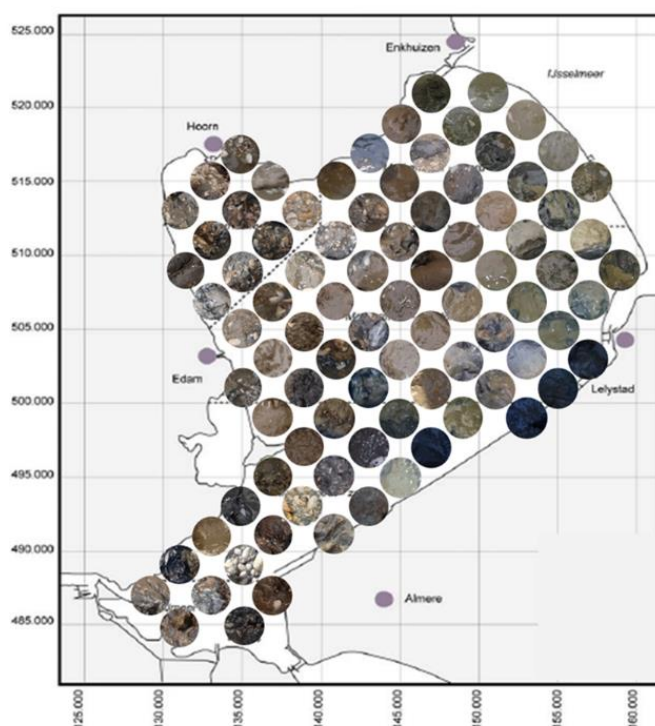


De bodemfauna van het Markermeer

Markermeer bodemfaunakartering 2016 en MWTL-analyse



M.C. van Riel, P.F.M. Verdonschot en D.D. Dekkers

Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

Februari 2018



Rijkswaterstaat



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Auteurs

M.C. van Riel, P.F.M. Verdonschot en D.D. Dekkers (*correspondentie: piet.verdonschot@wur.nl*)

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat, afdeling water, verkeer en leefomgeving (WVL)

Projectgroep

M.C. van Riel, P.F.M. Verdonschot, H. Keizer-Vlek, D.D. Dekkers, P. Janssen, D. Belgers, M.C. Boerwinkel, W. Dimmers, R. Kats

Begeleidingsgroep

Charlotte Schmidt, Arnold Veen, Myra Swarte, Wim Schouten en Bram Bij de Vaate

Wijze van citeren

van Riel M.C., Verdonschot P.F.M & Dekkers D.D. (2018) Markermeer bodemfaunakartering 2016 en MWTL-analyse MWTL data. Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 48 pp.

Trefwoorden

Macrofauna, Markermeer, MWTL, meetnet, ruimtelijke patronen, habitat karakterisering

Beeldmateriaal

ISBN: 978-94-6343-751-6

DOI: <https://doi.org/10.18174/442521>

Dit project is uitgevoerd in opdracht van RWS-WVL en het Ministerie van Economische Zaken

© 2018 Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research (Alterra)

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research

Wageningen, Februari 2018

Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	4
2 Materiaal en Methode	5
2.1 Veldwerkzaamheden	5
2.2 Dataverwerking	8
3 Resultaten en discussie	11
3.1 Welke gemeenschappen kunnen worden onderscheiden in de toplaag van de waterbodem van het Markermeer?	11
3.2 Welke ontwikkeling wordt gezien in de taxonomische macrofauna samenstelling vanaf 1992?	21
3.3 Welke langere termijn ontwikkelingen in macrofaunagemeenschappen zijn te onderscheiden vanaf 1992?	26
3.4 Kunnen de ruimtelijke patronen in macrofaunasamenstelling worden verklaard door omgevingskenmerken?	29
3.5 Wat is de invloed van omgevingskenmerken op de macrofaunasamenstelling over een langere periode?	33
3.6 Hoe belangrijk zijn de verschillende soorten/soortgroepen in het voedselweb?	35
3.7 Wat betekenen de ontwikkelingen in de macrofaunagemeenschappen in het Markermeer voor de draagkracht?'	37
4 Conclusies	39
Literatuur	41

Samenvatting

In oktober 2016 is een vlakdekkende macrofauna bemonstering uitgevoerd in het Markermeer. Deze bemonstering sluit aan bij de Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL)-bemonstering van Rijkswaterstaat (RWS) en maakt gebruik van de bemonsteringsmethode en -locaties van de driehoeksmossekartering van RWS. Op 88 macrofauna (MAC)-locaties zijn per locatie 5 replica's bemonsterd met een Van Veen bodemhapper en zijn bodemsubstraattype, watertemperatuur, geleidendheid, zuurstofconcentratie en doorzicht gemeten. De monsters zijn geconserveerd en een van de vijf replicaserieën (serie A) is gezeefd, uitgezocht en de macrofauna-individueën zijn op naam gebracht.

De macrofauna in het Markermeer bestaat vooral uit wormen. De soortensamenstelling van de wormen is divers. Het merendeel van de soorten betreft *Oligochaeta* die in de bodem leven, maar ook een predator (*Chaetogaster diaphanus*) en vrij zwemmende soorten (*Naididae*, *Stylaria lacustris*) zijn aangetroffen. Op een aantal plekken is de polychaete worm *Hypania invalida* dominant. De aantallen van andere taxonomische macrofaunagroepen was relatief laag. Dit zijn vooral chironomiden, crustaceeën, mollusken en watermijten. Langs de hele westkust komen vooral quaggamosselen (met name *Dreissena bugensis*) en gammariden voor. Ook komen exoten voor die eveneens in de grote rivieren talrijk zijn.

De analyses van macrofauna leveren een patroon van vier zones in het Markermeer op. Deze vier zones zijn gebaseerd op verschillen in macrofaunasamenstelling en -aantallen. Twee van deze zones worden ook door de gemeten milieuparameters ondersteund. De zones zijn: 1) een west en zuidelijke zone met, naast wormen, ook mijten, kreeftachtigen en vedermuggen (cluster 1), 2) een centrale en oostelijke zone met, naast wormen, veel andere soorten voor zoals mijten, kreeftachtigen, vedermuggen, slakken en tweekleppigen (cluster 4), 3) een noordoostelijke, zandige zone (langs de Houtribdijk) met een arme gemeenschap (cluster 2), 4) een zuidoostelijke met vooral wormen, mijten en rovende vedermuggen (cluster 3) en zone 5) een overgangszone tussen de gemeenschap in het westen en die in het centrale en oostelijke deel van het meer met relatief veel kreeftachtigen, tweekleppigen en slakken. De ruimtelijke verdeling van macrofaunagroepen of -clusters komt alleen voor twee wijdverspreide gemeenschappen overeen met de waargenomen milieu-omstandigheden. Dit zijn a) een ondieper habitat met een kleiige bodem en restanten van Zuiderzeeschelpen en klompjes *Dreissena*-mosselen, en hogere waarden voor doorzicht, lutum en zuurstofconcentraties en b) een dieper deel van het Markermeer met een bodem van klei en slib die weinig structuur biedt voor macrofauna. Het beschouwen van het Markermeer in de topografische deelgebieden; Markermeer Noord, -Midden en -Zuid, Hoornsche Hop, Gouwzee en IJmeer, past niet bij de ruimtelijke patronen van macrofauna, noch van milieu-omstandigheden.

De macrofaunagegevens uit de MWTL-dataset 1992-2014 (negen locaties) zijn gerelateerd aan fysisch-chemische parameters die beschikbaar waren in DONAR (vier locaties). Door verschillen in bemonsteringsmethoden en -locaties in de periode 1992-2004 is dit deel van de MWTL-gegevens te variabel om enige veranderingen in de tijd te onderscheiden. Vanaf 2007 is volgens een standaardmethode op negen vaste locaties voor MWTL bemonsterd. De macrofaunasamenstellingen en -dichtheden in deze periode vertoonden een variabel patroon. De MWTL-bemonstering is niet representatief voor de aanwezige macrofaunagemeenschappen zoals vastgesteld met de vlakdekkende monitoring. De gemeten milieuparameters sluiten onvoldoende aan bij relevante parameters voor de macrofauna.

De macrofauna speelt een belangrijke rol in het Markermeer en vormt een eigen macrofauna voedselweb binnen het grote voedselweb van het meer. Dit macrofauna voedselweb is gebaseerd op detritivoren en algen- en planteneters. Om het gehele voedselweb in het centrale en oostelijke deel van het meer verder te verbeteren is of meer structuur nodig, of verbetering van sommige milieu-omstandigheden (mogelijk zuurstof). Het wordt aanbevolen om in de toekomst in de MWTL-monitoring de replica's apart te verwerken en op te nemen in de dataset waardoor een statistische analyse mogelijk wordt. Daarnaast wordt aanbevolen de monitoringlocaties te verdelen over de 5 onderscheiden zones in het meer en het aantal monsterpunten per zone tot minimaal 3 maar bij voorkeur 5 (statistisch verantwoord) te verhogen. Ook verdient de bemonsteringsmethode aandacht waarbij de representativiteit nader onderzocht dient te worden.

1 Inleiding

Verschillende studies wijzen uit dat kennis van de bodemfauna in het Markermeer belangrijk is om de ecologische processen binnen het meer te begrijpen (Noordhuis 2000, 2001, 2010, RWS-RIJP 1982, Bij de Vaate & Jansen 2012, Brongers 2001). Zo speelt de bodemmacrofauna een belangrijke rol in voedselwebben en oxidatieprocessen in de bodem. Het is echter onduidelijk welke soorten waar in het meer voorkomen en in welke dichtheid, en wat dit betekent voor hun rollen in het voedselweb. Op basis van sediment, morfologische kenmerken en vegetatie worden in het Markermeer verschillende deelgebieden onderscheiden; IJmeer, Hoornsche Hop, Enkhuizerzand en de rest van het Markermeer. Het is niet bekend in hoeverre de bodemfauna in deze gebieden verschilt dan wel overeenkomt. Sinds 1992 monitort Rijkswaterstaat (RWS) de macrofauna in het Markermeer in het kader van de MWTL-monitoring (i.e. Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands). Voor het najaar van 2016 stonden bij Rijkswaterstaat voor het Markermeer twee macrofaunabemonsteringen gepland: een vlakdekkende *Dreissena* kartering op in totaal 88 locaties (Figuur 1), en een MWTL-macrofaunabemonstering op 9 profundale locaties en 6 litorale locaties (Figuur 2).

Met de toenemende aandacht voor het implementeren van maatregelen om de ecologische kwaliteit van het meer te verbeteren, waaronder de aanleg van extra land-watergradiënten in de vorm van de Marker Waddeneilanden, groeit ook de wens om voedselweb processen in kaart te brengen en de ecologische processen in het meer te begrijpen. Kennis van de bodemfauna is een belangrijke schakel om de draagkracht van het Markermeer als voedselbron voor vogels en vissen in beeld te krijgen en om zicht te krijgen op mogelijke maatregelen ter verbetering van de voedselbeschikbaarheid. Het is van belang om inzicht te krijgen in hoe divers het macrofaunabestand in en op de bodem van het meer is en hoe soorten over het meer verdeeld zijn. Hiervoor is het essentieel om de soortensamenstellingen en dichtheden vlakdekkend over het meer in kaart te brengen. Vanuit de Natura 2000 wetgeving onderschrijft het Ministerie van Economische Zaken dit belang.

Kartering kan meer duidelijkheid geven over het bestaan van ruimtelijke patronen van de biologie in het meer. Hiervoor is een bemonstering met voldoende punten in ieder van de deelgebieden noodzakelijk. Om tegemoet te komen aan de wens om een vlakdekkend patroon voor macrofauna in het Markermeer te kunnen identificeren, is besloten om in 2016 aanvullend aan de geplande MWTL-metingen een volledige macrofaunakartering uit te voeren op hetzelfde raster als gebruikt wordt voor de zes jaarlijkse vlakdekkende driehoeksmosselkartering, welke bestaat uit 88 locaties. Bij de vlakdekkende macrofauna bemonstering van 2016 is zoveel mogelijk aangesloten op de reeds geplande *Dreissena* kartering en MWTL-bemonstering voor profundale macrofauna (9 locaties). Daarvoor is verkend in hoeverre de methoden en monsterpunten van eerdere mosselkarteringen toegepast kunnen worden voor de monitoring van de bodemfauna.

Het doel van dit project is het in beeld brengen van de verspreiding en de aantallen individuen van de (profundale) bodemfauna van het Markermeer om uitspraken te kunnen doen over de basis van het voedselweb en de draagkracht voor vissen en vogels. Deze studie wordt uitgevoerd om de volgende vragen te beantwoorden:

- Welke macrofaunagemeenschappen kunnen worden onderscheiden in de toplaag van de waterbodem van het Markermeer? (§ 3.1)
- Welke ontwikkeling wordt gezien in de bodem macrofauna-opnames vanaf 1992? (§ 3.2 en § 3.3)
- Kunnen deze macrofaunagemeenschappen worden verklaard uit de bodemsamenstelling en/of andere omgevingskenmerken? (§ 3.4 en § 3.5)
- Hoe belangrijk zijn de verschillende macrofaunasoorten/-soortgroepen voor het voedselweb in het Markermeer? (§ 3.6)
- Wat betekenen die ontwikkelingen voor de ontwikkeling van de draagkracht? (§ 3.7)

2 Materiaal en Methode

2.1 Veldwerkzaamheden

De bemonstering van de bodemmacrofauna sluit aan op de methode gebruikt voor de *Dreissena* monitoring (Bij de Vaate & Jansen, 2012). De monsters zijn genomen met behulp van een Van Veen bodemhapper (bemonsteringsoppervlak 460 cm²) op de voor de *Dreissena* kartering geselecteerde 88 MAC(macrofauna)-locaties (Figuur 1a), die in een raster van 2x2 km verspreid over het Markermeer liggen. Met de Van Veen bodemhapper is de bovenste laag van een vastgesteld bodemoppervlak bemonsterd en worden dichtheden van bodemfauna per oppervlakte-eenheid vastgesteld. Indien een hap niet optimaal genomen was, is een nieuwe hap genomen. Dit kan het geval zijn bij onvoldoende sluiten van de happer, een scheve hap of wanneer de bodem zo zacht is dat een deel van het monster uit de happer verloren gaat en er te weinig sediment in de happer achterblijft.

Per MAC-locatie zijn 5 deelmonsters genomen verspreid over een cirkel van 100 m rondom de MAC-locatie. Het bodemmacrofauna monster van ieder deelmonster is uitgespoeld boven een zeef met een maaswijdte van 500 µm. De uitgespoelde macrofauna is in monsterpotjes met formaldehyde (4%) geconserveerd. De monsters zijn aan boord opgeslagen in afgesloten emmers en naar het laboratorium van Wageningen Environmental Research (WEnR) getransporteerd, waar de monsters uitgezocht en gedetermineerd zijn. Hierbij is het kwaliteitssysteem van WEnR gevolgd. De determinatiegegevens zijn volgens de TWN (Taxa Waterbeheer Nederland) systematiek gerapporteerd. Juveniele individuen waarvan de determinatiekenmerken nog niet ontwikkeld zijn, zijn tot op genus of hoger taxon benoemd. In 2016 zijn de monsters verzameld en is van iedere locatie één replica (serie A) gedetermineerd. In de komende jaren zal verder gegaan worden met het uitzoeken en determineren van de overige vier series (B t/m E).

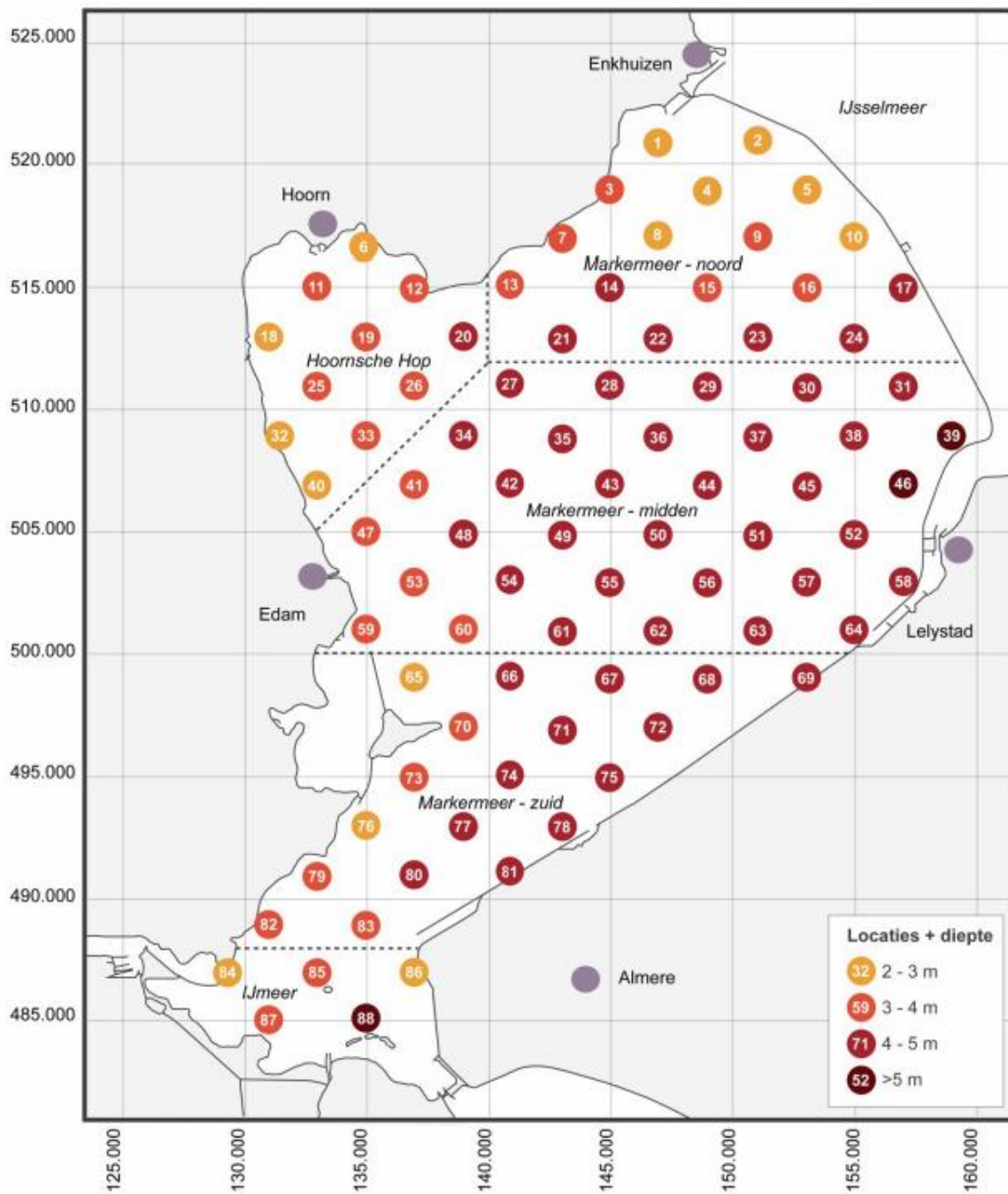
Van iedere MAC-locatie is uit een van de vijf bodemmacrofauna monsters een vast volume (100 ml) materiaal bemonsterd en ingevroren (-20°C) voor een eventuele latere meio- en microfaunabepaling. Deze meio-/microfaunabepaling zal voor een paar locaties die representatief blijken voor een bepaald habitatype van het Markermeer, in een later stadium uitgevoerd worden en is niet in dit projectplan opgenomen.

Van het genus *Dreissena* zijn tijdens de vlakdekkende monitoring de totale biovolumes bepaald. Deze biovolumes zijn omgezet in aantallen per monster op basis van de beschreven relatie tussen biovolume, populatie-opbouw (lengteklassen) en schelpenlengte (Bij de Vaate en Jansen 2011, figuur 6).

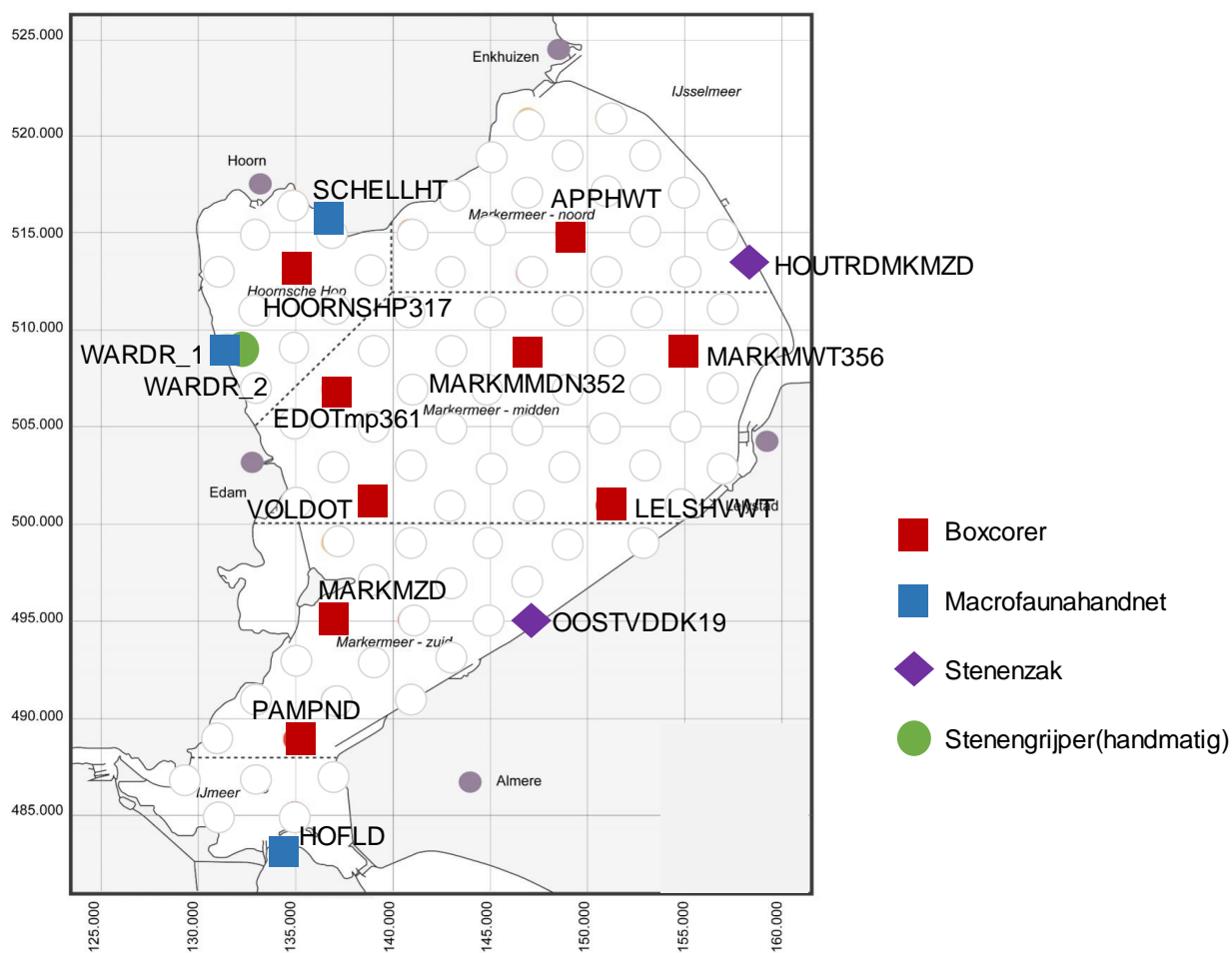
Tijdens de bodemmacrofauna kartering is informatie over de milieucondities op iedere monsterplek genoteerd, namelijk: coördinaten, datum, watertemperatuur, geleidendheid, zuurstofgehalte, doorzicht, bemonsteringsoppervlak, waterdiepte, substraat/habitatype en relevante observaties/opmerkingen. De abiotische parameters zijn tijdens de bemonstering ter plekke voor iedere locatie gemeten in de waterlaag op 1 m diepte. Watertemperatuur, zuurstofgehalte en geleidendheid zijn gemeten in een watermonster genomen op 1 m diepte m.b.v. een waterhapper. Het substraattype is bepaald aan de hand van de samenstelling van het materiaal in 5 bodemhappen.

