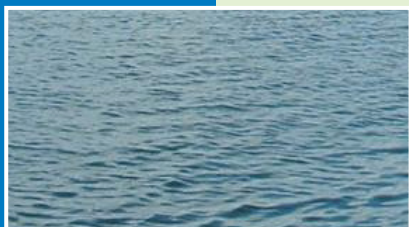


# Natuurvriendelijke oevers langs de Lek

Evaluatie van 6 jaar monitoring



W.M. Liefveld  
A. Bak



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

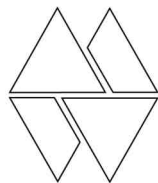
In opdracht van Rijkswaterstaat



Natuurvriendelijke oevers langs de Lek

Evaluatie van zes jaar monitoring

W.M. Liefveld  
A. Bak



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49  
info@buwa.nl www.buwa.nl

opdrachtgever: Rijkswaterstaat Oost-Nederland

december 2012  
rapport nr. 12-219

Status uitgave: definitief  
Rapport nr.: 12-219  
Datum uitgave: 24-12-2012  
Titel: Natuurvriendelijke oevers langs de Lek  
Subtitel: Evaluatie van 6 jaar monitoring  
Samenstellers: W.M. Liefveld  
A. Bak  
  
Foto's omslag: Bureau Waardenburg bv  
Aantal pagina's inclusief bijlagen: 92  
Project nr.: 12-554  
Projectleider: drs. W.M. Liefveld  
Naam en adres opdrachtgever: mevr. M.M. Schoor, Rijkswaterstaat Oost Nederland,  
postbus 9070, 6800 ED Arnhem  
Referentie opdrachtgever: bestel nr. 4500200575  
Akkoord voor uitgave: Teamleider Bureau Waardenburg bv  
drs. J. Spier

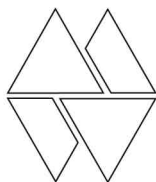


Paraaf:

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Naam Rijkswaterstaat Oost Nederland  
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder vooraf-gaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2008.



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49  
info@buwa.nl www.buwa.nl

# Inhoud

Samenvatting .....	5
1 Inleiding.....	9
1.1 Aanleiding.....	9
1.2 Monitoring Natuurvriendelijke oevers Lek.....	9
1.3 Doel van deze evaluatie .....	10
2 Studiegebied .....	11
2.1 De rivier.....	11
2.2 De ingrepen.....	15
2.2.1 De vooroevers.....	15
2.2.2 Exclosures .....	16
2.2.3 Transplantatie rivierfonteinkruid .....	17
3 Resultaten .....	19
3.1 Hydrologie .....	19
3.2 Morfologie.....	20
3.2.1 Methode.....	20
3.2.2 Resultaten .....	20
3.2.3 Conclusies.....	24
3.3 Waterplanten.....	26
3.3.1 Methode.....	26
3.3.2 Resultaten .....	27
3.3.3 Conclusies.....	33
3.4 Oeverplanten.....	36
3.4.1 Methode.....	36
3.4.2 Resultaten .....	36
3.4.3 Conclusies.....	37
3.5 Macrofauna .....	39
3.5.1 Methode.....	39
3.5.2 Resultaten .....	40
3.5.3 Conclusies.....	43
3.6 Vis.....	44
3.6.1 Methode.....	44
3.6.2 Resultaten .....	45
3.6.3 Conclusies.....	48

4	Discussie .....	51
4.1	Monitoring.....	51
4.2	Ecologische effecten.....	52
4.3	Morfologische effecten .....	52
4.4	Aanleg en beheer .....	53
4.5	Overige factoren.....	55
5	Conclusies en aanbevelingen.....	59
5.1	Conclusies .....	59
5.2	Aanbevelingen .....	59
5.2.1.	Aanleg en beheer vooroevers .....	59
5.2.2	Overige maatregelen .....	62
5.2.3.	Monitoring .....	64
6	Literatuur.....	67
	Bijlagen	

## Samenvatting

Momenteel stellen de waterbeheerders hun maatregelenprogramma's voor de tweede planperiode van de KRW (2015-2021) samen. Natuurvriendelijke oevers zijn hierbij in beeld om de kwaliteit van de oeverzone te verbeteren. Het is echter belangrijk te weten op welke locaties natuurvriendelijke oevers ook daadwerkelijk effectief zijn en in welke vorm. Voor het waterlichaam Nederrijn-Lek is hiervoor een belangrijk brok informatie beschikbaar in de vorm van monitoringsresultaten van vijftien vooroevers langs de Lek tussen Culemborg en Everdingen.

### **Synthese van zes jaar monitoring**

Het project langs de Lek is op zich al uniek, omdat in de Rijntakken haast geen natuurvriendelijke oevers aangelegd zijn. Bovendien is het project ook nog eens heel goed gemonitord: Rijkswaterstaat heeft alle KRW-kwaliteitselementen over een periode van zes jaar bemonsterd, en ook de (water)bodemkwaliteit en oeverplanten in beeld gebracht. In deze studie zijn de resultaten van deze monitoring op een rij gezet en is bekeken of het zinvol is deze maatregel uit te breiden naar andere riviertrajecten.

### **Waterplanten: peildynamiek versus golfslag**

Uit de monitoringsresultaten blijkt dat de rijshouten dammen die de kribvakken afschermen, op deze plek langs de Lek niet als katalysator hebben gewerkt voor de groei van waterplanten. Kennelijk is de golfslag door scheepspassages toch niet de belangrijkste beperkende factor. Belangrijker lijkt hier de grote peildynamiek, de ligging in de rivier (binnen-buitenbocht, afstand tot de stuw) en de locatie binnen een kribvak. Op locaties met veel peilwisselingen of waar kribvakken regelmatig droogvallen, groeien weinig of geen waterplanten.

Opmerkelijk is dat in exclusies, die beschermen tegen vraat door vee en ganzen, de dichtheid aan waterplanten hoger is dan erbuiten. Wat hier precies aan de hand is, is nog onduidelijk. Ganzen en koeien zijn wel in het gebied aanwezig, maar eten geen waterplanten. Het kan ook niet zo zijn dat eventuele vraat verantwoordelijk is voor lage bedekking aan waterplanten langs de gehele Lek. Mogelijk is het een beschermend effect van de exclusies tegen betreding bij lage waterstanden of tegen turbulentie bij wegvliegende watervogels.

### **Macrofauna en vis doen niet mee**

Ook vis en macrofauna profiteert niet van de vooroevers. Dit komt waarschijnlijk doordat de diversiteit aan substraat, met name water- en oevervegetatie, niet is toegenomen. Wel is de dichtheid aan macrofauna iets hoger in de afgeschermden kribvakken, maar dit zijn vooral meer algemeen voorkomende slakken en muggelarven. Het aandeel carnivoren lijkt iets hoger te liggen achter de vooroevers.

### **Morfologie**

Aan de hand van multibeam peilingen is bekeken of de vooroevers wellicht een positief effect op de riviermorfologie hebben. Dit zou bijvoorbeeld het geval zijn als de rijshouten dammen voor een betere stroomgeleiding zorgen en daarmee de rivierbodem beter op diepte houden of voor een regelmatig stromingspatroon zorgen.

Uit de analyse van bodemhoogtegegevens van verschillende jaren blijkt dat de vooroevers een gunstig effect kunnen hebben bij kribvakken die een onvoldoende stroomoplegging hebben omdat ze eigenlijk te breed zijn. Op deze plekken treedt in de oude situatie netto aanzanding op, wat door de stroomgeleiding van de vooroevers afneemt. Hierbij moeten de schermen dan wel zo dicht mogelijk langs de vaargeul staan. Dit positieve effect is echter klein vergeleken bij de grootschaligere morfologische processen die de bodemligging van de rivier bepalen. Deze autonome bodemvorming wordt niet beïnvloed door de vooroevers.

De morfodynamiek in beschermde kribvakken is lager dan in open kribvakken. Ook de dynamiek op de overgang van kribvak naar hoofdgeul is kleiner in gesloten kribvakken. Zoals verwacht vullen de ontgrondingskuilen bij de vooroevers in de loop der jaren langzaam op. Dit komt doordat de door scheepvaart opgewekte (retour)stroming rondom kribben en in de kribvakken afneemt door de rijshouten dammen. Bij zeer hoge afvoeren treedt echter het omgekeerde verschijnsel op: de kuilen schuren weer uit. Door de plaatsing van de schermen te optimaliseren, kan dit effect beperkt worden en kan het hoogwaterstroombeeld verbeteren.

### **Draaien aan de knoppen**

De conclusie is dat de vooroevers langs de Lek niet voor de verwachte ecologische winst hebben gezorgd. Waarschijnlijk spelen er meer factoren tegelijk en moeten we aan een serie knoppen tegelijk draaien om een verbetering van de ecologische kwaliteit te bereiken. Door op basis van peildynamiek kansrijke locaties te selecteren en daar specifiek de variatie in de kribvakken te vergroten, komen wellicht op meer plekken waterplanten tot ontwikkeling, met de andere soortgroepen in hun kielzog.

Vanuit rivierkundig oogpunt kunnen de vooroevers wel een klein gunstig effect hebben. Het is echter wel zaak de exacte plaatsing van de vooroevers te optimaliseren voor dit doel. Dit vraagt om maatwerk per kribvak. Het positieve effect op de bodemligging van de rivier is echter te beperkt om alleen met dit doel vooroevers aan te leggen.



### **Aanbevelingen**

De evaluatie van de vooroevers in de Lek heeft inzichten opgeleverd die van nut kunnen zijn bij de planning, uitvoering en monitoring van nieuwe maatregelen in de rivier. Ook levert het aanwijzingen op voor het beheer van de huidige vooroevers. De belangrijkste op een rij:

- Houd de huidige vooroevers in de Lek in stand, in elk geval tot in 2016. Voer dan nog een (laatste) monitoring uit voor waterplanten.
- Optimaliseer de vormgeving van de vooroevers, bijvoorbeeld door ze iets hoger aan te leggen, of met vers rijshout aan te vullen aan het begin van het groeiseizoen, in plaats van aan het eind.
- Bij de aanleg van nieuwe vooroevers kan de positionering ten opzichte van de vaargeul geoptimaliseerd worden door de vooroevers dichter op de hoofdgeul te plaatsen. Op basis van morfologische kenmerken kunnen hiervoor plekken geselecteerd worden waar de vooroevers rivierkundige een (beperkt) positief effect hebben.
- Overweeg de aanplant van waterplanten. De transplantatieproef met rivierfonteinkruid is in elk geval op één locatie succesvol gebreken.
- Verflauw de oevers en zorg voor een veel grotere en geleidelijkere overgangszone van nat naar droog met zand- en slikplaten. Dit kan bijvoorbeeld door het kribvak verder landinwaarts te vergraven.
- Creëer meer variatie in de kribvakken. Bijvoorbeeld variatie in de mate van luwte, variatie in diepte of in substraat.
- Bekijk of het stuwbeheer nog geoptimaliseerd kan worden ten behoeve van ecologische waarden.
- Benut vooral ook de kansen voor het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit in de nevenwateren van de Lek.
- De monitoring van maatregelen zou zich in eerste instantie moeten toespitsen op de sleutelfactoren waarop een effect verwacht wordt. In dit geval: hydromorfologie en waterplanten. Pas als de waargenomen veranderingen daar aanleiding toe geven zouden andere soortgroepen toegevoegd kunnen worden.
- Vergeet de monitoring van de morfologische ontwikkeling op de oevers niet: hoe beïnvloeden de vooroevers zandafzettingen na hoogwater?
- Zorg voor een goede referentie voor de interpretatie van de monitoringsresultaten. Omdat de omstandigheden zowel van jaar tot jaar als van plek tot plek sterk kunnen verschillen, moeten de referentielocaties met zorg gekozen worden. Een nulmeting is zeker aan te raden voor soortgroepen of parameters die sterk plaatsgebonden zijn, zoals waterplanten of hydromorfologie.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Natuurvriendelijke oevers zijn niet nieuw langs grote rivieren. Al sinds de jaren negentig van de vorige eeuw wordt eraan gewerkt of gestudeerd. Met name langs de Maas is veel ervaring opgedaan: In het project Natuurvriendelijke Oevers Maas is zo'n 270 kilometer Maas begrensd voor de ontwikkeling van Natuurvriendelijke oevers, waarvan inmiddels een klein deel is gerealiseerd (zie [http://www.rijkswaterstaat.nl/water/plannen\\_en\\_projecten/vaarwegen/maas/maas\\_natuurvriendelijke\\_oevers/](http://www.rijkswaterstaat.nl/water/plannen_en_projecten/vaarwegen/maas/maas_natuurvriendelijke_oevers/)). Wel is in de loop der jaren de visie op dit type oevers geleidelijk veranderd. Waren het eerst nog natuurtechnische ingrepen, waarbij zoveel mogelijk controle op het systeem moest blijven, in recentere jaren is het principe van vrije oevererosie meer in beeld gekomen. Zowel langs de Maas als de Waal wordt momenteel geëxperimenteerd met vrij eroderende oevers.

Recent is er hernieuwde aandacht voor natuurvriendelijke oevers langs de grote rivieren, omdat voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) maatregelen uitgevoerd worden om de ecologische kwaliteit te verbeteren. Natuurvriendelijke oevers lijken een goede mogelijkheid om de kwaliteit van de zo belangrijke oeverzone te verbeteren. Momenteel worden voor de tweede planfase van de KRW (2015-2021) de nieuwe maatregelenprogramma's ontwikkeld. Het is belangrijk hiervoor te weten wat de effectiviteit van de verschillende typen maatregelen is. Voor het waterlichaam Nederrijn-Lek is een belangrijke dataset beschikbaar over Natuurvriendelijke oevers.

## 1.2 Monitoring Natuurvriendelijke oevers Lek

Langs de Lek ter hoogte van Everdingen en Steenwaard/Honswijk zijn in 2005 vijftien vooroevers aangelegd in de vorm van rijshoutdammen. De verwachting is dat deze dammen de scheepvaartgolven dempen en zorgen voor een gelijkmatiger stromingspatroon in de kribvakken. Als gevolg hiervan kan een meer gevarieerde water- en oevervegetatie ontstaan en zouden allerlei water- en oevergebonden vogels, vissen en macrofauna kunnen profiteren. Het project is in de jaren na aanleg goed gevolgd in een uitgebreid monitoringsprogramma. Deze resultaten zijn wel vastgelegd in werkdocumenten, maar een totaalanalyse ontbreekt.

Het project Natuurvriendelijke oevers Lek is opgezet als proefproject. Om die reden is het project uitgebreid gemonitord. Waterplanten, oevervegetatie, macrofauna, vis, bodemchemie en nematoden zijn gedurende drie (vis vijf) meetjaren gevolgd in de periode 2006 - 2010 (2006, 2008 en 2010). In het eerste jaar na aanleg (2006) en in 2011 zijn de morfologische ontwikkelingen geanalyseerd aan de hand van multibeam metingen. De meetresultaten zijn

vastgelegd in meetverslagen en in 2007 is een samenvattende analyse uitgevoerd. Ook is in 2007 een analyse uitgevoerd van de morfologische ontwikkelingen. Het was het eerste RWS-project waarin de KRW-monitoringsmethode is toegepast voor macrofauna, hoewel hierbij nog voor- en najaar zijn bemonsterd (nu wordt voor KRW alleen het najaar bemonsterd).

*Tabel 1.1: Overzicht monitoringsinspanning Natuurvriendelijke oevers Lek*

	chemie	morfologie	macrofauna	nematoden	vis	waterplanten	oeverplanten
2006	x	x	x	x	x	x	x
2007					x		
2008	x		x	x	x	x	x
2009					x		
2010	x		x	x	x	x	x
2011		x					
2012		x					

### 1.3 Doel van deze evaluatie

Om te analyseren of de maatregel effectief is en of dit principe ook naar andere trajecten uitgebreid kan worden, is een overkoepelende analyse van de verzamelde data nodig. De vraag is of vooroevers een geschikte KRW-maatregel zijn voor de Nederrijn-Lek en eventueel voor andere riviertrajecten.

Naast de ecologische effecten zijn ook de morfologische effecten van belang. De vooroevers kunnen namelijk ook een effect hebben op de functionaliteit van de hoofdvaargeul. De conclusies van deze evaluatie worden gebruikt bij de volgende beslissingen:

1. wel / niet instandhouden van vooroevers op deze locatie;
2. wel / niet uitvoeren van dit type maatregel (creëren stroomluwe kribvakken met behulp van dammen) op andere locaties in de volgende KRW-planperiodes.

Voor deze analyse hebben wij de verschillende deelrapportages bij elkaar gebracht en de nog niet geanalyseerde data (waterplanten 2010 en multi-beam metingen 2012) geanalyseerd. Bij de districten is informatie verzameld over aanleg en beheer om de kosten-effectiviteit te kunnen inschatten.

## 2 Studiegebied

De vooroevers die hier geëvalueerd worden, zijn aangelegd in de Lek nabij Culemborg. De Lek is onderdeel van het Rijnsysteem en ontvangt circa 20% van het Rijnwater dat bij Lobith ons land binnenkomt. De scheepvaartfunctie is beperkt en draait vooral om de verbinding met het Amsterdam Rijnkanaal. De stuwen in combinatie met de gecontroleerde waterverdeling, zorgen ervoor dat er weinig dynamiek op dit riviertraject is. Dit legt beperkingen op, maar biedt ook kansen voor het verbeteren van de ecologische kwaliteit van dit systeem.

### 2.1 De rivier

#### 2.1.2 Ecologische kwaliteit

De Lek is onderdeel van het KRW waterlichaam Nederrijn-Lek (figuur 2.1). In de loop der eeuwen hebben verschillende ingrepen in de morfologie en hydrologie van de rivier het natuurlijke karakter aangetast. Belangrijkste zijn de aanleg van stuwen, kribben en oeverbescherming. In dit waterlichaam ligt een opgave voor alle drie de kwaliteitselementen: macrofyten, macrofauna en vis. Deze scores allen matig (peiljaar 2008) of ontoereikend (vis in 2011) (tabel 2.1).



Figuur 2.1: Waterlichaam Nederrijn-Lek. De rode pijl geeft de locatie van het studiegebied aan.

Tabel 2.1: EKR-score Nederrijn-Lek in 2008 en 2010/2011. Geel is matig, oranje ontoereikend. Doel is in 2027 het GEP te halen (Gewenst Ecologisch Potentieel).

	eindscore maatlat 2008	Eindscore 2010 of 2011	GEP
macrofyten	0,48	0,49	0,60
macrofauna	0,37	0,35	0,48
vis	0,32	0,23	0,39

Tabel 2.2: EKR-score deelmaatlaten Nederrijn-Lek.

NL93\_7 Nederrijn-Lek

		2008	2009	2010	2011	eindscore deelmaatlat
<b>macrofyten = ((2xmacrofyten + 1xfytobenthos)/3)</b>	macrofyten soortsamenstelling	0,10	0,05	0,20		<b>0,12</b>
	macrofyten abundantie	0,63	0,61	0,87		<b>0,70</b>
	fyto benthos	0,62	0,66	0,72		<b>0,66</b>
<b>macrofauna</b>		0,33	0,33	0,38		<b>0,35</b>
<b>vis</b>	soortsamenstelling		0,50	0,50	0,30	<b>0,43</b>
	abundantie		0,02	0,03	0,04	<b>0,03</b>
	leeftijdsopbouw		-	-	-	-

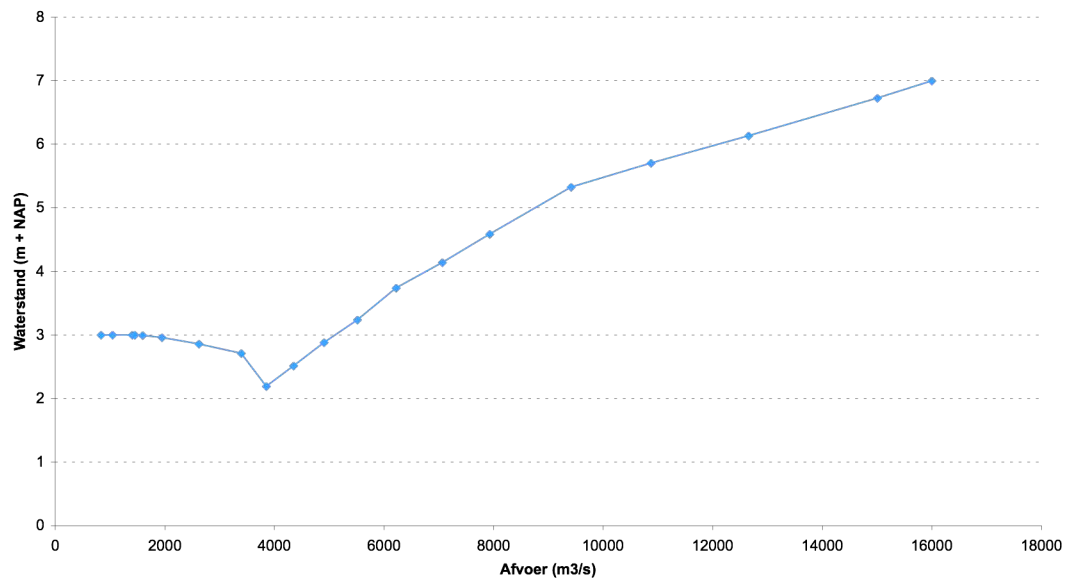
## 2.1.2 Hydrologie

De natuurvriendelijke oevers Lekuiteerwaarden liggen in het gestuwde deel van de Rijntakken. De stuwen beperken de natuurlijke hydrodynamiek aanzienlijk. Alleen bij hoge afvoeren (Lobith > 12.000 + NAP) worden de stuwen gestreken en is er sprake van een vrije afvoer. In de overgangsfase van een gestuwde naar een open rivier zal de waterstand in het stuwpannd gaan dalen. Deze tijdelijke waterstanddaling kan oplopen tot 1,20 meter.

Bij lagere afvoeren bepalen de stuwen Driel, Amerongen en Hagestein de waterstand en de afvoer op dit traject. Door het stuwbeheer is de waterspiegel in het stuwpannd vrijwel horizontaal. Er is een geringe waterafvoer en daardoor een weinig fluctuerende waterstand. Het water stroomt het grootste deel van de tijd nauwelijks. Het stuwbeheer is er op gericht om het debiet zo af te regelen dat het streefpeil van 3.00 + NAP voor het traject Amerongen-Hagestein gehandhaafd blijft. In een gestuwde situatie kan het debiet over de Lek variëren van 30 tot 700 m<sup>3</sup>/s.

Bij zeer lage afvoeren worden de sluisen van het Amsterdam-Rijnkanaal geheel opengezet, zodat de Lek in open verbinding komt te staan met de Waal. Bij strenge vorst kan het nodig zijn de stuwen te strijken om vastvriezen te

voorkomen. Dan kan de waterstand sterk dalen. Dit was het geval in januari 2012, toen de kribvakken van de Lek geheel droog vielen (foto 2.1).



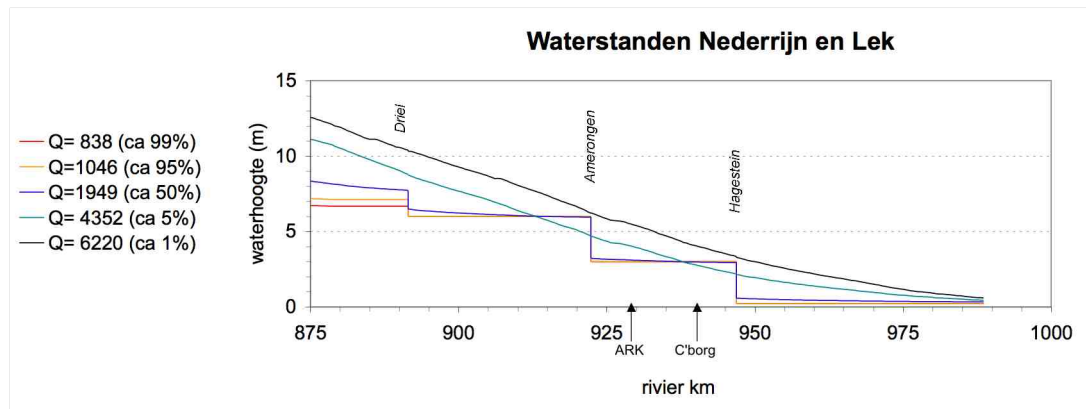
*Figuur 2.2: Waterstandsverloop studiegebied bij verschillende afvoeren (kvr 942.940) (berekeningen op basis van SOBEK).*



*Foto 2.1: Lage waterstand op de Lek januari 2012. (foto: Bureau Waardenburg)*

Bij het openen van de stuwen bij Hagestein bij hoge waterstanden gaat de tot dan toe vlakke waterspiegel het natuurlijke verhang volgen. Hierdoor daalt de

waterstand in het benedenstroomse deel van het stuwpand en stijgt in het bovenstroomse deel van het stuwpand. Het knikpunt ligt in de buurt van Culemborg (figuur 2.3).



Figuur 2.3: Waterstandsverloop Nederrijn-Lek bij verschillende afvoeren (berekeningen op basis van SOBEK).

### 2.1.3 Morfologie

Morfologische processen zijn afhankelijk van de afvoer, ruimtelijke positie ten opzichte van de stroombaan en het substraat. Grootschalig bodemtransport met verse aanvoer van sediment kan in het gestuwde deel van de Nederrijn en Lek alleen optreden als bij hoogwater de stuwen geheel geopend zijn. Als de stuwen geheel of gedeeltelijk zijn gesloten, is er sprake van intern sedimenttransport waarbij het bodemreliëf wordt afgevlakt.

De Steenwaard ligt bovenstrooms van de stuw bij Hagestein aan de noordoever van de Lek. Langs de oever ligt een smalle oeverwal die door een geulvormige laagte wordt gescheiden van de hogere (deels bekaide) uiterwaard. Zowel de Steenwaard als de Everdingse waard aan de linkeroever zijn sterk vergraven (zie foto 3.7). In het westelijke deel van de Steenwaard is nog een gaaf reliëf aanwezig van ruggen en geulen (Kater *et al.* 2012). Beide oevers zijn op veel plekken verdedigd met grof grind en keien.

Het hoogteverschil tussen de kribvakken en de hoofdgeul is in de meeste kribvakken binnen het studiegebied groot (> 5 meter). Dit beperkt de sedimentuitwisseling tussen kribvak en hoofdstroom. In de benedenstroomse kribvakken aan de linkeroever is het verschil iets minder groot (ca. 3m) waardoor de morfodynamiek daar wat groter zal zijn.

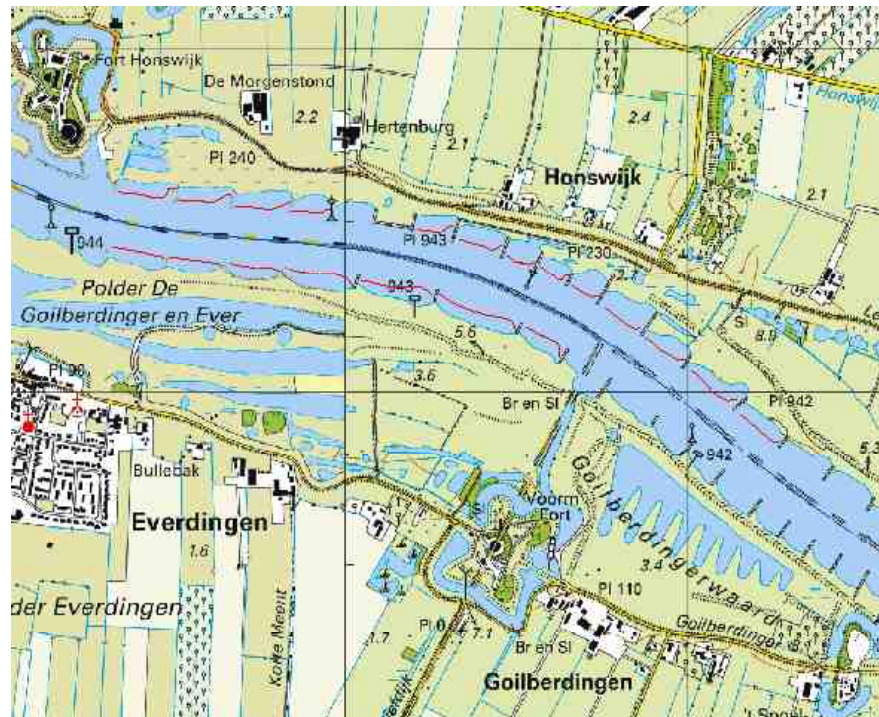
Uit het morfologische patroon dat van de bodempeilingen is af te lezen, blijkt dat dwars door het projectgebied een harde laag in het zomerbed ligt (zie paragraaf 3.2). Deze laag van klei of veen geeft met name voor de kribvakken in de Steenwaard een verdere reductie van het sedimentaanbod en -transport.



## 2.2 De ingrepen

### 2.2.1 De vooroevers

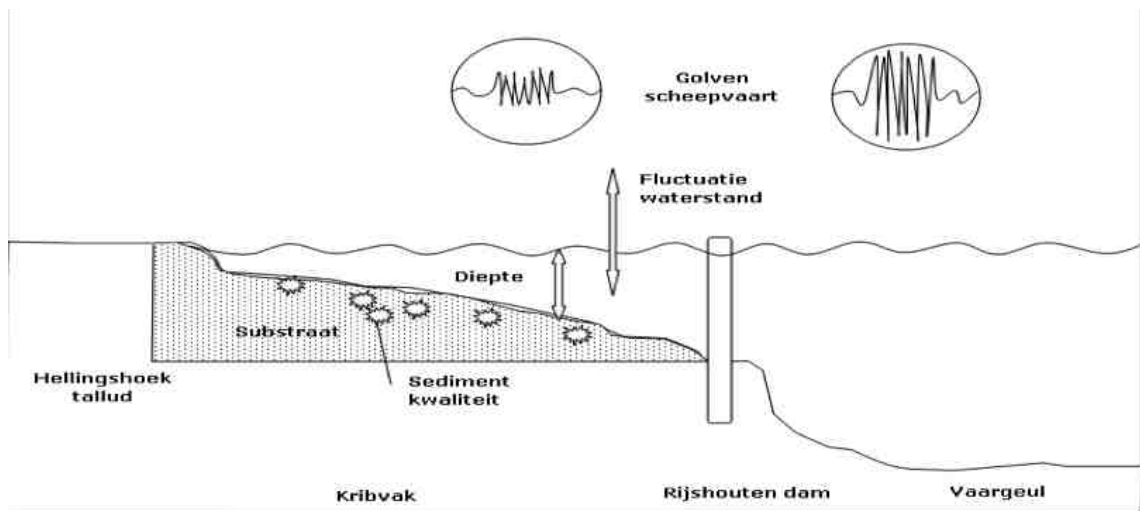
De vooroevers zijn aangelegd aan de beide oevers van de Lek tussen km-raai 942 en 944. De zuidelijke oever (Everdingen) maakt deel uit van de gemeente Culemborg en de noordelijke oever (Steenwaard) van de gemeente Houten (figuur 2.4).



Figuur 2.4: ligging vooroevers in de Lek bij Everdingen en de Steenwaard/Honswijk. (bron: Kok in prep.).

