in het stenenmonster is, *ad random*, in totaal van 531 exemplaren de schelpenlengte gemeten. De 158 resterende Dreissena's in het monster zijn overigens ook allemaal gedetermineerd. Voor de meting en determinatie van de mosselen is gebruik gemaakt van een loeplamp (vergroting 3x).

De populatieopbouw van de driehoeksmosselen op de stenen in de oeverzone is gegeven in afbeelding 1. Opvallend was de afwezigheid van mosselen <6 mm. Kennelijk had tussen eind april en begin juni 2014, een gebruikelijke voortplantingsperiode voor driehoeksmosselen, geen broedval plaatsgevonden.

De mogelijkheid bestaat dat de broedval dit jaar eerder heeft plaatsgevonden vanwege de relatief zachte winter en milde voorjaar. Op basis van groeimetingen in het

IJsselmeer blijkt namelijk dat driehoeksmosselen tussen half april en half juni gemiddeld zo'n zes mm kunnen groeien (Bij de Vaate & Jansen, 2013). Broedval gaat echter ten koste van het vleesgewicht. Het vleesgewicht van de driehoeksmosselen uit "de Leijen" was hoog in vergelijking met andere wateren (zie volgende paragraaf). Vandaar de veronderstelling van



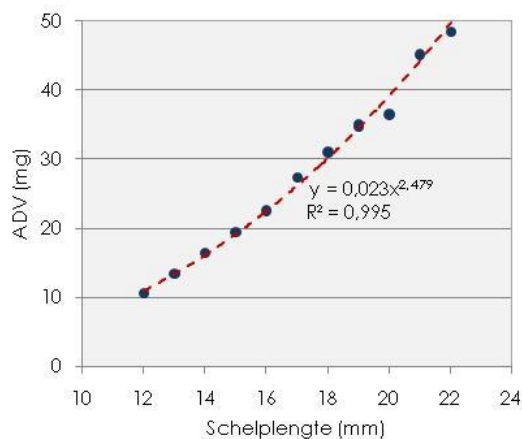
Afbeelding 1. De populatieopbouw van driehoeksmosselen in het monster afkomstig van stenen in de oeverzone

een eventuele uitgestelde broedval. Ook van vanwege het ontbreken van een piek bij mosselen met een schelpenlengte van 4-9 mm (Afb. 1).

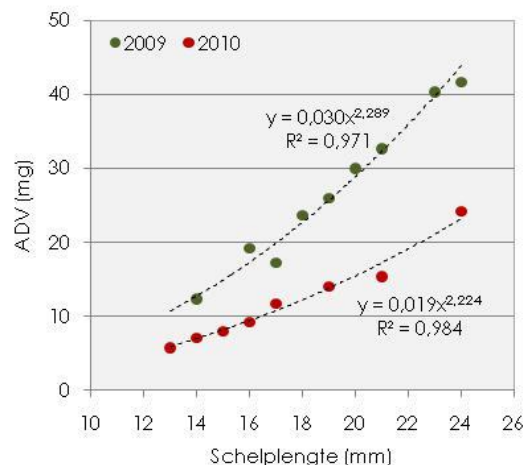
Biomassa driehoeksmosselen

Nadat de mosselen dezelfde dag van de bemonstering waren opgemeten voor de analyse van de populatieopbouw zijn de afzonderlijke lengteklassen van 12 t/m 21 mm, gedurende 2,5 minuten verhit in een magnetron (bij 900 Watt). Het vlees is vervolgens met een pincet uit de schelp gehaald en daarna per afzonderlijke lengteklasse ingevroren bij een temperatuur van -18°C. Een aantal dagen daarna is het ingevroren materiaal ontdooid en gedurende 24 uur gedroogd bij 80°C. Vervolgens werd na weging het gedroogde materiaal gedurende 5 uur verast bij 450°C. Het verschil van drooggewicht en asrest gedeeld door het aantal mosselen leverde het gemiddelde asvrij droog vleesgewicht (ADV) per mossel op. Alle wegingen zijn uitgevoerd met een nauwkeurigheid van $\pm 0,1$ mg. Per lengteklasse is een hoeveelheid van minimaal 14 tot maximaal 25 mosselen gebruikt voor de bepaling van het gemiddelde asvrij drooggewicht.