De reguliere MWTL-monitoring van RWS is uitgevoerd met een box-corer. Het is logistiek lastig en budgettair gezien relatief kostbaar om dit bemonsteringsapparaat te gebruiken voor het uitvoeren van een vlakdekkende kartering. Daarom is gekozen voor een Van Veen bodemhapper. Om te bepalen in hoeverre de resultaten onderling vergeleken kunnen worden, zijn de Van Veen bodemhapper- en box-corer bemonsteringen op de 9 overeenkomende locaties in dezelfde tijdsperiode uitgevoerd. Daarnaast kan de variatie tussen individuele Van Veen bodemhapper monsters bepaald worden wanneer alle replica's gedetermineerd zijn. Met de resultaten kunnen uiteindelijk beide werkwijzen aan elkaar worden gekoppeld. Hiermee verwachten we de MWTL-monitoring te kunnen vertalen naar de kartering of omgekeerd. Op dit moment zijn de resultaten van de box-corer bemonstering van 2016 nog niet bij ons bekend. De methodische vergelijking zal daarom in een later stadium plaatsvinden.

Een overzicht van de MWTL-locaties, en het aantal monsternames per jaar, die per jaar zijn meegenomen in dit onderzoek is gegeven in tabel 1.



Figuur 1A: MWTL-bemonsteringslocaties van de 6-jaarlijkse mosselkartering (Bij de Vaate & Jansen 2012, 2016).



Figuur 1B: De vijftien MWTL locaties met de vier macrofauna bemonsteringsmethoden in het Markermeer. Voor de coördinaten van de locaties en overige informatie zie Bijlage 2.

Tabel 1: Overzicht van de bemonsterde MWTL-locaties per jaar met het aantal herhalingsmonsters.

Jaar	Aantal malen bemonsterd per jaar	Locatie									
		11	32	41	46	54	82	88			
1992	2x	11	32	41	46	54	82	88			
1996	1x	11	13	32 (2x)	36	41	45	88			
2000	1x	11	13	32	41	45	88				
2004	1x	10	11	13	32	41	54	88			
2007	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	
2008	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	
2009	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	
2010	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	
2011	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	
2012	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	
2013	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	
2014	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	
2015	1x	15	19	36	38	41	60	63	73	83	

2.2 Dataverwerking

Bemonstering 2016

De vlakdekkende bemonstering van 2016 biedt de mogelijkheid om ruimtelijke patronen in soortensamenstelling en habitatdiversiteit te onderzoeken. Deze eenmalige vlakdekkende bemonstering was een extra inspanning als aanvulling op de gestandaardiseerde *Dreissena* bemonstering om inzicht te krijgen in het voorkomen van bodemfauna naast *Dreissena*.

Van de resultaten van de bemonstering zijn *verspreidingskaartjes* gemaakt die aantallen en soortensamenstelling op de verschillende monsterpunten laten zien. Omdat veel soorten slechts sporadisch voorkomen, zijn soorten in de diversiteitsfiguren gegroepeerd tot genus, familie of orde.

Overeenkomsten in soortensamenstellingen tussen de locaties zijn onderzocht door middel van clusteranalyses uitgevoerd in het softwarepakket CANOCO 5.0 (Ter Braak en Smilauer 2012). Voor de CANOCO-analyse is gebruik gemaakt van een dataset van tot op soort gedetermineerde data. Een Canonische Correspondentie Analyse (CCA) is uitgevoerd met in het veld gemeten milieuv variabelen om te testen of eventuele verschillen in soortensamenstelling verklaard kunnen worden door fysisch-chemische parameters. De fysisch-chemische parameters uit het meetnet van RWS zijn gemiddelde waarden van 4 locaties in het meer, en daardoor niet geschikt om ruimtelijke patronen in milieuv variabelen op de schaal van MAC-locaties te analyseren. Het voorkomen van levende *Dreissena* schelpen is als milieuparameter meegenomen in de analyse, omdat de structuur van mosselklompjes een aantrekkelijk habitat vormt voor macrofaunasoorten die van structuur afhankelijk zijn, zoals crustaceeën. De parameter %-lutum is gemeten tijdens de driehoeksmosselbemonstering een week eerder (Bij de Vaate en Jansen, 2016). Het eindresultaat is een ruimtelijke typering van habitat en macrofauna in het Markermeer voor het najaar van 2016 (Markermeer habitattypologie).

Omdat replica's nog ontbreken, is geen *statistische analyse* uitgevoerd. Als in de toekomst de overige vier series verwerkt zijn, zullen de resultaten verfijnd kunnen worden en kan een uitspraak gedaan worden over de betrouwbaarheid van de patronen.

Analyse MWTL macrofauna gegevensdata

Van de historische gegevens (bestaande MWTL-macrofaunagegevens uit 1992, 1996, 2000, 2004, 2007-2014) is het verloop van aantallen en diversiteit in kaart gebracht, en is een ordinatie op basis van soortensamenstelling uitgevoerd (Detrended Correspondence Analysis (DCA), CANOCO 5.0). Voor de MWTL-analyse zijn milieuv variabelen niet op een dergelijke lokale schaal beschikbaar. Er is voor de MWTL-analyse een dataset samengesteld voor milieuv variabelen. Als basis zijn meetgegevens van Rijkswaterstaat gebruikt uit de DONAR-database. De meeste van de beschikbare milieuv variabelen worden maandelijks gemeten en zijn beschikbaar voor de locaties Markermeer Midden, Hoornsche Hop en Markermeer Houtribdijk. De volgende parameters zijn opgenomen in de abiotische dataset: pH, pH max, Pt, PO₄, T, Cl en de seizoensgemiddelden (met april-september als zomerseizoen en oktober-maart als winterseizoen) voor watertemperatuur, doorzicht, chlorofyl-a concentraties, O₂ (in mg/l en %), debiet. Voor waterpeil, zwevend stof en watertemperatuur zijn seizoensgemiddelden, -minima en -maxima opgenomen. Ontbrekende gegevens (NO₃, NO₂, NH₄, PO₄) zijn aangevuld met metingen uit Markermeer Midden.

Waar de vlakdekkende monitoring zeer geschikt is om ruimtelijke patronen in beeld te brengen, leent de historische dataset zich beter voor het onderzoeken van ontwikkelingen in de tijd. Met het uitvoeren van een CCA (CANOCO 5.0) is de biologische dataset (MWTL-macrofaunadataset RWS-WVL) aan de historische DONAR-dataset met milieuv variabelen gerelateerd en wordt inzicht verkregen in de biologische ontwikkeling en de mogelijk verklarende wijzigingen in milieuumstandigheden. Er is in het verleden op veel locaties bemonsterd, maar deze locaties zijn niet met regelmaat bezocht en ook de bemonsteringsmethoden verschillen tussen de jaren. Dit zorgt voor dusdanig grote verschillen in de dataset dat het moeilijk is om de monsters van 1992 tot 2007 te vergelijken met elkaar of met de monsters van de vanaf 2007 gestandaardiseerde MWTL-bemonstering.

Multivariate analyses

Voor zowel de vlakdekkende meting in 2016 als de MWTL-dataset is de macrofaunasamenstelling met behulp van multivariate analyses geanalyseerd op patronen. Onderstaande tekst legt uit welke methoden hiervoor gebruikt zijn en wat ermee beoogd wordt. Om zoveel mogelijk informatie in de datasets te behouden en taxonomische niveaus binnen de hogere taxonomische eenheden vergelijkbaar te houden, zijn de datasets gestandaardiseerd naar voornamelijk genusniveau. De keuzen die voor deze afstemming gemaakt zijn, zijn weergegeven in bijlage 1. In gevallen van hoge aantallen juvenielen in combinatie met

voldoende hoge aantallen adulten is vaak gekozen om het soortniveau mee te nemen in de clustering. Indien een soort slechts sporadisch voorkomt en het genus veel vaker, is gekozen om het taxon op genusniveau samen te voegen. Genusinformatie is nooit getransformeerd tot soortniveau.

Clusteranalyse

Een clusteranalyse is uitgevoerd om de mate van overeenkomst tussen de locaties te onderzoeken op basis van macrofauna voorkomen. Een clusteranalyse geeft ook aan welke soorten vaker samen voorkomen en vormt een beeld van de gemeenschappen die voor (delen van) het Markermeer karakteristiek zijn. Clustering heeft tot doel het indelen van monsters in verschillende groepen (clusters). Clusters bestaan uit monsters met een onderling vergelijkbare taxonsamenstelling. De clustering is uitgevoerd met het programma FLEXCLUS versie 5.0 (Van Tongeren, 1986). Het programma vergelijkt in hoeverre monsters, wat betreft taxonsamenstelling (taxa en aantallen), onderling overeenkomen. De monsters die op elkaar lijken worden in één cluster geplaatst. Het aantal resulterende clusters hangt af van de in het programma gekozen grenswaarde (threshold). Deze waarde geeft aan tot aan welke mate van dissimilariteit monsters nog worden afgesplitst.

Ten behoeve van clustering van macrofaunabestanden is FLEXCLUS uitgevoerd op basis van de Sorensen similariteitsratio. De clusteringsstrategie bestaat uit een initiële, niet-hiërarchische clustering op basis van een monster-bij-monster similariteitsmatrix. Tijdens deze initiële clustering worden monsters gefuseerd met behulp van een 'single linkage' techniek. De fusies worden gestopt indien twee monsters minder op elkaar lijken dan de opgegeven minimale grenswaarde (threshold). De initiële clustering wordt vervolgens geoptimaliseerd met behulp van 'relocative centroid sorting'. Tijdens deze berekening worden grote of heterogene clusters gesplitst en worden kleine of onderling gelijkende clusters samengevoegd. Hierop volgt een herplaatsing van monsters (relocation). Tijdens de relocatie wordt ieder monster vergeleken met ieder cluster. Indien een monster meer lijkt op (similariteit >0.7) een ander cluster dan waartoe het behoort, dan wordt dit monster in dit andere cluster geplaatst. Voordat een monster vergeleken wordt met het eigen cluster, wordt het monster uit het cluster verwijderd en wordt een nieuwe centroïde berekend. Daarna vindt pas de vergelijking plaats. Hiermee wordt voorkomen dat het monster invloed uitoefent op de vergelijking. De belangrijkste gekozen opties tijdens een FLEXCLUS-run zijn:

- Downweighting of rare species = Het ten behoeve van de analyse toekennen van een lager gewicht aan een meer zeldzame (lager frequente) soort in het gegevensbestand.
- Analyse op basis van de Similarity ratio = Similariteitsindex.
- Initial clustering by program = De initiële clustering wordt middels een single linkage techniek door het programma zelf uitgevoerd.
- Relocation = Het herplaatsen van monsters.

Het programma resulteert in een clustertabel. FLEXCLUS genereert een soort-monster tabel. In deze tabel worden de meest gelijkende monster naast elkaar geplaatst (polar ordination) en worden de monsters van een cluster gegroepeerd. De volgorde van de clusters in de tabel wordt berekend met behulp van gewogen middelen (reciprocal averaging). De taxa worden gerangschikt naar frequentie van voorkomen in een cluster en wel in de volgende categorieën: negatieve indicatoren, hoog-frequente taxa, matig-frequente taxa en laag-frequente taxa.

Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS)

Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) is een ordinatie methode die geschikt is voor gegevens die niet normaal verdeeld zijn of op willekeurige, discontinue of anderszins onevenwichtig geschaald zijn. NMDS is over het algemeen een van de meest geschikte ordinatie methoden om gemeenschapsdata te analyseren. NMDS is een ordeningstechniek die op verschillende manieren verschilt van bijna alle andere ordinatietechnieken. In de meeste ordinatietechnieken worden veel assen berekend, maar daarvan wordt er slechts een beperkt aantal gebruikt, mede door grafische beperkingen. In NMDS wordt een klein aantal assen expliciet voor de analyse gekozen op basis van de data, er zijn dus geen verborgen assen van variatie. Ten tweede zijn de meeste andere ordinatietechnieken analytisch en resulteren derhalve in een unieke oplossing voor een set van gegevens. NMDS is daarentegen een numerieke techniek die iteratief een oplossing zoekt en de berekeningen stopt wanneer een aanvaardbare oplossing is gevonden, of stopt na een vooraf bepaalde voorwaarde van het aantal pogingen om tot een oplossing te komen. Ten derde is NMDS geen eigenwaarde-eigenvector techniek, zoals bijvoorbeeld in correspondentie analyse die de gegevens zodanig ordent dat as 1 de grootste hoeveelheid variantie verklaart, as 2 verklaart het volgende grootst hoeveelheid variantie, enz. Als gevolg hiervan kan een NMDS-ordinatie worden omgekeerd of gecentreerd in elke gewenste gepaste configuratie.

In tegenstelling tot andere ordinatietechnieken maakt NMDS weinig aannames over de aard van de gegevens. Zo veronderstelt PCA lineaire relaties tussen de belangrijkste componenten en DCA gaat uit van modale relaties. NMDS maakt geen van deze aannames en is daarom geschikt voor het analyseren van

een breed scala aan gegevensbestanden. Het NMDS model is uitgevoerd op basis van Bray-Curtis similariteit met het programma PCORD 4.25 (MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA (Peck 2010).

Ordinatie technieken

Een Principal Components Analysis (PCA) is een lineaire ordinatietechniek waarmee de samenstelling van monsters, in dit geval macrofauna of milieufactoren, worden geprojecteerd op theoretische gradiënten, de assen. Een (Detrended) Canonical Correspondence Analysis ((D)CCA) is een unimodale ordinatietechniek waarmee de samenstelling van monsters, in dit geval macrofauna en of milieufactoren, worden geprojecteerd op theoretische gradiënten, de assen.

In beide technieken worden de verschillende milieufactoren aangegeven met pijlen. De pijlen wijzen in de richting van de grootste toename van de desbetreffende factor. Eventuele supplementaire milieufactoren kunnen achteraf in het diagram worden geprojecteerd en hebben dus geen invloed op de positie van de pijlen ten opzichte van de ordinatie-assen. De positie van de supplementaire variabelen wordt gebaseerd op het verband dat deze hebben met de op basis van de data gegenereerde assen. De correlatie tussen de assen en de supplementaire factoren kunnen worden afgeleid door de pijlpunt van de supplementaire variabele te projecteren op de assen, of in het geval van nominale variabelen de positie van het projectiepunt ten opzichte van de assen te bekijken.

Interpretatie van ordinatie- en NMDS diagrammen

De resultaten van de gebruikte ordinatietechnieken (CCA, DCA en PCA) kunnen in figuren weergegeven worden waarin de samenstelling van monsters, in dit geval macrofaunasamenstellingen of milieuv variabelen, worden geprojecteerd op theoretische gradiënten, de assen. Macrofaunasamenstellingen van monsters worden aangegeven met stippen. Milieuv variabelen worden aangegeven door pijlen, waarbij de pijl in de richting van de hoogste waarden voor de betreffende milieuv variabele wijst. De hoek tussen de pijlen en assen geeft de correlatie weer, deze is positief wanneer de hoek klein is, ontbreekt wanneer de hoek 90 graden is en negatief wanneer deze groter dan 90 graden is. De lengte van de pijlen, en posities van de stippen, geven de uitkomst van de verschillende correlaties van de variabelen met de ordinatie-assen weer, de zogenoemde fit. De correlaties tussen de macrofaunasamenstellingen van samples of jaren kunnen worden bepaald door de punten van de sites te projecteren op de lijn van de pijl. Komt deze projectie op het nulpunt uit, dan is er geen correlatie.

Interpretatie van ordinatie outputparameters

De belangrijkste parameters bij ordinatie zijn:

- Het percentage verklaarde variantie (percentage variance explained): de maat voor de hoeveelheid variatie in het totale bestand die per afzonderlijke as door de milieuv variabelen wordt verklaard
- De eigenwaarde (eigenvalue): de maat voor de totale verschuivingen in soortensamenstelling (de heterogeniteit) oftewel de β -diversiteit. Het geeft de mate van verschillen in diversiteit tussen de monsters onderling weer. Een lage eigenwaarde betekent een geringe variatie in het soortenbestand en vaak een korte milieugradiënt. Een hoge eigenwaarde duidt op een grote verschuiving in soorten tussen de monsters. De eigenwaarde van de afzonderlijke assen is een maat voor hun relatieve belang en ligt altijd tussen 0 en 1.
- Het cumulatieve percentage verklaarde variantie (cumulative percentage variance): de maat voor de hoeveelheid variatie in het totale gegevensbestand dat door de respectievelijke assen wordt verklaard
- De som van alle canonische eigenwaarden (sum of all canonical eigenvalues): een relatieve maat voor het totaal aan verklaarde variantie.
- De inflation factor: een maat voor de onderlinge correlatie tussen de milieuv variabelen. Vaak wordt een milieuv variabele verwijderd indien de inflation factor groter dan 20 is.
- De som van alle 'unconstrained eigenvalues' (total inertia): de som van alle eigenwaarden van de totale analyse.

3 Resultaten en discussie

In dit hoofdstuk worden de vooraf door RWS gestelde vragen doorlopen, wordt de aanpak om te komen tot het antwoord uitgelegd en worden de resultaten gepresenteerd en bediscussieerd.

3.1 Welke gemeenschappen kunnen worden onderscheiden in de toplaag van de waterbodem van het Markermeer?

Aanpak

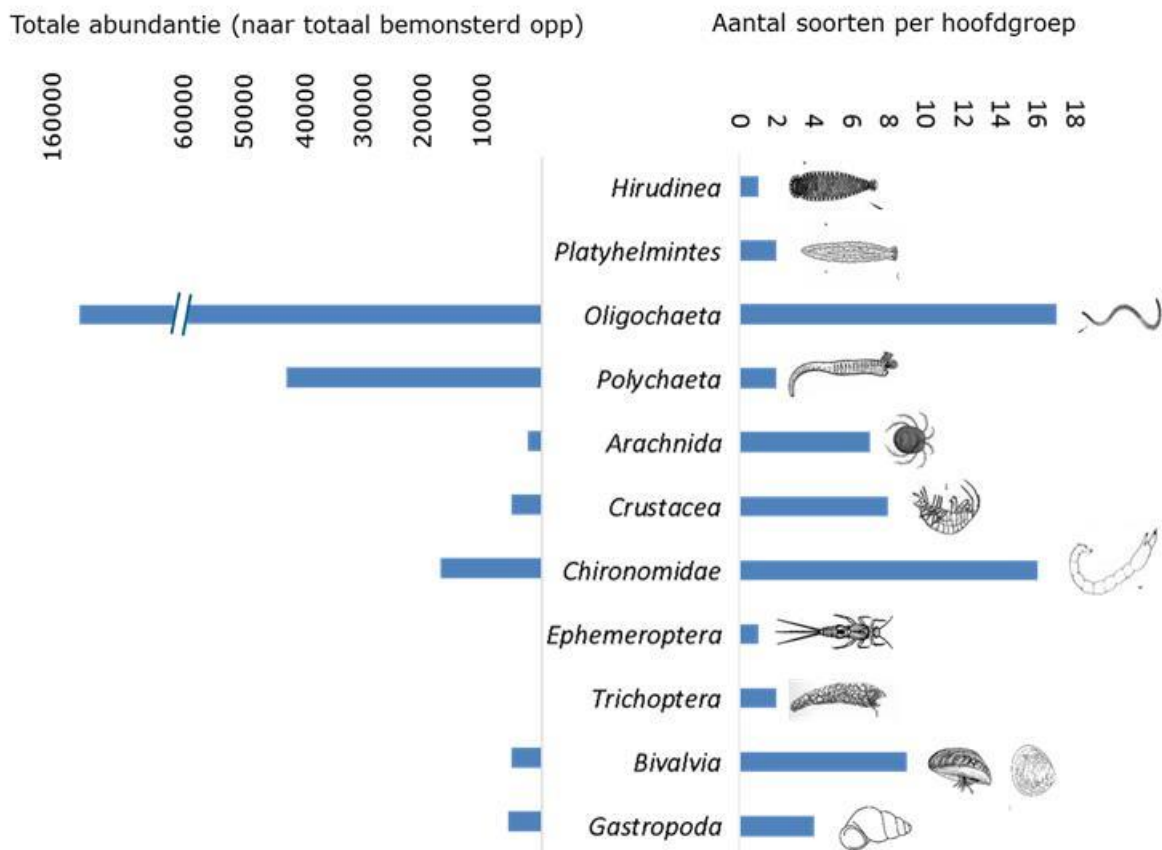
Op basis van de resultaten van de macrofaunabemonstering op de 88 MAC-locaties, serie A, is de waargenomen bodemmacrofauna gemeenschap in het Markermeer beschreven. Deze beschrijving is gebaseerd op de in de monsters aanwezige soorten en hun aantallen. De tellingen in de monsters zijn gestandaardiseerd naar aantallen per 0,3 m² (vergelijk oppervlak box-corer). Om de bodemmacrofauna gemeenschap te karakteriseren en onderscheiden is een ruimtelijke patroon gemaakt van de soortensamenstellingen en aantallen van macrofauna op de verschillende bemonsterde MAC-locaties in het Markermeer. Dit ruimtelijk patroon is vervolgens uitgebreid met een clusteranalyse om te onderzoeken hoe de macrofaunasamenstelling tussen de bemonsterde locaties verschilt. De methode die gebruikt is voor het uitvoeren van de clusteranalyse, inclusief een leeswijzer voor de interpretatie van de resultaten staan meer gedetailleerd beschreven in paragraaf 2.2 van dit rapport.