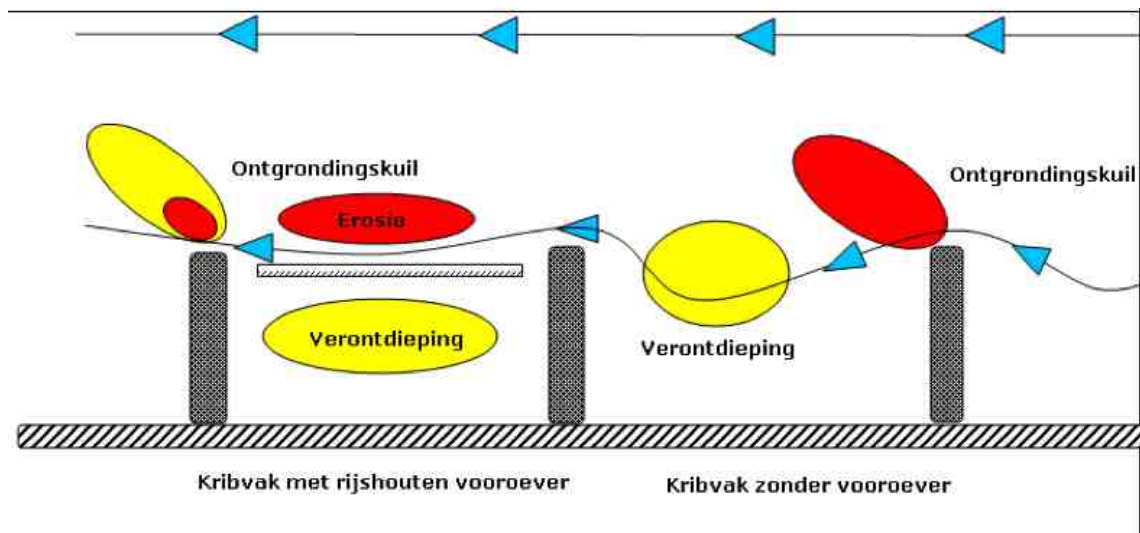
Het meest zichtbare onderdeel van de natuurvriendelijke inrichting is de vooroever van een dubbele houten palenrij met daar tussen bossen rijshout van wilgentenen. In het jaar 2005 zijn 9 kribvakken op deze wijze afgeschermd met een vooroever en in 2006 nog eens 5.

Voor de ontwikkeling van rietoevers en waterplantenvegetaties zijn de gedempte waterpeilfluctuaties op de Lek gunstig. De golfdynamiek als gevolg van scheepvaart is echter niet gunstig. Dit effect kan beperkt worden door de rijshoutdammen. De dammen laten het water door, dempen de golfbewegingen en beperken een snelle terugstroom, waardoor deeltjes uit het water kunnen bezinken om daarmee de beschermde zone geschikter te maken voor vegetatie-ontwikkeling (figuur 2.5). De rijshoutdammen zullen op de lange duur vergaan zonder hinderlijk materiaal achter te laten. In principe kunnen tegen die tijd riet en/of waterplanten de golfdemping overnemen.



Figuur 2.5.: Schematische weergave dwarsdoorsnede kribvak met rijshouten vooroever. (bron: Kok 2012)

In een afgesloten kribvak verlopen de hydro-morfologische processen anders dan in een open kribvak. Door de vooroever treedt een demping van de golfslag op en verandert het stromingspatroon in en nabij het kribvak. Hierdoor verandert het sedimentatie- en erosiepatroon en hiermee de waterdiepte (figuur 2.6). De hellingshoek van het talud verandert, wat eveneens consequenties heeft voor de golfslag belasting van de oever.



Figuur 2.6.: Schematische weergave stromingspatronen en hydromorfologische processen in de kribvakken. (bron: Kok 2012)

### 2.2.2 Exclosures

Waterplanten kunnen in hun ontwikkeling geremd worden door vraat. Om na te gaan of dit het geval is, zijn in mei en juni 2006 16 exclosures geplaatst. De exclosures omsluiten een deel van de droge oever en lopen door in het water

(figuur 3.11, foto 2.2). Om eventuele verschillen in ontwikkeling in kribvakken met en zonder vooroeverdam te kunnen volgen, zijn ze geplaatst in twee kribvakken met een vooroeverdam en in twee kribvakken zónder een vooroeverdam. Aan de noordzijde bij Honswijk/Steenwaard zijn twee exclusures geplaatst in het water. Deze staan allebei in kribvakken met een vooroeverdam. De exclusures zijn geplaatst in kribvakken met een flauw aflopend talud op locaties waar in principe een oever- en waterplantenontwikkeling te verwachten is.

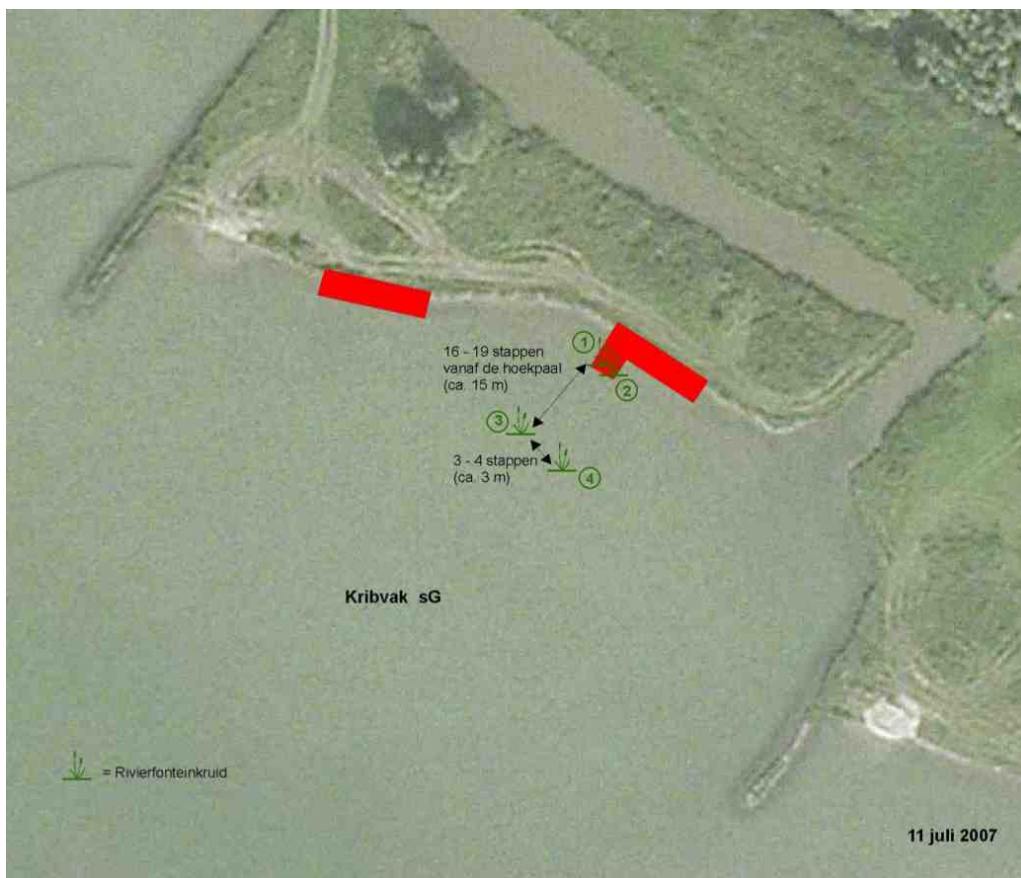
De exclusures zijn 5 x 5 meter in omvang en gemaakt van gaas en palen. Het gaas heeft een maaswijdte van circa 10 x 10 cm en is 1 m hoog (toegankelijk voor vis). Het gaas is vanaf palen vanaf de oeverlijn (gemiddeld waterpeil) doorgetrokken tot in het water. Het gaas volgt onderwater in eerste instantie de bodem maar naarmate het talud afloopt wijkt het gaas af ten opzichte van de waterbodem en is de exclusure op de diepere delen van onderen open. De exclusures zijn aan de bovenzijde voorzien van overlansse draden zodat invliegen van vogels wordt voorkomen.



*Foto 2.2: Exclusure met gaas en draad. Duidelijk te zien is de ontwikkeling van het getransplanteerde rivierfonteinkruid.*

### **2.2.3 Transplantatie rivierfonteinkruid**

In 2007 is als experiment op vier locaties Rivierfonteinkruid aangeplant. Omdat deze soort niet aanwezig is in het gebied en wel een aangewezen doelsoort is, wordt gekeken of de soort, middels aanplant, zich kan handhaven. Het Rivierfonteinkruid is in juli 2007 langs de oevers van de IJssel bij Kampen en Wilsum verzameld. Ze zijn uitgezet in Kribvak sG aan de oeverzijde van Honswijk/Steenwaard (noordzijde). Twee bosjes zijn uitgezet binnen de exclusure (nr. 1 en 2) en twee iets dieper erbuiten (nr. 3 en 4) (figuur 2.7).



Figuur 2.7: Transplantatielocaties rivierfonteinkruid. (bron: Van Schie 2009)



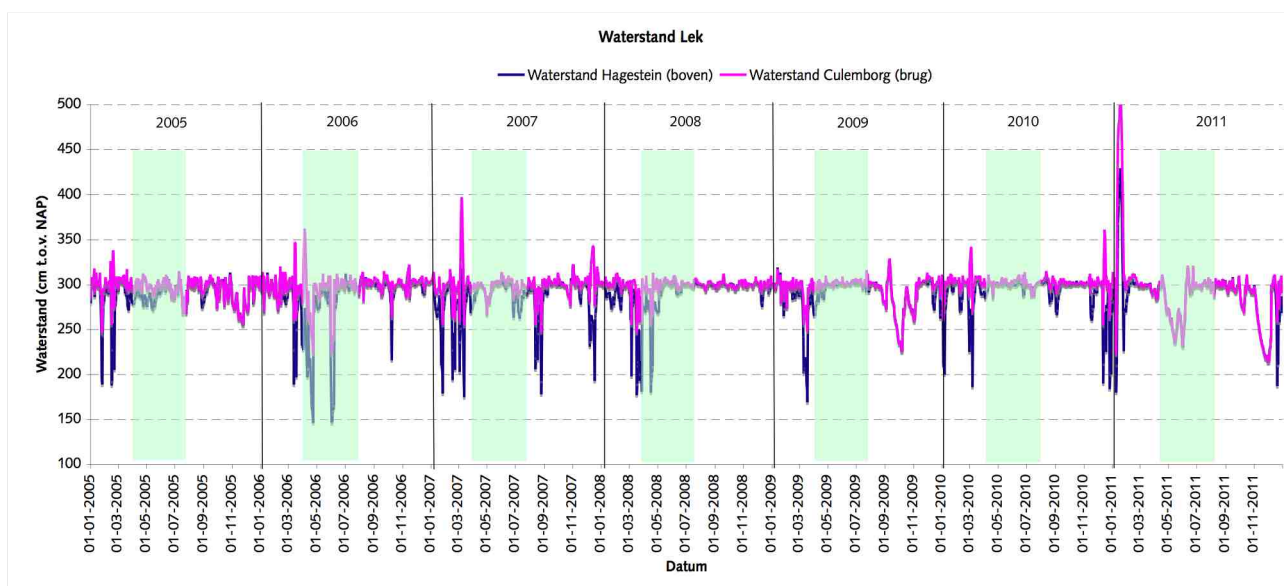
## 3 Resultaten

### 3.1 Hydrologie

Er zijn geen metingen uitgevoerd aan de hydrodynamiek in de kribvakken zelf. Wel beschikbaar zijn algemene gegevens over de waterstanden en afvoeren op de Lek.

In figuur 3.1 is de waterstand in de Lek weergegeven bovenstrooms de stuw bij Hagestein en bij de spoorbrug van Culemborg. Het waterstandsverloop ter hoogte van het studiegebied bij Everdingen zit hier tussenin. Uit de figuur blijkt dat de waterstand bij Hagestein schommelt rondom gemiddeld 300 cm t.o.v. NAP en bij Culemborg rondom gemiddeld 600 cm t.o.v. NAP. Jaarlijks zijn er waterstandverlagingen met name in het voorjaar en/of najaar / winter. Deze periodieke waterstandsverlagingen op het riviertraject Culemborg – Hagestein treden op als bij hoge afvoer de stuwen bij Hagestein worden open gezet (zie ook paragraaf 2.1.2 en figuur 2.3). De grootste waterstandsdingen in de periode 2005 – 2011 traden op in april en juni 2006: circa 1,5 meter bij Hagestein en circa 2 meter bij Culemborg. In 2008 waren er meerdere dalingen in de maanden maart – april. In 2010 waren er waterstandverlagingen begin januari en begin maart.

Als gevolg van een waterstandsding kan een gedeelte van het kribvak droogvallen. De meeste kribvakken zullen bij de grootste waterstandsding (circa 2 meter in 2006) tot aan de palenrij zijn drooggevallen, aangezien het grootste deel van de kribvakken een waterdiepte heeft van 0,5 – 1,5 m. Enkele kribvakken hebben een dieper gedeelte tot circa 3 meter (Van Schie, 2009).



Figuur 3.1 Waterstand bij Hagestein (bovenstuws) en bij Culemborg (spoorbrug) in de periode 2005 – 2011.

## 3.2 Morfologie

### 3.2.1 Methode

De bodemligging van de hoofdstroom wordt jaarlijks ingemeten met multibeam metingen. De bodemhoogte in de kribvakken is in 2005 en 2006 en in 2012 ingemeten (foto 3.1).

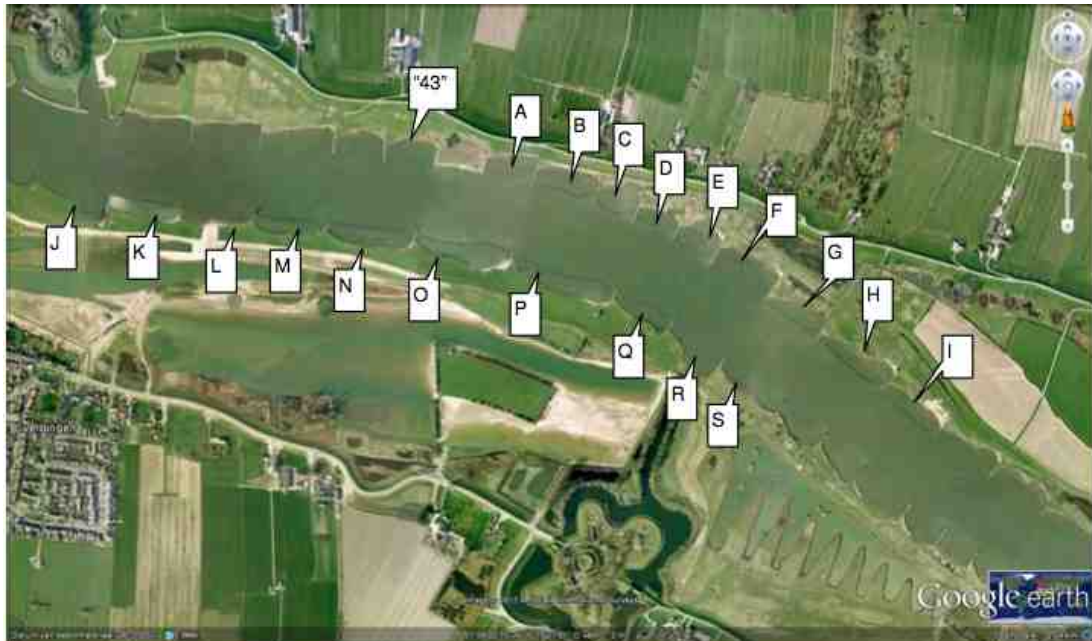


Foto 3.1: Overzicht van aanduiding kribvakken voor de morfologische analyses. Alle ingemeten kribvakken hebben vooroevers, behalve de vakken "43", "R" en "S".

### 3.2.2 Resultaten

Omdat de morfodynamiek binnen het studiegebied sterk varieert, verschillen ook de effecten van de vooroevers per deelgebied. De belangrijkste waarnemingen worden hier per effect of per deelgebied belicht.

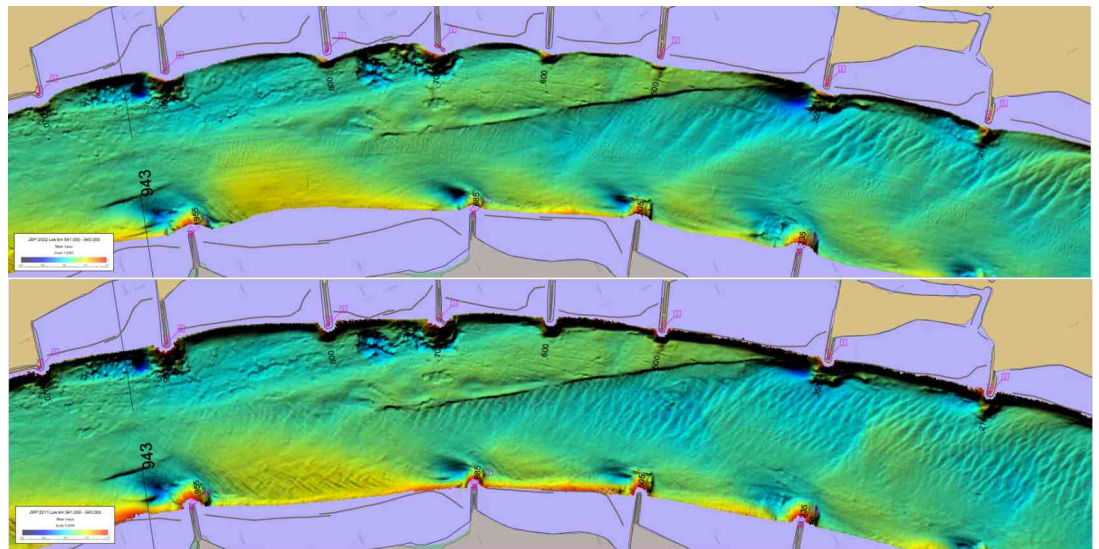
#### **Afname sedimentfluxen**

Uit de bodemveranderingen blijkt dat de uitwisseling van sediment tussen kribvak en hoofdstroom afneemt door de rijshouten dammen. Dit geldt zowel voor de fluxen het kribvak uit als voor de fluxen naar het kribvak toe (Sieben 2006). Het is dus niet zo dat de afgesloten kribvakken zich zonder meer opvullen met sediment.

Er zijn op hoofdlijnen drie sedimentfluxen die door de vooroevers zijn afgenomen. De eerste is het transport van sediment naar de kribvakken via de stroombanen die zonder vooroevers naar het kribvak afbuigen. Daar blijft vervolgens sediment achter. De tweede flux die is afgenomen door de vooroevers, is het sedimenttransport bij scheepspassages. Als een schip voorbij komt ontstaat in kribvakken die niet door vooroevers beschermd zijn, veel opwerveling van

bodemmateriaal door alle plotselinge stroomversnellingen. Als gevolg hiervan wordt het opgewerkte bodemmateriaal het kribvak uit getransporteerd. De derde uitwisseling van sediment tussen hoofdgeul en kribvak vindt plaats tijdens hoogwater. Dan stromen banen met sedimentrijk water uit de hoofdgeul door het kribvak en verliezen daar hun sediment. Over het algemeen leidt dit tot sedimentatie aan het einde van de binnenbochten, waar voldoende aanbod is van bodemmateriaal. De vooroevers blokkeren deze sedimentflux tijdens hoogwater voor een deel.

Als gevolg van de verminderde sedimentfluxen in de kribvakken met vooroevers is hier in de loop der tijd minder verandering in bodemligging dan in de open kribvakken (zie dwarsprofielen in bijlage 1).



*Figuur 3.2: Bodemhoogte hoofdgeul ter hoogte van kmr. 943 in 2002 en 2011. Duidelijk zichtbaar is de harde laag halverwege het studiegebied.*

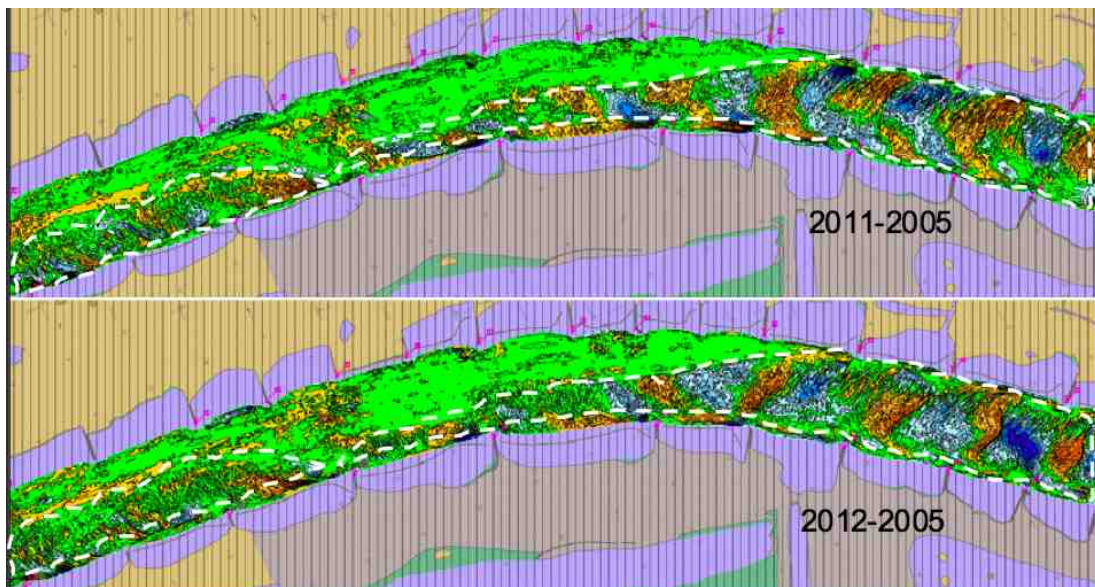
### **Hoofdgeul rond de harde laag**

In de buitenbocht zijn in de hoofdgeul geen bodemveranderingen merkbaar (gebied boven de witte contouren in figuur 3.3). Dit komt door de aanwezigheid van een harde laag (zie figuur 3.2) die de lokale bodemdynamiek onderdrukt. Tegelijk versterkt dit de dynamiek en het sedimentaanbod bij de linkeroever. Dit betekent dat eventuele effecten van de vooroevers in de buitenbocht door de harde laag worden onderdrukt en in de binnenbocht door de versterkte morfodynamiek ook minder duidelijk zijn. In de buurt van de harde laag is het dus moeilijk de morfologische effecten van de vooroevers te beoordelen.

### **Hoofdgeul stroomopwaarts en stroomafwaarts van harde laag**

Stroomopwaarts en stroomafwaarts van de harde laag lijken twee typen bodemvormen voor te komen: 1) grootschalige bodemvormen met een lengte van circa honderd meter en hoogteverschillen van enkele decimeters en 2) kleinschalige van circa tien tot twintig meter lengte en met veel kleinere

hoogteverschillen (zichtbaar op de oorspronkelijke bodemkaarten, fig. 3.2). In de zone met witte onderbroken contour (figuur 3.3) overheersen vooral de grootschalige bodemduinen die zich stroomafwaarts verplaatsen. De bodempellingen laten zien dat deze dynamiek niet beïnvloed wordt door de vooroevers.



*Figuur 3.3: Bodemveranderingen in hoofdstroom in de zone met kribvakafsluitingen. De witte stippellijnen geven het gebied weer waarbinnen duidelijk morfologische activiteit zichtbaar is. Geel en rood indiceren sedimentatie, blauw erosie.*

### **Overgangszone kribvak-hoofdgeul**

De effecten van de vooroevers zijn het best zichtbaar in het deel zonder de bovengenoemde grote bodemvormen, bijvoorbeeld buiten de witte onderbroken contour (figuur 3.3). Op de overgangszone van hoofdgeul naar kribvak valt hierbij het volgende op:

#### Rechteroever

Bij de afgesloten kribvakken in de buitenbocht die niet grenzen aan de harde laag is een over een breedte van circa tien meter een bodemverlaging te zien van twee tot vier decimeter parallel aan het scherm. Dit betekent dat deze afgesloten kribvakken de stroming geleiden zoals een gestrekte oever. Dit is alleen zichtbaar bij schermen die vrij dicht bij de rechternormaalijn<sup>1</sup> liggen.

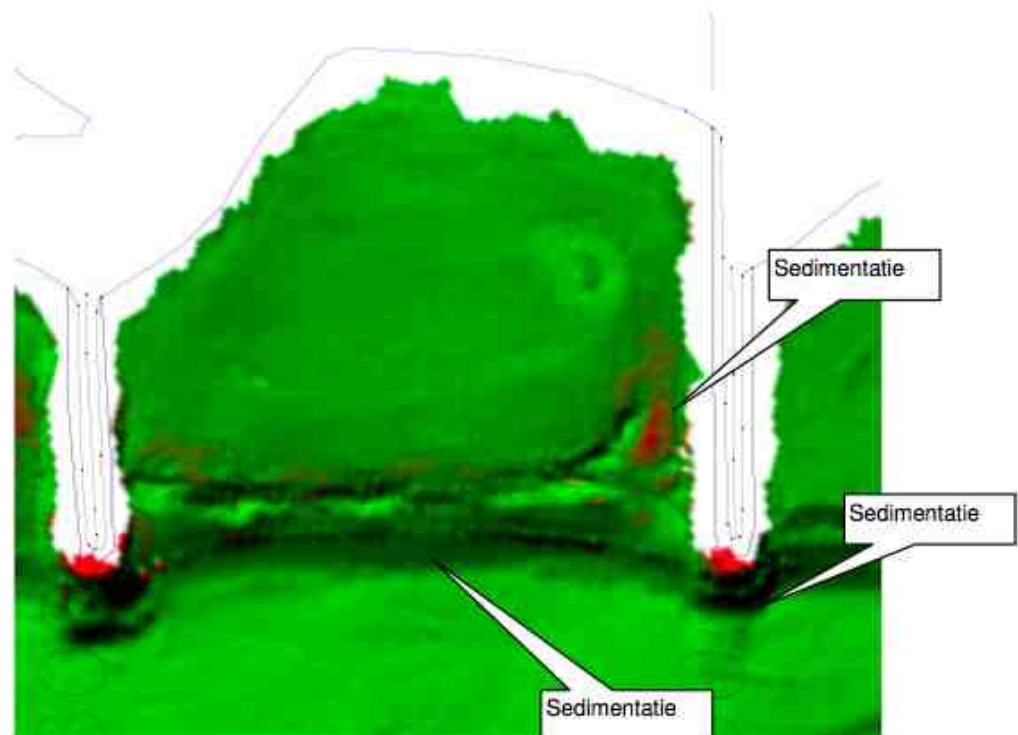
Tussen de erosiestrook ter hoogte van de schermen, en de schermen zelf lijkt de bodem iets te zijn verhoogd. Dit kan overigens ook deels bij de aanleg ontstaan zijn (figuur 3.4).

<sup>1</sup> Normaalijn = denkbeeldige lijn lopend over de kribkoppen langs een rivieroever.



De schermen van de afgesloten kribvakken aan de rechteroever ter hoogte van de harde laag liggen vrij ver van de normaallijn af. Daar lijkt sprake te zijn van aanzanding vanaf het scherm tot circa vijftien meter aan rivierzijde van de rechternormaallijn. Dat betekent dat stroomsnelheden langs deze schermen (door afvoer tijdens hoogwater en/of ten gevolge van scheepvaart bij laagwater) juist zijn afgenomen.

De ontgrondingskuilen bij de kribkoppen zijn bij deze afgesloten kribvakken aan de rechteroever nagenoeg onveranderd.



*Figuur 3.4: Detailuitsnede bodemverschilkaart (2006-2012) van kribvak E. Te zien is de sedimentatiezone (donkergroen en rood) net voor en achter de vooroevers. Ook is sedimentatie rond de kribkoppen en bij de instroomopening te zien. (bron: Klarenbeek 2012).*

#### Linkeroever

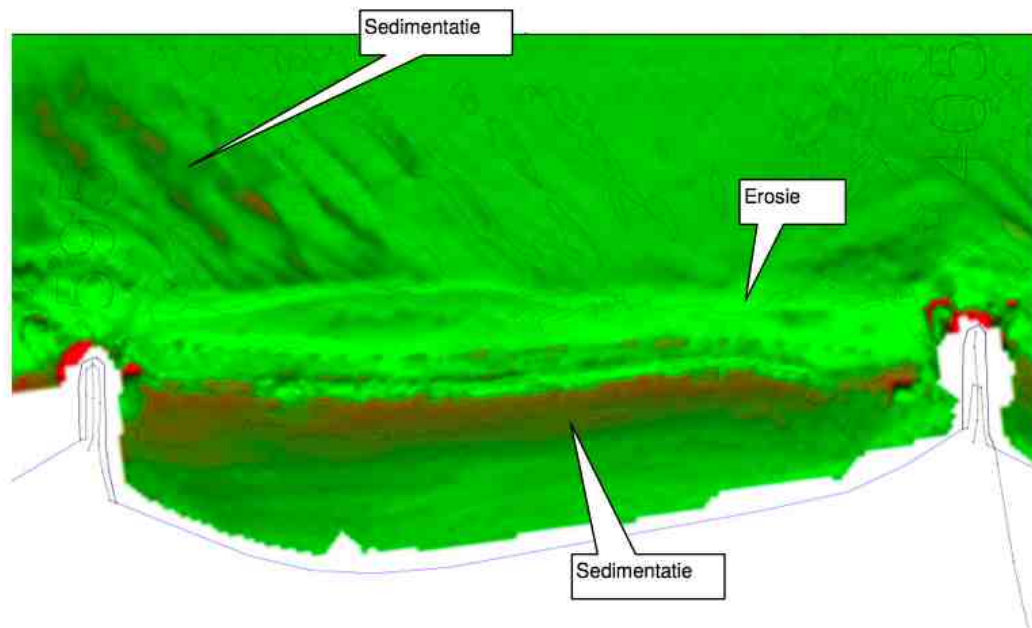
Bij de afgesloten kribvakken in de binnenbocht aan de linkeroever is een bodemverlaging van ongeveer twee tot vier decimeter zichtbaar over een breedte van zo'n vijftien tot twintig meter rivierwaarts vanaf de rechternormaallijn. Dit is vooral zichtbaar halverwege de eerste drie bredere kribvakken. Hier is de correctie van stroming kennelijk het grootst (figuur 3.5).

Bij de kribkoppen van deze eerste drie afgesloten kribvakken was voor aanleg sprake van relatief diepe ontgrondingskuilen. Dit geeft aan dat de stroomoplegging toen minimaal was. De kleine hoek van ontgrondingskuilen met de normaallijn duidt er bovendien op dat dit met name bij (lager) hoogwater met overstromende

kribben het geval is. De kribvakken waren voor aanleg van de schermen kennelijk te breed voor een goede geleiding van de stroming. Door de plaatsing van de schermen is dit enigszins verbeterd.

De drie relatief diepe ontgrondingskuilen hebben een bijzonder dynamiek: Al vóór aanleg van de schermen zijn ze aan het aanzanden. Mogelijk als reactie op erosie bij een voorgaand hoogwater. Ook na aanleg van de schermen in 2005 blijft sprake van aanzanding in de kuilen. Dit wordt vanaf dat moment vermoedelijk versterkt door de stroomcorrectie bij de schermen. Deze aanzanding van de kuilen lijkt bij de afgesloten kribvakken sterker dan bij de open kribvakken. Dat zou betekenen dat de (retour)stroming rondom de kribkoppen bij passerende schepen door de rijshouten schermen is afgenomen.

In de jaren 2010 en 2011 verandert dit beeld met een opvallend grote uitschuring van de ontgrondingskuilen als gevolg van hoogwater. Hieruit blijkt dat het stroombeeld rondom de kribkoppen door de kribvakafsluitingen niet echt is verbeterd. Het geërodeerde materiaal leidt direct stroomafwaarts tot verondieping. Oorzaak is waarschijnlijk de suboptimale positionering van de vooroevers.



*Figuur 3.5: Detailuitsnede bodemverschilkaart (2006-2012) van kribvak P. Te zien is de erosiezone op enige afstand van de vooroever en de sedimentatiezone daar juist achter. Ook is sedimentatie rond de kribkoppen te zien. Lichtgroen = erosie, donkergroen/rood = sedimentatie (bron: Klarenbeek 2012).*

### 3.2.3 Conclusies

De kribvakafsluitingen bij Everdingen hebben een klein gunstig effect op de stroomoplegging. Dit geldt met name voor die kribvakken die te breed zijn. Halverwege deze kribvakken verdiept de hoofdgeul zich enigszins. Dit betekent dat

vooroevers de normalisatie van de rivier kunnen verbeteren waar ondieptes zijn door minder goede stroomoplegging. Bij plaatsing van schermen zo dicht mogelijk langs de hoofdgeul is dan een verdieping van één tot twee decimeter over een breedte van zo'n vijftien tot twintig meter langs de normaallijn mogelijk. Dit effect is echter klein vergeleken met de "autonome" morfodynamiek van het zomerbed die tot grotere verschillen in bodemhoogte leidt. In het grootste deel van de vaargeul is het kleine effect van de vooroevers dan ook niet waarneembaar.

