

**Trends en ontwikkelingen in  
ecologie en waterkwaliteit van  
het Eemmeer**





# **Trends en ontwikkelingen in ecologie en waterkwaliteit van het Eemmeer**

Ruurd Noordhuis  
Pascal Boderie



## Titel

Trends en ontwikkelingen in ecologie en waterkwaliteit van het Eemmeer

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Rijkswaterstaat Waterdienst	1203269-000-ZWS	102

## Trefwoorden

Eemmeer, KRW-maatregel, kranswier, luwte-element.

## Samenvatting

Dit rapport geeft, in opdracht van de Waterdienst van Rijkswaterstaat, allereerst een overzicht van recente ecologische ontwikkelingen in het Eemmeer. Met behulp van deze analyse geeft het vervolgens adviezen over locatie, uitvoering en monitoring van een KRW maatregel die dient ter stimulering van deze ontwikkelingen. De maatregel omhelst de introductie van kranswieren in combinatie met de plaatsing van een luwte-element.

Uit de analyse van de monitoringsgegevens blijkt dat de waterkwaliteit van het Eemmeer en Nijkerkernauw sinds de jaren tachtig sterk is verbeterd, en dat deze verbetering nog steeds gaande is. Opvallend is een min of meer sprongsgewijze verbetering bij doorzicht en chlorofyl in 2004. De hoeveelheid waterplanten is recent sterk toegenomen. Daarbij is de soortensamenstelling die zich ontwikkelt opvallend, met relatief veel Gekroesd Fonteinkruid en met opkomst van Puntig Fonteinkruid dat verder in het IJsselmeergebied niet voorkomt. Dit is waarschijnlijk verbonden aan de afwijkende bodem van het Eemmeer, die bestaat uit klei en zware zavel met vooral veel veen. Kranswier was tot 2009 slechts sporadisch aangetroffen en ontbrak in 2009 in het Eemmeer, maar in het Nijkerkernauw was het in dat jaar voor het eerst in wat hogere abundantie aanwezig. Een aanvullende kartering in het Eemmeer in 2010 leverde geen kranswier op. Driehoeksmosselen zijn toegenomen en het gebied is gekoloniseerd door korfmosselen en Quagga-mosselen. De gemiddelde lengte van de Driehoeksmosselen behoort tot de grootsten van het IJsselmeergebied. De aantallen benthivore en herbivore vogels zijn min of meer stabiel, het aantal viseters is begin jaren 90 afgenomen en heeft zich nog niet hersteld. Bijzonderheid is een nationaal belangrijke ruicocentratie van Casarca's.

Vanwege de voor het IJsselmeergebied bijzondere samenstelling van bodem en vegetatie wordt, met het oog op de eigenwaarde van het Eemmeer en de ruimtelijke diversiteit van het IJsselmeergebied, voorgesteld de bovengenoemde maatregel uit te voeren met behulp van sediment uit de Gouwzee. De zware zavel van deze locatie, met zowel Chara-kranswier als het wat dieper voorkomende Sterkranswier, past beter bij het Eemmeer dan het zandige sediment uit andere delen van de randmeren (Nuldernauw). In paragraaf 6.4 wordt op grond van ecologische en praktische overwegingen en van modellering (bijlagen) een locatie en een ontwerp voor de maatregel voorgesteld (figuur 64). Hoofdstuk 7 geeft een monitoringsplan van het seizoen vóór uitvoering van de maatregel tot het seizoen erna (2011-2013).

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	jan. 2011	Ruurd Noordhuis		Gerben van Geest		Toon Segeren	
		Pascal Boderie					

## Status

definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2 Methoden</b>	<b>5</b>
<b>3 Trendbeschrijvingen</b>	<b>7</b>
3.1 Waterkwaliteit	7
3.1.1 Nutriënten	7
3.1.2 Doorzicht en zwevend stof	12
3.2 Fytoplankton	14
3.2.1 Chlorofyl	14
3.2.2 Seizoensverloop en Clear Water Phase	16
3.2.3 Soortsamenstelling en abundantie fytoplankton	18
3.2.4 Sieralgen	22
3.3 Waterplanten	22
3.3.1 Totale bedekking, macrofyten en lagere planten	22
3.3.2 Soortenrijkdom	24
3.3.3 Trends per soort	25
3.3.4 Aanvullende kartering 2010	28
3.3.5 Bijzonderheden: Gekroesd en Puntig Fonteinkruid	29
3.3.6 Kranswieren	30
3.3.7 Invloed van diepte en sediment	31
3.3.8 Luwte en afstand tot de kust	34
3.4 Macrofauna	35
3.4.1 Tweekleppige schelpdieren	35
3.4.2 Overige macrofauna	40
3.5 Vis	40
3.6 Watervogels	43
3.6.1 Viseters	44
3.6.2 Benthivoren	48
3.6.3 Planteneters	48
3.6.4 Ruifunctie; Casarca's	51
<b>4 Monitoringsresultaten in relatie tot toetsing</b>	<b>53</b>
4.1 Fysisch-chemische parameters	53
4.2 Ecologische parameters	53
<b>5 Conclusies en samenvatting ecologische ontwikkeling</b>	<b>59</b>
<b>6 KRW maatregel introductie kranswiersporen; locatiekeuze</b>	<b>63</b>
6.1 Kans op succesvolle kieming	63
6.1.1 Diepte en doorzicht	63
6.1.2 Strijklengte, afstand tot de kust	66
6.1.3 Sedimenttype	67
6.2 Bestaande natuurwaarden	69
6.2.1 Waterplanten	69
6.2.2 Tweekleppige schelpdieren	69
6.2.3 Watervogels	69

6.3	Bereikbaarheid en bescherming	69
6.4	Keuze van de kiemlocatie	70
6.5	Keuze van de bronlocatie versus locatie maatregel	73
6.6	Tijdstip van uitvoering maatregel	77
<b>7</b>	<b>Monitoringsplan</b>	<b>79</b>
7.1	Monitoring locatie maatregel	79
7.2	Monitoring overig Eemmeer	81
<b>8</b>	<b>Beoordelingscriteria</b>	<b>83</b>
<b>9</b>	<b>Referenties</b>	<b>85</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A</b>	<b>Bijlagen</b>	<b>A-1</b>
A.1	Dichtheden waterplanten 2010	A-1
A.2	Berekeningen effecten luwtedam	A-3



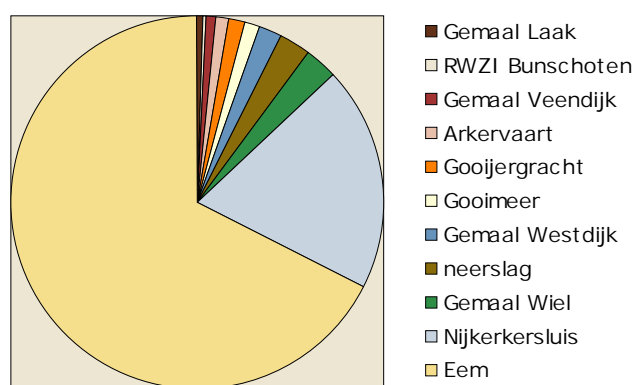
## 1 Inleiding

Het Eemmeer heeft een geschiedenis van zeer hoge nutriëntgehalten, waardoor het gekenmerkt werd door laag doorzicht, algenbloei en een lage dichtheid van waterplanten. De nutriëntgehalten waren in de jaren zeventig aanzienlijk hoger dan die in de andere randmeren, en mede door de verdeelde aanvoer heeft ecologisch herstel in navolging van nutriëntreductie lang op zich laten wachten.

Zoals in de Veluwerandmeren (Wolderwijd) aanvullende maatregelen zijn genomen als doorspoeling en verwijdering van Brasem, wordt in het Eemmeer overwogen de toename van de ondergedoken vegetatie te stimuleren door middel van het uitzetten van sporen van kranswieren, mogelijk in combinatie met de aanleg van een luwte-element. In 2012 wordt beoogd de transplantatie van sediment met kranswiersporen als maatregel uit te voeren, aangevuld met een tijdelijk luwte-element als voorbereiding voor eventuele plaatsing van een permanente luwtedam.

In dit rapport wordt eerst een overzicht gegeven van het vervolg van de ecologische ontwikkelingen sinds de laatste rapportage (Hulsegge & Vendrig 2004). Daarna volgt advies omtrent locatie en monitoring van de genoemde maatregel.

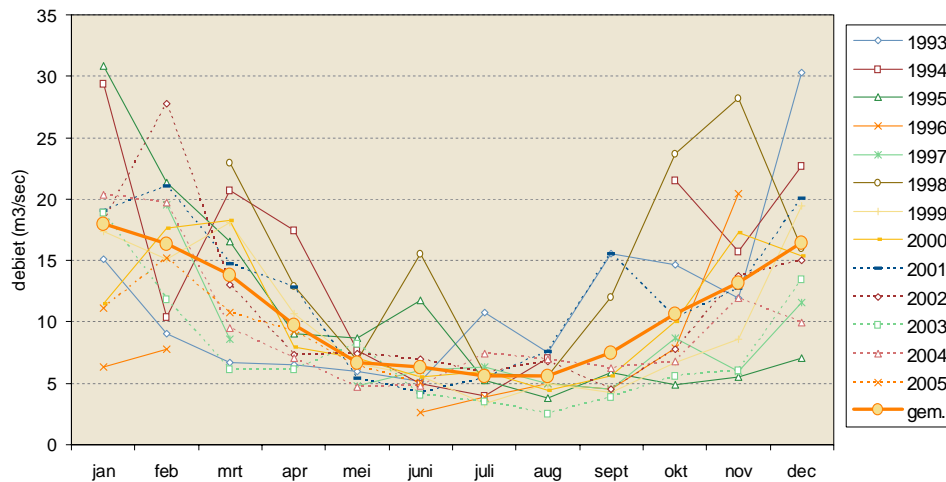
De maatregel behelst volgens het voorstel van de opdrachtgever het transplanteren van in totaal één hectare topsediment (10-15 cm) met kranswiersporen uit de omgeving naar een locatie in het Eemmeer, waarvan een deel beschermd door een tijdelijk luwte-element. In dit document wordt (1) een afweging gemaakt van factoren die belangrijk zijn voor de locatiekeuze en wordt een advies gegeven voor de locaties, wordt (2) een monitoringsplan voorgesteld en worden (3) beoordelingscriteria gegeven op grond waarvan met behulp van de ervaringen van het tijdelijke luwte-element al of niet kan worden overgegaan tot de aanleg van een permanente luwtedam.



Figuur 1. Verdeling van de wateraanvoer van het Eemmeer. Kwel levert geen relevante bijdrage.

De waterkwaliteit van het Eemmeer heeft sinds het ontstaan sterke veranderingen ondergaan. Begin jaren tachtig had dit meer nutriëntgehalten die twee keer zo hoog waren als de gehalten in de Veluwerandmeren. Dit heeft alles te maken met de aanvoer via de Eem, die tweederde van de totale aanvoer bedraagt (figuur 1). Hierdoor ontstaan een aantal duidelijke verschillen met de Veluwerandmeren in de karakteristieken van het meer, zoals de kortere verblijftijd, grotere nutriëntbelasting en tegelijk beperkte benutting daarvan, en een sterker seizoensritmiek.

Op jaarbasis is ongeveer 67% van de wateraanvoer naar het Eemmeer afkomstig uit de Eem, in de zomer 71% (Vendrig et al. 2003), maar de aanvoer via de Eem is in het hart van de winter gemiddeld drie keer zo hoog als in de zomer (figuur 2). De tweede belangrijke aanvoerpost van water is het Nuldernauw. Kwel, in de Veluwerandmeren belangrijk (Noordhuis 2010) speelt in het Eemmeer geen rol van betekenis. Daarnaast is de gemiddelde diepte wat groter en bestaat de bodem uit klei en veen in plaats van zand. Deze verschillen met de Veluwerandmeren komen naar mate ecologisch herstel plaatsvindt, steeds meer tot uitdrukking in de karakteristieken van de flora en fauna.



Figuur 2. Seizoensverloop van het debiet van de Eem.

## 2 Methoden

In dit rapport worden allereerst trends en ontwikkelingen in de aquatische ecologie van het Eemmeer beschreven met behulp van gegevens uit het programma Biologische Monitoring van MWTL en het regionale monitoringsprogramma van Dienst IJsselmeergebied. Daarbij worden vergelijkingen gemaakt met de trends in andere meren van het IJsselmeergebied als dat het inzicht in de processen van het Eemmeer kan vergroten. In enkele gevallen wordt gebruik gemaakt van aanvullende gegevens uit andere bronnen ([www.waarneming.nl](http://www.waarneming.nl)).

In het tweede deel van dit rapport zijn deze gegevens gecombineerd met gegevens over o.a. bodemsamenstelling en beheer, en met de uitkomsten van de modelstudie gerapporteerd in Boderie & Hulsbergen 2009. Hiermee wordt een advies gegeven voor locatie, uitvoering en monitoring van de KRW maatregel die voorziet in het aanbrengen van kranswiersporen in combinatie met een tijdelijk luwte-element.

Ter voorbereiding van de maatregel is nadat een locatie was geselecteerd in augustus 2010 een deelkartering van waterplanten uitgevoerd als nulmeting. De resultaten van deze kartering worden besproken in hoofdstuk 3 en in detail weergegeven in bijlage A.



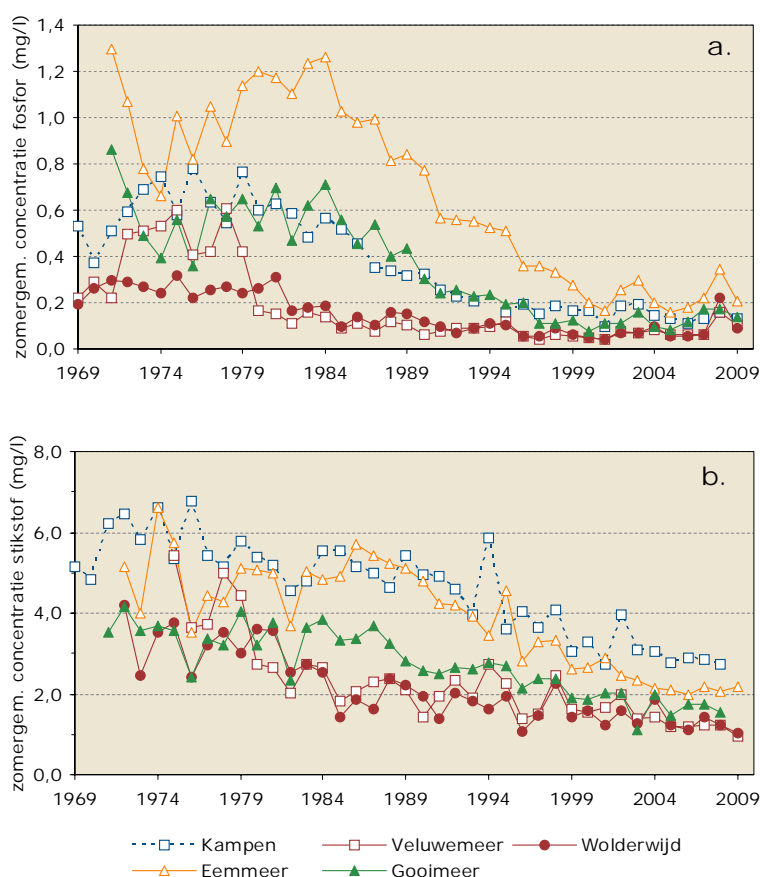
### 3 Trendbeschrijvingen

#### 3.1 Waterkwaliteit

##### 3.1.1 Nutriënten

###### *Totalen fosfor en stikstof*

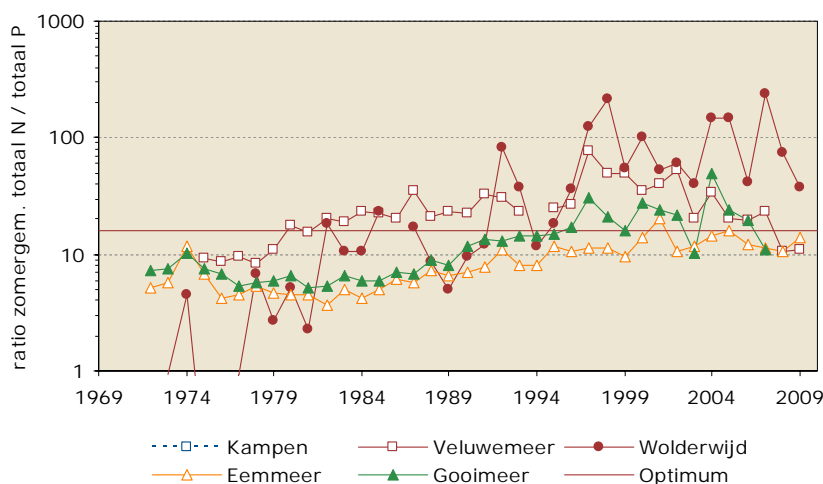
De concentratie van totaal fosfor was in de eerste helft van de jaren tachtig twee keer zo hoog als die in het Veluwemeer in de periode voor de maatregelen daar (figuur 3a). Sinds 1985 zijn de concentraties echter sterk afgenomen, totdat ze rond 2000 op een veel lager niveau van circa 0,2 mg/l gingen fluctueren. De afname is dus sindsdien gestagneerd. De verschillen met de andere meren zijn absoluut gezien kleiner geworden. De gehalten zijn echter nog steeds de hoogste van het IJsselmeergebied en zijn nog ongeveer twee keer zo hoog als die in de Veluwerandmeren. De gehalten in het Eemmeer zijn echter wel de waarden genaderd die in de Veluwerandmeren vooraf ging aan het ecologisch herstel (jaren tachtig).



Figuur 3. Verloop zomergemiddelde totaal fosfor (boven) en totaal stikstof (onder) in het Eemmeer en omliggende randmeren en in de IJssel bij Kampen.

De concentraties van totaal Stikstof zijn ongeveer gehalveerd sinds de jaren zeventig (figuur 3b). Gehalten zijn in hoogte en verloop vrijwel gelijk aan die van de IJsseldelta, maar zijn nog steeds twee keer zo hoog als in de Veluwerandmeren. Recent lijkt de afname in het Eemmeer enigszins te zijn gestagneerd, een verdere afname zoals in de Veluwerandmeren in 2009 heeft zich in het Eemmeer niet voorgedaan.

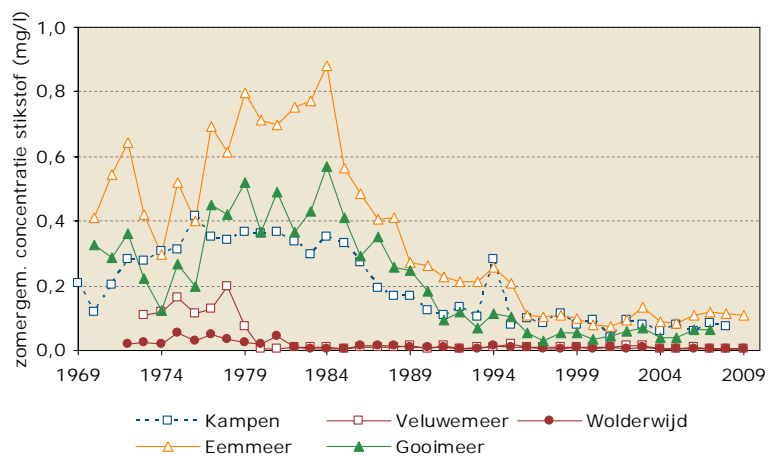
De verhouding tussen totaal N en totaal P lag in het verleden lager dan in de andere meren, de N/P ratio was in de meeste jaren de laagste van het IJsselmeergebied (figuur 4). De verhouding is echter tot rond de eeuwwisseling geleidelijk toegenomen doordat de concentraties van fosfor sneller afnamen dan die van stikstof. In de Veluwerandmeren zijn de stikstofconcentraties recent verder gedaald waardoor hier de N/P-ratio na 2000 sterk afnam tot het niveau van de ratio in het Eemmeer (enigszins te laag berekend doordat af en toe detectielimiet wordt overschreden, maar sterke afname is reëel). De N/P ratio ligt in het Eemmeer meestal lager dan de optimum ratio voor algengroei, terwijl die in de andere meren daar meestal (ver) boven ligt. Door het relatieve tekort aan stikstof zijn daardoor theoretisch soorten die atmosferische stikstof kunnen binden (bepaalde blauwalgen) in het voordeel. Door sterkere afname van fosfor zijn de waarden echter steeds dichterbij het optimum komen te liggen.



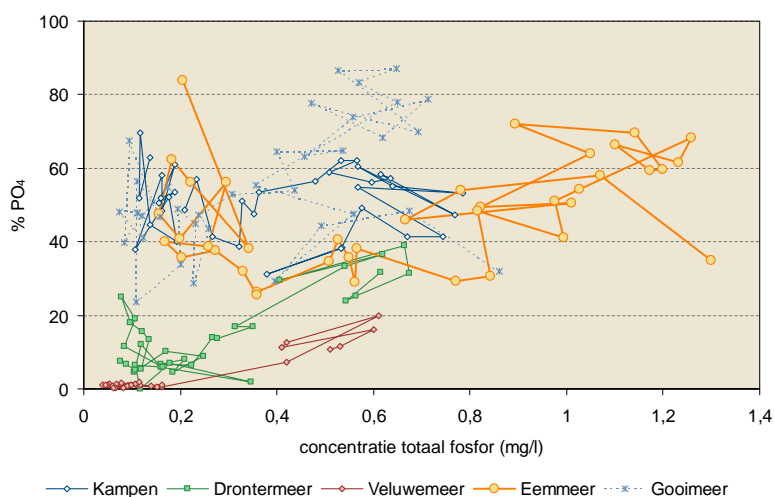
Figuur 4. Verloop van de N/P ratio in het Eemmeer en omliggende randmeren.

#### Opgelost fosfor en stikstof

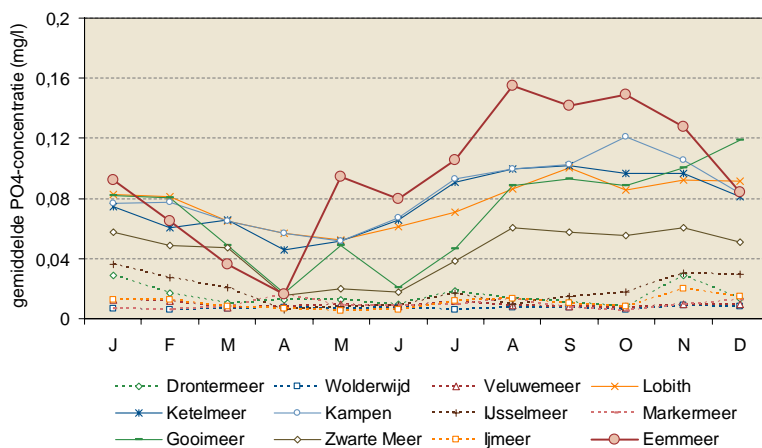
De hoeveelheid opgelost fosfor (orthofosfaat  $\text{PO}_4$ ) is net als totaal fosfor sinds 1985 sterk gedaald (figuur 5). Dat ging aanvankelijk sneller dan bij totaal fosfor, maar na een versnelde afname in 1996 zijn de concentraties gelijk gebleven en liggen ze rond de 0,1 mg/l. Het percentage opgelost fosfor is veel hoger dan het in de Veluwerandmeren was bij dezelfde totaal-P gehalten, en de verhouding lijkt meer op die in de rivieren. In de Veluwerandmeren is het percentage opgelost fosfor sterk afgenomen bij afnemende totaal P gehalten, in de IJssel niet. In het Eemmeer daalde het percentage aanvankelijk wel, maar vanaf 1997 begon het weer te stijgen, waardoor het nu weer gelijk is aan het percentage in de IJssel (figuur 6). Alleen omstreeks april is het percentage  $\text{PO}_4$  sterk en blijvend afgenomen.



Figuur 5. Verloop van zomergemiddeld gehalte PO<sub>4</sub> in het Eemmeer, omliggende randmeren en in de IJssel bij Kampen.



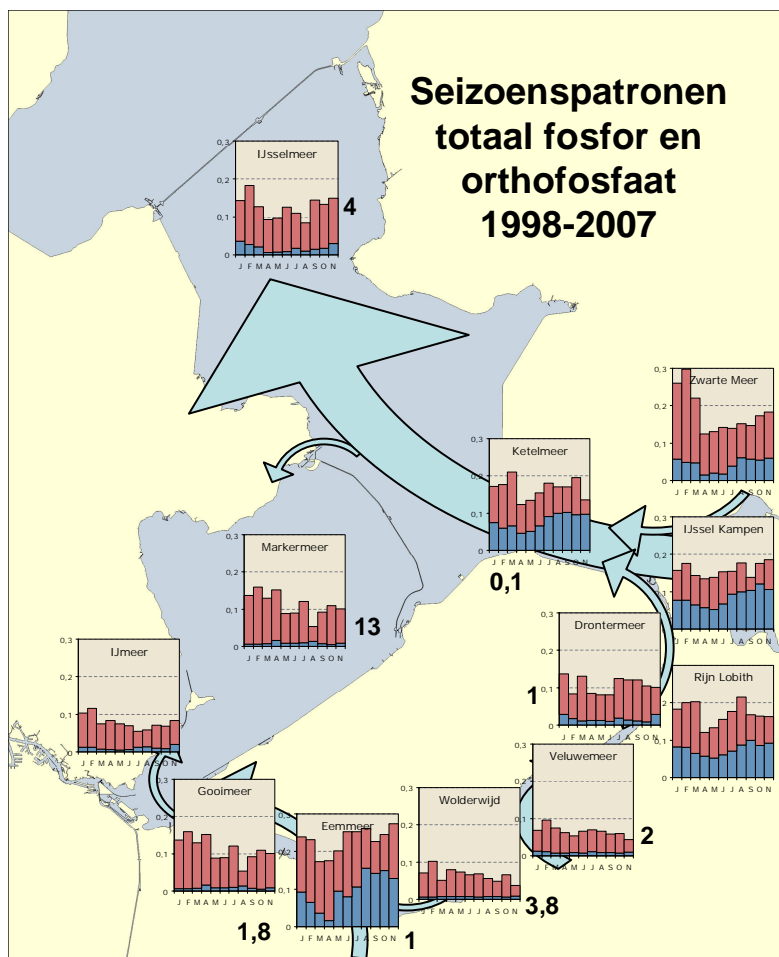
Figuur 6. Verband tussen totaal fosfor en het percentage opgelost fosfor.



Figuur 7. Gemiddeld seizoensverloop van % PO<sub>4</sub> in het Eemmeer en de rest van het IJsselmeergebied in de periode 1998-2007.

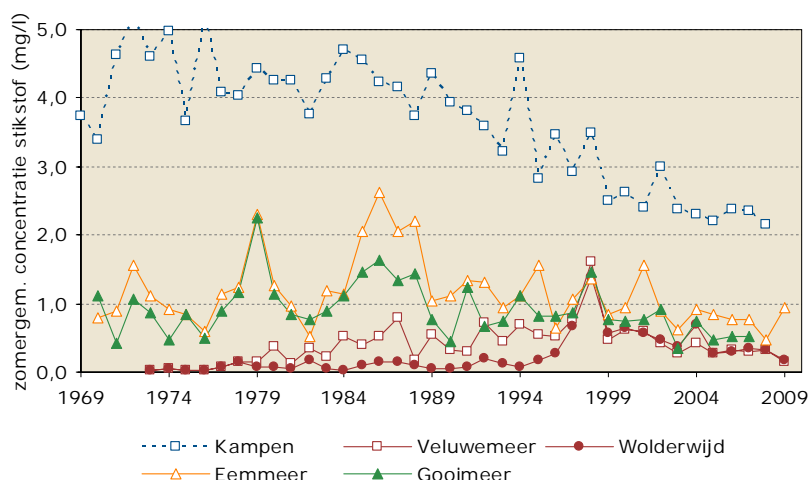
Het seizoensverloop van de concentratie fosfor in het Eemmeer, met name dat van de opgeloste fractie, vertoont daardoor de grootste range van waarden in het IJsselmeergebied (figuur 7). Het minimum PO<sub>4</sub>-gehalte ligt gemiddeld in april bij een waarde van minder dan 0,02 mg/l, weinig hoger dan de waarden in de Veluwerandmeren. In mei volgt een korte piek, waarna vanaf juni een toename plaatsvindt die leidt tot waarden van circa 0,15 mg/l in augustus-oktober, een factor 10-15 keer zo hoog als in de Veluwerandmeren.

In de zomer is dus geen sprake van uitputting van fosfor door algen en andere planten, maar in april is 90% van het fosfor gebonden. In combinatie met de relatief hoge P-totaal gehalten kent het gehalte PO<sub>4</sub> een veel grotere seizoensfluctuatie dan de andere wateren in het IJsselmeergebied. De hoge opgeloste fractie fosfor is in het IJsselmeergebied karakteristiek voor de meren met korte verblijftijden die onder invloed van rivieraanvoer staan (figuur 8).



Figuur 8. Gemiddeld seizoenspatroon van gehalten totaal fosfor (rood + blauw) en de opgeloste fractie (orthofosfaat PO<sub>4</sub>; blauw) in alle meren van het IJsselmeergebied. De dikgedrukte getallen vertegenwoordigen globaal de verblijftijd van het betreffende meer in maanden.

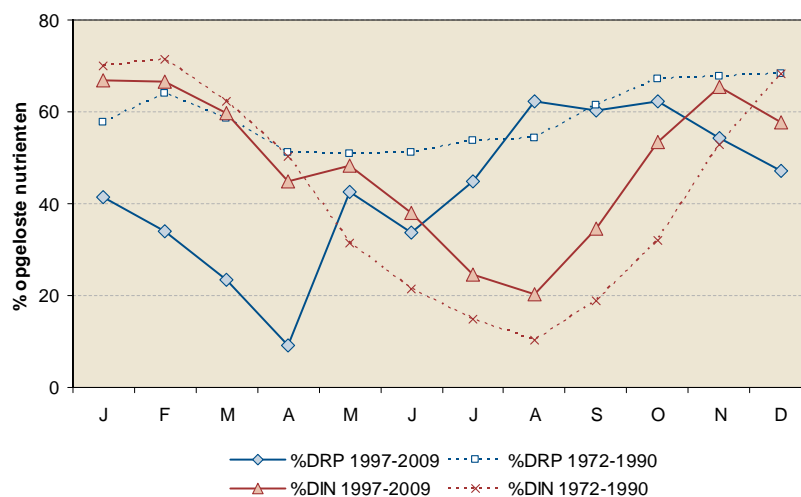




Figuur 9. Verloop van de zomergemiddelde gehalten van opgelost stikstof (DIN) in het Eemmeer, de omliggende randmeren en de IJssel bij Kampen.

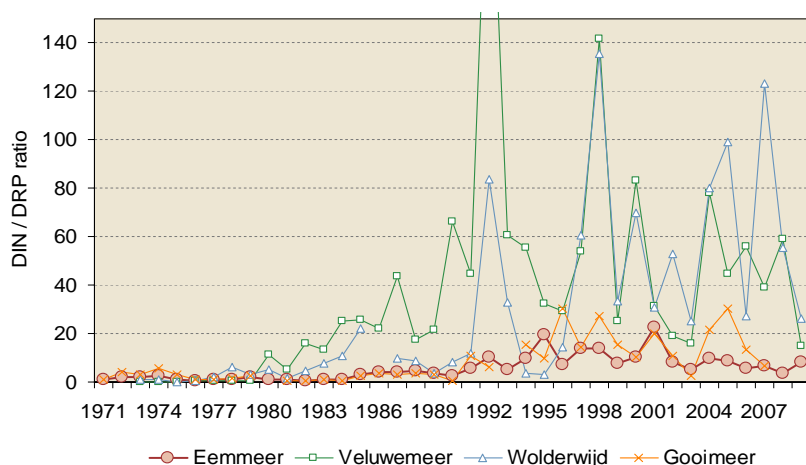
De concentratie opgelost stikstof in het Eemmeer is recent iets gedaald (figuur 9), maar veel minder sterk dan totaal stikstof (figuur 3b). In het Veluwemeer en vooral in het Wolderwijd volgt zo'n afname op een eerdere toename en een maximum door hoge nitraatgehaltes in het zeer natte voorjaar van 1998 (figuur 9). De opvallende toename in het Wolderwijd in het midden van de jaren negentig was echter min of meer blijvend en betekende dus een structureel verhoogde aanvoer naar het Eemmeer, die de afname van opgelost stikstof in het Eemmeer kan hebben vertraagd. Sinds 1997 is het DIN gehalte in het Wolderwijd nagenoeg identiek aan dat van het Veluwemeer (waar het gehalte voordien aanzienlijk hoger was dan in het Wolderwijd). Toegenomen uitwisseling door doorspoeling van het Wolderwijd met water uit Lovink (vanaf 1990 en later verwijdering van de Hardersluis en de bouw van het aquaduct (2002) kan hiertoe hebben bijgedragen.

Opgelost stikstof kent een minimum rond augustus (figuur 10). De minimum concentratie is door de jaren heen niet systematisch veranderd en ligt rond 0,2 mg/l. De verhouding tussen opgelost stikstof en opgelost fosfor (DIN/DRP ratio) is daardoor het laagst in augustus (circa 3).



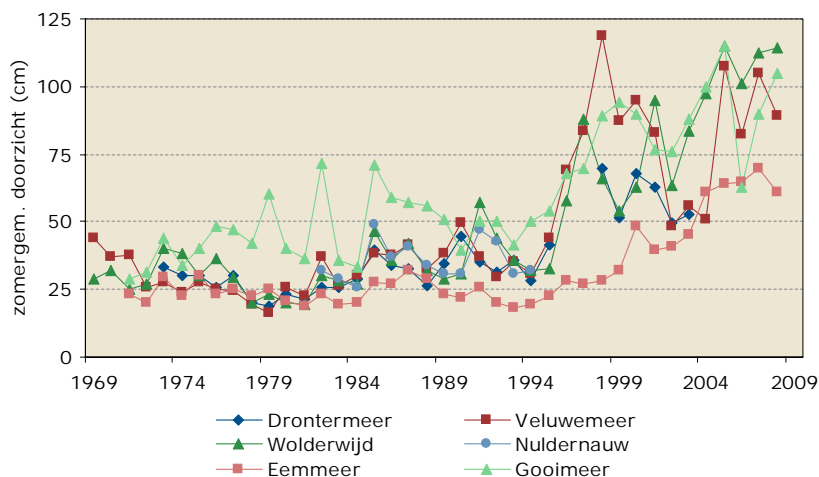
Figuur 10. Seizoensverdeling van het percentage opgelost stikstof (DIN) en fosfor (PO<sub>4</sub>) in het Eemmeer, in 1972-90 en in 1997-2009.

De hoeveelheid opgeloste stikstof is pas recent enigszins gedaald. De concentraties in de Veluwerandmeren waren tot midden jaren negentig veel lager, maar zijn daarna gestegen. De concentraties in het Eemmeer zijn echter nog steeds hoger. De verhouding tussen opgelost stikstof en opgelost fosfor is in het Eemmeer toegenomen door afname van  $PO_4$ , maar is sinds midden jaren negentig in het Eemmeer veel lager dan in de Veluwerandmeren door de veel lagere  $PO_4$ -gehalten daar. Stikstofbindende (blauw)algen hebben daardoor in het Eemmeer een relatief voordeel (figuur 11).



Figuur 11. Verloop van de verhouding tussen opgelost stikstof (DIN) en opgelost fosfor (DRP) in de periode mei-oktober, Eemmeer, Gooimeer, Veluwemeer en Wolderwijd.

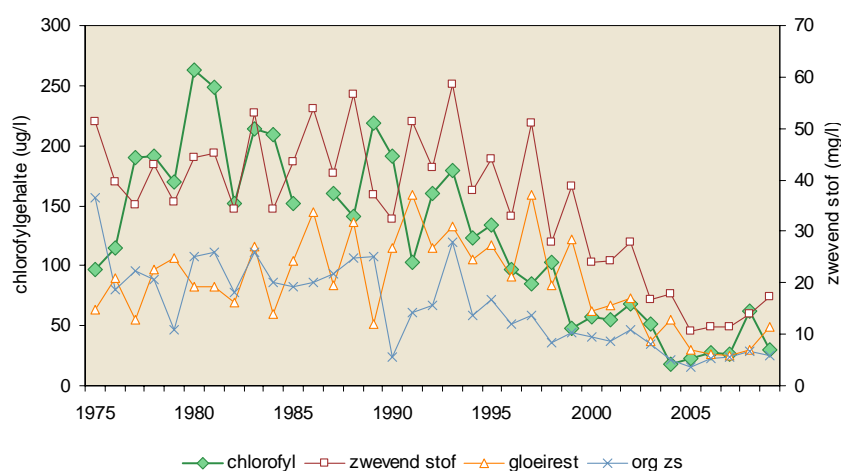
### 3.1.2 Doorzicht en zwevend stof



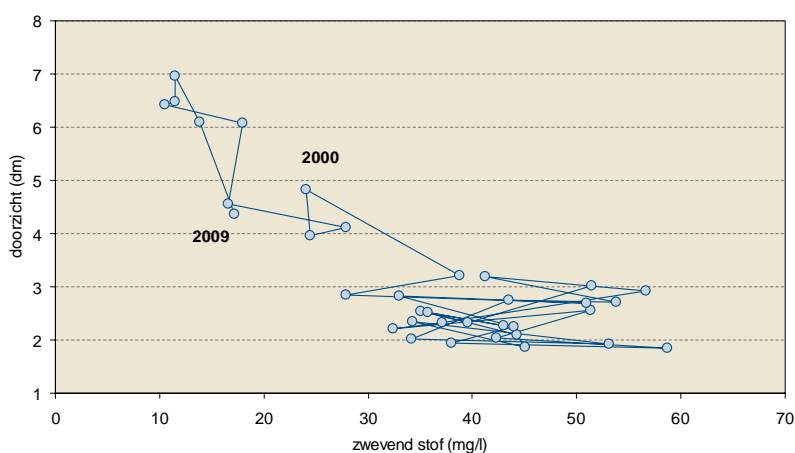
Figuur 12. Gemiddeld zomerdoorzicht in het Eemmeer en ander randmeren.

Zowel in de Veluwerandmeren als in het Gooimeer is het doorzicht rond 1996 sterk toegenomen. In het Eemmeer was rond dat jaar ook sprake van enige verbetering, maar hier verliep de toename meer geleidelijk en vond werkelijke verbetering pas rond 2000 plaats (figuur 12). Deze geleidelijke verbetering is ook zichtbaar in de afnemende chlorofyl en zwevend stof gehalten (figuur 13). De sinds 1985 dalende nutriëntgehalten begonnen begin jaren negentig te resulteren in lagere chlorofylgehalten.

Aanvankelijk had dit echter slechts beperkt effect op het doorzicht, zoals ook in figuur 12 zichtbaar is. De combinatie van doorzicht en zwevend stof vertoont een enigszins abrupte, definitieve verbetering in 2000. De waarden van 2008 en vooral 2009 waren weer wat minder gunstig, maar vallen nog ruimschoots binnen het nieuwe patroon (figuur 14).



Figuur 13. Chlorofyl en Zwevend stof met organische en anorganische fracties, zomerhalfjaargemiddelde Eemmeer.



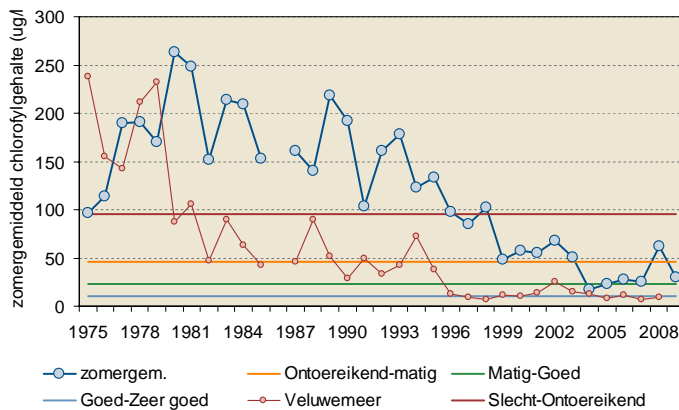
Figuur 14. Relatie tussen het zwevend stof gehalte en het doorzicht in het Eemmeer, 1975-2009.

Het seizoensverloop van het doorzicht vertoont een gering verloop met relatief hoge waarden in mei. Door het relatief geringe doorzicht zijn dergelijke patronen minder goed in beeld te brengen bij deze parameter. Duidelijker wordt een “clear water phase” in mei zichtbaar in combinatie met getallen van extinctie en vooral chlorofylgehalten. Dit seizoenspatroon is pas ontstaan omstreeks 1997, voordien was geen sprake van een duidelijke clear water phase in het Eemmeer (zie verder paragraaf 3.2).