Resultaten

Bij de macrofaunabemonstering van 2016 zijn **in totaal 69 soorten** waargenomen. Ter vergelijking in MWTL zijn vanaf 1996 tot nu 84 soorten verzameld. Deze soorten zijn onder te verdelen in 11 hoofdgroepen (Figuur 2). *Oligochaeta* en *Chironomidae* zijn het meest soortenrijk, *Ephemeroptera*, *Plecoptera* en *Trichoptera* soorten (EPT-taxa) komen nauwelijks in/op de Markermeerbodem voor. Naast *Dreissena polymorpha* en *Dreissena bugensis*, komen nog 7 andere *Bivalvia* (tweekleppingen) soorten voor, dit zijn vooral *Pisidium* (erwtmosselen) soorten. De gevonden *Crustacea* behoren voornamelijk tot de *Amphipoda* en bestaan uit *Chelicorophium*, *Dikerogammarus* en *Gammarus* soorten. Overige aangetroffen *Crustacea* zijn *Jaera istri*, *Cyathura carinata* en *Limnomysis benedeni*.

De bodemmacrofauna gemeenschap van het Markermeer bestaat vooral uit hoge aantallen wormen behorende tot de *Oligochaeta* en *Polychaeta* (*Hypania invalida*).

In het Markermeer komen veel van origine Ponto-Kaspische soorten voor die het meer via het Donau- en Rijn stroomgebied hebben kunnen bereiken. Ponto-Kaspische *Amphipoda*, *Hypania invalida*, *Jaera istri* en *Limnomysis benedeni* zijn op verschillende locaties in relatief grote dichtheden aangetroffen. De aangetroffen *Chironomidae* zijn algemeen voorkomende soorten. De soort *Chironomus plumosus* is alleen in het diepere deel van het IJmeer aangetroffen.



Figuur 2: Totale aantallen (links) en aantal soorten per hoofdgroep (rechts) aangetroffen in het Markermeer gebaseerd op alle monsters.

Op basis van de totale aantallen en de soortendiversiteit van de bodemfauna in het Markermeer zijn **ruimtelijke patronen** onderscheiden. Zowel de aantallen als de diversiteit van bodemmacrofauna zijn hoger in het westelijke deel dan in het midden en oosten van het meer (Figuur 3). Op het zandige noordelijke deel langs de Houtribdijk komt slechts weinig bodemfauna voor.

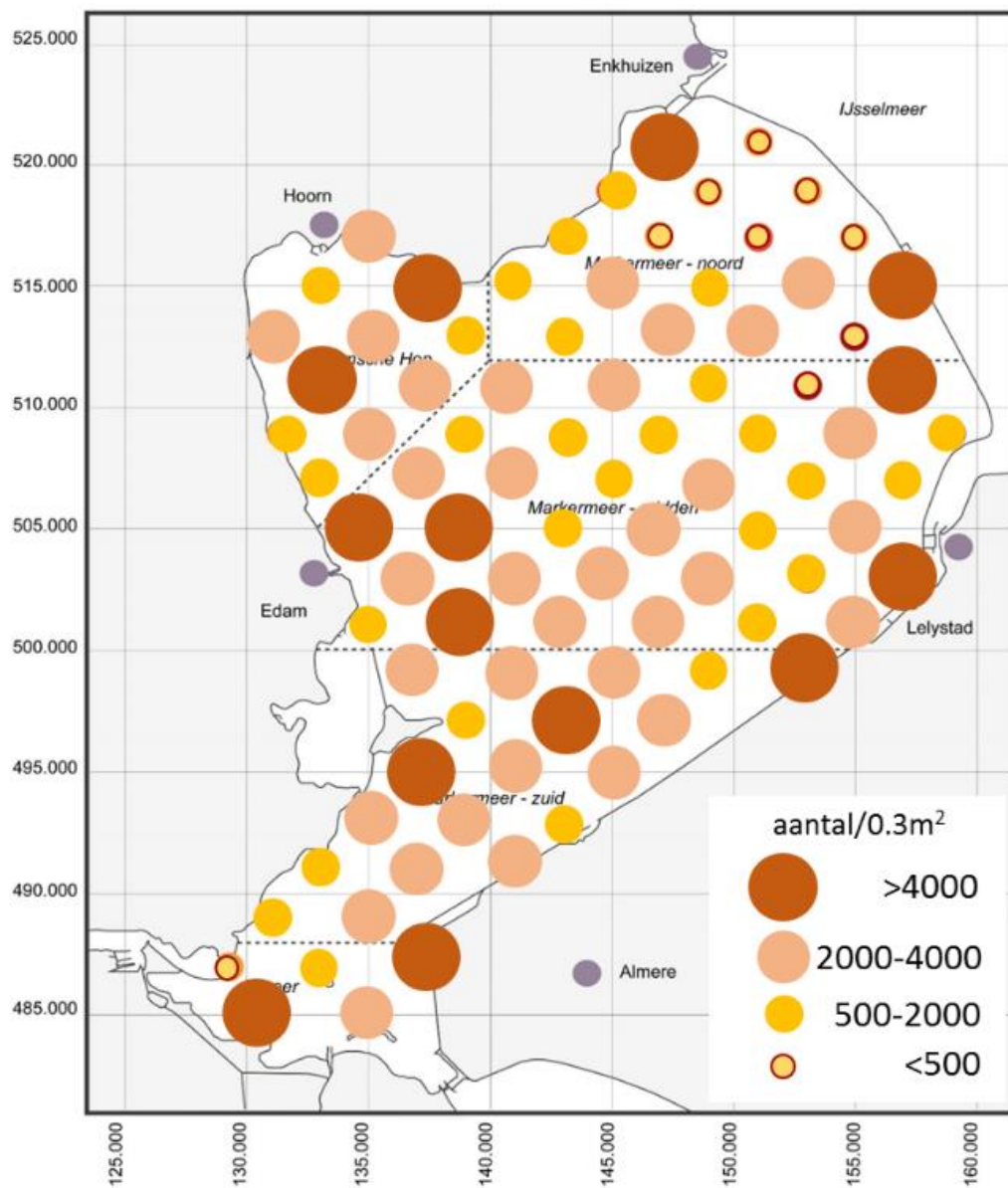
Deze ruimtelijke patronen zijn afzonderlijk voor de volgende soortengroepen weergegeven: *Annelida*, *Dreissena*, *Crustacea*, *Chironomidae*, *Gastropoda*, *Hydrachnellae*, EPT-taxa (*Caenis horaria*, *Agraylea multipunctata* en *Oecetis ochracea*) en *Bivalvia* die niet tot het genus *Dreissena* behoren (*Pisidium* en *Corbicula*) (Figuur 4). De groepen zijn niet volgens eenzelfde patroon over het meer verdeeld. De meest abundante groep van *Annelida* (wormen) in het meer is op iedere locatie ook het meest talrijk aanwezig en bestaat vooral uit juveniele *Tubificidae* (Figuur 5a). Daarnaast komen binnen de *Annelida* *Hirudinea* (bloedzuigers), *Platyhelminthes* (platwormen) en *Polychaeta* voor.

De aangetroffen *Polychaeta* betreft bijna altijd de **soort** *Hypania invalida* (zie kader). De volwassen *Oligochaeta* zijn vooral bodembewonende detritivoren. *Chironomidae* (vedermuggen) zijn ook wijdverbreid in het meer, maar komen langs de ondiepere oevers van het meer in grotere dichtheden voor. *Dreissena* (mosselen) en *Crustacea* (kreeftachtigen) komen in het westelijk deel voor, terwijl *Pisidium*, *Gastropoda* en *Hydrachnellae* juist meer in het centrale deel van het meer aangetroffen zijn. De combinatie van deze soortgroep patronen leidt tot een complex ruimtelijk beeld van de macrofaunagemeenschap in het Markermeer met verschillende nuances (Figuur 5a-b). Omdat de wormen zo domineren in aantal is ervoor gekozen om deze nuances zichtbaar te maken in een patroon van *Annelida* (figuur 5a) en van de overige soorten behalve *Dreissena* (Figuur 5b).

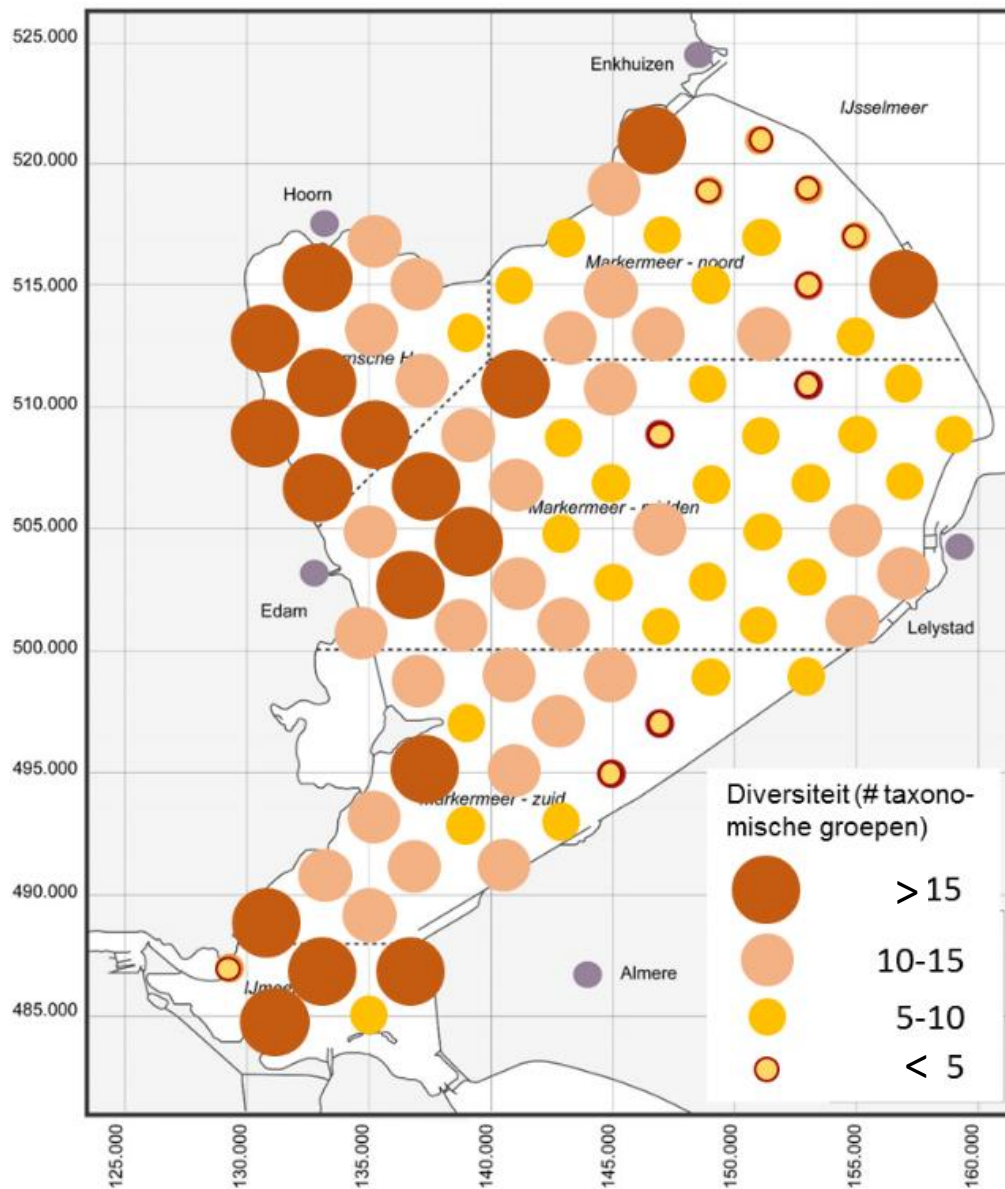


Hypania invalida is een filtreerder-slibeter die voornamelijk leeft op algen en diatomeeën. De soort heeft een korte levenscyclus (3 maanden) en is vooral talrijk in slibbodems waar kokertjes worden gebouwd. Door de voedingswijze heeft de soort belangrijke invloed op het bodem-kolom voedselweb, de activiteit beïnvloedt de bodemzuurstofhuishouding positief en met het filtreren wordt de waterkolom helderder.

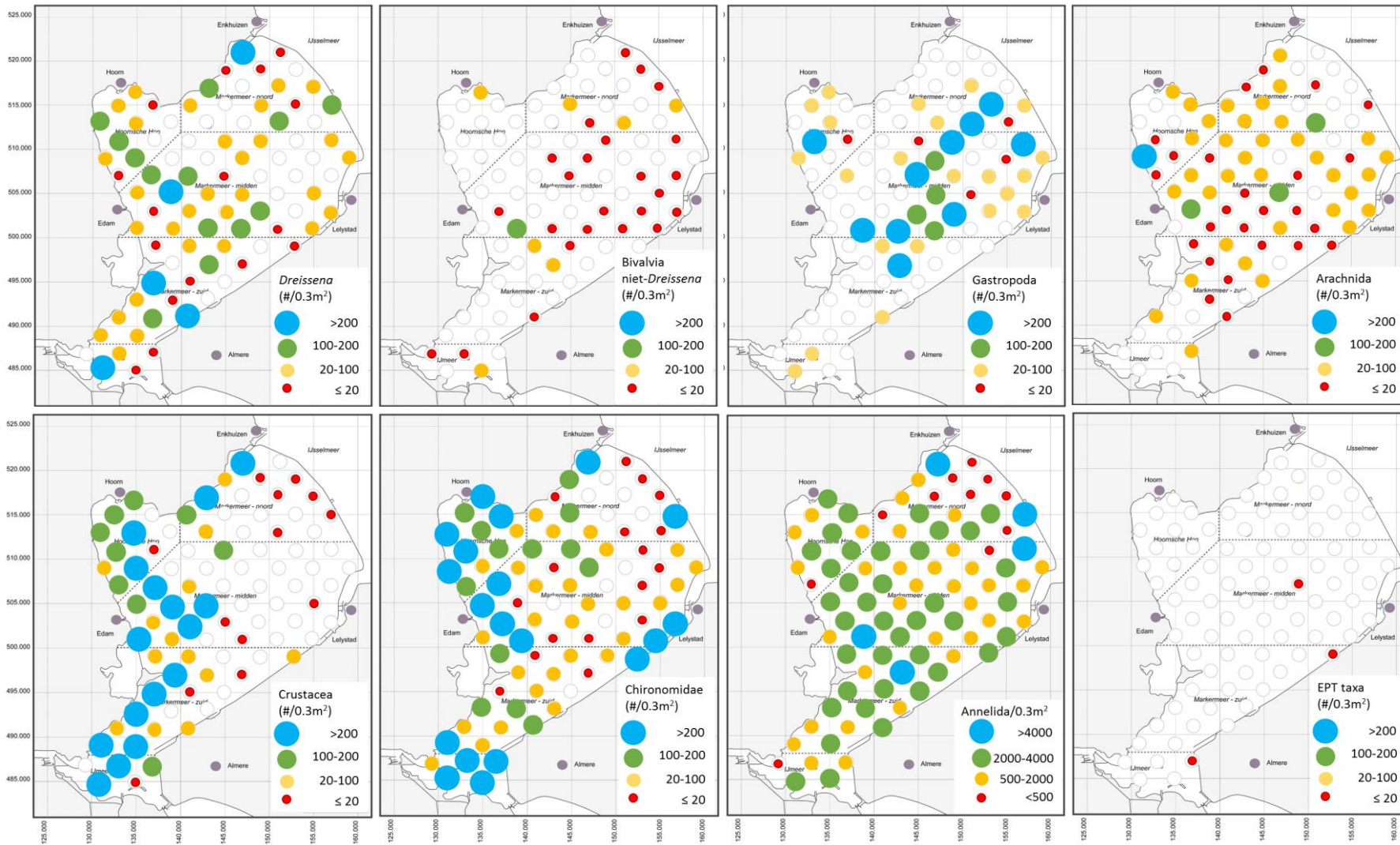
A



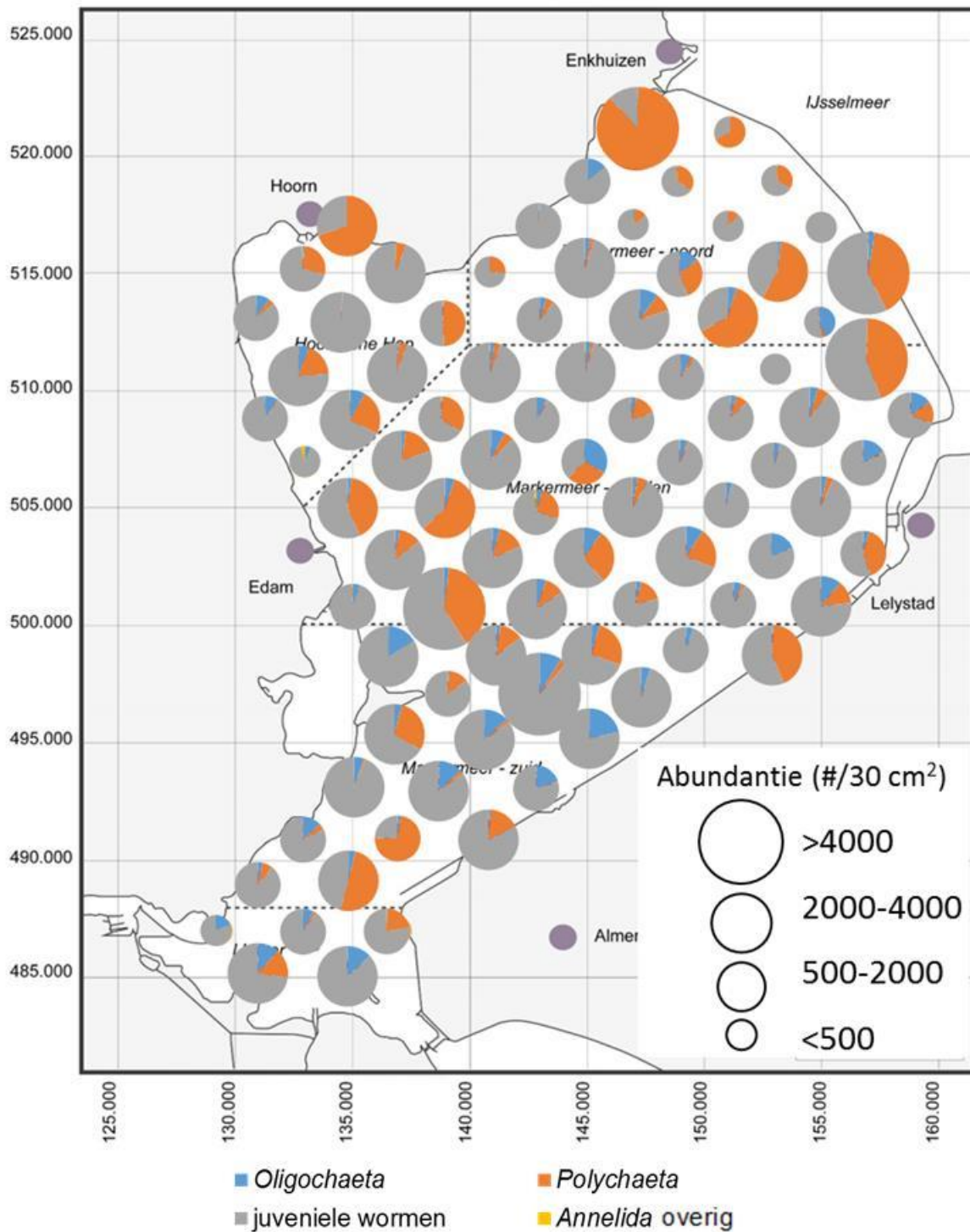
B



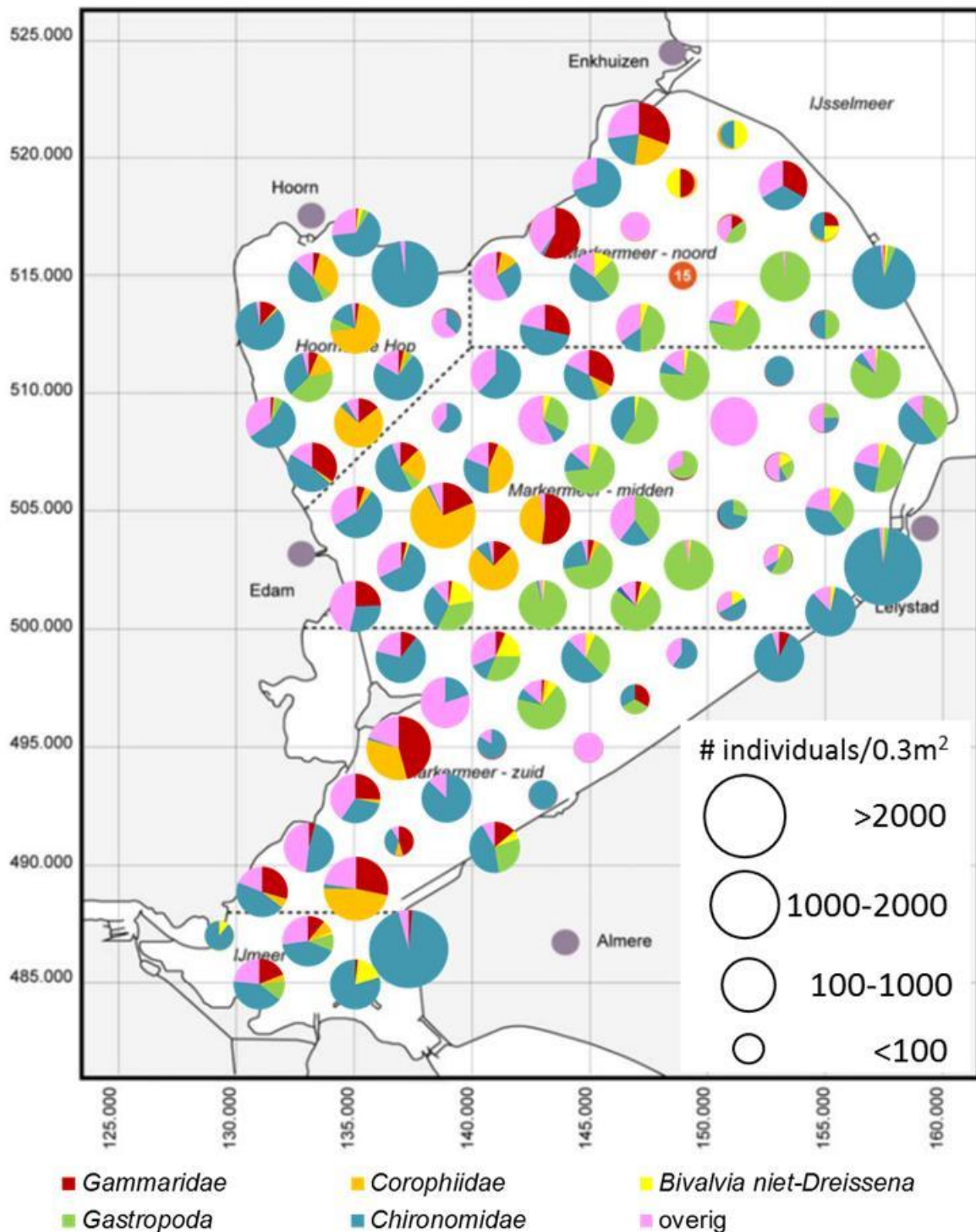
Figuur 3: Ruimtelijke patronen in a) dichtheid (max. = 12692) en b) diversiteit van bodemmacrofauna in het Markermeer.