Zoals verwacht, neemt de morfodynamiek in de kribvakken en de overgang naar de hoofdgeul af door de kribvakafsluitingen. Opslibbing vindt vooral direct bij de vooroevers plaats (zie figuur 3.4 en 3.5 en bijlage 1).

In perioden zonder echte hoogwaters ontstaat sterke aanzanding rondom de kribkoppen. Ontgrondingskuilen vullen zich dan snel op. Dit komt doordat de schermen de stroming bij scheepspassages rondom de kribben verminderen. Bij hoogwater vindt juist weer uitschuring van de kuilen en sedimentatie stroomafwaarts plaats. Hieruit blijkt dat de schermen momenteel niet optimaal geplaatst zijn. Door de vooroevers dicht bij de hoofdgeul te plaatsen kan deze ongewenste aanzanding verminderen (Sieben 2012).

### 3.3 Waterplanten

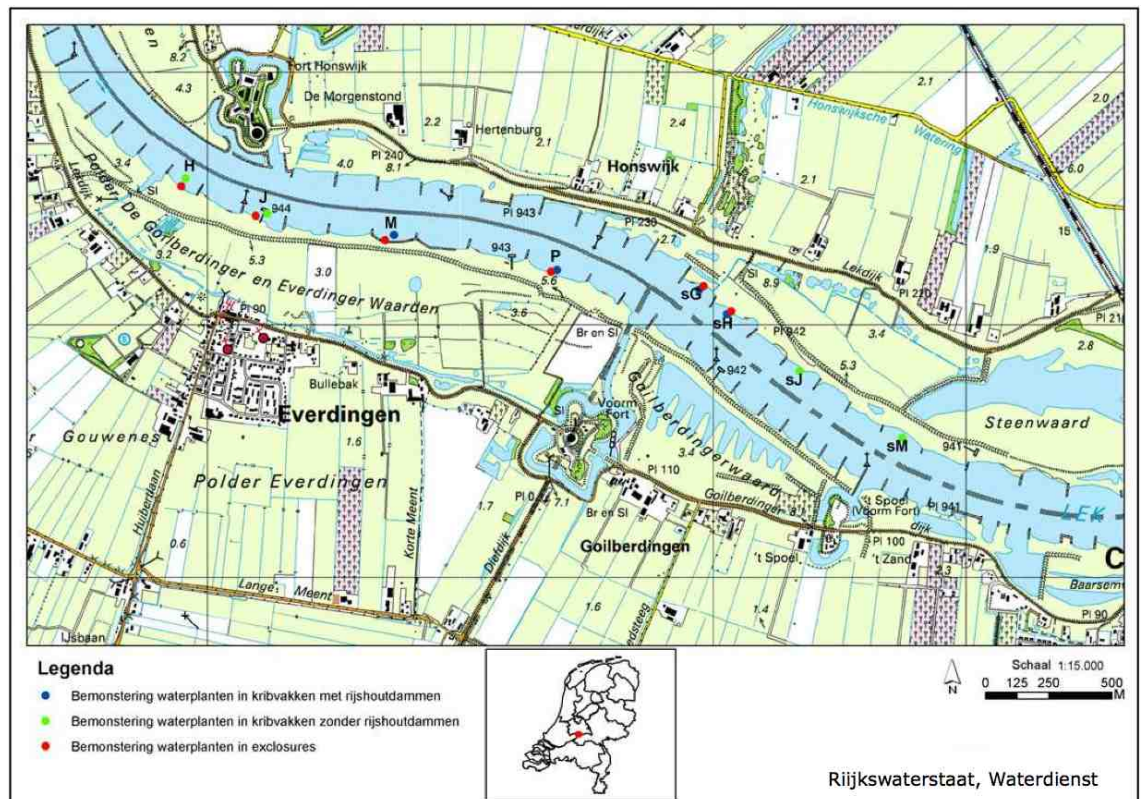
#### 3.3.1 Methode

De monitoring van waterplanten is uitgevoerd in 2006 (juni, juli en augustus), 2008 (mei, juni, juli en augustus) en 2010 (juni en augustus). Hierbij zijn acht kribvakken bemonsterd: vier kribvakken met en vier kribvakken zonder vooroeverbescherming (figuur 3.6). Per kribvak zijn vanuit een speedboot 3 dwarsraaien met 3 opnamepunten per raai bemonsterd met behulp van een werphark (2 à 3 worpen per punt). Op deze 9 opnamepunten, gesitueerd in 3 verschillende dieptezones verdeeld over het kribvak, is de soortensamenstelling en de abundantie van de watervegetatie bepaald. De zones hebben van ondiep naar diep een gemiddelde diepte van respectievelijk 0,6 m, 1,3 m en 2 m (Van Schie 2007). De exclusures zijn op drie dieptes geïnventariseerd door per punt éénmaal een werphark te werpen en evenwijdig aan de oever te trekken (Van Schie 2007).



*Foto 3.2: Bemonstering van waterplanten met een werphark (foto: J. van Schie, RWS)*

Per kribvak is het gemiddelde berekend van de totale bedekking van de negen opnamepunten. Dit gemiddelde bedekkingspercentage is omgezet naar een Tansley-klasse (1 – 7).



Figuur 3.6: Overzicht van het onderzoeksgebied met de aanduiding van de kribvakken die zijn bemonsterd in de Lek bij Everdingen. In kribvak sG zijn pollen rivierfonteinkruid aangeplant.

### 3.3.2 Resultaten

#### Ontwikkeling watervegetatie

##### Waargenomen soorten

De waterplanten vegetatie in de kribvakken bestaat hoofdzakelijk uit Schedefonteinkruid. Schedefonteinkruid is een soort die niet erg gevoelig is voor waterkwaliteit en hydrodynamiek en in een breed scala aan watertypen voor kan komen, van stromend tot stagnant. In 2008 werd ook Aarvederkruid en Smalle waterpest met een zeer lage bedekking (<0,1%) waargenomen (Van Schie, 2009). In 2010 waren deze twee soorten weer verdwenen. Van Schie (2007) geeft aan dat eind mei 2006 bij een zeer lage waterstand bij het opengaan van de stuwen in veel vakken Schedefonteinkruid wordt waargenomen "in rijen evenwijdig aan de oever". Ook werden losgeraakte plantendelen waargenomen.

##### Ontwikkeling in de tijd

De waterplanten ontwikkelen zich vanaf april/mei en de bedekking neemt weer af in augustus (zie bijlage 5). Tegen die tijd zijn veel planten ook bedekt met perifyton en zien ze er minder vitaal uit (pers. med. J. Van Schie). Rivierfonteinkruid (aangeplant in kribvak sG) houdt wat langer stand. In alle jaren wordt in juni de

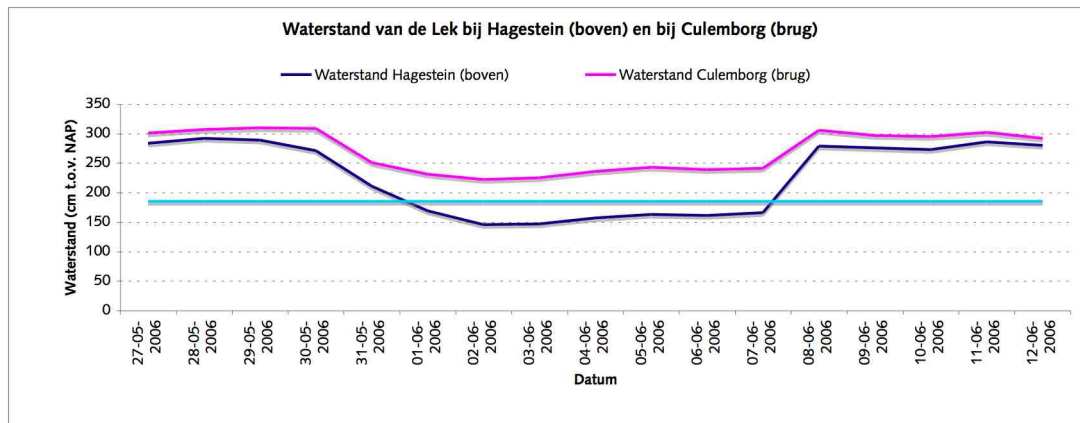


hoogste bedekking bereikt. Voor de vergelijking tussen locaties en jaren gebruiken we dan ook de maand juni.

Er zijn nauwelijks verschillen in bedekking tussen 2006 en 2008, maar 2010 is een heel goed waterplantenjaar geweest (zie figuur 3.8). De bedekking was dat jaar op alle locaties waar waterplanten groeien hoger dan de voorgaande jaren.

De verschillen in waterplanten bedekking per jaar zijn mogelijk gerelateerd aan het waterpeilregime in de verschillende jaren (zie paragraaf 3.1). In 2006 kwamen zowel in april als juni sterke waterstandsschommelingen voor. In 2008 kwamen eind april nog meerdere sterke peilfluctuaties voor, daarna niet meer gedurende het groeiseizoen. In 2010 was het waterpeil van begin maart tot in november zeer constant (zie figuur 3.1).

De waterstands dalingen na het openen van de stuwen zijn zo groot dat vaak een deel van de kribvakken droogvalt, soms zelfs gedurende meerdere dagen (figuur 3.7). Na het dichtzetten van de stuwen stijgt het waterpeil in korte tijd weer zeer snel. Zo steeg in juni 2006 het waterpeil bij Culemborg in één dag met ruim een meter (zie figuur 3.7). Ook in andere riviertrajecten blijken waterpeilfluctuaties in het groeiseizoen een van de belangrijkste factoren te zijn voor het al dan niet voorkomen van waterplanten (van Geest 2011).



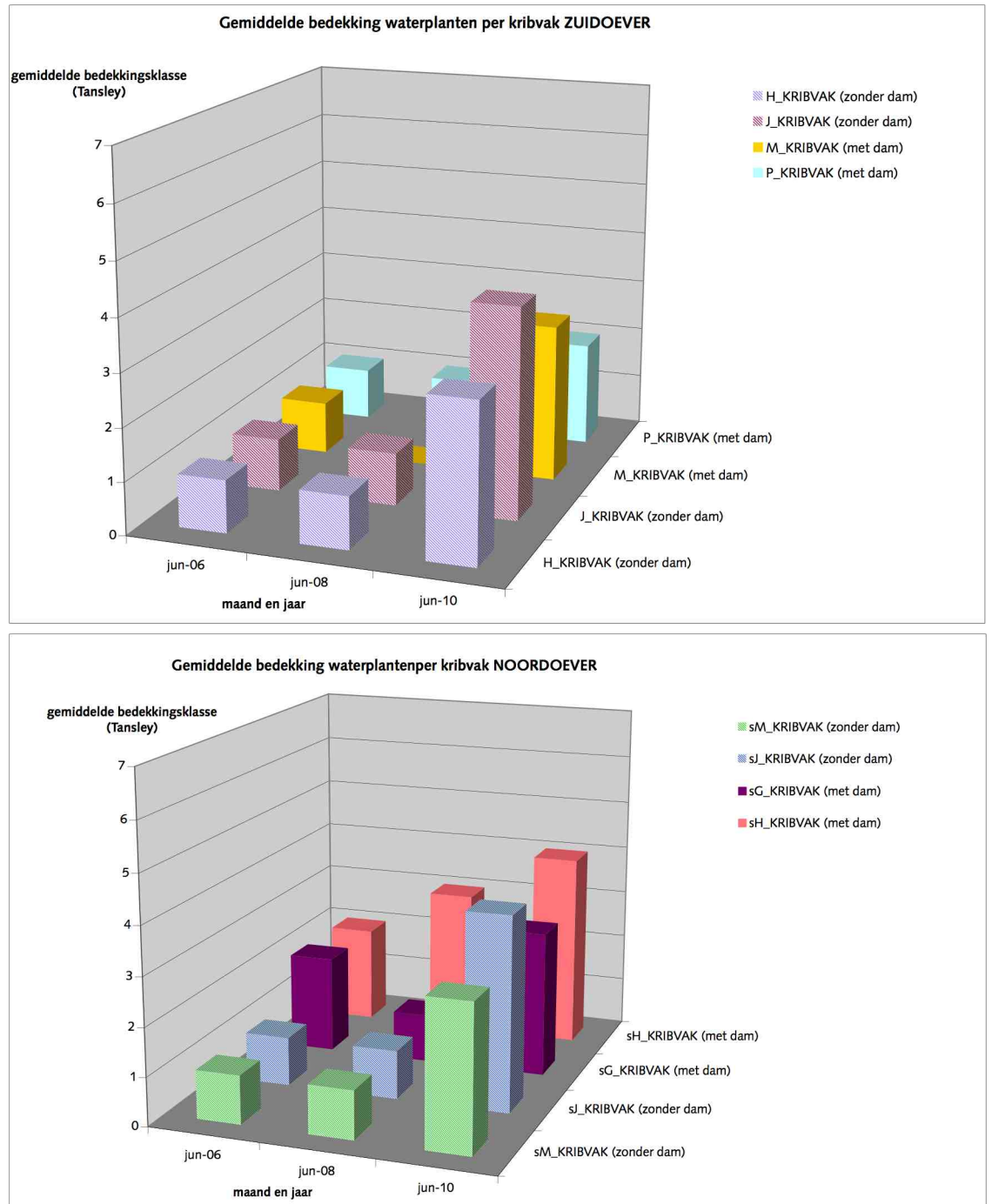
Figuur 3.7 Waterpeilverloop bij Hagestein (bovenstuws) en bij Culemborg (spoorbrug) in juni 2006. De lichtblauwe lijn geeft de gemiddelde bodemhoogte in de kribvakken weer (1,95m+ NAP).

#### Ontwikkeling in de ruimte

De ontwikkeling van de waterplantenvegetatie verschilt sterk per kribvak als gevolg van lokale verschillen in hydro- en morfodynamiek.

In 2008 en 2010 is de waterplantenbedekking langs de zuidoever bij Everdingen het grootst in de exclusies van de kribvakken H en J. Langs de noordoever ontwikkelt de watervegetatie zich het best in de kribvakken SJ en sH. De locaties

H, J en sH liggen aan het begin van een buitenbocht, maar sJ ligt op een recht stuk. Er is geen eenduidig verschil tussen noord- en zuidoever.

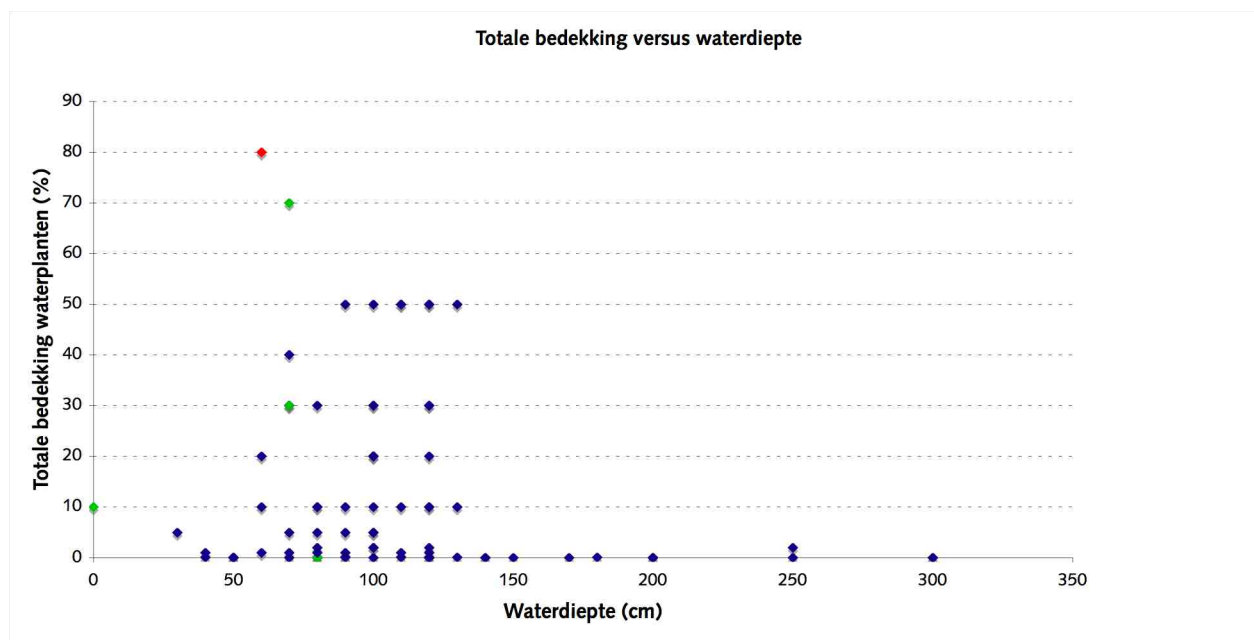


**Figuur 3.8** Gemiddelde bedekkingsklasse (Tansley) van de waterplanten in de kribvakken in 2006, 2008 en 2010 (alleen juni). Klasse-indeling (Tansley): 1 = <1%, 2 = 1 – 5%, 3 = 5 – 15%, 4 = 15 – 25%, 5 = 25 – 50%, 6 = 50 – 75%, 7 = 75 – 100% bedekking.

Er zijn geen duidelijke verschillen in de waterplanten bedekkingen tussen de kribvakken met en zonder vooroever dam. In de kribvakken langs de zuidoever zijn in 2006 en 2008 de totale bedekkingen allen zeer laag (<1%). In 2010 is de bedekking langs de zuidoever echter vergelijkbaar met de noordoever. In 2010 zijn er wel verschillen, echter niet éénduidig. Langs de zuidoever heeft kribvak J (zonder dam) de hoogste bedekking en kribvak P (met dam) de laagste. Tussen de overige twee kribvakken (één met en één zonder dam) is geen verschil. Langs de noordoever hebben de kribvakken met dam in 2006 en 2008 iets hogere bedekkingen dan die zonder dam (klasse 2 versus klasse 1). Dit verschil verdwijnt in 2010. In dit jaar zijn er twee kribvakken met bedekkingsklasse 2 (één met en één zonder dam) en twee kribvakken met bedekkingsklasse 3 (idem). Er lijkt dus geen duidelijke relatie te zijn tussen de waterplanten bedekking en de aanwezigheid van een vooroever dam.

#### *Relatie met waterdiepte*

In figuur 3.9 is bij een gemiddeld waterpeil van de Lek (juni 2010) de bedekking van de waterplanten uitgezet tegen de waterdiepte per opnamepunt. Hieruit blijkt dat de hoogste bedekkingen voorkomen tussen de 0,5 en 1,5 meter. Op ondiepere plekken beperken droogval, golfslag en vogelactiviteiten (opwerveling, betreding, vraat) waarschijnlijk de ontwikkeling van waterplanten. Op diepere plekken is het doorzicht mogelijk beperkend.



*Figuur 3.9 Totale bedekking (%) versus waterdiepte per opnamepunt in juni 2010. Groen zijn de opnames in de exclusures, rood is de exclusure met het aangeplante rivierfonteinkruid.*



#### *Relatie met doorzicht*

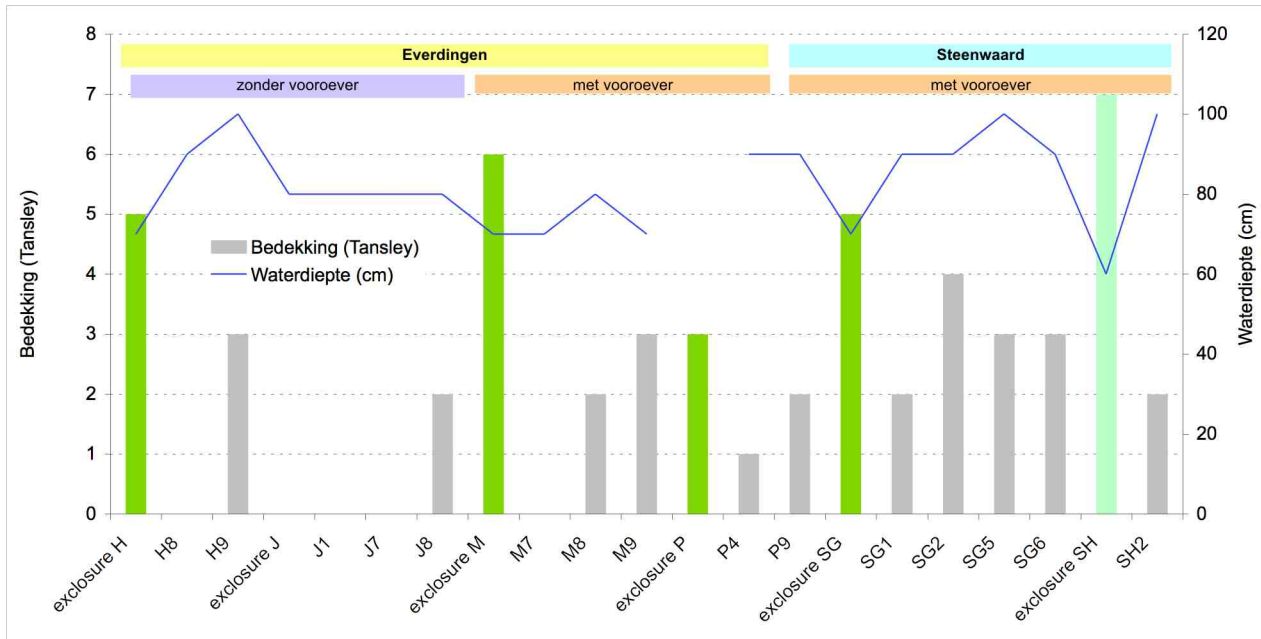
Op het eerste gezicht lijkt het doorzicht in de onbeschermden kribvakken iets hoger dan in de beschermden kribvakken (bijlage 4). Dit verschil is echter meestal niet significant door de spreiding in de data. Deze tendens is niet conform de verwachting dat de vooroevers dammen leiden tot meer golfwutten en daarmee minder opwerveling en een groter doorzicht. Ook is er geen eenduidig verschil in doorzicht tussen de zuidoever en de noordoever. Wel lijkt het doorzicht in juni 2008 en 2010 gemiddeld groter dan in juni 2006. Mogelijk heeft dit ook te maken met de sterke waterstandsfluctuaties in juni 2006 en kan mede een verklaring zijn voor een minder goede waterplantenontwikkeling dat jaar. De hoge bedekkingen in 2010 zijn echter niet te verklaren door een hoger doorzicht, want in 2008 was dat vergelijkbaar of zelfs hoger.

Het doorzicht varieerde in juni 2008 en 2010 per kribvak tussen 50 en 100 cm. Ondergedoken waterplanten kunnen voorkomen tot ongeveer 1,7 maal de doorzichtdiepte (Scheffer 1998). Dit betekent dat in het grootste deel van de kribvakken voldoende licht op de waterbodem aanwezig was voor de ontwikkeling van waterplanten. De maximale waterdiepte is ongeveer 2 meter, uitgezonderd kribvakken sJ en sM waar het diepste punt op 3 meter ligt. Het doorzicht was dus geen beperkende factor voor de waterplantenontwikkeling of verklaring voor verschillen tussen jaren of locaties.

#### *Ontwikkeling in de exclosures*

De exclosures zijn geplaatst om de invloed van vraat te kunnen vaststellen. Ze zijn geplaatst eind mei / begin juni 2006, zodat in de zomer van 2006 nog nauwelijks sprake was van waterplantenontwikkeling. De bedekking lijkt dat jaar ook lager binnen de exclosures dan erbuiten (bijlage 6). In de daarop volgende jaren is de bedekking binnen de exclosures echter consequent groter dan buiten de exclosures met uitzondering van kribvak J (bijlage 6).

In bijlage 5 is de gemiddelde bedekking van waterplanten per kribvak (9 meetpunten) voor de drie monitoringsjaren vergeleken met de bedekking in de exclosures (1 meetpunt). De bedekking met waterplanten is echter afhankelijk van de waterdiepte (zie figuur 3.9). Voor een zuivere vergelijking is het beter de bedekking in de exclosures te vergelijken met de bedekking van opnamepunten in de kribvakken bij ongeveer dezelfde waterdiepte (figuur 3.10). Ook in deze vergelijking is te zien dat, met uitzondering van kribvak J, de bedekking in de exclosures hoger is dan ter plaatse buiten de exclosures (in 2010).



Figuur 3.10: Bedekking met waterplanten in 2010 binnen en buiten exclosures op de afzonderlijke opname punten met ongeveer dezelfde diepte. In exclosure SH (lichtgroen) is rivierfonteinkruid aangeplant, dus die opname is niet representatief (voor ligging monsterpunten zie figuur 3.6).

#### Ontwikkeling Rivierfonteinkruid

Het rivierfonteinkruid dat in juli 2007 op 4 plekken is aangeplant in kribvak sH, is maar op één plek goed aangeslagen (Van Schie 2009). De bedekking in deze exclosure is in alle jaren vrij hoog. De pol breidt zich zelfs uit tot buiten de exclosure (zie foto 3.1). Er drijven wel losse plantdelen elders in het kribvak, maar er zijn geen nieuwe vestigingsplaatsen.



Foto 3.1: Hoge bedekking van rivierfonteinkruid (tot buiten de exclosure) in de exclosure in kribvak sH (2-09-2012). Aan de plantendelen in het gaas is te zien dat de waterstand net met ca. 15 cm gezakt is. (foto: Bureau Waardenburg)

### 3.3.3 Conclusies

#### Effect vooroevers

Uit de waterplanten monitoring in de periode 2006 – 2010 blijkt geen duidelijk verband tussen de waterplanten bedekking en de aanwezigheid van een rijshoutdam. Afscherming van een kribvak met een rijshoutdam lijkt op deze locatie geen cruciale factor te zijn voor de ontwikkeling van waterplanten.

De vooroevers lijken ook geen effect te hebben op het doorzicht. Het doorzicht was in juni 2010 zelfs groter in de kribvakken zonder vooroever dam, zowel in de vakken met als zonder waterplanten. Het doorzicht was tijdens de monitoringsperiode overigens in alle kribvakken voldoende voor de ontwikkeling van waterplanten.

#### Effect waterpeildynamiek

Het tijdelijk strijken van de stuwen op de Lek heeft in de afgelopen jaren geregeld tot (gedeeltelijke) droogval van de kribvakken geleid. Na het dichtzetten van de stuwen stijgt het waterpeil in korte tijd weer zeer snel. Het is aannemelijk dat een dergelijke waterpeildynamiek met name in het groeiseizoen een beperkende factor is voor de waterplantenontwikkeling. De slechte waterplantenontwikkeling in 2006 is mogelijk gerelateerd aan de droogval periode in juni dat jaar. In 2008 en 2010 kwamen er vanaf mei geen droogvalperiodes meer voor in het groeiseizoen. Naast

uitdroging kan droogval ook tot schade door vertrapping (ganzen of vee) leiden. Bij stijgend waterpeil kan tijdelijk vertroebeling optreden. Bij droogval leken de waterplanten in parallelle rijen te groeien (van Schie 2007). Mogelijk houdt dit ook verband met de periodieke droogval.

De waterplantenvegetatie binnen het studiegebied bestaat vrijwel uitsluitend uit de ondergedoken soort Schedefonteinkruid, die relatief goed bestand is tegen hydrodynamiek.



*Foto 3.2: Door fluctuaties in het waterpeil kunnen waterplanten ineens droog komen te liggen. (foto: John van Schie, RWS)*

### **Effect begrazing**

In de meeste kribvakken groeien meer waterplanten binnen de exclusies dan daarbuiten. Dit duidt er mogelijk op dat waterplantenontwikkeling in de kribvakken gelimiteerd wordt door activiteiten van watervogels en/of vee. Het is niet duidelijk of dit vraat, omwoeling, opwerveling en/of betreding (bij droogval) betreft. Langs de oevers van het studiegebied komen vooral ganzen voor. Omdat deze geen ondergedoken waterplanten eten, is schade door vraat van waterplanten niet erg waarschijnlijk. Mogelijk wordt het negatieve effect van droogval verder versterkt door betreding en omwoeling van de waterbodem door watervogels of vee op de drooggevallen oevers. Hierdoor kunnen ook de wortels beschadigen. De exclusies liggen allemaal in de ondiepe overzone (<50cm). Deze plekken hebben dus net zo goed met droogval te maken, maar hebben geen last van geen betreding.

Binnen het studiegebied zijn veel ganzen (onder andere grauwe gans, brandgans en soepgans) aanwezig. Ganzen foerageren echter doorgaans op grasland en rietvegetaties (zie paragraaf 3.4), maar niet op ondergedoken waterplanten. Wat mogelijk een rol kan spelen is dat de ganzen bij verstoring het water in vluchten. Dit kan leiden tot opwerveling van het bodemsediment (slap slib) in de ondiepe oeverzone. Er zijn geen waarnemingen op de studielocaties bekend van zwanen, eenden of meerkoeten, die foerageren op ondergedoken waterplanten binnen het studiegebied.



*Foto 3.3: De exclosures hebben duidelijk een effect. Maar hoe dit effect tot stand komt, is niet helemaal duidelijk. (foto: John van Schie, RWS)*

### **Vestiging**

Het Rivierfonteinkruid dat is aangeplant langs de noordoever kan zich, ondanks de sterke peildynamiek, goed handhaven binnen een exclosure. De pol is in de loop der jaren uitgegroeid door een flink cluster dat in 2012 zelfs tot buiten de exclosure reikt (zie foto 3.1). Vraat van plantdelen lijkt ook hier dus geen beperkende factor. Wel lijkt het erop dat de vestiging van plantdelen of de kieming van zaden een beperkende factor is, want anders had de soort zich al lang binnen het kribvak kunnen uitbreiden. Mogelijk is de bodem te slibbig en zakken de zaden of plantdelen te ver weg (geen lichtstimulus). Dit kan ook bij schedefonteinkruid een rol spelen.



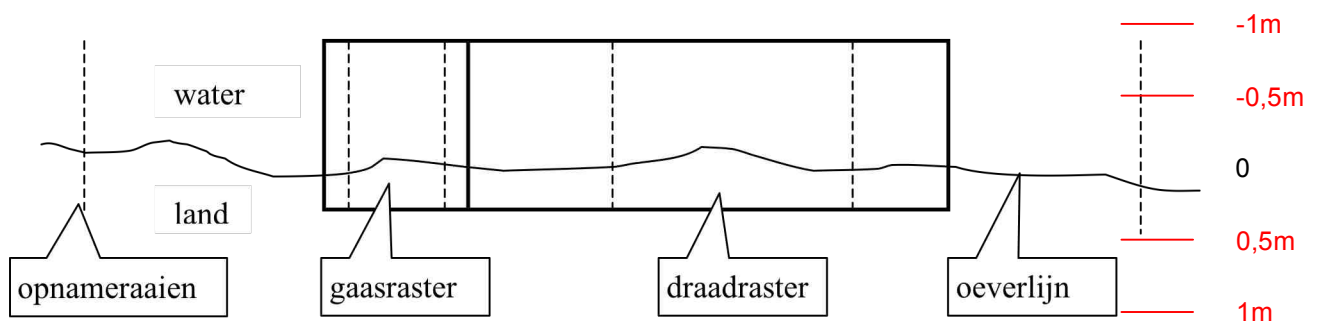
### 3.4 Oeverplanten

#### 3.4.1 Methode

De monitoring van oeverplanten bestaat uit het opnemen van de vegetatie langs raaien. Alle raaien liggen in of direct nabij de exclusures. Per exclusure zijn steeds 6 raaien opgenomen, in de beschermde delen van de twee typen exclusure elk 2 raaien en buiten de exclusure ook 2 raaien (zie figuur 3.11).

