



Voorbereidingsonderzoek en -plan Reeuwijk

Herstelplan gericht op Kievitsbloemhooiland

Staatsbosbeheer - Regio West

7 december 2009

Eindrapport

9V1565A0



George Hintzenweg 85
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam
+31 (0)10 443 36 66 Telefoon
Fax
info@rotterdam.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Voorbereidingsonderzoek en -plan Reeuwijk
Herstelplan gericht op Kievitsbloemhooiland
Verkorte documenttitel Herstelplan Kievitsbloem Reeuwijk
Status Eindrapport
Datum 7 december 2009
Projectnaam Voorbereidingsonderzoek en -plan Reeuwijk
Projectnummer 9V1565A0
Opdrachtgever Staatsbosbeheer - Regio West
Mevr. M. Bilius
Referentie 9V1565A0/R0001/902541/1



Auteur(s) Tom van den Broek, Fons Smolders, Co Laan en Marlies van der Welle
Foto's Harm Kossen en Tom van den Broek
Collegiale toets Tom van den Broek
Datum/paraaf 07.12.2009
Vrijgegeven door Esther Bosman b/a
Datum/paraaf 07.12.2009



INHOUDSOPGAVE

		Blz.
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding voor het onderzoek	1
1.2	Doelstelling en onderzoeksvragen	1
1.3	Leeswijzer	2
2	GEBIEDSBESCHRIJVING	3
2.1	Algemeen	3
2.2	Geologie	4
2.2.1	Deklaag	4
2.2.2	Diep zandpakket	5
2.3	Bodem	5
2.4	Hydrologie	7
2.4.1	Oppervlaktewater	7
2.4.2	Grondwater	8
2.4.3	Neerslag en verdamping	10
2.5	Vegetatie	11
2.5.1	Vegetatiekartering	11
2.5.2	Kievitsbloemen	13
2.5.3	Huidig beheer	15
3	KIEVITSBLOEMHOOILANDEN EN NATTE SCHRAALGRASLANDVEGETATIES	17
3.1	Kievitsbloemhooiland	17
3.1.1	Vegetatie en standplaats	17
3.1.2	Verspreiding	18
3.2	Dotterbloemhooiland	19
3.3	Kleine zeggenvvegetaties	20
3.4	Samenvatting standplaatseisen	22
4	SYNTAXONOMISCHE POSITIE EN ONTWIKKELINGSMOGELIJKHEDEN	23
4.1	Kievitsbloemhooiland	23
4.2	Dotterbloemhooiland	25
4.3	Kleine zeggengemeenschappen	27
5	SYSTEEMANALYSE	31
5.1	Bodemprofielen	31
5.1.1	Bodemopbouw	31
5.1.2	Humusvormen	33
5.2	Bodemchemie	35
5.2.1	Bodemkarakteristieken	35
5.2.2	Resultaten vernattingsexperiment	36
5.3	Hydrologie	42
5.3.1	Geohydrologie	42

6	KNELPUNTEN- EN POTENTIEANALYSE KIEVITSBLOEMHOOILAND	47
6.1	De bepalende bodemchemische factor.....	47
6.2	En het vermijden van concurrentie in het vroege voorjaar.....	48
6.3	Hangen samen met noodzakelijke inundatie in de winterperiode.....	48
6.4	Met een hoge kaliumconcentratie	48
7	HERSTELPLAN KIEVITSBLOEMHOOILAND EN NAT SCHRAALGRASLAND	51
7.1	Kievitsbloemhooiland	51
7.1.1	Herstel van een open zode en winterinundatie met kaliumrijk oppervlaktewater	51
7.1.2	Proefproject	52
7.2	Nat schraalgrasland	55
8	LITERATUUR EN BRONNEN	57

Bijlagen

1. Analysemethoden
2. Analysegegevens (a: bodem en bodemporiewater; b: vernattingsexperiment)
3. Grondwatermodel
4. Verloop in de concentraties van de belangrijkste nutriënten in de bodems (inundatie-experiment)

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

Het Staatsbosbeheerreservaat Reeuwijk vormt een onderdeel van het Natura 2000-gebied Broekvelden, Vettenbroek & Polder Stein, en vormt een van de laatste bolwerken binnen Nederland van kievitsbloemhooilanden (*Frittilario-Alopecuretum pratensis*). Het belang van dit gebied wordt onderkend doordat het habitatype H6510B - Glanshaver- en Vossenstaarthooilanden (grote vossenstaart) binnen het Natura 2000-gebied als instandhoudingsdoelstelling is aangewezen. Kievitsbloemhooilanden vallen onder dit habitatype. Nederland heeft dus voor deze graslanden een bijzondere Europese verantwoordelijkheid. Het gebied is tevens aangewezen voor het habitatype H6430A -Ruigten en zomen (moerasspirea). Ook in dit habitatype kunnen kievitsbloemen voorkomen.

Ooit besloegen kievitsbloemhooilanden rond Reeuwijk grote oppervlakten. Dit areaal is echter sterk teruggelopen en de kievitsbloem komt nog maar op enkele locaties voor. Op slechts een van deze locaties lijkt de populatie redelijk stabiel, op de andere locaties nemen de aantallen gestaag af.

Staatsbosbeheer heeft als beheerder van het gebied dan ook dringend behoefte aan een onderzoek naar de mogelijkheden voor herstel van kievitsbloemhooilanden. Waar herstel van deze hooilanden niet mogelijk is, wil men graag weten wat de mogelijkheden zijn voor herstel van nat/ vochtig schraalgraslanden. In voorliggend rapport wordt voorbereidend onderzoek beschreven en wordt een voorbereidingsplan opgesteld.

1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

Het voorbereidingsonderzoek en het voorbereidingsplan moeten leiden tot praktische en expliciet beschreven herstelmaatregelen voor nat schraalgraslanden en meer in het bijzonder voor kievitsbloemhooilanden binnen de deelgebieden Polder Lang Roggebroek en Polder Stein van het reservaat Reeuwijk.

De belangrijkste onderzoeksvraag die moet worden beantwoord, luidt:

1) Wat is er nodig om de populatie kievitsbloemen in Reeuwijk te herstellen en waar mogelijk uit te breiden?

Indien de conclusie luidt dat herstel van de populatie kievitsbloemen niet haalbaar is, dient de volgende vraag beantwoord te worden:

2) Welke potenties voor nat schraallandvegetaties liggen er wel in het gebied en hoe kunnen deze worden benut?

Het voorbereidingsonderzoek moet leiden tot een concreet voorbereidingsplan met praktische herstelmaatregelen om de populatie kievitsbloemen te herstellen dan wel de potenties van het gebied te benutten. Dit voorbereidingsplan moet als basis kunnen dienen voor het aanvragen voor subsidie voor de uitvoering van de herstelmaatregelen.

Om de eerste onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is er een vergelijkende studie uitgevoerd naar diverse bodemchemische en hydrologische aspecten op een locatie in Polder Lang Roggebroek, twee locaties in Polder Stein en één locatie in Polder Bloemendaal. Deze laatste locatie vormde de referentielocatie voor dit onderzoek. De tweede onderzoeksvraag is beantwoord door de genoemde aspecten met name af te zetten tegen de randvoorwaarden voor deze vegetaties zoals die uit de literatuur bekend zijn.