Figuur 4: De dichtheid van per taxonomische hoofdgroep of combinatie daarvan op de bemonsterde locaties in 2016. *Dreissena* = driehoeks- en quaggamosselen, *Bivalvia* = tweekleppigen, *Gastropoda* = slakken, *Arachnida* = spinachtigen, *Crustacea* = kreeftachtigen, *Chironomidae* = vedermuggen, *Annelida* (combinatie van *Hirudinea*, *Platyhelminthes* en *Oligochaeta*)= wormen, *EPT* = eendagsvliegen, steenvliegen en kokerjuffers.



Figuur 5a: De ruimtelijke aantalsverdeling van Annelida in het Markermeer in 2016. De cirkelgrootte geeft de dichtheidsklasse aan. De kleuren verwijzen naar de taxonomische groep. De groep 'overige Annelida' bevat Hirudinea en Platyhelminthes.

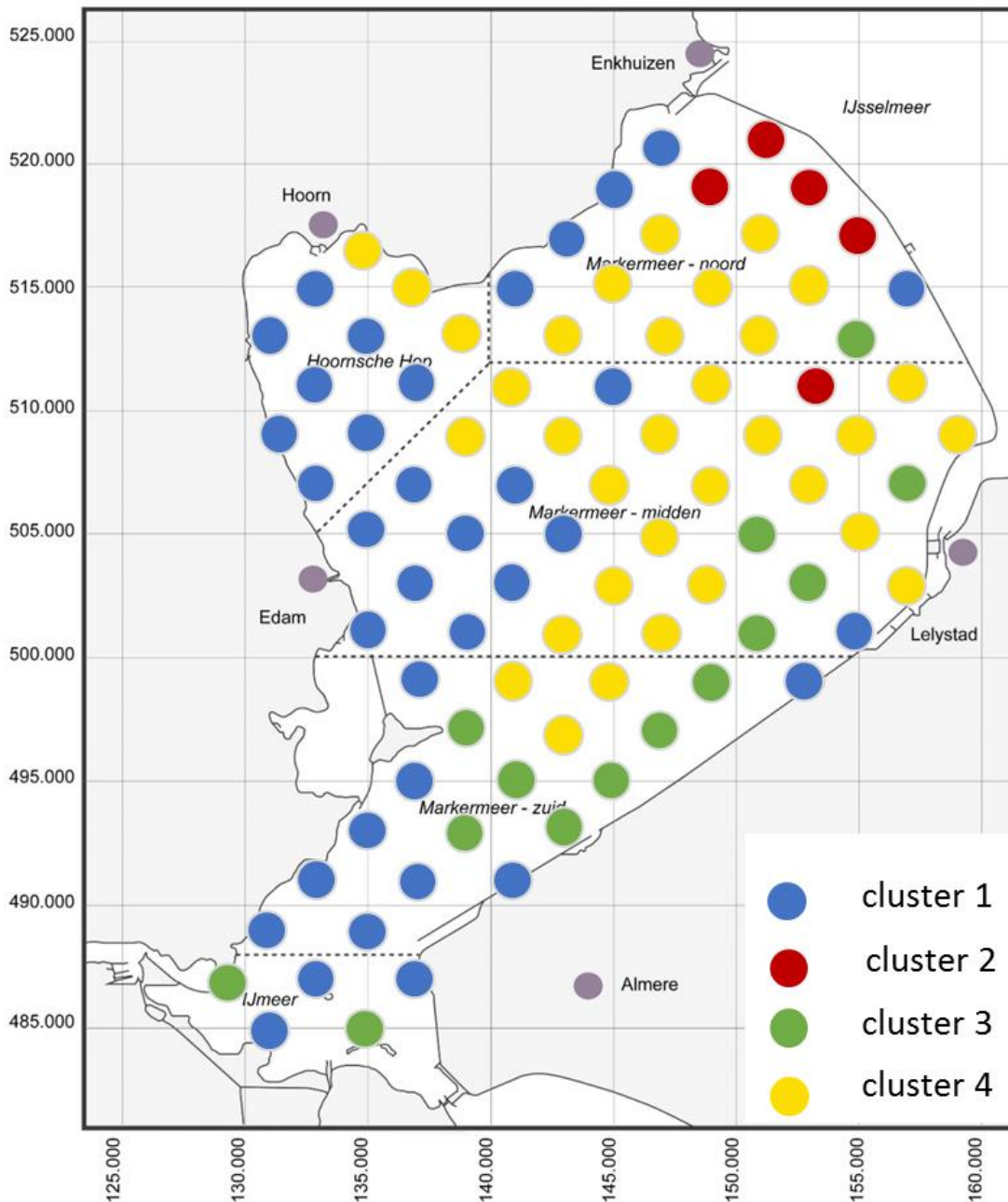


Figuur 5b: De ruimtelijke aantalsverdeling van de overige macrofauna taxonomische groepen in het Markermeer in 2016. De cirkelgrootte geeft de dichtheidsklasse aan. De kleuren verwijzen naar de taxonomische groep. De groep 'overig' bevat Hydrachnellae, Ephemeroptera, Trichoptera, Isopoda, Mysidae en Bryozoa.

De in figuur 3, 4 en 5 weergegeven ruimtelijke patronen duiden op een onderscheid tussen de macrofaunagemeenschappen van de centrale kom van het Markermeer en het ondiepere westelijke deel. Het oostelijke en centrale deel van het Markermeer wordt gekarakteriseerd door *Oligochaeta*, *Chironimidae*, *Pisidium*, *Gastropoda* (slakken), en *Hydrachnellae* (watermijten), terwijl in het westen meer gevarieerde populaties met hogere dichtheden *Dreissena* en *Crustacea* te vinden zijn.

Tabel 2: Karakterisering van de clusters uit de macrofaunabemonstering van 2016.

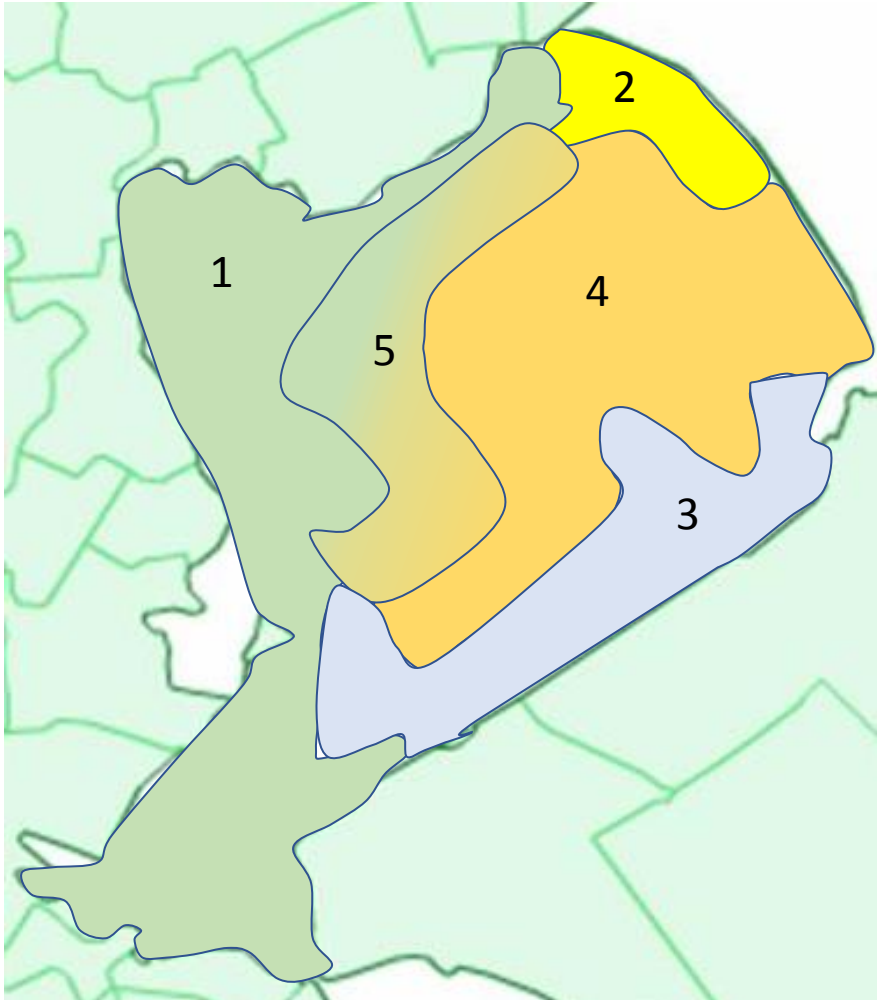
Cluster	Code	#samples	Typerende macrofauna
alle			<i>Tubificidae</i> en <i>Hypania invalida</i> zijn niet onderscheidend, maar in alle clusters abundant
1	cl1	36	Alle soorten die genoemd worden in cluster 2 en 4 komen ook in cluster 1 voor. Daarnaast zijn de volgende soorten/genera onderscheidend voor cluster 1: <i>Potamothrix hammoniensis</i> <i>Hygrobates nigromaculatus</i> <i>Corophium</i> <i>Gammarus</i> <i>Cyathura carinata</i> <i>Cryptochironomus</i> <i>Microchironomus</i> <i>Procladius</i>
2	cl2	5	<i>Tubificidae</i> , <i>Hypania invalida</i> weinig macrofauna. Juist het ontbreken van andere soorten onderscheidt dit cluster
3	cl3	14	<i>Limnodrilus claparedianus</i> , <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> en <i>Procladius</i> komen specifiek in cluster 3 voor. Deze soorten zijn minder abundant in de overige clusters. Daarnaast zijn de volgende soorten aanwezig: <i>Tubificidae</i> juv. <i>Hypania invalida</i> <i>Piona</i>
4	cl4	33	De volgende soorten/genera komen veel voor in cluster 4 en cluster 1 monsters: <i>Tubificidae</i> <i>Hypania invalida</i> <i>Piona</i> <i>Procladius</i> <i>Limnodrilus claparedianus</i> <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> <i>Psammoryctides barbatus</i> <i>Limnesia marmorata</i> <i>Chironomus</i> <i>Cladotanytarsus</i> <i>Polypedilum</i> <i>Corbicula</i> <i>Dreissena</i> <i>Pisidium</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i>



Figuur 6a: Ruimtelijke patroon van de vier clusters (zie Tabel 2) in het Markermeer in 2016.

Op basis van een clusteranalyse (zie paragraaf 2.2) zijn vier cluster- of macrofauna-groepen onderscheiden (Figuur 6a, Tabel 2). De clustering is significant ($p < 0.05$; getest in CCA). Uit de clusteranalyse blijkt dat *Tubificidae* en *Hypania invalida* niet onderscheidend zijn tussen de cluster; m.a.w. deze taxonomische groepen komen op de meeste locaties veel voor. Cluster 1 is de meest soortenrijke groep met vooral *Crustacea* (*Gammaridae* en *Corophiidae*) in hoge dichtheden. Behalve uitgebreid in het westen (het waterplantenrijke deel) komt ook langs de oevers in het noorden en lokaal in het oosten deze combinatie van soorten voor (Figuur 6). In dit cluster komen naast de genera en soorten uit cluster 2 en 4 ook zeven eigen taxa voor (Tabel 2). Cluster 4 bevat naast *Tubificidae* en *Hypania invalida* ook 13 andere eigen taxa, maar de dichtheden van deze taxa zijn lager dan op de locaties van cluster 1. *Crustacea* (*Gammaridae*, *Corophiidae* en *Cyathura carinata*) en *Chironomidae* (*Cryptochironomus*, *Microchironomus* en *Procladius*) kunnen op de locaties van cluster 1 talrijk zijn, maar komen in cluster 4 veel minder voor. Cluster 3 bevat locaties waar naast *Tubificidae*, *Hypania invalida* en *Piona* niet veel andere macrofaunataxa aangetroffen zijn. Cluster 2 bevat locaties waar zeer weinig macrofauna is gevonden; zowel het aantal soorten als de dichtheden zijn op deze locaties erg laag.

Cluster 1 gaat in de clustertabel (niet opgenomen) geleidelijk over in cluster 4. Dit geeft aan dat er een macrofauna overgangsgroep is tussen de macrofaunagroep van cluster 1 in het westen en die van cluster 4 in het centrale en oostelijke deel van het meer. Een zone over het midden en noorden van het meer waar relatief veel *Corophium*, juveniele *Gammaridae*, *Pisidium* en *Gastropoda* voorkomen (Figuur 6b). Deze zone bleek in de clusteranalyse echter niet onderscheidend genoeg om als aparte macrofaunagroep te onderscheiden.



Figuur 6b: Schets van het ruimtelijke patroon van de vijf macrofaunagroepen in het Markermeer in 2016.

Conclusies

- De macrofauna van het Markermeer bestaat vooral uit *Oligochaeta* en *Polychaeta* (*Hypania invalida*) die op alle locaties voorkomen, soms in grote aantallen (tot een maximum van 12692 individuen per 0.3 m²).
- Er zijn 69 soorten uit de volgende 11 macrofauna hoofdgroepen aangetroffen: *Oligochaeta*, *Polychaeta*, *Hirudinea*, *Platyhelminthes*, *Chironomidae*, *Crustacea*, *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Hydrachnellae*, *Ephemeroptera* en *Trichoptera*.
- De *Crustacea* in het Markermeer zijn vooral Ponto-Kaspische *Gammaridae*, *Isopoda*, *Mysidae* en *Corophiidae*.
- Op basis van de macrofauna zijn vier groepen (clusters) onderscheiden die ruimtelijk verdeeld zijn over vijf zones: het westelijke en zuidelijke, het centrale en oostelijke deel, het noordoostelijke en het zuidoostelijke deel van het Markermeer en één overgangszone.
 - In het westelijke en zuidelijke deel van het meer komen naast wormen *Hydrachnellae*, *Crustacea* en *Chironomidae* voor (cluster 1).
 - In het centrale en oostelijke deel van het Markermeer komen naast wormen veel andere soorten voor zoals *Hydrachnellae*, *Crustacea*, *Chironomidae*, *Gastropoda* en *Bivalvia* (cluster 4).
 - Op de zandige locaties in het noordoostelijke deel langs de Houtribdijk komen arme gemeenschappen voor (cluster 2).

- In het zuidoostelijke deel komen vooral *Annelida*, *Hydrachnellae* en predatore *Chironomidae* voor (cluster 3).
- Er is een overgangszone tussen de gemeenschap in het westen en die in het centrale en oostelijke deel van het meer. Een zone waar relatief veel *Corophium*, juveniele *Gammaridae*, *Pisidium* en *Gastropoda* voorkomen. Deze zone bleek in de clusteranalyse echter niet onderscheidend genoeg om als aparte macrofaunagemeenschap te onderscheiden.

3.2 Welke ontwikkeling wordt gezien in de taxonomische macrofauna samenstelling vanaf 1992?

Aanpak

Om inzicht te krijgen in ontwikkelingen in tijd en ruimte van de bodemfauna in het Markermeer zijn historische gegevens geanalyseerd. Deze gegevens betreffen de macrofaunadata uit de MWTL-monitoring (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) van Rijkswaterstaat. Deze gegevens zijn beschikbaar voor de jaren 1992, 1996, 2000, 2004 en 2007-2014, en verzameld op verschillende locaties in het Markermeer (Figuur 7). De locaties en methoden varieerden over de jaren. In 1992 zijn bemonsteringen met steekbuis en Van Veen bodemhapper uitgevoerd, in 1996 is met een handnet bemonsterd en is gestart met het bemonsteren met een box corer. Sinds 2000 is alleen met een box corer bemonsterd. Vanaf 2007 is ook een gestandaardiseerd meetnet ingesteld van 9 locaties (in figuur 7 roze omcirkeld). Bij de gestandaardiseerde bemonstering worden per locatie 5 box corer monsters genomen, die worden samengevoegd, gefixeerd en later in het laboratorium geanalyseerd.

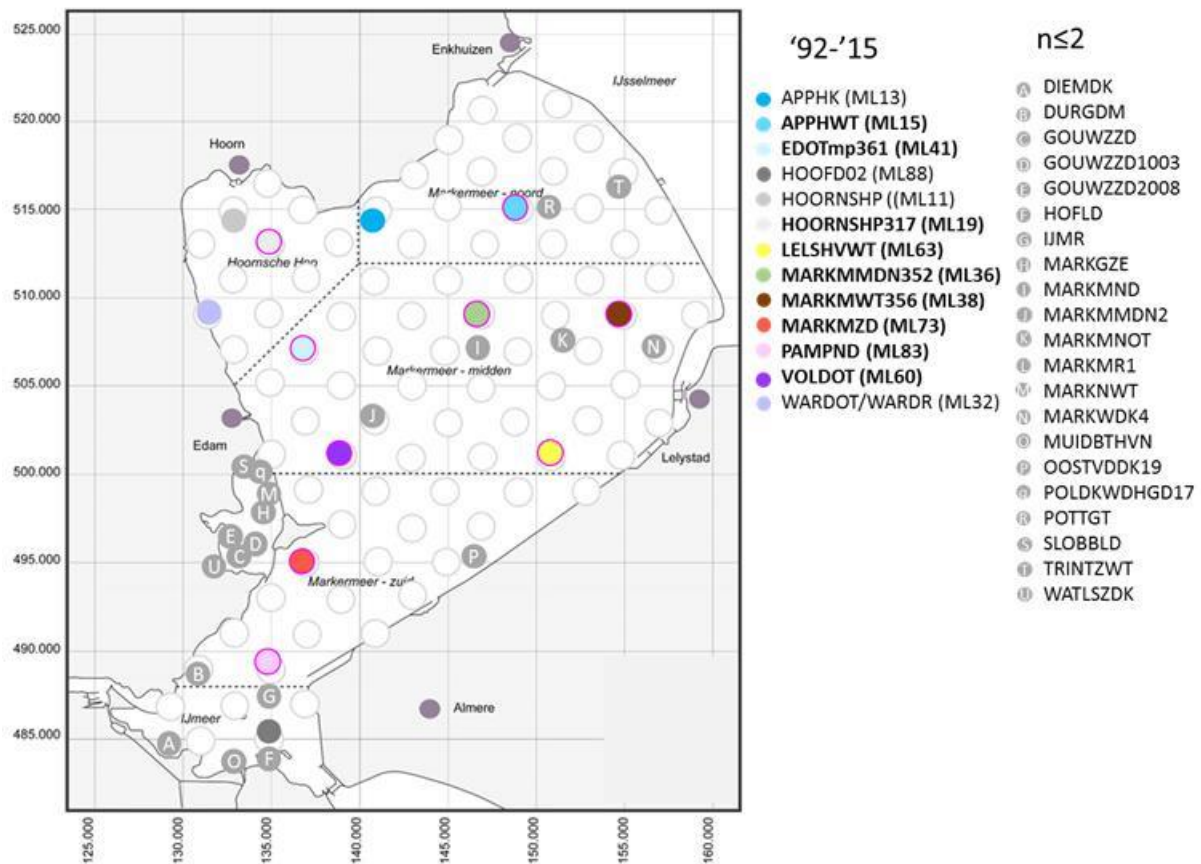
Eerst is verkend wat de soortensamenstellingen en -aantallen van de bodemmacrofauna in het Markermeer zijn geweest op de locaties die vaker dan twee keer en op verschillende tijdstippen bemonsterd zijn. Omdat de monsters uit 1992 en 1996 wat betreft aantallen zo sterk afweken van de monsters die met box-corer genomen zijn, is besloten om de beschrijving van de macrofauna te beperken tot de resultaten van box-corer monsters; de monsters uit de jaren 2000, 2004 en 2007-2014. Per locatie is een staafgrafiek gemaakt met gestandaardiseerde aantallen per 0.3 m² voor de voorkomende taxonomische hoofdgroepen. Met kleurcodes zijn de taxonomische hoofdgroepen weergegeven in de staafgrafieken. Iedere kolom in een staafgrafiek geeft de resultaten weer van één samengesteld monster van betreffend jaar (n=1). Voor de meeste locaties geldt dat de replica's in dat jaar al tijdens de veldbemonstering samengevoegd zijn tot een mengmonster. Dit maakt het berekenen van de spreiding en heterogeniteit tussen de individuele box corer monsters en statistische analyse onmogelijk.