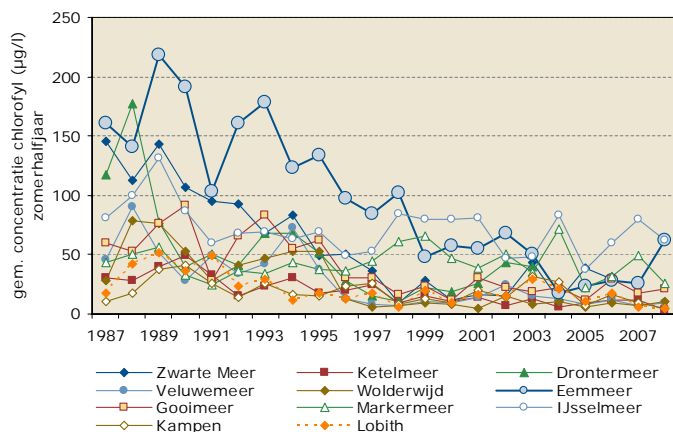
## 3.2 Fytoplankton

### 3.2.1 Chlorofyl

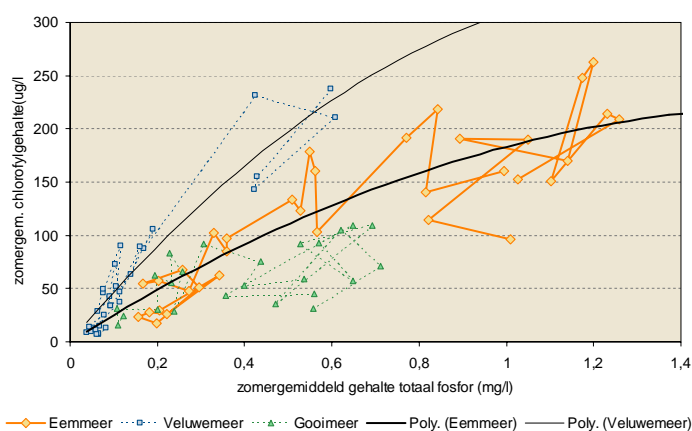
Het chlorofylgehalte is sinds het midden van de jaren negentig met een factor vier afgenomen (figuur 15). Deze afname begon tien jaar na het begin van de afname van fosfor. Tot die tijd was de hoeveelheid algen zo groot dat licht en niet nutriënten beperkend waren voor de groei. De chlorofylgehalten behoorden tot de hoogste van het IJsselmeergebied (figuur 15, 16) en waren even hoog als die van het Veluwemeer totdat ze daar door lokale maatregelen sterk daalden in 1980. In het Eemmeer waren de fosforgehalten echter veel hoger (figuur 3a). In de tweede helft van de jaren tachtig trad daarom ondanks afname van fosfor relatief weinig afname van chlorofyl op (figuur 17), zodat de chlorofyl/P ratio toenam. Begin jaren negentig was de hoeveelheid fosfor zodanig gedaald dat het de beperkende factor werd, waardoor het chlorofyl begon te dalen. De chlorofyl/P ratio bleef daarna een aantal jaren constant (figuur 18). Rond 2004 nam chlorofyl sneller af dan fosfor, waardoor de chlorofyl/P ratio weer lager werd.



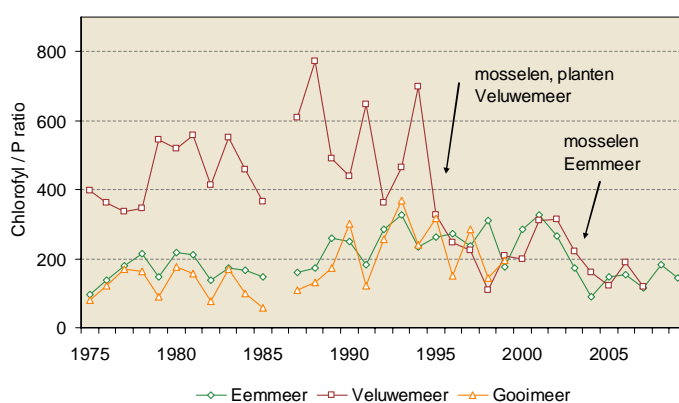
Figuur 15. Zomergemiddeld chlorofylgehalte Eemmeer en het Veluwemeer, ten opzichte van de KRW normen.



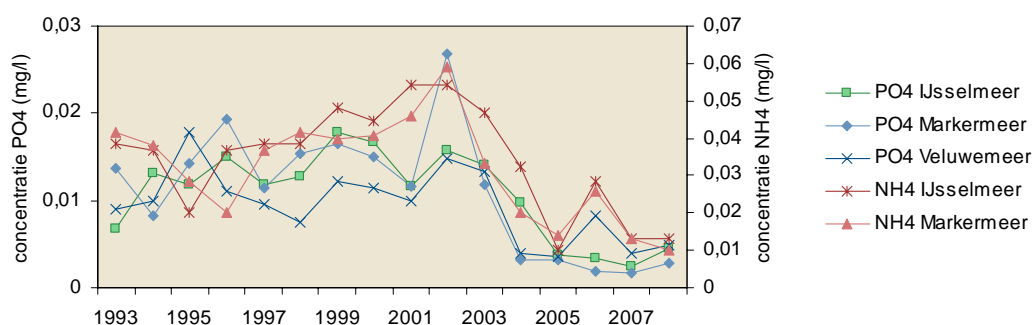
Figuur 16. Vergelijking van chlorofylgehalte in het Eemmeer en de overige meren van het IJsselmeergebied, vanaf 1987.



Figuur 17. Verband tussen totaal fosfor en chlorofyl.



Figuur 18. Verloop chlorofyl/P verhouding in Eemmeer, Gooimeer en Veluwemeer (zomergemiddelden).



Figuur 19. Zomergemiddelde gehalten van opgeloste nutriënten in Veluwemeer, IJsselmeer en Markermeer.

Rond 1997 was het zomergemiddelde verbeterd van de ontoereikende naar de matige toestand voor watertype M14 (figuur 15). Sindsdien is het gehalte vaak lager dan dat van het IJsselmeer en Markermeer. Daarna leek enige stagnatie op te treden, maar vanaf 2004 lagen de meeste zomergemiddelden weer lager, in de jaren 2004-2007 en 2009 lagen ze rond de grens tussen matig en goed (30 ug/l; figuur 15). Sindsdien is het gehalte ongeveer gelijk aan dat van het Gooimeer. De afname in 2004 gaat niet gepaard met een afname van nutriënten maar is wel opvallend in het licht van een duidelijke afname in opgeloste nutriënten in de meren uit het gebied met een langere verblijftijd (figuur 19).

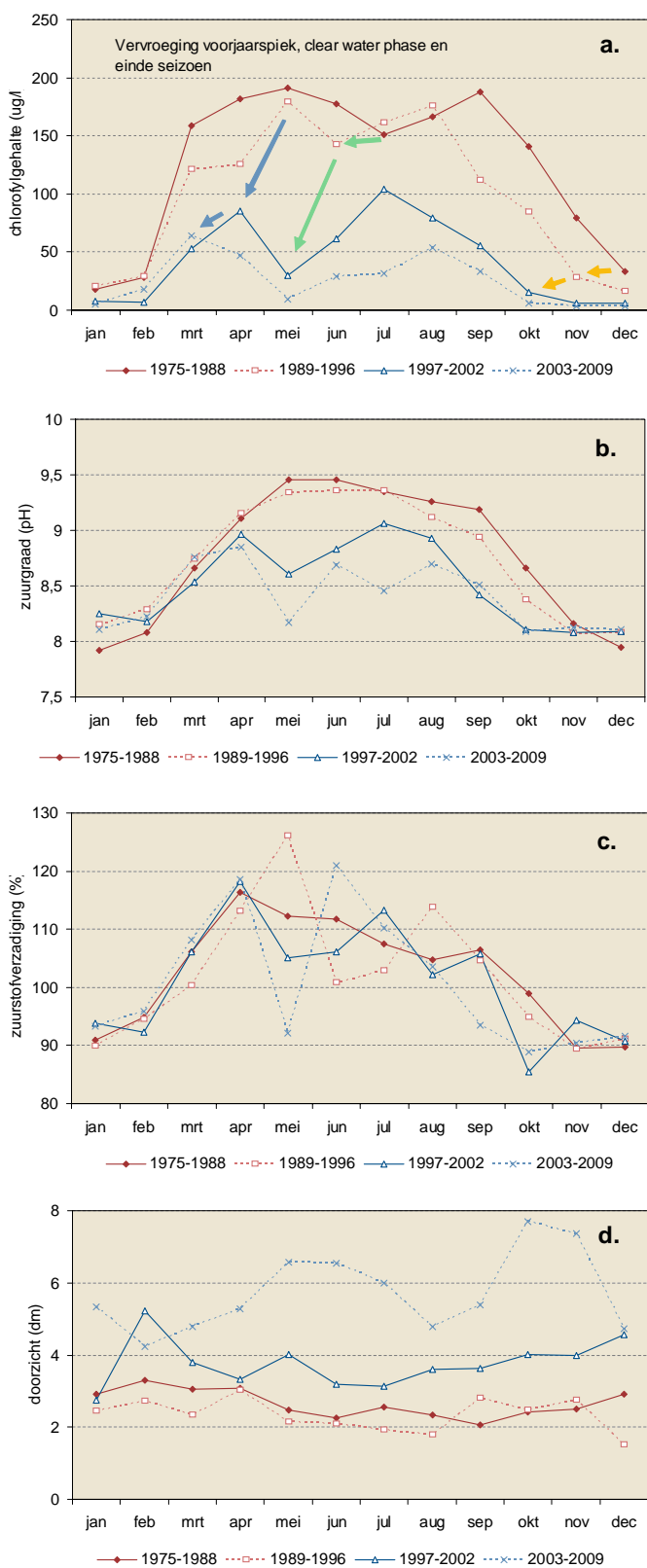
In deze meren zelf is dat niet of nauwelijks weerspiegeld in het chlorofylgehalte. Een eenmalige uitschieter van chlorofyl in het Eemmeer in 2008 valt wel samen met een hoger fosforgehalte (figuur 3a). De hoge fosforgehalten zijn in dat jaar ook gemeten in de andere meren, maar ook in dit geval reageert het chlorofylgehalte in die meren niet (figuur 16).

### 3.2.2 Seizoensverloop en Clear Water Phase

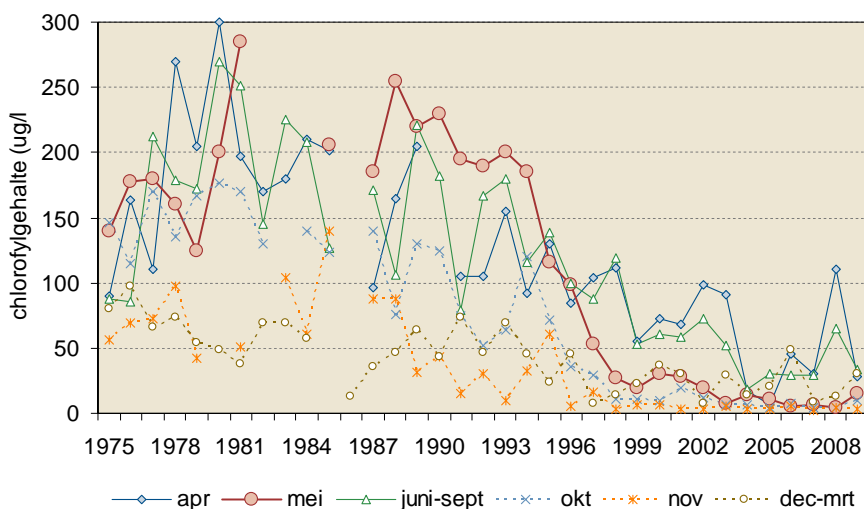
Het seizoenspatroon van chlorofyl kenmerkt zich door zeer lage gehalten in de wintermaanden, zoals dat ook in de rivieren het geval is (figuur 20a). Het gehalte nam in het verleden sterk toe in maart en bleef dan hoog tot in oktober. De wintergehalten zijn sindsdien verder gedaald, maar vooral de ontwikkelingen in het voorjaar en de zomer zijn opvallend geweest. In mei, de maand waarin voordien de chlorofylgehalten gemiddeld het hoogst waren, ontstond midden jaren negentig binnen enkele jaren een zeer duidelijke clear water phase. In de jaren tachtig en de jaren negentig tot en met 1994 was het chlorofylgehalte in mei hoger dan het zomergemiddelde en was er gemiddeld gesproken een klein dal in de gehalten in juli, later in juni. Van een duidelijke Clear Water Phase was geen sprake. Tegen de achtergrond van sterk dalende fosforgehalten werd deze periode definitief afgesloten met een zeer warme zomer in 1995 en daaropvolgend de koude winter van 1995/96, die ijsbedekking kende met een gezamenlijke duur van meer dan drie maanden. Het jaar 1996 was bovendien extreem droog. In dat jaar was er in het Eemmeer een versterkte afname van totaal en opgelost fosfor.

Vanaf dat moment wordt *Planktothrix* niet meer gevonden (abundant in 1993, geen gegevens 1994 en 1995, afwezig 1996). Deze soort had door massaal voorkomen tot die tijd de seizoenspieken van andere soorten gemaskeerd. Tussen 1994 en 1998 daalt het chlorofylgehalte in mei met 80%. Die afname is zoveel sterker dan die in de andere maanden dat sindsdien een uitgesproken Clear Water Phase voorkomt in mei. De grootste verandering treedt op in 1996, wanneer zowel de zomer- als de winterconcentraties van chlorofyl duidelijk dalen. Daarnaast is er sprake geweest van een vervroeging van het einde van het fytoplanktonseizoen. Al in 1989 nam het gehalte in november sterk af, omstreeks 1986 volgde versterkte afname in oktober. Daardoor is tegenwoordig sprake van een winterperiode met lage concentraties die duurt van oktober t/m februari. Deze patronen zijn niet alleen zichtbaar bij de chlorofylgehalten en het doorzicht (minder duidelijk door de beperkte nauwkeurigheid), maar ook bij parameters als pH en zuurstofverzadiging.

Behalve in de chlorofylgehalten is deze verandering ook zichtbaar in afgeleide parameters als de zuurgraad, de zuurstofverzadiging en het doorzicht (figuur 20b,c,d). Sterke afname van de gehalten in oktober en november betekenden een vervroegde beëindiging van het groeiseizoen (figuur 20a). Hoe abrupt deze verandering heeft plaatsgevonden is zichtbaar in figuur 21.



Figuur 20. Veranderingen in seizoensverloop van chlorofylgehalte, pH, zuurstofverzadiging en doorzicht in het Eemmeer.

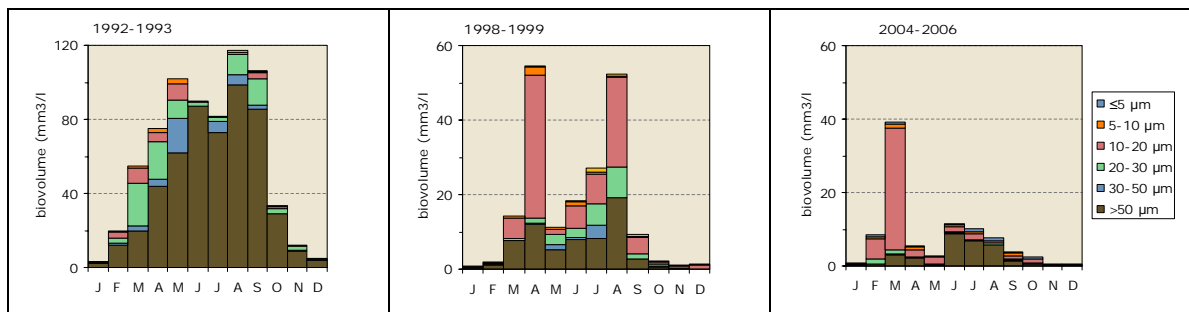


Figuur 21. Verloop van chlorofylgehalte in mei ten opzichte van het verloop in de overige maanden.

Er is echter daarna sprake geweest van verdere afname, mogelijk min of meer stapsgewijs, met bijv. een relatief sterke verandering rond 2003, die vooral zichtbaar is in een afname van de hoeveelheid zwevend stof. Toch is ook bij chlorofyl een verdere afname zichtbaar en een vervroeging van de voorjaarspiek van april naar maart.

### 3.2.3 Soortensamenstelling en abundantie fytoplankton

De ontwikkelingen in de seizoensopbouw van het chlorofyl is terug te vinden in de samenstelling van het fytoplankton zoals is weergegeven in Bijkerk 2010. Uit deze gegevens komt dezelfde vervroeging en verdieping van de clear water phase naar voren, evenals het verdwijnen van Planktothrix (zie Bijkerk 2010). Uit figuur 22 blijkt een duidelijke verschuiving naar kleinere fytoplanktonsoorten, waarmee het fytoplankton beter geschikt is geworden als voedsel voor zooplankton en mosselen. In 2004 vond een nieuwe afname in de zomer plaats die vooral is veroorzaakt door afname van de groenalgen *Scenedesmus* en *Pediastrum* (Bijkerk 2010).



Figuur 22. Seizoensverloop van het biovolume van fytoplankton in het Eemmeer, met verdeling in grootteklassen. Uit Bijkerk 2010.



Ter bestudering van de recente soortensamenstelling van het fytoplankton zijn maandelijkse gegevens beschikbaar uit de zomerperioden (maart-oktober) van de jaren 2007, 2008 en 2009. In figuur 23 en figuur 24 wordt de seizoensopbouw van deze samenstelling voor het Eemmeer en het Gooimeer vergeleken (aantallen cellen). In het Eemmeer was in deze drie jaren sprake van een beperkte voorjaarspiek van het aantal cellen, een minimum in mei, een nog beperktere piek in juni, dan weer een minimum in juli en tenslotte een hoge piek in augustus en/of september. Hiermee wordt het midden jaren negentig ontstane patroon gecontinueerd (figuur 20, 21, 22), met als wijziging de lage aantallen in juli en het "tussenpiekje" in juli. Deze wijziging is ook terug te vinden in de patronen van chlorofyl en zuurgraad (figuur 20a en b). Het wijkt enigszins af van het patroon in het Gooimeer, waar geen onderscheid zichtbaar is tussen de juni- en de augustuspiek, terwijl de laatste aanzienlijk lager blijft dan in het Eemmeer (figuur 23, 24)

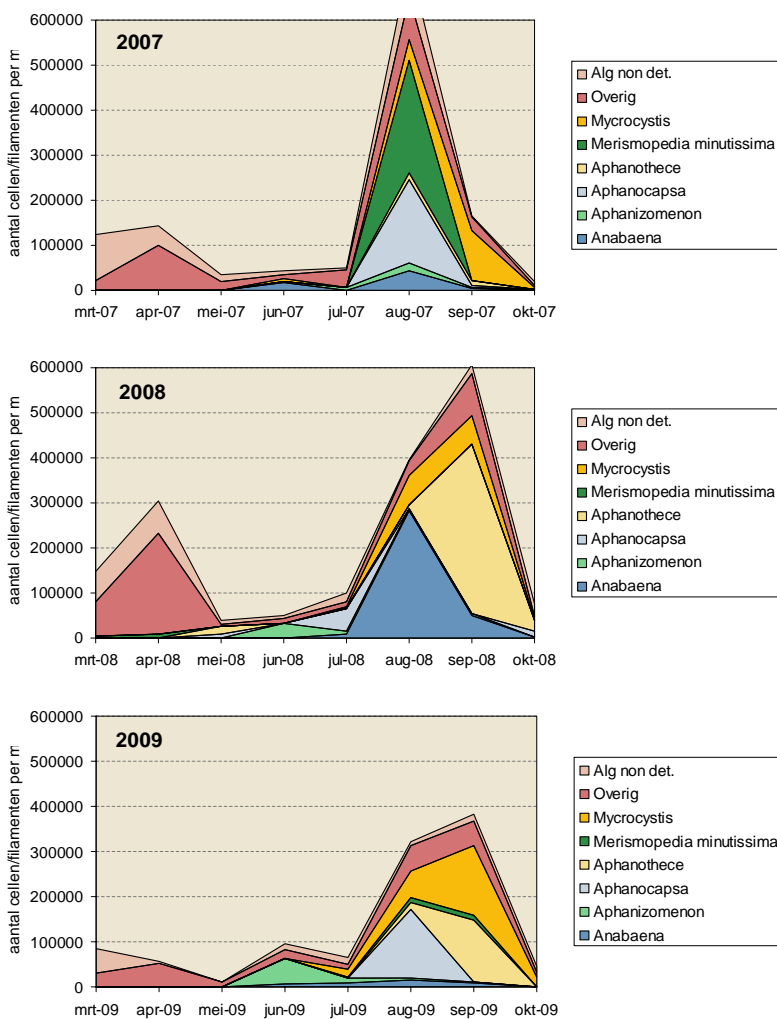
De samenstelling van de voorjaarspiek was in de drie jaren sterk verschillend (tabel 1); in 2007 domineerden de blauwalg *Cyanogranis irregularis* en de flagellaat *Plagioselmis nannoplanctica*, in 2008 ongedetermineerde blauwalgen uit de groep Chroococcales en de blauwalgen *Pseudanabaena catenata* en *P. limnetica*, in 2009 de kiezelalg *Skeletonema* spp.. De beperkte piek in juni werd in 2007 vooral veroorzaakt door de blauwalg *Anabaena*, in 2008 en 2009 door de blauwalg *Aphanizomenon*.

Tabel 1. Samenstelling van de voorjaarspiek in april in % van het totaal aantal cellen. Eemmeer 2007-2009.

	Type alg	2007	2008	2009
Chlorophyta	groenalg		4	2
Chroococcales	blauwalg	3	22	
<i>Coelastrum</i>	groenalg			5
Coscinodiscophyceae	kiezelalg	3	2	2
<i>Cryptomonas</i>	flagellaat			3
<i>Cyanogranis</i>	blauwalg	20		
<i>Diatoma</i>	kiezelalg			4
<i>Limnothrix</i>	blauwalg			4
<i>Merismopedia</i>	blauwalg		3	
<i>Monoraphidium</i>	groenalg		2	
<i>Nitschia</i>	kiezelalg		3	
<i>Oscillatorialis</i>	blauwalg		4	
<i>Plagioselmis</i>	flagellaat	26	3	7
<i>Pseudanabaena</i>	blauwalg		19	
<i>Pseudodictyosphaerium</i>	groenalg	5		
Scenedesmaceae	groenalg	3		
<i>Skeletonema</i>	kiezelalg			48
Stephanodiscidae	kiezelalg			3
<i>Tetrastrum</i>	groenalg		3	
Algen non det		30	24	10
Overig		10	11	12

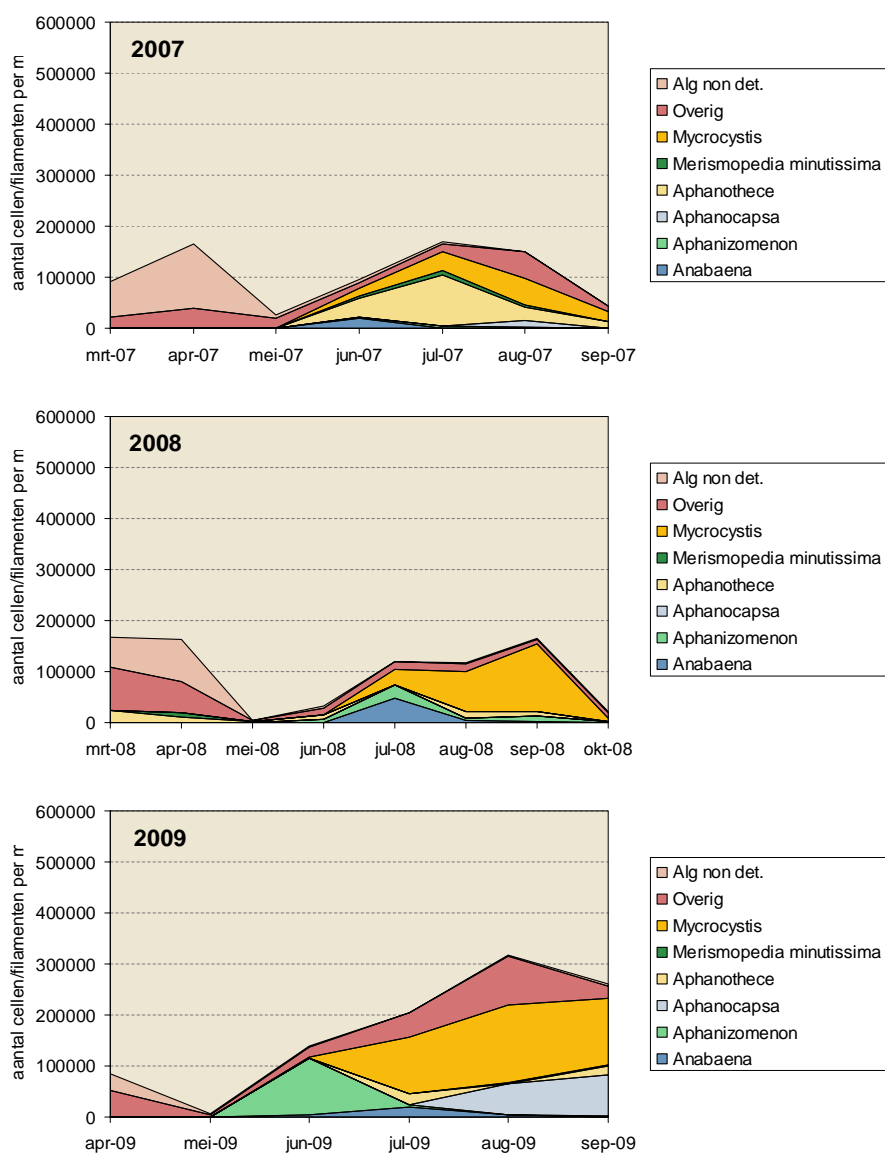
In het Gooimeer kon een groot deel van de soorten uit de voorjaarspiek niet worden gedetermineerd (76, 51 en 39%), het overige plankton was relatief soortenrijk, met een groter aandeel voor groenalgen van het geslacht *Tetrastrum* (cf. Markermeer) en als enige uitschieter in 2009 44% voor de flagellaat *Plagioselmis nannoplanctica*.

De nazomerpiek van chlorofyl in het Eemmeer wordt recent grotendeels veroorzaakt door blauwalgen, waarvan de stikstoffixeerders *Anabaena* spp. en vooral *Aphanizomenon flos-aquae* een belangrijk deel uit maken (figuur 23). Hierdoor is toch weer een relatief groot deel van het fytoplankton slecht begraasbaar (>50µm). In 2004-2006 werd deze groep aangevuld met kleinere soorten als de groenalgen *Scenedesmus* en *Pediastrum*, later niet meer. In de jaren 2007-2009 was *Anabaena* met name talrijk in augustus 2008 en was *Aphanizomenon* minder dominant. Relatief laat in het seizoen (september) speelde ook *Microcystis* een rol, maar deze soort was minder dominant dan in het Gooimeer (figuur 24). Daarnaast speelden in 2007-2009 de kleinere blauwalgen *Aphanocapsa*, *Aphanothece* en *Merismopedia* aantalsmatig een belangrijke rol, in een per jaar verschillende verhouding. Deze soorten binden geen stikstof en vormen geen drijfslagen. De draadvormige soort *Planktothrix agardhii* (*Oscillatoria*) die vroeger net als in de Veluwerandmeren enorme bloeien doormaakte, is na 1995 niet meer in het Eemmeer aangetroffen (Bijkerk 2010). Daarmee is de score op de KRW deelmaatlat soortensamenstelling negatieve soorten verbeterd van slecht naar matig. Een flinke voorjaarsbloei van *Stephanodiscus* of *Skeletonema* (2009) kan echter de score nog verlagen tot ontoereikend.



Figuur 23. Seizoensverloop algensamenstelling Eemmeer, 2007-2009.

De combinatie van *Anabaena* en *Aphanizomenon* is tegenwoordig min of meer karakteristiek voor het Eemmeer. Hoewel deze soorten atmosferische stikstof kunnen binden is hun aanwezigheid in het Eemmeer geen gevolg van lage stikstofgehalten, want het DIN gehalte is nog steeds hoger dan in de andere meren. Wel is er een relatief stikstoftekort, d.w.z. een lage N/P en DIN/DRP ratio (<15), waardoor blauwalgen in het voordeel zijn ten opzichte van groenalgen. In hoeverre blauwalgen die zelf atmosferische stikstof kunnen binden dat ook werkelijk doen is onduidelijk (Bijkerk 2010).



Figuur 24. Seizoensverloop algensamenstelling Gooimeer 2007-2009. In oktober 2007 en maart en oktober 2009 zijn geen gegevens verzameld.

### 3.2.4 Sieralgen

In 2007 zijn drie soorten sieralgen vastgesteld in het Eemmeer, de planktische *Closterium limneticum* en *Staurastrum chaetoceras* en de benthische *Closterium moniliferum* (Bijkerk 2010). De beide *Closterium*'s worden gerekend tot de triviale soorten, *S. chaetoceras* tot de matig kieskeurige soorten. De deelmaatlat voor sieralgen scoort daarmee matig. Het aantal van 3 soorten leidt niet tot zodanige verhoging van de score dat de categorie goed bereikt wordt.

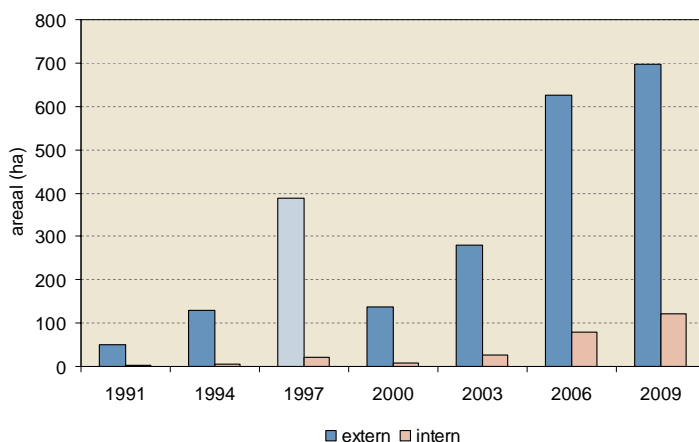
## 3.3 Waterplanten

Gegevens over waterplanten zijn er in de vorm van jaarlijkse raaiopnamen in het kader van MWTL en van driejaarlijkse karteringen door Dienst IJsselmeergebied. De MWTL raaien zijn jaarlijks opgenomen vanaf 1992. In het Eemmeer bestond de raai Maatpolder, in het Nijkerkernauw de raai Spakenburg, vanaf 1998 vervangen door Velddijk. De raaien zijn voor het laatst opgenomen in 2004 en vanaf 2006 vervangen door random punten volgens de KRW systematiek. Vanwege deze trendbreuk zijn deze laatste gegevens nauwelijks bruikbaar voor het beschrijven van de recente ontwikkelingen. De driejaarlijkse karteringen door de Dienst IJsselmeergebied des te meer. Ze worden uitgevoerd door aan de hand van met een werphark omhoog gebrachte planten per soort bedekkingsklassen te schatten op meetpunten in een grid van 100 x 100 meter. De laatste volledige kartering is uitgevoerd in 2009. In augustus 2010 werd een deelkartering uitgevoerd als nulmeting voor een transplantatiemaatregel van kranswieren. Dit betrof een opname van een deel van het waterplantengrid ter grootte van 76 punten (1011 punten in het Eemmeer excl. Nijkerkernauw bij volledige kartering in 2009).

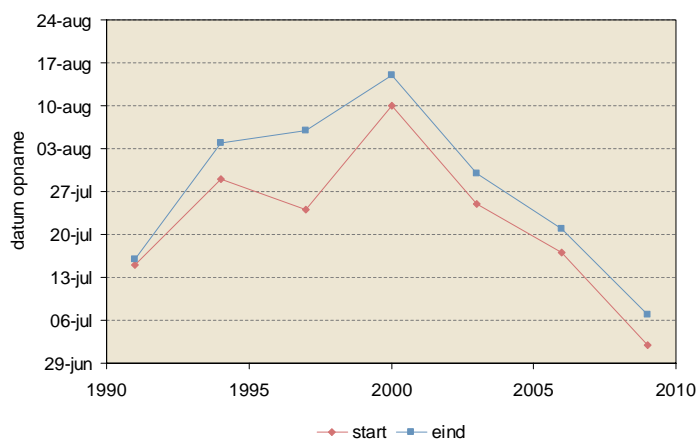
### 3.3.1 Totale bedekking, macrofyten en lagere planten

De totale bedekking van het Eemmeer en Nijkerkernauw is sinds 1991 vertienvoudigd (figuur 25). Het grootste deel van de toename heeft zicht na 2000 voltrokken. Een relatief hoge bedekking in 1997 roept vragen op omdat deze bedekking aanzienlijk hoger is dan de som van de afzonderlijke bedekkingen per soort. Bij de recente toename moet in aanmerking worden genomen dat de opnamedata vanaf 2000 systematisch zijn vervroegd met tenslotte meer dan vijf weken (figuur 26). Omdat de vegetatie uit hogere planten bestaat kan dit resulteren in een overschatting van de toename (kranswier, een lagere plant, blijft langer staan). Ook in de reeks opnamen van de MWTL raai Maatpolder is echter een toename zichtbaar in de vorm van verhoogde dichtheden van vooral *Zannichellia* en draadwier in 2003 en 2004 (het laatste jaar van opname, zie tabel 2). In dit geval liggen de opname data van deze jaren, hoewel iets vroeger dan in 2002, meer binnen de range van de hele reeks (figuur 27).

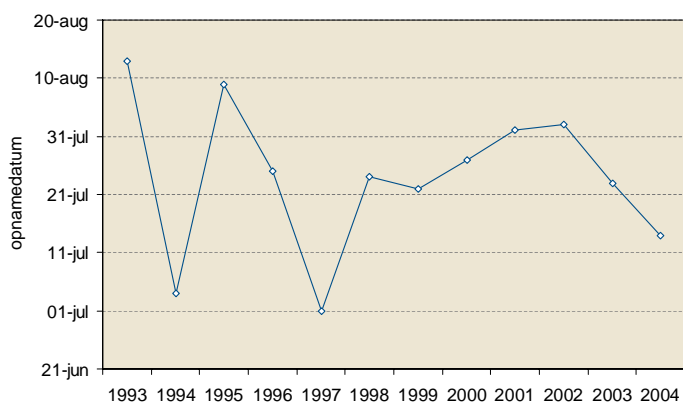
De gemiddelde bedekking van de vegetatie is laag, maar is wel toegenomen van circa 5% in 1994, 1997 en 2000 tot resp. 10, 13 en 17% in 2003, 2006 en 2009.



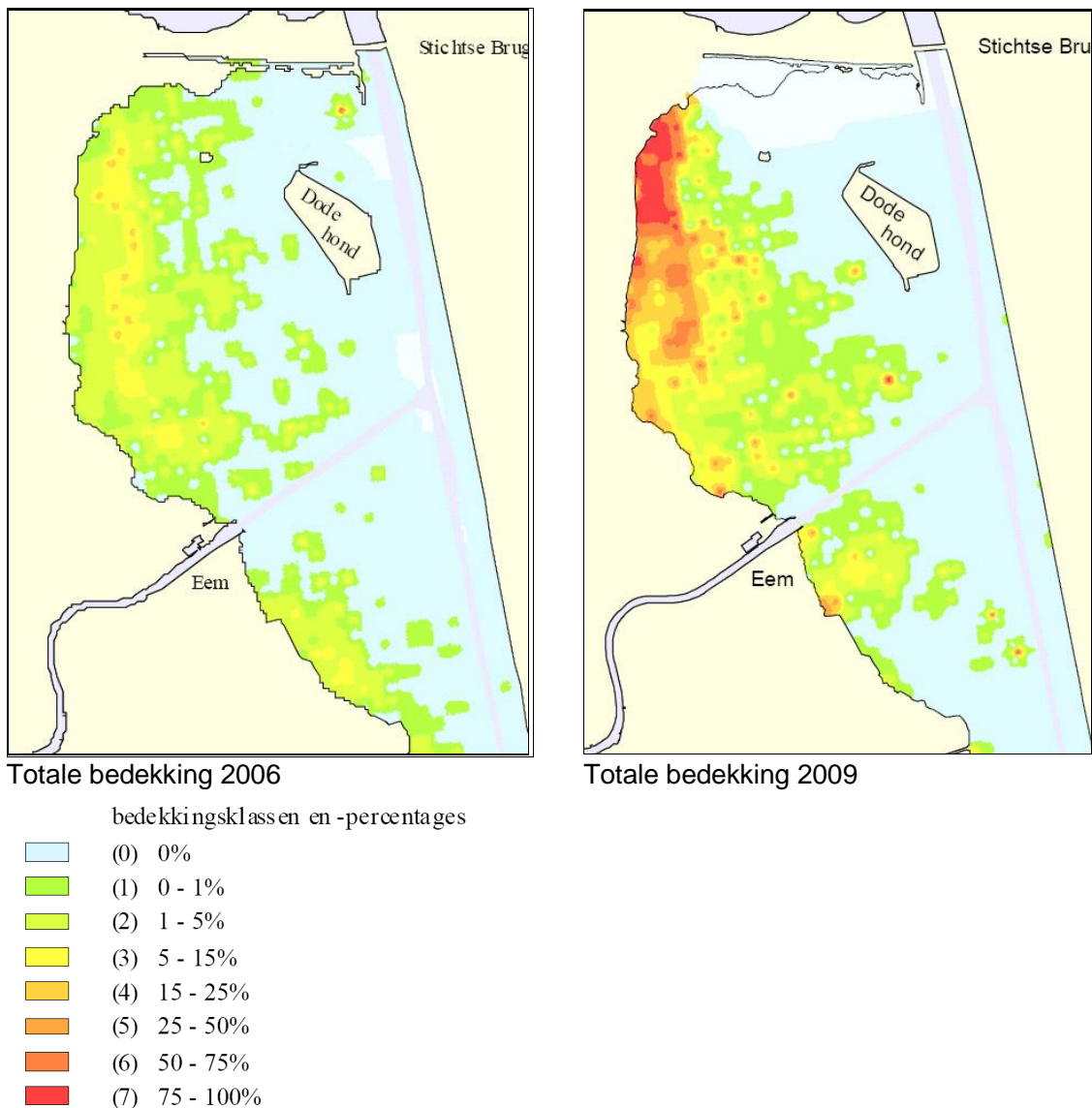
Figuur 25. Totale bedekking planten, extern (totale areaal) en intern (areaal x % bedekking). De bedekking in 1991 is gebaseerd op een schatting m.b.v. random meetpunten. De bedekking in 1997 is aanzienlijk hoger dan de som van de bedekkingen per soort (lichtblauw weergegeven).



Figuur 26. Opnamedata van het waterplantengrid van IJG in het Eemmeer en Nijkerkernauw.



Figuur 27. Opnamedatum MWTL-raai Maatpolder (Eemmeer).



Figuur 28. Totale bedekking van waterplanten in het Eemmeer in 2006 en 2009 (Dienst IJsselmeergebied). De kleuren vertegenwoordigen dichtheidsklassen in % bodembedekking (linksonder).

### 3.3.2 Soortenrijkdom

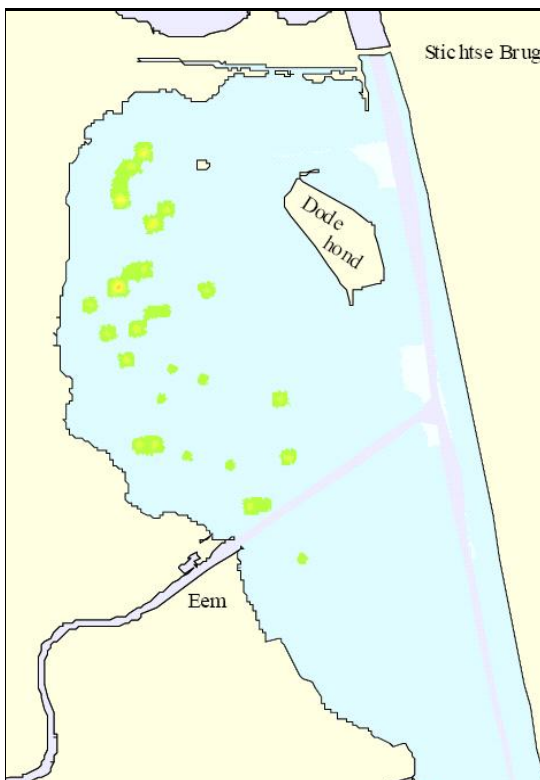
Zestien soorten hogere waterplanten zijn inmiddels in het Eemmeer en Nijkerkernauw vastgesteld (tabel 2). Negen daarvan komen min of meer structureel voor, andere worden waarschijnlijk af en toe aangevoerd (kroossoorten) of zijn nog slecht één keer vastgesteld (Brede Waterpest, Gewoon Sterrekroos, Puntkroos, Smalle Waterweegbree, Aarvederkruid). Er vond een sterke toename plaats van het aantal soorten per jaar omstreeks 2002.