1.3 Leeswijzer

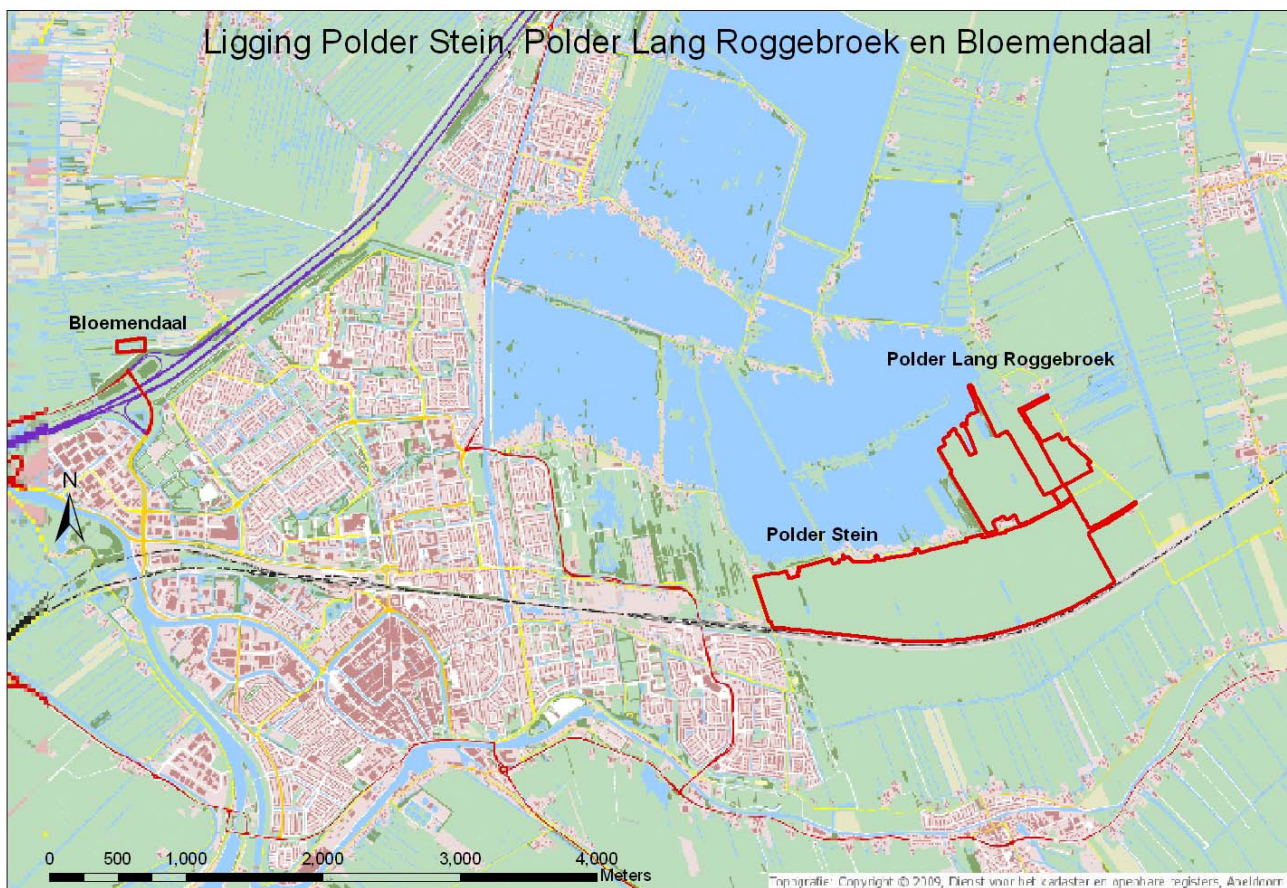
In hoofdstuk 2 worden de onderzoekslocaties Polder Stein en Polder Lang Roggebroek beschreven, evenals de referentielocatie Polder Bloemendaal. Hier wordt ook ingegaan op het verloop in het aantal aangetroffen kievitsbloemen op de locaties door de jaren heen. In hoofdstuk 3 wordt een kenschets gegeven van kievitsbloemhooilanden en nat schraallanden. Bij deze laatste ligt de focus op dotterbloemhooiland en kleine zeggenvegetaties. De syntaxonomische positie van kievitsbloemhooiland, dotterbloemhooiland en kleine zeggenvegetaties wordt beschreven in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van het uitgevoerde onderzoek op de vier locaties gepresenteerd in een systeemanalyse. Deze systeemanalyse leidt tot een knelpunten- en potentieanalyse voor de ontwikkeling van kievitsbloemhooiland in hoofdstuk 6. Hier wordt duidelijk gemaakt waarom op de referentielocatie er nog een gezonde populatie kievitsbloemen aanwezig is en deze op de andere locaties achteruit gaat c.q. ontbreekt. In hoofdstuk 7 ten slotte, wordt het herstelplan voor kievitsbloemhooiland en nat schraalgrasland gepresenteerd. Het rapport sluit af met een literatuuroverzicht.

2 GEBIEDSBESCHRIJVING

2.1 Algemeen

Het onderzoeksgebied - Polder Stein en een deel van Polder Lang Roggebroek - maakt deel uit van het Natura 2000-gebied Broekvelden, Vettenbroek en Polder Stein, en ligt in het veenweidegebied van het Groene Hart van Zuid-Holland (figuur 1). Het noordelijk deel van Polder Stein en een deel van polder Roggebroek zijn als Vogelrichtlijngebied en als Habitatrichtlijngebied begrensd. De vegetatie bestaat uit voedselrijke graslanden, maar er komen ook bloemrijke graslanden voor met op nog een enkele locatie (enkele) kievitsbloemen. Een van de instandhoudingsdoelstellingen in het kader van Natura 2000 die aan dit gebied zijn meegegeven, betreft de uitbreiding in oppervlakte en verbetering in kwaliteit van glanshaver- en vossenstaarthooilanden, *grote vossenstaart* (subtype B) en betreft hier de vorm van kievitsbloemhooilanden.

In de nabijheid van het onderzoeksgebied ligt Polder Bloemendaal. Hier bevindt zich een gezonde populatie kievitsbloemen en deze locatie dient binnen dit onderzoek dan ook als referentiegebied.



Figuur 2.1. Onderzoeksgebied Polder Stein en Polder Lang Roggebroek en het referentiegebied Polder Bloemendaal.

Op klei-op-veengronden in de nabijheid van rivieren kwam de kievitsbloem hier vroeger veel voor. Mogelijk is kievitsbloem in de Gouden Eeuw in het gebied geïntroduceerd, door de aanwezigheid van bolletjes in het stadsafval dat destijds als bemesting op de percelen werd gebruikt.

De polders bestaan voornamelijk uit langgerekte percelen grasland, gescheiden door sloten en enkele petgaten. Broekvelden en Vettenbroek is een diepe plas aan de noordzijde van de Reeuwijkse Plassen. De meeste veenplassen in de omgeving van Gouda werden drooggemaakt vanwege de veiligheid en het economische belang, zo ook Broekvelden en Vettenbroek bij Reeuwijk. In tegenstelling tot het gebied ten westen van Gouda kwam hier geen oude blauwe zeeklei bloot maar veen. Kwel kon hier opborrelen en voor permanente wateroverlast zorgen. In 1970 werd, na een ontzanding, de polder Broekvelden/Vettenbroek weer onder water gezet.

2.2 Geologie

2.2.1 Deklaag

In het gebied ligt een dik pakket veen en klei op een zandige ondergrond. Dit pakket komt in wisselende samenstelling (klei, veen en zand) voor over grote delen van West-Nederland; een algemene geologische benaming voor dit pakket is “de deklaag”. Op basis van verschillende informatiebronnen (boringen uit het DINO-Loket en grondwaterkaart van Nederland - 38 west, 1979) is de dikte van dit pakket in de omgeving van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek geschat op circa twaalf meter. Deze dikte wijkt enigszins af van diktes die in andere teksten zijn gehanteerd (circa tien meter), maar dit is niet van belang voor het begrip van de geologie.