Resultaten

De staafgrafieken laten per locatie sterke fluctuaties zien wat duidt op een sterk wisselend patroon in macrofauna-aantallen tussen de jaren over de periode 1992-2015 (Figuur 8a). Voor de meeste locaties is 2010 een jaar waarin macrofauna dichtheden laag waren (Figuur 8), terwijl in 2014 de aantallen relatief het hoogst waren (Figuur 8B). Deze grote verschillen tussen de jaren worden voornamelijk door verschillen in aantallen *Oligochaeta* en *Polychaeta* veroorzaakt.

De macrofaunamonsters uit de vlakdekkende bemonstering worden gedomineerd door *Oligochaeta*, die in de MWTL-monsters door *Polychaeta* (*Hypania invalida*). Het zou kunnen zijn dat de aantalsverschillen een gevolg zijn van lokaal heterogeen voorkomen, maar omdat informatie over replica's ontbreekt kan daar geen uitspraak over gedaan worden.

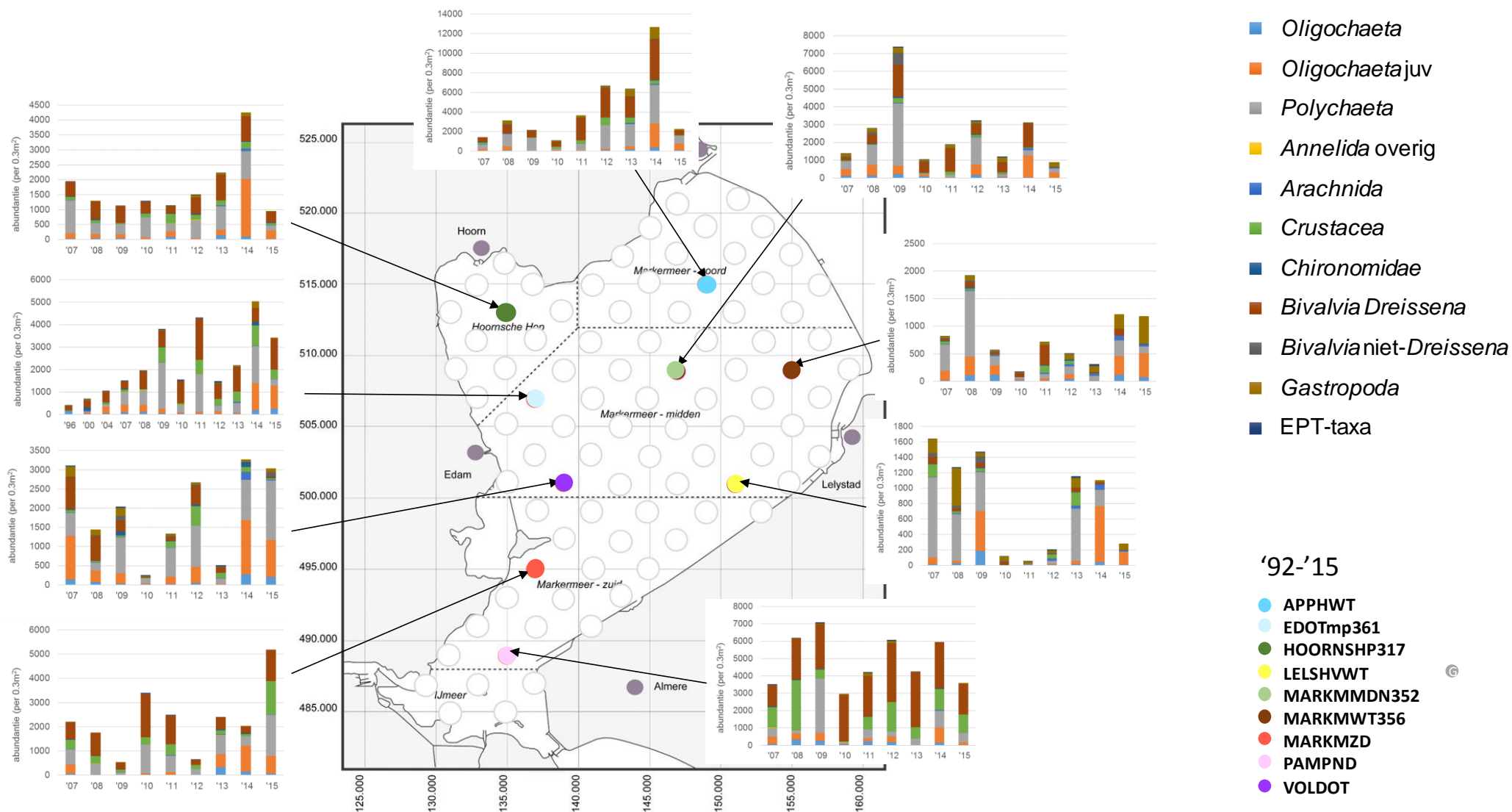
De taxonsamenstelling van de macrofauna is per locatie aan de westzijde, behalve locatie 83 die veel rijker is, over het algemeen redelijk constant en verschillende van de locaties aan de oost-, centrale en noordzijde (Figuur 8B). De MWTL-locaties in het westen en zuiden zijn meer divers en bevatten meer *Crustacea* (*Gammaridae* en *Corophiidae*) en *Bivalvia* (vooral *Dreissena*). Het patroon is enigszins vergelijkbaar met dat waargenomen in de vlakdekkende kartering.



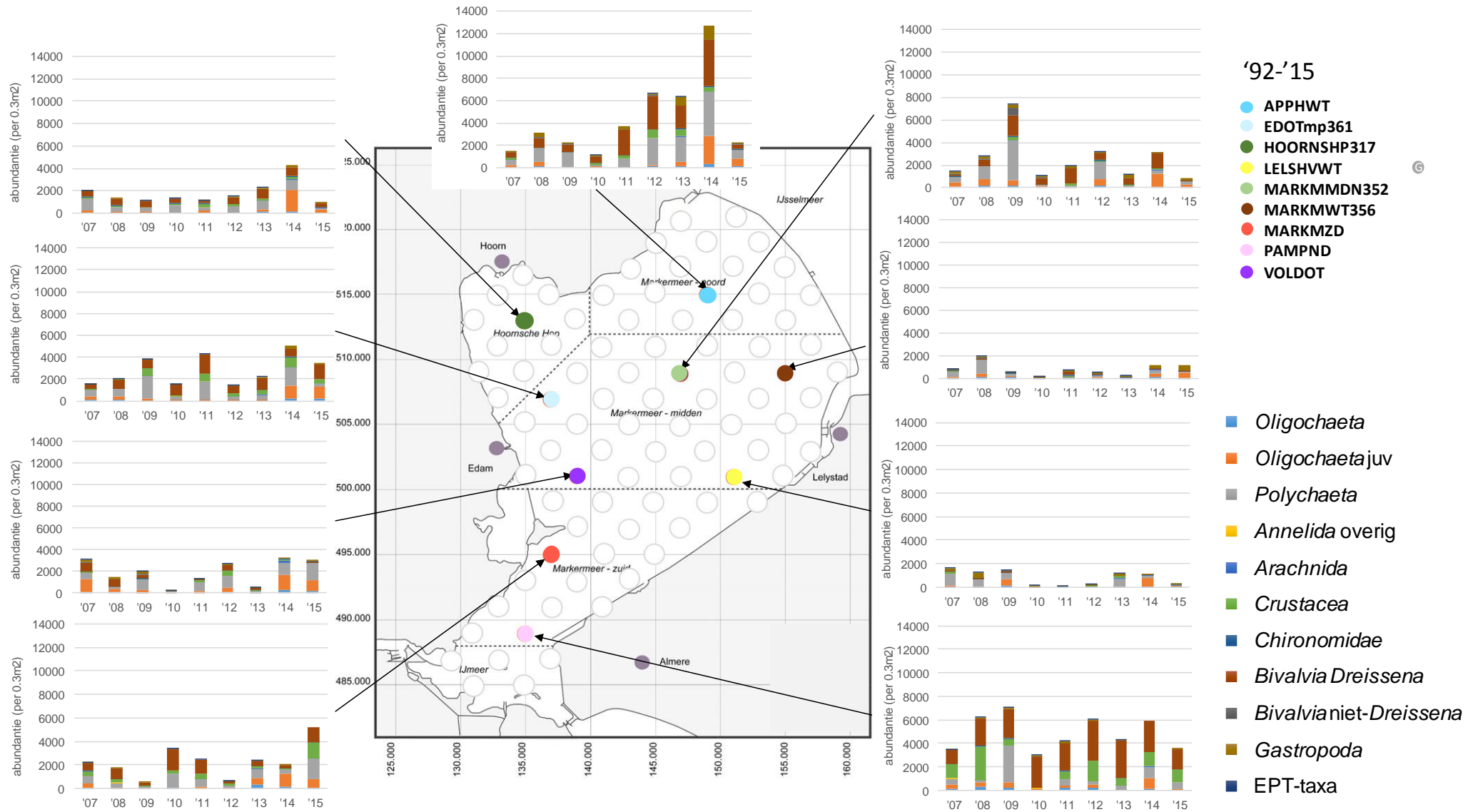
Figuur 7: Overzicht van op macrofauna bemonsterde locaties in MWTl-dataset. De met roze cirkels gemarkeerde locaties (dikgedrukte in legenda) zijn onderdeel van het box corer MWTl-meetnet in 2016. De grijs gemarkeerde locaties zijn minder dan 3 keer bemonsterd.

Conclusies

- De MWTl-monsters uit de jaren 1992-2015 zijn vergeleken met de vlakdekkende kartering. Waarbij opgemerkt dat alleen de jaren 2007-2015 van de MWTl bruikbaar zijn.
- De taxonsamenstelling van de macrofauna in de MWTl-monsters (53 soorten) valt binnen de soortenlijst uit de vlakdekkende bemonstering in 2016 (69 soorten).
- De aantallen macrofauna in de MWTl-monsters fluctueren tussen de jaren, voornamelijk door verschillen in aantallen *Oligochaeta* en *Polychaeta*.
- Op basis van de MWTl-gegevens bestaat de macrofauna in het centrale en oostelijke deel van de Markermeer vooral uit *Polychaeta* (*Hypania invalida*) en minder *Oligochaeta* met Gastropoda in het centrum van het meer, terwijl in het westelijke en zuidelijke deel de macrofauna meer gevarieerd is met *Dreissena* en *Crustacea* (*Gammaridae*, *Corophiidae*, *Isopoda* en *Mysidae*).
- Het samenvoegen van replica's tot een mengmonster beperkt de mogelijkheden om statistisch onderbouwde uitspraken te kunnen doen over ontwikkelingen van de macrofauna in het Markermeer.



Figuur 8A: Overzicht van de taxonomische samenstelling en aantalsverdeling van macrofauna op negen locaties in het Markermeer over de jaren 1992-2015. Bron: MWTL-data.



Figuur 8B: Overzicht van de taxonomische samenstelling en aantalsverdeling van macrofauna op negen locaties in het Markermeer over de jaren 2007-2015. Bron:

MWTL-data.

3.3 Welke langere termijn ontwikkelingen in macrofaunagemeenschappen zijn te onderscheiden vanaf 1992?

Aanpak

Met clusteranalyse (zie paragraaf 2.2) is verkend welke macrofaunagroepen zijn te onderscheiden en of hierin ruimtelijke en of temporele ontwikkelingen herkenbaar zijn.

Resultaten

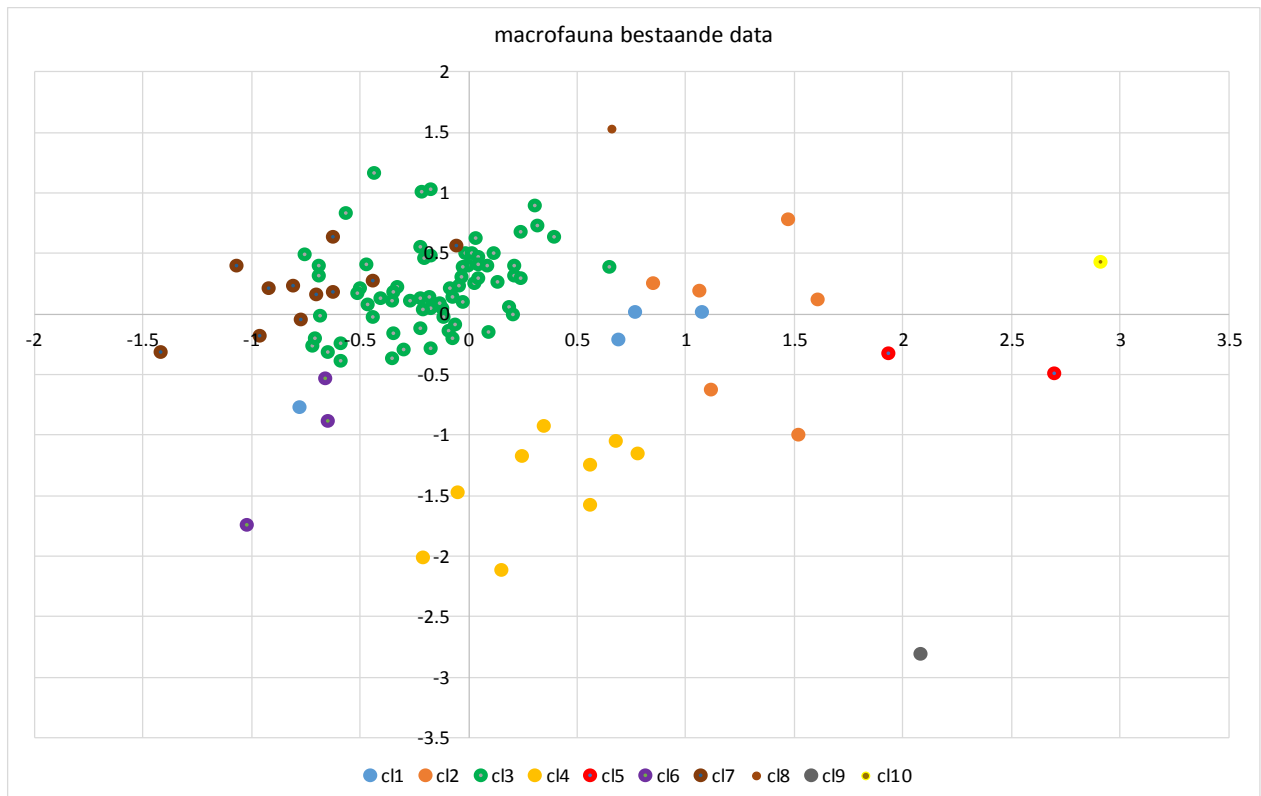
Uit de clusteranalyse blijkt een onderscheid tussen de MWTL-monsters van de periode voor 2004 t.o.v. daarna (Tabel 3). De oudere monsters zijn in de clusters 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 en 10 ondergebracht. Dat er in deze periode zoveel clusters zijn onderscheiden geeft aan dat de monsters onderling weinig overeenkomst vertonen.

Over de periode 2007-2014 splitsen de zuidelijke Markermeer locaties (IJmeer en Markermeer Zuid) zich af van de rest en vormen cluster 7. Dit komt door de hoge aantallen *Cyathura carinata* op die locaties. De overige monsters vormen cluster 3 (Tabel 3).

Tabel 3: Karakterisering van de clusters gebaseerd op de MWTL-monsters genomen in de periode 1996-2014.

Cluster	Code	#samples	Karakterisering
1	cl1	4	Box-corer monsters uit 1996
2	cl 2	6	Diverse monsters uit 1992-2000
3	cl 3	69	Het grootste cluster, bevat vooral box-corer monsters uit de gestandaardiseerde MWTL van 2007-2014, met uitzondering van de twee zuidelijkste MWTL-punten. Soortensamentelling: algemene soorten met hoge dichtheden <i>Hypania invalida</i> , <i>Oligochaeta</i> , en ook <i>Gammaridae</i> , <i>Corophiidae</i> , <i>Dreissena</i> en <i>Pisidium</i> .
4	cl 4	9	Monsters uit 1992
5	cl 5	2	Monsters uit 1992
6	cl 6	3	Locatie 32: bemonsterd in 1996 en 2004
7	cl 7	11	Box-corer monsters uit de gestandaardiseerde MWTL van 2007-2014 van de twee zuidelijkste MWTL-punten (locatie 73 en 83) in het Markermeer. De soortensamenstellingen zijn enigszins vergelijkbaar met die van cluster 3, maar hier komen naast cluster 3 soorten ook grote dichtheden van de lijnpissebed (<i>Cyathura carinata</i>) voor.
8-10	cl8 cl9 cl10	1 per cluster	Afwijkende monsters uit de jaren '92 en '96 die weinig overeenkomen met de overige monsters

Op basis van de NMDS-analyse van alle box corer monsters blijken de ruimtelijke verschillen ondergeschikt te zijn aan de temporele patronen (Figuur 9) omdat de clusters herkenbaar zijn maar niet gebaseerd op ruimtelijke positie. De clusters zijn gekoppeld aan de bemonsteringsjaren 2007-2015 onafhankelijk van locatie. Alleen locatie 73 is hierop een uitzondering. De overige clusters bevatten of slechts 1 monster (m.a.w. de macrofaunasamenstelling wijkt sterk af van alle andere monsters) of bevat monsters uit 1992 en 1996 respectievelijk.

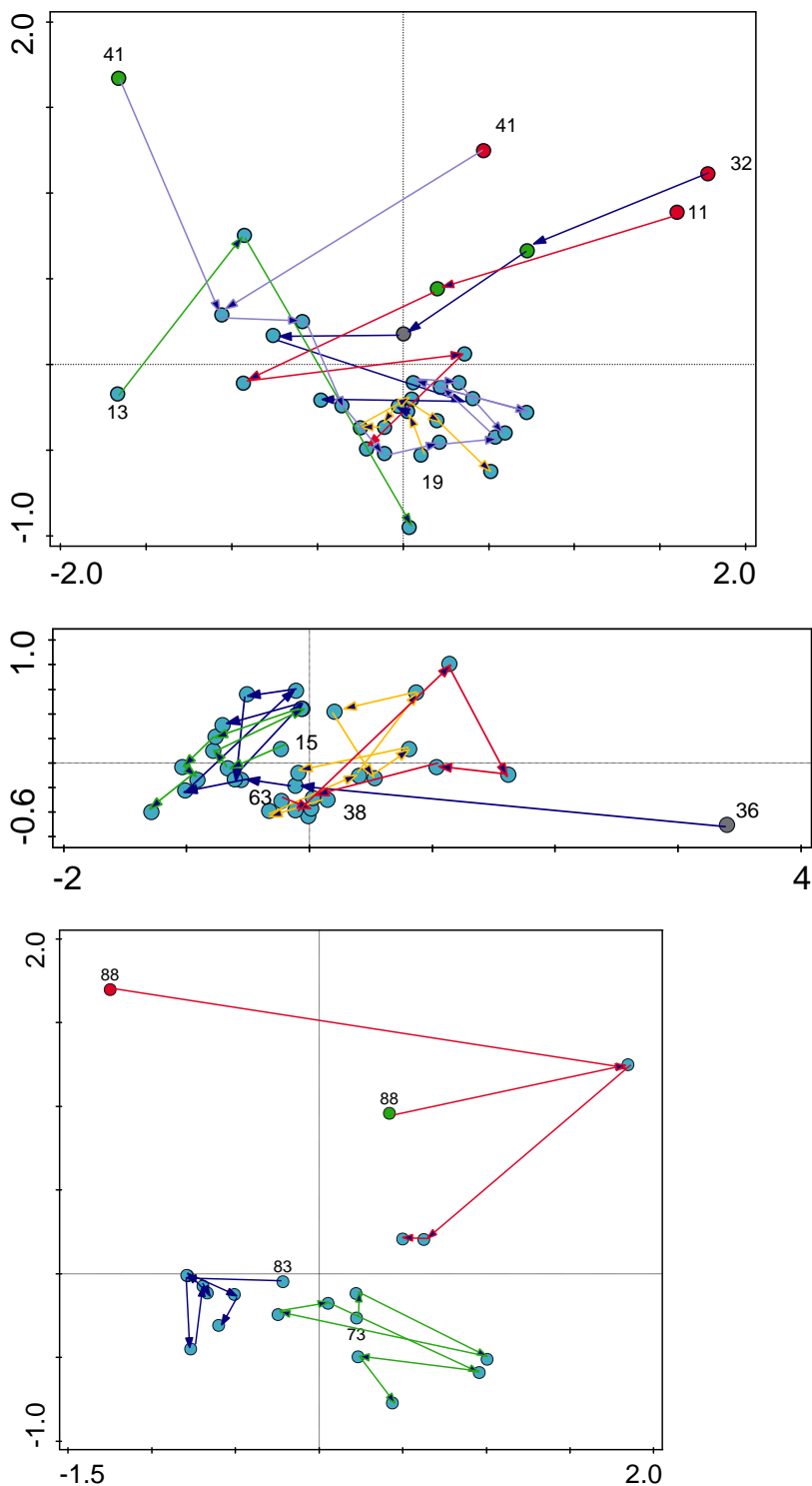


Figuur 9: NMDS-analyse van de MWTL-dataset. De punten refereren naar individuele locaties. De gekleurde symbolen cl1-cl10 duiden de verschillende clusters aan (zie onderstaande tabel 4 waar clusters zijn gekoppeld aan locaties en jaren).