De relatie tussen de schelpenlengte en het ADV van de driehoeksmosselen uit het stenenmonsters is gegeven in afbeelding 2. Het ADV is vergelijkbaar met dat van mosselen het IJsselmeer verzameld op 22 juni 2009 (Afb. 3). Het verschil met de mosselen in "de Leijen" is echter dat in het IJsselmeer wel in de periode voorafgaand aan de bemonstering broedval was opgetreden (Bij de Vaate, 2010). Een jaar later, op 21 juni 2010, was het ADV met ongeveer een factor 2 afgenomen (Afb. 3), ondanks dat in dat jaar voorafgaand aan de bemonstering geen broedval kon worden waargenomen. Het afgenomen vleesgewicht moet worden toegeschreven aan voedselconcurrentie als gevolg van de sterk toegenomen dichtheid van de quaggamossel in het IJsselmeer (Bij de Vaate & Jansen, 2013).



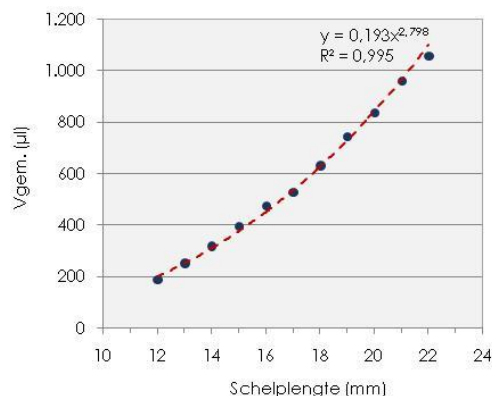
Afbeelding 2. De relatie tussen schelpenlengte en asvrij droog vleesgewicht (ADV) bij de driehoeksmosselen in de Leijen 2014



Afbeelding 3. De relatie tussen schelpenlengte en asvrij droog vleesgewicht (ADV) bij driehoeksmosselen verzameld in juni 2009 en 2010 in het zuidelijk deel van het IJsselmeer

Biovolume driehoeksmosselen

Van de driehoeksmosselen uit het stenenmonster is, onmiddellijk na de bepaling van de populatieopbouw, het gemiddelde biovolume per lengteklasse van 12 t/m 22 mm bepaald volgens de methode beschreven door Smit & Dudok van Heel (1992). Vóór de metingen is het aanhangende water verwijderd door de mosselen in een plastic huishoudzeef over te brengen die op een droge spons werd geplaatst. Daarna zijn de mosselen overgebracht in een maatcilinder of aangepaste maatpipet die deels gevuld was met een bekend volume leidingwater. Zowel de maatcilinders als de aangepaste maatpipetten waren van een passende grootte t.o.v. de hoeveelheid en de grootte van de individuele mosselen. De kleinste gebruikte maatpipet had een inhoud van 25 ml en is met een maatverdeling van 0,2 ml, de grootste maatcilinder had een inhoud van 100 ml met een maatverdeling van 1 ml. Nadat de mosselen waren overgebracht in de maatcilinder of -pipet is opnieuw het waterniveau afgelezen. Het verschil tussen de eerste en tweede aflezing was het biovolume van het aantal mosselen per lengteklasse.



Afbeelding 4. De relatie tussen schelpenlengte en biovolume bij de driehoeksmosselen in de Leijen