Het gebied rondom de Reeuwijkse plassen is een veenweidegebied; het staat bekend als een gebied met veel veen. Aangenomen wordt dat het oorspronkelijke veenoppervlak op of iets boven NAP heeft gelegen, totdat omstreeks de 11^e eeuw de ontginning van de drassige veengebieden is begonnen. Het huidige maaiveld ligt lager door klink van de veenlagen en het afgraven van de veenlagen (mosveen) ten behoeve van turfwinning. Door de turfwinning zijn in de omgeving plassen ontstaan, een duidelijk voorbeeld hiervan zijn de Reeuwijkse Plassen, grenzend aan Polder Stein en Polder Lang Roggebroek. Maar ook de op grotere afstand gelegen Zuidplaspolder en de Prins Alexanderpolder (tegenwoordig droogmakerijen) zijn een overblijfsel uit de tijd van de turfwinning.

Op basis van de grondwaterkaart van Nederland ligt ongeveer ter hoogte van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek een overgang van gebieden met een deklaag bestaande uit klei op veen op klei (ten zuiden van de beide polders) naar gebieden met veen op klei. De exacte overgang is niet bekend en is vermoedelijk geen harde overgang, maar een diffuse of graduele overgang. De onderste kleilaag bestaat uit afzettingen van mariene, estuariene, lagunaire en perimariene (van een rivier) oorsprong: afzettingen van Calais en Gorkum. De veenlaag daarboven bestaat uit Hollandveen. Ter plaatse van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek komt deze veenlaag aan het maaiveld, ten zuiden van de beide polders is deze veenlaag nog afgedekt door een kleilaag van perimariene oorsprong (afzettingen van Tiel). Alle afzettingen in de deklaag zijn van Holocene oorsprong (<10.000 jaar oud).

Op basis van beschikbare diepe boringen (DINO-Loket) in de omgeving van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek blijkt dat de dikte van het Hollandveen ter plaatse van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek enkele meters bedraagt, net als de kleilaag daaronder.

Doordat er geen diepe boringen ter plaatse van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek beschikbaar zijn, is de exacte samenstelling (en variaties hierin) van de deklaag onbekend. Ook of de overgang van de samenstelling van de deklaag met veen op klei naar een deklaag met klei op veen op klei is daardoor niet bekend. Op basis van de beschikbare gegevens lijkt het dat het bovenste deel van de deklaag ter plaatse van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek uit veen bestaat, maar het is ook goed mogelijk dat er ondiep al kleilagen voorkomen.

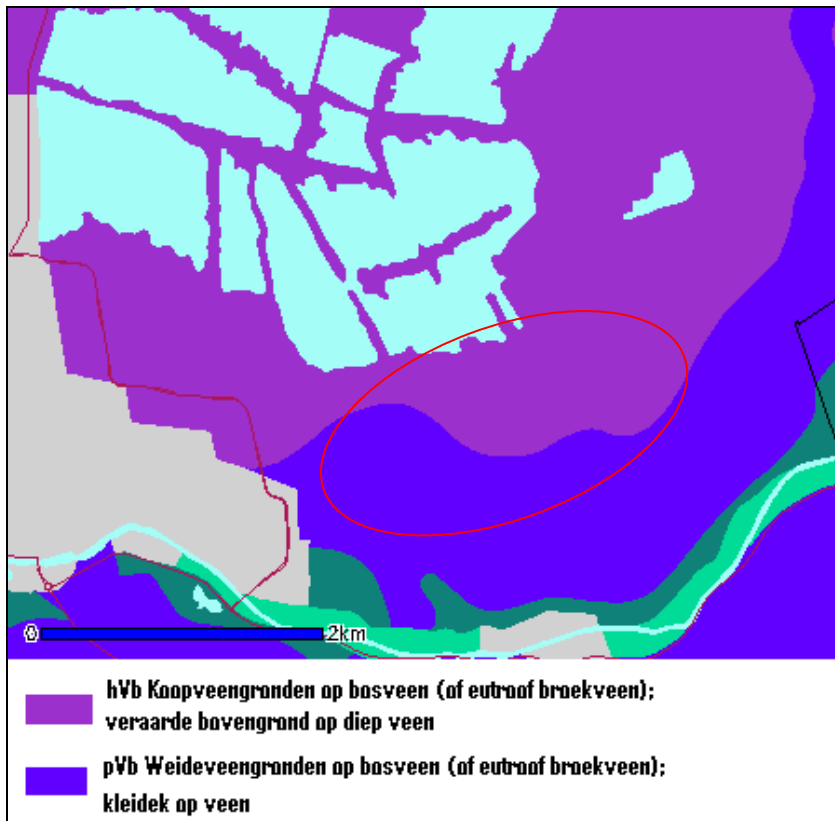
2.2.2 Diep zandpakket

Onder de deklaag ligt een zandpakket dat het eerste regionale watervoerende pakket vormt. Dit pakket wordt voornamelijk gevormd door de afzettingen van de Formaties van Sterksel en Kreftenheye. Ter plaatse van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek is de dikte van dit pakket ongeveer 20 à 25 meter. Onder het eerste regionale watervoerende pakket ligt de eerste scheidende laag die uit voornamelijk klei en fijne zanden bestaat.

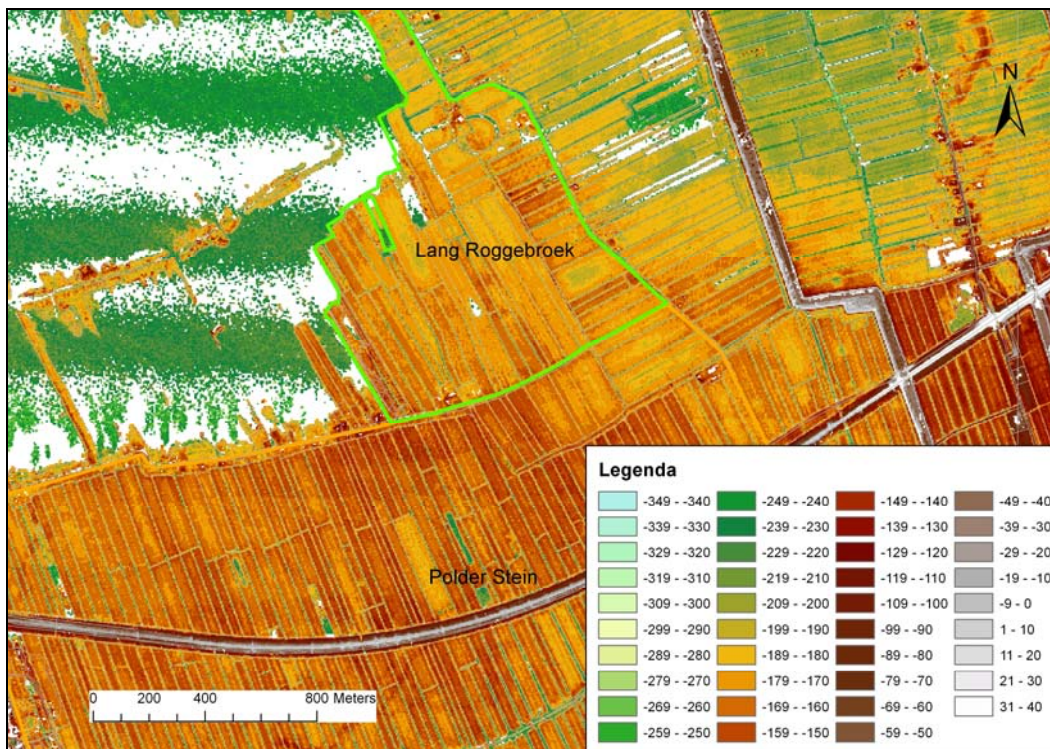
2.3 Bodem

Op basis van de bodemkaart 1:50.000 (figuur 2.2, bron: www.bodemdata.nl) blijkt Polder Lang Roggebroek in z'n geheel en het grootste deel van Polder Stein te bestaan uit het bodemtype "Koopveengronden op bosveen (of eutroof broekveen)" met de grondwatertrap II (codering is hVb-II). Het zuidoosten van Polder Stein bestaat uit het bodemtype "Weideveengronden op bosveen (of eutroof broekveen)" met de grondwatertrap II (codering is pVb-II)". Een grondwatertrap II betekent dat de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) op circa een niveau rond maaiveld en dat de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) op circa een niveau rond 50 cm à 80 cm beneden maaiveld ligt.