Tabel 4: Matrix met clusters gekoppeld aan locaties en jaren.

Locatie	cl1	cl2	cl3	cl4	cl5	cl6	cl7	cl8	cl9	cl10
10			2004							
11	1996		2000, 2004	1992(2)						
13	1996	2000	20004							
15			2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014							
19			2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014							
32			2000	1992(2)		1996(2), 2004				
36			2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014						1996	
38			2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014							
41	1996		2000, 2004, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014	1992	1992					
45	1996	2000								
46		1992			1992					
54		1992	2004							1992
60			2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014					2013		
63		2010	2007, 2008, 2009, 2012, 2013, 2014						2011	
73			2013, 2014				2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012			
82				1992(2)						
83			2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012				2013, 2014			
88		1996		1992(2)			2000, 2004			

Er is één locatie en twee deelgebieden waar over langere tijd gemeten is: locatie Hoornsche Hop en locaties in de centrale kom en in het IJmeer. De ontwikkelingen in de tijd zijn afzonderlijk geanalyseerd met behulp van NMDS. Er blijken geen patronen in tijd te zien op basis van de macrofauna (Figuur 10).



Figuur 10: Trendanalyse (NMDS) voor de locatie in de Hoornsche Hop (a) en voor de locaties in de centrale kom (b) en in het IJmeer (c). De kleur van de cirkels geeft aan welke monstermethode gebruikt is: steekbuizen (rood), Van Veen bodemhapper (groen), handnet (grijs) of box corer (blauw). De pijlen wijzen in chronologische richting (van oudste bemonstering naar meest recente). De cijfers refereren naar de MAC-locatie.

MWTL-locatie 88 blijkt in de vergelijking met de vlakdekkende bemonstering een afwijkend punt te zijn; een lokaal diep deel (11-12 meter) met haemoglobine bevattende *Chironomidae* die aangepast zijn aan gebieden met lage zuurstofbeschikbaarheid. Deze locatie is ook opgenomen in het MWTL-meetnet, maar wijkt sterk af van alle andere locaties en is niet representatief voor de macrofauna van het Markermeer.

Conclusies

- Het verschil in macrofaunasamenstelling in de MWTL-monsters is groter tussen jaren dan tussen locaties.
- De oudere MWTL-monsters (1992-2004) zijn niet vergelijkbaar met de monsters die genomen zijn in 2007-2014 omdat in de eerste periode de monsternamen noch de locaties gestandaardiseerd waren.
- Geen van de twee tijdseries MWTL-monsters (1992-2004 en 2007-2014) laten een patroon in temporele ontwikkelingen zien.
- Het meest zuidelijke MWTL-monster wijkt af van de overige monsters door hogere aantallen dieren en onder andere het voorkomen van de lijnpissebed (*Cyathura carinata*). Deze brakwater en getijde soort heeft een levenscyclus van anderhalf jaar, is zeer eurytoop en voedt zich waarschijnlijk met microfauna.
- Omdat de aantallen individuen per locatie tussen de jaren zo sterk fluctueren is het moeilijk een trend te detecteren in termen van toename of afname van macrofauna op basis van MWTL. De grote lokale verschillen, het meten op verschillende locaties en veranderingen in de bemonsteringsmethode maken het onmogelijk een betrouwbare trend te detecteren.
- De negen MWTL-locaties zijn niet herkenbaar in de macrofaunacusters die op basis van de vlakdekkende monitoring zijn aangetroffen. Uit de analyse van de MWTL-gegevens blijkt geen ruimtelijk patroon. MWTL mist de bodemfauna patronen die in het meer aanwezig zijn.

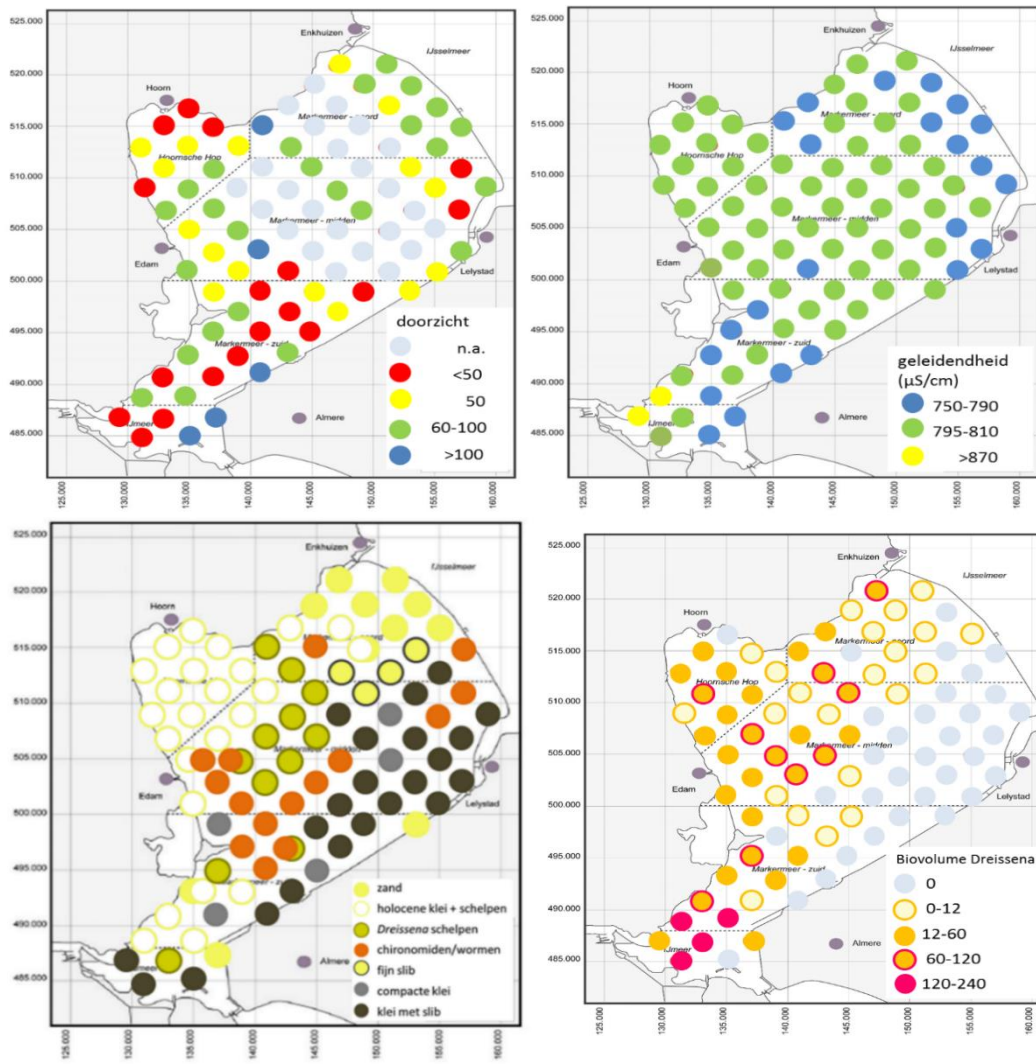
3.4 Kunnen de ruimtelijke patronen in macrofaunasamenstelling worden verklaard door omgevingskenmerken?

Aanpak

Tijdens de vlakdekkende kartering van bodemmacrofauna zijn enkele belangrijke abiotische parameter gemeten. Dit zijn de gefotografeerde bodemsubstraten in de monsters genomen met de Van Veen happer, doorzicht, geleidendheid, zuurstofconcentratie, biovolume *Dreissena* (zowel *Dreissena polymorpha* als *Dreissena bugensis*) en watertemperatuur. Deze parameters zijn individueel ruimtelijk weergegeven om patronen te kunnen herkennen. Daarnaast is een multivariate analyse uitgevoerd (CCA, paragraaf 2.2) waarbij de macrofaunamonsters gerelateerd zijn aan de abiotische gegevens.

Resultaten

De bodemsubstraten zijn in zeven categorieën ingedeeld (Figuur 11): 1) zandig substraat, 2) holocene klei met zuiderzeeschelpen, 3) lossere bodem met oude *Dreissena* schelpen en Zuiderzeeschelpen, 4) bruinkleurig sediment, 5) fijn slib, 6) kale compacte klei, 7) klei met slib erop. De overige abiotische metingen laten weinig verschillen tussen de locaties zien (Figuur 11).



Figuur 11: Ruimtelijke verdeling (in klassen) van de tijdens vlakdekkende bemonstering bepaalde milieuvariabelen doorzicht en geleidendheid in de waterfase, en biovolume *Dreissena*'s, en bodemsubstraat in het Markermeer.

Samenvattend kunnen op basis van de patronen in milieuvariabelen twee abiotische habitattypen worden onderscheiden:

- Het eerste is een ondieper habitat met een holocene kleibodem waarin nog veel restanten van Zuiderzeeschelpen en klompjes *Dreissena* in voorkomen, en waar het doorzicht en de zuurstofconcentraties hoger zijn. In het zomerhalfjaar zorgen waterplanten hier voor extra structuur en voedsel. In grote lijnen is er enige overeenkomst met het habitat van de macrofaunagroep van cluster 1.
- Het tweede habitattype is het diepere deel van het Markermeer met een klei en slib bodem en weinig structuur. In grote lijnen is er enige overeenkomst met het habitat van de macrofaunagroep van cluster 4.

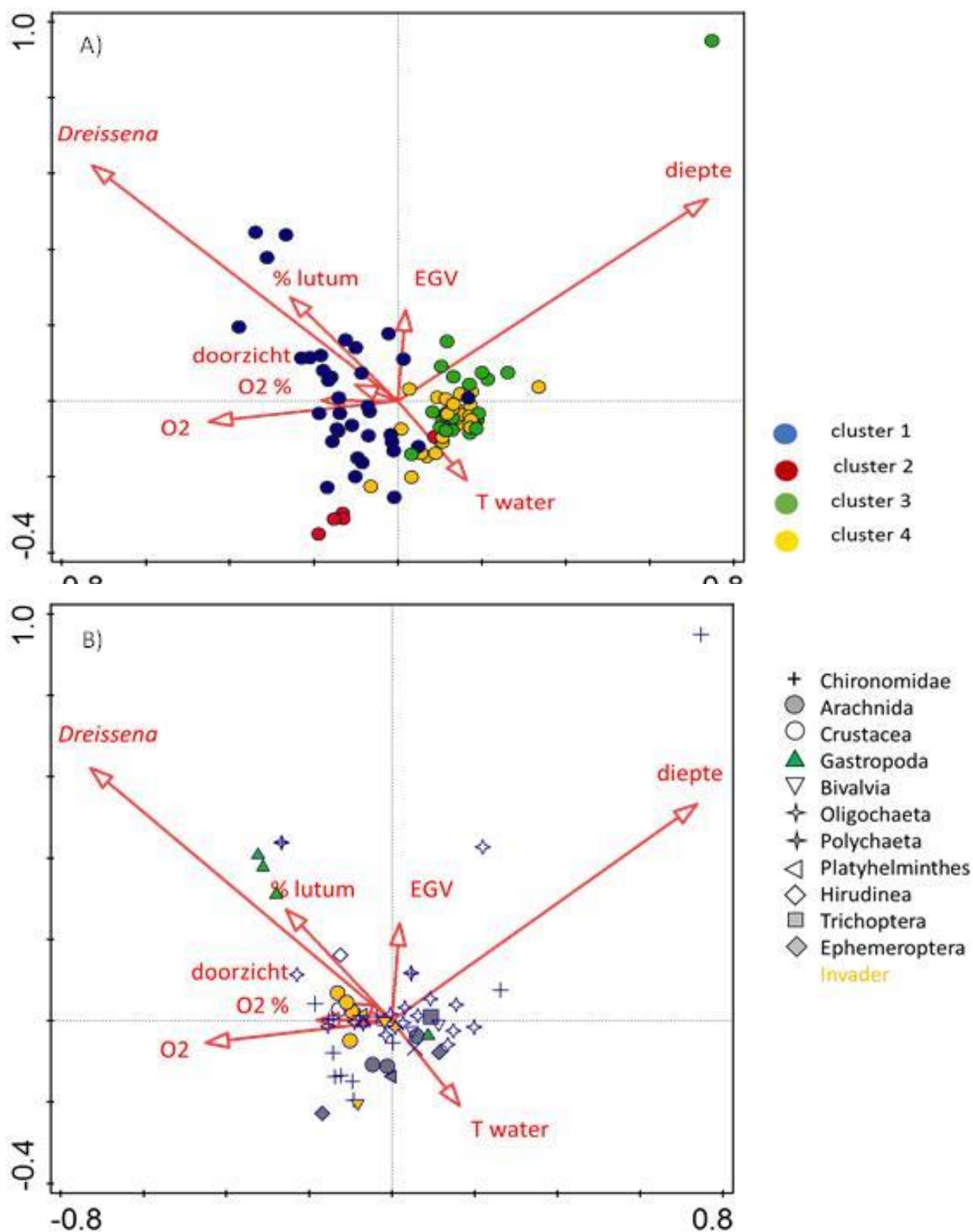
De CCA-analyse (zie paragraaf 2.2) laat zien dat de meest taxonrijke locaties in het westen en zuiden van het Markermeer overeenkomen met het ondiepere habitat met schelpen en in de zomer waterplanten (Figuur 12). Hier valt het voorkomen van *Crustacea*, *Chironomidae* en *Gastropoda* samen met een hogere zuurstofconcentratie, een aanwezigheid van *Dreissena* en een hoger doorzicht (Figuur 12a, Tabel 5). Het diepere klei en slib habitat valt samen met de locaties in het centrum en het oosten van het Markermeer. Hier zijn voornamelijk *Annelida* te vinden (Figuur 12b). *Annelida* komen echter ook in nog grotere getale voor in het westelijk deel van het meer (Figuur 4 en 5a). De relatie met diepte heeft dus niet met voorkeur te maken, maar is een gevolg van het ontbreken van andere taxa in het diepere klei en slib milieu.

Tabel 5: CCA-karakteristieken behorende bij de ordinatie in figuur 12.

	As 1	As 2	As 3	As 4
<i>Eigenvalues</i>	0.17	0.12	0.07	0.06
<i>Explained variation (cumulative)</i>	5.7	9.6	12.0	13.8
<i>Pseudo-canonical correlation</i>	0.88	0.87	0.82	0.72
<i>Explained fitted variation (cumulative)</i>	30.4	51.0	63.7	73.5
<i>Total variation</i>				2.99
<i>Adjusted explained variation</i>				18.8%
<i>Explanatory variables account for</i>				10.4%
<i>Permutation Test Results</i>				F=2.3, P=0.002

Conclusies

- Op basis van de gemeten milieukeurmerken en hun ruimtelijke verspreiding zijn 'slechts' twee habitattypen te onderscheiden:
 - 1) een ondieper habitat met een kleiige bodem waarin restanten van Zuiderzeeschelpen voorkomen en klompjes *Dreissena*, en hogere waarden voor doorzicht, lutum en zuurstofconcentraties (zie zone 1 in figuur 6b), en
 - 2) het diepere deel van het Markermeer met een bodem van klei en slib die weinig structuur biedt voor macrofauna (zie zone 4 in figuur 6b).
- In het ondiepere habitat komen de meeste macrofaunataxa voor, zoals *Dreissena*, *Crustacea* (vooral Ponto-Kaspische taxa), *Hydrachnellae*, *Chironomidae* en *Gastropoda*. De locaties liggen in het westen en zuiden van het Markermeer (de 5 westelijke locaties in figuur 8).
- Het diepere habitat ligt in het midden en oosten van het Markermeer. De macrofauna bestaat voornamelijk uit *Oligochaeta* en *Polychaeta* (*Hypania invalida*) en op plekken in de bodem levende *Bivalvia*.
- *Oligochaeta* zijn onafhankelijk van de gemeten omgevingsvariabelen.



Figuur 12: Canonical Correspondence Analysis (CCA) met a) locaties (gekenmerkt naar de vier clusters uit de vlakdekkende monitoring) en b) de taxonomische hoofdgroepen, beide gerelateerd aan de milieuv variabelen (pijlen). Het voorkomen van *Dreissena* is als habitatparameter meegenomen.

3.5 Wat is de invloed van omgevingskenmerken op de macrofaunasamenstelling over een langere periode?

Aanpak

RWS monitort naast biologische parameters ook een aantal milieuv variabelen in het Markemeer. Deze parameters worden standaard maandelijks gemeten op vier locaties in het Markermeer. De MWTL-gegevens zijn aan deze gegevens over milieucondities (zie paragraaf 2.2) voor een specificatie van de bronnen voor de gebruikte abiotische gegevens) gekoppeld om lange termijnontwikkelingen in het milieu te analyseren. Deze analyse is multivariaat (CCA, paragraaf 2.2) uitgevoerd met voorwaartse selectie van milieuv variabelen.

Resultaten

Verschillen in macrofaunasamenstelling tussen de jaren zijn sterker dan die tussen de locaties (Tabel 6, Figuur 13a). De milieuv variabelen geven een indicatie van veranderingen in het milieu over de jaren: in 1992 was chloride en lage zuurstofgehalten het belangrijkste, in 1996 zijn zuurgraad en lagere temperatuur belangrijk. Ook het jaar 2000 is evenals 1992 en 1996 sterk afwijkend van de andere jaren (analyseresultaten niet opgenomen). In de jaren vanaf 2004 worden minder lage zuurstofgehalten en watertemperatuur belangrijker (Figuur 13a). De jaren vanaf 2004 laten afzonderlijk een spreiding zien waarin weinig patroon in herkenbaar is (Figuur 13b).

Tabel 6a: CCA-karakteristieken behorende bij de ordinatie in figuur 13a (voor verklaring outputparameters zie paragraaf 2.2).

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues	0.403	0.103	0.057	0.022	3.311
Species-environment correlations	0.908	0.695	0.558	0.385	
Cumulative percentage variance					
of species data	12.2	15.3	17.0	17.6	
of species-environment relation:	66.6	83.6	93.0	96.6	
Sum of all eigenvalues					3.311
Sum of all canonical eigenvalues					0.604

Summary of Monte Carlo test

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.403
 F-ratio = 13.843
 P-value = 0.0020

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.604
 F-ratio = 3.721
 P-value = 0.0020

Tabel 6b: CCA karakteristieken behorende bij de ordinatie in figuur 13b.

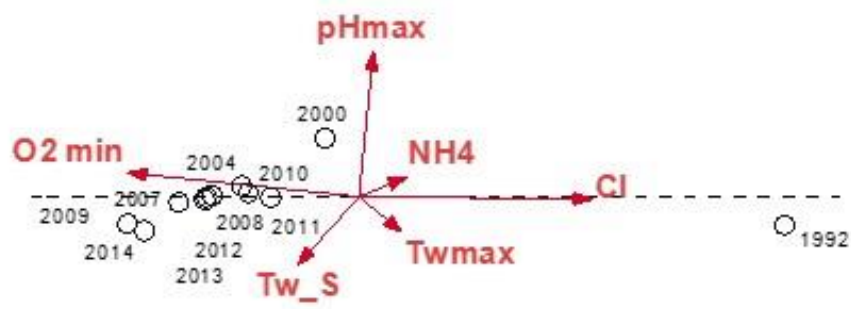
Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues	0.090	0.038	0.022	0.019	0.979
Species-environment correlations	0.674	0.564	0.600	0.434	
Cumulative percentage variance					
of species data	9.2	13.1	15.4	17.3	
of species-environment relation	51.8	73.9	86.5	97.2	
Sum of all eigenvalues					0.979
Sum of all canonical eigenvalues					0.174

Summary of Monte Carlo test

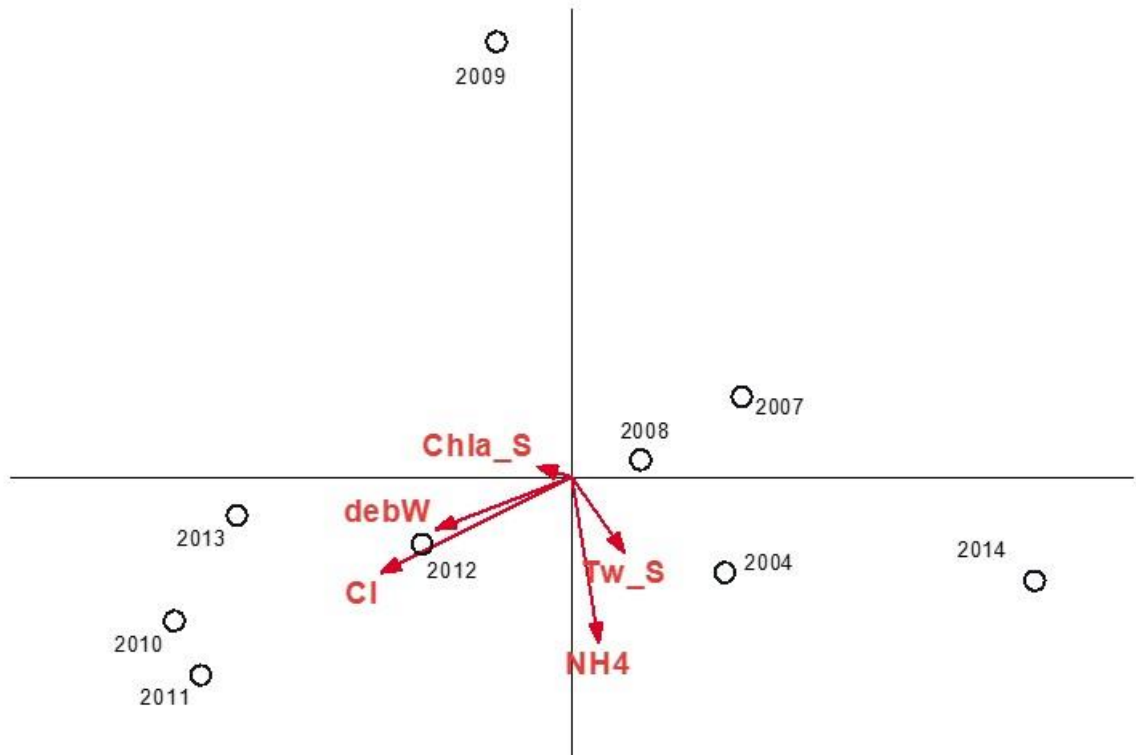
Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.090
 F-ratio = 7.397
 P-value = 0.0020

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.174
 F-ratio = 3.151
 P-value = 0.0020

○ 1996



Figuur 13a: Canonical Correspondence Analysis (CCA) van MWTL-macrofauna gegevens 1992-2014 in relatie tot significant geselecteerde milieuv variabelen.