## 3.3.3 Trends per soort

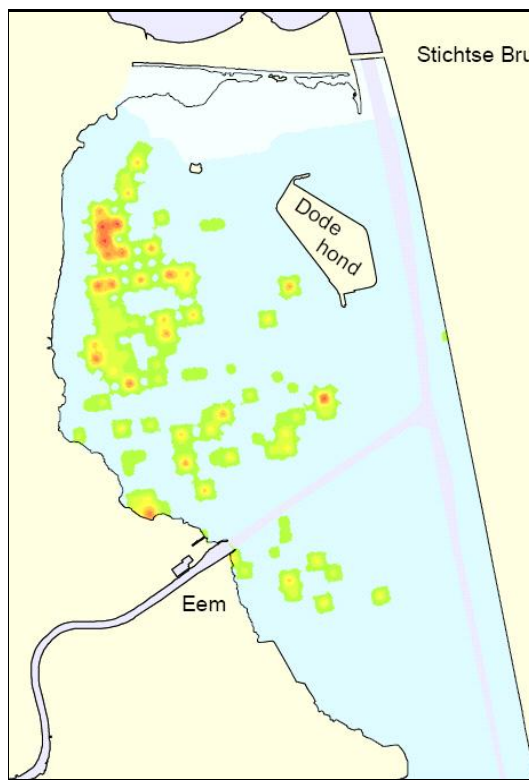
De toename die bij de totale bedekking is geconstateerd is enerzijds veroorzaakt door een grote hoeveelheid draadwier sinds 2003, maar recenter ook door toename van Schedefonteinkruid, Tenger Fonteinkruid en vooral Zannichellia (figuur 29). Deze toename is zo sterk geweest dat bij Schedefonteinkruid en Zannichellia in 2009 plaatselijk de hoogste bedekkingsklasse werd bereikt. Zannichellia komt vooral in het westen en dicht bij de kust voor (en in het Nijkerkernauw), Schedefonteinkruid groeit meer verspreid en verder uit de kust, Tenger Fonteinkruid heeft een min of meer bandvormige verspreiding op een diepte van ongeveer 130 cm.

Tabel 2. Soortenrijkdom in het Eemmeer en Nijkerkernauw. Getallen betreffen het percentage bezette locaties op de MWTL-raai Maatpolder in het Eemmeer, met aanvullingen van de raaien uit het Nijkerkernauw en de IJG karteringen (jaartallen vet, 2010 betreft een deelkartering). De aanvullingen zijn weergegeven met "+" voor present, zodat het aantal locaties op de raai van Maatpolder trendmatig te volgen blijft.

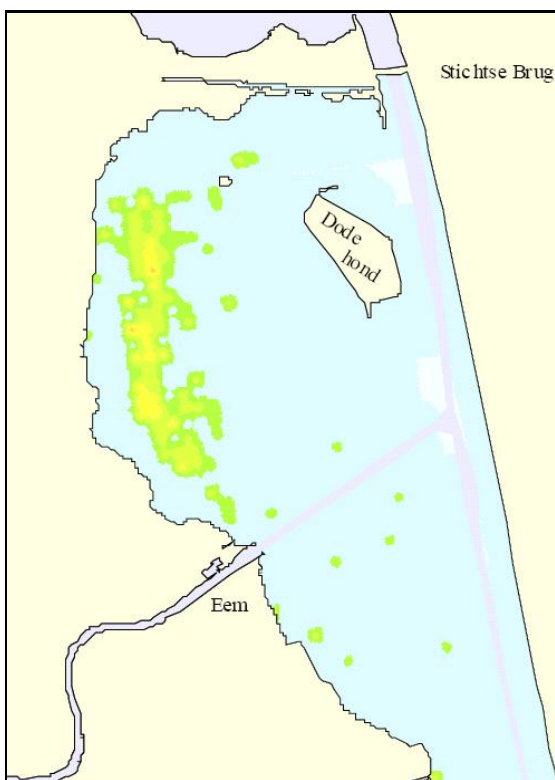
	87	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	06	09	10
Gedoornd Hoornblad								+			+		+	+	1	+	+	
kranswier				4	1										1	+	+	
Gekroesd Fonteinkruid														1	10		+	+
Schedefonteinkruid	+	+			+	1		7			1	1	2	4	1	+	+	+
Tenger Fonteinkruid					+			+			+			5		+	+	+
Puntig Fonteinkruid																	+	+
Doorgroeid Fonteinkruid					+											+	+	+
Smalle Waterpest					+			+			+	+	+	6		+	+	
Brede Waterpest																+		
Gewoon Sterrenkroos														1				
Klein Kroos						2							+	+				
Veelwortelig Kroos						1							+					
Puntkroos									+									
Zittende Zannichellia								+		2		1	4	11	33	+	+	+
Smalle Waterweegbree												+						
Aarvederkruid																+		
Bronmos						1												
Waternetje										5	+		2	2	12	+	+	+
darmwier					+			+					2	+	17	+	+	+
draadwier					1	1	9	6	1	16	2	1	2	30	31	+	+	+
aantal PQ's Maatpolder	0	0	81	72	81	79	69	69	50	50	62	62	63	80	80	0	0	0
met planten Maatpolder			0	3	1	2	0	3	0	2	1	2	4	17	29			
aantal soorten	1	1	0	1	7	5	1	7	2	3	6	5	9	11	8	12	12	9



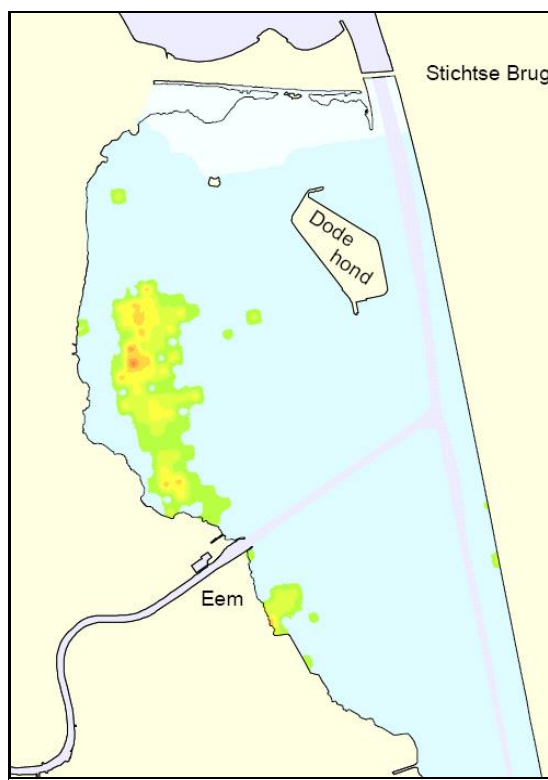
Schedefonteinkruid 2006



Schedefonteinkruid 2009

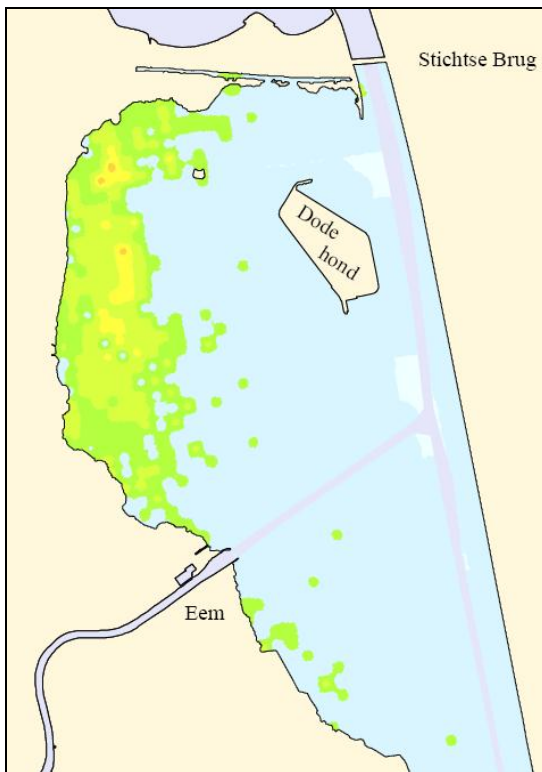


Tenger Fonteinkruid 2006

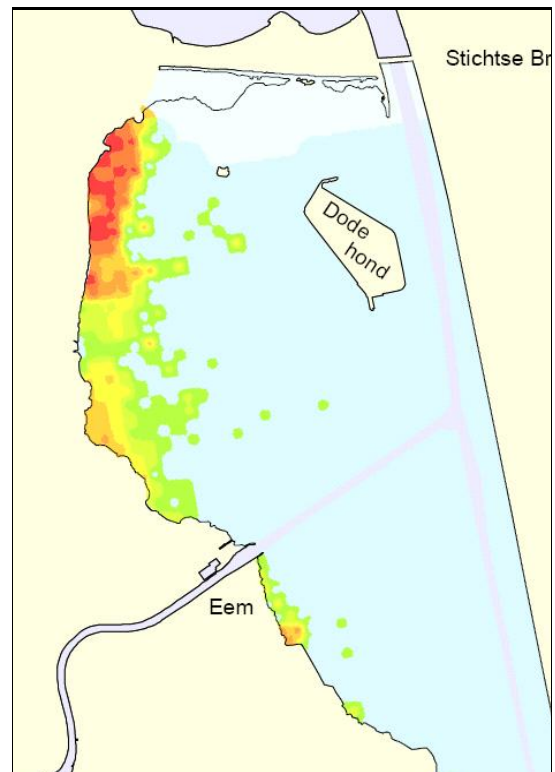


Tenger Fonteinkruid 2009





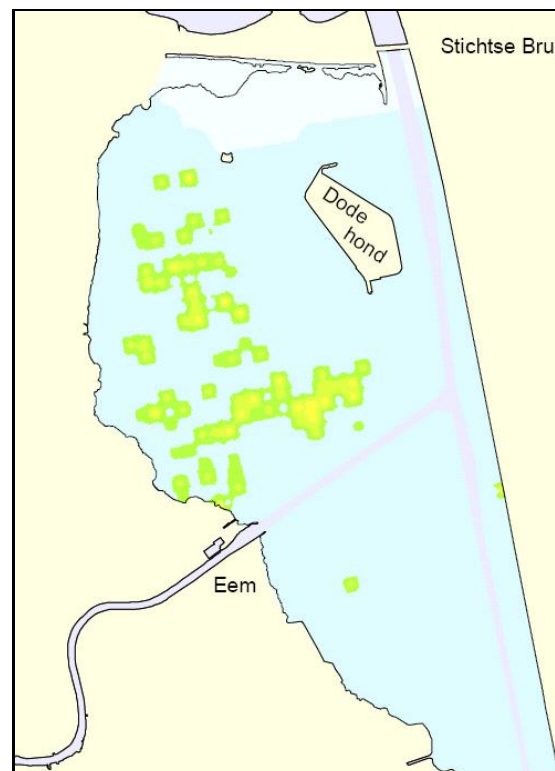
Zannichellia 2006



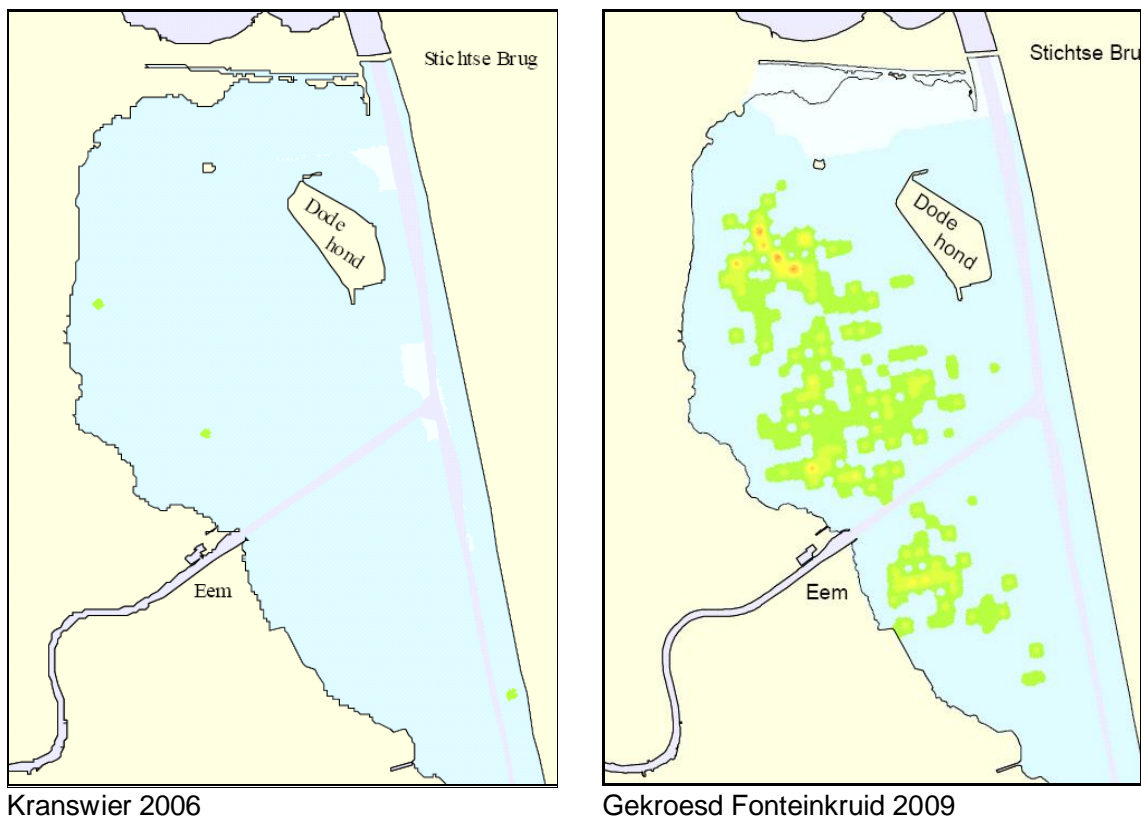
Zannichellia 2009



Doorgroeid Fonteinkruid 2006



Doorgroeid Fonteinkruid 2009



Figuur 29. Verspreidingskaarten van waterplanten op grond van de karteringen van 2006 en 2009. Legenda zie figuur 28.

### 3.3.4 Aanvullende kartering 2010

In aanvulling op de driejaarlijkse kartering van 2009 is op 13 augustus 2010 een deel van het waterplantengrid opnieuw gekarteerd (76 locaties, t.o.v. 1011 locaties in 2009, inclusief Nuldernauw). Het betreft een “nulmeting” van de omgeving van de in hoofdstuk 6 voorgestelde locatie voor het aanbrengen van sediment met kranswiersporen. In figuur 30 is weergegeven wat de totale bedekking in dit gebied was. Deze resultaten kunnen worden vergeleken met figuur 28. Kanttekening is dat de opname relatief laat in het seizoen is uitgevoerd (figuur 26), waardoor vroege soorten zoals *Zannichellia* ondervertegenwoordigd kunnen zijn geweest. De volledige set resultaten van de kartering van 2010 is weergegeven in bijlage 1.

In tabel 3 is de gemiddelde bedekking van deze locaties, berekend via de klassemiddens, vergeleken met de waarden van de 76 meest overeenkomstige locaties op 2 juli 2009 (dus zes weken eerder in het seizoen). De totale bedekking is dan nagenoeg gelijk, maar in 2010 is daarvan een veel groter deel gevormd door draadwier. Met een verschil van zes weken tussen de twee opnames is de vergelijkbaarheid echter beperkt.

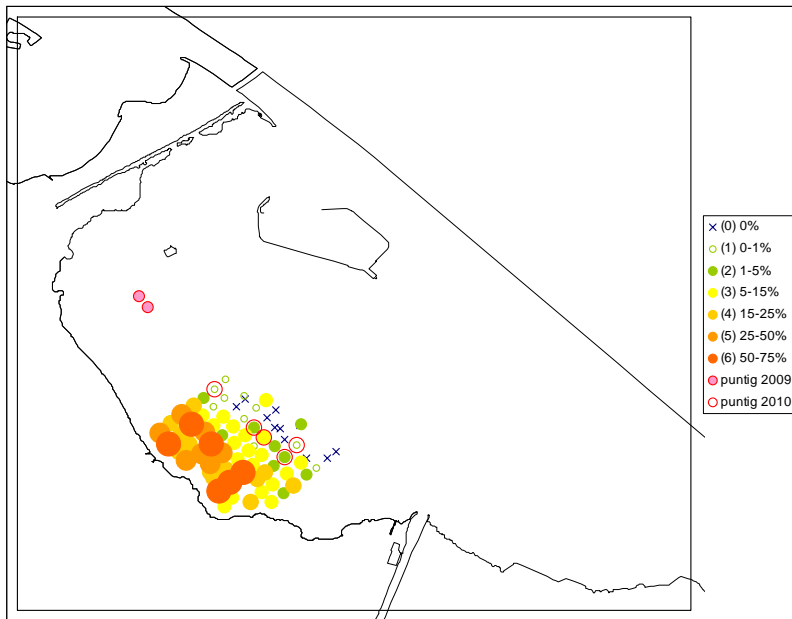
Tabel 3. Vergelijking van de gemiddelde bedekking (%) van de vegetatie in het gebied waar uitzetting van sediment met kranswiersporen wordt voorzien (figuur 30, zie verder hoofdstuk 6); karteringen van 76 gridpunten op 2 juli 2009 en 13 augustus 2010.

Soort/categorie	2009	2010
Totale bedekking	14,7	14,6
Schedefonteinkruid	3,7	1,3
Doorgroeid Fonteinkruid	0	0,1
Tenger Fonteinkruid	4,5	1,4
Gekroesd Fonteinkruid	0,5	0,1
Puntig Fonteinkruid	0	0,1
Zannichellia	2,8	0,4
Draadwier	0,4	12,6
Darmwier	0,2	0,0

### 3.3.5 Bijzonderheden: Gekroesd en Puntig Fonteinkruid

De bulk van de gemeenschap van hogere planten wordt in het IJsselmeergebied gevormd door slechts vier of vijf soorten: Schedefonteinkruid, Tenger Fonteinkruid, Doorgroeid Fonteinkruid, Zittende Zannichellia en Aarvederkruid. Al deze soorten komen inmiddels ook in het Eemmeer voor. Daarnaast zijn twee andere fonteinkruidsoorten aangetroffen: Gekroesd en Puntig Fonteinkruid. Gekroesd Fonteinkruid wordt hier en daar ook in andere randmeren gevonden, maar nooit in de mate waarin het in 2009 in het Eemmeer aanwezig was. Op diepten van circa 1,5 meter was het in 2009 zelfs de meest frequente soort. Gekroesd Fonteinkruid verdraagt relatief hoge organisch stof gehalten in de bodem, en het voorkomen in het Eemmeer kan daarom gekoppeld zijn aan het veen in de bodem. De soort was voor het eerst vastgesteld op de MWTL-raai Maatpolder in 2003, op één PQ. In 2004, het laatste jaar waarin deze raai werd opgenomen, was de soort present op 8 PQ's. Bij de kartering van 2006 werd de soort niet vastgesteld.

Puntig Fonteinkruid was alleen bekend uit het Zwarte Meer, in de jaren veertig (Mörzer Bruijns & Timmerman 1953; Dresscher 1954). Het is tegenwoordig in Nederland een schaarse tot vrij algemene soort van de laagveengebieden van Friesland en de Kop van Overijssel, Zuid-Holland en ook wateren rond Utrecht (Naardermeer, Vechtplassen). In 2009 werd het op 2 locaties aangetroffen in het westen van het Eemmeer. In 2010 werd het echter gevonden op vijf locaties die verder naar het zuidoosten lagen, niet ver van de Eemmondig, wat doet vermoeden dat de soort zich aan het uitbreiden is. Puntig Fonteinkruid is een soort van mesotrofe tot niet al te eutrofe wateren en de verschijning en toename in het Eemmeer indiceert dus de verbetering van de waterkwaliteit. Hoewel de dichtheden beperkt zijn herbergt het Eemmeer met vijf soorten de rijkste vegetatie van ondergedoken fonteinkruiden in het open water van het IJsselmeergebied. Naast fonteinkruiden, zannichellia en Aarvederkruid komt ook waterpest en Gedoond Hoornblad verspreid voor.

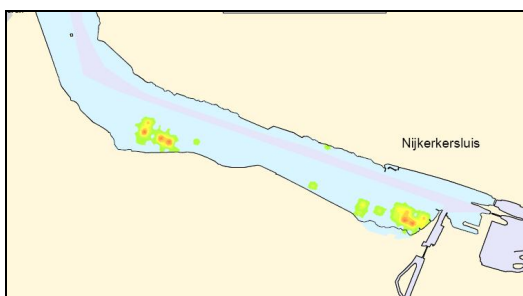


Figuur 30. Resultaten van een deelkartering in augustus 2010. Totale bedekking in klassen (% bodembedekking, als in figuur 28) en locaties met Puntig Fonteinkruid (en ter vergelijking de twee locaties met deze soort uit de totale kartering van 2009).

### 3.3.6 Kranswieren

Bij de kartering van 2006 zijn in het Eemmeer en Nijkerkernauw kranswieren aangetroffen. Het betrof kleine hoeveelheden op een drietal locaties, twee in het ondiepe gedeelte van het Eemmeer ten westen van de Eemmondning en een langs de vaargeul aan de nieuwe landzijde (figuur 29). In 2009 werden geen kranswieren in het Eemmeer gevonden, maar in het Nijkerkernauw had het zich gevestigd met een areaal van circa 25 ha (circa 17 punten; figuur 31). Ook in het Gooimeer werd in dat jaar een sterke toename van kranswier geconstateerd. Het betrof in het algemeen *Chara* spp., in het Gooimeer ook een plukje *Nitellopsis*.

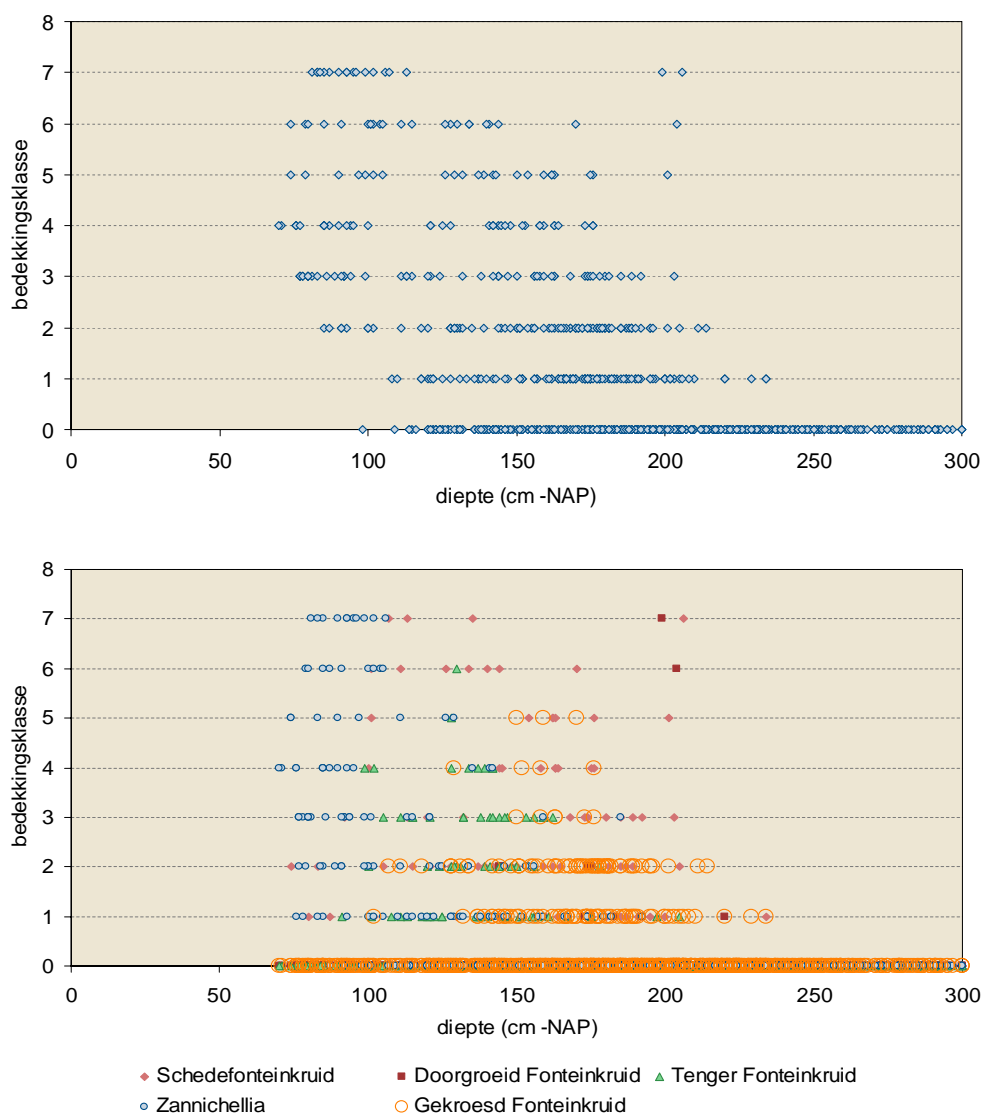
Van de MWTL raai Maatpolder, die t/m 2004 dwars over het Eemmeer liep, wordt kranswier ("Characeae") gemeld uit 1993 (3 PQ's), 1994 (1 PQ) en van de laatste opname in 2004 (1 PQ). Het materiaal uit 2004 werd gedetermineerd als *Chara contraria*.



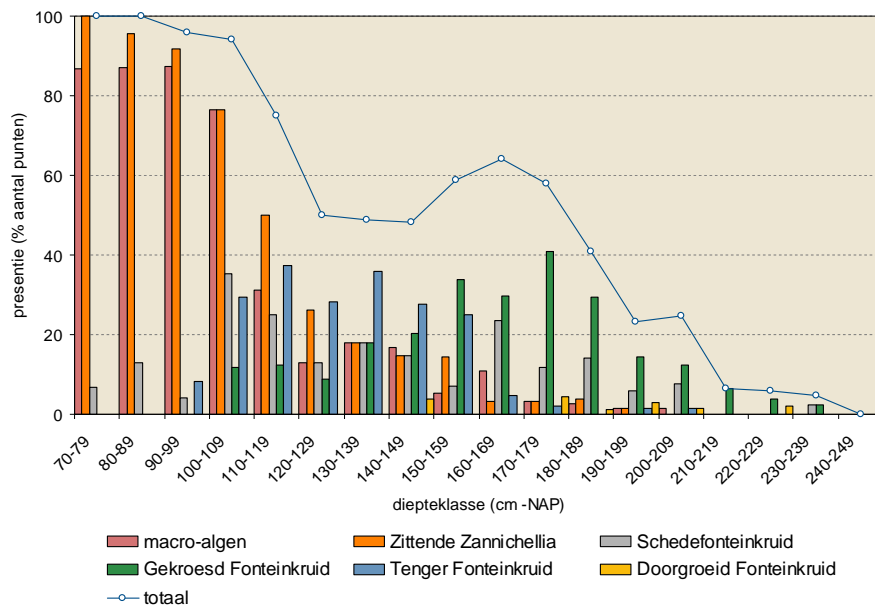
Figuur 31. Verspreiding en dichtheid van kranswier in het Nijkerkernauw in 2009.

### 3.3.7 Invloed van diepte en sediment

In 2009 zijn planten gevonden tot op een diepte van -240 cm NAP, dus een waterdiepte van 2,2 meter. Dit komt goed overeen met de maximum diepte die wordt berekend met behulp van de zomergemiddelde extinctie voor de jaren voorafgaand aan 2009 (zie hoofdstuk 5, figuur 57). Tot op een waterdiepte van 90 cm waren in 2009 bijna alle locaties bezet door zannichellia en macro-algen, vaak ook met hoge bedekkingen (figuur 32, 33). Hoewel de totale presentie daarna afneemt neemt de presentie van de andere soorten toe, met als meest opvallende verloop de hoge presentie van Gekroesd Fonteinkruid op waterdiepten van 1,3 – 1,7 meter. Op deze diepten is dit de meest frequent voorkomende soort, met een presentie van 30-40%, leidend tot een verhoogde totale presentie op deze diepten. Op de meeste locaties is de bedekking van Gekroesd Fonteinkruid niet hoger dan klasse 1 of 2, maar rond de 1,5 meter waterdiepte kan de bedekking oplopen tot klasse 5.



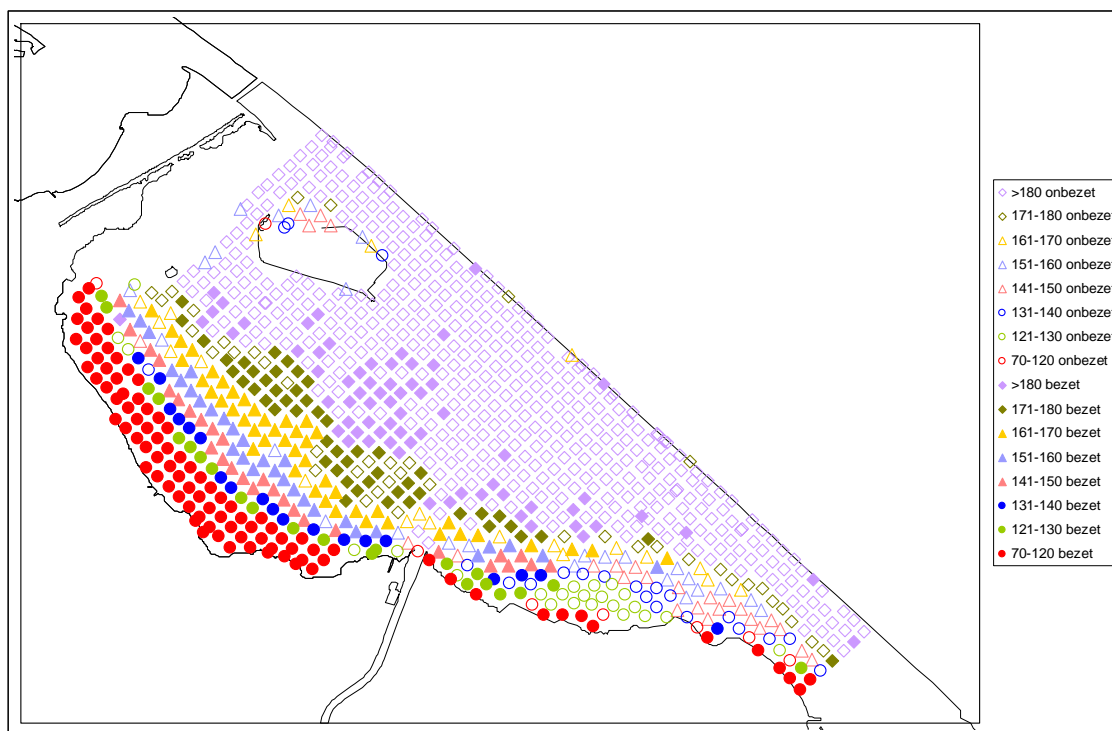
Figuur 32. Diepteverdeling van waterplanten in het Eemmeer in 2009. Boven totale bedekking per punt, onder de belangrijkste soorten.



Figuur 33. Bezettingspercentage van meetpunten per soort(groep) per diepteklasse van 10 cm (NAP). Eemmeer (dat wil zeggen. zonder Nijkerkernauw).

Uit figuur 33 blijkt dat locaties met een waterdiepte van meer dan 90 cm lang niet allemaal bezet zijn. In de bezetting bestaat echter grote ruimtelijke variatie. Op de ondiepten ten westen van de Eemmondig zijn nagenoeg alle locaties tot een waterdiepten van 1,5 meter bezet. In figuur 28 is te zien dat het bedekkingspercentage daarbij toeneemt naar het westen. Rond de Eemmondig zelf en verder naar het oosten is de bezetting in dezelfde diepteklassen echter veel geringer (figuur 34). Opvallend is een schijnbare relatie van de bezetting en de bedekking met de bodemsamenstelling: de hoge bezetting/bedekking ten westen van de Eemmondig is geassocieerd met de meest zavelige sedimenttypen, de afwezigheid van vegetatie ten oosten van de Eemmondig met het voorkomen van veen (figuur 35). Ook opvallend is dat de vegetatie die ten oosten van de Eemmondig is te vinden op de punten die wel bezet zijn, grotendeels wordt gevormd door Gekroesd Fonteinkruid (figuur 29), een soort die hoge gehalten organische stof in de bodem verdraagt en ook elders veel op veengrond voorkomt. Ook deze planten groeien echter vooral waar het veen nog enigszins door klei bedekt is, het gebied waar het veen de toplaag vormt was in 2009 nagenoeg onbegroeid. In 2006 was er op het veen wel enige bezetting (figuur 28), maar die werd hoofdzakelijk door draadwier gevormd.

Vooraf ten westen van de Eemmondig is het diepteverloop gekoppeld aan veranderingen in het sedimenttype, waardoor “ondiepe” soorten als Tenger Fonteinkruid en vooral Zannichellia hier vooral op zavel groeien en “diepere” als Gekroesd en Doorgroeit Fonteinkruid op klei.



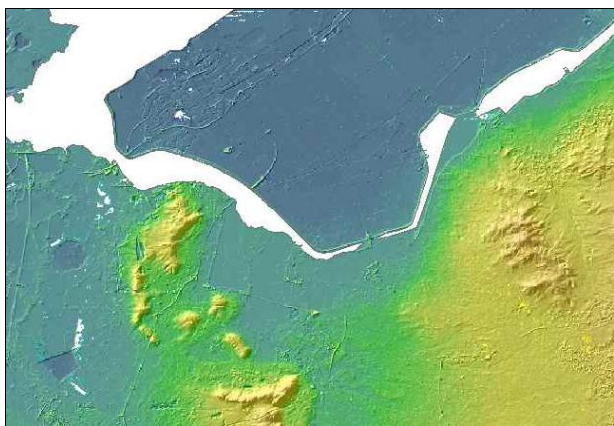
Figuur 34. Punten van het waterplantengrid verdeeld in dieptezones (kleuren), waarbij is weergegeven op welke punten in 2009 planten stonden (gesloten symbolen) en op welke niet (open symbolen).



Figuur 35. Bodemsamenstelling van het Eemmeer.

### 3.3.8 Luwte en afstand tot de kust

In de Veluwerandmeren blijft een strook van zo'n 200 meter langs de kust vrij van (kranswier)vegetatie. In het Eemmeer was in 2009 en vooral 2006 ook enigszins sprake van optima in de dichtheden op een bepaalde afstand van de kust (Zannichellia 2006, Tenger Fonteinkruid, figuur 29), die behalve met diepte en sedimentsamenstelling ook met golfwerking te maken zou kunnen hebben. In 2009 is deze zone met verlaagde bedekkingen echter enigszins dichtgegroeid met Zannichellia. Deze soort groeit in het bijzonder in het meest beschutte deel van het Eemmeer in het westen (figuur 36).



*Figuur 36. Ligging van het Eemmeer in de beschutting van de Utrechtse heuvelrug.*

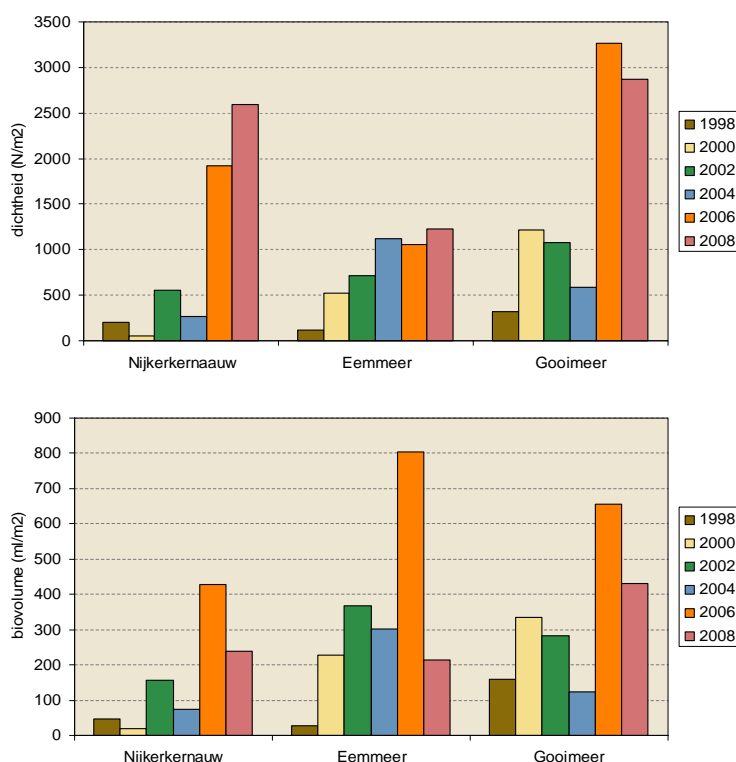


### 3.4 Macrofauna

Gegevens over de macrofauna zijn beschikbaar in de vorm van tweejaarlijkse mosselkarteringen en vierjaarlijkse MWTL biotoopbemonsteringen. De laatste mosselkartering is uitgevoerd in 2008 (Bouma et al. 2009). De biotoopbemonsteringen, voor het laatst uitgevoerd in 2009, zijn minder geschikt voor het beschrijven van recente ontwikkelingen. Aanvullende gegevens stammen van een reeks jaarlijkse bemonsteringen van de stenen langs de oever aan de nieuwe landzijde en gegevens van grote kreeftachtigen uit de passieve vismonitoring (fuiken).

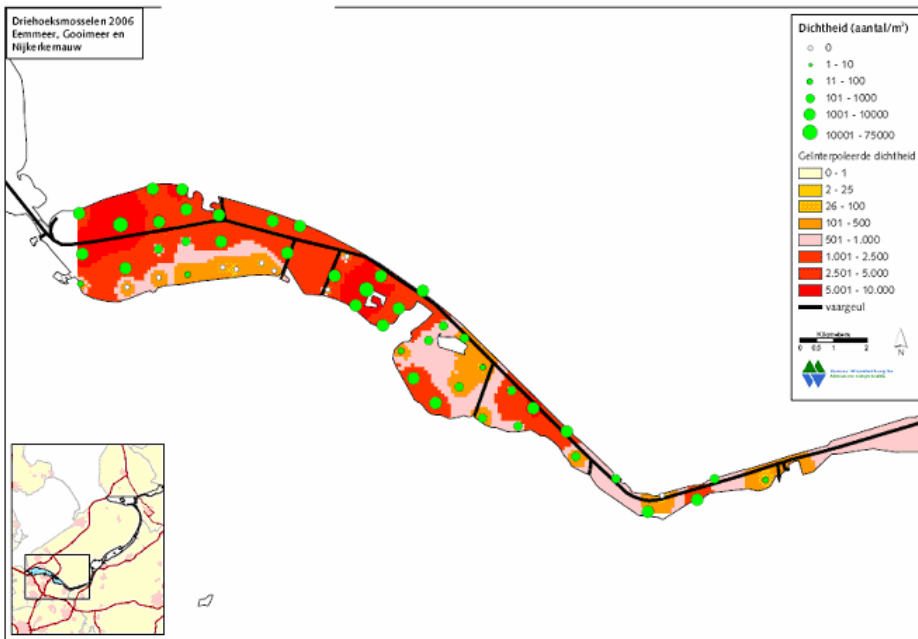
#### 3.4.1 Tweekleppige schelpdieren

De dichtheden van Driehoeksmosselen in het Eemmeer zijn sinds de eerste kartering in 1998 sterk toegenomen (figuur 37) en zijn tegenwoordig hoger dan de gemiddelde dichtheid in het IJsselmeergebied. De opvallend hoge dichtheden in het Nijkerkernauw en het Gooimeer in 2006 en 2008 werden in het Eemmeer niet geëvenaard.

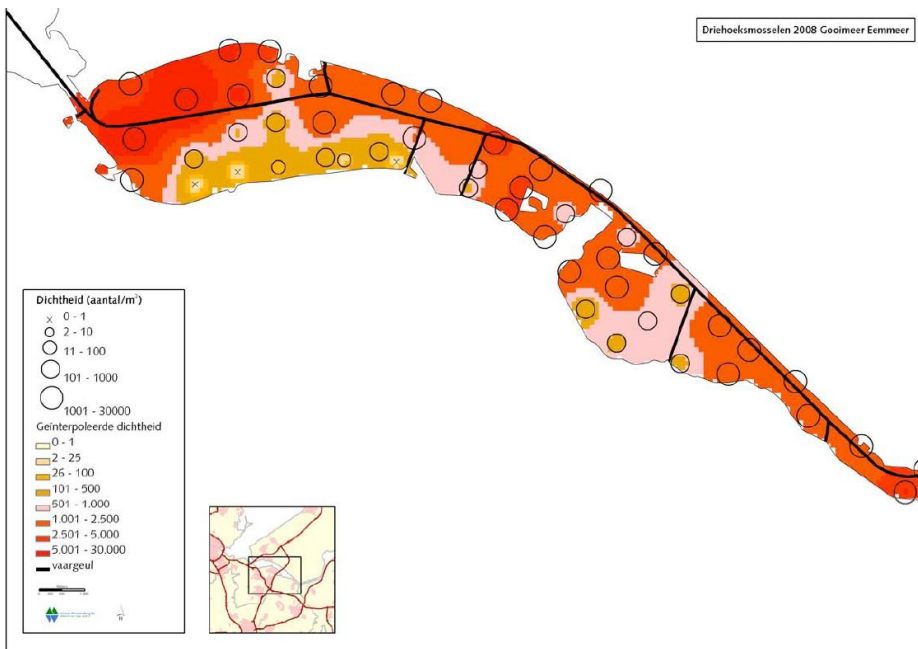


Figuur 37. Dichtheden van Driehoeksmosselen (boven aantallen, onder biovolume) in het Eemmeer, Nijkerkernauw en Gooimeer op grond van de tweejaarlijkse karteringen vanaf 1998.