In figuur 2.3 is maaiveldhoogte van de polders weergegeven. In Polder Stein ligt het maaiveld rond NAP – 1,60 m. Polder Lang Roggebroek ligt het maaiveld net iets lager: rond NAP – 1,70 m.



Figuur 2.2. Bodemkaart 1:50.000 omgeving (rode elips) Polder Stein en Polder Lang Roggebroek (bron: www.bodemdata.nl).



Figuur 2.3. Maaiveldhoogte (AHN in cm NAP) in Polder Stein en Polder Lang Roggebroek.

2.4 Hydrologie

2.4.1 Oppervlaktewater

Ligging watergangen en plassen

Polder Stein en Polder Lang Roggebroek maken onderdeel uit van een groot veenweidegebied. Veenweidegebieden kenmerken zich in hydrologische zin door een veelvuldige doorsnijding door watergangen (veensloten). Dit is ook bijzonder van toepassing voor Polder Stein en Polder Lang Roggebroek.

In Polder Stein varieert de afstand tussen de watergangen van circa 20 m tot 80 m. In Polder Lang Roggebroek is eenzelfde variatie te zien, met een uitzondering van een perceel waar de afstand circa 100 m bedraagt. Op veel brede percelen zijn wel greppels zichtbaar op regelmatige afstanden van de watergangen. Naar verwachting voeren deze greppels water af wanneer het grondwater boven maaiveld komt te staan.

Grenzend aan de noordzijde van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek liggen de Reeuwijkse plassen. De watergangen in Polder Lang Roggebroek staan in directe verbinding met de Reeuwijkse plassen. Polder Stein vormt een apart peilgebied, waarbij de grenzen van de polder groter zijn dan het natuurgebied alleen; met andere woorden het natuurgebied is dus een onderdeel van een grotere polder.

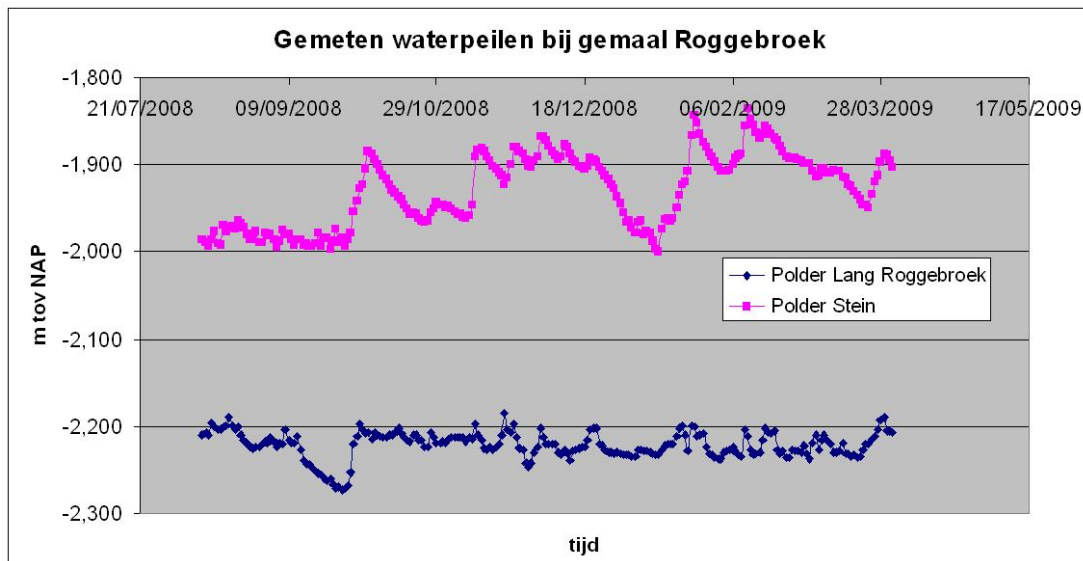
Peilen

Volgens de peilenkaart van het Hoogheemraadschap van Rijnland bedraagt het oppervlaktewaterpeil binnen de Reeuwijkse plassen en Polder Lang Roggebroek jaarrond circa NAP -2,20 m en binnen Polder Stein jaarrond NAP -2,07 m. In de praktijk blijkt het peil in Polder Stein echter (veel) hoger te zijn.

Het maximumpeil in Polder Stein is NAP -1,80 m, maar in de praktijk wordt dit peil niet gevoerd omdat dan permanente inundatie optreedt van de laaggelegen percelen in Polder Kort Roggebroek. In de praktijk schommelt het peil rond NAP -1,90 m met onderschreidingen tot NAP -2,00 m of zelfs nog iets lager in de zomer. Binnen de Reeuwijkse plassen en Polder Lang Roggebroek fluctueert het oppervlaktewaterpeil niet, maar wordt op een constant niveau van NAP -2,22 m gehouden. In de praktijk kan het oppervlaktewaterpeil mogelijk iets uitzakken.

Vermoedelijk wijken de praktijkpeilen af van de theoretische peilen ter plaatse van Polder Stein. Meetgegevens van het oppervlaktewaterpeil bij gemaal Roggebroek (figuur 2.4, bron: Hoogheemraadschap van Rijnland) wijzen op een gemiddeld peil voor Polder Stein van NAP -1,92 m in het jaar 2008. Voor Polder Lang Roggebroek wijzen de meetgegevens op een gemiddeld peil van NAP -2,22 m in het jaar 2008.

Door het relatief constante peil moet in de zomer veel gebiedsvreemd water worden ingelaten. Hierdoor treedt in toenemende mate veenrot op in de oevers van de watergangen. Het optreden van veenrot heeft er toe geleid dat er recentelijk meer aandacht is voor een meer flexibel peil, waarbij het peil in de zomer wat verder mag wegzakken en minder water hoeft te worden ingelaten. Een flexibel peil kwam vroeger veelvuldig voor, en kan er voor zorgen dat oeverplanten beter kunnen kiemen. Mogelijk is er ook een relatie tussen een flexibel peil en het kiemen van de kievitsbloemen.



Figuur 2.4. Gemeten peilen bij gemaal Roggebroek (bron: Hoogheemraadschap van Rijnland).