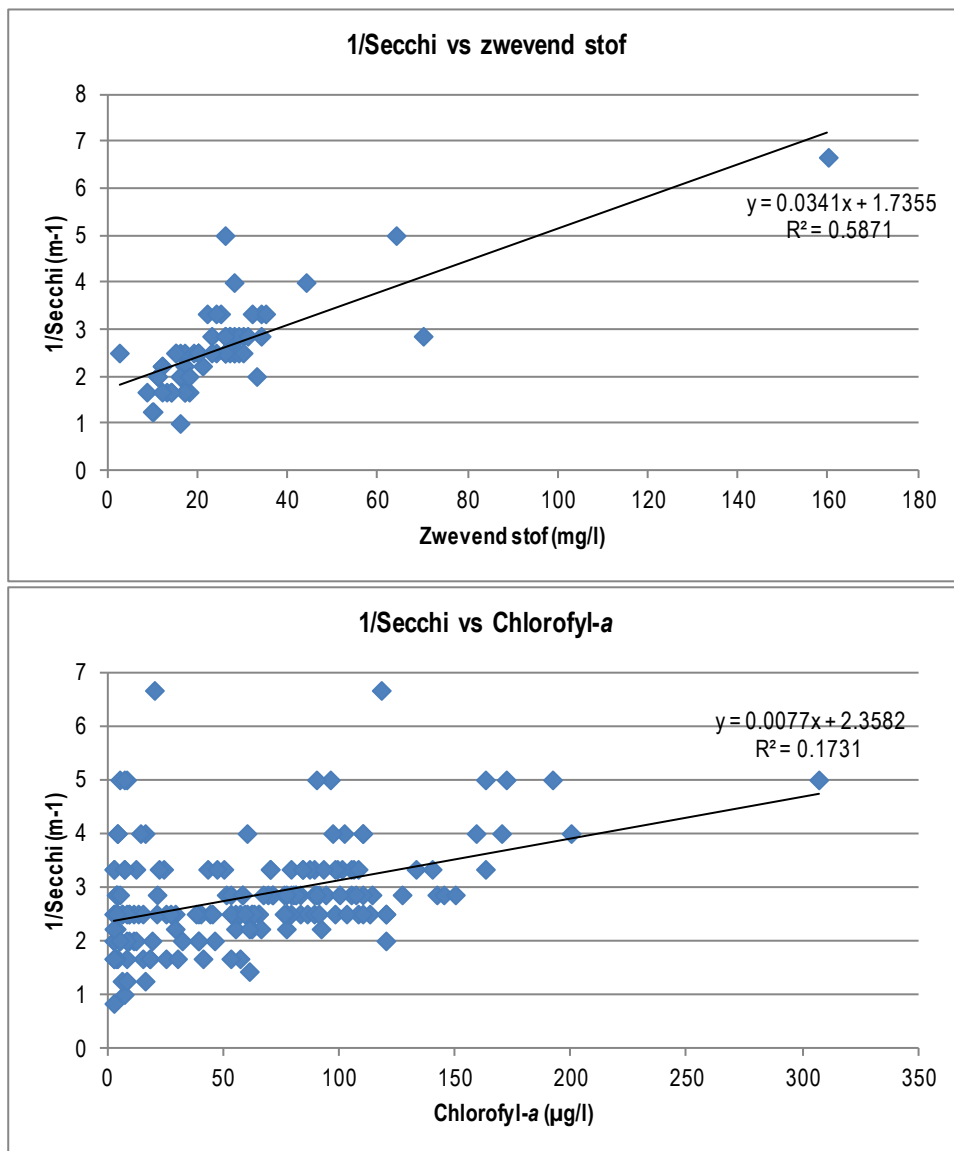
De relatie tussen de schelpenlengte en het biovolume van de driehoeksmosselen is gegeven in afbeelding 4. In vergelijking met de driehoeksmosselen in het IJsselmeer scoren de mosselen uit "de Leijen" duidelijk beter. In "de Leijen" kan de relatie tussen schelpenlengte (Sl in mm) en biovolume (V in µl) beschreven worden met de vergelijking $Sl = 0,193V^{2,798}$, in het IJsselmeer met de vergelijking $Sl = 0,075V^{3,036}$. Hoewel harde gegevens over de relatie tussen de conditie van de mosselen en hun biovolume ontbreken, lijkt voorlopig de conclusie gerechtvaardigd dat een hoger vleesgewicht ook leidt tot een hoger biovolume.

Literatuurreferenties

- Bij de Vaate, A., 2010. Populatiodynamica van driehoeks- en quaggamosselen in het Marker- en IJsselmeer: resultaten van onderzoek uitgevoerd in 2009. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2010/01.
- Bij de Vaate, A. & E.A. Jansen, 2010. Populatiodynamica van driehoeks- en quaggamosselen in het Marker- en IJsselmeer: resultaten van onderzoek uitgevoerd in de periode maart t/m juli 2010. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2010/04.
- Bij de Vaate, A. & E.A. Jansen, 2013. De groei van quagga- en driehoeksmosselen in het IJsselmeer: een pilotstudie. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2013/01.
- Smit, H. & E. Dudok van Heel, 1992. Methodological aspects of allometric biomass determination of *Dreissena polymorpha* aggregations. In: Neumann, D. & Jenner, H.A. (eds.), The zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. Ecology, biological monitoring and first application in water quality management. Limnologie Aktuell 4 : 79-86.

Bijlage 4 Doorzicht vs chlorofyl-a en zwevend stof

Hieronder is voor meetpunt 45 het doorzicht in 2004 t/m 2013 uitgezet tegen het gehalte zwevende stof, respectievelijk tegen het gehalte chlorofyl-a. Voor beide relaties zijn trendlijnen berekend. Hiervoor zijn de formules en verklarende kracht (R^2) weergegeven in de figuren. Het gehalte zwevend stof verklaart het doorzicht aanzienlijk beter. Zie De la Haye *et al.* (2010) voor een diepgaandere bespreking.



Bezoekadres

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden

Postadres

Postbus 32
9269 ZR Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
Fax 0511 47 27 40
info@altwym.nl

www.altwym.nl