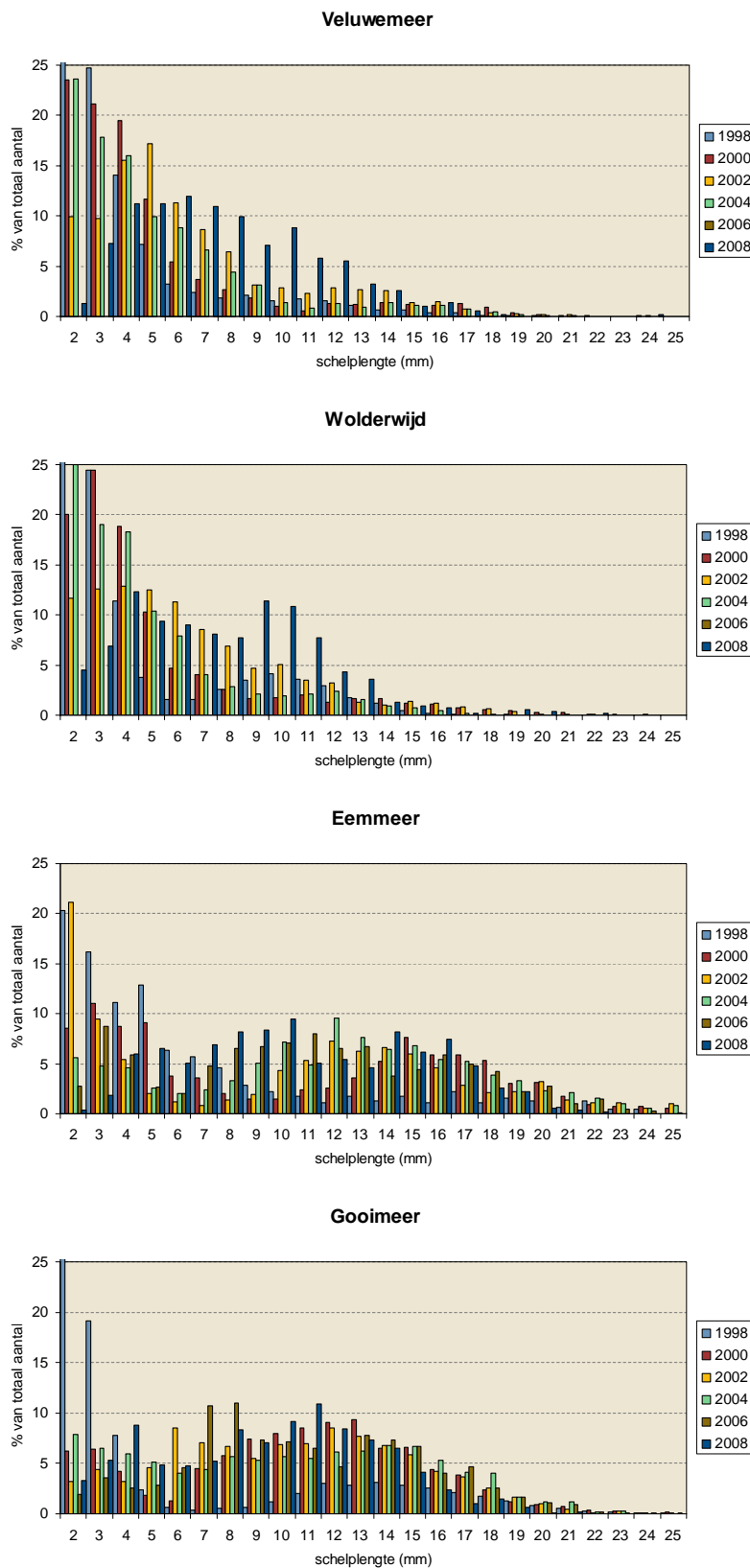
De laatste van een reeks tweejaarlijkse karteringen van tweekleppigen zijn door Bureau Waardenburg uitgevoerd in 2006 en 2008 (figuur 38 en 39). Anders dan in 2006 waren in 2008 de dichtheden van Driehoeksmosselen, die in het algemeen hoog zijn in het Eem- en Gooimeer, in de ondiepe wateren van het zuidwestelijke Eemmeer relatief laag. Korfmosselen kwamen in 2008 zeer weinig voor in de ondiepe delen van het meer ten westen van de Eemmondning (Bouma et al. 2009).



Figuur 38. Driehoeksmossel 2006 (uit Wielakker & Bak 2007).

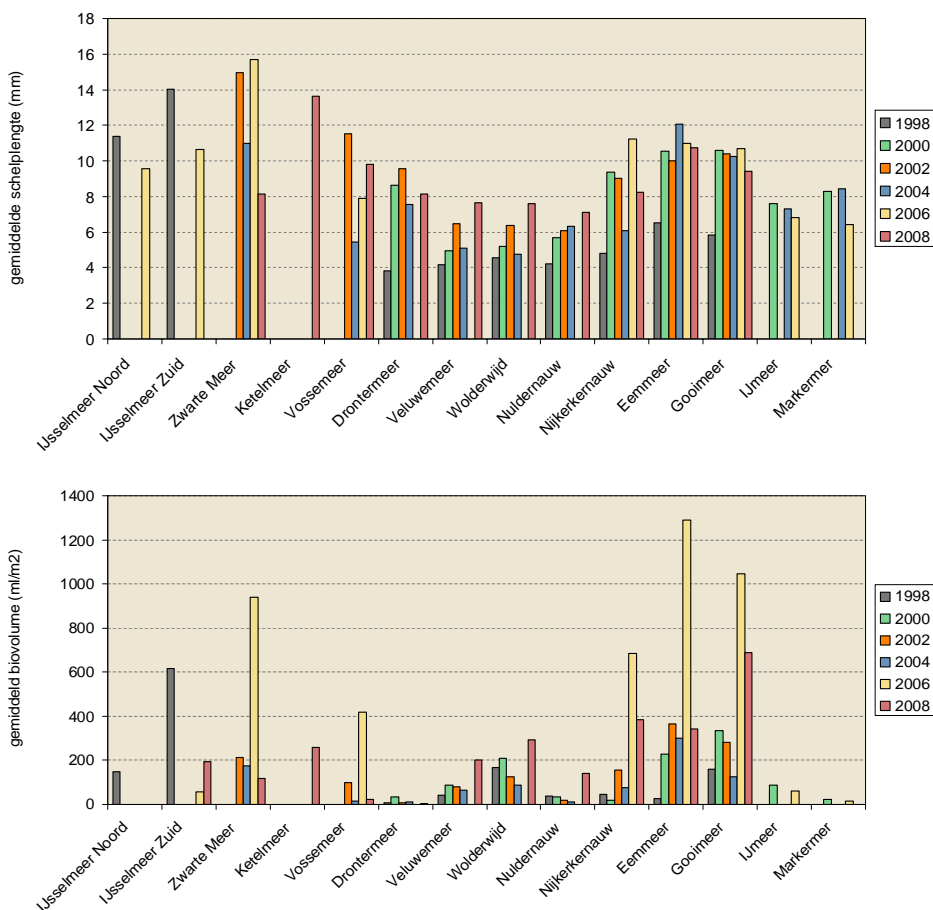


Figuur 39. Dichtheden Driehoeksmossel 2008 (uit Bouma et al. 2009).



Figuur 40. Lengteverdelingen van Dreihoksmosselen in diverse randmeren vanaf 1998.

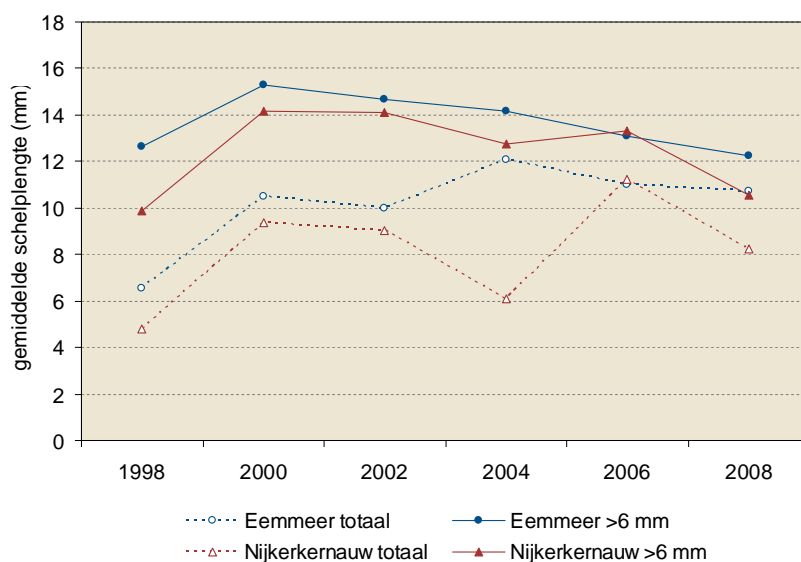
Behalve dat de dichtheden relatief hoog zijn, zijn de mosselen in het Eemmeer ook relatief groot. In het algemeen is de generatie van het voorgaande jaar in de lengteverdeling duidelijk zichtbaar, wat in de Veluwerandmeren vaak niet het geval is (figuur 40). Mosselen groter dan een centimeter maken in het najaar ongeveer de helft van het totale aantal uit, tegenover slechts 10-20% in de Veluwerandmeren. Het aandeel mosselen van meer dan 2 cm wordt binnen het IJsselmeergebied alleen overtroffen in het Zwarte Meer. De verdeling van de gemiddelde lengte van de mosselen over de meren vertoont twee duidelijke optima, nl. rond de IJsselmonding en rond de Eemmondig (figuur 41a). Dit is ongetwijfeld gekoppeld aan de relatief hoge nutriëntgehalten en de aanvoer van voedsel met stromend water. De combinatie van hoge dichtheden en grote afmetingen zorgt ervoor dat de dichtheden uitgedrukt in biovolumes de hoogste van het IJsselmeergebied zijn (figuur 4b), en dat tevens de filtratiecapaciteit van de populatie tot de hoogste behoort.



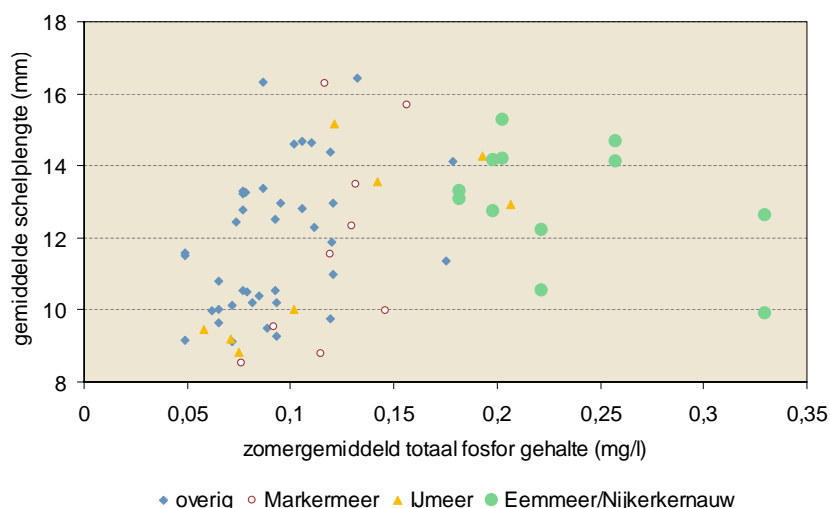
Figuur 41. Gemiddelde lengte (boven) en biovolume (onder) van mosselen in alle meren van het IJsselmeergebied, op volgorde van IJsselmeer via de randmeren naar het Markermeer.

De gemiddelde schelp lengte van Driehoeksmosselen in het Eemmeer en Nijkerkerauw is toegenomen, maar als het broed (<7 mm) niet wordt meegenomen is de gemiddelde lengte juist afgenomen na een optimum in 2000 (figuur 42). Dit kan te maken hebben met de toegenomen dichtheden (figuur 37), via dichtheidsafhankelijke groei. De afname van de nutriëntgehalten heeft in het Eemmeer nog niet geleid tot waarden waarbij verminderde groei zou kunnen worden verwacht (figuur 43).

Op grond van de algemene relatie tussen gemiddelde schelp lengtes en zomergemiddelde nutriëntgehalten in de diverse meren zou een afname van de groei kunnen worden verwacht bij totaal fosfor gehalten van minder van 0,13 mg/l, geassocieerd met orthofosfaatgehalten van minder dan 0,02 mg/l.



Figuur 42. Verloop van de gemiddelde lengte van mosselen in het Eemmeer en Nijkerkernauw, totale populatie en mosselen groter dan 6 mm.



Figuur 43. Verband tussen het totaal fosforgehalte per meer per jaar en de gemiddelde lengte van Driehoeksmosselen.

Behalve Driehoeksmosselen kom nog enkele andere tweekleppigen in het Eemmeer voor. Het meer is omstreeks 2002 gekoloniseerd door de Aziatische Korfmossel *Corbicula fluminea*. Deze soort werd in dat jaar gevonden in het Nijkerkernauw en het Gooimeer, twee jaar later ook in het Eemmeer. Daarna groeiden de dichtheden tot bijna 200/m<sup>2</sup> in 2008. Een andere exoot, de Quagga-mossel *Dreissena bugensis*, die in 2006 nog niet was aangetroffen, was de randmeren begonnen te koloniseren in 2008. In dat jaar werden onder meer lage dichtheden aangetroffen in het Nijkerkernauw en het Gooimeer, maar nog niet in het Eemmeer.

Bij de deelkartering van waterplanten in augustus 2010 werden ze echter ook hier tussen de Driehoeksmosselen gevonden, in een lengteverdeling die kolonisatie in 2009 doet vermoeden. Naast deze drie exoten komen diverse soorten zwanenmosselen en erwtenmosselen in het Eemmeer voor.

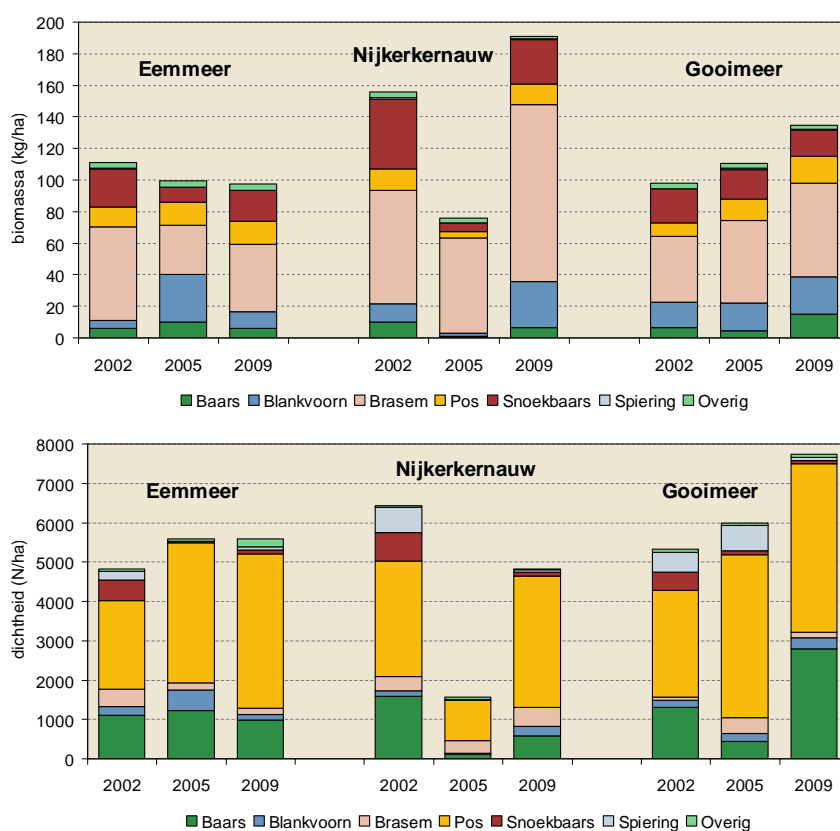
### 3.4.2 Overige macrofauna

De meest relevante ontwikkelingen in de samenstelling van de overige macrofauna zijn net als elders in de regio de komst van de Kaspische Slijkgarnaal *Chelicorophium curvispinum* en de Reuzenvlokreeft *Dikerogammarus villosus*, in het geval van het Eemmeer beide in 1997. Net als bij de korfmosselen en de Quagga-mosselen was het Eemmeer het laatste randmeer dat door de Kaspische Slijkgarnaal werd bereikt. De Reuzenvlokreeft bereikte alle randmeren tegelijk in 1997, maar werd in het Nijkerkernauw en het Gooimeer al in het voorjaar gevonden, in het Eemmeer pas in het najaar. De Eem is dus wellicht als aanvoerroute voor deze exoten minder belangrijk dan de IJssel en het IJmeer (Amsterdam-Rijnkanaal). De diversiteit van de overige macrofauna op de stenen nam af, waarschijnlijk mede door toedoen van de Reuzenvlokreeft (Noordhuis et al. 2009). In het open water, tussen de planten en de mosselen, werden echter nog maar weinig Reuzenvlokreeften gevonden (in 2010 wel aangetroffen bij plantenkartering). Andere exoten: de aasgarnaal *Limnomysis benedeni* is bij de biotoopbemonstering van 2005 vastgesteld op diverse bodemlocaties, en op stenen de pissebed *Jaera istri*, net als in de andere randmeren. Beperkt tot het Eemmeer en Nijkerkernauw was in 2005 het voorkomen van de vlokreeft *Echinogammarus ischnus*, die werd vastgesteld op alle drie de stenenlocaties. In 2006 werd hij vastgesteld in het Nijkerkernauw en in het Veluwemeer.

De sterke verandering in diversiteit omstreeks 1997 valt niet alleen samen met de komst van *Corophium* en *Dikerogammarus*, maar ook met veranderingen in waterkwaliteit, het ontstaan van een clear water phase etc. Door deze veranderingen zal de voedselvoorziening voor macrofauna zijn gewijzigd. Opvallend in positieve zin was de komst van kieuwslakken (Diepslak *Bithynia tentaculata*) in 1998, die tot die tijd in de monsters uit het Eemmeer ontbraken, hoewel ze talrijk aanwezig waren in de monsters uit alle andere randmeren (inclusief Nijkerkernauw).

## 3.5 Vis

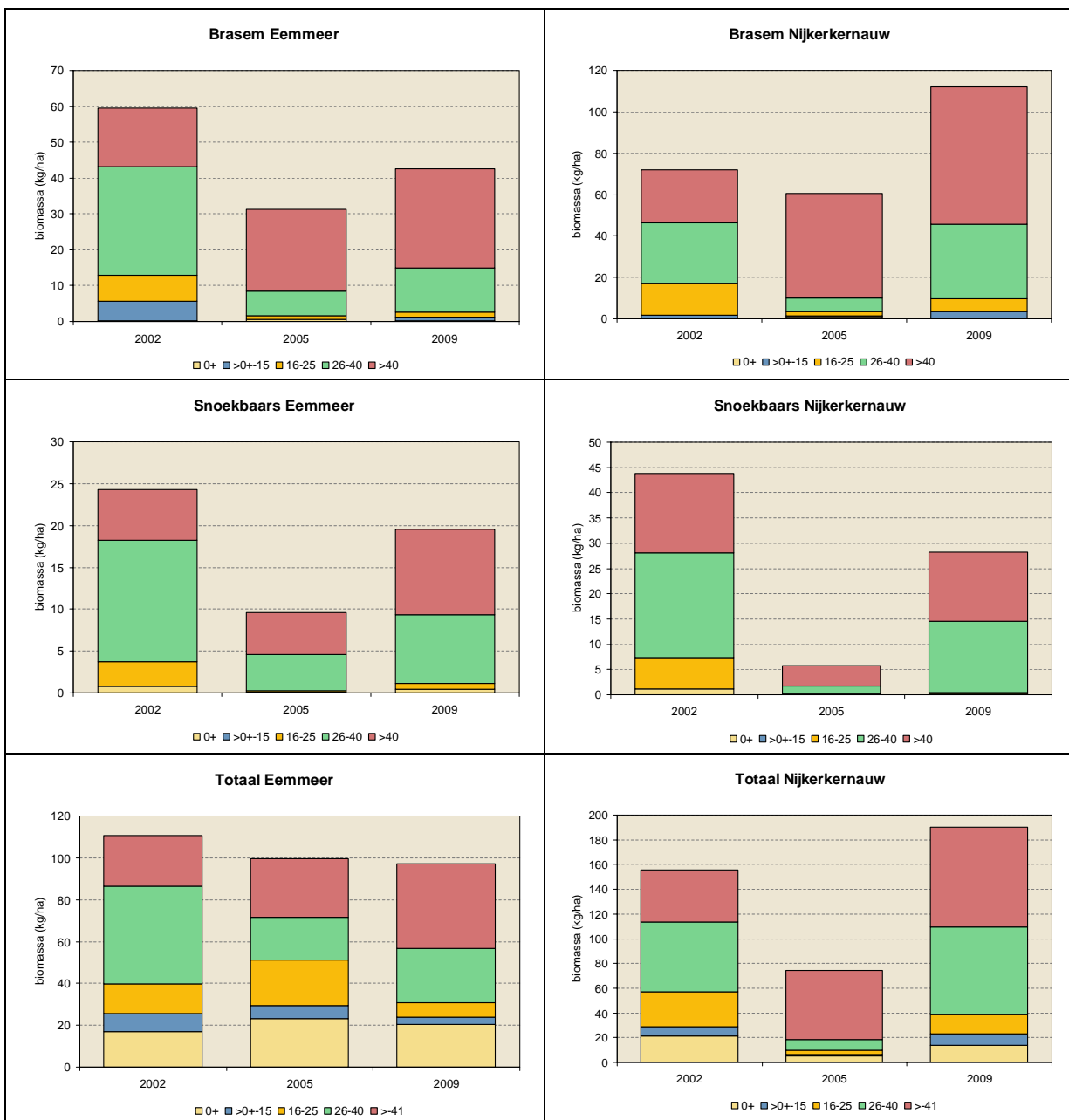
Drie recente visbemonsteringen zijn beschikbaar voor vergelijking, namelijk de bestandsopnamen van 2002, 2005 (Van Giels 2006) en 2009 (Hop 2009; figuur 44). Daaruit blijkt dat de visstand van het Eemmeer en Nijkerkernauw in die periode niet wezenlijk is veranderd. De totale visbiomassa bedraagt gemiddeld circa 110 kg/ha en was in 2002 en 2009 aanzienlijk hoger in het Nijkerkernauw dan in het Eemmeer, maar in 2005 was dat andersom. Brasem, de meest abundante soort (op grond van biomassa), was in alle drie de jaren sterker vertegenwoordigd in het Nijkerkernauw. Aantalsmatig wordt het visbestand sterk gedomineerd door broed van Pos en Baars. De visstand komt in grote lijnen overeen met die van het Gooimeer.



Figuur 44. Totaaloverzicht van biomassa en dichtheid in aantallen in Eemmeer, Nijkerkernauw en Gooimeer in 2002, 2005 en 2009, met verdeling over de soorten.

Het visbestand werd in alle drie de meren op grond van de KRW maatlatten in 2009 nog steeds ontoereikend genoemd vanwege het grote aandeel van Brasem en de geringe hoeveelheid limnofiele vis.

Het brasembestand bestond in het Eemmeer aantalsmatig in 2002 en 2005 voor 89% uit vis tot 25 cm, in 2009 voor 72% (figuur 45). Van de biomassa betrof in 2002 ruim 20% vis tot 25 cm, in 2005 en 2009 slechts 5%. Daarbij moet in aanmerking worden genomen dat in 2002 iets vroeger werd gevist, 12-20 augustus, één tot twee weken eerder dan in 2005 en 2009 (2002 was echter ook relatief koel). In het Nuldernauw en in het Gooimeer is het bestand van grote Brasem daarmee toegenomen tussen 2002 en 2005 en nogmaals tussen 2005 en 2009. In het Eemmeer was dat bestand in 2009 hoger dan in 2005, maar lager dan in 2002. Ook bij de Snoekbaars was het aandeel kleine vis in 2005 en 2009 lager dan in 2002. Toch was het bestand van grote Snoekbaars in 2002 het grootst in alle drie de meren, in het Eemmeer en Nijkerkernauw werden de laagste biomassa's gemeten in 2005.



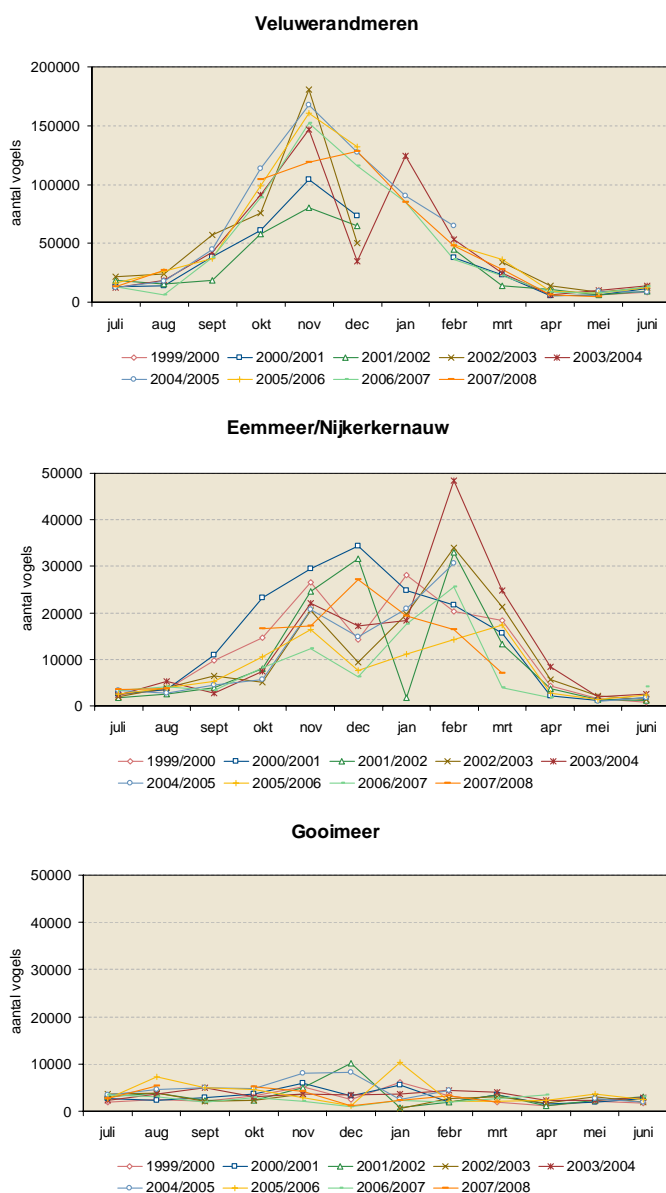
Figuur 45. Biomassa van Brasem, Snoekbaars en alle vis (excl. Snoek), verdeeld in lengteklassen (kg/ha).

In de jaren tachtig was enige verjonging in het visbestand opgetreden, en was 60% van de visbiomassa kleiner dan 30 cm. In 1995 was zelfs 80% van de biomassa van Brasem kleiner dan 30 cm, maar hierin kwam na 2000 weer verandering (bemonstering 2002). Dit werd verbonden aan rekrutering van enkele sterke jaarklassen van Snoekbaars (Hulsegge & Vendrig 2004). Hierin is dus nadien zeker geen verbetering in opgetreden (figuur 45).



### 3.6 Watervogels

In het winterhalfjaar maken tot circa 30.000 watervogels gebruik van het Eemmeer en Nuldernaau (figuur 46). Dit maximum aantal, en ook het gemiddelde aantal per seizoen, is in de periode 1994-2008 niet duidelijk veranderd. De aantallen worden geteld in drie telgebieden; de eerste is het Nijkerkernauw tot aan de Eemmond en de andere twee zijn de noord- en zuidkant van het Eemmeer ten westen van de Eemmond. Gemiddeld ruim 60% van het totaal aantal vogels is te vinden in het telgebied “Eemmeer Stichtse Brug – Eemmond Zuid”, ongeveer 25-30% in het Nijkerkernauw. In de meeste seizoenen zijn er twee pieken te onderscheiden, de eerste in november en de tweede en hoogste in februari. In de periode april – september zijn de aantallen relatief laag.



Figuur 46. Seizoensverloop van de totale aantallen watervogels in de Veluwerandmeren (afwijkende schaal), het Eemmeer en het Gooimeer, 1999-2008.

Dit accent op de tweede helft van de winter is opvallend, aangezien in de Veluwerandmeren de aantallen verreweg het hoogst zijn in de eerste helft (november; figuur 46). Het Eemmeer heeft dus een andere functie voor watervogels dan de Veluwerandmeren. Het seizoensbeeld is ook zeer verschillend van dat van het Gooimeer, waar de aantallen vogels in de winter aanzienlijk lager zijn. De verschillen worden voor een belangrijk deel veroorzaakt door het grote aandeel van de Smient in de totale aantallen van het Eemmeer, in de periode november -maart gemiddeld zo'n 55%. Deze soort foerageert veelal op grasland in de omgeving en is niet afhankelijk van het voedselaanbod in het meer zelf. In de zomer zijn de totale aantallen vogels in het Gooimeer ongeveer even hoog als in het Eemmeer door zomerconcentraties van Knobbelzwanen en Meerkoeten. Over het gehele seizoen is het Eemmeer in deze periode voor watervogels veel belangrijker geweest dan het Gooimeer (figuur 46).

De meest talrijke soort in het Eemmeer is de Smient (seizoensmaximum recent circa 15000). Daarnaast zijn Kuifeend (4000), Tafeleend (1500) en Meerkoet (2500) relatief talrijk. Recent worden soms ook meer dan 2000 Grauwe Ganzen geteld. Het verloop van de trends van de aantallen watervogels in het Eemmeer is beïnvloed door drie natuurontwikkelingsprojecten:

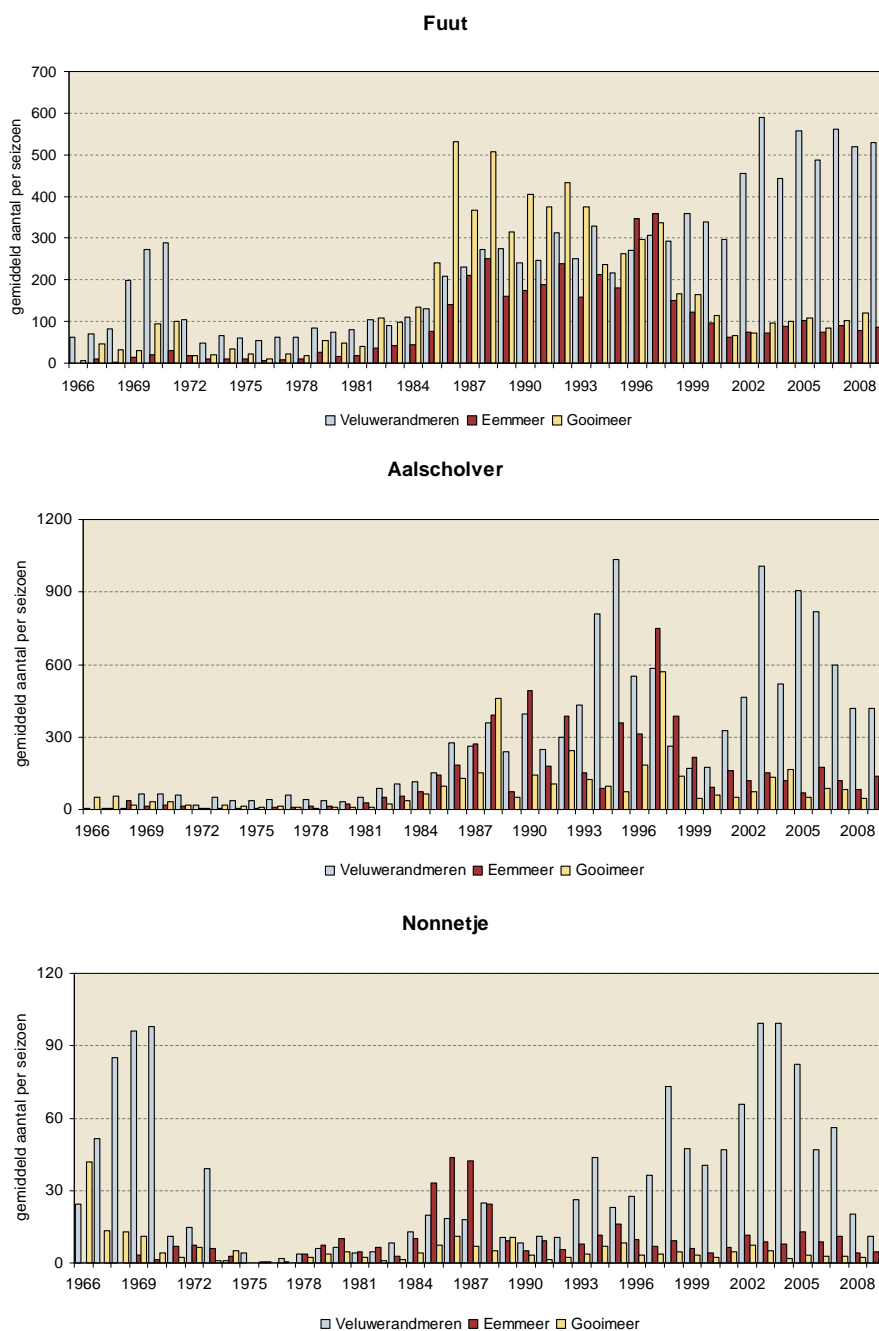
Maart 1980: aanleg voorland talud oostkant Stichtse Brug met grond die vrijkwam door de aanleg van A27. Circa 10 ha aflopende slikplaten, deels onder water. Zanddam die een meter onder water ligt.

1999: Aanleg eiland De Visdief

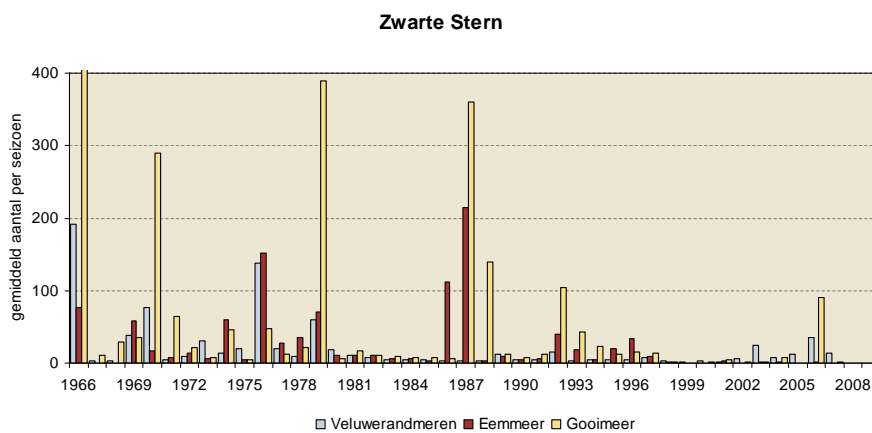
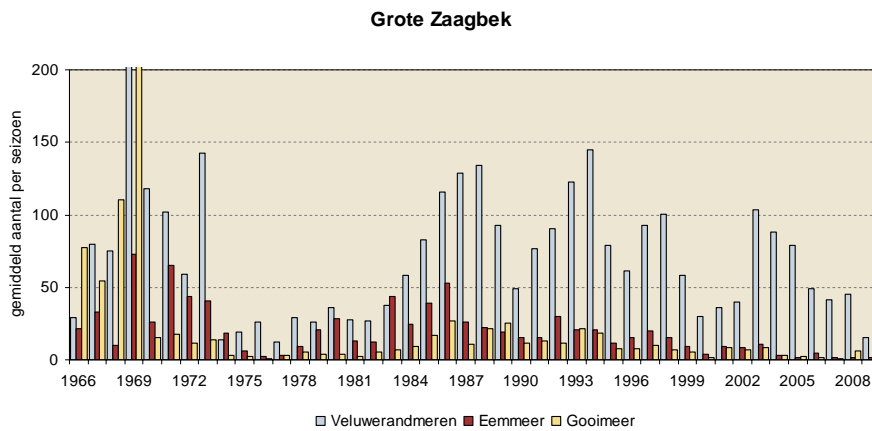
2008: Zanddam met twee nieuwe eilanden en twee slikplaten, aankoppeling De Visdief, herstel door aanvulling oude rietoever. Bijzonderheden: aantallen Kluut, Bontbekplevier, Oeverloper, Lepelaar. Tientallen nesten van Visdief, Kluut, Bontbekplevier, Kleine Plevier en een broedpaar Dwergstern in 2009.

### 3.6.1 Viseters

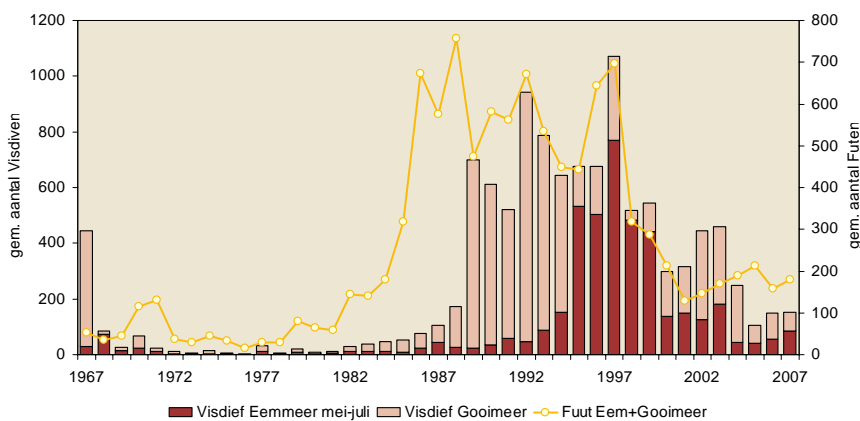
Net als elders in de randmeren heeft het aantal viseters in het Eemmeer midden jaren tachtig, toen de dominantie van de visstand door grote Brasem doorbroken werd, een toename laten zien (figuur 47). Kleinere vis als Baars en Blankvoorn kwam toen beschikbaar. Alleen de Visdieven kwamen pas later (Noordhuis & Koffijberg 2004; figuur 48), toen in het Eem- en Gooimeer in 1988 nieuwe broedgelegenheid beschikbaar kwam door de aanleg van de eilandjes Huizerhoef (Gooimeer) en in 1993 de Visdief (Eemmeer). Meer dan in de Veluwerandmeren namen de aantallen viseters in het Eem- en Gooimeer later echter weer af. Bij Nonnetjes en Grote Zaagbekken gebeurde dat relatief snel, bij Fuut en Aalscholver vond een opvallende afname plaats aan het einde van de jaren negentig. Ook de aantallen Zwarte Sterns en Visdieven liepen toen sterk terug. In die situatie is nog geen verbetering opgetreden. Het aantal Grote Zaagbekken is in 2004 verder afgenomen waardoor deze soort inmiddels net als de Zwarte Stern nagenoeg ontbreekt in het Eemmeer.