Binnen elke raai is de vegetatie per 50 cm opgenomen, beginnend op grensvlak oeverrand. Het aantal opgenomen raaien bedraagt 96 per monitoringsronde.

De mate van begrazing is apart genoteerd. Om een indruk te hebben hoe de houtigen zich ontwikkelen, zijn langs de oever alle houtigen ingemeten en is de hoogte hiervan bepaald (zie bijlage 8).



*Figuur 3.11: Schematische weergave ligging opnameraaien oevervegetatie. De zwarte stippellijn geeft de ligging van de opnameraaien weer, de rode lijnen de locaties van de opnamen ten opzichte van de oeverlijn.*

#### 3.4.2 Resultaten

##### **Ontwikkeling oevervegetatie**

Onder de oeverplanten zijn drie soorten van de Rode lijst waargenomen (in 2010): Riviertandzaad, Kleine pimpernel en Kattendoorn. De soortenrijkdom van de oevervegetatie is toegenomen van 139 in 2008 tot 191 in 2010 (totaal waargenomen soorten). Van 2006 zijn geen soortgegevens bekend.



Foto 3.4: Oevervegetatie in een beschermd kribvak. Op de achtergrond een exclosure. (foto: Bureau Waardenburg)

Bij Everdingen is geen duidelijk verschil in vegetatiebedekking ontstaan als gevolg van de vooroevers. Helofyten lijken zich in de onbeschermden kribvakken bij Everdingen zelfs iets beter te ontwikkelen dan in de kribvakken met vooroevers (bijlage 9). Er is wel een verschil in de helofytenbedekking binnen en buiten de exclosures: Helofyten komen alleen tot ontwikkeling op plekken met weinig of geen graasdruk. Hoewel in 2010 minder begrazing was (bijlage 7) is dit niet terug te zien in de vegetatieontwikkeling. De bedekking neemt in de loop der jaren gestaag toe in de exclosures, maar ze breiden zich nauwelijks uit richting het water (bijlage 9). Er is in de drie bemonsteringsjaren maar één soort helofyt waargenomen: Rietgras.

### 3.4.3 Conclusies

#### Effect vooroevers

Vooroevers hebben geen effect op de ontwikkeling van de oevervegetatie. Er zijn nauwelijks of helemaal geen verschillen in vegetatieontwikkeling te zien tussen de wel en niet door vooroevers beschermde vakken. Opvallend is dat de vegetatie zich richting het water niet zichtbaar heeft uitgebreid. In de voorbije periode is dus (nog) geen opgaande en bredere vegetatiegordel tot stand gekomen. Mogelijke oorzaken zijn de geringe kiemingsmogelijkheden voor helofyten door begrazing en ongunstige waterpeildynamiek gerelateerd aan het stuwbeheer. Mogelijk is ook de

golfwerking op de oevers toch nog te intensief. Hierdoor is ook de overgang van de kleiige 'droge oever' naar de waterfase / kribstrand ook achter de beschermde kribvakken nog relatief abrupt en de overgang voor helofyten richting de natte oever mogelijk te groot. Vaak liggen op de onderwateroevers ook keien of grind. De keien in de oeverzone zijn expres niet verwijderd achter de vooroevers om de wortels van de helofyten te beschermen tegen vraat en golfslag (Daling 2010).



*Foto 3.5: Ook achter de rijshouten dammen is nog golfslag op de oever na scheeppassage. (foto: W. Liefveld, Bureau Waardenburg)*

### **Effect begrazing**

Begrazing lijkt een rol te spelen in de helofytenontwikkeling. Alleen in de exclosures is rietgras enigszins tot ontwikkeling gekomen. Er is echter geen effect op de totale bedekking van oeverplanten.



## **3.5 Macrofauna**

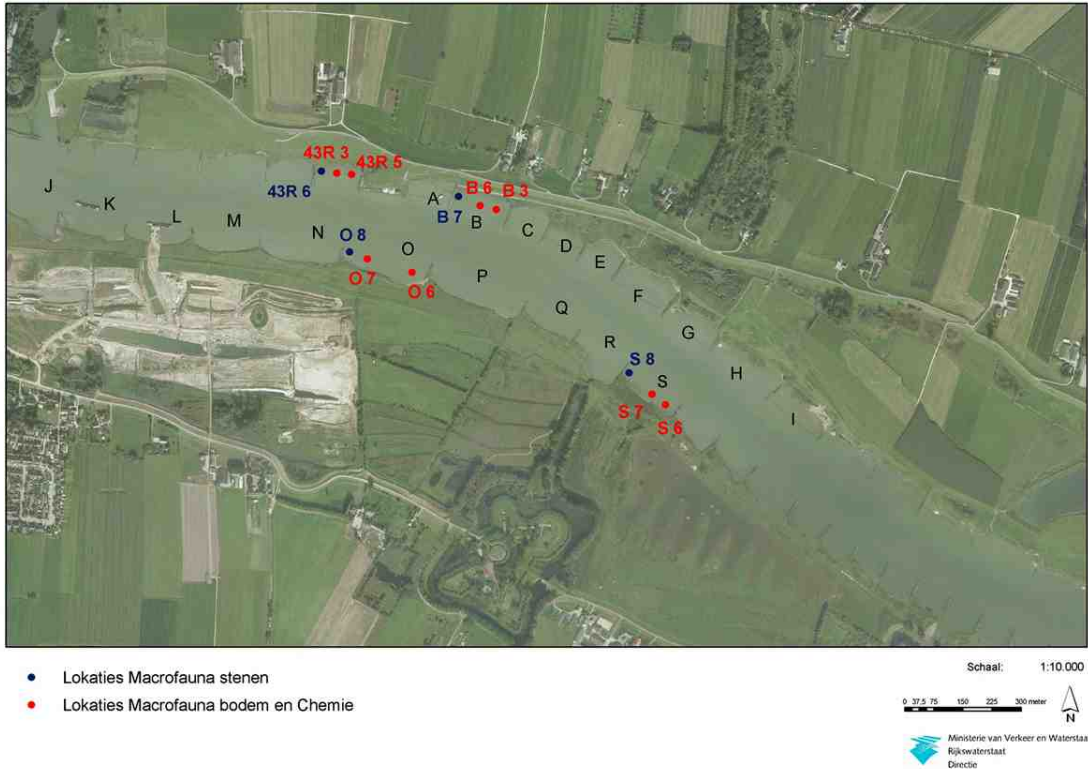
### **3.5.1 Methode**

Zowel op de linkeroever als op de rechteroever is één kribvak met en één kribvak zonder vooroever bemonsterd op macrofauna. (Dit zijn andere kribvakken dan de water- en oeverplantenbemonstering.) Hierbij zijn de verschillende aanwezige habitats bemonsterd. Per kribvak is een slibmonster, een zandmonster en een stenenmonster genomen. De rijshouten dammen zelf zijn niet bemonsterd (figuur 3.12).

De bodemmonsters zijn genomen met een Eckmanhapper waarmee 5 happen zijn genomen. De happen zijn samengevoegd tot 1 mengmonster, gezeefd over 500 µm en geconserveerd in 96 % alcohol. Voor de bijbehorende chemie-monsters is op dezelfde plek als het bodemmonster een glazen literpot gevuld met sediment.

Voor de stenenmonsters zijn met de hand op 40-60 cm diepte 5 stenen verzameld. Deze zijn afgeborsteld en het afgeborstelde materiaal is gezeefd over 500 µm en geconserveerd in 96% alcohol. Het oppervlak van de stenen is bepaald door van elk vlak de lengte en de breedte op te meten.

Voorjaar en najaar zijn op verschillende manier bemonsterd. In het najaar is een multihabitatmonster genomen, waarbij ook in de oever is bemonsterd. In het voorjaar is dit niet gedaan. Dit maakt vergelijking van voorjaar en najaar niet goed mogelijk. (zie verder Wiggers *et al.* 2011)



Figuur 3.12: Bemonsteringslocaties macrofauna in april en oktober. De locaties B en O liggen achter vooroevers, de locaties R en S liggen in open kribvakken.

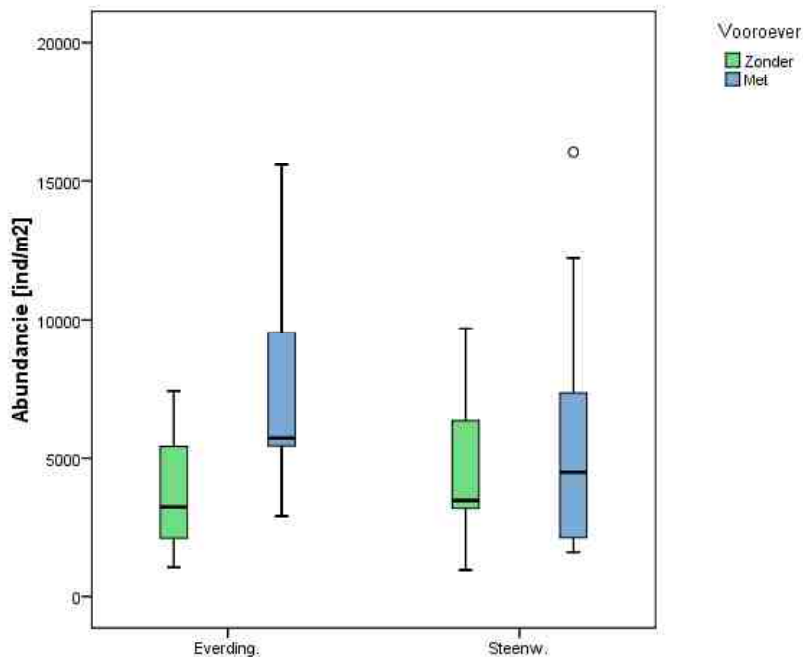
### 3.5.2 Resultaten

#### Kwantiteit

In de meetperiode 2006-2010 is geen eenduidig verschil in de hoeveelheid macrofauna tussen beschermde en onbeschermde kribvakken gevonden. Hoewel de dichtheid aan organismen in de beschermde kribvakken gemiddeld hoger is dan in de onbeschermde kribvakken, gaat dit niet altijd op: In het najaar van 2008 en het voorjaar van 2010 zijn gemiddeld juist lagere dichtheden gevonden in kribvakken met rijshouten dammen dan in de onbeschermde kribvakken (Wiggers *et al.* 2011). Wel is er een trend dat de gemiddelde dichtheid van organismen in de kribvakken met rijshouten dammen in de loop der jaren toeneemt. In de kribvakken zonder rijshouten dammen is dit minder duidelijk (bijlage 10).

De resultaten van de dichtheden zijn nogal grillig. Dit kan te maken hebben met het moeilijk te bemonsteren watertype. Een onregelmatige bodem met veel stenen en een slecht doorzicht maken een net afgepaste monsterlengte moeilijk (Wiggers *et al.* 2011). De dichtheden hebben dus beperkte zeggingskracht.

Als alle bemonsteringen (voor- en najaar, stenen en multihabitat) van de drie bemonsteringsjaren bij elkaar gevoegd worden, lijkt voor de locatie Everdingen een hogere dichtheid aan organismen voor te komen in de beschermde kribvakken ( $r=0,51$ , Mann-Whitney toets (Kok *in prep*)). Voor de locatie Steenwaard is geen verschil (figuur 3.13).



Figuur 3.13: Box-plot van de abundantie van macrofauna in de Steenwaard en locatie Everdingen. Data van alle bemonsteringen van 2006, 2008 en 2010. (bron: Kok *in prep*)

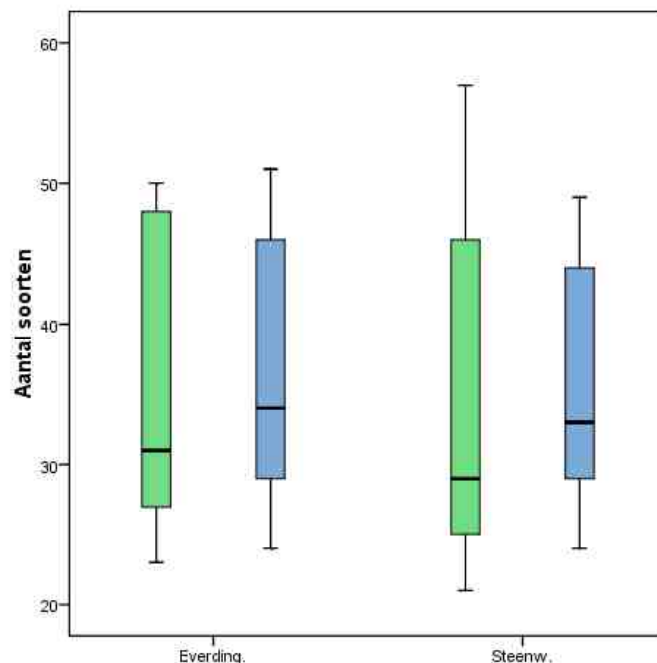
### Kwaliteit

In 2010 is een aantal soorten voor het eerst in de monsters aangetroffen (tabel 3.1). Opvallend is de aanwezigheid van *Dikerogammarus haemobaphes* (Crusacea), een Ponto-Kaspische soort, welke in het najaar van 2010 voor het eerst is aangetroffen. De soort is toen in alle kribvakken aangetroffen. Verder is opvallend dat in het laatste monitoringsjaar, vooral in de kribvakken bij Everdingen, ook enkele wormen zijn aangetroffen die niet eerder zijn gevonden. Het zijn veelal kleine wormen, welke mogelijk tijdens de voorgaande jaren gemist zijn. Tenslotte werden enkele Diptera-soorten alleen in het laatste jaar gevonden. Een aantal hiervan is kenmerkend voor harde substraten (stenen), waaronder *Paratrichocladius rufiventris* en mogelijk *Parasmittia* sp. Andere zijn meer kenmerkende bodembewoners (*Einfeldia dissidens* en *Tanytus punctipennis*). Het verschijnen van deze nieuwe soorten houdt echter geen verband met de aanleg van de rijshouten dammen. Tegelijk is het aantal kenmerkende soorten (volgens de KRW-systematiek) voor alle bemonsteringslocaties samen in 2010 tot nul gedaald (Kok *in prep*).

Tabel 3.1: Taxa die voor het eerst zijn aangetroffen in het laatste monitoringsjaar (2010). (Bron: Wlgers et al. 2011)

Taxonnaam	Everdingen		Steenwaard	
	Met palen	Zonder palen	Met palen	Zonder palen
<i>Arrenurus crassicaudatus</i>			*	
<i>Aulodrilus pigueti</i>		*	*	*
<i>Dero digitata</i>		*		
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	*	*	*	*
<i>Einfeldia dissidens</i>		*	*	
<i>Lebertia inaequalis</i>			*	
<i>Micropsectra</i>	*	*		
<i>Nais pardalis</i>		*		*
<i>Paratrichocladius rufiventris</i>		*		*
<i>Pseudosmittia</i>				*
<i>Rheotanytarsus</i>	*			
<i>Tanytus punctipennis</i>			*	
<i>Uncinaiis uncinata</i>				*
<i>Vejdovskyella intermedia</i>	*		*	*

Er is geen significant verschil in het aantal soorten in de beschermde versus de onbeschermde kribvakken (figuur 3.14). Wel komen achter de vooroevers meer Diptera (vliegen en muggen) en Gastropoda (slakken) voor (Kok *in prep*) (zie ook bijlage 11). Het gaat echter vooral om *Potamopyrgus antipodarum*, een algemeen voorkomend slakje dat in allerlei typen wateren kan voorkomen en *Cladotanytarsus mancus* gr., een muggelarve die veel voorkomt in gestuwde rivieren (Wlgers et al. 2011).



Figuur 3.14: Box-plot van het aantal soorten macrofauna in de Steenwaard en locatie Everdingen. Data van alle bemonsteringen van 2006, 2008 en 2010. (bron: Kok *in prep*)

Lokaal is de waterbodem in de kribvakken enigszins verontreinigd, maar dit heeft geen invloed op de monitoringsresultaten. Vanwege de lage bemonsteringsdichtheid zou een negatief effect van bodemverontreiniging een eventueel positief effect van de vooroevers kunnen maskeren. Uit de analyses van de bodemchemie blijken de locaties „Everdingen zonder palen” en „Steenwaard zonder palen” het slechtst te zijn. Dit vertaalt zich echter niet in een lagere soortenrijkdom voor deze locaties. Er is dus geen sprake van een maskereffect van bodemverontreiniging. In een analyse aan de hand van de verontreinigingsindex (voor macrofauna) die is opgesteld voor het watertype R8 (Peeters *et al* 2009), blijkt ook geen verschil tussen de locaties met en zonder vooroever (Kok *in prep*).

Overigens verbetert de waterbodemkwaliteit in het studiegebied langzaam in de loop der jaren (Kerkum 2011).

### **3.5.3 Conclusies**

#### **Kwantiteit**

Gemiddeld zijn de dichtheden organismen in de kribvakken met rijshoutdammen iets hoger, dit geldt met name voor de zuidoever bij Everdingen (bijlage 6). Ook nemen de dichtheden van organismen in de loop der jaren toe in de beschermde kribvakken. Overigens zijn de dichtheden zeer variabel (Wiggers *et al.* 2011). In 2010 zijn de dichtheden macrofauna in het voorjaar gemiddeld iets lager in de kribvakken met rijshouten dammen terwijl ze in het najaar juist hoger zijn.

#### **Kwaliteit**

De beschermde kribvakken hebben geen hogere diversiteit dan de open kribvakken. In het najaar worden zelfs vaak minder taxa gevonden in de kribvakken met de rijshoutdammen (2010). Wel lijken achter de dammen meer muggen en slakken voor te komen, wat zou kunnen duiden op meer organisch (slibbig) materiaal. In de eenzijdig aangetakte nevengeul bij Everdingen, die in 2010 ook bemonsterd is, zijn maar liefst 23 taxa meer gevonden dan in de kribvakken.

Ook macrofaunasoorten kunnen te lijden hebben van langdurige of frequente droogval van de kribvakken, minder sterk dan waterplanten. Het veel hogere aantal taxa in de nevengeul duidt erop dat vooral habitatdiversiteit een rol lijkt te spelen.

## 3.6 Vis

### 3.6.1 Methode

Bij het bepalen van het effect van de rijshouten dammen gaat het er vooral om de functie van de kribvakken als paai- en opgroeigebied voor vis in beeld te brengen. De bemonstering is dan ook vooral gericht op het vangen van jonge vis. Hiervoor zijn de kribvakken bemonsterd in de avonduren en na zonsondergang met zegen (broedzegen en gewone zegen) en electrovisapparaat. Hierbij zijn ook de rijshouten dammen bemonsterd.

De bemonsteringen zijn jaarlijks uitgevoerd tussen 2006 en 2010. In 2006 is maar in twee kribvakken bemonsterd (elke maand een keer van mei tot en met september). In 2007 is dit uitgebreid naar vier kribvakken (een keer in juni, een keer in juli en een keer in augustus).

In 2008 zijn niet precies dezelfde kribvakken bemonsterd als in 2007, omdat in een aantal vakken ook waterplanten bemonsterd zijn. Om eventuele effecten van de zegenvisserij op de ontwikkeling van waterplanten uit te sluiten, zijn twee vakken uit de bemonstering van 2007 vervangen door twee andere vakken in 2008. In 2009 is om dezelfde reden nog een vak uit de visbemonstering weggelaten (R2). In 2010 zijn ook deze vakken aangehouden (figuur 3.15).



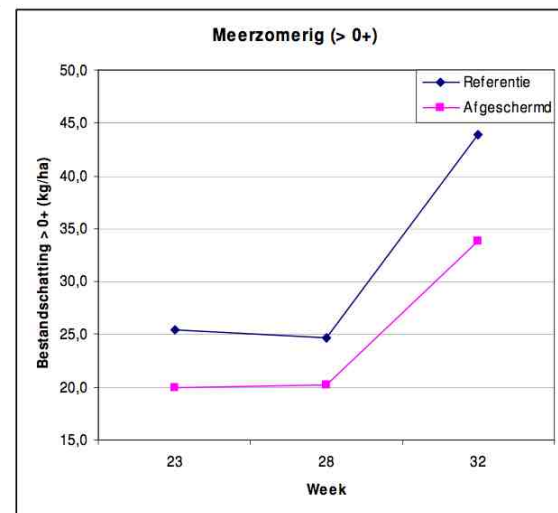
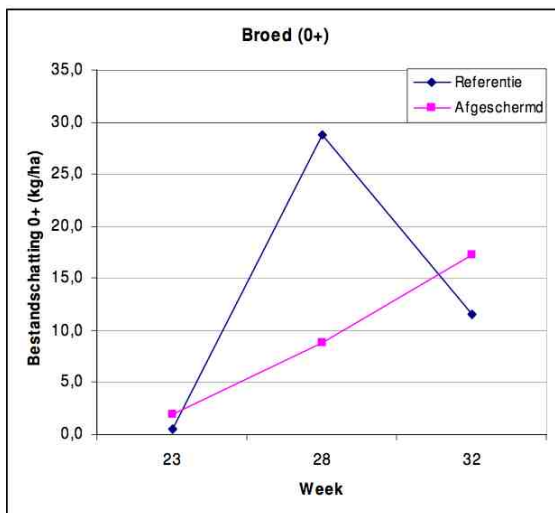
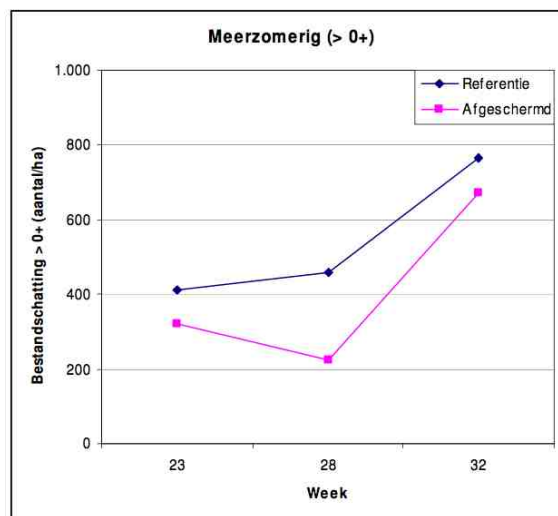
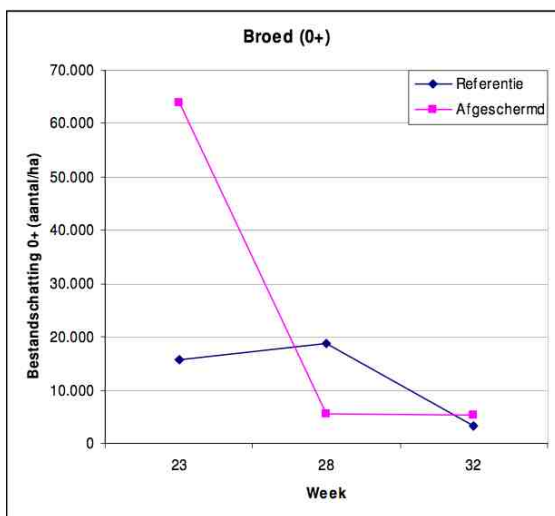
Figuur 3.15: Bemonsteringslocaties vis.



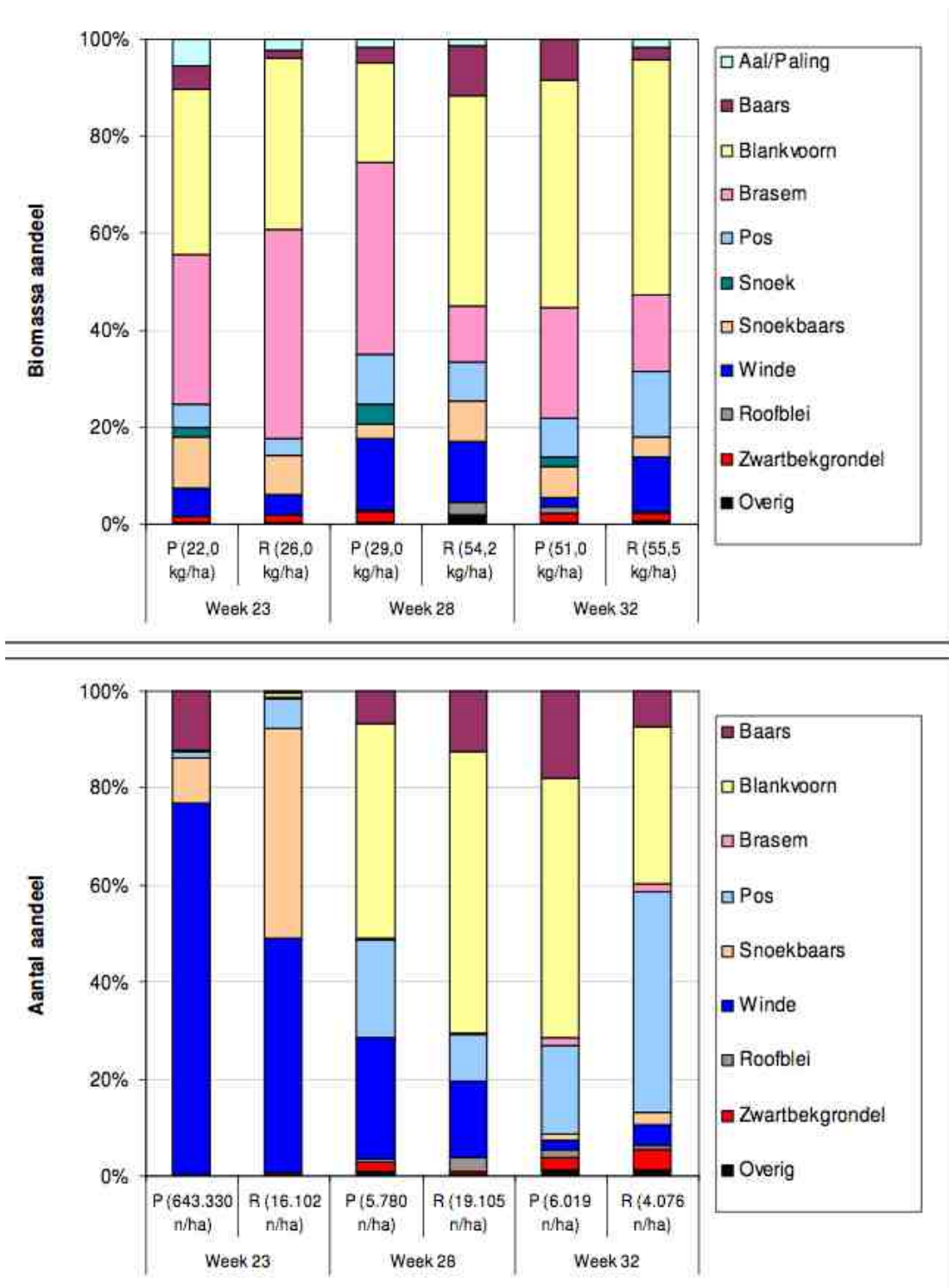
Voor de analyse van eventuele verschillen tussen de kribvakken zijn de vangsten omgerekend naar bestandsschattingen. De bestandsschattingen zijn berekend per bemonsteringsweek en per kribvak (open en afgeschermd). Voor de toetsing van de gegevens zijn alleen de verschillen tussen de afgeschermden en open kribvakken relevant. Omdat hierbij slechts sprake is van één variabele, namelijk de afscherming, is gebruik gemaakt van onafhankelijke t-toetsen. Hierbij is eerst een Levene's test voor gelijkheid van variantie uitgevoerd gevolgd door de eigenlijke t-toets. Deze toetsing is zowel voor totale aantallen en biomassa's, als voor aantallen en biomassa's per gilde uitgevoerd.

### **3.6.2 Resultaten**

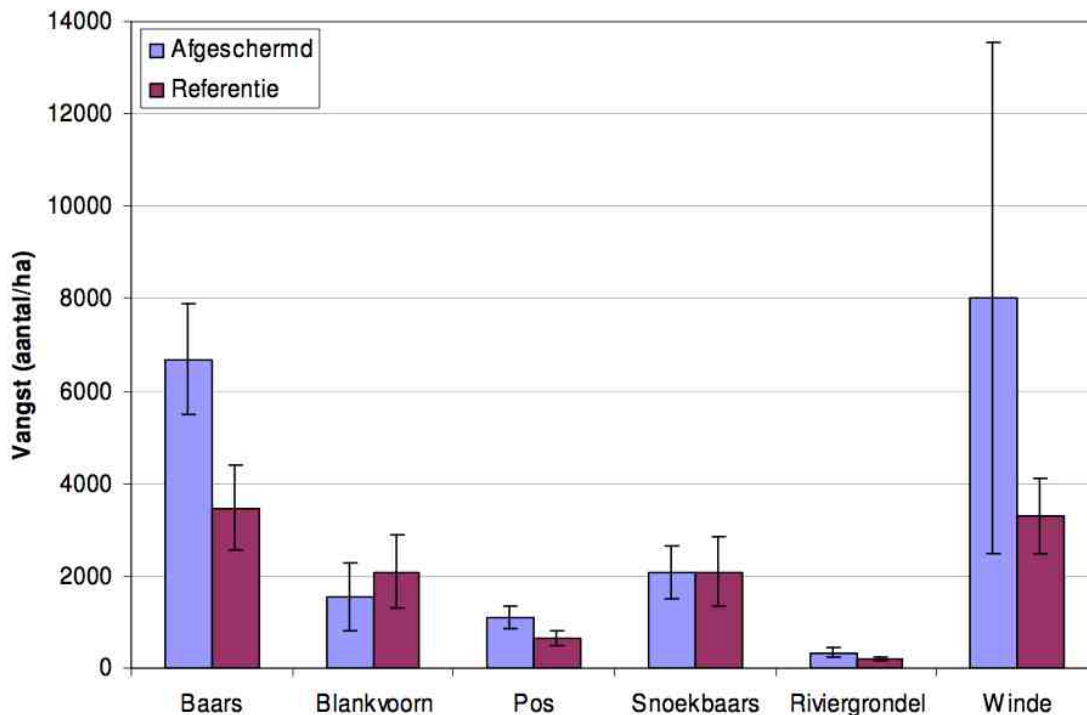
In 2010 is een grotere biomassa reofiele soorten aangetroffen in de afgeschermden kribvakken ( $P < 0,05$ ). Dit komt vooral door een grotere biomassa winde in de beschermden kribvakken. In 2008 waren er juist meer reofiele vissen in de referentievakken (onbeschermd). Wanneer onderscheidt wordt gemaakt in broed en meerzomerige vis, dan is er geen verschil tussen de kribvakken met en zonder vooroevers (figuur 3.16.). Het meerzomerige baarsbestand is significant groter in de referentievakken (onbeschermd). Op basis van aantallen is alleen een significant ( $P < 0,05$ ) verschil waargenomen voor alver. Deze soort komt meer voor in de afgeschermden vakken.



Figuur 3.16: Gemiddelde bestandschattingen broed (0+) en meerzomerige vis (>0+) in kg/ha en aantal/ha



Figuur 3.17: Verhouding tussen de meest voorkomende vissoorten in de gemiddelde bestandschattingen, inclusief omvang bestand (2010). P = kribvak met vooroever, R = referentie.



Figuur 3.18: Vangstgegevens broedzegen samengevoegd voor periode 2008-2010 van de meest voorkomende vissoorten.

### 3.6.3 Conclusies

Zowel de beschermde als onbeschermde kribvakken functioneren als opgroeigebied voor vis. Dit blijkt uit de aanwezigheid van visbroed in beide typen kribvakken. Over de laatste jaren lijkt de afscherming van de kribvakken vooral positief effect te hebben op het voorkomen van broed van baars en, in mindere mate, pos. De andere soorten hebben geen duidelijke voorkeur voor een afgeschermd of open kribvak. De aantallen variëren sterk tussen de jaren en per maand, waardoor veel data nodig zijn om verbanden te kunnen aantonen. Op basis van de huidige gegevens en die van voorgaande jaren (2008/2009) is het meest waarschijnlijk dat de soorten baars en snoekbaars de kribvakken als paaiplaats gebruiken.