Bemaling

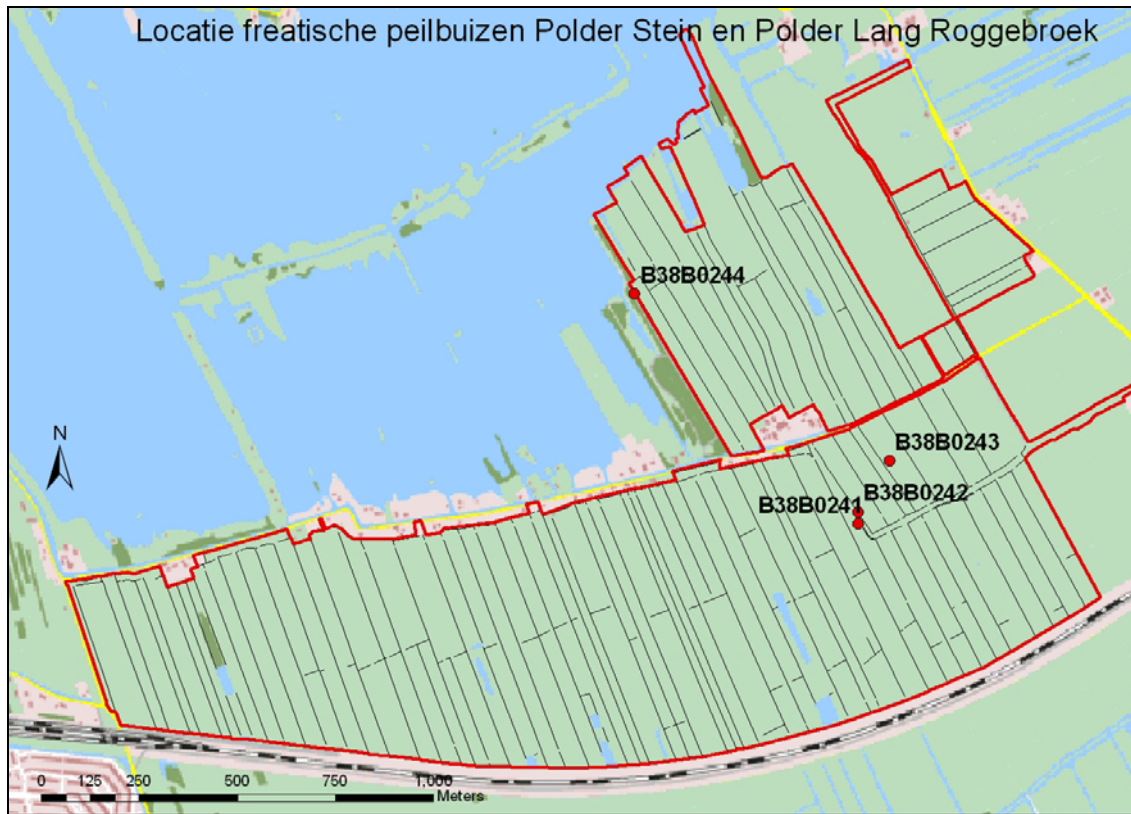
Polder Stein wordt bemalen door een gemaal. Op basis van gegevens van hoogheemraadschap van Rijnland blijkt de afvoer van 1 januari 2008 tot en met 1 januari 2009 voor de gehele Polder Stein (dus inclusief het deel van de polder buiten het natuurgebied) circa 1,45 M m³ te zijn. Dat komt neer op een dagelijkse gemiddelde afvoer van bijna 4.000 m³. Het totale oppervlak van Polder Stein is circa 620 ha; de gemiddelde afvoer dagelijkse afvoer uitgedrukt in mm is 0,645 mm.

2.4.2 Grondwater

Freatisch grondwater

In Polder Stein (BB38B0241, -242 en -0243) en Polder Lang Roggebroek (BB380244) wordt op een aantal locaties de freatische grondwaterstand gemeten (figuur 2.5).

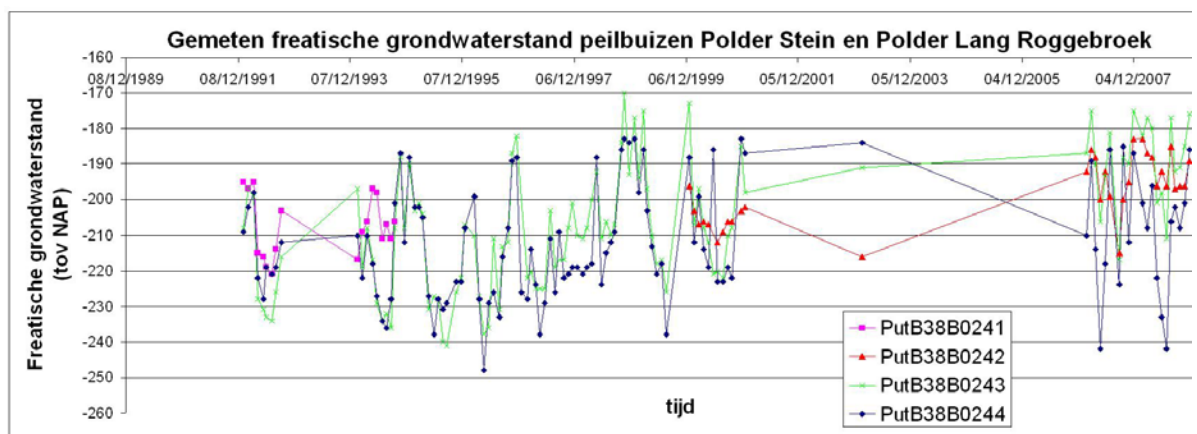
De meetreeks van peilbuis B38B0241 is een korte meetreeks (figuur 2.6). Op enige afstand van deze peilbuis is in een later stadium verder gemeten bij peilbuis B38B0242. In de tabellen 2.1 en 2.2 staan per peilbuis de gemiddelde, hoogste en laagste gemeten grondwaterstand van de gehele periode en de gemiddelde, hoogste en laagste gemeten grondwaterstand voor de periode vanaf januari 2007 ten opzichte van respectievelijk NAP en maaiveld. Hieruit blijkt dat de grondwaterstanden in de buizen BB38B0241 en BB38B0242 slechts in geringe mate fluctueren: het verschil tussen de hoogste en laagste gemiddelde grondwaterstand bedraagt over de gehele meetperiode ongeveer 0,25-0,35 m. In de andere buizen is het verschil groter: ongeveer 0,70 m. De gemeten hoogste gemiddelde grondwaterstanden liggen rond maaiveld. In de zomer zakken de grondwaterstanden weg tot 0,30-0,65 m beneden maaiveld.



Figuur 2.5. Locaties peilbuizen Polder Stein en Polder Lang Roggebroek.

Stijghoogte eerste watervoerende pakket

Op basis van de grondwaterkaart van Nederland - kaartblad 38 West (1979) was de stijghoogte op 28 april 1972 in het eerste watervoerende pakket circa NAP -2,3 à -3,0 m. Op basis van isohypsen uit het DINO-loket (www.dinoloket.nl) was de stijghoogte op 28 april 1995 in het eerste watervoerende pakket circa NAP -2,3 à -2,8 m.



Figuur 2.6. Gemeten freatische grondwaterstand peilbuizen Polder Stein en polder Lang Roggebroek (bron metingen: www.dinoloket.nl).

Tabel 2.1. Statistieken freatische grondwaterstandsmetingen peilbuizen Polder Stein en Polder Lang Roggebroek. Metingen ten opzichte van NAP (bron metingen: www.dinoloket.nl).