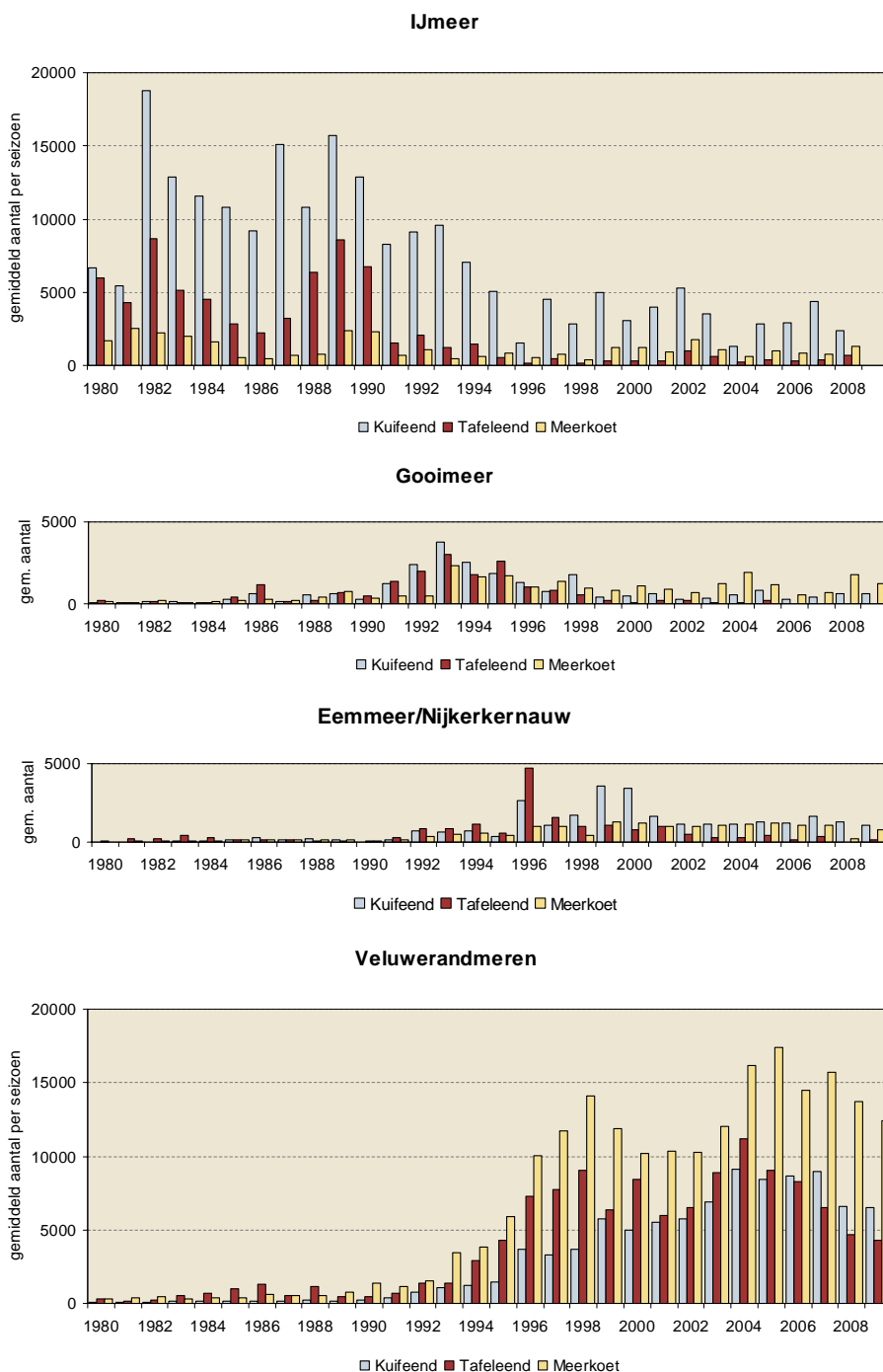
Figuur 47 a,b en c. Verloop van seizoensgemiddelde aantallen van visetende vogelsoorten in Veluwerandmeren, Eemmeer en Gooimeer vanaf 1966.



Figuur 47d en e. Verloop van seizoensgemiddelde aantallen van visetende vogelsoorten in Veluwerandmeren, Eemmeer en Gooimeer vanaf 1966.



Figuur 48. Aantalsverloop van Viscdief in Eem- en Gooimeer (cumulatief) in vergelijking met het verloop van het aantal Futen.



Figuur 49. Verloop van de seizoensgemiddelde aantallen van de drie talrijkste benthivoren in het Eemmeer, vergeleken met het verloop in IJmeer, Gooimeer en Veluwerandmeren.

### 3.6.2 Benthivoren

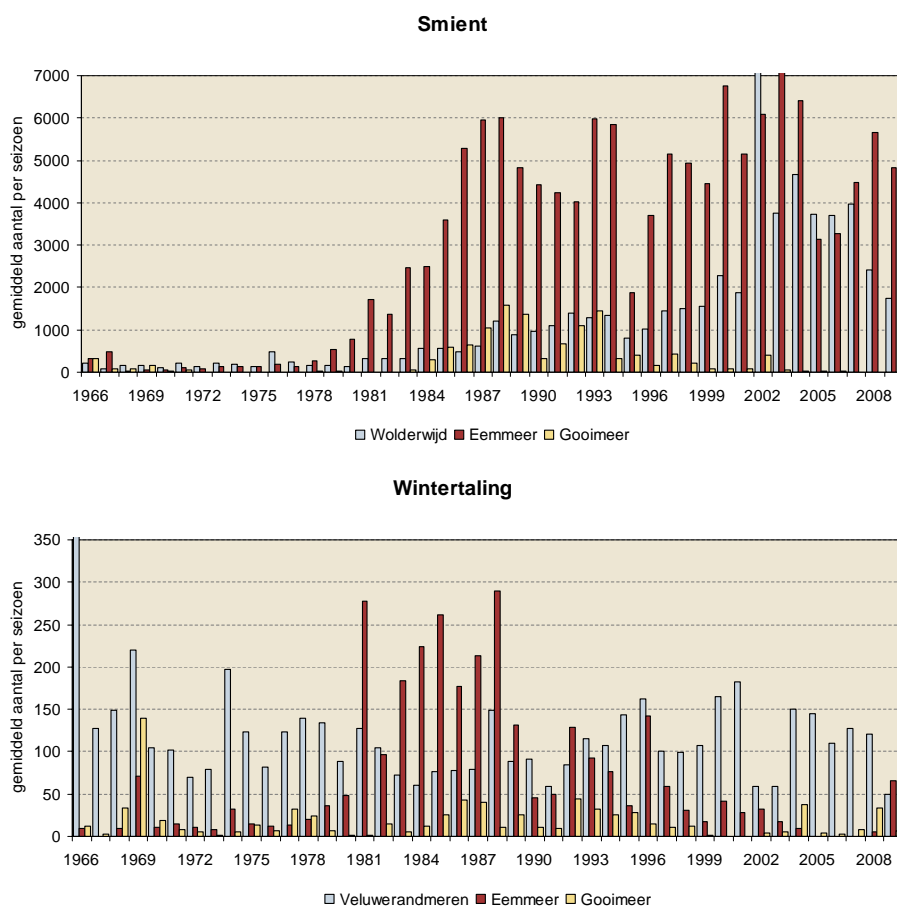
De meest talrijke benthivoren, ofwel watervogelsoorten die met name ongewervelde bodemdieren zoals mosselen eten, zijn in het Eemmeer Kuifeend, Tafeleend en Meerkoet. De laatste twee soorten kunnen ook plantaardig voedsel gebruiken, maar dat is gezien het ontbreken van kranswier in het Eemmeer minder waarschijnlijk. Meerkoeten kunnen echter later in de winter ook op gras foerageren. De aantallen van deze soorten zijn vergelijkbaar met die in het Gooimeer, maar klein in vergelijking met de aantallen die vroeger in het IJmeer en tegenwoordig in de Veluwrandmeren voorkomen. In de grootschalige accentverschuiving van IJmeer/Markermeer naar Veluwrandmeren in de verspreiding van deze groep is het Gooimeer intermediair, met tijdelijk verhoogde aantallen halverwege de jaren negentig. Het Eemmeer sluit meer aan bij de ontwikkelingen in de Veluwrandmeren, zij het dat de Tafeleend recent weer is afgenomen (figuur 49).

De beide eendesoorten, Kuifeend en Tafeleend, foerageren voornamelijk 's nachts op bodemfauna en rusten overdag, wanneer de tellingen plaatsvinden, op een locatie die kilometers van het foerageergebied verwijderd kan liggen. Hoewel aantalsverandering vaak door voedselaanbod worden gestuurd, indiceren de aantallen in de meren daardoor niet automatisch op lokale toename van voedselaanbod. Driehoeksmosselen lijken, op grond van de bodemkarteringen en de stenenbemonsteringen, ook in de zuidelijke randmeren pas in de tweede helft van de jaren negentig te zijn toegenomen. Dit suggereert dat de toename van begin jaren negentig eerder te maken heeft met verslechtering van het IJmeer als foerageer- en rustplaats.

Daarnaast is het mogelijk dat het kleinere formaat van de mosselen, of anders gezegd het grote aandeel kleinere mosselen, de Veluwrandmeren interessanter maakte voor benthivoren dan het Eemmeer. Kleinere mosselen kunnen onder water gemakkelijk worden geconsumeerd, grotere moeten in kluitjes naar boven worden gehaald. Dat de vogels van het Eemmeer 's nachts in de Veluwrandmeren zouden foerageren is echter minder waarschijnlijk aangezien in de winter bijv. 70-75% van de Kuif- en Tafeleenden, tot 90-95% in september en oktober, zich gemiddeld ten westen van de Eemmond bevindt, dus op grotere afstand van de Veluwrandmeren. Aan de andere kant is ondanks verdere toename van de mosselpopulatie het aantal benthivore watervogels in de zuidelijke randmeren het laatste decennium niet verder gestegen.

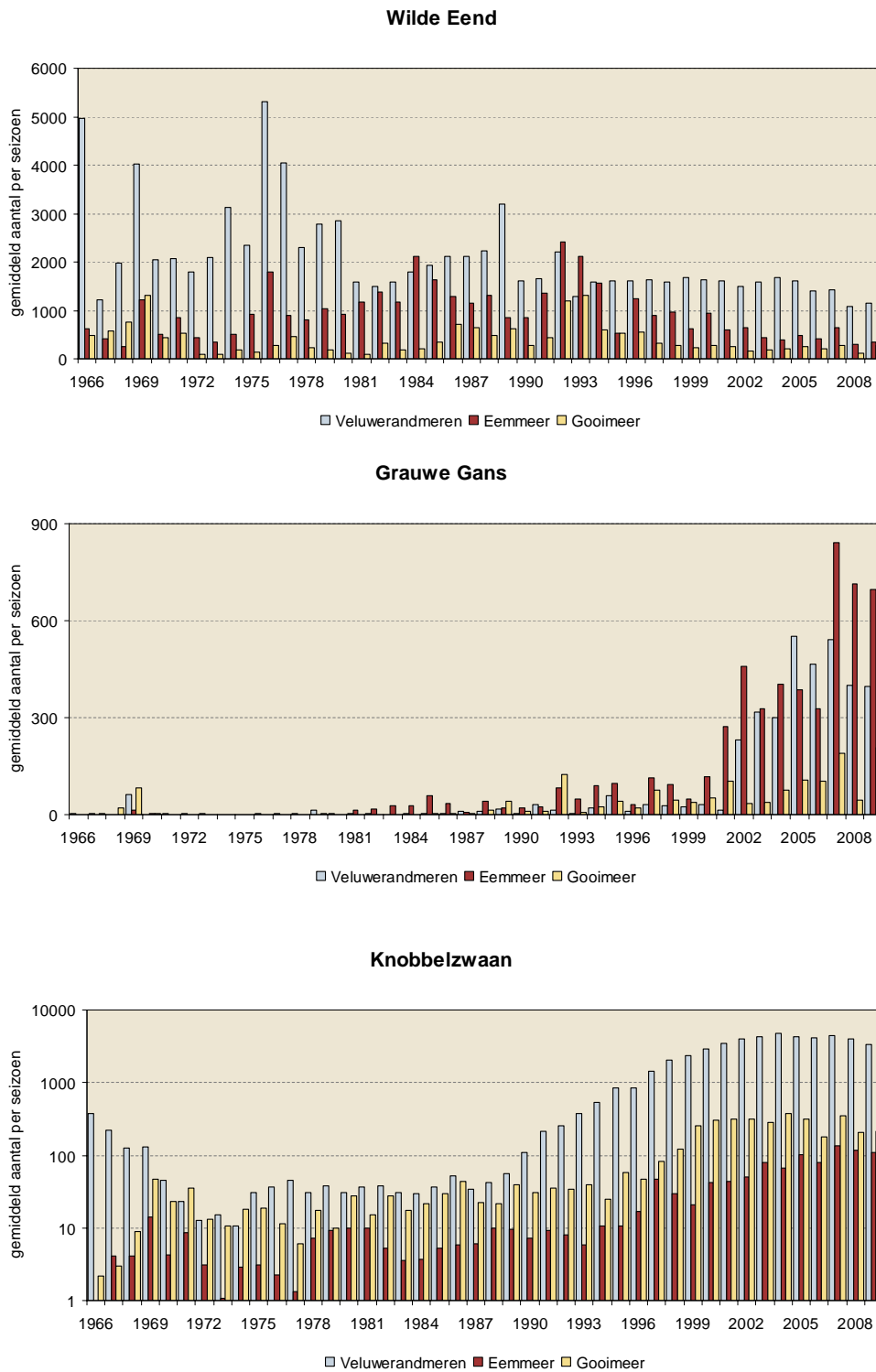
### 3.6.3 Plantenetters

Plantenetters vallen uiteen in waterplantenetters en graseters. In het Eemmeer is de tweede categorie verreweg het meest talrijk, want hiertoe behoren de 15-20.000 Smienten die in het gebied overwinteren, in november - maart meer dan de helft van het totale aantal vogels in het meer. Ze foerageren 's nachts in de polders en rusten overdag op het meer. Gemiddeld ongeveer een derde is te vinden in het Nijkerkernauw en het Eemmeer ten oosten van de Eemmond, tweederde ten westen van de Eemmond (zuidzijde). Ze zijn aanwezig van oktober t/m maart. De aantallen zijn gemiddeld het hoogst in februari, waarmee de Smient grotendeels verantwoordelijk is voor het accent op de tweede helft van de winter en het seizoensverloop van de totale aantallen vogels. De concentratie Smienten is ontstaan in de eerste helft van de jaren tachtig van de vorige eeuw en is sindsdien weinig meer in omvang veranderd (figuur 50a). Sinds kort, dat wil zeggen met name sinds de aanleg van het natuurontwikkelingsgebied in de Schuitenbeekmonding, worden de aantallen van het Eemmeer geëvenaard door die in het Wolderwijd (Nuldernauw). In het Gooimeer zijn de aantallen in de tweede helft van de jaren tachtig toegenomen, maar in combinatie met verdere toename in het Eemmeer en Nuldernauw is de Smient hier recent bijna verdwenen.



Figuur 50. Seizoensgemiddeld aantal Smienten en Wintertalingen in Eemmeer en Nijkerkernauw, vergeleken met het verloop in het Gooimeer en het Wolderwijd/Nulderneauw dan wel Veluwerandmeren (Wintertaling).

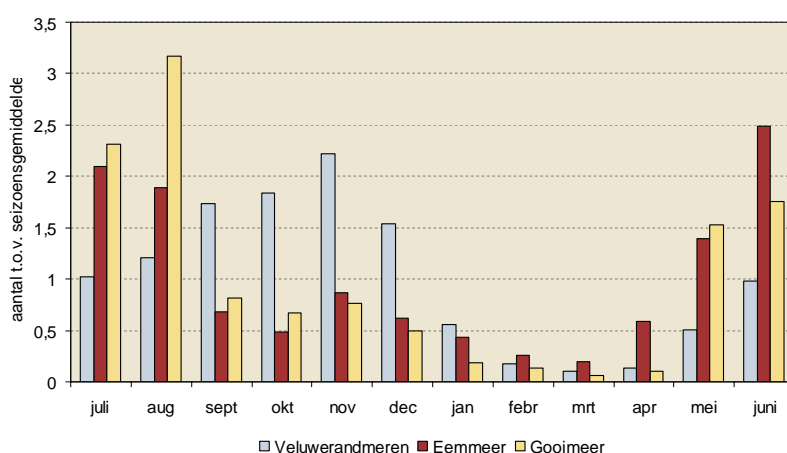
Bij de categorie meer oevergebonden planteneters zijn ook de Wintertaling en de Wilde Eend noemenswaard. De Wintertaling is in de jaren tachtig tijdelijk relatief talrijk geweest met aantallen tot bijna 1500 vogels (figuur 50b). De toename rond 1980 viel samen met de opkomst van de Smient en is waarschijnlijk verbonden aan de natuurontwikkeling langs de nieuwe A27. Wintertalingen zijn vooral zaadeters en profiteren bij natuurontwikkeling vaak enkele jaren van massale beschikbaarheid van zaad van pionierplanten. De recente terugkeer heeft dan ook wellicht te maken met de nieuwe natuurontwikkeling bij de Stichtse Brug. Wilde Eenden waren al eerder talrijk maar piekten rond 1992 met aantallen tot bijna 10.000. Daarna zijn ze weer sterk afgenomen en recent blijven de aantallen vaak onder de 1000 (figuur 51a). Dit patroon vertoont overeenkomsten met het verloop in het Gooimeer. Net als de Smienten foerageren ze waarschijnlijk met name 's nachts of in de schemer in het achterland en vroeger waren net als bij de Smient de aantallen het hoogst in februari. De piek is echter verschoven naar januari en tenslotte naar november. Grauwe Ganzen zijn sterk toegenomen, met in het Eemmeer recent soms meer dan 2000 vogels (figuur 51b). De aantallen zijn abrupt toegenomen in 2001, vergelijkbaar met de abrupte toename in de Veluwerandmeren een jaar later. Dit heeft waarschijnlijk te maken met natuurontwikkeling, respectievelijk de aanleg van het eiland De Visdief en van het mondingsgebied van de Schuitenbeek.



Figuur 51. Aantalsverloop van planteneters in het Eemmeer, Gooimeer en de Veluwerandmeren. Let op logaritmische schaal bij Knobbelzwaan.



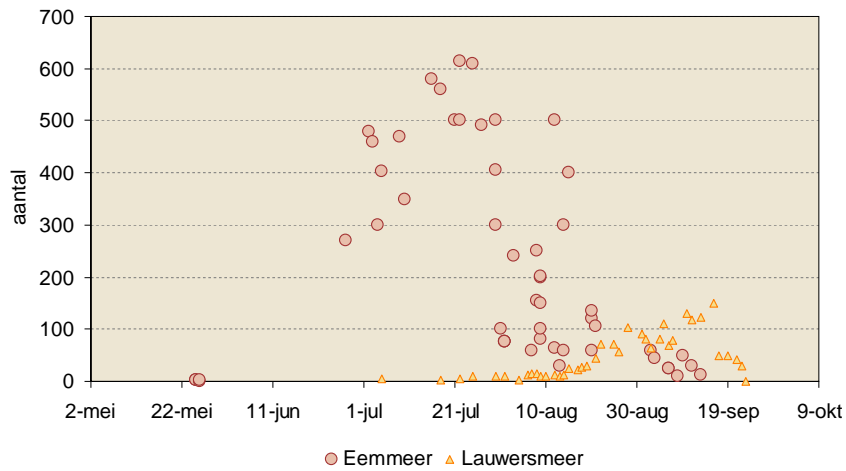
De aantallen waterplantenetters in het Eemmeer stellen weinig voor in vergelijking met de omliggende meren. Het aantal Knobbelzwanen is sinds het midden van de jaren negentig vertienvoudigd (figuur 51c), maar het aantalsverloop is in vergelijking met de Veluwerandmeren pas zichtbaar bij gebruik van een logaritmische Y-as, want het seizoensmaximum is ook recent niet hoger dan 200-300 vogels. Deze maxima worden bereikt in de zomermaanden, al in september nemen de aantallen weer sterk af, terwijl ze in de Veluwerandmeren verder groeien tot in november (figuur 52). Toch is er recent (vanaf 2007) sprake van enige toename in november en december, aansluitend op een soortgelijke toename in het Gooimeer. Andere waterplantenetters, zoals Kleine Zwaan, Pijlstaart en Krooneend, komen in het Eemmeer nog nauwelijks voor.



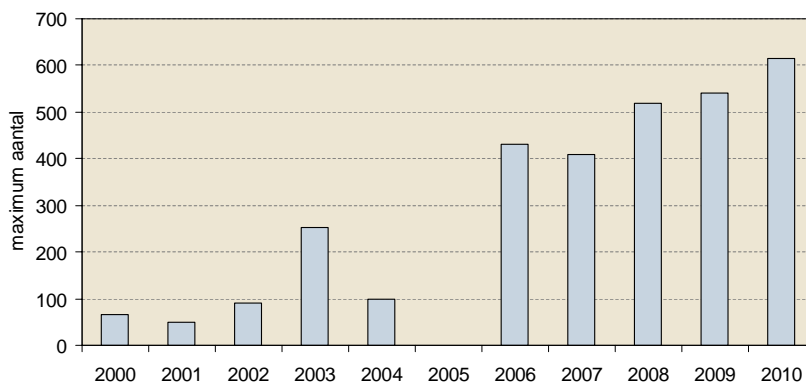
Figuur 52. Gemiddeld seizoensverloop van Knobbelzwaan in Eemmeer, Gooimeer en Veluwerandmeren (gemiddeld aantallen 2000-2009 per maand ten opzichte van seizoensgemiddelde).

#### 3.6.4 Ruifunctie; Casarca's

Een ornithologische bijzonderheid van het Eemmeer is het voorkomen van een voor Nederland uitzonderlijk grote concentratie van Casarca's. Deze vogels arriveren eind juni, begin juli en vertrekken weer rond half augustus (figuur 53). Deze timing betekent dat dit fenomeen kan worden aangeduid als een ruiconcentratie. Sinds 2000 worden toenemende aantallen geteld in de omgeving van de Dode Hond, en tegenwoordig het natuurontwikkelingsgebied bij de Stichtse Brug, in de volksmond de "Natte Hond". In het ruiseizoen van 2010 zijn hier tot meer dan 600 vogels geteld, op dat moment waarschijnlijk circa 95% van de in Nederland aanwezige Casarca's (figuur 54). Net als de verwante Bergeenden vertonen Casarca's ruitrek om gezamenlijk de vleugelrui door te brengen. In deze periode kunnen ze enkele weken niet vliegen. Terwijl Bergeenden voor die periode uit de randmeren verdwijnen verzamelen vrijwel alle Casarca's van Nederland, wellicht aangevuld met vogels uit het buitenland, zich in het Eemmeer. De enige andere concentratiegebieden in Nederland zijn de IJsselmonding en het Lauwersmeer, waar de aantallen aanzienlijk lager blijven. Hier arriveren de vogels bovendien pas na de rui, schijnbaar als onderdeel van de dispersie vanuit het ruigebied in het Eemmeer.



Figuur 53. Seizoensverloop van de aantallen Casarca's in het Eemmeer in de ruiperiode van 2010, vergeleken met het aantalsverloop in het Lauwersmeer. Gegevens van [www.waarneming.nl](http://www.waarneming.nl).



Figuur 54. Verloop van het maximum aantal getelde Casarca's per jaar in het Eemmeer ([www.waarneming.nl](http://www.waarneming.nl)).

Hoewel de ruiconcentratie van Casarca's met betrekking tot niet-broedvogels een van de meest uitgesproken bijzonderheden van het Eemmeer genoemd kan worden, is voor deze soort geen instandhoudingsdoel opgesteld. Casarca's worden in Nederland veelal beschouwd als exoten. Recent is hierover echter steeds meer discussie. De broedgebieden liggen vooral in Siberië, westelijk tot in Turkije en andere gebieden rond de Zwarte Zee en in en rond Marokko.

## 4 Monitoringsresultaten in relatie tot toetsing

De huidige toestand en de doelstellingen van het waterlichaam zijn geschreven in het Bronndocument waterlichaam Randmeren Zuid (Min. Ve&W 2008). In dit hoofdstuk worden de beschikbare aanvullingen op deze scores gegeven.

### 4.1 Fysisch-chemische parameters

De parameters die in 2007 niet voldeden aan de GET/GEP, doorzicht, fosfor en stikstof, voldeden ook in 2008 en 2009 niet. Temperatuur, zuurstof en chloride voldoen wel. De pH voldeed in 2008 niet. Strikt genomen kan de pH niet rechtstreeks worden gemiddeld. Omrekening via de concentratie waterstofionen levert hogere zomergemiddelden op (8,66, 8,81 en 8,56), waarbij alle drie de jaren in de categorie "matig" vallen en dus niet voldoen aan GET en GEP.

*Tabel 3. Waarden van waterkwaliteitsparameters in 2007, 2008 en 2009, vergeleken met de grenswaarden voor GET en GEP.*

*\*Bij de temperatuur behoren gemiddelde dagwaarden over de periode 21 juni – 20 september te worden ingevoerd. De aangegeven waarden zijn seizoensmaxima op grond van maandelijkse MWTL waarden op de locatie Eemmeerdiijk.*

*\*\* De in het bronndocument genoemde pH van 8,2 kon niet worden gereconstrueerd met behulp van de MWTL data. Weergegeven zijn de rekenkundige gemiddelden van de zomerwaarden (april t/m september).*

	GET	GEP	2007	2008	2009
Temp*	<= 25	<= 25	20,5	19,2	21,8
Zuurstof %	60 - 120	60 - 120	104	103	105
Chloride	< 200	< 200	73	78	87
pH**	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	8,43	8,67	8,47
Doorzicht	>= 0,9	>= 0,9	0,70	0,61	0,44
P	<=0,09	<= 0,09	0,22	0,34	0,21
N	<= 1,3	<= 1,3	2,19	2,07	2,20

### 4.2 Ecologische parameters

*Fytoplankton abundantie: chlorofyl*

In figuur 15 is weergegeven dat fytoplankton op de deelmaatlat voor chlorofyl in 2007 en 2009 matig scoorde, in 2008 ontoereikend. De zomergemiddelden van chlorofyl waren in het Eemmeer resp. 25,8, 62,2 en 29,8 ug/l in 2007-2009. De bijbehorende EKR waarden zijn 0,58, 0,33 en 0,54.

*Fytoplankton soortsamenstelling: bloei*

In tabel 4 is weergegeven welke algen in 2007-2009 voldeden aan de criteria voor bloei, en welke EKR waarden daarbij horen. In elk van de jaren was 0,2 de laagste score, in 2007 en 2009 door *Mycrocystis*, in 2008 door voorjaarsbloei van de categorie dunne filamenteuze blauwalgen, veroorzaakt door bloei van *Pseudanabaena catenata* en *P. limnetica*, die ook afzonderlijk beide scoorden. In alle drie de jaren kwamen zowel zomer- als voorjaarsbloeien voor.

Tabel 4. Dichtheden (cellen/filamenten/kolonies per ml) van algen die volgens de criteria van de KRW abundantiegraad bloei vertoonden in 2007-2009. De waarden die de criteria overschreden zijn rood weergegeven.

Datum 2007	eenheid	criterium	EKR	26-03-07	23-04-07	21-05-07	18-06-07	16-07-07	13-08-07	10-09-07	8-10-07
Microcystis	cellen	100000	0,2							111500	
Microcystis	cellen	20000	0,4				6145	1958	46875		4351
Anabaena	filamenten	800	0,5				18072		43750	4250	
Aphanizomenon	filamenten	2000	0,5				1687	5594	17500	1250	2737
Kleine Chroococcales	kolonies	10000	0,5	0	28375	0	0	16923	494687	18125	0
Dunne filam. blauwalgen	filamenten	20000	0,2	0	0	0	0	699	5625	11375	0
Skeletonema	cellen	10000	0,4					3077	7500		
Kleine Chlorococcales	cellen	20000	0,4	1712	11625	106	241	1119	12500	0	0
Kleine Cryptophyceae	cellen	10000	0,4	2446	37000	7250	3614	2378	2812	500	1684
Dinobryon	cellen	1000	0,7								
Datum 2008				25-03-08	21-04-08	19-05-08	16-06-08	14-07-08	11-08-08	8-09-08	6-10-08
Microcystis	cellen	100000	0,2								
Microcystis	cellen	20000	0,4				369	1431	64805	61386	1875
Anabaena	filamenten	800	0,5					8630	282669	50953	2109
Aphanizomenon	filamenten	2000	0,5				31700	7130	4800	2490	
Kleine Chroococcales	kolonies	10000	0,5	4110	9091	26195	843	53054	8292	440000	36562
Dunne filam. blauwalgen	filamenten	20000	0,2	0	57955	0	0	0	12894	14571	0
Skeletonema	cellen	10000	0,4				2160	2004			
Kleine Chlorococcales	cellen	20000	0,4	38356	22727	359	580	1908	1146	4000	4609
Kleine Cryptophyceae	cellen	10000	0,4	1370	10227	19	3095	1908	287	857	547
Dinobryon	cellen	1000	0,7		1136						
Datum 2009				23-03-09	20-04-09	18-05-09	15-06-09	13-07-09	10-08-09	7-09-09	8-10-09
Microcystis	cellen	100000	0,2							154522	
Microcystis	cellen	20000	0,4				77	18075	60048		21834
Anabaena	filamenten	800	0,5				6308	7795	14462	8718	
Aphanizomenon	filamenten	2000	0,5				56615	11385	4103	1835	
Kleine Chroococcales	kolonies	10000	0,5	0	0	0	0	2872	181538	153590	0
Dunne filam. blauwalgen	filamenten	20000	0,2	0	2115	0	0	2462	5333	11026	769
Skeletonema	cellen	10000	0,4		27500	6256	15000	2974	3795	513	
Kleine Chlorococcales	cellen	20000	0,4	10256	769	154	0	103	821	1795	564
Kleine Cryptophyceae	cellen	10000	0,4	1538	4808	974	2231	2872	3385	1026	923
Dinobryon	cellen	1000	0,7								

*Waterplanten abundantie: totale bedekking*

Voor watertype M14 zijn de groeivormen submers en oever relevant. De oeverplanten zijn in deze opdracht niet meegenomen. Het begroeibare areaal van watertype M14 is het areaal met minder dan 271 cm water (hier 291 cm –NAP). Dit areaal wordt in het Eemmeer (exclusief Nijkerkernauw) vertegenwoordigd door 956 punten op het waterplantengrid. Hiervan waren in 2009 384 punten bezet met planten (40%). De verdeling over de dieptegradiënt is te zien in figuur 33. De gemiddelde totale bedekking op dit areaal was in 2009 6,54%. Dit betekent een maatlatscore in de categorie “matig” en een EKR van 0,42.

Tabel 5. Aantal bezette punten, gemiddelde bedekking over de dieptezone tot 291 cm –NAP en maatlatscore per soort in 2009. Bij alle soorten wordt een score van slechts 1 punt toegekend, als gevolg van de lage bedekking.

	aantal punten	gem. bedekking	Score
Gedoornd Hoornblad	16	0,02	1
Smalle Waterpest	2	0,00	1
Gekroesd Fonteinkruid	149	0,50	1
Puntig Fonteinkruid	2	0,00	1
Schedefonteinkruid	91	1,58	1
Doorgroeid Fonteinkruid	11	0,17	1
Tenger Fonteinkruid	80	0,57	1
Zittende Zannichellia	147	3,10	1
Totaal			8

*Waterplanten, soortenrijkdom*

In 2009 werden acht soorten hogere planten aangetroffen in het Eemmeer (exclusief Nijkerkernauw). Geen enkele soort had een gemiddelde bedekking van meer dan 5%. Daardoor scoort de deelmaatlat “ontoereikend”. De totale score van 8 bedraagt 17% van de maximum score voor M14 (47), met een EKR van 0,34.

*Macrofauna*

De gegevens die nodig zijn voor de maatlat macrofauna zijn in het kader van deze opdracht niet verwerkt. De Driehoeksmosselen hebben geen afzonderlijke plaats in deze maatlat. In het Brondocument Randmeren Zuid wordt voor 2007 een EKR waarde van 0,4 gegeven.

*Vis*

De KRW scores voor de visgemeenschap van 2009 zijn uitgewerkt in Hop 2009. Voor toetsing aan de natuurlijke maatlat en aan MEP/GEP worden daarin de resultaten gegeven die zijn overgenomen in tabel 6. De scores vallen in de categorie “ontoereikend”, ook als de toets voor Eemmeer en Nijkerkernauw afzonderlijk wordt uitgevoerd (Hop 2009).

Tabel 6. Maatlatscores voor vis op basis van de monitoringsgegevens over 2009, uit Hop 2009.

	Natuurlijke maatlat	MEP/GEP
Aantal soorten	0,67	0,43
% Brasem	0,21	0,45
% Baars en Blankvoorn	0,36	0,33
% Plantminnende vis	0,01	0,04
% Zuurstofminnende vis	0,00	0,00
Totaalscore	0,25	0,33

## Vogels

In tabel 7 zijn de niet-broedvogelsoorten weergegeven waarvoor Natura 2000 instandhoudingsdoelen zijn opgesteld. Alle doelen zijn behoudsdoelen, gebaseerd op de gemiddelde aantallen per seizoen (juli t/m juni van het volgende jaar) in de periode 1999/2000 t/m 2003/2004. De voor deze opdracht gebruikte gegevens komen niet helemaal overeen met de gegevens die gebruikt zijn voor de doelformulering, omdat het Nijkerkernauw en een deel van het Eemmeer niet in het Natura 2000 gebied zijn inbegrepen, en het Gooimeer wel. In tabel 7 worden de totale seizoensgemiddelden voor Eemmeer en Nijkerkernauw over die periode gegeven ter vergelijking met die van het Gooimeer en het door LNV opgestelde doel. De vergelijking tussen de gemiddelde aantallen in de genoemde periode en die in de laatste vijfjarige periode (2005/2006 t/m 2009/2010) in het Eemmeer + Gooimeer geeft dan een indruk van de aantallen ten opzichte van het doel (aangezien de vogelaantallen in het diepere deel van het Eemmeer, dat buiten de begrenzing ligt, meestal beperkt zijn).

Naast de hier genoemde doelen geldt nog een broedvogeldoel voor de Visdief, die gesteld is op behoud van leefgebied voor 280 paar in het Natura 2000 gebied Gooimeer en Eemmeer zuidoever. Na 2001 broedde het grootste deel in het Gooimeer (eiland Huizerhoef).

Tabel 7. Vijfjarige seizoensgemiddelden van aantallen vogels in de periode van opstelling van de behoudsdoelen (1999/2000 t/m 2003/2004), vergeleken met de gemiddelden over 2005/2006 – 2009/2010. Oranje soorten met afname ten opzichte van 1999-2003, rood soorten waarbij het laatste vijfjarige gemiddelde van het Natura 2000 gebied zeker lager ligt dan de in het doel aangegeven draagkracht.

	N2000 doel	Gooimeer	Gooimeer	Eemmeer	Eemmeer	Nijkerkern	Nijkerkern
	1999- 2003	1999- 2003	2005-09	1999-03	2005- 2009	1999- 2003	2005-2009
Fuut	160	103	115	47	42	38	45
Aalscholvers	160	73	75	82	73	67	43
Kleine Zwaan	2	0	4	0	0	1	0
Grauwe Gans	300	53	130	239	543	5	51
Smient	4900	140	10	4794	2443	1460	1831
Krakeend	90	52	162	38	118	11	63
Slobeend	5	2	2	3	4	1	0
Tafeleend	790	158	45	673	103	65	106
Kuifeend	2700	421	561	2067	907	114	387
Nonnetje	10	4	2	4	4	3	4
Meerkoet	1700	951	1212	613	879	506	477

### Te verwachten effecten van uitvoering maatregel op doelvariabelen

De in dit rapport besproken KRW maatregel beoogt een sterke toename van kranswier in het Eemmeer. Als een dergelijke toename plaatsvindt, al of niet als gevolg van uitvoering van de maatregel, en kranswier bereikt een areaal en bedekking die vergelijkbaar is met de situatie in de Veluwerandmeren, dan kan een verbetering worden verwacht bij een aanzienlijk deel van de in deze paragraaf beschreven doelvariabelen.

Door concurrentie met algen om voedingsstoffen zal dan de waterkwaliteit verbeteren met betrekking tot doorzicht, chlorofyl, algenbloei en zuurgraad. Mogelijk zal ook een verdere daling van nutriënten optreden. Waterplanten zullen zelf veel beter scoren op beide deelmaatlaten voor submerse vegetatie.

Door begeleidende macrofauna kan via de planten de maatlat voor macrofauna een betere score opleveren, terwijl zowel herbivore als benthivore (omnivore) watervogels zullen toenemen door een combinatie van plantaardig en dierlijk voedselaanbod. Opgroeimogelijkheden voor jonge vis tussen de planten kan resulteren in een evenwichter visgemeenschap met minde invloed van Snoekbaarsen grote Brasem. Bij toename van kleine vis kan dan ook voor viseters een betere situatie ontstaan.





## 5 Conclusies en samenvatting ecologische ontwikkeling

### *Nutriënten*

Sinds begin jaren tachtig is de gemiddelde zomerconcentratie van totaal fosfor met 80% gedaald, de concentratie stikstof met 60%. De huidige gehalten zijn nu nog ongeveer twee keer zo hoog als die in de Veluwerandmeren.

De afname van totaal P is sinds 2000 gestagneerd, de afname van N gaat nog voort. Dit geldt ook voor de opgeloste fracties.

In de zomer heeft het Eemmeer nog steeds de hoogste gehalten opgelost fosfor van de randmeren, ze zijn dan een factor 20 hoger dan in de Veluwerandmeren. Het verschil in de concentratie opgelost stikstof is veel kleiner, waardoor de ratio tussen opgelost N en opgelost P in het Eemmeer veel lager is. Het relatieve tekort aan stikstof begunstigt blauwalgen ten opzichte van groenalgen.

### *Algen, chlorofyl en doorzicht*

De concentratie chlorofyl is sinds de jaren tachtig met minstens een factor zes gedaald. De laagste waarde werd vastgesteld in 2004, daarna is geen verder afname gemeten. Een soortgelijk patroon is vastgesteld bij zwevend stof.

Het seizoensverloop van chlorofyl is omstreeks 1995 sterk veranderd, rond dit jaar was de oude plaagsoort *Planktothrix* uitgestorven en ontstond een duidelijke clear water phase met lage gehalten in mei, ook zichtbaar in lage pH, zuurstofverzadiging en hoger doorzicht. Het doorzicht is sindsdien toegenomen van circa 25 naar circa 65 cm.

De verhouding tussen chlorofyl en fosfor is in 2004 gedaald door een nieuwe afname in chlorofyl, mogelijk in relatie tot toename van Driehoeksmosselen. Daardoor is de situatie nu nagenoeg gelijk aan die van het Gooimeer.

In de jaren 2007-2009 weerspiegelde de samenstelling van fytoplankton de nieuwe situatie met een duidelijke clear water phase. In april is er een piek in het aantal cellen, grotendeels veroorzaakt door kleine blauwalgen. In mei – juni zijn de aantallen cellen laag en in augustus en september zijn ze hoog, ook veel hoger dan in april. Deze nazomerpiek bestaat uit diverse soorten blauwalgen, waarvan de stikstoffixeerders *Anabaena* en *Aphanizomenon* de laatste jaren een belangrijk deel uitmaken. Welke soort dominant is verschilt echter per jaar, en niet alle abundant soorten vormen drijfslagen. Het aantal fytoplankton in de zomer is hoger dan in het Gooimeer. In dit meer speelde de drijfslagvormer *Microcystis* alle drie deze jaren een dominante rol, in het Eemmeer alleen in 2009, terwijl hier in 2007 vooral kleinere blauwalgen dominant waren en in 2008 *Anabaena*.

### *Waterplanten*

De hoeveelheid waterplanten is sinds 2000 sterk toegenomen. Planten zijn aangetroffen tot op een diepte van ongeveer 2.3 meter, wat overeenkomt met de verwachting op grond van het gemiddelde doorzicht. De bedekking is gemiddeld nog beperkt.

De soortensamenstelling die zich ontwikkelt wijkt af van die van de andere randmeren, met relatief veel Gekroesd Fonteinkruid en met in 2009 en 2010 op diverse locaties Puntig Fonteinkruid, dat in de andere meren ontbreekt. Deze soorten zijn mogelijk verbonden met de venige ondergrond van het Veenmeer.

## *Macrofauna*

Sinds de eerste bodemkartering in 1998 heeft de dichtheid van Driehoeksmosselen in zowel Eemmeer als Nijkerkernauw een sterke, doorgaande toename laten zien. De mosselen hier behoren tot de grootste van het IJsselmeergebied, wellicht in samenhang met de nog steeds relatief hoge nutriëntbelasting en de korte verblijftijd.

Veranderingen in de rest van de macrofauna worden overheerst door de opkomst van steeds nieuwe exoten (*Corophium*, *Dikerogammarus*, *Limnomysis*, *Jaera*, *Corbicula*, *Dreissena bugensis*).

## *Vis*

De visbemonsteringen van 2002, 2005 en 2009 vertonen geen duidelijke verschillen. De hoogste biomassa heeft Brasem, de grootste aantallen Pos. De relatieve toename van grote Brasem die op grond van de bemonstering van 2002 werd geconstateerd, heeft zich doorgezet, en ook in het algemeen is er geen sprake geweest van structurele toename van kleine vis.

## *Vogels*

De Smient is de meest talrijke soort in het Eemmeer. Knobbelswanen en Grauwe Ganzen zijn toegenomen maar deze toenames zijn recent gestabiliseerd. De Wintertaling is recent teruggekeerd na een periode met lage aantallen, waarschijnlijk in relatie tot natuurontwikkeling bij de Stichtse Brug. Hier vormt zich ook een groeiende ruiconcentratie van Casarca's, een unicum in Nederland.