Figuur 13b: Canonical Correspondence Analysis (CCA) van MWTL-macrofauna gegevens 2004-2014 in relatie tot significant geselecteerde milieuv variabelen.

Conclusies

- De milieu-omstandigheden zoals gemeten op de vier monitorlocaties variëren sterk tussen de jaren.
- Het is echter onwaarschijnlijk dat de gemeten chemische waterkolomparameters bepalend zijn voor de macrofaunasamenstelling in het Markermeer. De fysische variabelen spelen een grotere rol.

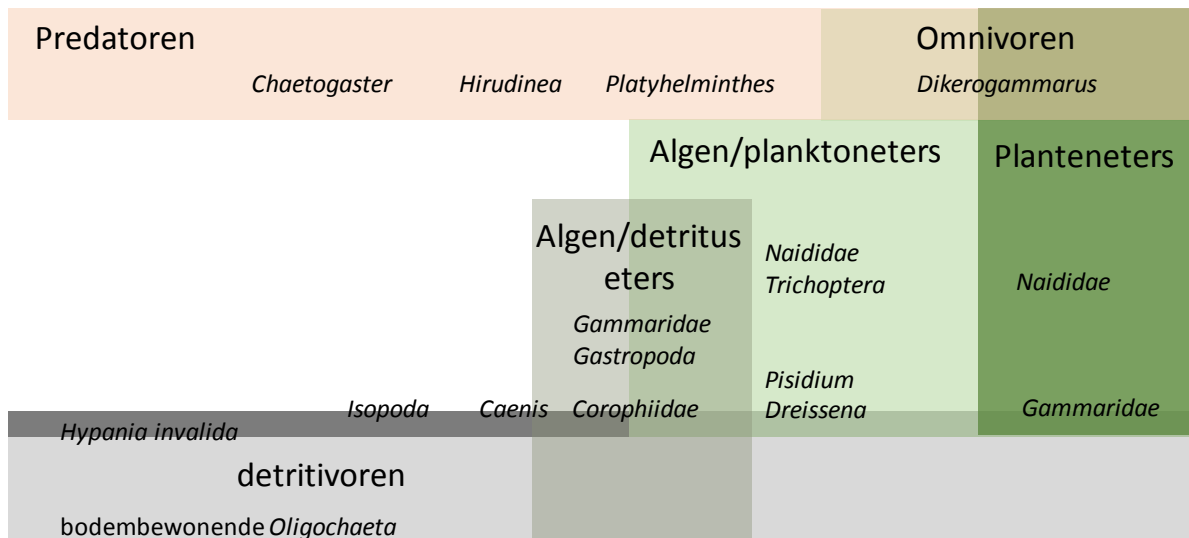
3.6 Hoe belangrijk zijn de verschillende soorten/soortgroepen in het voedselweb?

Aanpak

Op basis van de vlakdekkende bodemmacrofauna bemonstering en de MWTL-gegevens is in de vorige paragrafen de macrofauna in het Markermeer geanalyseerd. In deze paragraaf wordt beschreven wat de voedselrelaties van de taxa zijn en welke bijdrage de bodemmacrofauna aan het voedselweb van het Markermeer kan leveren.

Resultaten

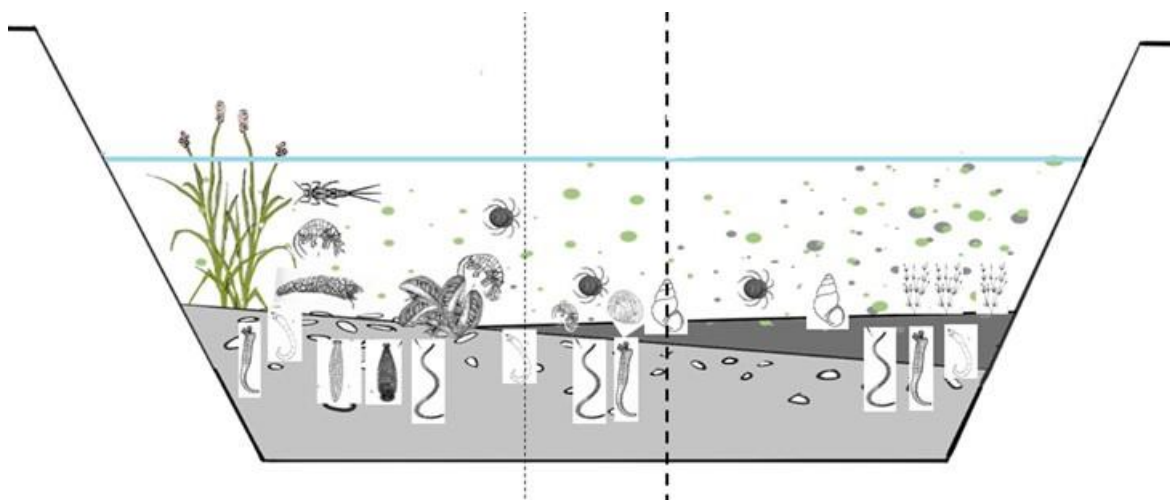
Er bestaan verschillende weergaven van het voedselweb van het Markermeer (Lammens 2001, Noordhuis et al. 2014). In deze studie is de voedselstroom via bodemmacrofauna gespecificeerd op basis van de beschrijving van de in het Markermeer waargenomen macrofauna. In het Markermeer zijn macrofaunataxa met uiteenlopende voedselstrategieën aangetroffen, namelijk detritivoren, algeneters, planteneters, en combinaties daarvan, omnivoren en predatoren (Figuur 14).



Figuur 14: Macrofauna voedselweb in en op de bodem van het Markermeer. De gekleurde blokken geven verschillende voedselstrategieën (detritivoren, planktoneters, algeneters, planteneters, omnivoren, predatoren) weer. Per strategie zijn de namen van de belangrijkste taxonomische macrofaunagroepen van betreffende groep weergegeven.

De Annelida (wormen) in het meer behoren vooral tot de bodembewonende detritivoren, maar er komen onder de wormen ook planten en algen etende *Naididae* voor, en predatoren als *Chaetogaster diaphanus*, *Platyhelminthes* en *Hirudinea*. *Crustacea* als *Corophium*, *Gammaridae* en *Isopoda* voeden zich met detritus, plantenmateriaal, algen, fytoplankton en dierlijke resten. De voedselvoorkeur binnen deze groep en ook binnen de Chironomidae varieert per soort en is afhankelijk van de beschikbaarheid van de voedselbronnen. *Bivalvia* zijn filteraars die afhankelijk zijn van fytoplankton in de waterlaag. De *Gastropoda* in het Markermeer zijn grazers die voornamelijk algen eten.

De kennis van ruimtelijke patronen van macrofaunagemeenschappen in het Markermeer biedt de mogelijkheid om het voedselweb ruimtelijk te specificeren. De verschillen in macrofaunasamenstellingen in structuurrijkere west-zuidelijk deel versus diepere structuurarme centraal-oostelijk deel (Figuur 15) heeft invloed op het lokale voedselweb en dus het foerageer succes van predatoren. Het macrofauna voedselweb in het diepere deel is volledig gebaseerd op detritivoren, dat van het soortenrijkere ondiepere deel heeft een complexere samenstelling met detritivoren, algeneters, planteneters, predatoren en combinaties daarvan.



Figuur 15: Illustratie van de macrofaunagemeenschappen in het Markermeer, waarbij links van de vetgedrukte stippellijn de macrofaunagemeenschappen van het westen en zuiden en rechts die van het midden en oostelijk deel van het meer. De dunne stippellijn geeft de overgangszone tussen de twee biotopen weer.

Toch zijn de dichtheden van alle niet-detritivoren relatief laag. De hoge aantallen detritivoren duiden op een grote opname en omzetting van organisch materiaal uit de bodem. Dit betekent dat die omzetting in het Markermeer waarschijnlijk geen probleem vormt. De lage dichtheden van overige macrofaunagroepen doet echter vermoeden dat de niet-detritivore organismen moeilijker tot voldoende aantallen kunnen komen. Dit hoeft niet aan de voedselbeschikbaarheid te liggen, maar kan ook een gevolg van gebrek aan structuur (vestigingsmogelijkheden) of andere milieu-omstandigheden zijn. De meeste organismen die wel in het westen-zuiden van het meer voorkomen maar niet in het diepere deel zijn allemaal soorten met een voorkeur voor stevige substraten.

Conclusies

- Macrofauna speelt een centrale rol in het Markermeer voedselweb omdat het meer een rijke bodemsliblaag heeft. Dit is materiaal dat door de macrofauna wordt omgezet. De macrofauna is onderdeel van het hele voedselweb en vormt op basis van de aanwezige soorten en hun aantallen ook onderling een deelvoedselweb.
- Het macrofauna deelvoedselweb in het Markermeer bestaat vooral uit detritivoren en algen- en planktoneters. Daarnaast komen diverse andere voedselstrategieën voor, maar deze groepen blijven laag in dichtheid.
- De hoge aantallen detritivoren geven aan dat het geen probleem is voor detritivoren om organisch materiaal uit de bodem op te nemen en om te zetten.
- Om het voedselweb in het centrale en oostelijke deel van het meer verder te verbeteren is meer (>25% bedekking) habitatstructuur (harde substraten, kunstriffen, dood hout) nodig.

3.7 Wat betekenen de ontwikkelingen in de macrofaunagemeenschappen in het Markermeer voor de draagkracht?’

Aanpak

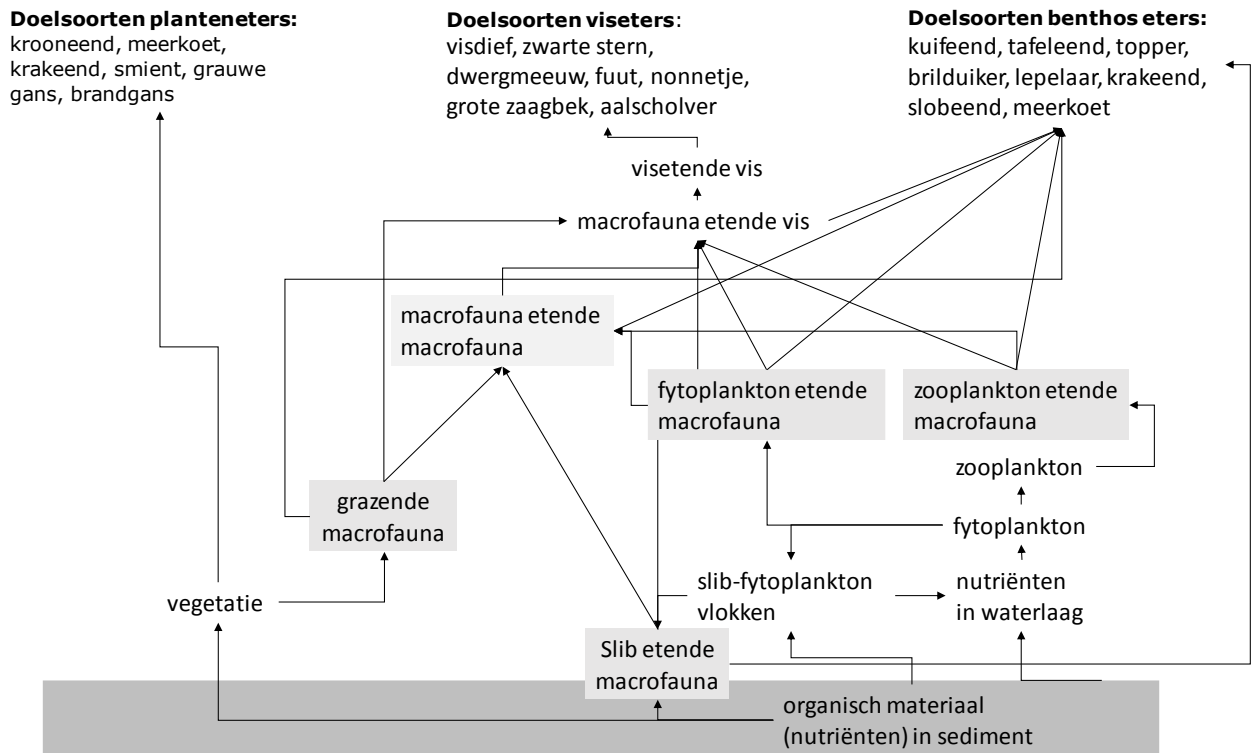
De uit de MWTL-analyse aanwijzingen voor veranderingen in aantallen en soortensamenstellingen worden door vertaald naar de draagkracht van het Markermeer wat betreft bodemfauna als bron van prooidieren voor vissen en vogels.

Resultaten

De voedselstromen in het Markermeer voedselweb lopen via fytoplankton, vegetatie en detritus als primaire voedselbronnen door naar de hogere trofische niveaus met als top vissen en vogels (Figuur 16). Het pad via de rechtstreekse opname van organisch materiaal door detritivoren is hierin van groot belang aangezien de detritivoren de meest abundante macrofaunagroep is in het Markermeer.

De bodemmacrofauna in het Markermeer vormt een voedselweb op zich met soorten die voedingsstoffen in de vorm van dood en levend organisch materiaal uit de bodem, het water en andere organismen kunnen opnemen. Voor vogels en vissen die foerageren op het Markermeer vormt de macrofauna een belangrijke voedselbron. De afname van de aantallen vogels en vissen op en in het Markermeer wordt door verschillende studies toegeschreven aan veranderingen in voedselbeschikbaarheid. Vogels en vissen zijn afhankelijk van de hoeveelheid prooidieren in het meer. Afnemende aantallen macrofauna betekent minder voedsel voor vissen en vogels, maar ook een lagere trefkans waardoor het ook moeilijker wordt om de prooidieren die nog wel aanwezig zijn te vangen. Dit maakt de aanwezigheid van macrofauna en de rol van macrofauna in het Markermeer een belangrijke factor voor de draagkracht van het Markermeer.

Momenteel is de draagkracht in het westelijk deel van het meer groter omdat daar meer macrofauna beschikbaar is. Het IJmeer levert echter nog steeds het grootste aanbod.



Figuur 16: Schematische voorstelling van het voedselweb van het Markermeer. De pijlen geven aan hoe de voedselstroom richting top van het voedselweb, de vogels, loopt. De grijze vlakken indiceren de macrofaunagroepen.

Conclusie

Er is in het Markermeer voedselweb sprake van verschillende voedselketens (Figuur 16), waarbij macrofauna steeds een centrale rol speelt in de doorstroom van stoffen uit de bodem, de waterlaag en vegetatie. Schaarste of overvloed van bepaalde voedselbronnen heeft gevolgen voor organismen met een bepaalde strategie. Vogels foerageren op vissen, macrofauna (incl. mosselen), algen en vegetatie in het Markermeer.

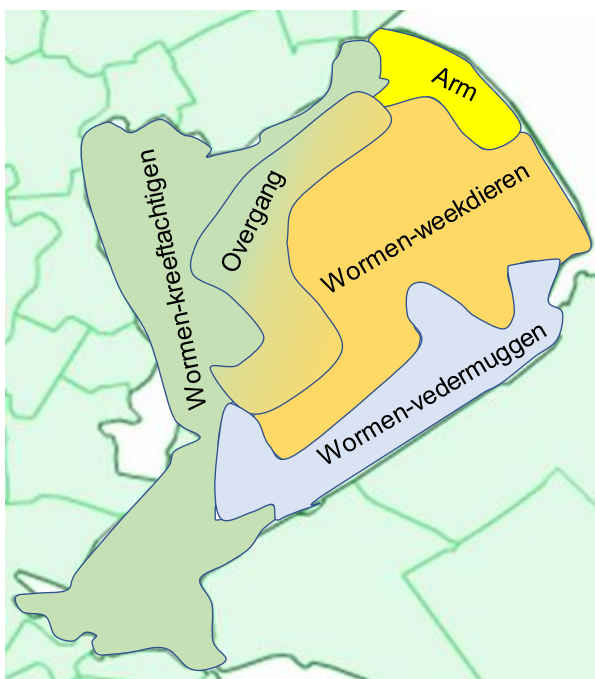
Aanbeveling

- Het berekenen van de beschikbare biomassa van deze voedselbronnen in combinatie met een analyse van de benodigde hoeveelheid voedsel die diverse toppredatoren nodig hebben om te overleven, geeft inzicht in de gekwantificeerde draagkracht van het Markermeer.
- Hoeveel vissen en vogels het Markermeer van voldoende voedsel kan voorzien op basis van de macrofauna beschikbaarheid kan worden berekend. Daarvoor dienen de series B t/m D (de replica's) te worden gedetermineerd om de spreiding voldoende betrouwbaar in beeld te krijgen. Daarnaast is ook kwantitatieve informatie nodig over het dieet van de betreffende vogels en vissen.

4 Conclusies

Macrofaunagemeenschappen in het Markermeer in 2016

- De macrofauna van het Markermeer bestaat vooral uit *Oligochaeta* en *Polychaeta* (*Hypania invalida*) die op alle locaties voorkomen, soms in grote aantallen.
- Er zijn slechts 69 soorten uit de volgende 11 macrofauna hoofdgroepen aangetroffen: *Oligochaeta*, *Polychaeta*, *Hirudinea*, *Platyhelminthes*, *Chironomidae*, *Crustacea*, *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Hydrachnellae*, *Ephemeroptera* en *Trichoptera*.
- De *Crustacea* in het Markermeer zijn vooral Ponto-Kaspische *Gammaridae*, *Isopoda*, *Mysidae* en *Corophiidae*.
- Het ruimtelijke patroon in macrofaunasamenstelling (figuur 6) onderscheidt gemeenschappen in vijf zones: het westelijke, het centrale en oostelijke deel, het noordoostelijke en het zuidelijke gedeelte van het Markermeer en één overgangszone.
 - In het westelijke en zuidelijke deel van het meer komen naast wormen *Hydrachnellae*, *Crustacea* en *Chironomidae* voor (cluster 1: wormen-kreeftachtigen).
 - In het oostelijke en centrale deel van het Markermeer komen naast wormen veel andere soorten voor zoals *Hydrachnellae*, *Crustacea*, *Chironomidae*, *Gastropoda* en *Bivalvia* (cluster 4: wormen-weekdieren).
 - Op de zandige locaties in het noordoostelijke deel langs de Houtribdijk komen aan soortenarme gemeenschappen voor (cluster 2: arm).
 - In het zuidoostelijke deel komen vooral *Annelida*, *Hydrachnellae* en predatore *Chironomidae* voor (cluster 3: wormen-vedermuggen).
 - Er is een overgangszone tussen cluster 1 en cluster 4, respectievelijk de gemeenschap in het westen en die in het centrale en oostelijke deel van het meer. Een zone waar relatief veel *Corophium*, juveniele *Gammaridae*, *Pisidium* en *Gastropoda* voorkomen (overgang).
- De ruimtelijke verdeling van macrofaunagroepen komt alleen voor twee wijdverspreide gemeenschappen overeen met de beschikbare milieu-omstandigheden: een ondieper habitat met een kleiige bodem en restanten van Zuiderzeeschelpen en klompjes *Dreissena* dat overeenkomsten heeft met cluster 1, en hogere waarden voor doorzicht, lutum en zuurstofconcentraties en het diepere deel van het Markermeer met een bodem van klei en slib die weinig structuur biedt voor macrofauna en dat overeenkomsten heeft met cluster 4.
- Het beschouwen van het Markermeer in de topografische deelgebieden; Markermeer Noord, -Midden en -Zuid, Hoornsche Hop, Gouwzee en IJmeer, past niet bij de ruimtelijke patronen van macrofauna, noch van milieu-omstandigheden. Een onderverdeling in macrofaunagroep gebaseerde zones is meer passend (zie de clusterverdeling in figuur 6).