Over de gehele periode is er wel een significant grotere totale biomassa van winde in de afgeschermd vakken aangetroffen. Van meerzomerige exemplaren is van baars juist een significant grotere biomassa in de referentievakken aangetroffen. De indruk bestaat dat bij een hogere afvoer van de Lek (week 32) een deel van de vis van buiten de kribvakken de kribvakken optrekt, waardoor de visbiomassa in de kribvakken tijdelijk toeneemt.

In de afgeschermd vakken zijn iets meer vissoorten aangetroffen, maar dit verschil is niet significant. Verschillen in soortensamenstelling tussen de twee typen kribvakken worden hierbij veroorzaakt door het aantreffen van een enkele vis van een bepaalde soort. De soortenrijkdom is sinds 2006 iets toegenomen, wat voornamelijk te wijten is aan de vestiging van exoten als de Kesslers grondel, Pontische stroomgrondel en witvinggrondel.

Voor de KRW-maatlat telt vooral het aandeel Winde sterk mee, de meest voorkomende reofiele soort op de Lek. De dichtheden van deze soort verschillen echter sterk tussen de jaren en er is geen significante voorkeur voor open of afgeschermd vakken (figuur 3.18). (De biomassa telt niet mee voor de KRW-score.)



*Foto 3.7: De vooroevers vanuit de lucht vanaf de noordzijde. Aan de overzijde is de herinrichting van de Everdingse waard in volle gang.*





## 4 Discussie

### 4.1 Monitoring

#### **Is de meetperiode lang genoeg?**

In de meetperiode (2006-2010) zijn geen duidelijke ecologische effecten waargenomen als gevolg van de vooroevers. De vraag is of deze meetperiode lang genoeg is, of dat de effecten langer op zich laten wachten. Over het algemeen wordt een periode van 10 jaar aangehouden voor het monitoren van dit soort projecten (Bak *et al.* 2010). Er zijn geen aanwijzingen dat er een ontwikkeling is die in de richting van een ecologische verbetering gaat. Ecologisch zijn er weinig verschillen tussen de kribvakken met en zonder vooroevers. Morfologisch lijken de ontwikkelingen mogelijk zelfs negatief (ophoping van slibbig materiaal in de beschermde kribvakken). Onduidelijk is of er al een morfologisch evenwicht is ontstaan. Het ligt echter niet in de lijn der verwachting dat er over een langere periode nog ontwikkelingen zullen optreden, die tot radicaal andere conclusies zouden kunnen leiden.

#### **Steekproef**

De omvang van de steekproef is relatief klein. De omstandigheden per kribvak zijn zo verschillend dat een groter aantal opnamen nodig is om variaties als gevolg van lokale omstandigheden te kunnen uitsluiten. In dit opzicht zou ook een nulmeting ter plaatse handig zijn geweest, met name voor het inschatten van het effect op waterplanten. Vis vertoont veel jaarlijkse variatie, dus moet langer/vaker gemonitord worden om verbanden aan te kunnen tonen. Zolang waterplanten (als sleutelfactor) niet tot ontwikkeling komen, heeft het monitoren van de andere soortgroepen overigens maar beperkte waarde.

#### **Locaties**

De onderzoekslocaties liggen voor de verschillende soortgroepen in verschillende kribvakken. Dit bemoeilijkt een integrale interpretatie van de resultaten, mede omdat de kribvakken individueel nogal verschillen. Het verdient de voorkeur de bemonsteringslocaties zoveel mogelijk op dezelfde plekken te kiezen, in elk geval voor waterplanten en macrofauna (voor vis is dit lastiger in verband met onderlinge beïnvloeding van de bemonstering).

#### **Vraat**

De enclosure experimenten geven een aanwijzing dat vraat mogelijk een rol speelt. De opzet van de proef is echter te beperkt om hier een gefundeerde uitspraak over te kunnen doen. Er zijn maar vijf exclusies die vergeleken kunnen worden. Vier hiervan laten een hogere waterplantenbedekking zien dan in de kribvakken zelf (figuur 3.10). Aandachtspunt is wel dat de opnamemethode van waterplanten in de exclusies iets afwijkt van de opname in de kribvakken: In de exclusies is maar 1 worp met de hark en de inschatting van de bedekking is voor een afgekaderd gebied.

Voor meer zekerheid over de effecten van de exclosures, zouden er meer geplaatst moeten worden en ook meer in de diepere delen van de kribvakken. Hierbij mag op voorhand geselecteerd worden op kansrijke locaties. De variatie in de groei van waterplanten is namelijk zeer hoog tussen en binnen kribvakken, onder andere afhankelijk van de stromingspatronen in de kribvakken (zie figuur 2.6). Deze variatie moet uitgefilterd worden. Ook zouden de opnamen van de exclosures vergeleken moeten worden met opnamen in nabij gelegen afgekaderde vakken van 5 bij 5 zonder gaas. Daarnaast zouden observaties van het gedrag van vogels (overdag en 's nachts) kunnen helpen om de causale verbanden te ontrafelen. Van ganzen is namelijk niet bekend dat ze waterplanten eten.

## **4.2 Ecologische effecten**

De rijshouten dammen die de kribvakken afschermen, hebben op deze plek langs de Lek niet als katalysator gewerkt voor de groei van waterplanten. Kennelijk is de golfslag door scheepspassages toch niet de belangrijkste beperkende factor. Belangrijker lijkt hier de grote peildynamiek, de ligging in de rivier (binnen-buitenbocht, afstand tot de stuw) en de locatie binnen een kribvak. Op locaties met veel peilwisselingen of waar kribvakken regelmatig droogvallen, groeien weinig of geen waterplanten.

Ook vis en macrofauna profiteert niet van de vooroevers. Dit komt waarschijnlijk doordat de diversiteit aan substraat, met name water- en oevervegetatie, niet is toegenomen. Wel is de dichtheid aan macrofauna iets hoger in de afgeschermdde kribvakken, maar dit zijn vooral algemeen voorkomende slakken en muggelarven. Niet echt kenmerkende soorten voor een stromende rivier.

De conclusie is dat de vooroevers langs de Lek niet voor de verwachte ecologische winst hebben gezorgd. Waarschijnlijk spelen er meer factoren tegelijk en moeten we aan een serie knoppen tegelijk draaien om een verbetering van de ecologische kwaliteit te bereiken. Door op basis van peildynamiek kansrijke locaties te selecteren en daar specifiek de variatie in de kribvakken te vergroten, komen wellicht op meer plekken waterplanten tot ontwikkeling, met de andere soortgroepen in hun kielzog.

## **4.3 Morfologische effecten**

In het studiegebied is een harde laag in de hoofdstroom aanwezig. Deze verstoort de morfologische effecten van de vooroevers ter plaatse. Eventuele effecten van de ingreep in de buitenbocht worden door de harde laag onderdrukt terwijl ze in de binnenbocht door de lokaal versterkte morfodynamiek minder merkbaar zijn.

Buiten deze zone zien we vooral een beperkt positief effect op de stroomoplegging bij kribvakken die eigenlijk te breed zijn. De (diepe) ontgrondingskuilen vullen hier snel op en langs het scherm in de hoofdgeul treedt enige verdieping op. Hieruit blijkt dat de retourstroom rondom de kribkoppen is afgenomen door de vooroevers. Bij hoge afvoeren blijken de schermen echter minder gunstig geplaatst, waardoor ontgrondingskuilen weer eroderen.

De morfodynamiek in de overgangszone tussen hoofdgeul en kribvak en in het kribvak zelf lijkt afgenomen door de vooroevers. Vooral direct voor en achter de rijshoutdammen treedt aanzanding op.

Het is lastig de effecten van de vooroevers in te schatten, omdat er beperkt vergelijkingsmateriaal beschikbaar is. De bodemverschilkaarten brengen vooral de afgesloten kribvakken in beeld, en het is niet zeker hoe de lokale processen zouden zijn verlopen zonder vooroevers. Voor een goede interpretatie moeten “passerende” bodemvormen in het zomerbed uitgemiddeld worden. Daarvoor zijn of te weinig data beschikbaar (als het gaat om tijdsmiddeling) of de afzonderlijke kribvak-ingreep is te kleinschalig (als het gaat om ruimtelijke middeling).

#### **4.4 Aanleg en beheer**

##### **Zijn de dammen goed aangelegd?**

Er zijn geen specifieke metingen aan de waterbeweging in de kribvakken gedaan. De morfologische ontwikkelingen laten zien dat in elk geval de retourstroming rond de kribkoppen is afgenomen. Observaties in het veld laten wel zien dat in elk geval een deel van de golfslag na scheepspassage nog door de vooroevers heen komt. Het is echter niet duidelijk of dit ook op bodemniveau plaatsvindt en in hoeverre dit afwijkt van de onbeschermden kribvakken. Het zou goed zijn deze metingen te combineren met doorzichtmetingen. Het is waarschijnlijk dat door de waterbeweging slib opwervelt en het doorzicht tijdelijk verslechtert. Als dit vaak gebeurt, is het lichtklimaat voor waterplanten minder gunstig dan nu ingeschat op basis van doorzichtmetingen.

In elk geval zou het nuttig kunnen zijn het onderhoud aan de rijshouten dammen in het voorjaar uit te voeren en niet in augustus. Zo is de golfwerende werking van de dammen het grootst in de ecologisch meest kritische periode (voorjaar).



*Foto 4.1: Het rijshout van de dammen zakt in de loop van het seizoen steeds verder in. Omdat ze elk jaar na het groeiseizoen worden vernieuwd, staan ze er in juni-juli op hun slechtst voor.*

### **Aanlegkosten**

De rijshoutendammen bij Everdingen (6) en de Steenwaard (9) zijn in 2005 aangelegd. De totale lengte van de dammen tezamen is ca. 2.250m. De aanlegkosten zijn niet goed gedocumenteerd, maar wel te herleiden tot ca. 23.000 € per kribvak. Dit komt overeen met ruim 153.000 € per kilometer. Hierbij zijn we uitgegaan van een gemiddelde damlengte van 150 meter. Hiervoor zijn 400 palen nodig (à ca. 13 €), de aanleg van het rijshout kost ca. 100 € per meter (prijsspeil 2012). De huur van een kraanschip (voor 2 dagen) om het aan te leggen kost ca. 3.000 € (prijsspeil 2012).

Door rijshout af te nemen van lokale terreinbeheerders levert Rijkswaterstaat een bijdrage aan het behoud van cultuurhistorische grienden.

Behalve de aanleg van de dammen is op enkele locaties ook stenen en grind van de oever verwijderd. Het voordeel van het toepassen van deze houten constructies is dat dit vergunningstechnisch het eenvoudigst is. Er zijn geen aanvullende milieukosten, wat bij de aanleg van stenen dammen wel het geval zou zijn. Ook is het een flexibele oplossing die relatief eenvoudig aangepast of verwijderd kan worden.

### **Beheer en onderhoud**

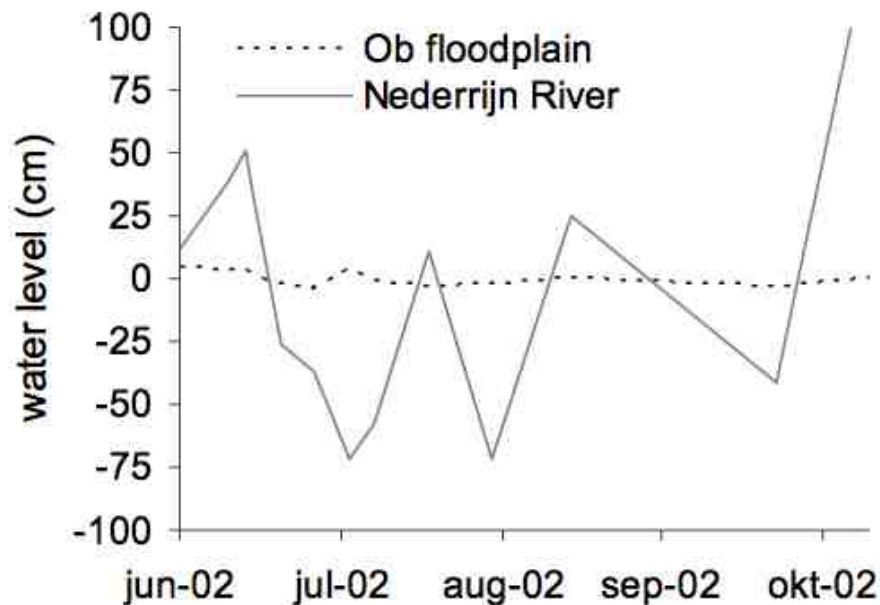
Het beheer van de rijshouten dammen bestaat uit het jaarlijks opvullen van de dammen met vers rijshout. Hierbij wordt ca. een derde van de dam weer aangevuld. Dit gebeurt i.h.a. in augustus. De kosten voor dit onderhoudsbeheer

zijn ca. 31 € per meter ofwel 31.000 € per kilometer. Gemiddeld (uitgaande van een kribvak van 150m) is dit dus ca. 4.500 € per kribvak (prijsspeil 2012). (Van Rheede, pers. com)

## 4.5 Overige factoren

### Peilfluctuaties

Peilbeheer lijkt de dominante factor voor de ontwikkeling van waterplanten in de Rijntakken te zijn (van Geest 2011). Op de vrij afstromende Rijntrajecten is de dieptezone die zowel in het voorjaar als in de zomer geschikt is voor de groei van waterplanten sterk gereduceerd door het gewijzigde afvoerregime van de Rijn (van Geest 2011). Hierdoor is bijvoorbeeld het grootste deel van de Waal momenteel ongeschikt voor de groei van waterplanten. Op de Nederrijn-Lek is vooral de bandbreedte waarbinnen de afvoerfluctuaties plaatsvinden variabel. In dit riviertraject komen over de gehele rivierlengte wel waterplanten tot ontwikkeling. De bedekking en frequentie zijn echter meestal laag, wat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door het stuwregime van deze riviertak. Het onnatuurlijke peilverloop op de Nederrijn-Lek wijkt sterk af van het peilverloop in een volkomen natuurlijk riviersysteem (zie figuur 4.2). Organismen in de huidige rijntakken hebben dan ook met een veel grotere en minder voorspelbare hydrodynamiek te maken dan in een onaangestaste situatie.



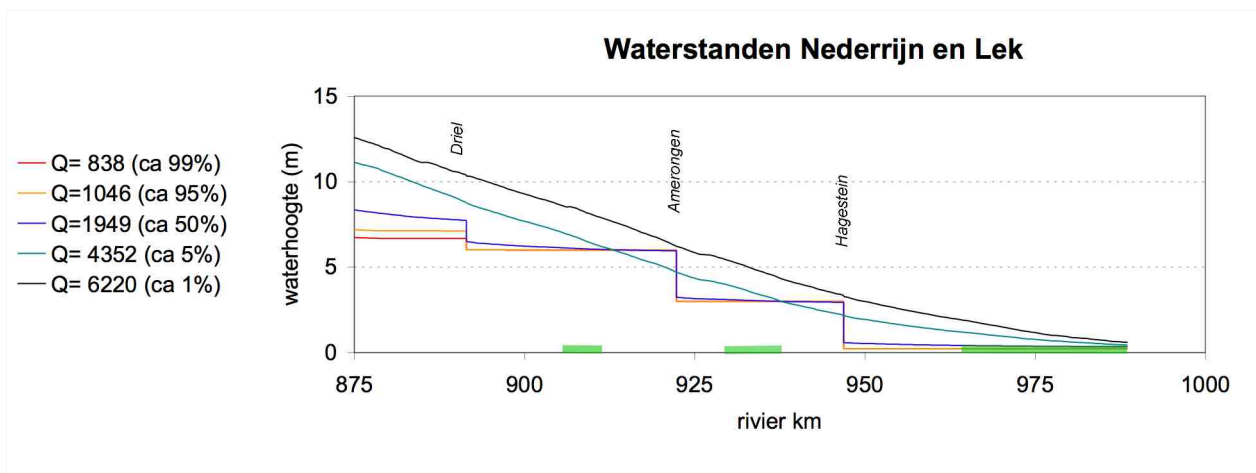
Figuur 4.2: Waterpeilfluctuaties in de Ob (West-Sibierë) vergeleken met de Nederrijn in relatie tot de gemiddelde afvoer in de periode juni-oktober (2002). De Ob wordt voor een groot deel door grondwater gevoed. (bron: Schipper 2011)

Het waterpeil verandert binnen het stuwband niet overal op dezelfde manier als de stuwen gestreken worden. Net bovenstrooms van de stuw zakt het waterpeil het

sterkst als de stuw gestreken wordt. Net benedenstrooms zal het peil juist stijgen (zie figuur 2.3). Ergens in het stuwband is het omslagpunt van deze twee tegengestelde effecten. Op die plek is het waterpeil het minst aan schommelingen onderhevig. In het stuwband Amerongen-Hagestein ligt dit omslagpunt net bovenstrooms van Culemborg (zie figuur 4.2). Op deze locatie zijn inderdaad hoge bedekkingen met waterplanten in de kribvakken waargenomen. Op het MWTL-meetpunt bij Den Oord, dat ongeveer op dit omslagpunt ligt (kmr 935), worden ook structureel hogere bedekkingspercentages gevonden dan op de andere locaties op de Lek (in de hoofdstroom). Dit verschijnsel sluit aan bij de theorie van Van Geest *et al.* (2012), die ervan uitgaat dat het begroeibaar areaal de laatste decennia sterk is afgenomen in vrij afstromende trajecten als de Waal en de IJssel doordat het peilverloop ongunstig is.

Uit de sterke toename in de bedekkingspercentages in jaren met een gunstig peilverloop, blijkt dat waterplanten wel in staat zijn om zich snel te vestigen. In daarop volgende jaren kunnen deze groeiplaatsen echter weer geminimaliseerd worden bij grotere peilfluctuaties. Dit verschijnsel deed zich ook voor op de ongestuwde Grensmaas voor de aanleg van de drempels (Liefveld *et al.* 2000).

Als deze theorie klopt, zouden we op basis van het waterpeilverloop trajecten kunnen selecteren langs de Nederrijn-Lek die het meest gunstig zijn voor de ontwikkeling van waterplanten op basis van het peilverloop (zie figuur 4.2).

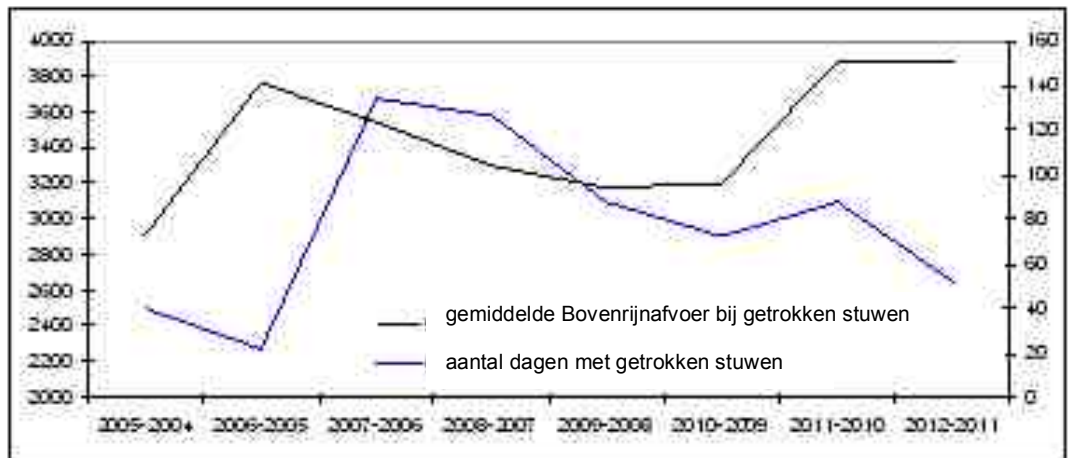


*Figuur 4.2: Waterstandsverloop bij verschillende afvoeren in de Nederrijn-Lek. groene zones zijn potentieel het meest geschikt voor de groei van waterplanten omdat de waterstanden niet dalen bij het strijken van de stuwen en de stijging van de waterstand niet meer dan 1 meter is (beperkt verlies lichtdoordringing).*

### Waterhuishouding

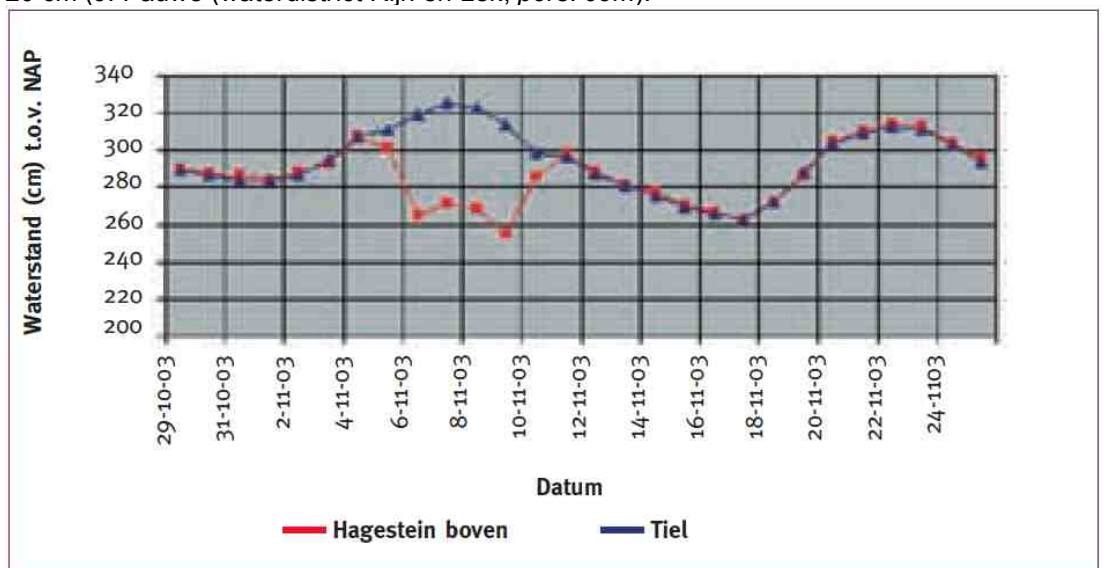
Het grootste deel van het jaar is de Lek een gestuwde rivier. Het aantal dagen dat de stuwen gestreken zijn en de rivier vrij afstroomt, verschilt sterk van jaar tot jaar (figuur 4.3).





Figuur 4.3: Gemiddeld aantal dagen met getrokken stuwen op de Nederrijn-Lek en de daarbij behorende gemiddelde Bovenrijn afvoer.

Het waterpeil op de Lek staat niet alleen onder invloed van het stuwbeheer bij Hagestein en Amerongen. Ook de verbinding met het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) en de Kromme Rijn speelt een rol. Bij lage afvoeren en een waterstand bij Tiel overeenkomend met het stuwpeil Hagestein (NAP + 3 m) staat de Prins Bernhardsluis open, waardoor het stuwpannd Hagestein dan in open verbinding staat met de Waal. De waterstand kan dan zelfs lager zijn dan NAP + 3m (figuur 4.4). In deze situatie zijn de waterstanden gemeten bij Hagestein aan de bovenstroomse zijde en bij Tiel in de Waal gelijk. De Irenesluizen bij Wijk bij Duurstede staan altijd al iets open. Bij hele lage waterstanden op de Lek (als alle stuwen gesloten zijn) kan de waterstand bij Hagestein te ver uitzakken. In dat geval stroomt water via het ARK naar de Lek. Het gaat hierbij echter om maximaal 20 cm (J. Pauwe (waterdistrict Rijn en Lek, pers. com)).



Figuur 4.4 Vergelijking waterstanden Lek (Hagestein boven) en Waal bij Tiel tijdens laagwater 2003 (Bron: van Mazijk 2005).

In januari 2012 was het nodig water uit de Lek met pompen richting de Kromme Rijn te pompen om het Utrechtse grachtensysteem op peil te houden. De reeds lage waterstand op de Lek (de stuwen waren gestreken i.v.m. risico op aanvriezing) daalde hierdoor nog verder. De kribvakken vielen hierbij zo ver droog dat bodemfauna droog kwam te liggen en massaal doodvroor (foto 3.5.4).

### **Bodemverontreiniging**

De verontreinigingsgraad van de waterbodem in de kribvakken wordt in de loop der jaren steeds minder (Wiggers *et al.* 2011). Vielen in 2006 nog zes van de acht onderzochte kribvakken in de verontreinigingsklassen matig (3) of ernstig (4), in 2010 vallen alle onderzochte kribvakken in klasse 2: licht verontreinigd. Vooral kribvak S6 bij Everdingen is sterk verbeterd (van 4+ naar 2). Dit is echter geen effect van de vooroevers, want dit kribvak is niet afgesloten. Ook in de andere kribvakken zijn geen verschillen in de ontwikkeling van de bodemverontreiniging tussen open en afgesloten kribvakken. Ook de nematodenontwikkeling duidt op stabielere habitatcondities en verbetering van de slibkwaliteit in beide typen kribvakken (Kerkum 2011).

## **5 Conclusies en aanbevelingen**

### **5.1 Conclusies**

Vooroevers vormen niet de sleutel voor het ontbreken van waterplanten op deze locatie langs de Lek. Vooroevers hebben op de onderzochte locaties geen enkel effect op de groei van waterplanten. Het lijkt erop dat peildynamiek en mogelijk vraat of betreding belangrijker factoren zijn.

De dichtheid aan macrofauna is hoger in de kribvakken met vooroevers. Dit is echter geheel te wijten aan een hogere dichtheid slakken en muggelarven. Het gaat om soorten die niet kenmerkend zijn voor een stromende rivier. De diversiteit aan macrofaunasoorten is niet hoger in de kribvakken met vooroevers, eerder lager.

De kribvakafsluitingen bij Everdingen hebben een beperkt gunstig effect op de stroomoplegging bij kribvakken die (te) breed zijn. De (retour)stroming rondom kribkoppes bij passerende schepen lijkt bij de afgesloten kribvakken afgenomen te zijn, waardoor ontgrondingskuilen langzaam opvullen. De schermen blijken echter niet optimaal geplaatst om ook bij hoogwater een gunstig effect op de riviermorphologie te houden. De sedimentuitwisseling tussen kribvak en hoofdstroom neemt af door de vooroevers. Direct achter de vooroevers vindt aanzanding plaats.

De conclusie is dat de aanleg van vooroevers in de Lek tussen Culemborg en Everdingen geen noemenswaardig effect heeft gehad op de ecologische ontwikkeling in de kribvakken. Op de bodemligging van de hoofdgeul is er een klein positief effect langs de schermen bij bepaalde kribvakken.

### **5.2 Aanbevelingen**

#### **5.2.1. Aanleg en beheer vooroevers**

##### **Weghalen of laten liggen?**

De vooroevers langs de Lek hebben niet het beoogde effect op de ecologische ontwikkeling. De vraag is of ze kunnen blijven liggen of dat ze beter weggehaald kunnen worden. Het lijkt verstandig ze in elk geval nog tot 2016 in stand te houden en dan nog een laatste monitoringsronde te doen. Eventueel kan alleen de vegetatie gemonitord worden, omdat dit de sleutel vormt voor de ontwikkeling van de andere soortgroepen.

De vooroevers op de linkeroever hebben een beperkt positief effect op de bodemligging in de hoofdstroom bij enkele kribvakken die (te) breed zijn. Hier hebben ze in elk geval een (beperkte) rivierkundige functie.

Om de morfodynamiek in de oeverzone te vergroten, bevelen Kater *et al.* (2012) aan om de vooroevers en de oeververdediging te verwijderen. Hiermee kan de rivier na hoogwater meer zand afzetten op de oevers en kan mogelijk rivierduinvorming gestimuleerd worden. Dit gaat met name op voor de binnenbochten. De huidige vooroevers in de Lek hebben dit effect naar verwachting maar in beperkte mate, omdat ze relatief laag zijn en bij hoogwater slechts een marginale rol spelen in eventuele zandafzettingen. Dit zou met veldgegevens ter plaatse van de vooroevers onderbouwd moeten worden (zie paragraaf 5.2.3).

Kater *et al.* (2012) geven aan dat de morfodynamiek van het verlaagde deel van de Steenwaard vergroot zou kunnen worden door delen van de kade om het gebied te verlagen. In de Goilberdingerwaard-Oost (net stroomopwaarts van ons studiegebied) zou het, vanuit morfologisch oogpunt, beter zijn de uitgediepte strangen (stroomafwaarts) aan te sluiten op de hoofdgeul. Dit zou, behalve tot meer (morfo)dynamiek in de strangen, ook kunnen leiden tot vorming van crevasses in de oeverwal langs de hoofdgeul. Het laatste proces is vooral gebaat bij een groot verhang dwars over een smalle oeverwal naar een uiterwaardlaagte én een uitstroomopening van die laagte.

#### **Optimalisering vormgeving**

De vooroevers op de Lek liggen nu tot max. 15 cm boven gemiddeld stuwpeil. Dat is niet erg hoog. Hierdoor komen de scheepvaartgolven nog al eens over de dammetjes heen en zakken ze in de loop van het groeiseizoen in tot onder gemiddeld stuwpeil. Langsdammen in de Rijn liggen i.h.a. wat hoger (40 cm) (Paalvast 1995). Ze zouden iets hoger opgebouwd kunnen worden, of aangevuld aan het begin van het groeiseizoen in plaats van aan het einde (augustus).

Nieuwe locaties voor vooroevers zijn morfologisch kansrijk als: i) sprake is van ondiepte in de vaargeul op korte afstand van de aanpassing (het effect reikt immers niet zo ver), ii) de stroomoplegging in de huidige situatie niet optimaal is en iii) het stroombeeld bij hoog/laag water) door de aanpassing verbeterd kan worden.

De positionering van de vooroevers kan geoptimaliseerd worden op hun rivierkundige effect. Hierbij moeten de schermen zo dicht mogelijk langs de hoofdgeul geplaatst worden. Hierbij is een verdieping van 1 á 2 dm in een strook van zo'n 15 á 20 m langs de normaallijn mogelijk.

#### **Overweeg de aanplant van macrofyten.**

Het aangeplante rivierfonteinkruid houdt zich goed op 1 locatie en breidt zich nu uit tot buiten de exclusies. In Nederland is aanplanten en zaaien in herstelprojecten 'not done', maar in andere landen (Frankrijk, Duitsland) worden wel vaker macrofyten of helofyten aangeplant (Paalvast 1995). Het is het overwegen waard dit principe op grotere schaal toe te passen achter de vooroevers in de Lek. Dit kan een motor vormen voor herstel van de macrofauna en visgemeenschap, zoals

actief biologisch beheer ook een omslagpunt kan activeren. Door helofyten in het water aan te planten kan getest worden of de golfslag een beperkende rol speelt in de uitbreiding van de helofytenzone richting het water.

#### **Verflauw de oevers**

In vergelijkbare vooroevers in de Main in Duitsland hebben de ondiepe oevers achter de langsdammen wel degelijk hogere aantallen soorten dan in de onbeschermde oevers. Ook hier hebben de diepe, slibrijke delen echter minder ecologische waarde (Paalvast 1995). De hoogste waarden worden waargenomen in de ondiepe delen van de oever achter de vooroevers. Het verdient dan ook aanbeveling de oevers achter de rijnshoutdammen ook aan te pakken en te verflauwen, omdat hier de hoogste natuurwaarden te verwachten zijn. De oevers van de Lek zijn nu relatief steil en vaak verdedigd met keien, (zie foto 5.1) zodat er een relatief abrupte overgang is van water naar land. Verflauwing van de oevers zou gerealiseerd kunnen worden door de kribvakken landinwaarts te verdiepen. Dit heeft het bijkomend voordeel dat in diepe kribvakken meer ruimte is voor opslibbing en sedimentatie, waardoor meer variatie ontstaat (zie paragraaf 5.2.2).

#### **Zorg voor meer variatie**

De zones achter de vooroevers zijn nu eentonig. Door meer variatie aan te brengen zal de soortenrijkdom en dichtheid aan macrofauna en vis toenemen. Dit kan bijvoorbeeld door oevers te verflauwen (zie boven), zandbanken te laten ontstaan of een dode boom in het water te laten liggen. Ook diepe plekken in een kribvak vervullen een rol als refugium en/of slibvang.