Benthivore watervogels zijn rond 2000 relatief talrijk geweest en daarna weer iets afgenomen, de aantallen zijn sindsdien stabiel. Viseters zijn eind jaren negentig sterk afgenomen in samenhang met de afname van kleine vis (Snoekbaarspredatie). Grote Zaagbek, Nonnetje en Zwarte Stern zijn nagenoeg uit het gebied verdwenen. Hierin is nog geen verbetering opgetreden.

## *Algemeen*

De ecologie van het Eemmeer is zich duidelijk nog steeds in positieve zin aan het ontwikkelen. Een aantal parameters voor waterkwaliteit en ecologie scoren nog onvoldoendes op de maatlatten van de KRW en de aantallen vogels worden voor een relatief groot deel gestuurd door ontwikkelingen in omliggende gebieden. Veel van deze parameters bewegen zich echter in de goede richting in samenhang met de afnemende nutriëntbelasting. Het is daarbij wel de vraag in hoeverre van ecologisch herstel in het Eemmeer het zelfde resultaat mag worden verwacht als in de Veluwanmeren, gezien de rol van de Eem en de verschillen in onder meer verblijftijd, diepteverdeling en bodemsamenstelling. Deze verschillen liggen ten grondslag aan ecologische verschillen met de andere meren, die nu tijdens de verbetering van de waterkwaliteit naar voren komen. Het Eemmeer toont daarmee een eigen karakter, wat een toename betekent van de ruimtelijke diversiteit van het IJsselmeergebied, die gewaardeerd dient te worden. Daarom moet voorzichtigheid betracht worden bij het transplanteren van sediment en soorten uit meren met een ander sediment- en soortensamenstelling.

In het Nijkerkernauw bleek in 2009 dat kranswier aan een opmars bezig is. Gezien de ervaringen in de andere meren is de verwachting dat dit door zal zetten, en mede gezien de incidentele vondsten in eerdere jaren in het Eemmeer is de verwachting dat ook het Eemmeer zelf in de nabije toekomst (ook zonder aanvullende maatregelen) gekoloniseerd gaat worden. Als dit gebeurt kan een versnelling van de verbetering in diverse doelparameters worden verwacht (doorzicht, chlorofyl, algenbloei, macrofyten etc.). Het lijkt niet onwaarschijnlijk dat een dergelijke kolonisatie ook zonder aanvullende maatregelen zal plaatsvinden. De bodemsamenstelling van het Eemmeer (klei en veen) wijkt echter af van die van de andere randmeren (onder de kranswiervelden voornamelijk zand) en vertoont meer overeenkomst met andere delen van het IJsselmeergebied (bijvoorbeeld Gouwzee). Dit geeft wat onzekerheid bij voorspellingen op basis van ervaringen in deze gebieden. Mogelijk kan het scheppen van kunstmatige luwte het kolonisatieproces enigszins versnellen.

*Samenvatting recente veranderingen:*

De waterkwaliteit van het Eemmeer en Nijkerkernauw is sinds de jaren tachtig sterk verbeterd. Na de vorige trendrapportage zijn stikstof, chlorofyl en zwevend stof nog verder afgenomen, het doorzicht is verder toegenomen. In 2004 is een min of meer sprongsgewijze, structurele verbetering opgetreden bij chlorofyl en doorzicht. Het fytoplankton bestaat na de afname rond 2004 voor een relatief groot deel uit blauwalgen, waarschijnlijk in samenhang met een relatief lage verhouding tussen stikstof en fosfor in het water. Niet alle soorten vormen drijfblagen, de soortensamenstelling van de zomerpiek verschilt in het Eemmeer sterk van jaar tot jaar.

Waterplanten zijn na de vorige verslagperiode sterk toegenomen, met name Schede- en Tenger Fonteinkruid en Zannichellia. Uniek is de ontwikkeling van relatief grote dichtheden van Gekroesd Fonteinkruid en de opkomst van Puntig Fonteinkruid, waarschijnlijk in samenhang met het venige karakter van de meerbodem. Kranswier is af en toe waargenomen in het Eemmeer, en was in het Nijkerkernauw in 2009 voor het eerst aanwezig in een hoeveelheid van betekenis.

Ook Driehoeksmosselen zijn sinds de vorige verslagperiode verder toegenomen. Daarnaast zijn inmiddels twee nieuwe tweekleppigen (exoten) in het Eemmeer aangetroffen. Korfmosselen komen inmiddels voor in dichtheden die vergelijkbaar zijn met die van de Driehoeksmosselen, en in 2010 werden voor het eerst ook Quaggamosselen in het Eemmeer gevonden. Deze soort is momenteel stormenderhand bezig met een kolonisatie van het hele IJsselmeergebied.

De visstand is recent weinig veranderd. Brasem heeft het grootste aandeel in de biomassa, Pos in de aantallen. Nog meer dan in 2002 (en anders dan in de jaren 90) werd het Brasembestand in 2005 en 2009 gedomineerd door grotere vis. Visetende vogels, die eind jaren 90 waren afgenomen, hebben zich nog niet hersteld. Benthivore en herbivore vogelaantallen zijn min of meer stabiel, de eerder toename van Knobbelzwaan en Grauwe Gans heeft zich nog iets doorgezet maar vlakt nu af. Wel ontwikkelt het Eemmeer als ruiplaats voor Casarca's, met een nationale en mogelijk zelfs internationale functie.



## 6 KRW maatregel introductie kranwiersporen; locatiekeuze

Uit het voorgaande blijkt dat zich de laatste jaren een sterke, positieve ontwikkeling in de ondergedoken vegetatie van het Eemmeer heeft voorgedaan. Terugkoppelingseffecten van de vegetatie op de waterkwaliteit en aantrekkingskracht op herbivore en omnivore watervogels is echter vooral te verwachten van kranwier, dat tot en met 2010 in het Eemmeer slechts sporadisch voorkwam. Bij de laatste kartering (2009) bleek dat in het Nijkerkernauw inmiddels wel een structurele kolonisatie door kranwier gaande is, die naar verwachting wellicht (op grond van ervaringen in andere randmeren) zal doorzetten. De verwachting dat kranwier inmiddels ook in het Eemmeer te vinden was kon echter in 2010 nog niet worden bevestigd. De bodemsamenstelling van het Eemmeer (klei en veen) verschilt van die van de meeste andere randmeren. Dat betekent dat de voorspellingen op grond van ontwikkelingen in de andere randmeren met meer onzekerheid is omkleed. Sterkranwier groeit elders in het IJsselmeergebied vooral op klei en is bijvoorbeeld veelvuldig aanwezig in het nabijgelegen IJmeer. Kolonisatie van het Eemmeer lijkt daarom een kwestie van tijd. Transplantatie van bodemmateriaal met kranwiersporen kan de ontwikkeling waarschijnlijk versnellen.

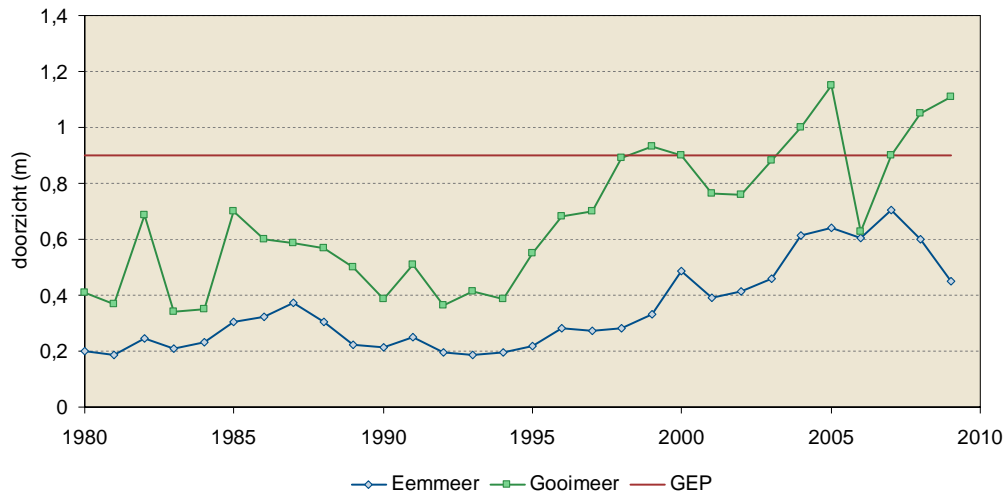
Bij de keuze van locaties voor kranwiertransplantatie moet in de eerste plaats rekening worden gehouden met factoren die de kans op succesvolle kieming bepalen. Vervolgens dient rekening gehouden te worden met bestaande natuurwaarden, bijvoorbeeld in de vorm van het voorkomen van bestanden van andere waterplanten of van Driehoeksmosselen. Daarnaast kunnen ook factoren als bereikbaarheid of gebiedsbescherming de locatiekeuze beïnvloeden.

### 6.1 Kans op succesvolle kieming

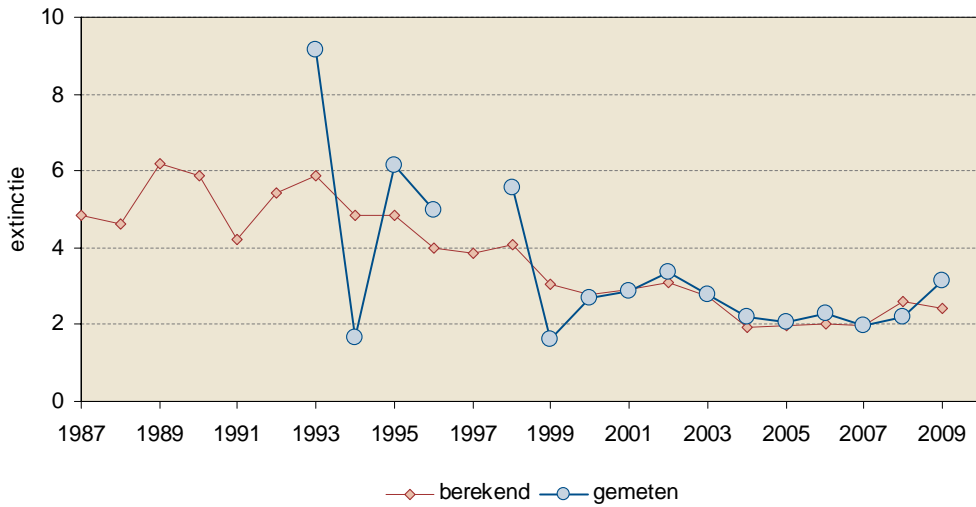
De kans op succesvolle kieming van kranwier kan worden beïnvloed door de relatie tussen diepte en doorzicht, door strijklengte en turbulentie en door sedimenttype.

#### 6.1.1 Diepte en doorzicht

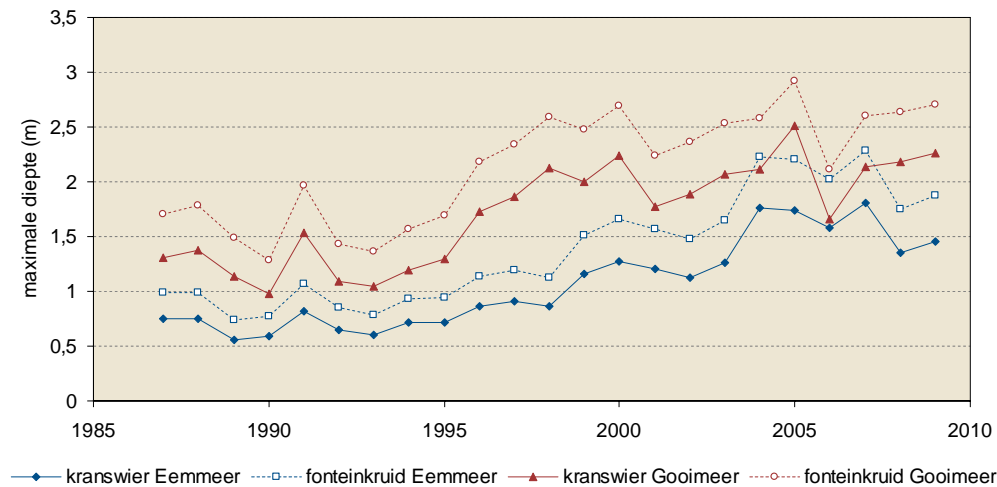
Bij kranwier bestaat er een positieve relatie tussen bedekking (kans op voorkomen) en de verhouding tussen de diepte en het doorzicht, die mede bepaalt wordt door de voorgeschiedenis (voorgaande bedekking). Dit laatste wordt bij introductie gemanipuleerd, zodat de diepte/doorzicht verhouding overblijft. Het doorzicht bedraagt in het Eemmeer de laatste jaren circa 40-60 cm (figuur 55). bij een dergelijk doorzicht is er kans op kranwier op waterdiepten vanaf 100-170 cm (zie modelberekeningen vd Berg et al. 1999), waarbij de kansen toenemen tot zo'n 50% op 70 cm en 80% op 50 cm waterdiepte.



Figuur 55. Verloop van het gemiddelde zomerdoorzicht (april t/m september) in het Eemmeer en het Gooimeer in vergelijking met de GEP-waarden van de Kaderrichtlijn Water.



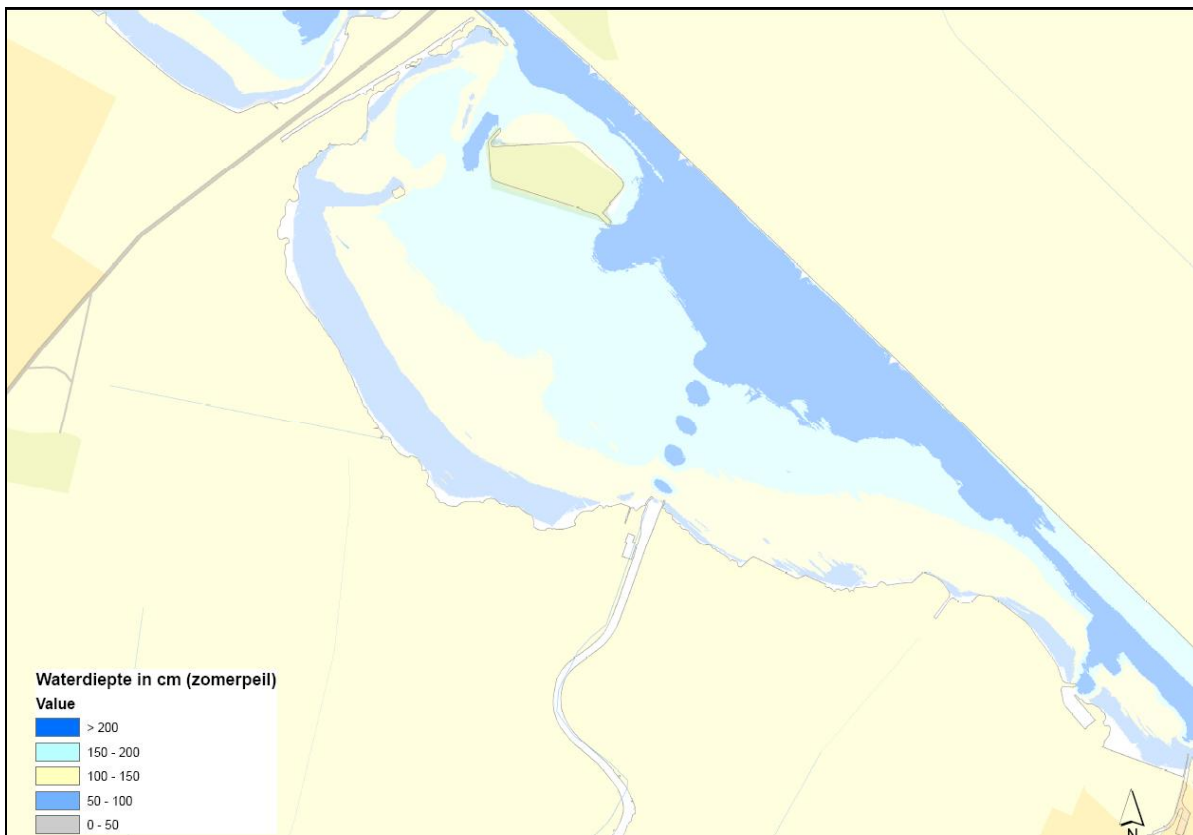
Figuur 56. Gemeten en berekende extinctie in het Eemmeer.



Figuur 57. Maximum koloniseerbare diepte in het Eem- en Gooimeer voor kranswieren en fonteinkruiden (naar vd Berg 2003).

Uit het doorzicht en het chlorofylgehalte kan de lichtuitdoving (extinctie) worden berekend:  $\text{extinctie} = 0,016 \cdot (\text{chlorofyl in mg/l}) + 1,3 / (\text{zicht in m})^{0,5}$  (Scheffer 1998). Sinds 1994 is de extinctie ook rechtstreeks gemeten, maar de eerste jaren fluctueerden de waarden sterk ten opzichte van de berekende waarden (figuur 56). Beide reeksen vertonen echter een duidelijke afname tot waarden van 2-3 vanaf 2004. Bij die extinctie is er op een waterdiepte van een meter een kans van ca. 30% op kranswier met een bedekking van meer dan 15% (vd Berg et al. 2003).

Met behulp van de extinctie kan ook de maximum koloniseerbare diepte voor waterplanten worden berekend (vd Berg 2003; voor kranswier  $\ln(0,03/\text{extinctie})$ ). In het Eemmeer is de koloniseerbare diepte voor kranswier (*Chara*) toegenomen tot circa 1,70 m waterdiepte, in 2008 en 2009 weer iets minder (resp. 1,35 en 1,45 m; figuur 57). Daarmee is bijna de helft van het meer in principe voor kranswier bereikbaar. De werkelijke waarde kan nog (on?)gunstiger zijn omdat de berekening is uitgevoerd met doorzicht en chlorofylgehalten van het centrale meetpunt in de vaargeul, terwijl deze waarden op de ondiepten kunnen afwijken. Kansen en bedekking zijn natuurlijk lager naar mate de maximum bereikbare diepte dichter genaderd wordt. De kans op planten kan worden berekend met behulp van het percentage licht dat op de bodem valt (uit extinctie en diepte, zie vd Berg 2003) en de biomassa van de zaadbank. Als het percentage licht dat op de bodem valt lager wordt dan 5%, neemt de kans op planten zeer snel af. In het Eemmeer gebeurt dat bij diepten van circa 1,2 meter waterdiepte. De kans op planten bedraagt daar echter nog slechts ongeveer 15% (vd Berg et al. 1999). Dit is gebaseerd op gemiddelde sporendichtheid, bij hogere dichtheden liggen de kansen hoger. Op grond van deze overwegingen wordt aangeraden de kranswiersporen aan te brengen op een diepte van minder dan 1 m waterdiepte (-1,20 m NAP). Nitellopsis komt vaak dieper voor dan *Chara*, maar dit betekent niet noodzakelijkerwijs dat deze soort ook bij slechtere lichtomstandigheden kan kiemen. Daarom dient ook voor Nitellopsis deze diepte aangehouden te worden. Door verhoging van de bodem door het aanbrengen van sediment met sporen neemt de kans op succesvolle kieming in principe nog wat toe. Dergelijke dieptes komen vooral voor in het zuidwesten van het meer, in een strook van circa 500 m langs de oever ten westen van de Eemmondig (figuur 58).

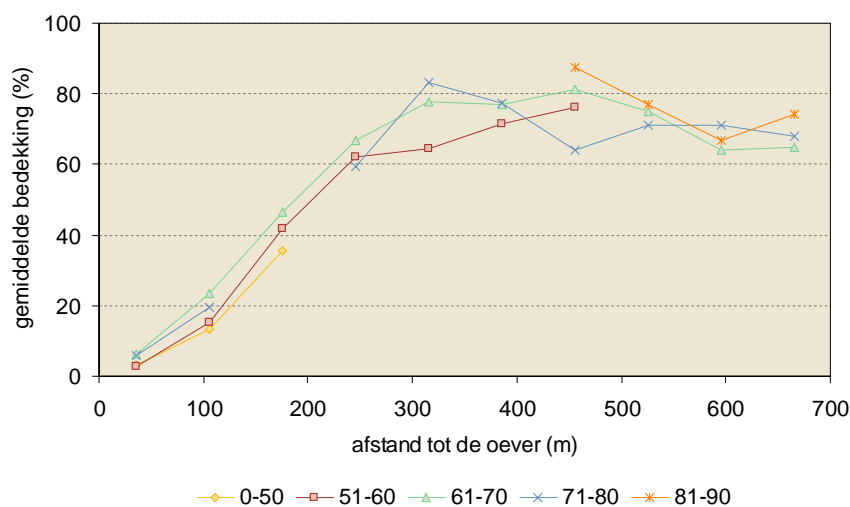


Figuur 58. Diepteverdeling Eemmeer.

### 6.1.2 Strijklengthe, afstand tot de kust

In de Veluwerandmeren valt op dat langs de oevers van de Veluwe, in het meest ondiepte water langs de oever, vaak een strook zonder vegetatie of met lage bedekkingen voorkomt. Dit heeft mogelijk te maken met de turbulentie in de vorm van op de oever teruggekaatste golven en het effect daarvan op kieming en overleving (vd Berg et al. 2003). Het effect wordt slechts in zeer beperkte mate verminderd door grotere diepte (figuur 59). De breedte van de zone met verlaagde bedekkingen is uitgewerkt met behulp van de kartering in het Veluwemeer in het jaar 1998. Pas op circa 250 m vanuit de kust werd een optimale bedekking van kranswier bereikt. Daarom wordt aangeraden het sediment met kranswiersporen op meer dan 250 m van de kust aan te brengen.

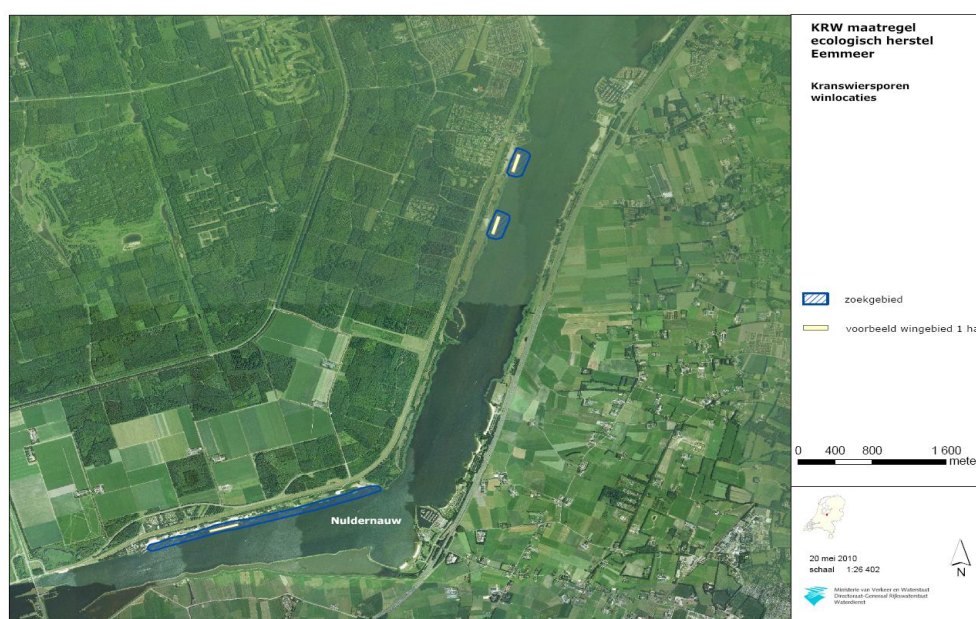




Figuur 59. Verband tussen afstand tot de oever en gemiddelde bedekking van kranwier, Veluwemeer 1998. Bedekking berekend uit de middenwaarden van de bedekkingsklassen, hoogste klasse was 75-100%, dus klassemidden 87,5%.

### 6.1.3 Sedimenttype

De door de opdrachtgever beoogde bronlocaties betreffen drie locaties aan de polderzijde van het Nuldernaauw, twee onder Zeewolde en de derde tegenover de Schuitenbeek, zuidwestelijk van de Nulderhoek (figuur 60). De twee locaties onder Zeewolde hebben een 0-5 cm dikke toplaag van kleiarm matig fijn zand, met daar onder kleiarm, grof en matig fijn zand (Zuiderzee afzetting). Op de locatie tegenover de Schuitenbeek gaat dit in westelijke richting over in zware zavel, met lokaal veen, de onderlaag varieert van pleistoceen zand in het oosten via zware zavel naar veen in het westen.



Figuur 60. De beoogde winlocaties van sediment met kranwiersporen.

De bodem van het Eemmeer bestaat uit klei (IJsselmeer afzetting; zie figuur 35), naar het zuidwesten overgaand in zware en tenslotte lichte zavel (Zuiderzee afzetting). Bij introductie van kranswieren vanuit het Nuldernauw wordt hier dus een gebiedsvreemd sedimenttype aangebracht en wordt de toplaag ter plaatse dus van samenstelling gewijzigd. Dit is vooral het geval met betrekking tot de locaties onder Zeewolde, het minst met betrekking tot de westelijke kant van de locatie tegenover de Schuitenbeek monding.

Het overgrote deel van de aaneengesloten *Chara*-kranswiervegetaties in de randmeren groeit op kleiarm, matig fijn zand (ook in Gooimeer en Zwarte Meer). De in 2009 aangetroffen kranswierbestanden in het Nijkerkernauw groeiden op klei/zware zavel en veenlocaties, maar met een toplaag van kleiarm of kleinhoudend, middelfijn zand. Lokaal groeit kranswier in de Veluweranmeren op klei of zavel, maar vaak in verlaagde dichtheden. Opvallend is dat het juist op zulke plekken wordt aangevuld met Sterkranswier, waardoor de totale bedekking toch 100% bedraagt. In het Wolderwijd groeit Sterkranswier wel op zand, in de Gouwzee groeit het grootste Nederlandse bestand echter weer op klei. In de noordelijke Gouwzee groeit een *Chara*-vegetatie op klei en veen. In het IJmeer bestaat ter plaatse van de kranswiermat de toplaag uit matig fijn zand, naar het noorden overgaand in (kleihoudend) fijn zand. Hier gaat het kranswier langs deze gradiënt over van *Chara* in Sterkranswier. Kortom: *Chara* groeit gemiddeld ondiep en op zand, Sterkranswier diep en op klei of zavel, maar in geen van beide gevallen uitsluitend. Daarnaast is er een verband tussen diepte en sedimenttype in de toplaag, waarbij de zandlocaties in het algemeen relatief ondiep zijn. De soortensamenstelling van de kranswiervegetatie (*Chara* versus Sterkranswier) kent dus een dieptegradient die door zowel diepte (tolerantie voor slechtere lichtomstandigheden) als door sediment kan worden beïnvloed.

Op grond van het sedimenttype dat in het Eemmeer voorkomt, zijn de kansen voor succesvolle kolonisatie van Sterkranswier dus mogelijk gunstig ten opzichte van die van *Chara*. Voor zover de dichtheden van kranswier door sediment worden beïnvloed, zou een bronlocatie met zowel Sterkranswier als *Chara* dus betere resultaten kunnen bieden dan de gekozen locaties in het Nuldernauw, waar alleen *Chara* voorkomt. Bodemmateriaal uit bijv. het Veluwemeer bij Bremerberg, uit het Wolderwijd bij Zeewolde, de noordelijke helft van de Gouwzee en uit het IJmeer bevat beide kranswiergenera. Het sediment van deze locaties wijkt mogelijk ook minder af van dat van het Eemmeer zelf. Dat geldt met name voor de Gouwzee.

Op grond van deze overwegingen wordt aanbevolen het aanbrengen van sediment van typen die van nature niet in het Eemmeer voorkomen te beperken en sediment te gebruiken dat (ook) sporen en bulbillen van Sterkranswier bevat. Een opzet met stroken met *Chara* en Sterkranswier is dan interessant. Gezien de gemiddeld grotere diepte waarop Sterkranswier voorkomt is dan ook uitvoering op verschillende dieptes waardevol. De samenstelling van het sediment van het Eemmeer wordt van de Sterkranswiergebieden het best benaderd door dat van de Gouwzee. De overige locaties zijn in het algemeen zandiger. De voorkeur voor de Gouwzee als bronlocatie wordt verder uitgewerkt in paragraaf 6.5.

## 6.2 Bestaande natuurwaarden

### 6.2.1 Waterplanten

Op grond van modelberekeningen was de maximum koloniseerbare diepte voor kranswieren de laatste jaren circa 170 cm waterdiepte (figuur 57), dus bij zomerpeil 190 cm beneden NAP. Voor hogere waterplanten bedroeg de maximaal maximum koloniseerbare diepte circa 220 cm waterdiepte. Dit komt goed overeen met de diepteverdeling van de planten in 2009, die immers op grotere diepte uitsluitend hogere waterplanten wordt gevormd (vergelijk figuur 57 en figuur 32 en 33). In figuur 33 is ook te zien dat op diepten van minder dan 120 cm –NAP bijna altijd waterplanten groeien. Behalve om hogere planten (*Zannichellia*) kan het daarbij echter ook om draadwier, darmwier of waternetje gaan.

Op grond van de karteringen van 2009 wordt aangeraden in het qua diepte en strijklengte geschikte gebied ten westen van de Eemmondig voor de kiemlocatie de meest westelijke delen te mijden vanwege de hoge dichtheden van hogere waterplanten (figuur 28, 29). De actuele diepteverdeling bevestigt de modelberekeningen met betrekking tot de aanbevolen diepte voor de maatregel. Het model is echter voor wat betreft kranswier opgesteld met gegevens van *Chara*-soorten. Gezien de diepteverspreiding in het IJsselmeergebied is het is mogelijk dat *Nitellopsis* (Sterkranswier) gemakkelijker grotere diepte kan bereiken dan *Chara*.

### 6.2.2 Tweekleppige schelpdieren

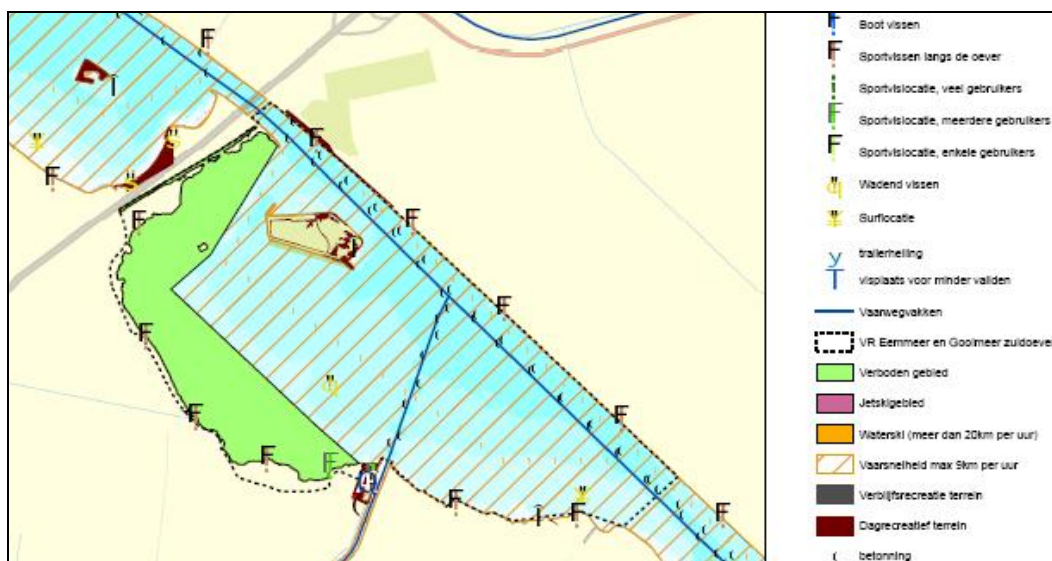
Behalve planten bevinden zich op de bodem ook bentische algen en bodemfauna. Daarvan zijn vooral de gemeenschappen van tweekleppigen belangrijk voor het ecosysteem, doordat ze met behulp van filtratie invloed uitoefenen op de waterkwaliteit en doordat ze als voedsel voor watervogels en vis dienen. Op grond van de meest recente kartering (figuur 38, 39) is de ondiepte ten westen van de Eemmondig (i.v.m. lage dichtheden) dus voor wat betreft tweekleppigen de meest geschikte locatie voor introductie van kranswieren.

### 6.2.3 Watervogels

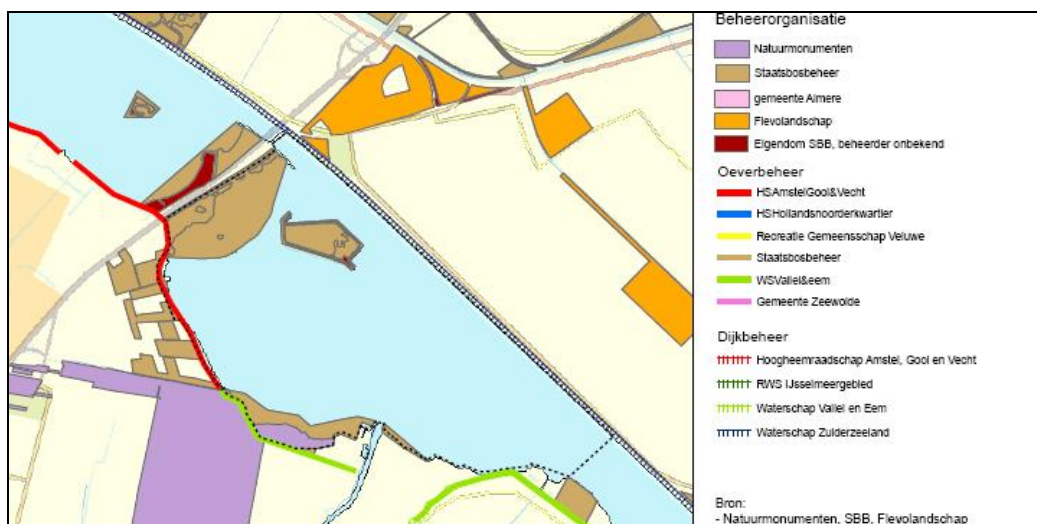
Door Provincie Flevoland worden maandelijks watervogels geteld vanaf het water. Deze tellingen worden in het Eemmeer en Nijkerkernauw uitgevoerd in drie sectoren; Nijkerkernauw, Stichtse Brug – Eemmond noordhelft en Stichtse Brug – Eemmond zuidhelft. De noordhelft van het Eemmeer telt relatief weinig vogels, uitgezonderd soorten die hier overdag rusten. Het gebiedsgebruik van de relatief grote aantallen vogels in de zuidhelft, het ondiepe deel van het Eemmeer, is niet in groter detail vastgelegd.

## 6.3 Bereikbaarheid en bescherming

Diverse andere functies van het gebied kunnen invloed hebben op de geschiktheid van bepaalde locaties als kiemlocatie. Het gebied langs de kust ten westen van de Eemmondig en het westelijke natuurontwikkelingsgebied zijn niet toegankelijk voor publiek en is eveneens gesloten voor visserij (figuur 61). Het lokaliseren van de maatregel in dit gebied zou dus ook aan de opstelling bescherming kunnen bieden. Het meest ondiepe gebied direct ten westen van de Eemmond wordt beheerd door Staatsbosbeheer (figuur 62). Het lokaliseren van de maatregel buiten dit gebied voorkomt betrokkenheid van een nieuwe partij met betrekking tot vergunningen e.d.



Figuur 61. Grenzen van het N200 gebied en anderszins beschermde gebieden.



Figuur 62. Beheersgebieden van o.a. Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer.

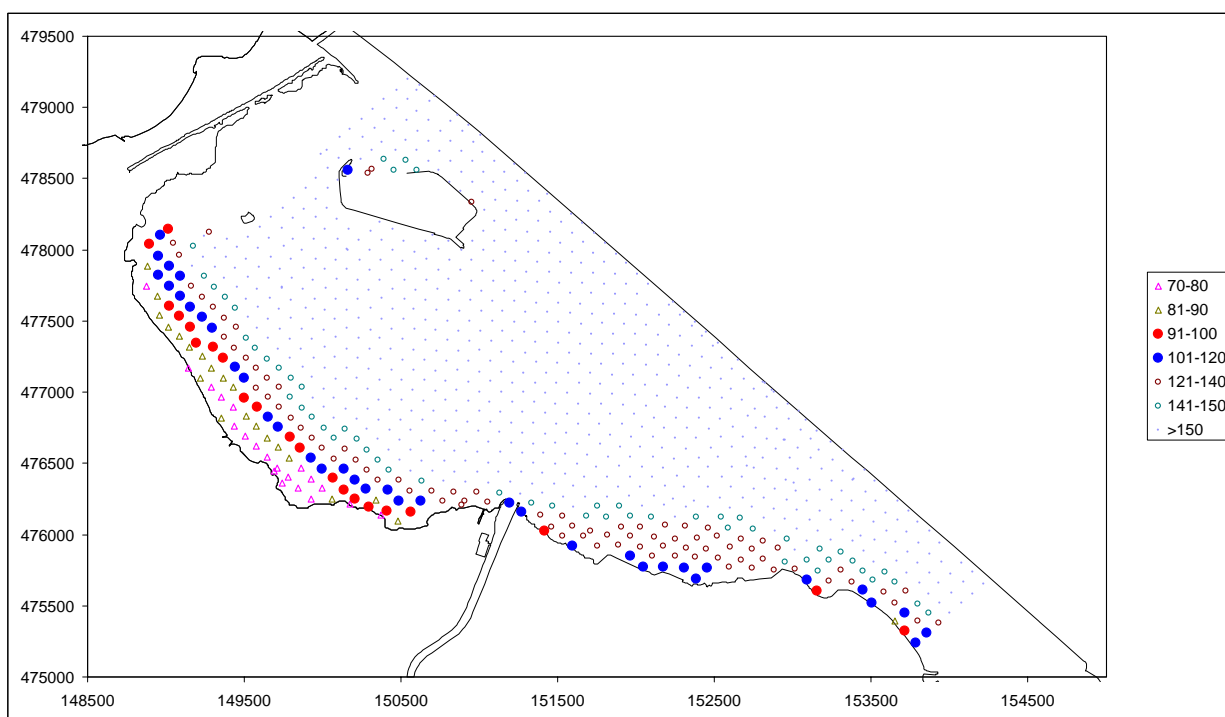
## 6.4 Keuze van de kiemlocatie

In overleg met de opdrachtgever en deskundigen van Waterdienst en Dienst IJsselmeergebied is gekozen voor één kiemlocatie in het Eemmeer, bestaande uit zes stroken aan te brengen sediment met een lengte van 300 m, een breedte van 5,50 m en een tussenruimte van 35 m. De stroken worden georiënteerd van zuidwest naar noordoost, met de dieptegradiënt mee, zodat de resultaten aan diepte kunnen worden gerelateerd. De drie meest noordwestelijke stroken worden aan de zuidwestkant beschermd door een luwtelement. De locatie wordt gekozen:

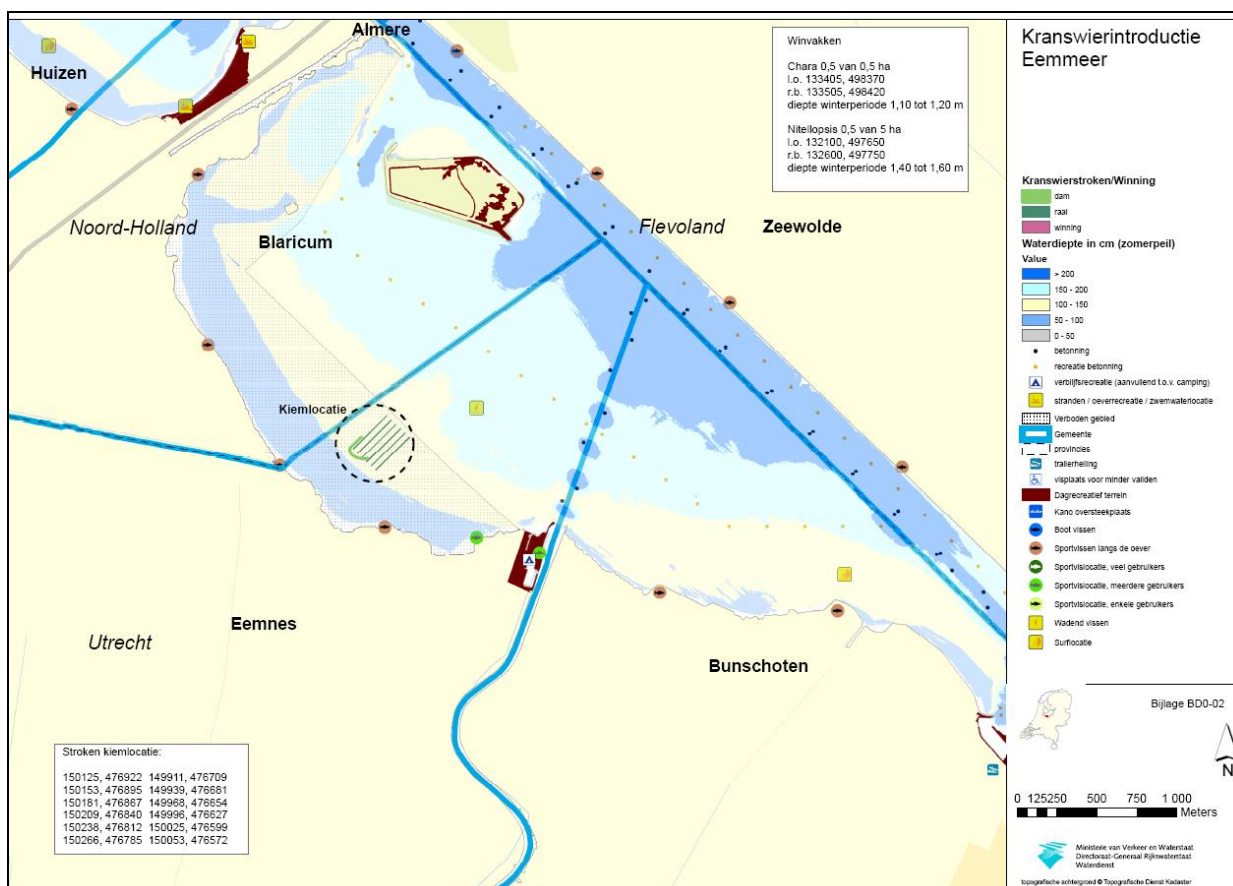
- Op meer dan 250 m uit de kust.
- Op minder dan 140 cm diepte (NAP).
- In het gebied met klei en zware zavel (west van Eemmondning).
- Ten oosten van de dichtste vegetaties van hogere waterplanten.
- Binnen het “verboden gebied”.
- Buiten het SBB beheersgebied.