Peilbuizen	Freatische Grondwaterstand (t.o.v. NAP)					
	gehele periode			periode vanaf 1-1-2007		
	Gem	Max	Min	Gem	Max	Min
B38B0241	-2,08	-1,95	-2,21	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
B38B0242	-1,98	-1,83	-2,16	-1,93	-1,83	-2,15
B38B0243	-2,07	-1,7	-2,41	-1,89	-1,75	-2,17
B38B0244	-2,12	-1,83	-2,48	-2,08	-1,85	-2,42

Tabel 2.2. Statistieken freatische grondwaterstandsmetingen peilbuizen Polder Stein en Polder Lang Roggebroek. Metingen ten opzichte van maai veld (bron metingen: www.dinoloket.nl).

Peilbuizen	Freatische Grondwaterstand (t.o.v. maaiveld)					
	gehele periode			periode vanaf 1-1-2007		
	Gemi	Max	Min	Gem	Max	Min
B38B0241	-0,47	-0,34	-0,60	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
B38B0242	-0,14	+0,01	-0,32	0,09	+0,01	-0,31
B38B0243	-0,43	-0,06	-0,77	0,25	-0,11	-0,53
B38B0244	-0,35	-0,06	-0,71	0,31	-0,08	-0,65

Op enige afstand van de Polder Stein en Polder Lang Roggebroek bevinden zich verschillende peilbuizen waar de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket wordt gemeten. Deze meetreeksen zijn vergeleken met de stijghoogtes in de op basis van de grondwaterkaart en de isohypsen uit DINO-loket. De gemiddeldes van de meetreeksen lagen binnen de marge qua stijghoogtes wat op basis van het vergelijkingsmateriaal verwacht mag worden.

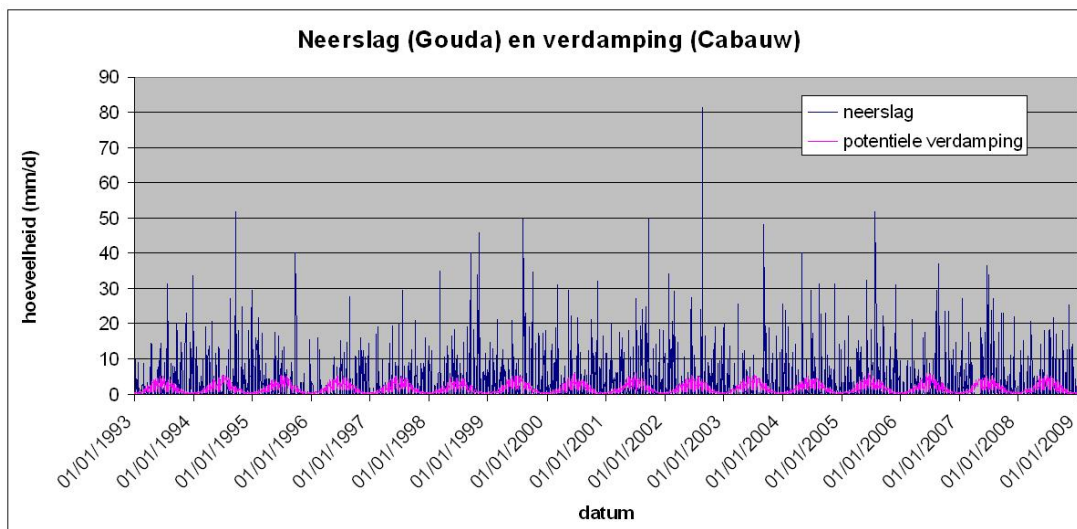
Op basis van de bovengenoemde verschillende bronnen verschillende bronnen is de geschatte gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerende pakket circa NAP - 2,3 meter ter hoogte van het oosten van Polder Lang Roggebroek en circa NAP - 2,8 meter ter hoogte van het westen van Polder Stein.

Wegzijging

Doordat de freatische grondwaterstand hoger is dan de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket treedt er een neerwaartse grondwaterstroming op. Op basis van de afvoer van het gemaal voor de gehele Polder Stein in 2008 (paragraaf 2.4.1, bemaling) en het gemiddelde neerslagoverschot in 2008 (paragraaf 2.4.3) is deze wegzijging bepaald op gemiddeld circa 0,15 à 0,20 mm/dag.

2.4.3 Neerslag en verdamping

De grondwateraanvulling is gebaseerd op de neerslag gemeten bij het KNMI neerslagstation Gouda en de verdamping gemeten bij het KNMI meetstation Cabauw. Voor de neerslag en (potentiële) verdamping in de periode 1993 t/m 2008 zie figuur 2.7.



Figuur 2.7. Neerslag KNMI station Gouda en verdamping KNMI station Cabauw.

Voor een drietal typen landgebruik is met behulp van een gewasfactor en een verhardingsfactor de gemiddelde grondwateraanvulling bepaald in de periode 1989-2009 en 2007-2009 (tabel 2.3).

Tabel 2.3. Gemiddelde grondwateraanvulling voor verschillende vormen van landgebruik, op basis van gewas- en verhardingsfactoren.

Landgebruik	Gewasfactor	Verhardingsfactor	Gemiddelde grondwateraanvulling (mm/dag)	
			Periode 1989-2009	Periode 2007-2009
Gras	1	0	0,81	1,0
Water	1,25	0	0,40	0,62
Bebouwing	0,7	0,5	0,65	0,76

2.5 Vegetatie

2.5.1 Vegetatiekartering

In 1997 en 2003 is er een vegetatiekartering uitgevoerd, waarbij een groot aantal percelen binnen Polder Stein en Polder Lang Roggebroek (samen genoemd studiegebied, figuur 2.8) zijn geïnventariseerd en de aangetroffen vegetatie is geclassificeerd. Beide karteringen laten weinig verschil zien, zodat de bespreking hier zich concentreert op de meest recente vegetatiekartering. In het studiegebied komen vooral relatief voedselrijke graslanden voor die gedomineerd worden door grassoorten zoals gestreepte witbol, fioringras, grote vossesstaart en geknikte vossesstaart. Deze graslanden kunnen worden beschouwd als rompgemeenschappen van matig voedselrijke graslanden (*Molinio-Arrhenareta*).

Langs de oevers komen ruigtevegetaties voor van vochtige condities met soorten als moerasspirea en valeriaan. Ook komen oevervegetaties voor met helofyten zoals gele lis en op enkele plaatsen komen langs de slootoevers typische hooilandsoorten voor, zoals echte koekoeksbloem en egelboterbloem.