Analyse en bruikbaarheid van de MWTL-monsters 1992-2014

- De oudere MWTL-monsters van 1992-2000 zijn niet vergelijkbaar met de meer recente monsters vanaf 2004. De eerste serie is te variabel door grote verschillen in bemonsteringsmethoden en locaties. De tweede serie (en vooral de gestandaardiseerde MWTL-bemonstering met box corer vanaf 2007) laat een homogener beeld met wel een te grote variatie in macrofauna aantallen tussen jaren en waarbij replica's ontbreken. Daarom zijn op basis van de MWTL-monsters geen langere termijn ontwikkelingen zichtbaar.
- Het samenvoegen van replica's tot een mengmonster in de MWTL-monsters beperkt de mogelijkheden om statistisch onderbouwde uitspraken te kunnen doen over ontwikkelingen van de macrofauna in het Markermeer. Deze werkwijze wordt afgeraden.
- De negen voor MWTL geselecteerde locaties gelijken, op basis van de abiotiek van de MWTL-monsters vanaf 2004, slechts enigszins op twee macrofaunagroepen (clusters 1 en 4) in het Markermeer, onderscheiden op basis van de kartering uitgevoerd in 2016: die van het centrale en oostelijke deel van de Markermeer (cluster 4) met vooral *Oligochaeta* en *Polychaeta* (*Hypania invalida*) en in het centrale deel ook *Gastropoda*, en die in het westelijke en zuidelijke deel met een meer (cluster 1) gevarieerde macrofauna met *Dreissena* en *Crustacea* (*Gammaridae*, *Corophiidae*, *Isopoda* en *Mysidae*). De MWTL-monitoring is onvoldoende representatief voor de macrofaunagemeenschappen in het Markermeer en geadviseerd wordt de MWTL-monitoring hierop aan te passen.
- De milieu-omstandigheden op de vier RWS-meetpunten in het Markermeer verschilden meer in de tijd (per jaar) dan ruimtelijk (per locatie). Dit verschil is niet zichtbaar in de macrofauna hetgeen erop duidt dat er onvoldoende intensief is gemeten, er op de verkeerde plaatsen is gemeten, de omstandigheden sowieso te ongunstig zijn voor macrofauna of dat niet de juiste milieuparameters zijn gemeten omdat de relatie tussen macrofauna en het meer vooral via de waterbodem verloopt en dus waterbodemparameters gemeten zouden moeten worden. Geadviseerd wordt hier extra aandacht aan te schenken in toekomstige MWTL-monitoring.
- Het wordt aanbevolen om in de toekomst de replica's apart te verwerken en op te nemen in de dataset waardoor een statistische analyse mogelijk wordt. Daarnaast wordt aanbevolen meer locaties op te nemen en te spreiden over de besproken vijf zones in het meer (Figuur 6b). Ook verdient de bemonsteringsmethode aandacht waarbij de representativiteit nader onderzocht dient te worden. Geadviseerd wordt om met minimaal 3 maar bij voorkeur 5 replica's te gaan werken.

De macrofauna en hun rol in het voedselweb

- De wormen (met name oligochaeten) zijn de meest talrijke en soortenrijke groep in het Markermeer, vooral in het centrale en oostelijke deel. In het westelijke en zuidelijke deel is het meer ondieper is en zorgen *Dreissena*-schelpen, oude zeeschelpen en waterplanten voor meer structuur. Hier komen ook organismen voor die structuur nodig hebben zoals driehoeksmosselen, gammariden en slijkgarnalen. Op de overgang tussen deze twee milieus worden veel kleine bivalven aangetroffen; voornamelijk erwtenmossels en kleine quagga mosselen.
- Het merendeel van de crustaceën, bivalven en polychaeten in het Markermeer zijn van origine Ponto-Kaspische soorten die via rivierconnecties het meer bereikt hebben.
- Macrofauna speelt een belangrijke rol in het Markermeer en vormt een deelvoedselweb binnen het voedselweb van het hele meer dat gebaseerd is op detritivoren en algen- en planteneters.
- Om de diversiteit en dichtheid van de bodembewonende macrofauna in het centrale en oostelijke deel van het meer verder te verbeteren is of meer structuur in de vorm van harde substraten, zoals waterplanten, nodig.

Literatuur

- Bij de Vaate A. en E.A. Jansen (2012) Driehoeks- en quaggamosselen in Marker- en IJsselmeer: resultaten van onderzoek uitgevoerd in de periode juni 2009 t/m juni 2012. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2012/02.
- Bij de Vaate A. en E.A. Jansen (2016) De dichtheid van quagga- en driehoeksmosselen in het Markermeer: resultaten van de kartering uitgevoerd in 2016.
- Brongers I. (2001) Inventarisatie driehoeksmosselen Markermeer 2000. Rijkswaterstaat-RDIJ report 2001-4, 99pp.
- Lammens (2001) Het voedselweb van IJsselmeer en Markermeer. De levende natuur 102 (5): 210-214
- Noordhuis R. (red.) (2000) Biologische monitoring zoete rijkswateren: Watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer. RIZA report 2000.050
- Noordhuis R. (2001) Macrofauna in het IJsselmeergebied. De Levende Natuur 102(5): 231-236
- Noordhuis R. (2010) Ecosysteem IJsselmeergebied: nog altijd in ontwikkeling. Trends en ontwikkelingen in water en natuur van het Natte Hart van Nederland. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad.
- Noordhuis R. en Blaas M. (2016) Monitoring van doorzicht en gerelateerde parameters in het Markermeer-IJmeer. Deltares rapport 1221256-000. 107pp.
- Noordhuis R, S. Groot, M. Dionisio Pires en M. Maarse (2014) Wetenschappelijk eindadvies ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen. Deltares rapport 1207767-000
- Peck J.E. (2010) Multivariate Analysis for Community Ecologists: Step-by-Step using PC-ORD. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software Design
- RWS-RIJP (1982) Het Markermeer: informatie voor het beheer als open water. Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken/Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders report, 154pp.
- Ter Braak C.J.F. & Smilauer P. (2012) Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination (version 5.0). Microcomputer Power, Ithaca, New York
- Van Tongeren O. (1986) FLEXCLUS, an interactive flexible cluster program. Acta. Botanica Neerlandica, 35; 137-142

Bijlage 1 Overzicht van samenvoelingen van taxa (taxonomische afstemming) van de macrofauna gegevensbestanden.

taxonomie in dataset 2016 vervolg	TWN code	code na afstemming
<i>Jaera istri</i>	JAERISTR	JAERISTR
taxon in dataset 2016	TWN code	code na afstemming
<i>Alboglossiphonia</i>	ALGL	ALGL
<i>Aulodrilus pluriseta</i>	AUDRPLUR	AUDRPLUR
<i>Branchiura sowerbyi</i>	BRHISOWE	BRHISOWE
<i>Chaetogaster juv</i>	CHTEjuv	CHTEDIAP
<i>Chaetogaster diaphanus</i>	CHTEDIAP	CHTEDIAP
<i>Dero digitata</i>	DERODIGI	DERODIGI
<i>Enchytraeidae juv</i>	ENEIjuv	ENEIjuv
<i>Ilyodrilus templetoni</i>	ILDRTEMP	ILDRTEMP
<i>Limnodrilus claparedianus</i>	LIDRCLAA	LIDRCLAA
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	LIDRHOFH	LIDRHOFH
<i>Limnodrilus profundicola</i>	LIDRPROF	LIDRPROF
<i>Potamothenix bavaricus</i>	POTHBAVA	POTHBAVA
<i>Potamothenix hammoniensis</i>	POTHHAMM	POTHHAMM
<i>Potamothenix vejnovskyi</i>	POTHVEJD	POTHVEJD
<i>Psammoryctides barbatus</i>	PSMMBARB	PSMMBARB
<i>Quistadrilus multisetosus</i>	QUSTMULT	QUSTMULT
<i>Stylaria lacustris</i>	STLALACU	STLALACU
<i>Tubificidae juv</i>	TUFIjuv	TUFIjuv
<i>Uncinails uncinata</i>	UNCIUNCI	UNCIUNCI
<i>Hypania invalida</i>	HYPAINVA	HYPAINVA
<i>Laonome sp</i>	LAON	LAON
<i>Dendrocoelum romanodanubiale</i>	DEOCROMA	DEOCROMA
<i>Dugesia juv</i>	DUGEjuv	DUGELUGB
<i>Dugesia lugubris/polychroa</i>	DUGELUGB	DUGELUGB
<i>Hydrachnellae</i>	ARAC	verwijderd
<i>Forelia variegator</i>	FOREVARI	FOREVARI
<i>Hygrobates nigromaculatus</i>	HYTENIGR	HYTENIGR
<i>Limnesia marmorata</i>	LISIMARM	LISIMARM
<i>Piona juv</i>	PINAJuv	PINA
<i>Piona conglobata</i>	PINACONG	PINA
<i>Piona pusilla</i>	PINAPUSL	PINA
<i>Hydra</i>	HYDR	HYDR
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	CHLICURV	COPH
<i>Chelicorophium robustum</i>	CHLIROBU	COPH
<i>Corophiidae juv</i>	COPHjuv	COPH
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	DIKEHAEM	GAMM
<i>Dikerogammarus villosus</i>	DIKEVILL	GAMM
<i>Gammarus juv</i>	GAMM	GAMM
<i>Gammarus tigrinus</i>	GAMMTIGR	GAMM
<i>Cyathura carinata</i>	CYATCARI	CYATCARI

<i>Limnomysis benedeni</i>	LIMYBENE	LIMYBENE
<i>Chironomini juv</i>	CHROjuv	CHON
<i>Chironomus juv</i>	CHONjuv	CHON
<i>Chironomus plumosus agg.</i>	CHONPLUA	CHON
<i>Cladotanytarsus</i>	CLAD	CLAD
<i>Cricotopus cf cylindraceus/festivellus</i>	CRICCYGR	CRICCYGR
<i>Cryptochironomus</i>	CRCH	CRCH
<i>Dicrotendipes nervosus</i>	DITENERV	DITENERV
<i>Glyptotendipes</i>	GLTO	GLTO
<i>Glyptotendipes paripes</i>	GLTOPARI	GLTO
<i>Microchironomus juv</i>	MICHjuv	MICH
<i>Microchironomus tener</i>	MICHTENE	MICH
<i>Microtendipes chloris gr.</i>	MITECHGR	MICH
<i>Parachironomus</i>	PACH	PACH
<i>Paratanytarsus</i>	PATA	PATA
<i>Polypedilum juv</i>	POPEjuv	POPE
<i>Polypedilum bicrenatum</i>	POPEBICR	POPE
<i>Polypedilum nubeculosum</i>	POPENUBE	POPE
<i>Procladius</i>	PRDI	PRDI
<i>Psectrocladius</i>	PSCL	PSCL
<i>Pseudochironomus</i>	PSCH	PSCH
<i>Psychodidae</i>	PSDI	PSDI
<i>Stictochironomus</i>	STTO	STTO
<i>Tanytarsus</i>	TANY	TANY
<i>Tanytarsini (pop)</i>	TATApop	TANY
<i>Caenis horaria</i>	CANIHORA	CANIHORA
<i>Agraylea multipunctata</i>	AGRAMULT	AGRAMULT
<i>Oecetis ochracea</i>	OECEOCHR	OECEOCHR
<i>Corbicula juv</i>	CORBjuv	CORB
<i>Corbicula fluminea</i>	CORBFLNE	CORB
<i>Dreissena juv</i>	DREIjuv	DREI
<i>Dreissena bugensis</i>	DREIBUGE	DREI
<i>Dreissena polymorpha</i>	DREIPOLY	DREI
<i>dreissena geschat uit biovolume</i>	DREI	DREI
<i>Pisidium juv</i>	PISIJuv	PISI
<i>Pisidium amnicum</i>	PISIAMNI	PISI
<i>Pisidium casertanum</i>	PISICASE	PISI
<i>Pisidium henslowanum</i>	PISIHENS	PISI
<i>Pisidium milium</i>	PISIMILI	PISI
<i>Pisidium moitessierianum</i>	PISIMOIT	PISI
<i>Pisidium subtruncatum</i>	PISISUBT	PISI
<i>Ancyclus fluviatilis</i>	ANCYFLUV	ANCYFLUV
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	POPYANTI	POPYANTI
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	THODFLUV	THODFLUV
<i>Valvata piscinalis</i>	VALVPISC	VALVPISC

taxon in MWTL dataset	zwe code	code in clustering
<i>Dugesia sp</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Dendrocoelum romanodanubiale</i>	DEOCROMA	DEOCROMA
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	THODFLUV	THODFLUV
<i>Valvata piscinalis</i>	VALVPISC	VALVPISC
<i>Viviparus viviparus</i>	VIPAVIVI	VIPAVIVI
<i>Hydrobiidae</i>	HYRO	verwijderd
<i>Bithynia leachii</i>	BINILEAC	BINILEAC
<i>Bithynia tentaculata</i>	BINITENT	BINITENT
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	POPYANTI	POPYANTI
<i>Ancylus fluviatilis</i>	ANCYFLUV	ANCYFLUV
<i>Lymnaea stagnalis</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Radix balthica</i>	RADIBALT	RADIBALT
<i>Radix labiata</i>	RADILABI	RADILABI
<i>Radix auricularia</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Physidae</i>	PHSI	verwijderd
<i>Anodonta anatina</i>	ANODANAT	ANODANAT
<i>Pseudanodonta sp</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Unio pictorum</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Unio tumidus</i>	UNIOTUMI	UNIOTUMI
<i>Pisidium sp (juv?)</i>	PISI	PISI
<i>Pisidium amnicum</i>	PISIAMNI	PISI
<i>Pisidium casertanum</i>	PISICASE	PISI
<i>Pisidium casertanum plicatum</i>	PISICAPL	PISI
<i>Pisidium henslowanum</i>	PISIHENS	PISI
<i>Pisidium milium</i>	PISIMILI	PISI
<i>Pisidium moitessierianum</i>	PISIMOIT	PISI
<i>Pisidium nitidum</i>	PISINITI	PISI
<i>Pisidium pulchellum</i>	PISIPULC	PISI
<i>Pisidium subtruncatum</i>	PISISUBT	PISI
<i>Pisidium supinum</i>	PISISUPI	PISI
<i>Dreissena sp (juv?)</i>	DREI	DREI
<i>Dreissena bugensis</i>	DREIBUGE	DREI
<i>Dreissena polymorpha</i>	DREIPOLY	DREI
<i>Corbicula sp (juv?)</i>	CORB	CORB
<i>Corbicula fluminea</i>	CORBFLNE	CORB
<i>Hypania invalida</i>	HYPAINVA	HYPAINVA
<i>Theromyzon tessulatum</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Glossiphonia complanata</i>	GLSICOMP	GLSICOMP
<i>Helobdella stagnalis</i>	HEBDSTAG	HEBDSTAG
<i>Alboglossiphonia heteroclita</i>	ALGLHETE	ALGLHETE
<i>Piscicola geometra</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Erpobdella sp (juv?)</i>	ERPO	ERPO
<i>Erpobdella octoculata</i>	ERPOOCTO	ERPO
<i>Erpobdella testacea</i>	buiten selectie	buiten selectie

<i>Chaetogaster diaphanus</i>	CHTEDIAP	CHTEDIAP
<i>Nais barbata</i>	NAISBARB	NAISBARB
<i>Nais pardalis</i>	NAISPARD	NAISPARD
<i>Stylaria lacustris</i>	STLALACU	STLALACU
<i>Tubificidae</i>	TUFI	TUFI
<i>Tubifex tubifex</i>	TUFETUBI	TUFETUBI
<i>Limnodrilus claparedianus</i>	LIDRCLAA	LIDRCLAA
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	LIDRHOFF	LIDRHOFF
<i>Limnodrilus profundicola</i>	LIDRPROF	LIDRPROF
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	LIDRUDEK	LIDRUDEK
<i>Psammoryctides barbatus</i>	PSMMBARB	PSMMBARB
<i>Psammoryctides moravicus</i>	PSMMMORA	PSMMMORA
<i>Potamothrix sp (juv?)</i>	POTH	verwijderd
<i>Potamothrix bavaricus</i>	POTHBAVA	POTHBAVA
<i>Potamothrix hammoniensis</i>	POTHHAMM	POTHHAMM
<i>Potamothrix moldaviensis</i>	POTHMOLD	POTHMOLD
<i>Potamothrix vejdvskyi</i>	POTHVEJD	POTHVEJD
<i>Ilyodrilus templetoni</i>	ILDRTEMP	ILDRTEMP
<i>Aulodrilus limnobius</i>	AUDRLIMN	AUDRLIMN
<i>Aulodrilus pigueti</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Aulodrilus pluriseta</i>	AUDRPLUR	AUDRPLUR
<i>Branchiura sowerbyi</i>	BRHISOWE	BRHISOWE
<i>Quistadrilus multisetosus</i>	QUSTMULT	QUSTMULT
<i>Lumbriculus variegatus</i>	LURIVARI	LURIVARI
<i>Eiseniella tetraedra</i>	EISETETR	EISETETR
<i>Hydrachnellae</i>	ARAC	verwijderd
<i>Limnesia sp</i>	LISI	LISI
<i>Limnesia marmorata</i>	LISIMARM	LISI
<i>Limnesia undulata</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Hygrobates sp</i>	HYTE	HYTE
<i>Hygrobates nigromaculatus</i>	HYTENIGR	HYTE
<i>Hygrobates trigonicus</i>	HYTETRIG	HYTE
<i>Piona sp</i>	PINA	PINA
<i>Piona coccinea</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Piona imminuta</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Piona conglobata</i>	PINACONG	PINA
<i>Piona pusilla</i>	PINAPUSL	PINA
<i>Forelia sp</i>	FORE	FORE
<i>Neomysis integer</i>	NEOMINTE	NEOMINTE
<i>Proasellus meridianus</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Jaera istri</i>	JAERISTR	JAERISTR
<i>Cyathura carinata</i>	CYATCARI	CYATCARI
<i>Corophiidae juv</i>	COROjuv	CORO
<i>Chelicorophium robustum</i>	CHLIROBU	CORO
<i>Chelicorophium sowinskyi</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Apocorophium lacustre</i>	APOCLACU	CORO

<i>Chelicorophium curvispinum</i>		CHLICURV	CORO
<i>Gammaridae juv</i>		GAMAJUV	GAMA
<i>Gammarus juv</i>		GAMMJUV	GAMA
<i>Gammarus tigrinus</i>		GAMMTIGR	GAMA
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Dikerogammarus villosus</i>		DIKEVILL	GAMA
<i>Orconectes limosus</i>		ORCOLIMO	ORCOLIMO
<i>Caenis luctuosa</i>		CANILUCT	CANILUCT
<i>Chironomus sp (juv?)</i>		CHON	CHON
<i>Chironomus muratensis</i>		CHONMURA	CHON
<i>Chironomus nudiventris</i>		CHONNUVE	CHON
<i>Chironomus plumosus agg</i>		CHONPLUM	CHON
<i>Cryptochironomus sp</i>		CRCH	CRCH
<i>Dicrotendipes nervosus</i>		DITENERV	DITENERV
<i>Endochironomus albipennis</i>		ENDOALBI	ENDOALBI
<i>Glyptotendipes scirpi</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Glyptotendipes pallens</i>		GLTOPALL	GLTOPALL
<i>Glyptotendipes paripes</i>		GLTOPARI	GLTOPARI
<i>Harnischia sp</i>		HARN	HARN
<i>Lipiniella sp</i>		LIPI	LIPI
<i>Microchironomus tener</i>		MICHTENE	MICHTENE
<i>Microtendipes gr chloris</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Parachironomus sp (juv?)</i>		PACH	PACH
<i>Parachironomus biannulatus</i>		PACHBIAN	PACH
<i>Parachironomus vitiosus</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Parachironomus gr arcuatus</i>		PACHARCU	PACH
<i>Polypedilum sp</i>		POPE	POPE
<i>Polypedilum gr bicrenatum</i>		POPEBICR	POPE
<i>Polypedilum scalaenum</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Polypedilum nubeculosum</i>		POPENUBE	POPE
<i>Stictochironomus sp</i>		STTO	STTO
<i>Einfeldia sp</i>		EINF	EINF
<i>Cladotanytarsus sp (juv?)</i>		CLAD	CLAD
<i>Cladotanytarsus gr mancus</i>		CLADMANC	CLAD
<i>Cladotanytarsus atridorsum</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Paratanytarsus dissimilis agg</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Micropsectra sp</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Tanytarsus sp</i>		TANY	TANY
<i>Limnophyes sp</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Psectrocladius sordidellus/limbatellus</i>	gr	PSCLSOGO	PSCLSOGO
<i>Cricotopus bicinctus</i>		CRICBICI	CRICBICI
<i>Cricotopus intersectus agg</i>		buiten selectie	buiten selectie
<i>Cricotopus gr sylvestris</i>		CRICSYLV	CRICSYLV
<i>Clinotanypus nervosus</i>		CLTANERV	CLTANERV
<i>Ablabesmyia sp</i>		ABLA	ABLA
<i>Conchapelopia agg</i>		CONC	CONC

<i>Leptoceridae</i>	LECE	LECE
<i>Mystacides niger</i>	buiten selectie	buiten selectie
<i>Oecetis ochracea</i>	OECEOCHR	OECEOCHR
<i>Molanna angustata</i>	MONAANGU	MONAANGU
<i>Ecnomus tenellus</i>	ECNOTENE	ECNOTENE
<i>Elophila nymphaeata</i>	ELOPNYMP	ELOPNYMP
<i>Acentria ephemerella</i>	ACEN	ACEN
<i>Prostoma</i>	PROM	PROM
<i>Schmidtea</i>	SCHM	SCHM
<i>Procladius sp</i>	PRDI	PRDI

NB: de term 'buiten selectie' betekent dat het taxon slechts 1 keer aangetroffen is in de dataset en op locaties in de Gouwzee, of locaties die slechts 1 keer bezocht zijn in 92-96 en met handnet zijn bemonsterd. Om die reden zijn deze soorten buiten de selectie gehouden.

Bijlage 2 De vijftien MWTL locaties met de vier macrofauna bemonsteringsmethoden in het Markermeer. De eerste negen locaties zijn meegenomen in de analyse 2007-2015.

Limsnr	Loc_name	X-monster	Y-monster	datum	Veldapparaat	bem opp in m2
2016007403	APPHWT	149000	515000	26-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007404	EDOTmp361	137000	507000	27-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007430	HOORNSHP317	135000	513000	26-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007434	LELSHVWT	151000	501000	28-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007435	MARKMMDN352	147000	509000	28-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007436	MARKMWT356	155000	509000	26-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007437	MARKMZD	137000	495000	27-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007440	PAMPND	135000	489000	27-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007445	VOLDOT	139000	501000	27-9-2016	Boxcorer	0.294
2016007447	HOFD	134700	483480	10-10-2016	Macrofaunahandnet	1.5
2016007448	WARDR_1	131263	508535	10-10-2016	Macrofaunahandnet	1.5
2016007491	SCHELLHT	137039	516030	10-10-2016	Macrofaunahandnet	1.5
2016007498	WARDR_2	131242	508558	10-10-2016	Stenengrijper(handmatig)	0.299
2016007536	HOUTRDMKMZD	158550	513520	11-10-2016	Stenezak	8 liter
2016007537	OOSTVDDK19	147550	495128	10-10-2016	Stenezak	8 liter