De combinatie van de eerste twee factoren komt alleen voor in een smalle strook in het zuidwesten van het meer, ten westen van de Eemmondong, in het bijzonder in het middengedeelte van de qua diepte gunstige band (90-120 cm –NAP; figuur 63). Deze locatie voldoet ook aan alle andere voorwaarden.

Een voorstel voor de kiemlocatie en de ligging van de stroken met getransplanteerd sediment is weergegeven in figuur 64. Daarbij is tevens de ligging van het luwte-element weergegeven. Een voorspelling van de effecten van dit luwte-element is weergegeven met behulp van modellering in bijlage 2. Het luwte-element strekt zich uit rond de zuidwestelijke uiteinden van drie van de zes stroken, maar heeft ook een (afnemend) effect van luwte op de andere drie (bijlage 2). De invloed neemt daardoor niet alleen per strook af van zuidwest naar noordoost maar ook van strook naar strook in zuidoostelijke richting.



Figuur 63. Diepteverdeling (-NAP) van de meetpunten van het regionale waterplanten meetnet in het Eemmeer.



Figuur 64. Voorstel voor proeflocaties, indeling met proefvlakken en deelkartering voor nulsituatie.

Het aanbrengen van sediment met kranswiersporen in stroken vergroot de randlengte van het aangebrachte sediment. Aangezien kolonisatie van kranswier grotendeels via de bodem plaatsvindt (olievlek) zou dat kolonisatie van de rest van het meer kunnen versnellen. Door vergelijking van de stroken onderling kan het effect van diepte gescheiden worden van dat van luwte. De stroken kunnen daarbij om en om uit materiaal van de bronlocatie met Sterkranswier en van die met Chara worden uitgevoerd.

De hoekpunten van de stroken hebben de volgende coördinaten:

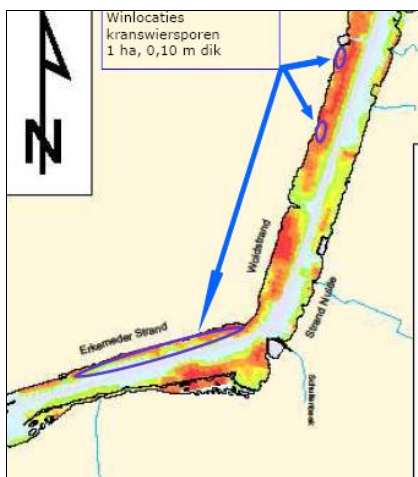
Tabel 8. Coördinaten van begin en eindpunten van de zes stroken sediment op de kiemlocatie in het Eemmeer.

X	Y	X	Y
150125	476922	149911	476709
150153	476895	149939	476681
150181	476867	149968	476654
150209	476840	149996	476627
150238	476812	150025	476599
150266	476785	150053	476572

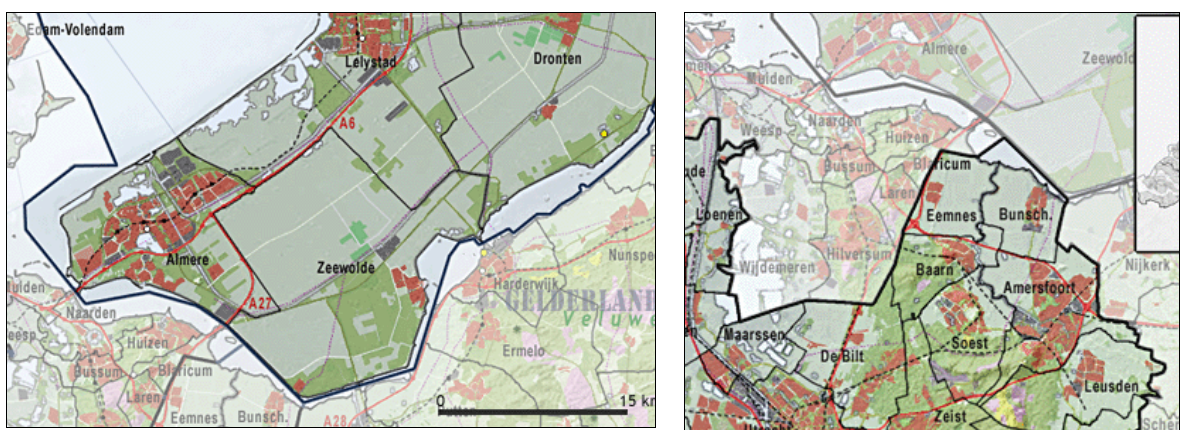
## 6.5 Keuze van de bronlocatie versus locatie maatregel

Er zijn diverse overwegingen bij het afstemmen van de locatie van de maatregel en de bronlocatie voor sediment: afstemming van sedimenttype, afstemming van kranswiersoorten en de benodigde vergunningen. In paragraaf 6.1.3 is al een voorkeur uitgesproken voor de Gouwee op grond van overeenkomst in sedimenttype en het voorkomen van zowel *Chara*-kranswieren als Sterkranswier. In deze paragraaf wordt een bredere afweging gemaakt.

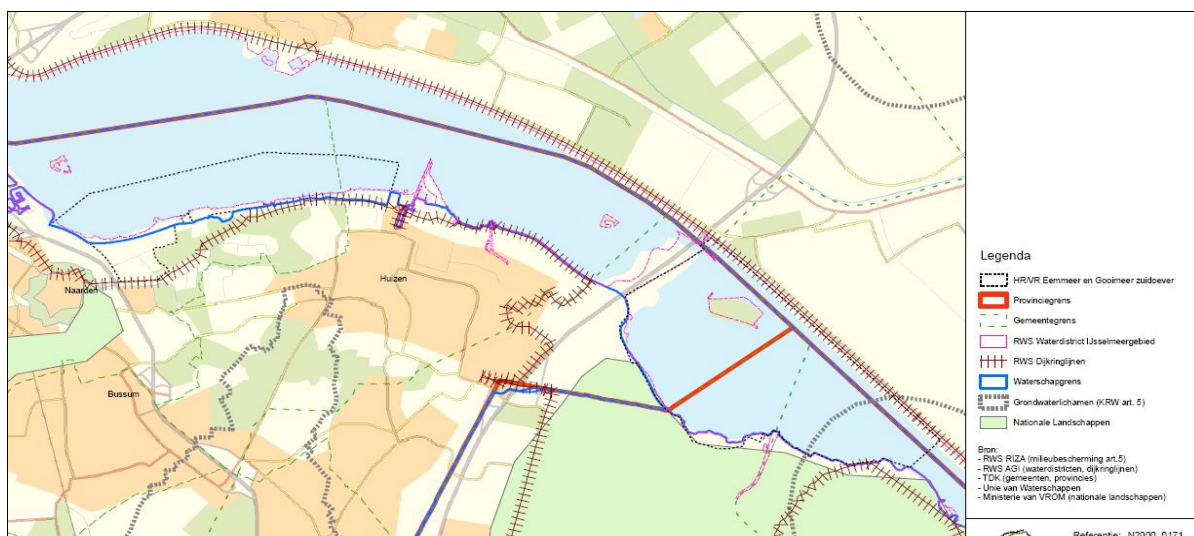
De door de opdrachtgever beoogde bronlocaties zijn gelegen in het Nuldernauw (figuur 60, figuur 65). Alle drie de locaties bevinden zich aan de noord/westkant van de vaargeul van het Nuldernauw en zijn daarmee gelegen in de provincie Flevoland (figuur 66).



Figuur 65. De door de opdrachtgever voorgestelde bronlocaties in het Nuldernauw.



Figuur 66. Grenzen van de provincies Flevoland, Utrecht, Gelderland en Noord-Holland.



Figuur 67. Provinciegrenzen in het Eemmeer en Gooimeer.

De in de vorige paragraaf voorgestelde locatie voor de maatregel heeft een bodem van klei en zware zavel en is gelegen in de provincie Utrecht (figuur 64, figuur 66/67).

De vier overwegingen voor verplaatsing van de bronlocatie en de locatie voor de maatregel kunnen zijn als volgt:

- 1) Keuze van een bronlocatie met een sedimenttype dat zoveel mogelijk lijkt op dat van de locatie van de maatregel.
- 2) Keuze van een bronlocatie met zowel *Chara* als *Nitellopsis* (Sterkranswier).
- 3) Keuze van een bronlocatie buiten de aangewezen N2000 gebieden voor kranswier.
- 4) Keuze van bronlocatie en locatie van de maatregel in dezelfde provincie, in verband met vergunningsprocedures.

1 (sediment): De twee noordelijke locaties in het Nuldernauw hebben een zandige toplaag die afwijkt van het topsediment in het Eemmeer (klei en zware zavel). De *Chara*-kranswieren in het transplantatiemateriaal moeten dus "overstappen" op een ander sedimenttype om het Eemmeer te kunnen koloniseren. De westelijke locatie in het Nuldernauw lijkt qua sediment meer op het Eemmeer maar heeft beperkte *Chara*-dichtheden. Sediment met kranswier dat het sedimenttype van het Eemmeer benadert is te vinden in de Gouwzee en eventueel in het IJmeer en de diepere delen van Wolderwijd en Veluwemeer.

2 (sterkranswier): Het sedimenttype dat in het Eemmeer de toplaag vormt, is in de kranswiergebieden van de regio vooral door Sterkranswier *Nitellopsis obtusa* bezet. Gebruik van sediment uit brongebieden met zowel *Chara* als *Nitellopsis* kan daarom de succeskans van de transplantatie vergroten. Dergelijke combinaties zijn te vinden in de noordelijke helft van de Gouwzee, het IJmeer en de diepere delen van Wolderwijd en Veluwemeer (Bremerbergse Hoek).

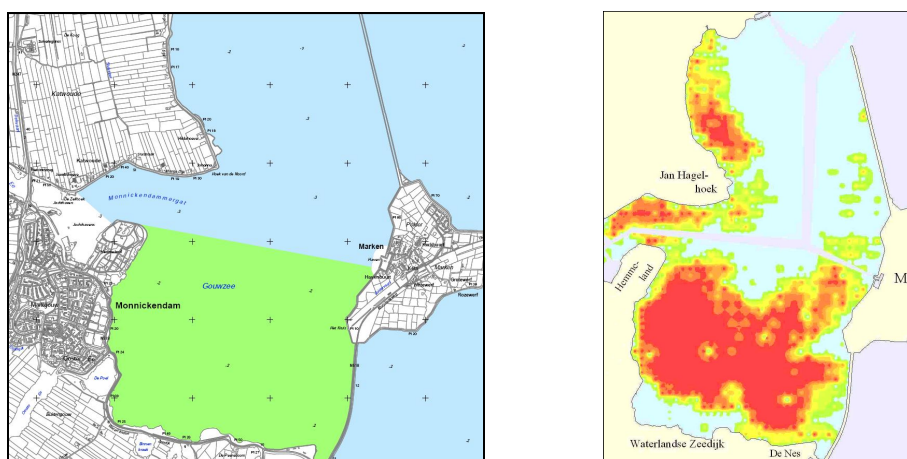
3 (N2000): Bijna alle belangrijke kranswervegetaties in het IJsselmeergebied zijn beschermd door de habitatrictlijn.



4 (provincies): De in de vorige paragraaf voorgestelde locatie voor de transplantatiemaatregel is gelegen in de provincie Utrecht. De hierboven genoemde bronlocaties zijn gelegen in de provincies Flevoland (Veluwemeer en Wolderwijd) en Noord-Holland (Gouwzee en IJmeer). Door de keuze van de kiemlocatie in de provincie Utrecht vervalt de mogelijkheid om beide locaties binnen één provincie te laten vallen en is de keuze voor de bronlocaties op dit onderdeel vrij, aangezien in de provincie Utrecht geen potentiële bronlocaties liggen.

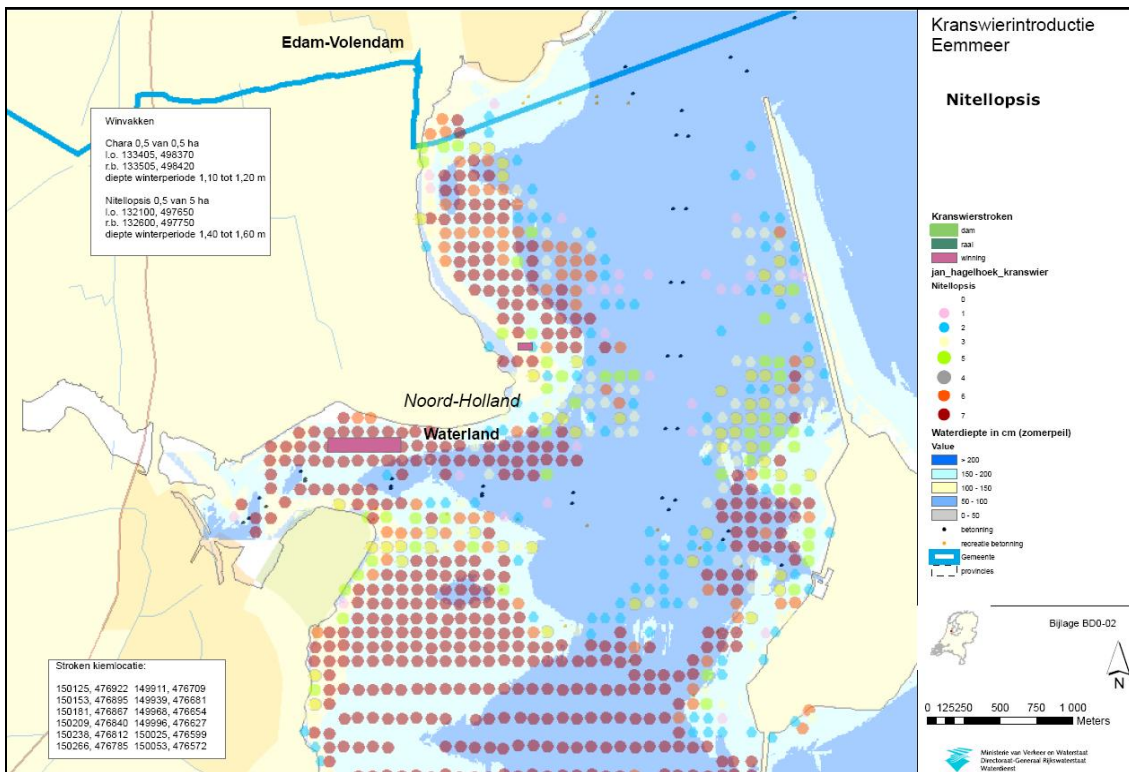
De ideale bronlocatie op grond van de overige drie punten is de noordelijke Gouwzee (figuur 68). Deze locatie ligt buiten het habitatrictlijngebied, heeft een kleibodem met een combinatie van *Chara* en *Nitellopsis* en ligt in de provincie Noord-Holland.

Het IJmeer is ook een locatie met zowel *Chara* als *Nitellopsis* in de provincie Noord-Holland, maar het sediment bestaat er ter plaatse van de kranswiervegetatie uit (matig) fijn zand en het gebied is beschermd onder de habitatrictlijn.

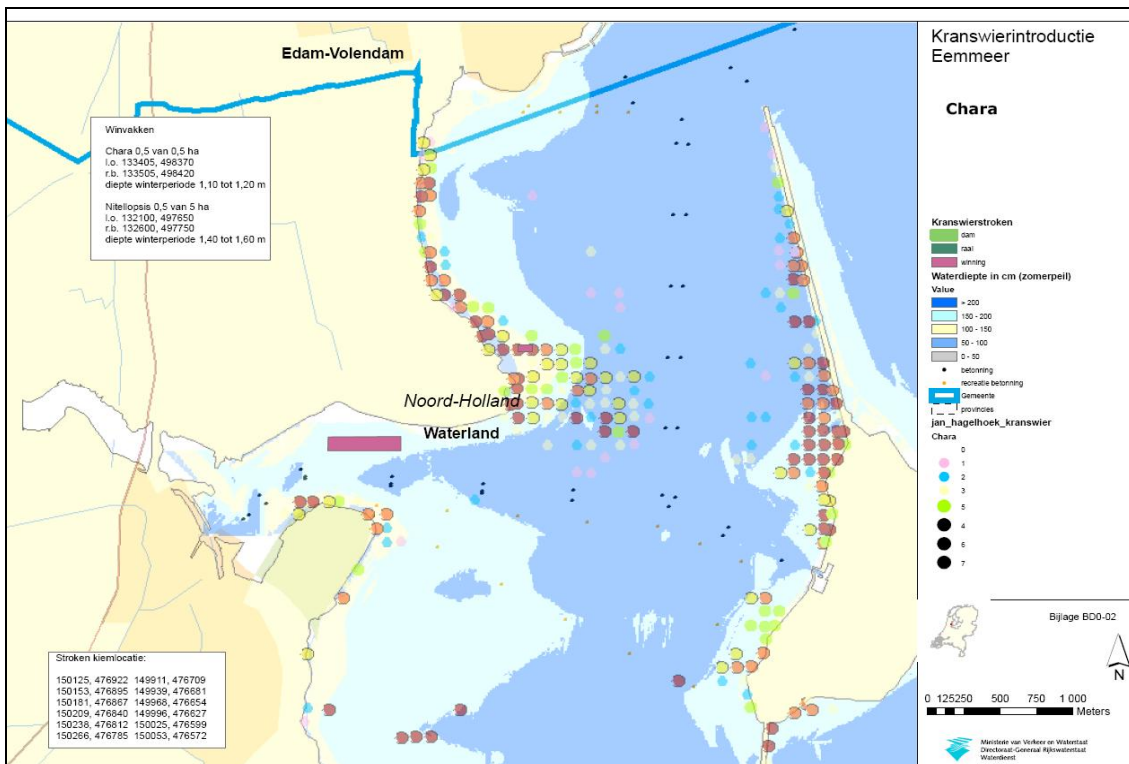


Figuur 68. Onder de habitatrictlijn aangewezen kranswierhabitat binnen het N2000 gebied Markermeer en IJmeer, rechts Sterkranswier 2004, ongeveer ten tijde van de Natura 2000 doelformulering (vergelijk Sterkranswier 2010 in fig. 69). Met name aan de noordoostoever van de Jan Hagelhoek groeit naast *Nitellopsis* ook *Chara*.

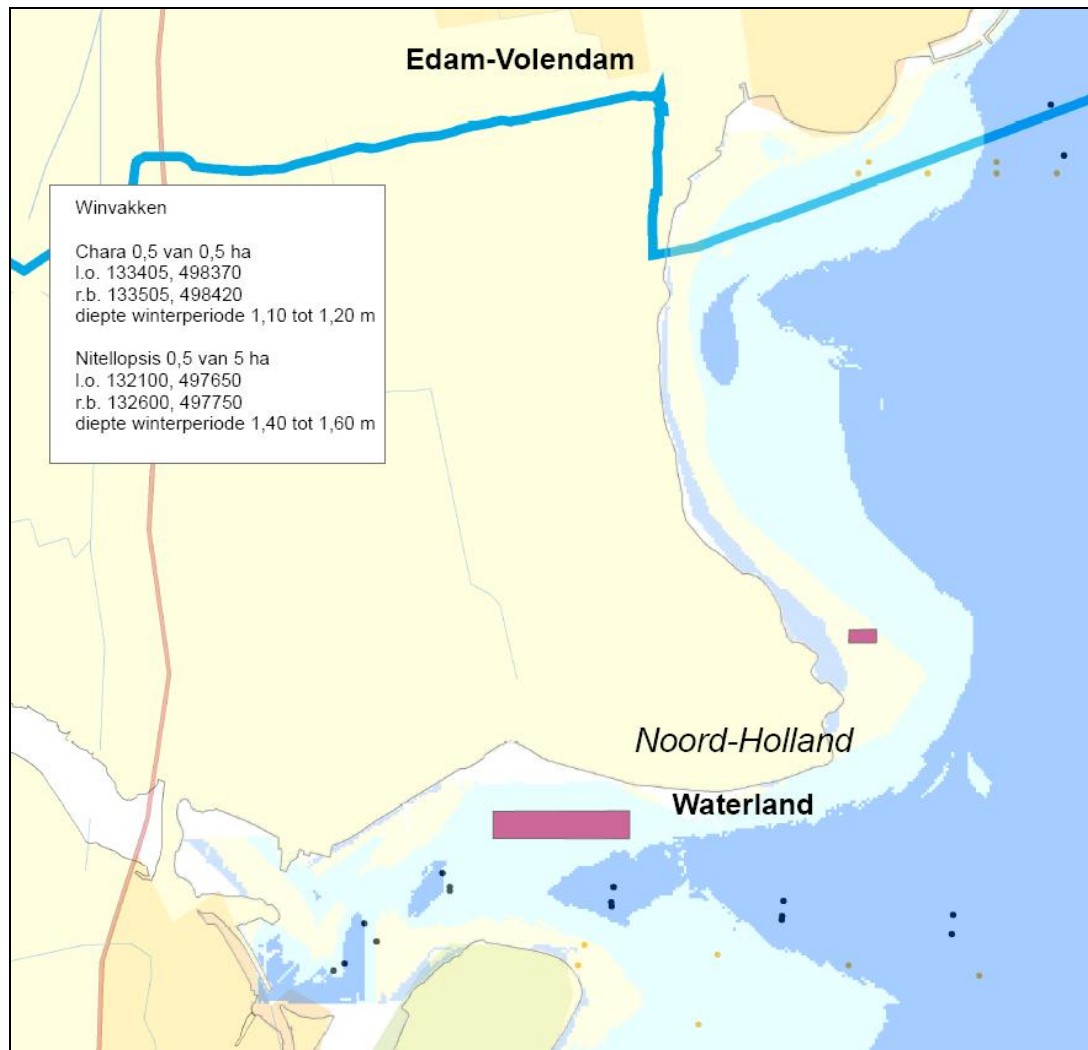
Op grond van het voorkomen van *Chara* en Sterkranswier volgens de kartering van 2010 zijn twee bronlocaties in de noordelijke helft van de Gouwzee gekozen. De eerste ligt in de baai voor Monnickendam, en is vooral begroeid met Sterkranswier (figuur 69). De tweede ligt ten noordoosten van de Jan Hagelhoek en is vooral begroeid met andere soorten kranswier (*Chara* spp.; figuur 70). Figuur 71 geeft voor de duidelijkheid de twee locaties zonder de kranswiergegevens en hun coördinaten.



Figuur 69. Voorkomen van Sterkranswier (*Nitellopsis obtusa*) in de Gouwee in 2010 in relatie tot de gekozen ligging van de twee bronlocaties.



Figuur 70. Voorkomen van overig kranswier (*Chara* spp.) in de Gouwee in 2010 in relatie tot de gekozen ligging van de twee bronlocaties.



Figuur 71. De ligging van de twee gekozen bronlocaties met coördinaten en diepte.

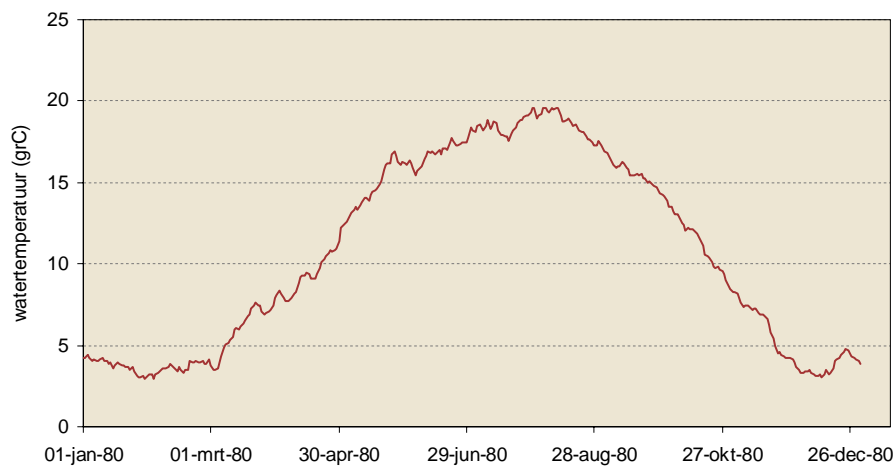
## 6.6 Tijdstip van uitvoering maatregel

Er zijn in principe het hele jaar sporen in de bodem, en omdat niet alles per seizoen ontkiemt en sporen in principe vele jaren kiemkrachtig blijven, is er van transplantatie van sediment met sporen altijd enig resultaat te verwachten, ongeacht het tijdstip van verplaatsen. Dat neemt niet weg dat lage kiemingspercentages zijn te verwachten als het materiaal verplaatst wordt in de periode tussen de kieming op de plaats van oorsprong en de vorming van de nieuwe sporen aldaar. Die sporen worden gevormd in de zomer, zodat waarschijnlijk vanaf september goede resultaten kunnen worden verkregen, zeker als het plantenmateriaal van de bronlocatie wordt meegenomen. Later verdwijnt het plantenmateriaal en zitten de sporen in en op de bodem, waardoor transplantatie vanaf december gemakkelijker is.

In 2002 is een experiment uitgevoerd in het Veluwemeer om de hergroei van kranswier na het verdiepen van de bodem op de groeiplaats te bestuderen. Daartoe zijn proefvlakken ingericht (verdiept, deels sporen toegevoegd of toplaag teruggelegd) in de periode 1-19 april.

Dat was achteraf waarschijnlijk te laat, de bedekkingen die dat eerste seizoen werden gemeten bedroegen slechts circa 5% (ongeacht de nabehandeling van niets doen, sporen toevoegen of toplaag terugleggen), en waren pas in het derde seizoen volledig. De herkolonisatie vond deels plaats vanuit de randen van het omliggende veld (wat in het Eemmeer niet kan door ontbreken van kranswier in de omgeving).

Vanaf welke periode de ontwikkeling van de sporen wordt verstoord is niet bekend, maar de temperatuur van het water begint in maart al op te lopen (figuur 72), onder invloed waarvan wellicht al ontwikkelingen in de sporen plaats kunnen vinden. Dat betekent dat de transplantatie het best in februari of eerder kan worden uitgevoerd. Om te voorkomen dat veel los plantenmateriaal met sporen (augustus, september) na transplantatie in het Eemmeer wegspoelt (zodat de maatregel moeilijker is te monitoren) is transplantatie vanaf november aan te bevelen, maar omdat kranswier soms tot in januari kan blijven staan is latere transplantatie mogelijk nog beter, zodat de optimale maand voor transplantatie februari is.



Figuur 72. Gemiddeld seizoensverloop van de watertemperatuur in het IJsselmeer bij Stavoren, 1988-1993.

## 7 Monitoringsplan

### Vraagstelling

- a) Is het aanbrengen van sediment met sporen succesvol? Vindt voldoende kolonisatie plaats?
- b) Wordt het succes van introductie en de ontwikkeling van een kranswervegetatie vergroot door het aanleggen van een luwte-element?

Beide vragen worden beantwoord door het volgen van de vegetatie-ontwikkeling op de kiemlocatie, in vergelijking met de situatie voor de introductie en de situatie buiten de kiemlocatie.

In het tweede seizoen kan bovendien de kolonisatie van het gebied door kranswier rond de kiemlocatie door kranswier worden geïnventariseerd.

### 7.1 Monitoring locatie maatregel

#### Nulmetingen

Voor de nulmetingen op de locaties van de maatregel kan zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt of aangesloten worden op de reguliere monitoring. De laatste waterplantenkartering is uitgevoerd in 2009. Op 13 augustus 2010 is een aanvullende opname uitgevoerd van 76 meetpunten van het reguliere waterplantengrid in de omgeving van de elders in dit advies voorgestelde locatie voor de KRW maatregel. De resultaten zijn weergegeven in paragraaf 3.3.4 en bijlage 1. Een aanvullende meting was wenselijk gezien de sterke toename van de vegetatie en de recente opkomst van kranswier in het Nijkerkernauw en het Gooimeer. Bij uitvoering van de maatregel in 2012 wordt aangeraden deze deelkartering te herhalen in 2011, zodat opnieuw informatie beschikbaar is uit het seizoen voorafgaand aan de maatregel. In dat geval kan bij de monitoring van de maatregel worden gebruik gemaakt van de in 2012 geplande totaalkartering. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de deelkartering van 2010 aanzienlijk later in het seizoen is uitgevoerd dan de meest recente totaalkarteringen (figuur 26), waardoor de resultaten minder goed vergelijkbaar zijn. De uitvoering van een nieuwe deelkartering in 2011 dient voor een betere vergelijkbaarheid aan te sluiten bij de planning van de totaalkarteringen (omstreeks de tweede week van juli).

#### Metingen aan sediment

Aangezien op de kiemlocatie een gebiedsvreemd sedimenttype wordt geïntroduceerd, verschilt de samenstelling van dat materiaal met die van het sediment op de referentielocaties en de omgeving van de kiemlocatie. Dit verschil moet voor interpretatie van de botanische gegevens vastgelegd worden: bepalen van korrelgrootteverdeling van sedimentmonsters in duplo van:

- De toplaag op de kiemlocatie vóór aanbrengen van het sediment uit de Gouwzee
- Het sediment van de eerste Gouwzee bronlocatie (Monnickendam) tijdens de transplantatie.
- Het sediment van de tweede Gouwzee bronlocatie tijdens de transplantatie.

- Het oorspronkelijke sediment en het sediment van de twee bronlocaties na zetting, aan het eind van het eerste groeiseizoen.
- (Idem aan het eind van het tweede seizoen).

Herhaling aan het eind van het eerste seizoen geeft inzicht in effecten van herverdeling door invang van sediment door de planten e.d. (bodenvorming, spreiding van het getransplanteerde sediment). Dit proces zou kunnen worden gevolgd door bemonstering aan het eind van het tweede seizoen te herhalen en eventueel door locaties voor monsters ook op verschillende afstanden van het getransplanteerde sediment te kiezen. Een minimum lijkt bemonstering van de drie hierboven aangegeven sedimentgroepen in duplo aan het begin en eind van het eerste seizoen, dus in totaal 12 monsters.

## Zaad- en sporenbank

Kennis over de biomassa van de zaad- en sporenbank van de toplaag van het sediment is zinvol om de kans op planten in relatie tot diepte en doorzicht te kunnen modelleren voor vergelijking met de resultaten. Steekproeven in duplo van het materiaal van de beide bronlocaties worden aanbevolen, en ter controle ook van de kiemlocatie vóór transplantatie, liefst op enkele locaties over de dieptegradiënt (bijv. 5 locaties in duplo).

## Vegetatie

Tweewekelijkse controle van bedekking en planthoogte per soort met behulp van snorkelaars, van april (of aanbrengen sediment) t/m september in 2012 en 2013. De zes stroken kunnen langs de dieptegradiënt worden bemonsterd op locaties met een onderlinge afstand van 10 meter, d.w.z. 180 punten. Ter controle kan het zelfde gebeuren langs de dieptegradiënt tussen de stroken en langs de overeenkomstige gradiënt ten zuidoosten van de meest zuidoostelijke strook (dus ook 180 punten).

Steekproefmonsters van de vegetatie voor soortbepaling (van kranswier) kunnen buiten de gridpunten worden verzameld. Bepaling van biomassa van de vegetatie lijkt overbodig. Een inschatting van aangroei met perifyton kan per opname per proefvlak gegeven worden.

In 2013 wordt naast bemonstering van de stroken ook gekeken naar olievlek- uitbreiding van kranswier vanuit de introductievelden door middel van een globale omgevingskartering door snorkelaars (eenmalig in augustus).

## Waterkwaliteitsparameters

Ter vergelijking van de waterkwaliteit op de kiemlocatie met die op het centrale MWTL meetpunt in de vaargeul worden bij elke vegetatieopname doorzicht, extinctie, nutriëntgehalten en chlorofylgehalten bepaald. Te overwegen zijn zwevend stof en gloeirest en bemonstering met sedimentvallen. Om de effectiviteit van het luwte-element te meten is het zinvol deze parameters op meerdere locaties te meten die gekozen worden op basis van de in bijlage 2 weergegeven modellering: 1) binnen en 2) buiten het luwte-element maar binnen de invloedssfeer volgens de modellering, 3) buiten die invloedssfeer maar binnen de kiemlocatie en 4) buiten de invloedssfeer en buiten de kiemlocatie.

## **Bemonsteringsschema:**

### *Juli 2011*

Herhaling deelkartering waterplanten van 2010 op kiemlocatie.

### *Medio 2011 tot begin 2012*

Plaatsen luwte-element.

### *Februari 2012*

Sedimentmonsters voor korrelgrootte op kiemlocatie.

Sedimentmonsters voor biomassa sporen en zaden kiemlocatie.

Oogsten van toplaag in Gouwzee.

Sedimentmonsters van transplantatiemateriaal voor korrelgrootte.

Sedimentmonsters van transplantatiemateriaal voor biomassa sporen en zaden.

Aanbrengen van de zes sedimentstroken.

### *April t/m september 2012*

Tweewekelijkse bemonstering met snorkelaars van bedekking en planthoogte.

Tweewekelijkse bemonstering waterkwaliteit op 4 locaties rond kiemlocatie en dam.

### *Juli 2012*

Kartering waterplanten totale Eemmeer, inclusief ondiepten bij de Stichtse Brug ("Natte Hond").

### *Augustus 2012*

Globale kartering van olievlek-uitbreiding vanuit de stroken met getransplanteerd sediment.

### *Oktober 2012*

Sedimentmonsters voor korrelgrootte binnen en buiten de stroken op de kiemlocatie.

### *April t/m september 2013*

Tweewekelijkse bemonstering met snorkelaars van bedekking en planthoogte.

Tweewekelijkse bemonstering waterkwaliteit op 4 locaties rond kiemlocatie en dam.

### *Augustus 2013*

Globale kartering van olievlek-uitbreiding vanuit de stroken met getransplanteerd sediment.

## **7.2 Monitoring overig Eemmeer**

Behalve de standaard MWTL monitoring van waterkwaliteitsparameters in de vaargeul is ook de monitoring van waterplanten, en evt. bodemfauna, in het natuurontwikkelingsgebied in het westen van het Eemmeer zinvol. Het effect van een luwtedam kan hier in een wat verder gevorderd stadium worden bestudeerd. Bij de waterplantenkartering van 2009 is het gebied achter deze dam niet meegenomen. Aanbevolen wordt dit gebied bij de geplande kartering van 2012 wel mee te nemen.



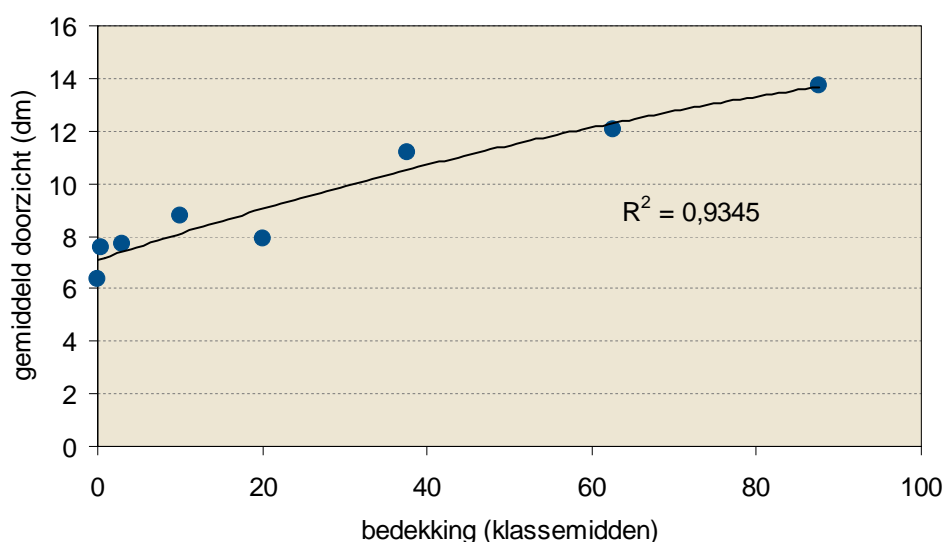


## 8 Beoordelingscriteria

Beoordelingscriteria voor het al of niet aanleggen van een permanente luwtedam moeten zijn af te leiden uit de resultaten van de monitoring van de kiemlocatie.

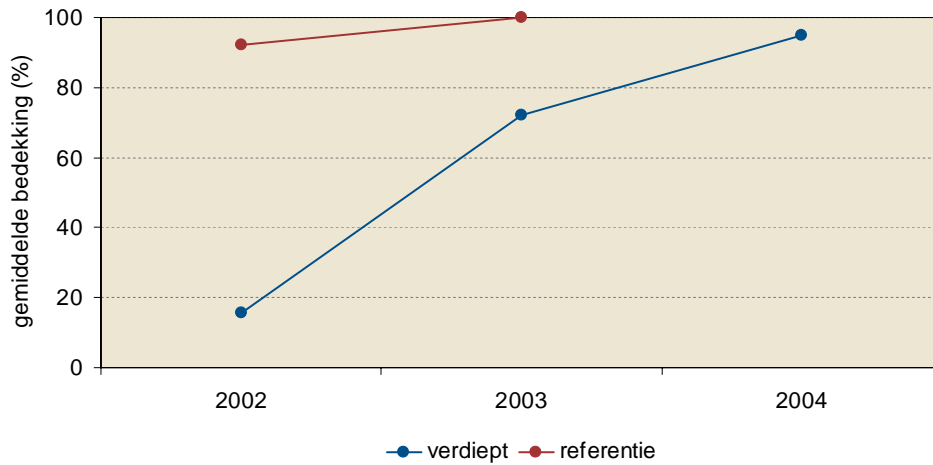
Essentieel daarbij is het verschil in de opkomst van kranwier tussen de onbeschermdereferentielocaties en de beschermde stroken, met name in het tweede seizoen. Als dit verschil klein is, heeft een luwtedam geen zin als maatregel ter stimulering van de kranwervegetatie.

Doel is het bereiken van een dichtheid aan kranwier die een gunstige, stabiliserende invloed heeft op de waterkwaliteit (doorzicht). Hiertoe is een bedekking van meer dan circa 50% noodzakelijk (figuur 73).



Figuur 73. Gemiddeld doorzicht per meetlocatie als functie van de bedekking van kranwier op de raai Veluwemeer Hoophuizen, 1993-2007. Locaties vanaf 1 m waterdiepte, bodemzicht niet meegenomen.

Het is niet waarschijnlijk dat de definitieve bedekking op de kiemlocatie al wordt bereikt in het jaar waarin het is aangebracht, als gevolg van effecten van het verplaatsen van sediment op de kiemkracht van de sporen en bulbillen. Een indruk van de snelheid van ontwikkeling kan worden verkregen uit de “verdiepingsproef” die in 2002-2004 is uitgevoerd in het Veluwemeer. Daarbij werd onderzocht in hoeverre kranwier teruggroeide na verdieping van de bodem. Pas in het derde seizoen werd de oorspronkelijke diepte weer bereikt. In het tweede seizoen was de bedekking ruim 70% (Noordhuis & van Schie 2006; figuur 74).



*Figuur 74. Gemiddelde bedekking in verdiepte proefvlakken in het Veluwemeer en in referentievakken van de oorspronkelijke diepte, 2002-2004 (Noordhuis & van Schie 2006).*

De maatregel kan derhalve als geslaagd worden beschouwd als de gemiddelde bedekking in het tweede jaar (2012) groter is dan 50%. Als dit het geval is op de onbeschermden locaties, terwijl tevens de bedekking in 2012 hoger is dan die in 2011, is geen luwtedam noodzakelijk. Als dit in 2012 alleen op de beschermden locatie het geval is en de bedekking op de onbeschermden locaties is 30% of lager, dan kan een permanente luwtedam zinvol worden geacht.