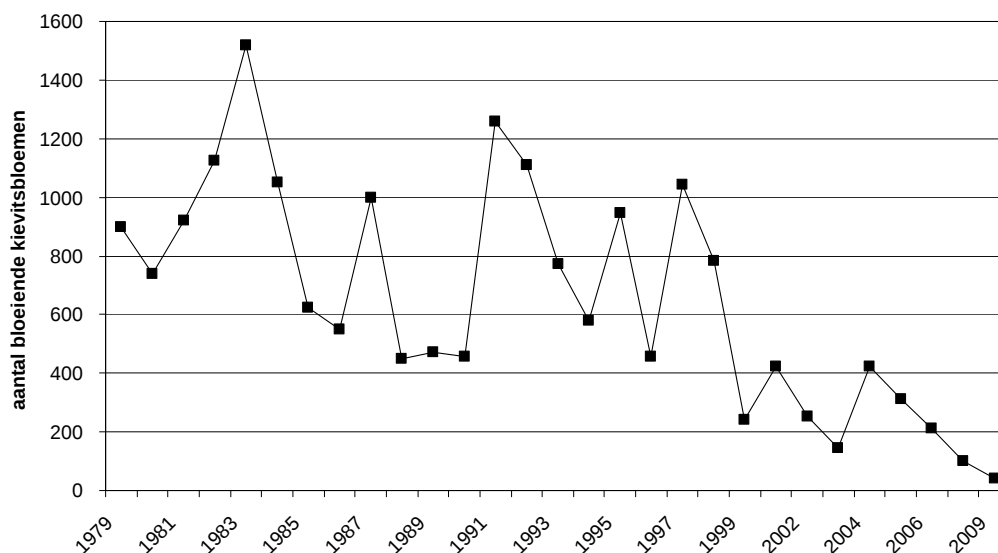
B13c	Type van Els en Es (Grote brandnetel)
B8b	Type van Zwarte els (Braam)
B8d	Type van Zwarte els (Grote brandnetel)
B8e	Type van Zwarte els (zonder of met grazige ondergroei)
F1	Type van Grote brandnetel
F2	Type van Braam
F5	Type van Liesgras
G3a	Type van Gestreepte witbol (typische vorm)
G3c	Type van Gestreepte witbol (Gewoon reukgras & Gewoon struisgras)
G3e	Type van Gestreepte witbol (Echte koekoeksbloem)
G4	Type van Grote vossenstaart
G5b	Type van Glanshaver (Fluitenkruid)
G6a	Type van Gew. struisgras, Gew. reukgras en Rood zwenkgras (typische vorm)
G6b	Type van Gew. struisgras, Gew. reukgras en Rood zwenkgras (Engels raaigras & Madelief)
L1a	Type van Engels raaigras (soortenarme vorm)
L1b	Type van Engels raaigras (Veldzuring & Madelief)
M3	Type van Oeverzegge
M4	Type van Moeraszegge
M5	Type van Pluimzegge
O1a	Type van Fioringras en Geknikte vossenstaart (typische vorm)
O1d	Type van Fioringras en Geknikte vossenstaart (kleine zegge soorten)
O2a	Type van tredplanten
Q	Onbegroeide bodem
R1	Type van Kleine lisdodde
R2b	Type van Riet (moeraskruiden)
R2d	Type van Riet (Moerasvaren)
R2f	Type van Riet (Grote brandnetel)
W0	Open water (geen begroeiing)
W2	Type van kleine fonteinkruiden
W3	Type van Zannichellia
W6a	Type van Gele plomp en Witte waterlelie (> 50% bedekking)
W6b	Type van Gele plomp en Witte waterlelie (< 50% bedekking)

Figuur 2.8. Vegetatiekartering 2003 Polder Stein en Polder Lang Roggebroek Witte percelen zijn niet gekarteerd).

Er van uitgaande dat in het gebied vroeger over grote oppervlaktes kievitsbloemhooiland en andere typen (schraal) vochtig hooiland voorkwamen indiceert de huidige situatie dat er verdroging en vermesting is opgetreden. Dit blijkt vooral uit een sterke dominantie van grassen en een afname van kruiden. Soorten als Engels raaigras, Gestreepte witbol en Grote brandnetel zijn indicatief voor een relatief droog, voedselrijk milieu.

2.5.2 Kievitsbloemen

Een tiental jaren geleden kwamen nog honderden bloeiende Kievitsbloemen voor in de omgeving van Reeuwijk (binnen de begrenzing van het reservaat van Staatsbosbeheer). In de jaren '90 waren er gemiddeld ongeveer 750 bloeiende exemplaren per jaar te zien. Vanaf eind jaren '90 is er echter een daling ingezet waarbij het aantal bloeiende kievitsbloemen inmiddels is gedaald tot slechts 42 exemplaren in 2009 (figuur 2.9).



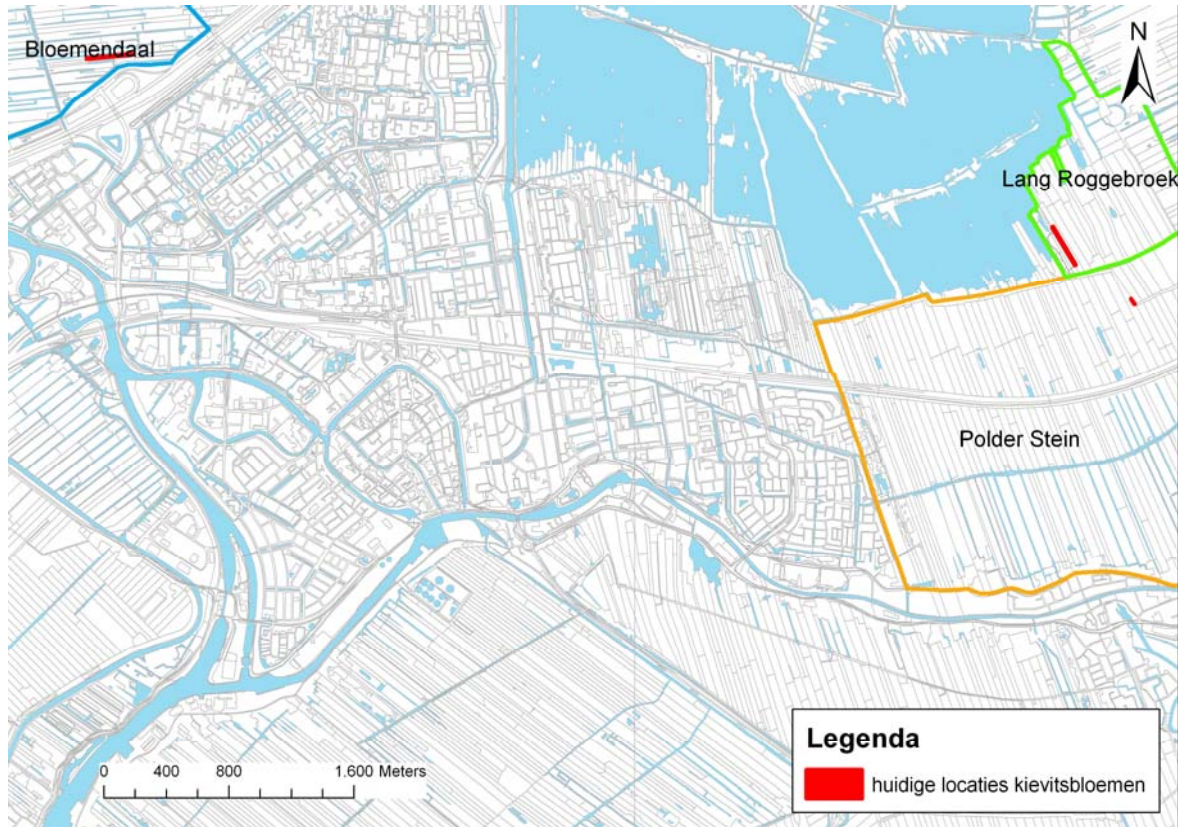
Figuur 2.9. Aantal bloeiende Kievitsbloemen in Reeuwijk (data Staatsbosbeheer).

Ooit moeten kievitsbloemen een zeer normale verschijning zijn geweest rond Gouda, getuige het ooggetuigenverslag van Van Leeuwen (1958): *“Indertijd woonden wij in de omgeving van het befaamde kievitstulpenoord van de Twaalf Morgen en het Land van Steijn, ten noorden van Haastrecht. Iedere lente opnieuw zagen wij de inwoners van Gouda erop uittrekken om deze witte en paarsgeblokte weelde met armen vol te verzamelen, en na afloop van zo'n ouderwetse voorjaarsorgie lagen de wegen naar de stad als bezaaid met duizenden in de strijd gebleven bloemen.”*

Op dit moment worden de kievitsbloemen in reservaat Reeuwijk feitelijk nog maar op twee locaties aangetroffen: in de luwte van een (restant van een) elzensingel in Polder Stein en langs een slootoever in Polder Lang Roggebroek (figuur 2.10). Van de 42 getelde individuen in 2009 in reservaat Reeuwijk zijn er 29 aangetroffen op de genoemde locatie in Polder Stein en negen in Polder Lang Roggebroek (Voor andere jaren zijn er geen gegevens beschikbaar per deelgebied binnen reservaat Reeuwijk).