*Foto 5.1: Oever Lek Steenwaard*

## 5.2.2 Overige maatregelen

In het watersysteem van de Nederrijn-Lek spelen verschillende factoren die de ecologische kwaliteit onder druk zetten tegelijk een rol. Enerzijds kan bekeken worden welke van deze factoren zonder noemenswaardig verlies van functies aangepast kunnen worden, anderzijds kan bekeken worden hoe het systeem beter bestand gemaakt kan worden tegen deze drukfactoren: maak het systeem robuuster. Mogelijk liggen de meeste kansen hiervoor buiten de hoofdstroom.

### **Aangepast stuwbeheer**

Misschien zijn er mogelijkheden om het waterpeilbeheer meer af te stemmen op de eisen voor de groei van waterplanten. Hierbij kan het stuwbeheer op de Lek bekeken worden, maar ook het overig waterbeheer (verbinding Amsterdam-Rijnkanaal en KrommeRijn).

### **Diepere kribvakken**

Verlengen van kribben (of evrder laten eroderen van oevers) zou een alternatieve maatregel kunnen zijn. Dit zorgt er ook voor dat de stroombaan zich meer in het midden van de hoofdstroom concentreert. Achterin lange (diepe) kribvakken ontstaan vaak luwere omstandigheden waar waterplanten van kunnen profiteren. Omdat de Lek relatief smal is, is deze optie hier minder geschikt. Langs de Waal zou dit misschien wel een optie kunnen zijn.

### **Benut de zijwateren**

Het watersysteem van de Nederrijn- Lek moet robuuster worden, bijvoorbeeld om waterstandsfluctuaties op te kunnen vangen. Hoe flauwer de oevers bijvoorbeeld, hoe breder de zone die potentieel geschikt is voor waterplanten. (zie ook paragraaf 5.2.1). Op dit moment liggen de grootste kansen in de nevenwateren. Zelfs wateren die in verbinding staan met de hoofdstroom hebben veel hogere bedekkingen waterplanten dan de hoofdstroom zelf (MWTL-data). Verschillende afgesloten plasjes hebben, zelfs als ze de vlak langs de hoofdstroom liggen, ook hoge bedekingspercentages (foto 5.3). Plasjes of strangen die in verbinding met de Lek staan, bevatten vaak minder waterplanten, doordat ze ook aan peilfluctuaties blootstaan, maar hebben vaak wel een beter ontwikkelde oevervegetatie (foto 5.2). Ook worden in de nevenwateren vaak hoge concentraties jonge vis waargenomen (Dorenbosch *et al.* 2011) en meer soorten macrofauna (Schoor *et al.* 2011). Om de KRW-kwaliteit van de Lek op te krikken, liggen de grootste kansen naar verwachting in de nevenwateren. Voor het aantakken van bestaande wateren of de aanleg van nieuwe kan het beste gelet worden op de potentieel geschikte trajecten voor de groei van waterplanten (figuur 4.2). Waardevolle plasjes en strangen kunnen beter ongemoeid gelaten worden. De vormgeving en omvang van de nevenwateren bepaalt wel het succes. In de Steenwaard liggen zowel voorbeelden van geslaagde als minder geslaagde nevenwateren (figuur 5.2 tm 5.4).

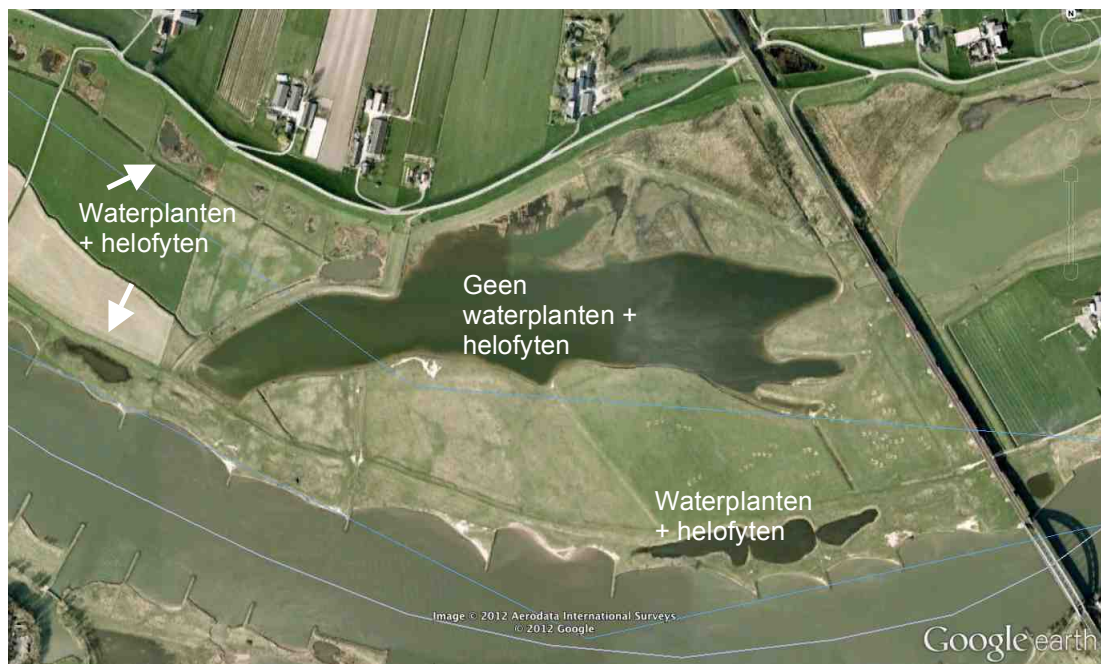




*Figuur 5.2: Aangetakte strang in de Steenwaard.*



*Figuur 5.3: Verschillende soorten nevenwateren in de Steenwaard (kml 942,5). De twee geïsoleerde plasjes zijn opgenomen in het onderzoek van Van Geest et al. (2011). De aangetakte strang is ook weergegeven in figuur 5.2 en functioneert ook als opgroeigebied voor vis uit de rivier. Door de hoog opgaande begroeiing zijn hier weinig ganzen aanwezig.*



*Figuur 5.4: Nevenwateren in de Steenwaard (kvr 940,5) met en zonder water- en oeverplanten. Op de grote plassen verblijven 's zomers en 's winters veel ganzen.*

### 5.2.3. Monitoring

Om de monitoringscyclus af te ronden, zou het goed zijn nog een keer te monitoren in 2016 (zie paragraaf 4.1). Dit is tien jaar na aanleg. In principe zou hierbij volstaan kunnen worden met monitoring van de waterplanten, omdat dat de sleutel voor de ontwikkeling van de andere kwaliteitselementen vormt. Oeverplanten maken geen onderdeel uit van de KRW-maatlat voor watertype R7 en zouden vanuit dit oogpunt niet gemonitord hoeven te worden.

Het is kostenefficiënter om de monitoringsinspanning in eerste instantie te richten op de sleutelparameters waarop een effect verwacht wordt. In dit geval zijn dit de hydromorfologische omstandigheden en de ontwikkeling van water- en oeverplanten. Pas als deze parameters een ontwikkeling laten zien waar andere soortgroepen op zouden kunnen meeliften, zouden ook andere soortgroepen meegenomen kunnen worden.

Vergeet de monitoring van de morfologische ontwikkeling op de oevers niet: hoe beïnvloeden de vooroevers zandafzettingen na hoogwater? De verwachting is dat de huidige vooroevers te laag zijn om de zandafzettingen op de oevers bij hoogwater te beïnvloeden. Hier zijn op deze locatie echter geen gegevens van omdat alleen de bodemligging in de rivier zelf gepeild is.

Voor het monitoren van de effecten van vraat zou een uitgebreider experiment opgezet moeten worden (zie paragraaf 4.1). Dit heeft geen verband met de

effecten van de vooroevers, maar wel met het identificeren van sleutelfactoren voor de groei van waterplanten.

Het verdient aanbeveling om juist langs de rivier wel een nulmeting te doen voor een ingreep. De kribvakken verschillen zo sterk van karakter onderling dat je echt per locatie moet weten wat de ontwikkelingen in de tijd zijn. Hiervoor is een referentie in de tijd nodig. Dit geldt vooral voor plaatsgebonden parameters als morfologie en waterplanten. Tegelijk laten de resultaten zien dat de hydrologische en meteorologische omstandigheden van jaar tot jaar sterk kunnen verschillen. Om dit effect uit te kunnen filteren, is ook een referentie in de ruimte nodig (onbeschermd kribvak). Omdat de omstandigheden per kribvak zo sterk kunnen verschillen, is het belangrijk deze referentielocatie(s) zorgvuldig te kiezen. De variatie in tijd en ruimte verschilt per soortgroep. Macrofauna laat bijvoorbeeld minder variatie zien tussen de jaren dan vis. Het is belangrijk voor de interpretatie van de gegevens ook een beeld te hebben van hoe de hydrologische omstandigheden gedurende het jaar zijn geweest op de bemonsterde locaties.



*Foto 5.5: Welke rol watervogels precies spelen in de ontwikkeling van waterplanten in de Lek blijft nog onzeker. (foto: John van Schie, RWS)*





## 6 Literatuur

- Bak, A., W.M. Liefveld, W.M., I. van Splunder, 2010. Richtlijn Projectmonitoring. Inrichtingsprojecten Rijkswaterstaat. Rapport Rijkswaterstaat Waterdienst WD1010RE079, BUWA rapport nr.: 10-101
- Daling, J. 2010. Meetverslag monitoring oeverplanten vooroeverproject Lek 2008. RWS Waterdienst.
- Dorenbosch, M., N. van Kessel, J. Kranenbarg, F. Spikmans, W. Verberk & R. Leuven, 2011. Nevengeulen in uiterwaarden als kraamkamer voor riviervissen. OBN143-RI.
- Kok, F. *in prep.* Macrofauna-analyses vooroevers Lek.
- Kerkum, F.C.M., 2011. Nematodenanalyse Lekoevers bij Everdingen/Steenwaard. Datarapportage 2010.
- Klarenbeek, R. 2012 Evaluatie morfologie vooroevers Lek. BWZ-memo dd. 16-10-2012
- Kater, E., B. Makaske & G. Maas, 2012. Morfodynamiek langs de grote rivieren. Inventarisatie van processen en evaluatie van maatregelen. OBN154-RI
- Liefveld, W.M., K. van Looy, K.H. Prins, Biologische monitoring zoete rijkswateren. Watersysteemrapportage Maas 1996. RIZA rapport 2000.056.
- Paalvast, P., 1995. Ecologische waarde van langsdammen. i.o.v. RWS RIZA, Arnhem
- Scheffer, M. 1998. Ecology of Shallow Lakes. Population and community biology series 22.
- Schipper, 2011. Multiple stressors in floodplain ecosystems Influences of flooding, land use and metal contamination on biota. PhD thesis, Radboud University Nijmegen, the Netherlands.
- Schoor, M.M., M. Greijdanus, G.W. Geerling, L.A.H. van Kouwen & R. Postma, 2011. Een nevengeul vol leven. Handreiking voor een goed ecologisch ontwerp.
- Sieben, A. 2012. Korte notitie bodemkaarten NVO Nederrijn-Lek d.d.15-11-2012
- Van Geest, G., de Niet, A. & S. Teurlinx 2011. Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken. Huidige waarden Aanbevelingen voor inrichting KRW-Tool. Deltares rapport nr. 1203415-000
- Van Mazijk, A. 2005. Rijn-Alarmmodel bij gestuwde Nederrijn-Lek. Evaluatie waterbalans en stoftransport, RIWA / TU Delft ISBN: 90-6683-113-8
- Van Schie, J., 2009. Monitoring waterplanten vooroeverproject Lek 2008.
- Van Schie, J., 2007. Monitoring waterplanten vooroeverproject Lek 2006.
- Wiggers, R., T. Koeman, O.W.M. Duijts & G. Wolters, 2011. Effecten oeververdediging in de Lek bij Everdingen en Steenwaard op de macrofaunalevensgemeenschap: meetjaar 2010.



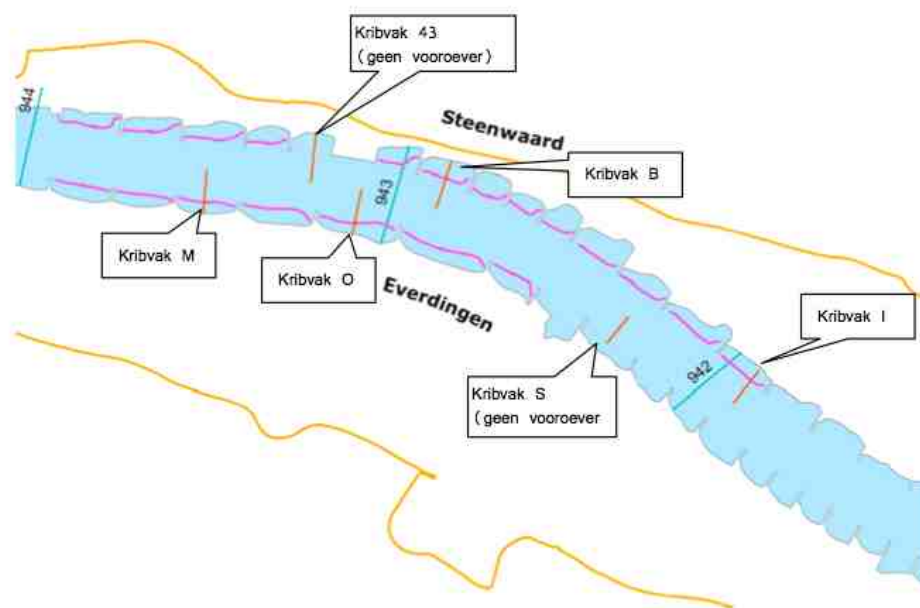


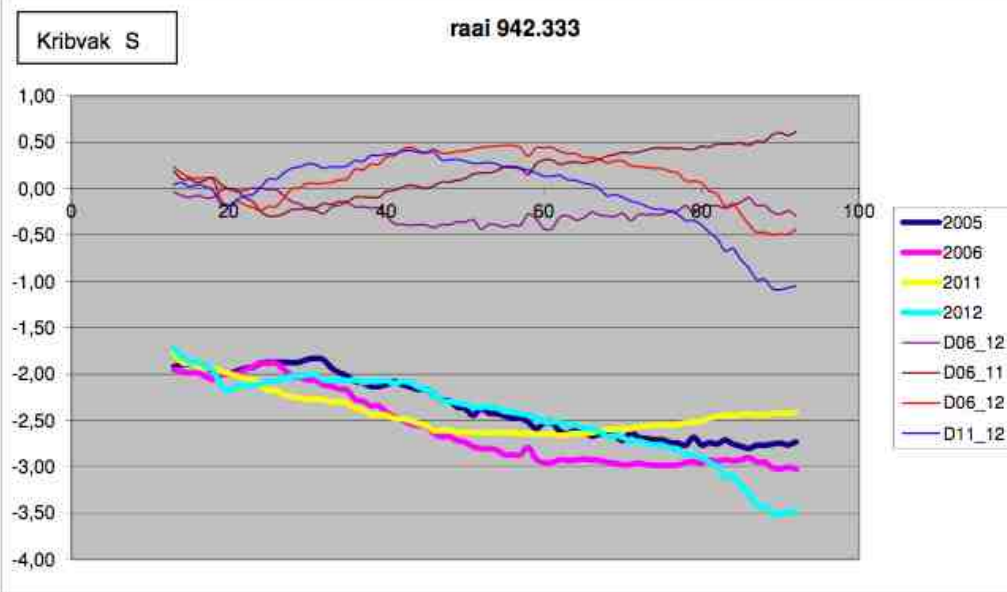
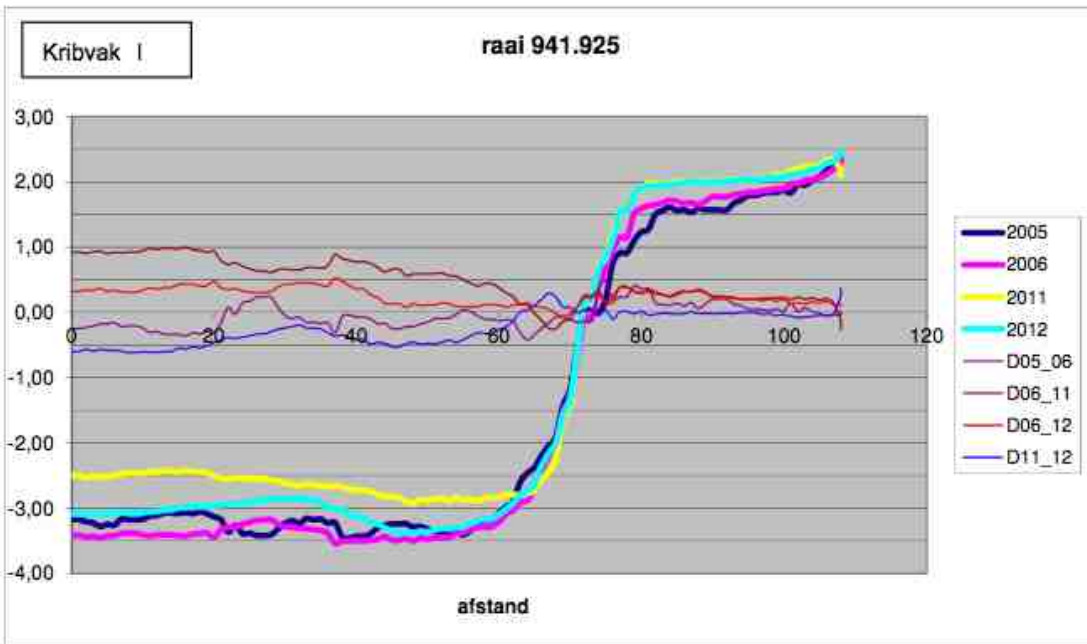
## **Bijlagen**

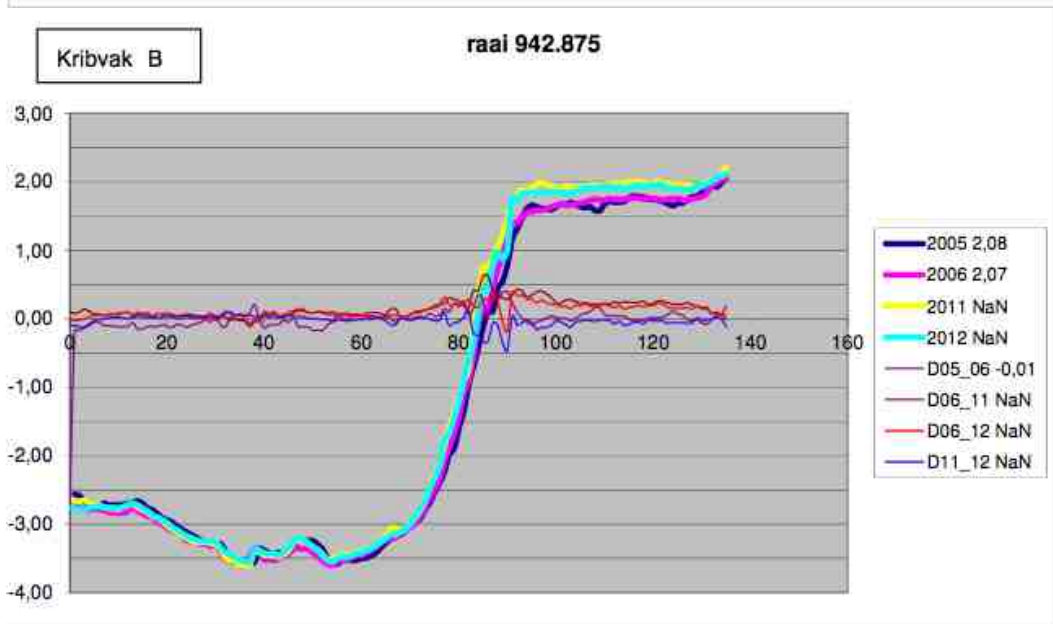
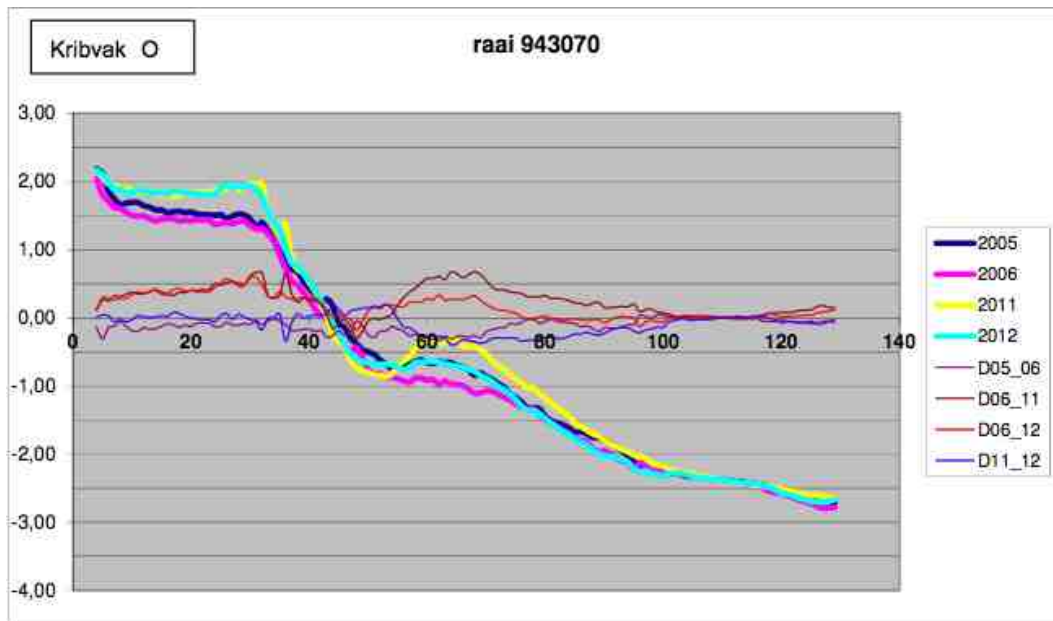


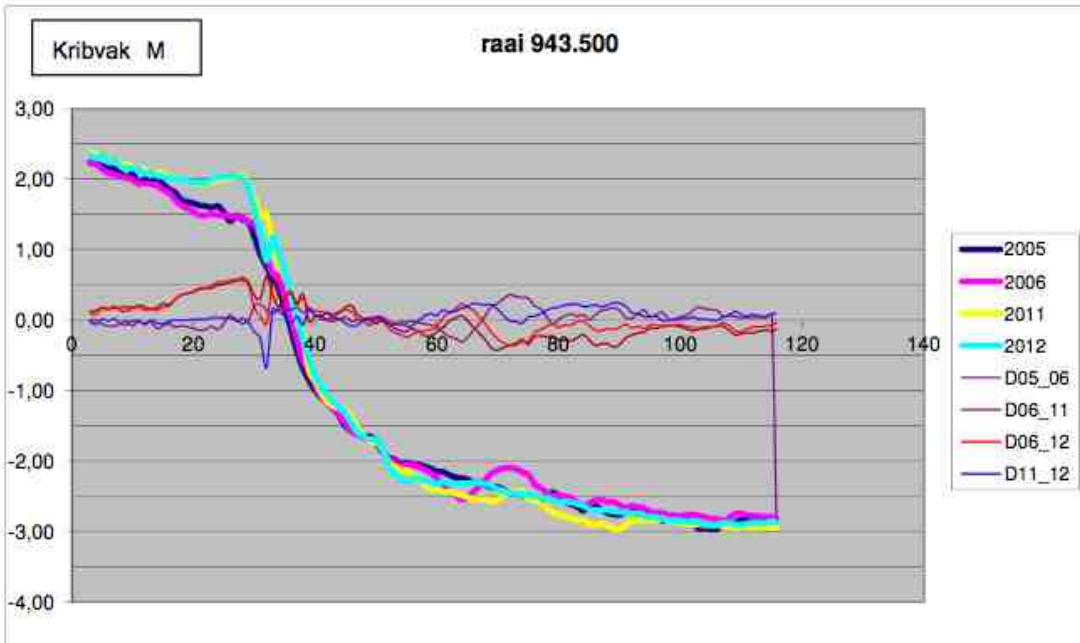
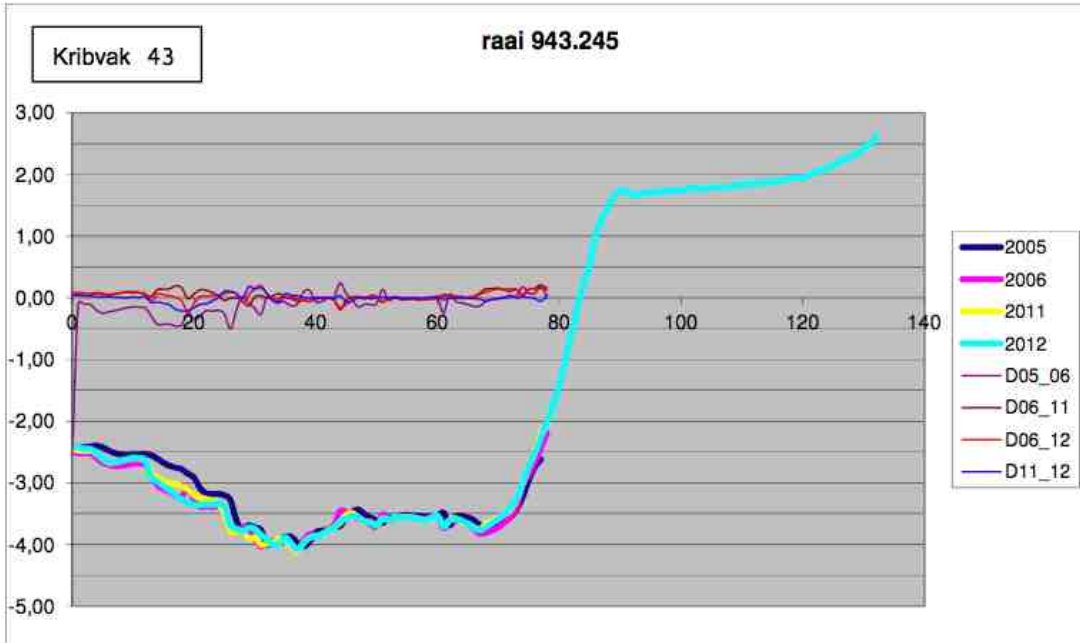
## Bijlage 1: Dwarsprofielen bodemhoogte

In het proefgebied zijn opnames van de bodemhoogte in zes dwarsprofielen weergegeven: twee zonder vooroever en vier met vooroever (zie onder). Ieder profiel is weergegeven vanuit het midden van de loop, met zicht stroomafwaarts. Dit betekent dat de dwarsprofielen met de zuidelijk kribvakken, de kribvakken links in het profiel hebben, en de dwarsprofielen met de noordelijke kribvakken, de kribvakken rechts in het profiel.

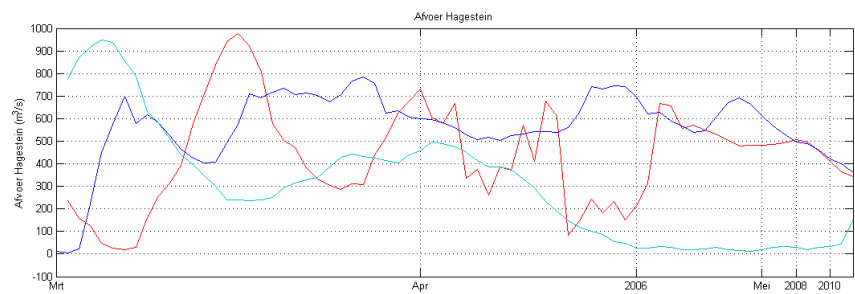
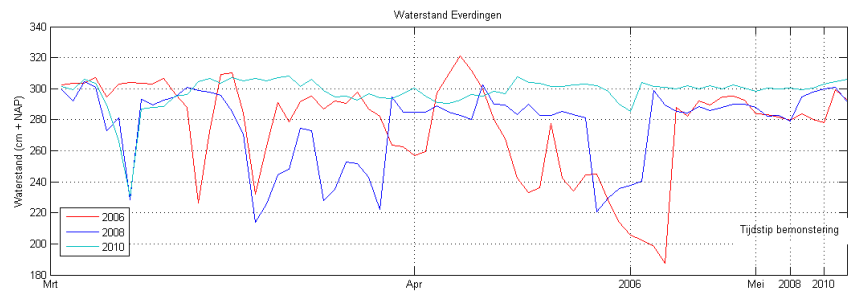
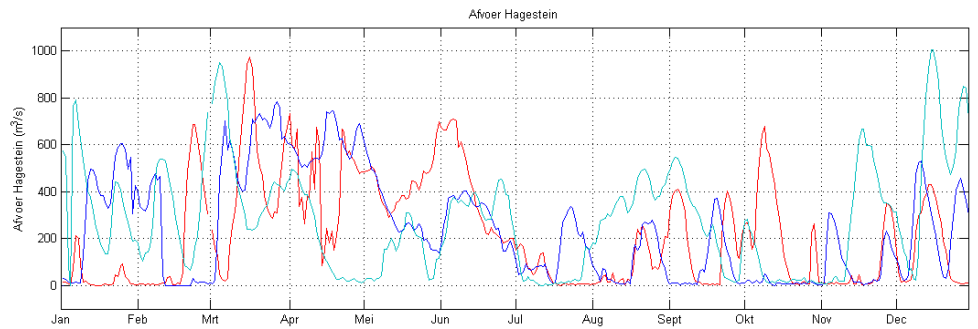
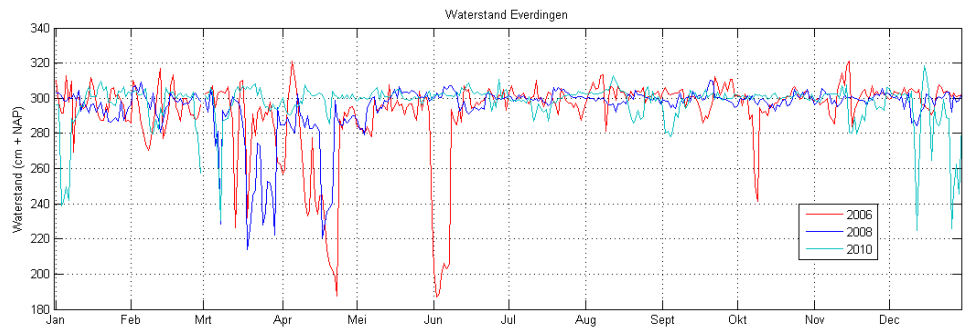