## 9 Referenties

- Boderie P. & R. Hulsbergen 2009. Modelstudie Slibmaatregelen Eemmeer. Fase I Modelkalibratie en varianten, Fase II Tracé- en uitvoeringsvormen. Rapport Deltares, Delft.
- Bouma S., W. Lengkeek, D. Beuker & J.H. Bergsma 2009. Tweekleppigen in de Randmeren. Bemonstering 2008. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 09-005, Culemborg.
- Dresscher Th.G.N. 1954. Iets over de flora en fauna van de oeverzoom van het IJsselmeer tussen de uitmonding van het Zwarte Water en Harderwijk. In : L.F. de Beaufort (red.), Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932, p. 283-289. Den Helder.
- Hop J. 2009. Visstandbemonstering Zuidelijke Randmeren 2009. Rapport AquaTerra, Geldermalsen
- Hulsegge E.H. & K. Vendrig (red.) 2004. Jaarrapportage Zuidelijke Randmeren 2000-2003. BEZEM deelrapport 10, RDIJ-rapport 2004-1, Lelystad.
- Mörzer Bruijns M.F. & A. Timmerman 1953. Het Zwarte Meer. De Levende Natuur 56: 161-166.
- Noordhuis R. (red.) 2010. Ecosysteem IJsselmeergebied: nog altijd in ontwikkeling. Rapport Rijkswaterstaat, Waterdienst, Lelystad.
- Noordhuis R. & K. Koffijberg 2004. Watervogels als indicatoren: presentatie van trends in relatie tot beleidsdoelstellingen. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, rapport 2004.003, Lelystad.
- Noordhuis R. & J. van Schie 2006. Effecten van verdiepen op de watervegetatie in het Veluwemeer. Totaaloverzicht van resultaten 2002-2004. RIZA werkdocument 2006.061x, RIZA, Lelystad.
- Noordhuis R., J. van Schie & N. Jaarsma 2009. Colonization patterns and impacts of the invasive amphipods *Chelicorophium curvispinum* and *Dikerogammarus villosus* in the IJsselmeer area, The Netherlands. Biological Invasions 11: 2067-2084.
- Scheffer M. 1998. Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, London.
- Wielakker D. & A. Bak 2007. Driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) in de Randmeren. Monitoring 2006. Bureau Waardenburg bv, rapport nr. 07-038, Culemborg.
- Van den Berg M.S 2003. Analyse van ontwikkeling waterplanten in Eem- en Gooimeer. RIZA werkdocument 2003.046x, Bezem deelrapport 7, RIZA, Lelystad.
- Van den Berg M.S., W. Joesse & H. Coops 2003. A statistical model predicting the occurrence and dynamics of submerged macrophytes in shallow lakes in the Netherlands. Hydrobiologia 506-509 611-623.
- Van den Berg M.S, M. Scheffer, E.H. van Nes & H. Coops 1999. Dynamics and stability of *Chara* sp. and *Potamogeton pectinatus* in a shallow lake changing in eutrophication level. Hydrobiologia 408-409: 335-342.
- Van Giels J. 2006. Visstandbemonstering Zuidelijke Randmeren 2005. Rapport AquaTerra, Geldermalsen

Vendrig K., R. Portielje, M. van den Berg & K. Oostinga 2003. Eem- en Gooimeer in 2015: minimaal realiseerbare waterkwaliteit en doelstellingen. BEZEM deelrapport 11, RDIJ rapport 2003-12. Rijkswaterstaat Dir. IJsselmeergebied, Lelystad.

## A Bijlagen

### A.1 Dichtheden waterplanten 2010

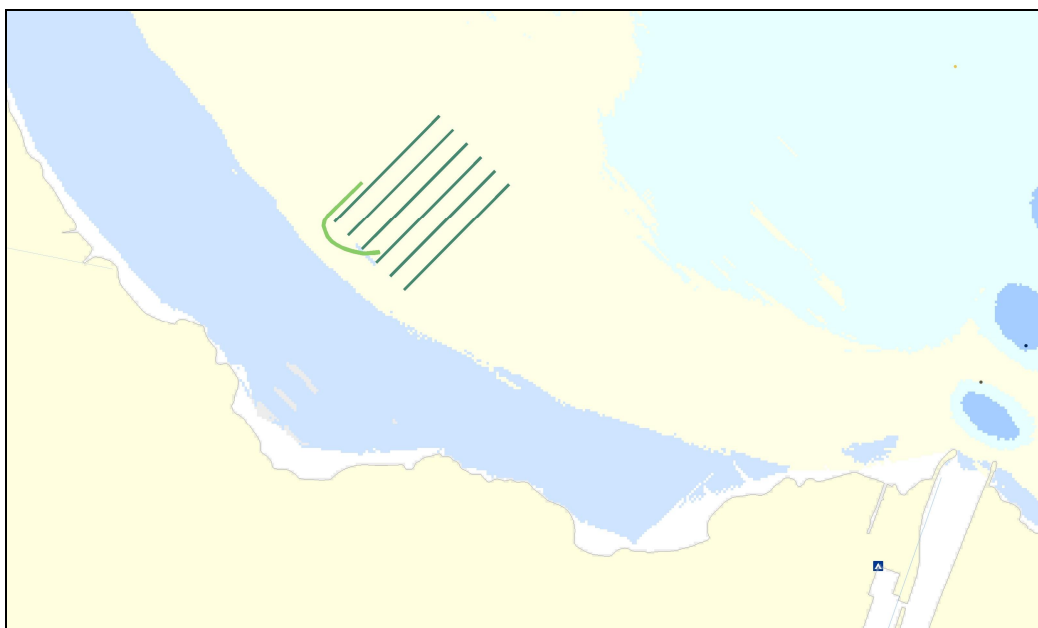
In de onderstaande tabel staan de dichtheden van alle soorten waterplanten op de locaties weergegeven in figuur 30, opgenomen op 13 augustus 2010. De dichtheden zijn weergegeven in bedekkingsklassen: 0 = 0%, 1 = 0-1%, 2 = 1-5%, 3 = 5-15%, 4 = 15-25%, 5 = 25-50%, 6 = 50-75%, 7 = 75-100%.

XCOORDIN	YCOORDIN	Totale bedekking	Schedefonteinkruid	Doorgroeid Fonteinkruid	Tenger Fonteinkruid	Gekroesd Fonteinkruid	Puntig Fonteinkruid	Zannichellia	Zannichellia gesteeeld	Draadwier	Darmwier	Waternetje
		TB	SF	DF	TF	GF	PF	ZN	ZG	DR	DA	WA
150394	476909	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
150385	476899	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
150284	476792	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150216	476748	2	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0
150130	476679	3	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0
150074	476608	3	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0
150005	476542	6	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0
149916	476475	6	0	0	2	0	0	0	0	6	0	0
149846	476404	6	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0
149880	476292	3	0	0	1	0	0	1	0	4	0	0
149936	476352	3	0	0	1	0	0	1	0	3	0	0
150100	476493	4	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0
150150	476549	3	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0
150153	476550	4	2	0	1	0	0	0	0	4	0	0
150213	476600	2	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0
150286	476661	2	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0
150369	476754	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
150254	476876	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150220	476884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150148	476813	3	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0
150079	476749	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
150042	476714	3	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
149970	476644	3	1	0	1	0	0	0	0	3	0	1
149890	476570	4	2	0	1	0	0	1	0	4	0	0
149809	476503	4	1	0	1	0	0	2	0	4	0	1
149790	476550	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
149767	476599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
149787	476616	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0

		TB	SF	DF	TF	GF	PF	ZN	ZG	DR	DA	WA
149871	476692	5	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0
149949	476773	3	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0
150021	476830	3	2	0	0	0	0	0	0	2	0	1
150084	476883	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
150167	476963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150228	477018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150159	477096	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0
150092	477033	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
150016	476957	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
149938	476892	3	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
149869	476831	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
149797	476760	6	4	0	2	0	0	0	0	5	0	0
149727	476690	5	2	0	0	0	0	2	0	5	0	0
149626	476640	5	0	0	0	0	0	2	0	5	0	0
149579	476703	4	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0
149652	476765	4	1	0	1	0	0	2	0	4	1	0
149753	476853	5	2	0	0	0	0	2	0	5	0	0
149809	476906	3	0	0	2	1	0	0	0	3	0	0
149879	476973	3	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0
149963	477048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150021	477103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150016	477128	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
149883	477114	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
149812	477041	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
149736	476976	3	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0
149660	476910	6	4	0	0	0	0	0	0	6	0	0
149590	476838	4	1	0	3	0	0	1	0	4	1	0
149513	476766	6	0	0	1	0	0	1	0	6	0	0
149448	476848	5	0	0	1	0	0	1	0	5	0	0
149527	476916	4	0	0	1	0	0	1	0	4	0	0
149601	476989	5	0	0	2	0	0	3	0	5	0	0
149681	477054	4	2	0	3	1	0	0	0	3	0	0
149742	477114	2	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
149815	477181	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
149893	477250	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
150431	476658	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150396	476623	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
150301	476540	3	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0
150206	476457	3	1	0	2	0	0	0	0	3	0	0
150129	476393	3	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0
150057	476322	4	0	0	1	0	0	2	0	4	0	0
150196	476323	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
150277	476387	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
150346	476450	4	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
150434	476527	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
150500	476583	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
150571	476652	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150629	476702	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## A.2 Berekeningen effecten luwtedam

In het Eemmeer wordt een maatregel voorbereid waarbij sediment met kranswiersporen wordt aangebracht. Een deel van dit sediment wordt beschermd door een luwte-dam (figuur A1). De ligging van de locatie in het Eemmeer is weergegeven in paragraaf 6.4 (figuur 64)

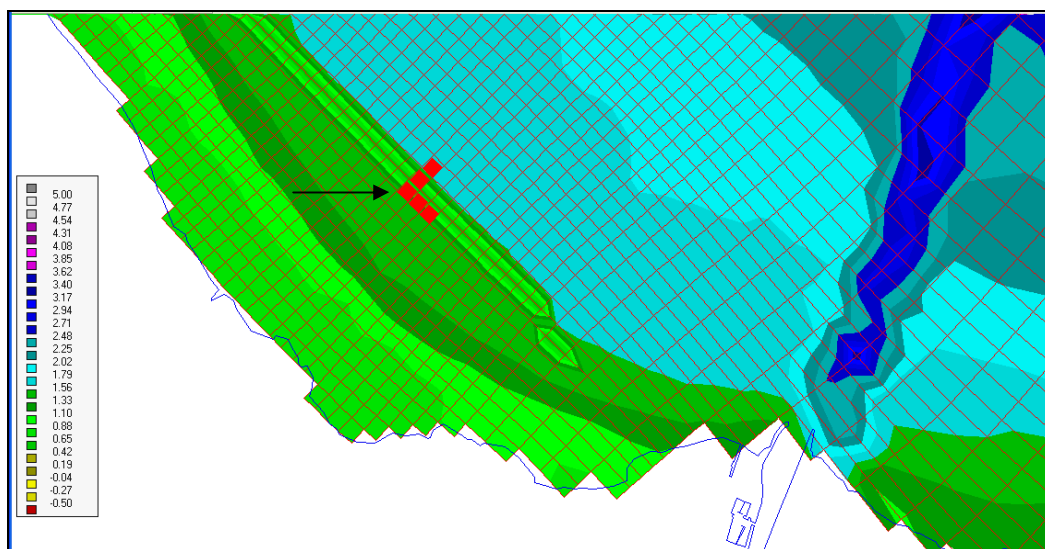


*Figuur A.1 Locatie van het zaadbank experiment in het Eemmeer (strepen) ten opzichte van de luwtestructuur (rood). Voor een overzicht van de ligging van deze locatie in het Eemmeer zie paragraaf 6.4, figuur 64.*

Deltares heeft in het kader van project 1203269 een modellering van een dam van 260 m lang uitgevoerd om het effect van stroming, golven en slib rondom de plot te berekenen. De resultaten kunnen worden gebruikt om de voorgenomen locatie van de dam te verifiëren. De plot dient gedeeltelijk in de invloedssfeer van de dam te liggen zodat het experiment naast een dieptegradiënt ook een luwtegradiënt krijgt.

Een lengte van 260 m komt in het model overeen met 5 roosterzellen van ongeveer 50 m. De gewenste 'kromme' dam is in het modelrooster niet precies te realiseren maar wordt benaderd door van de 5 roosterzellen een rechthoekige dam te maken (zie figuur A2).

De locatie van de dam op het bestaande rooster is 149840, 476710 (hoekpunt bij pijl, figuur A2).



Figuur A.2 Ligging van de gemodelleerde luwtedam in het rooster van het Eemmeermodel.

Er zijn twee berekeningen gemaakt:

- (1) met een dichte dam (uitvoeringsvorm dicht).
- (2) een 'half' onder water dam (uitvoeringsvorm U2) waarbij de kruin van de dam 0.75 m onder water steekt.

Door de beperkte afmeting en vorm is het niet mogelijk een dam uit te voeren met gaten (uitvoeringsvormen U1, U4 en U5 vallen daarmee af).

Modeltechnisch: de volgende aanpassingen in de modelroosters zijn nodig (geen obstacles/dunne dammen):

	wave & flow rooster	naamgeving
autonoom		Aut
som 1 dicht	dieptebestand, dam tot +0.5m NAP	V70
som 2 half open	dieptebestand, dam tot -0.75m NAP	V80

In deze bijlage zijn voor het voorjaar van 2006 verschilplaatjes ten opzichte van de autonome situatie gepresenteerd voor bodemschuifspanning, slibgehalte in bovenste en onderste waterlaag en aanslibbing in de bovenste bodemlaag. De resultaten voor de dichte dam staan in figuur A3 tot en met figuur A8, die voor de half-open dam figuur A9 tot en met figuur A12.

### Observaties:

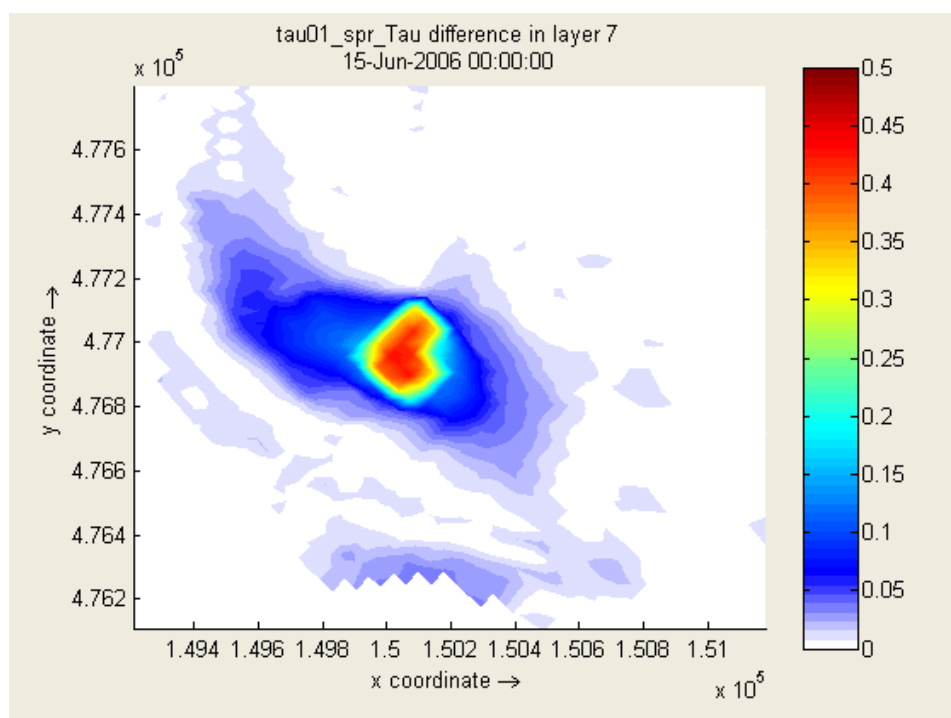
1. De verschillen voor het zomerseizoen zijn (veel) kleiner (niet afgebeeld).
2. De dam verlaagt het percentage van tijd dat de er resuspensie van relatief grof slib plaatsvindt. De belangrijkste invloedssfeer zit aan de binnenzijde van dam waar 20-40% van de tijd bescherming is (figuur A3). De dam beschermt minder tegen resuspensie van relatief fijn slib, reductie van 10-15% van de tijd over een groter gebied, ook buiten de dam (figuur A4). De dam laat een forse reductie zien van de maximale bodemschuifspanning, vnl in de golfschaduw van zuidwesten winden (figuur A5). Niet zo van belang voor slibhuishouding maar mogelijk wel voor fysische verstoring van waterplanten.



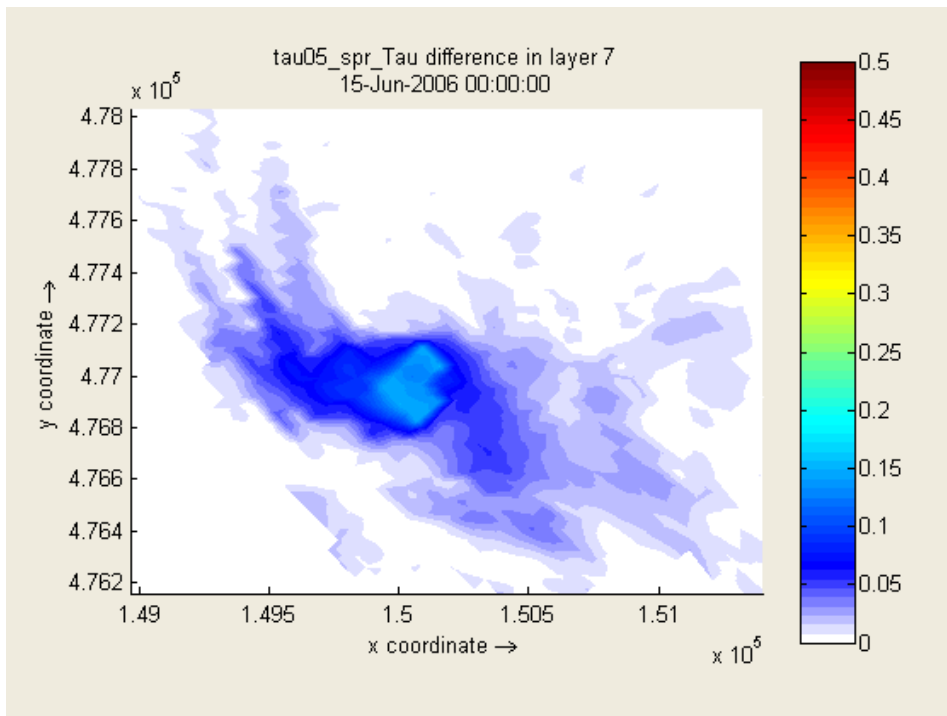
3. De afname van het slibgehalte in de waterkolom is beperkt tot zo'n 5 mg/l in de onderste waterlaag en nog wat minder in de toplaag (figuur A6 en figuur A7). Aan de binnenzijde van de dichte dam neemt het slibgehalte toe met afstand tot de dam. Het gebied waarop de dichte dam een effect op het slibgehalte heeft is aan de buitenzijde van de dam (zuidelijk en zuidwestelijk) groter dan aan de binnenzijde.
4. Het patroon van aanslibbing als gevolg van de dichte dam is gesitueerd rondom de dam (figuur A8). Aan de binnenzijde van de dam neemt aanslibbing af met de afstand tot de dam.
5. De half-dichte dam laat een kleinere golfschaduw zien (figuur A9) zien dan de dichte dam. Ter plekke van de dam zien we hoge bodemschuifspanningen (erosiewerking) omdat de waterdiepte ter plekke van de (onderwater)dam is afgenomen.
6. Het effect dat de half-open dam heeft op het slibgehalte in het water en de aanslibbing in de bodem zijn kleiner in vergelijking met de dichte dam.(figuur A10, A11, A12). De toename in slib ter plekke van de dam is waarschijnlijk een artefact (figuur A10).

### Conclusies

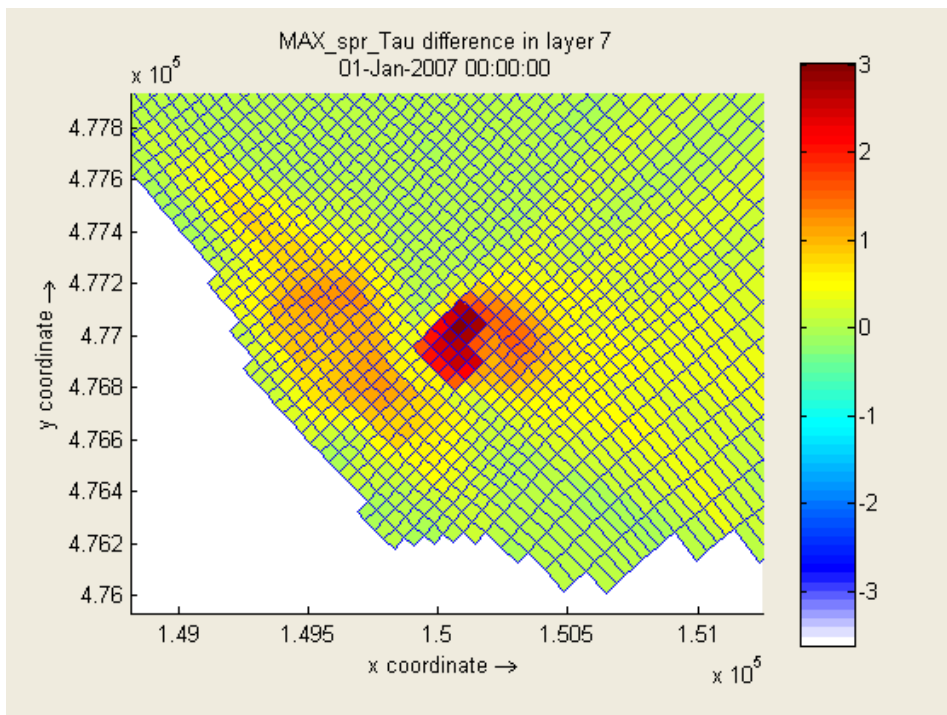
- De dichte luwtestructuur levert waarschijnlijk de voor het zaadbank experiment gewenste gradiënten aan de binnenzijde van de dam. Figuur A13 geeft in detail het verloop van de luwte (slibreductie) weer in relatie met de afstand tot de dam.
- De dichte dam verdient de voorkeur boven een half-open dam.
- Het gebruikte modelrooster is in feite te grof, lokale verfijning van het model ter plekke van de dam is nodig als b.v. modelresultaten te gebruiken bij het interpreteren van metingen aan de binnenzijde van de dam.



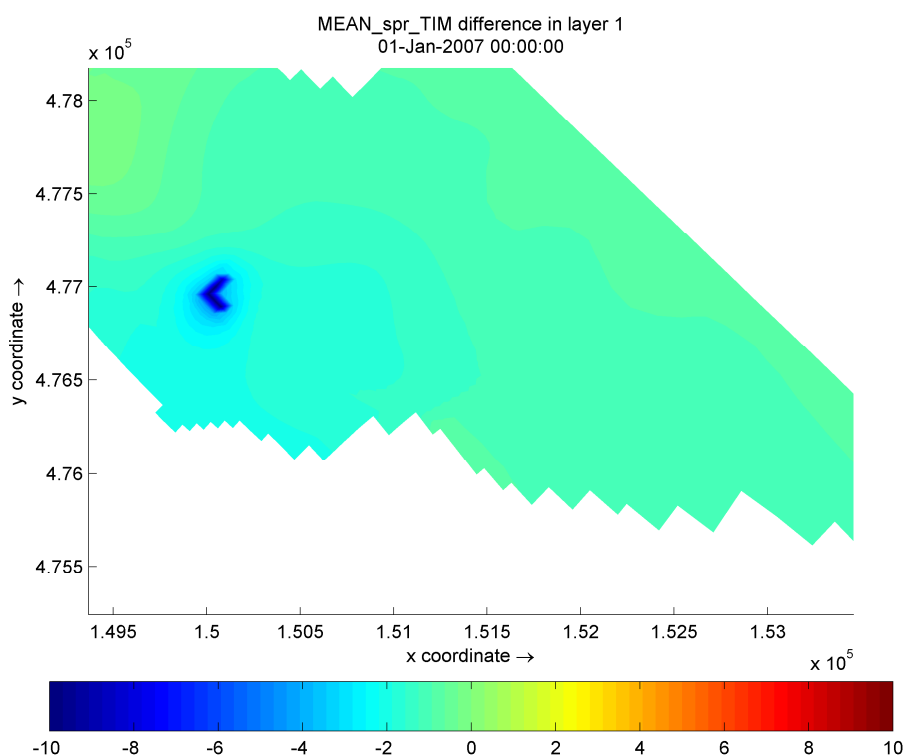
Figuur A.3 Afname overschrijdingsfrequentie (Autonoom – V70) als fractie van de tijd in het voorjaar (0-1) dat de bodemschuifspanning groter is dan  $0.1 \text{ N.m}^{-2}$



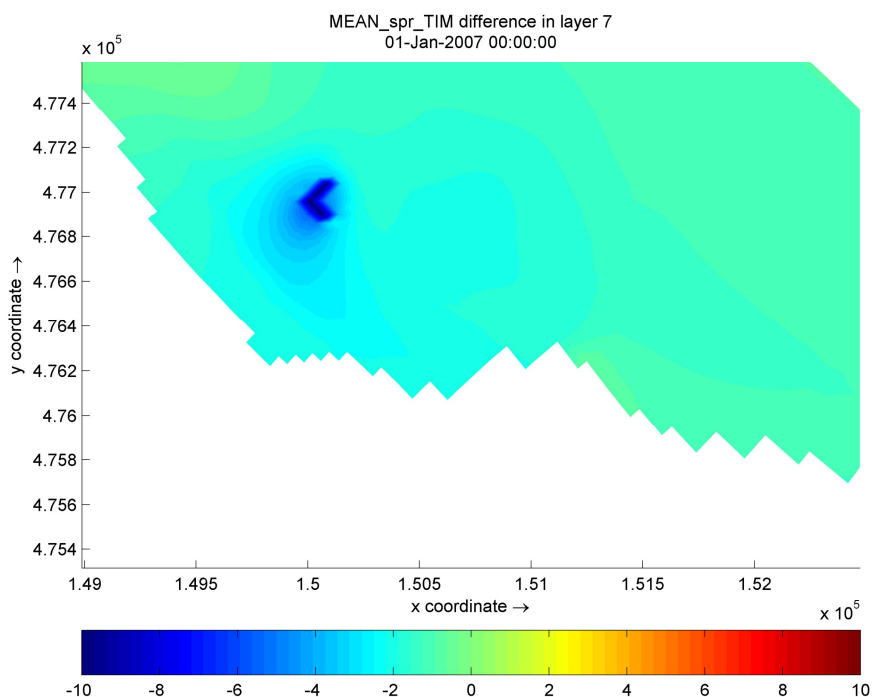
Figuur A.4 Afname overschrijdingsfrequentie (Autonoom – V70) als fractie van de tijd in het voorjaar (0-1) dat de bodemschuifspanning groter is dan  $0.05 \text{ N.m}^{-2}$



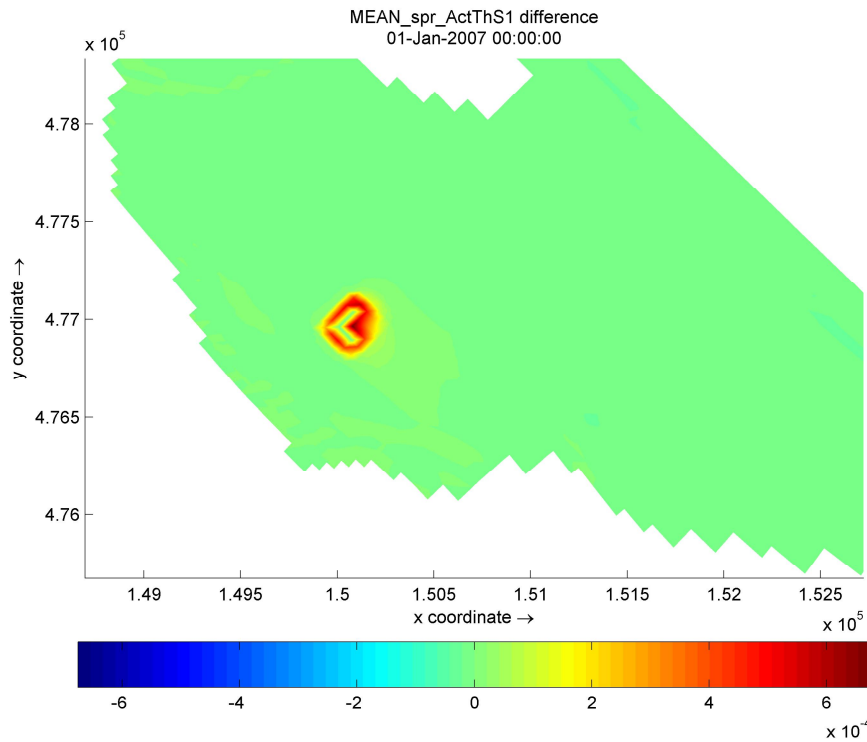
Figuur A.5 Afname (autonoom – v70) van de maximale bodemschuifspanning ( $\text{N.m}^{-2}$ ) in het voorjaar als gevolg van de dam.



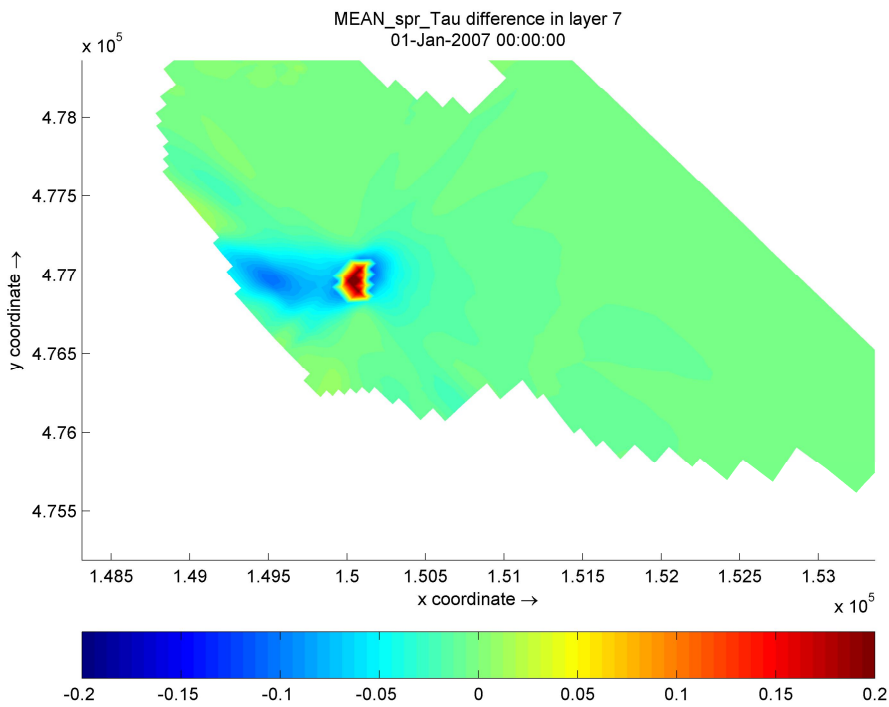
Figuur A.6 Verschil in slibgehalte in de toplaag (g.m-3) gemiddeld over het voorjaar als gevolg van de dichte luwtestructuur (V70-Aut).



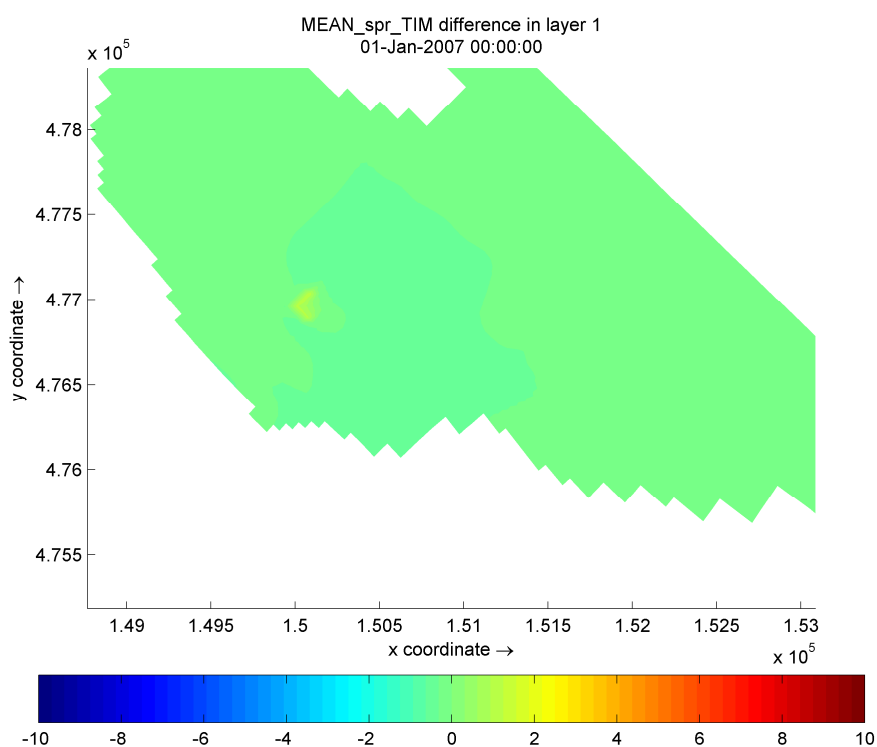
Figuur A.7 Verschil in slibgehalte in de onderse waterlaag (g.m-3) gemiddeld over het voorjaar als gevolg van de dichte luwtestructuur (V70-Aut).



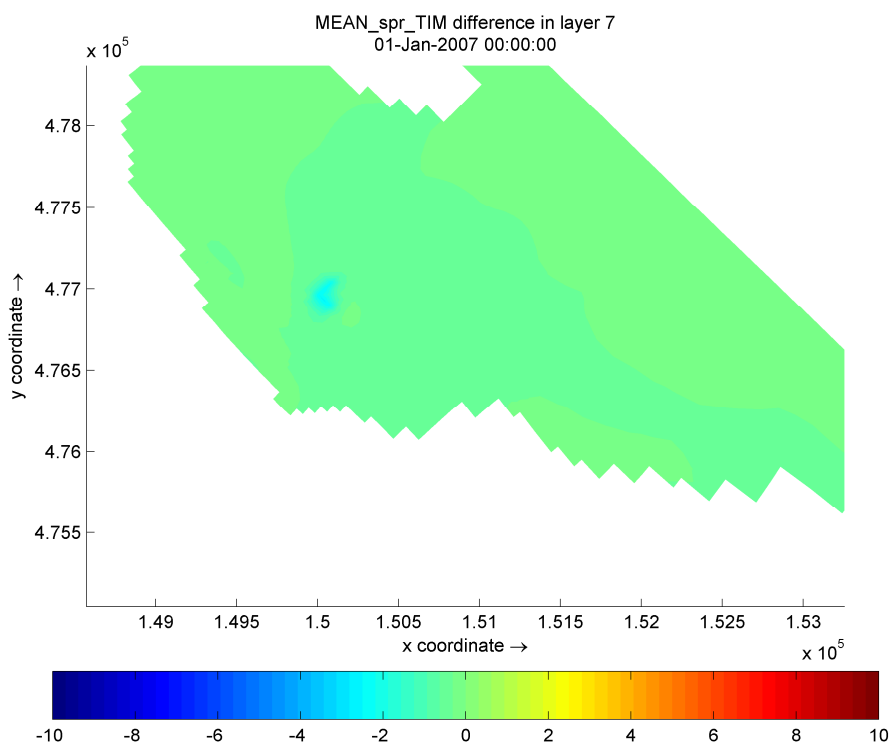
Figuur A.8 Verschil in aanslibbing ( $\times 0.1$  mm/seizoen) in de toplaag van de bodem gemiddeld voor het voorjaar als gevolg van de dichte luwtestructuur (V70-Aut).



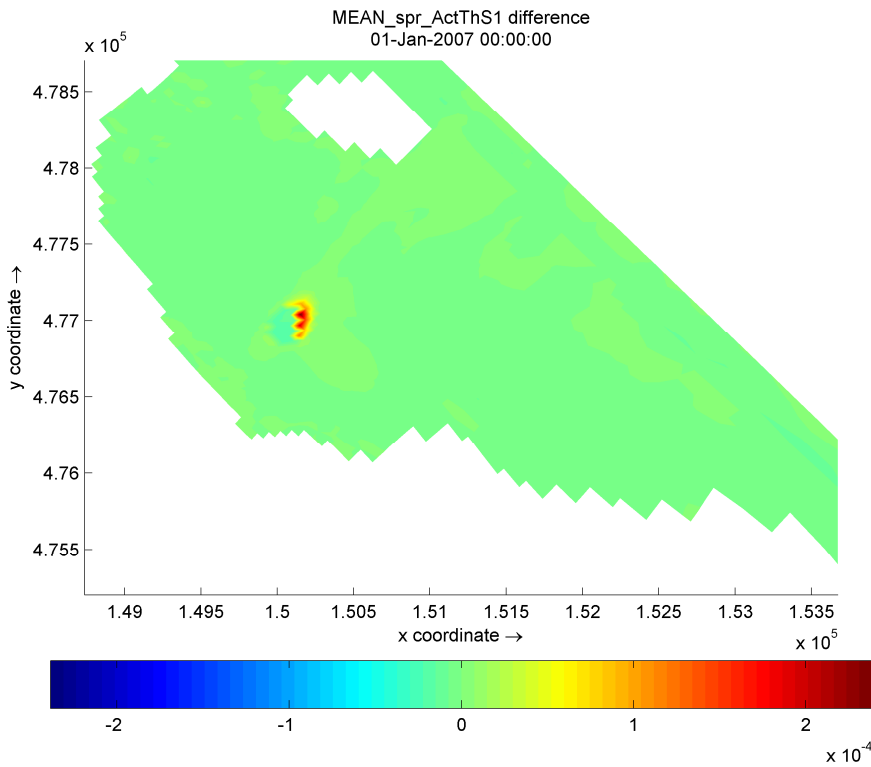
Figuur A.9 Verschil in bodemschuifspanning ( $N.m^{-2}$ ) als gevolg van de half-open luwtestructuur (V80-Aut).



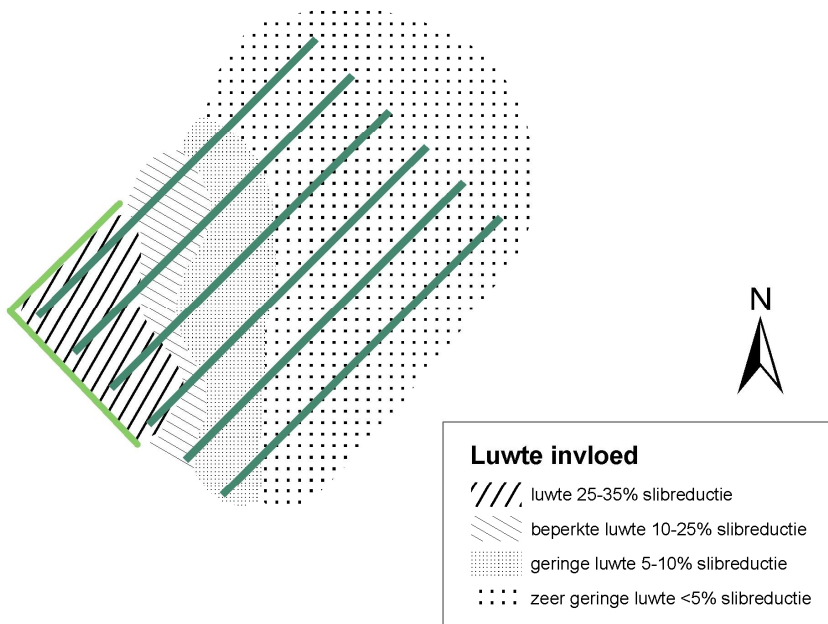
Figuur A.10. Verschil in slibgehalte in de toplaag (g.m-3) gemiddeld voor het voorjaar als gevolg van de half-open luwtestructuur (V80-Aut).



Figuur A.11. Verschil in slibgehalte in de onderste waterlaag (g.m-3) gemiddeld voor het voorjaar als gevolg van de half-open luwtestructuur (V80-Aut).



Figuur A.12. Verschil in aanslibbing (x 0.1 mm/seizoen) in de toplaag van de bodem gemiddeld voor het voorjaar als gevolg van de half-open luwtestructuur (V80-Aut).



Figuur A.13 Verloop van de slibreductie in relatie tot de afstand tot de luwte-dam.