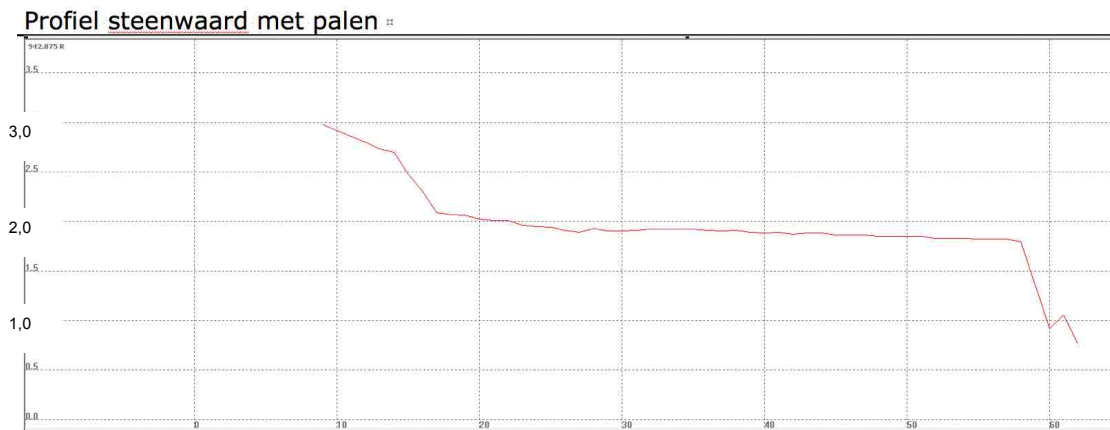


## Bijlage 2: Waterstanden Everdingen en afvoer Hagestein

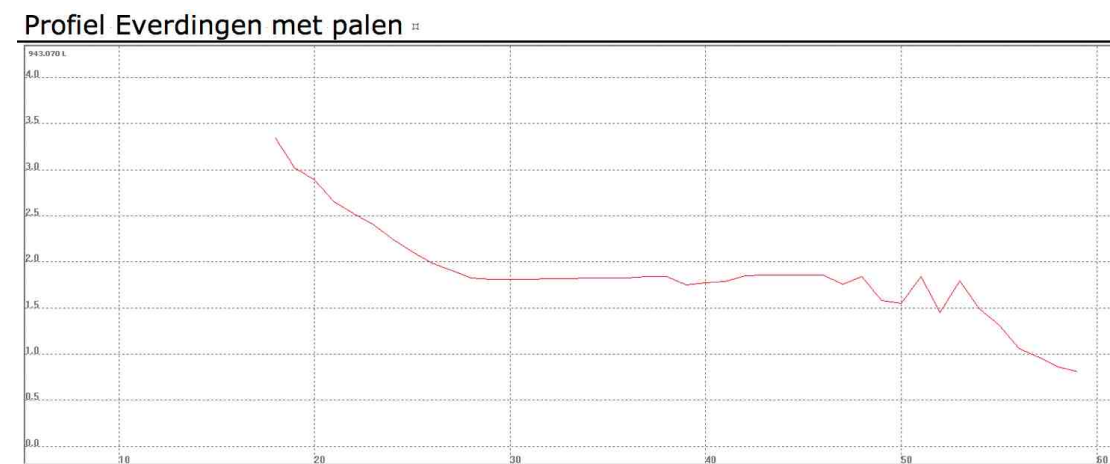




## Bijlage 3: Bodemprofiel afgesloten kribvakken

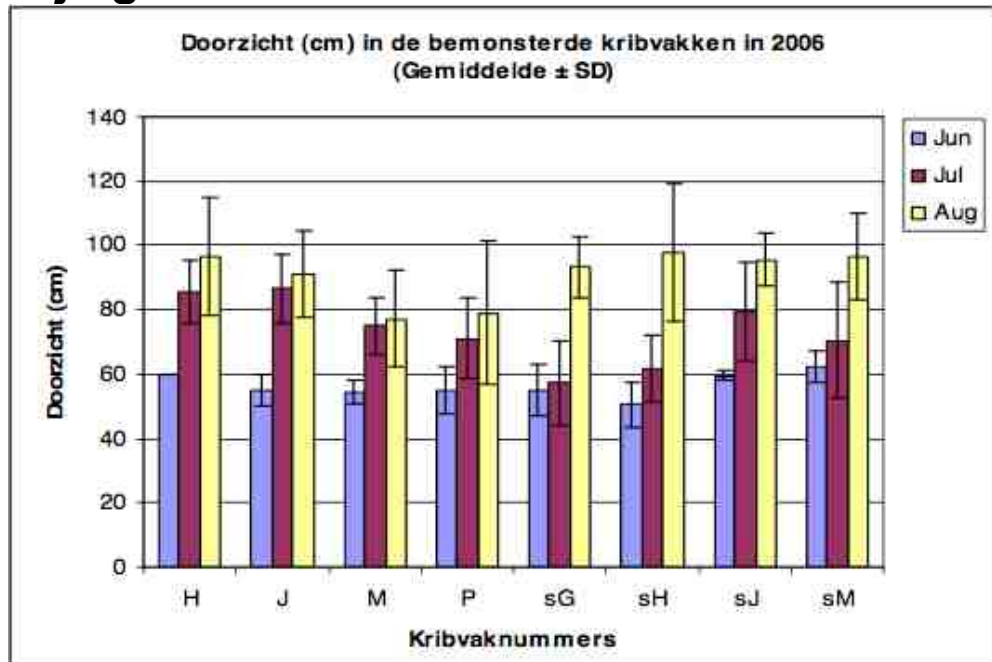


*Bodemligging Steenwaard met vooroever (2006).*

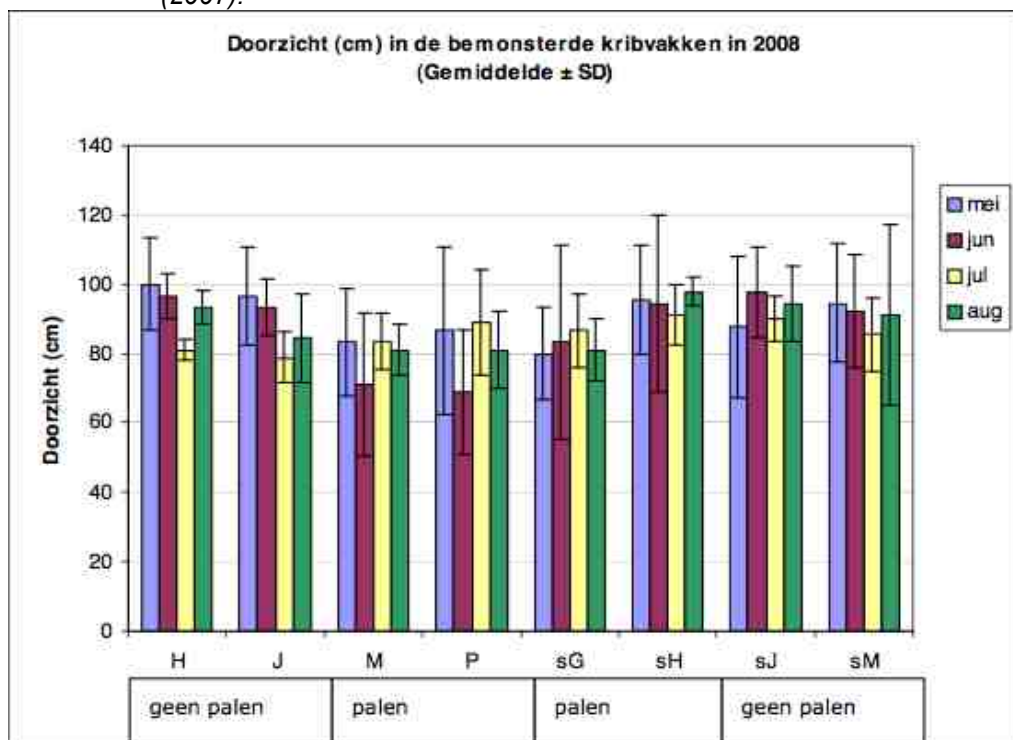


*Bodemligging Everdingen met vooroever (2006).*

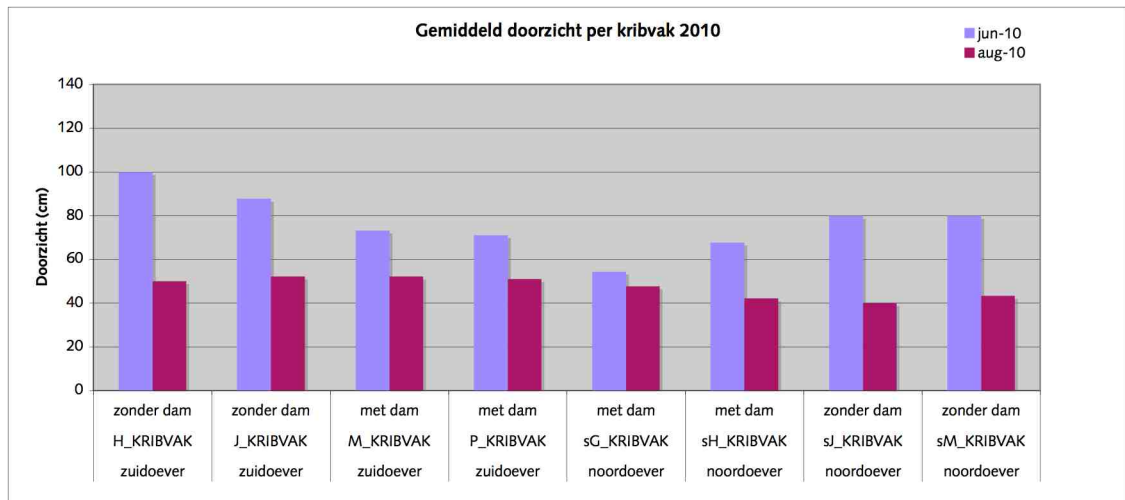
## Bijlage 4: Doorzicht



Figuur IV.1 Gemiddelde doorzicht (cm) per kribvak in 2006. Bron: Van Schie (2007).

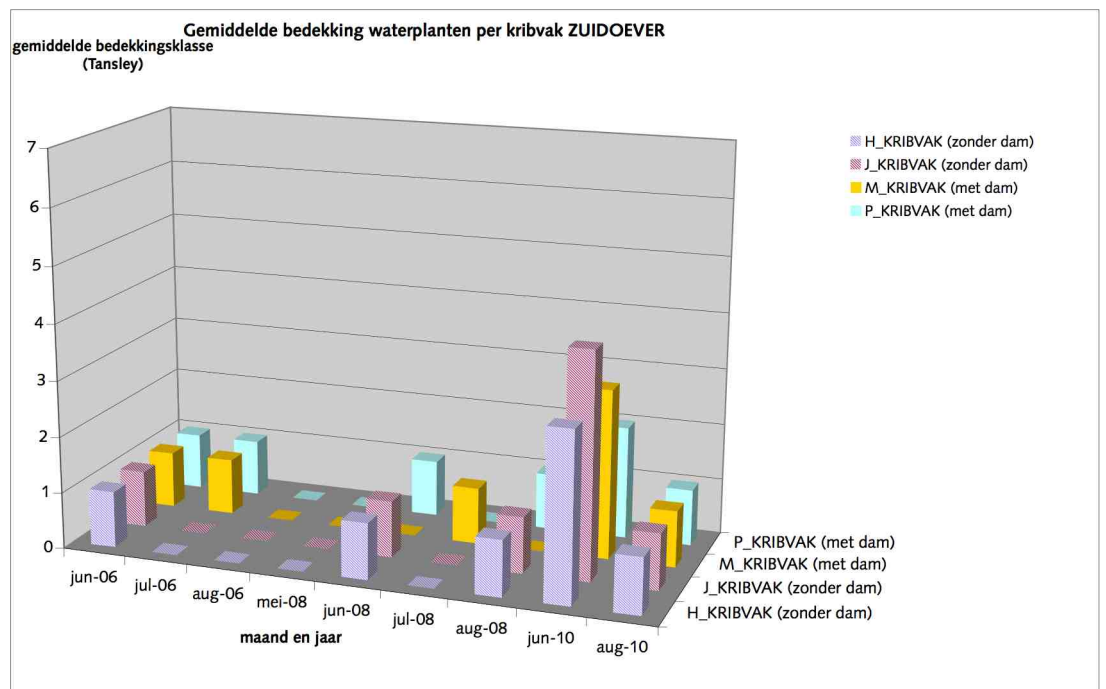
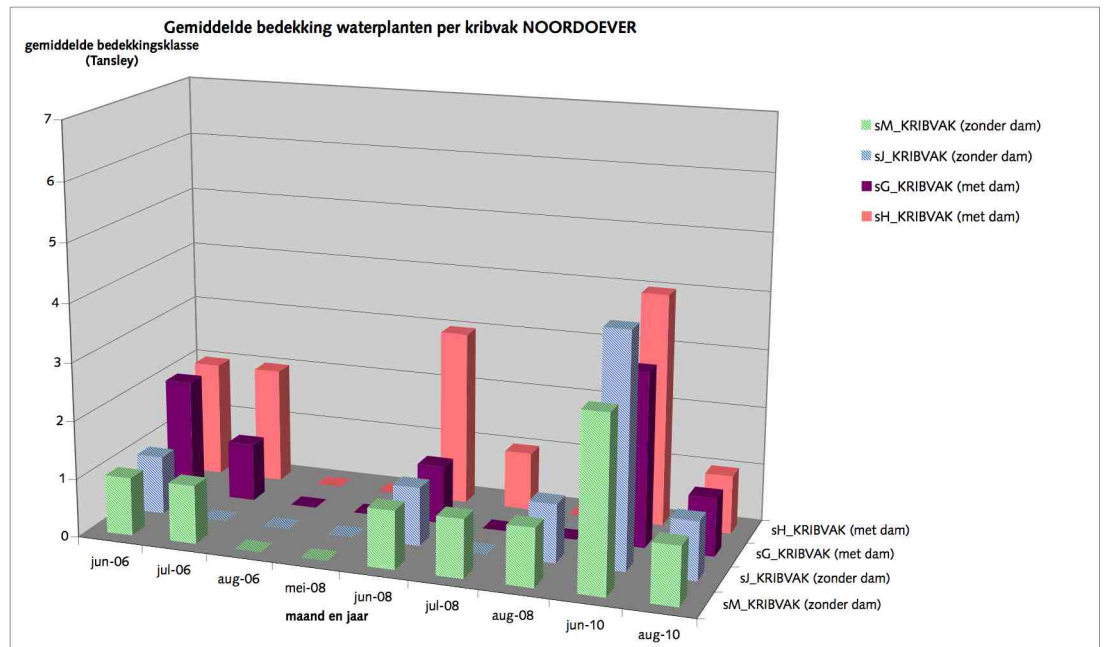


Figuur IV.2 Gemiddelde doorzicht (cm) per kribvak in 2008. Bron: Van Schie (2009).

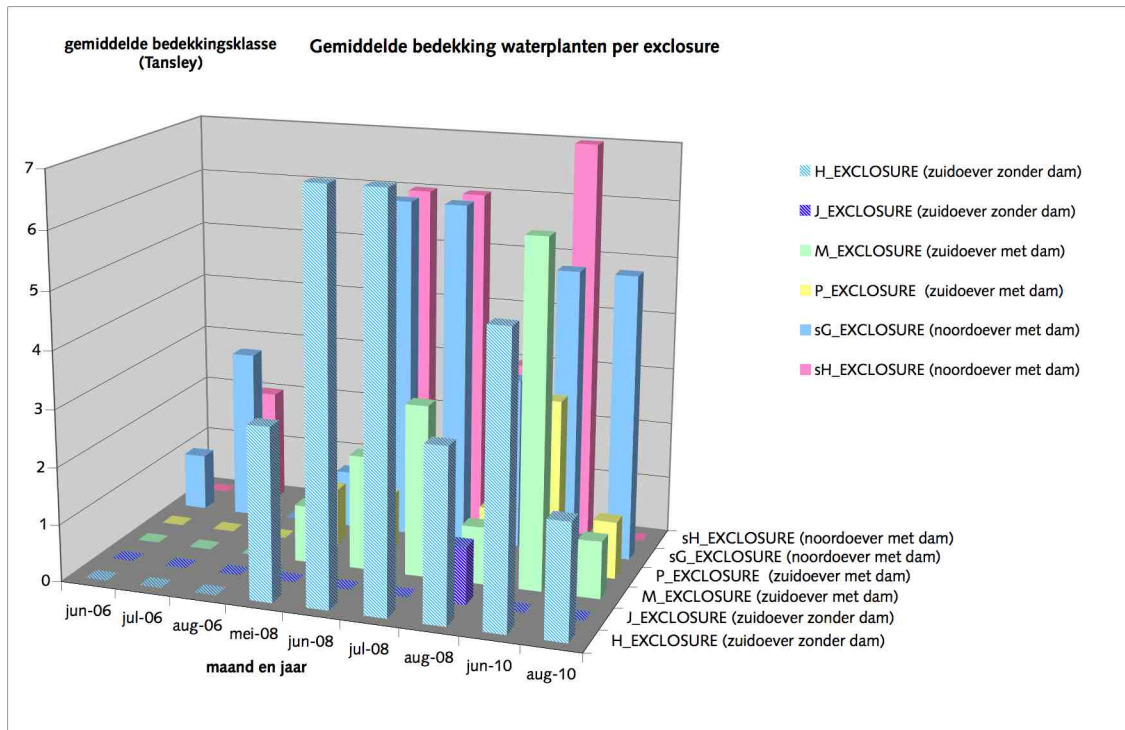


*Figuur IV.3 Gemiddelde doorzicht (cm) per kribvak in 2010.)*

## Bijlage 5: Ontwikkeling waterplanten

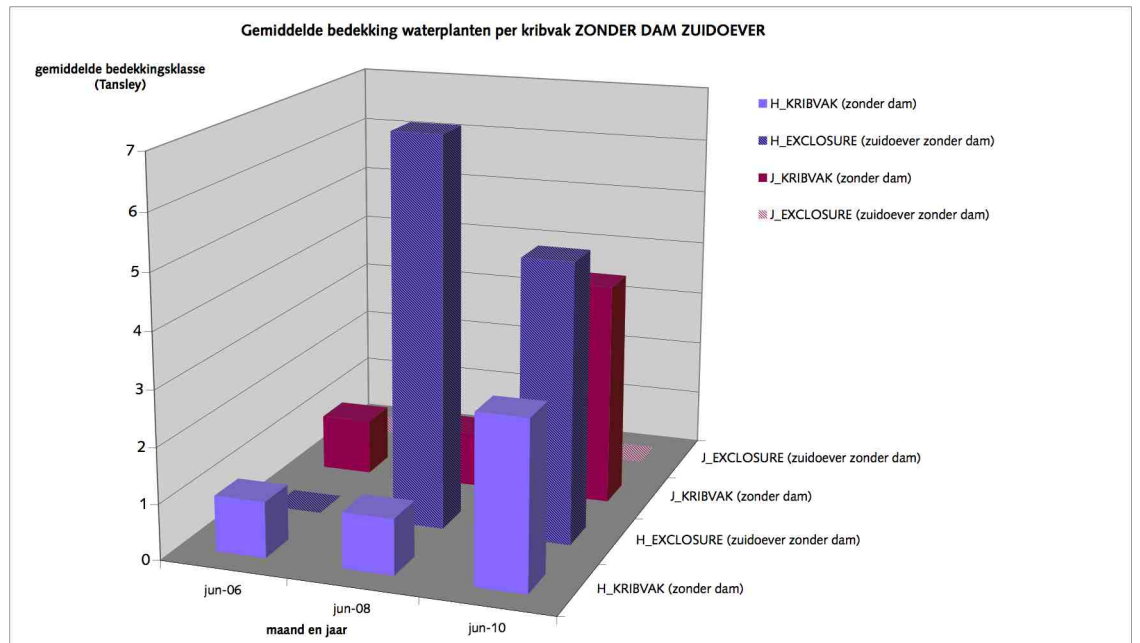
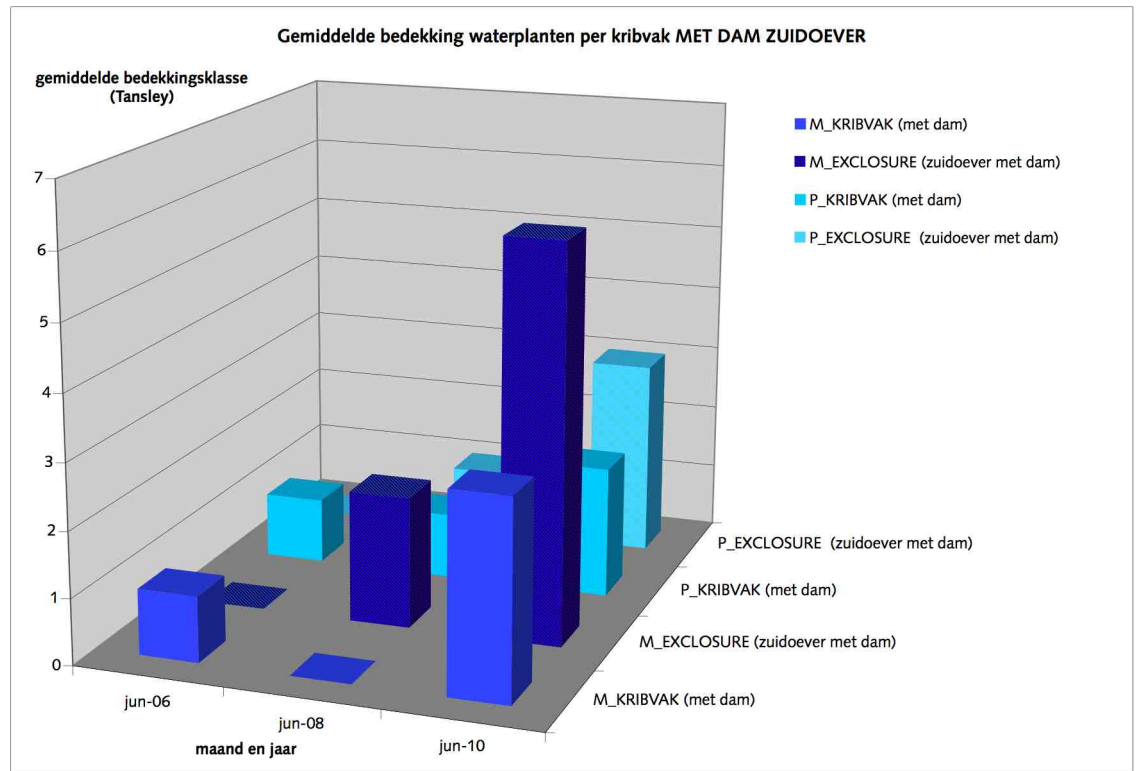


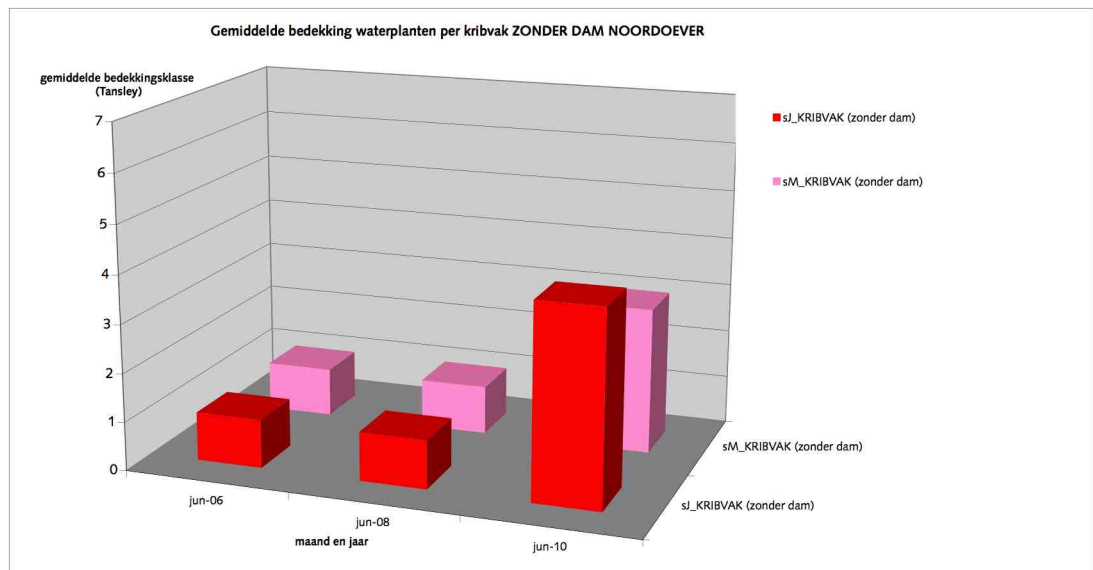
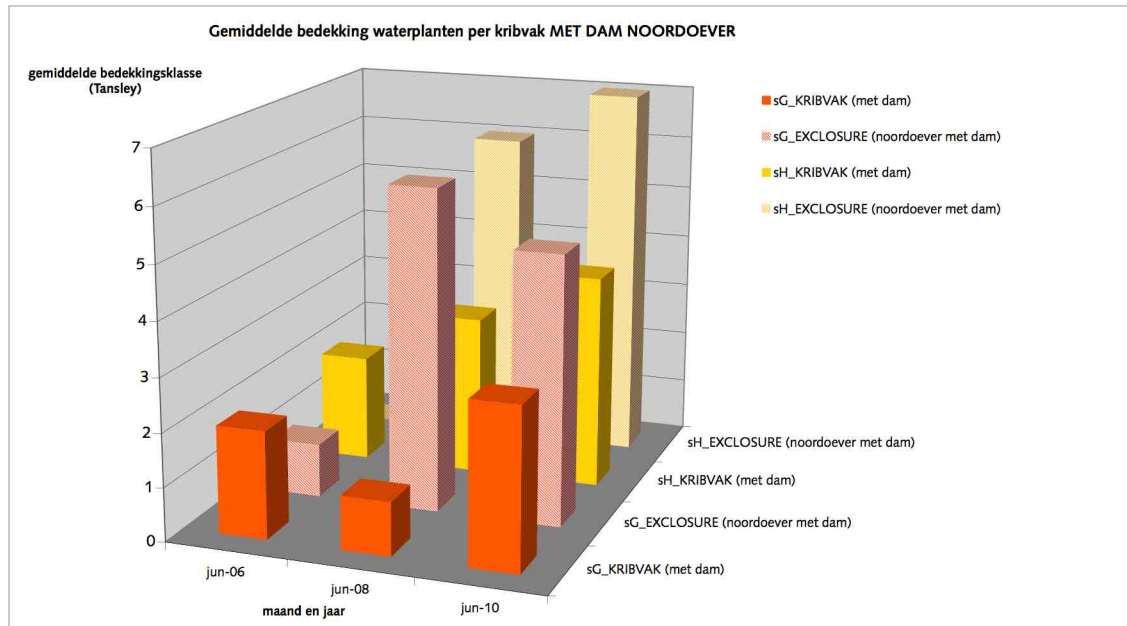
Figuur V.1 Gemiddelde bedekkingsklasse (Tansley) van de waterplanten in de kribvakken in 2006, 2008 en 2010. Klasse-indeling (Tansley): 1 = <1%, 2 = 1 – 5%, 3 = 5 – 15%, 4 = 15 – 25%, 5 = 25 – 50%, 6 = 50 – 75%, 7 = 75 – 100% bedekking.



*Figuur V.2 Gemiddelde bedekkingsklasse (Tansley) van de waterplanten binnen de exclosures per kribvak in 2006, 2008 en 2010. Klasse-indeling (Tansley): 1 = <1%, 2 = 1 – 5%, 3 = 5 – 15%, 4 = 15 – 25%, 5 = 25 – 50%, 6 = 50 – 75%, 7 = 75 – 100% bedekking.*

## Bijlage 6: Ontwikkeling waterplanten met en zonder exclosures





*Figuur VI: Gemiddelde bedekkingsklasse (Tansley) van de waterplanten binnen en buiten de enclosure per kribvak in 2006, 2008 en 2010 in juni. In enclosure sG is rivierfonteinkruid aangeplant. Klasse-indeling (Tansley): 1 = <1%, 2 = 1 – 5%, 3 = 5 – 15%, 4 = 15 – 25%, 5 = 25 – 50%, 6 = 50 – 75%, 7 = 75 – 100% bedekking.*

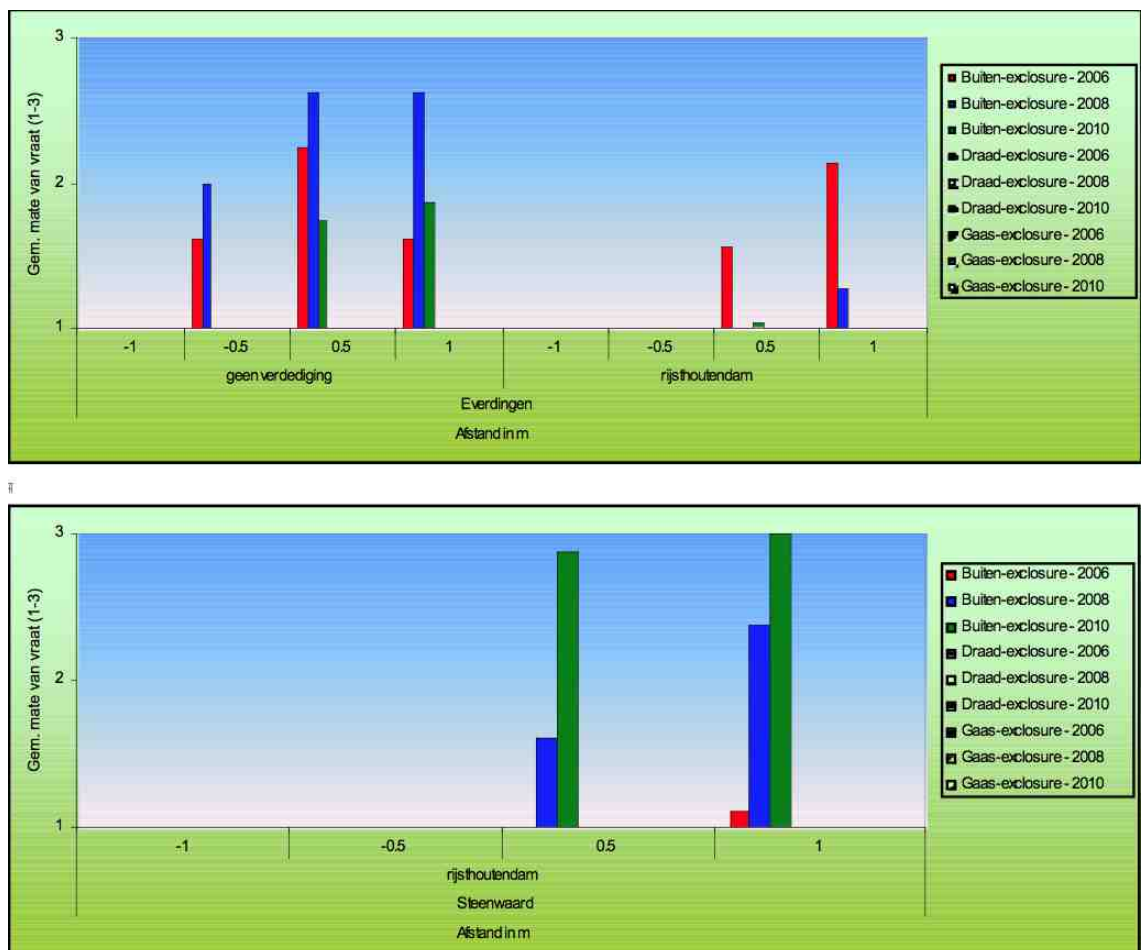


## Bijlage 7: Begrazing oevervegetatie

(bron: Daling 2010)

De mate van begrazing is genoteerd in een schaal van 1 tot 3, waarbij 1 geen vraat betekent, 2 matige vraat en 3 compleet kort gehouden vegetatie door vraat.

Uit figuren VII blijkt duidelijk dat de vegetatie buiten de beschermde vakken (2006 en 2008) sterk wordt begraasd. Grote grazers als koeien/paarden maar ook ganzen grazen de vegetatie af. Als de vegetatie eenmaal kort is zien ganzen kans de vegetatie kort te houden. Dit blijkt uit de exclusies waar geen vee maar wel herbivore watervogels in kunnen komen (zonder draad). In 2010 is weinig vraat geconstateerd, mogelijk een gevolg van het feit dat op het tijdstip van de opname het gebied weinig was begraasd door grote grazers en ook ganzen.



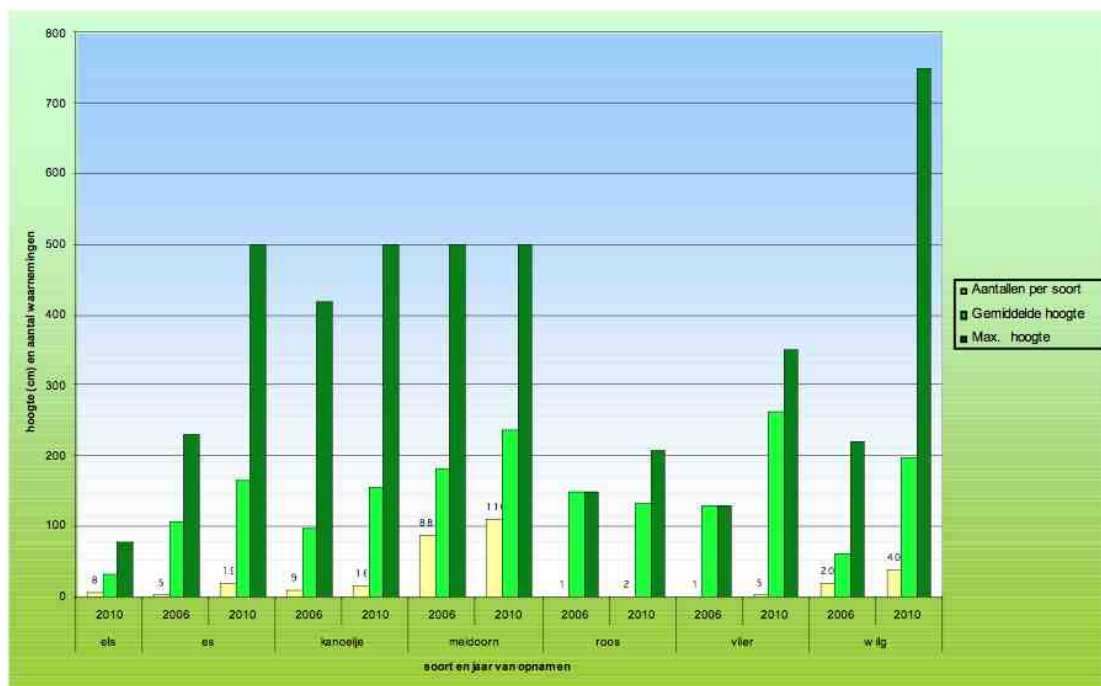
Figuur VII: De invloed van begrazing in wel en niet beschermde vakken. De rode, blauwe en groene balken zijn buiten de exclusies. 0 is de oeverlijn, de afstand richting landzijde is positief en richting het water negatief.

## **Bijlage 8: Ontwikkeling houtige vegetaties**

*(bron: Daling 2010)*

Om een indruk te hebben hoe de houtigen zich ontwikkelen zijn langs de oever alle houtigen ingemeten en is de hoogte hiervan bepaald. In de grafiek staan gegevens over de hoogte en aantallen exemplaren die voorkomen, weergegeven. De verdeling over het gebied staat in figuur VIII.

Zowel het aantal als de ontwikkeling van de houtigen is in de loop der jaren fors toegenomen. Wilg ontwikkelde zich vrij massaal. Op twee plaatsen stonden eerstejaars wilgen in horsten bij elkaar met ca 120 en 200 plantjes, deze zijn niet opgenomen in de grafiek maar staan wel ingetekend in figuur VIII.



Figur VIII. Het voorkomen van houtigen in het gebied situatie 2010.

## Bijlage 9: Ontwikkeling oeervervegetatie

(Bron: Daling 2010)

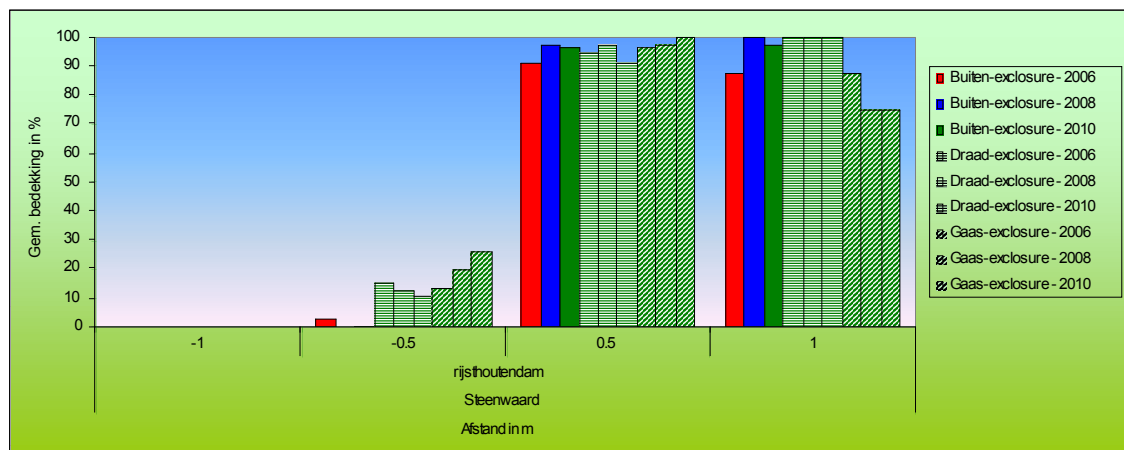
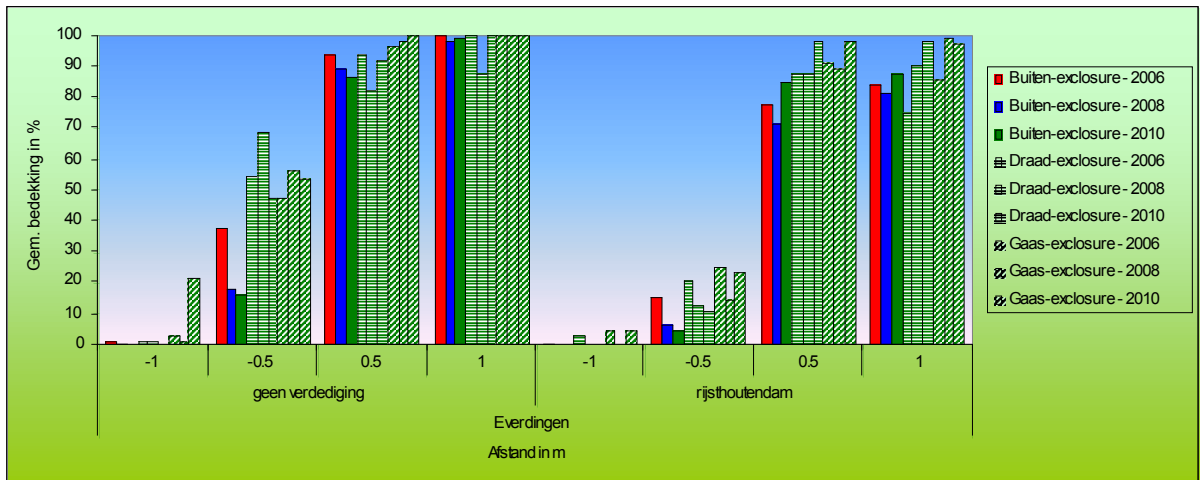
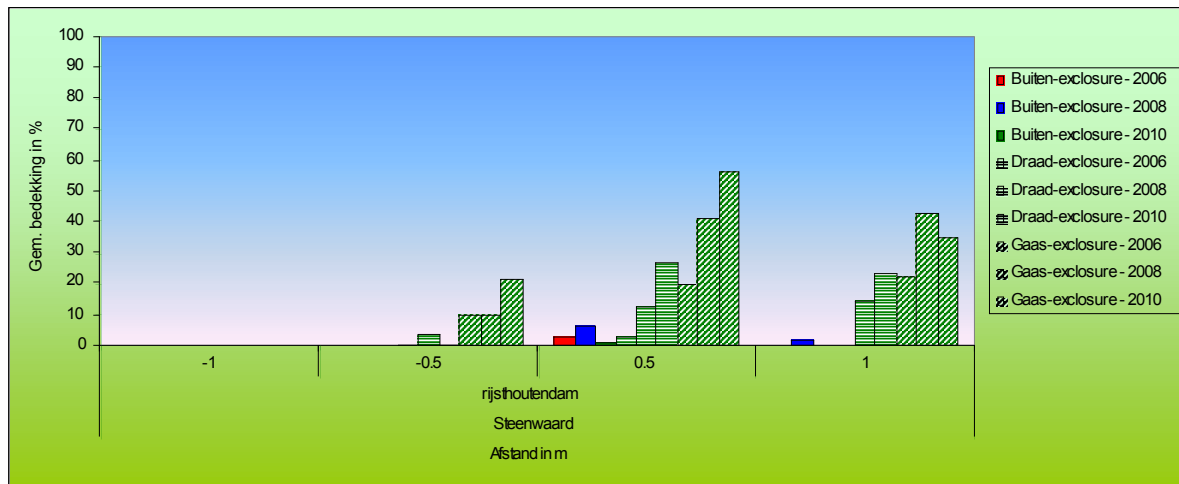
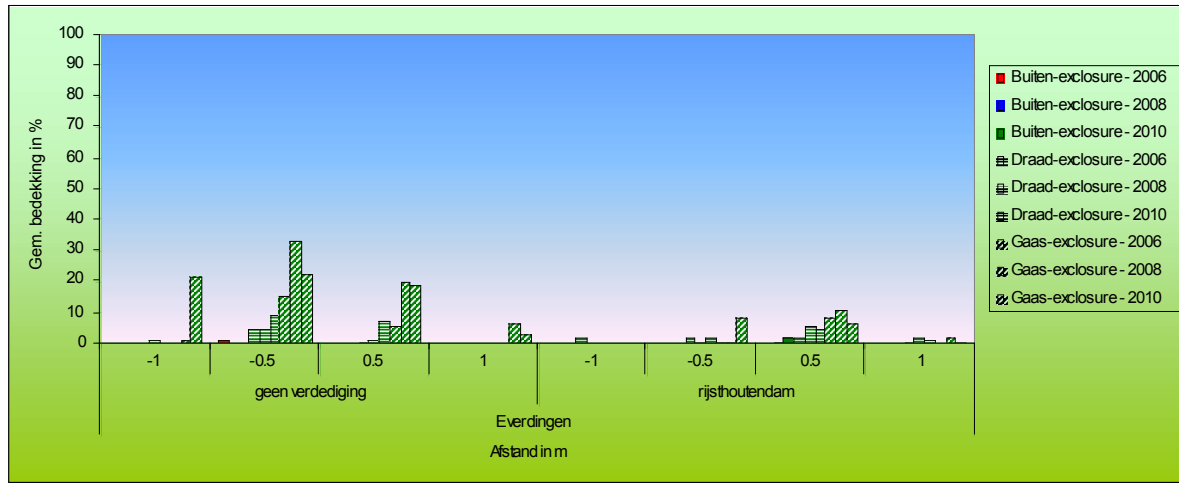


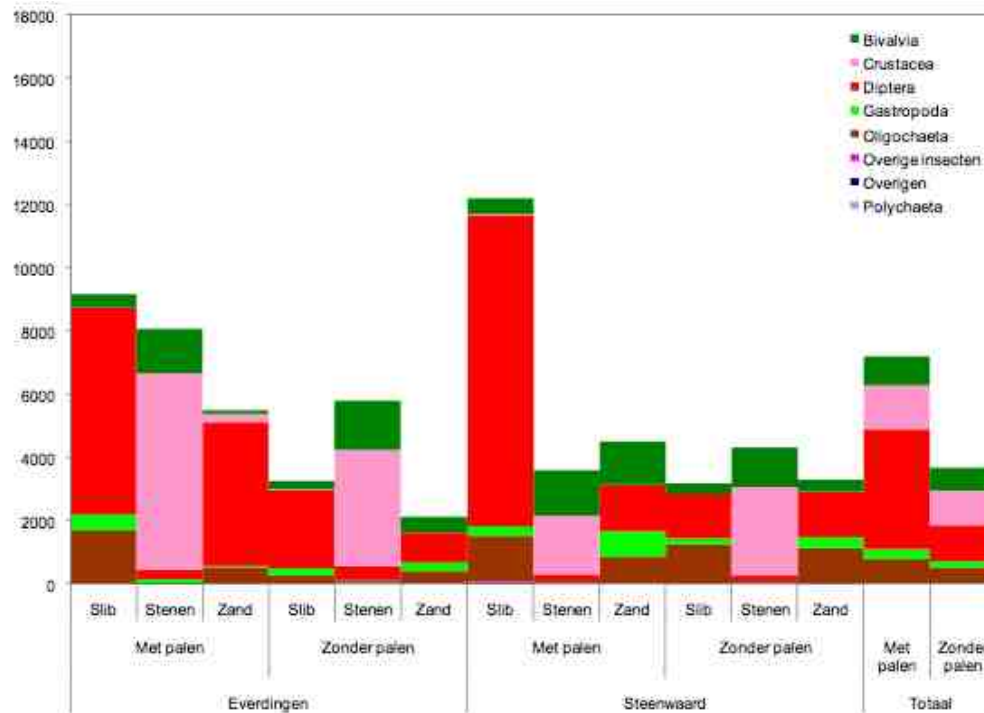
Fig. IXa en b Vegetatieontwikkeling in wel en niet beschermde vakken. De rode, blauwe en groene balken zijn buiten de exclosures. 0 is de oeverlijn, de afstand richting landzijde is positief en richting het water negatief (zie ook paragraaf 3.4.1).



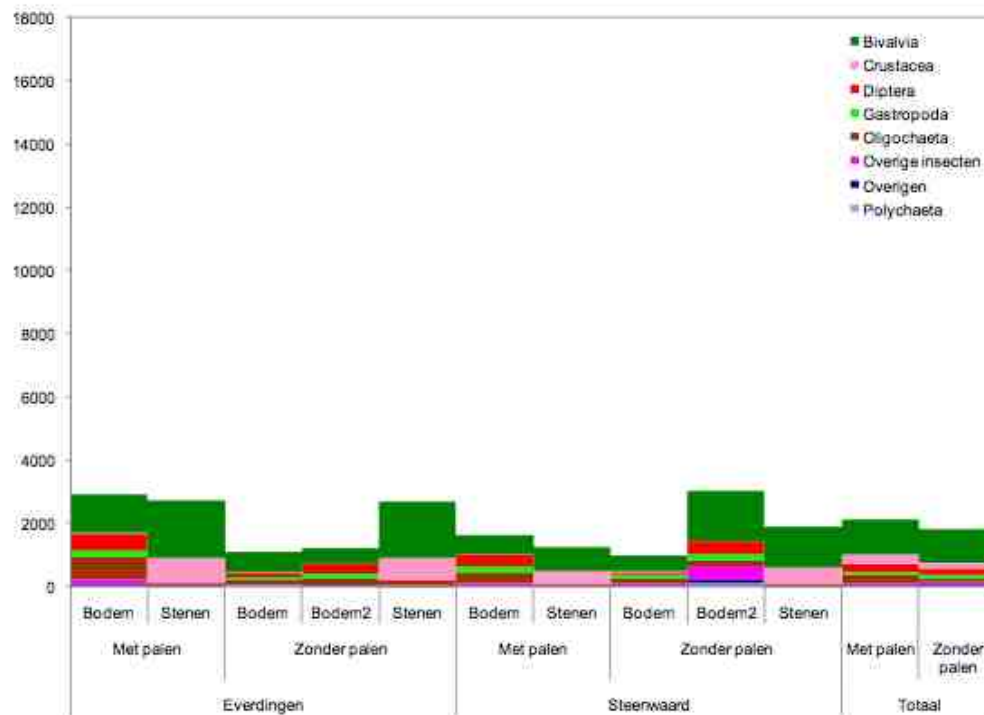
Figuur IX b en c: Bedekking door helofyten in de beschermde en onbeschermde kribvakken. De rode, blauwe en groene balken zijn buiten de exclusures. (0 is de oeverlijn, de afstand richting landzijde is positief en richting het water negatief)

## Bijlage 10: Abundantie macrofauna

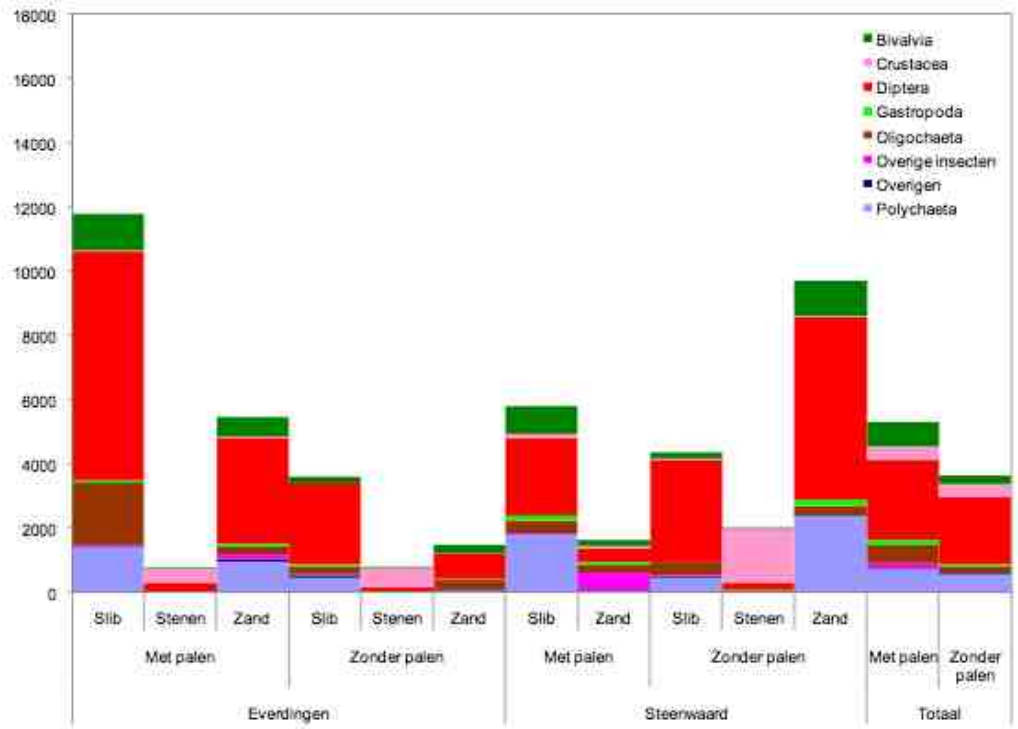
(Bron: Wiggers et al. 2011)



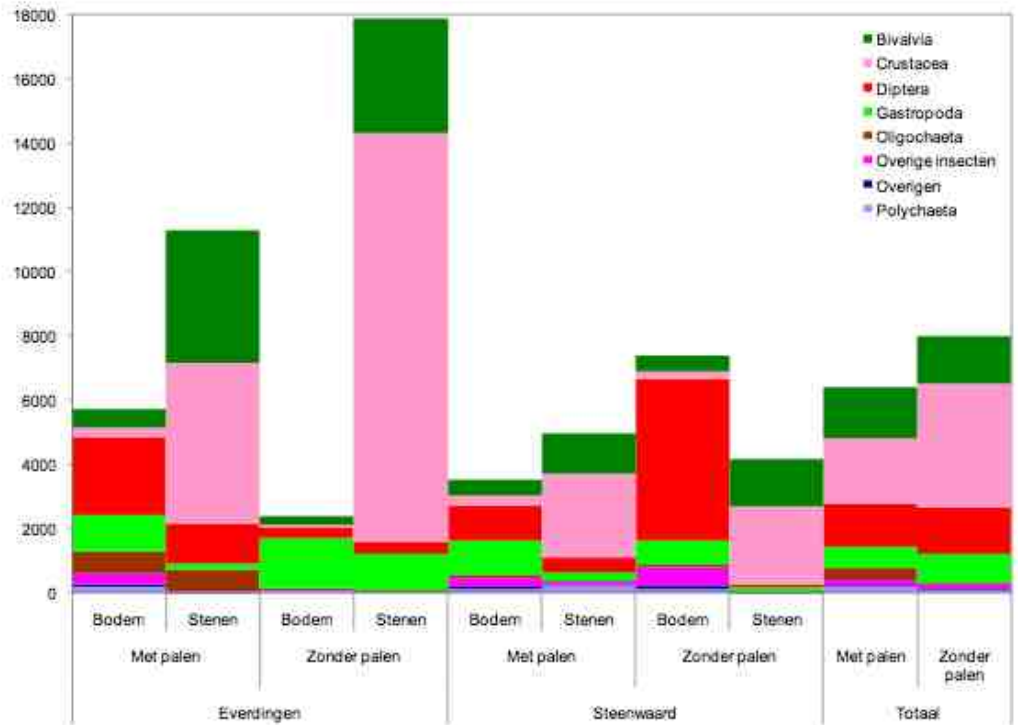
Aantal organismen per m<sup>2</sup> 2006 - voorjaar



Aantal organismen per m<sup>2</sup> 2006 - najaar

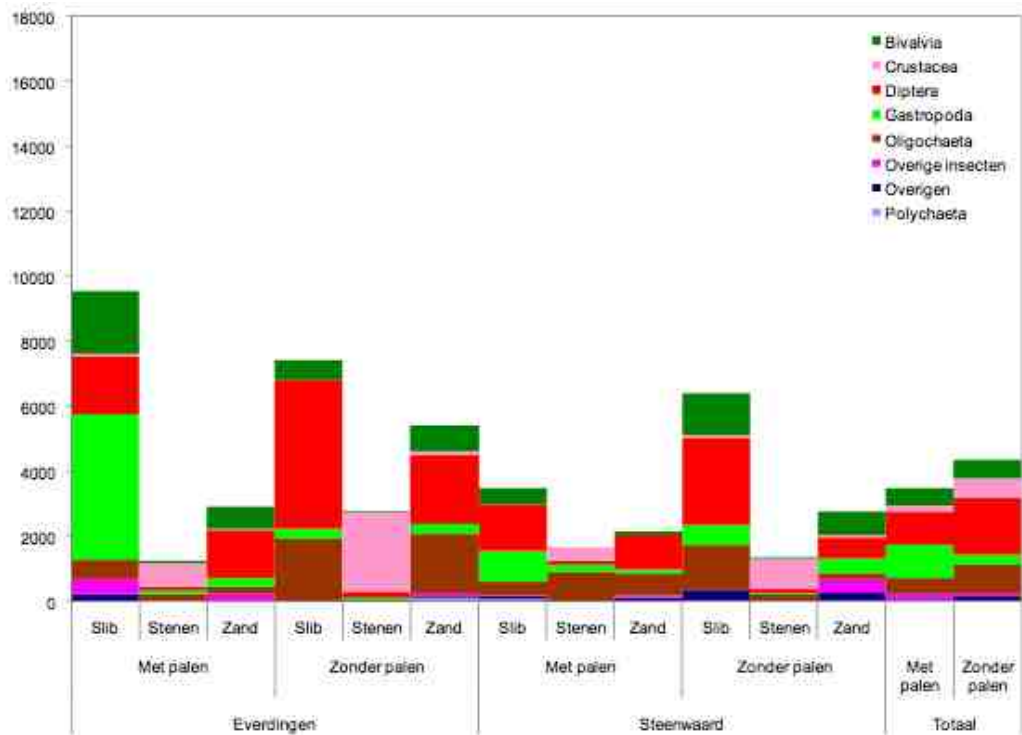


Aantal organismen per m<sup>2</sup> 2008 - voorjaar

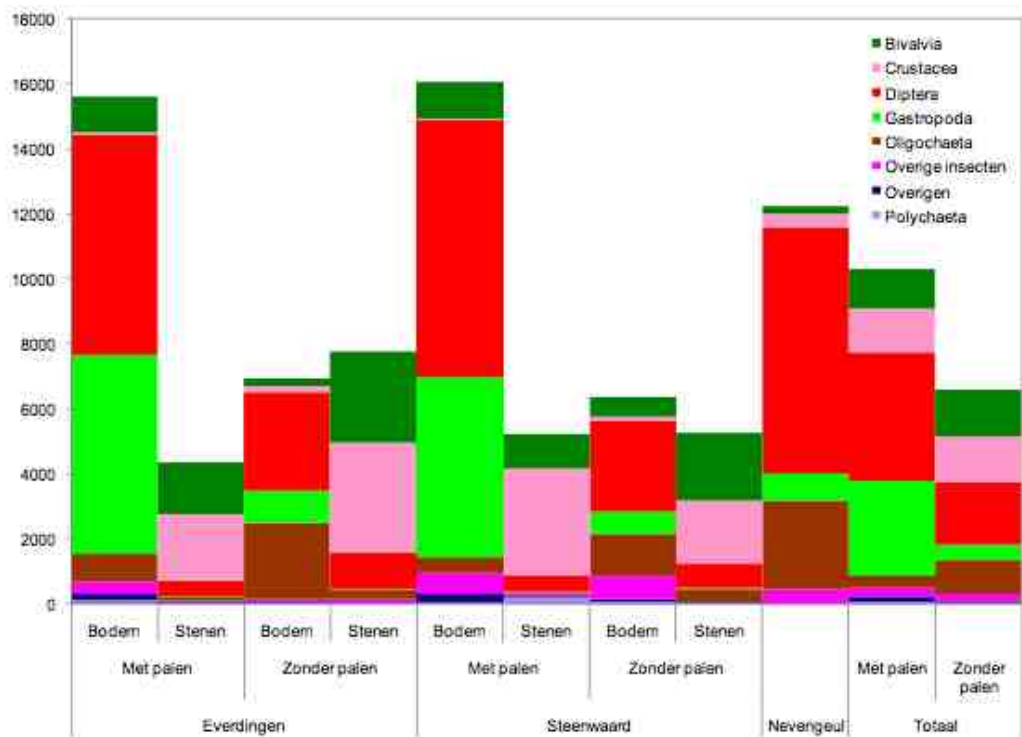


Aantal organismen per m<sup>2</sup> 2008 - najaar



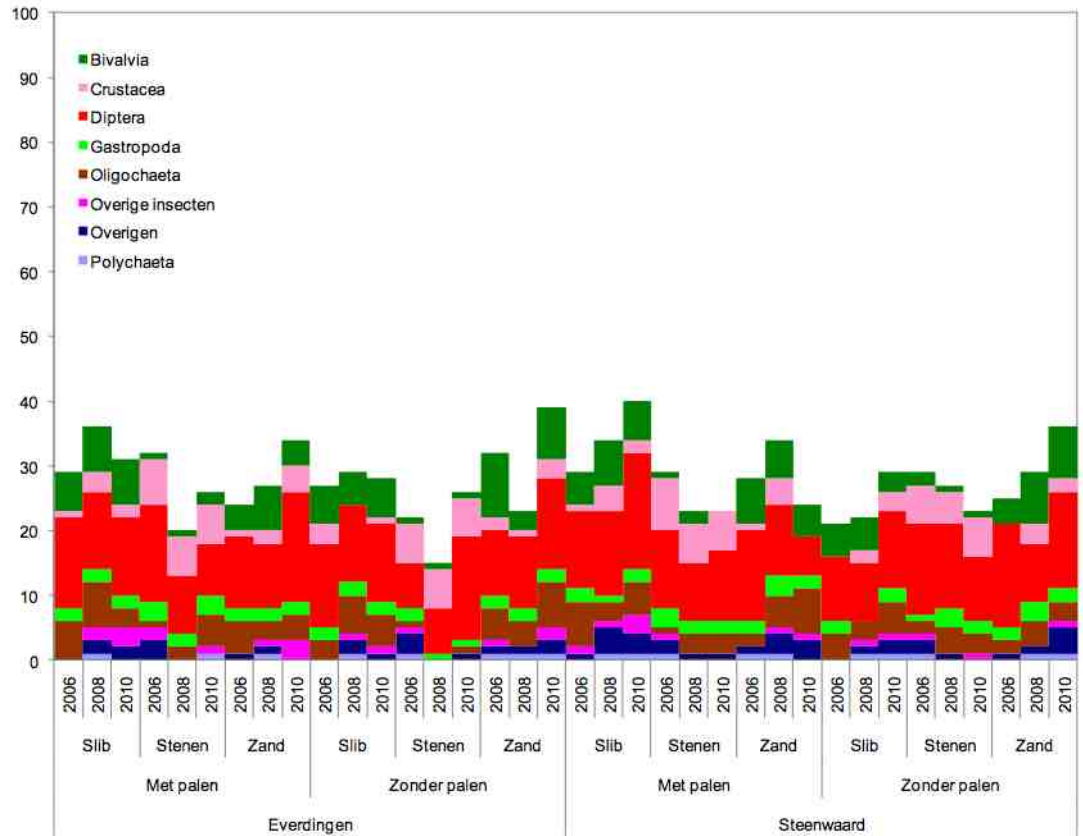


Aantal organismen per m<sup>2</sup> 2010 - voorjaar

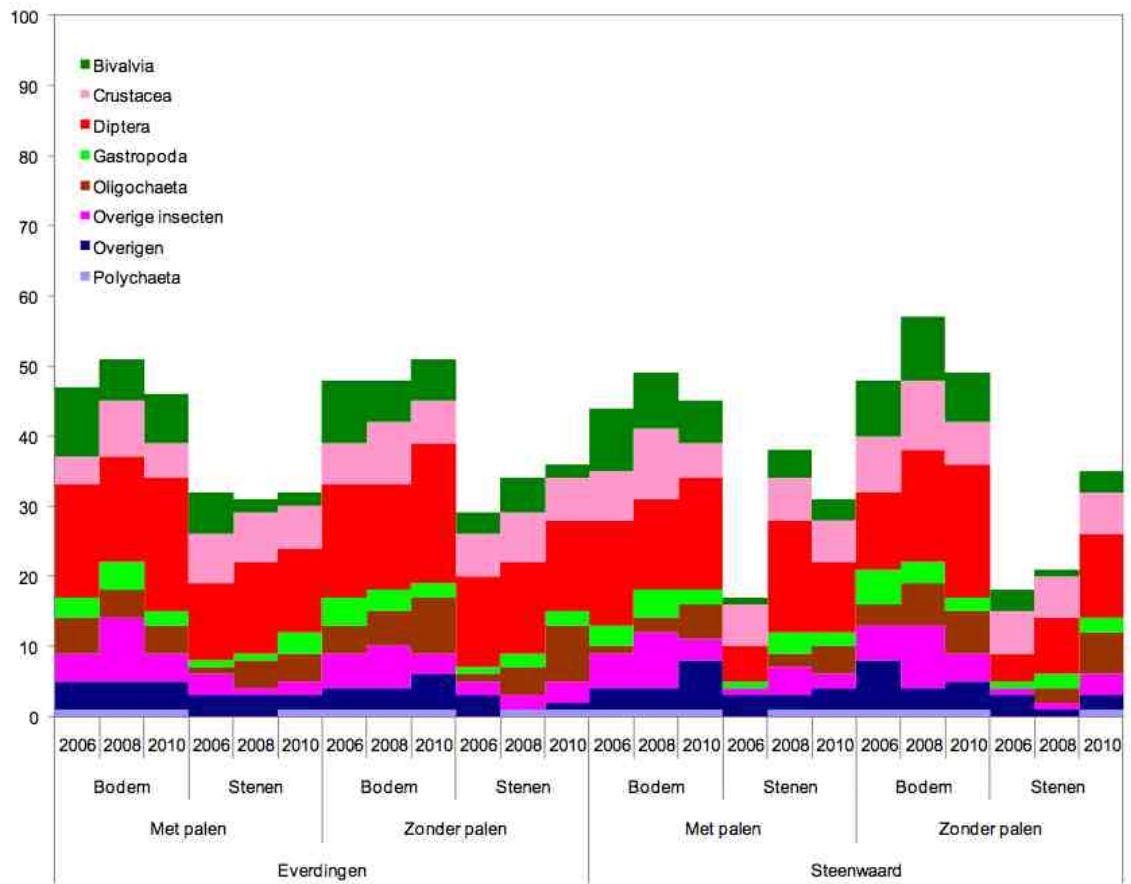


Aantal organismen per m<sup>2</sup> 2010 - najaar

## Bijlage 11: Aantal taxa voorjaar - najaar



Figuur XI.1: Aantal taxa voor iedere monsterlocatie in het voorjaar van 2006, 2008 en 2010. (bron: Wiggers et al 2011)



*Figuur XI.2: Aantal taxa voor iedere monsterlocatie in het najaar van 2006, 2008 en 2010. (bron: Wiggers et al 2011)*



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu  
Postbus 365, 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849  
E-mail [info@buwa.nl](mailto:info@buwa.nl), [www.buwa.nl](http://www.buwa.nl)