De overige vier individuen betroffen losse waarnemingen van individuen elders binnen het reservaat (niet weergegeven in figuur 2.10).

Nabij het reservaat, in Polder Bloemendaal, bevindt zich van oudsher de meest stabiele en rijke populatie kievitsbloemen (figuur 2.10). Hier werden in 2009 546 individuen aangetroffen, tegen 603 in 2000 (van andere jaren geen gegevens beschikbaar).



Figuur 2.10. Verspreiding kievitsbloemen in de huidige situatie (obv veldbezoek april 22009).

In Polder Stein groeien de kievitsbloemen in de luwte van een aantal elzen en lijsterbessen. Naast kievitsbloemen groeit hier riet, hoge cyperzegge, scherpe zegge, moeraszegge, gele lis, valeriaan, winde, riet, poelruit en moerasspirea. De vegetatie kan worden beschouwd als een ruigtevegetatie van de Associatie van Moerasspirea en Echte Valeriaan (*Valeriano-Filiupenduletum*).

In Polder Lang Roggebroek komen (kwamen?) de kievitsbloemen voor in een soortenrijke slootoever met een aantal vochtige hooilandsoorten, zoals klein glidkruid, biezenknoppen en egelboterbloem. Ook komen op de oever soorten als hoge cyperzegge en gele lis voor. Het voorkomen van deze laatste soorten zou een relict kunnen zijn van een open elzenbroekbosvegetatie. Daarmee zou deze locatie een grotere gelijkenis hebben gekend met de locatie Polder Stein én met locatie Polder Bloemendaal. Tijdens het veldwerk waarbij bodemboringen zijn uitgevoerd, werden in de veenbodem op de locatie Polder Lang Roggebroek restanten van elzen aangetroffen, die het bovenstaande vermoeden bevestigen (maar werden er geen kievitsbloemen aangetroffen).

In het referentiegebied in polder Bloemendaal groeien de kievitsbloemen op een zeer smal perceel met elzen (figuur 2.11). Dit perceel is inmiddels ook in eigendom van Staatsbosbeheer. In deze elzensingel is de begroeiing vrij open. De kievitsbloemen lijken vooral op de niet te droge, en niet te natte, wat opener plekjes te staan. In de ondergroei komen ook riet, gele lis, diverse zeggensoorten maar ook een soort als brandnetel voor.

Figuur 2.11 geeft een impressie van de groeiplaatsen in Polder Stein, Polder Lang Roggebroek en Polder Bloemendaal.



Locatie Polder Lang Roggebroek



Locatie Polder Bloemendaal



Locatie Polder Stein



Zaaddozen

Figuur 2.11. Impressie van de Polder Lang Roggebroek en Polder Stein (reservaat Reeuwijk) en Polder Bloemendaal waar kievitsbloemen voorkomen.

2.5.3 Huidig beheer

Op de locaties waar kievitsbloemen voorkomen wordt een verschillend beheer gevoerd. Op de Steinse kade in Polder Stein wordt één keer per jaar in september gemaaid. Het maaisel wordt afgevoerd of op (broed)hopen gezet.

Ook in polder Lang Roggebroek wordt gemaaid. De percelen worden beheerd als hooiland (15 juni) met nabeweiding. De sloten worden met de maaikorf en/of ecomaaiër gemaaid. Daarnaast vindt lichte bemesting met rundermest plaats.

De elzensingel in polder Bloemendaal wordt in principe niet beheerd. De aanwezigheid van elzen zorgt voor lichte beschaduwing, wat resulteert in een open zode. De aanwezigheid van open plekken lijkt cruciaal voor kieming van de kievitsbloem. Dit blijkt ook uit het feit dat in het jaar dat voor het eerst vee de elzensingel ging mee begrazen (nazomer en najaar), en dus zorgde voor opengetrapte plekjes, massaal kievitsbloemen verschenen (med. Freek Mayenburg/Luuk Oevermans, Staatsbosbeheer). Het weiland om de elzensingel wordt eveneens begraasd. Vertrapping van de groeiplaats van de kievitsbloemen ten tijde van bloei en zaadzetting wordt voorkomen door uitrasteren.

Proefgewijs zijn er in de elzensingel in polder Bloemendaal enkele elzen afgezet. De gedachte hierachter was dat de elzen op termijn te veel schaduw zouden geven, waardoor de groei van de kievitsbloemen zou kunnen worden beperkt.

3 KIEVITSBLOEMHOOILANDEN EN NATTE SCHRAALGRASLANDVEGETATIES

3.1 Kievitsbloemhooiland

3.1.1 Vegetatie en standplaats

De kievitsbloem (*Fritillaria meleagris*) is een bolgewas uit de Leliefamilie. De kievitsbloem plant zich voornamelijk voort via zaad. Weeda *et al.* (1991) stellen zelfs dat dit de enige manier van voortplanting is. Nikolic *et al.* (2008) stellen echter dat ook beperkt vegetatieve vermeerdering plaatsvindt via bolvorming. De zaden kiemen na 8 tot 25 maanden en vormen één centimeter onder de grond een klein bolletje. In het daaropvolgende jaar ontwikkelt zich een jonge plant met slechts één blad: de zwaardvorm. Deze fase kan één tot drie jaar duren. Vervolgens groeit ze uit tot een plant met stengel en bladeren, maar zónder bloem: de kandelaarvorm. Deze fase kan drie tot acht jaar duren. Na deze periode bloeit de kievitsbloem. De bloeitijd begint ongeveer begin april, maar soms al eerder. Na de bloei worden zaaddozen gevormd. De zaden vallen op de grond en verspreiden zich via overstromend water.

De kievitsbloem komt voor in vochtige, matig voedselrijke graslanden en is de naamgevende soort van de Kievitsbloem-associatie (*Fritillario-Alopecuretum pratensis* (figuur 3.1). Ten opzichte van verwante gemeenschappen van glanshaverhooilanden, kamgrasweiden en dotterbloemhooilanden valt het goed ontwikkelde voorjaarsaspect in de vegetatie sterk op. Naast kievitsbloem komen gulden boterbloem en speenkruid opvallend veel voor, naast veelal ook bosanemoon. Ook het dominante gras, grote vossenstaart, is een relatief vroege grassoort.



Figuur 3.1. Vroeg voorjaarsaspect in Kievitsbloemhooiland met kievitsbloem, moerasspirea en herfsttijloos.

Kievitsbloemen komen voor op vrij voedselrijke bodem in licht bemest hooiland. De hooilanden zijn in de winter drassig of geïnundeerd, en mogen in de zomer niet te sterk uitdrogen. Vaak komen kievitsbloemen voor binnen het bereik van winteroverstromingen van rivieren of beken. Ook wordt de invloed van grondwater vaak genoemd als belangrijk aspect, vanwege de aanvoer van ijzer (Loeb en Lamers, 2003). De bodem heeft vaak een complexe opbouw, met afwisseling van veen- en kleilagen. Vaak is er ook enige invloed van zandig materiaal. Vaak is er sprake van enig reliëf (bijv. kleine zandkopjes in het landschap). kievitsbloemhooilanden worden veelal twee maal – en soms zelfs drie maal – per jaar gemaaid. Veelal vindt er lichte nabeweidings plaats.

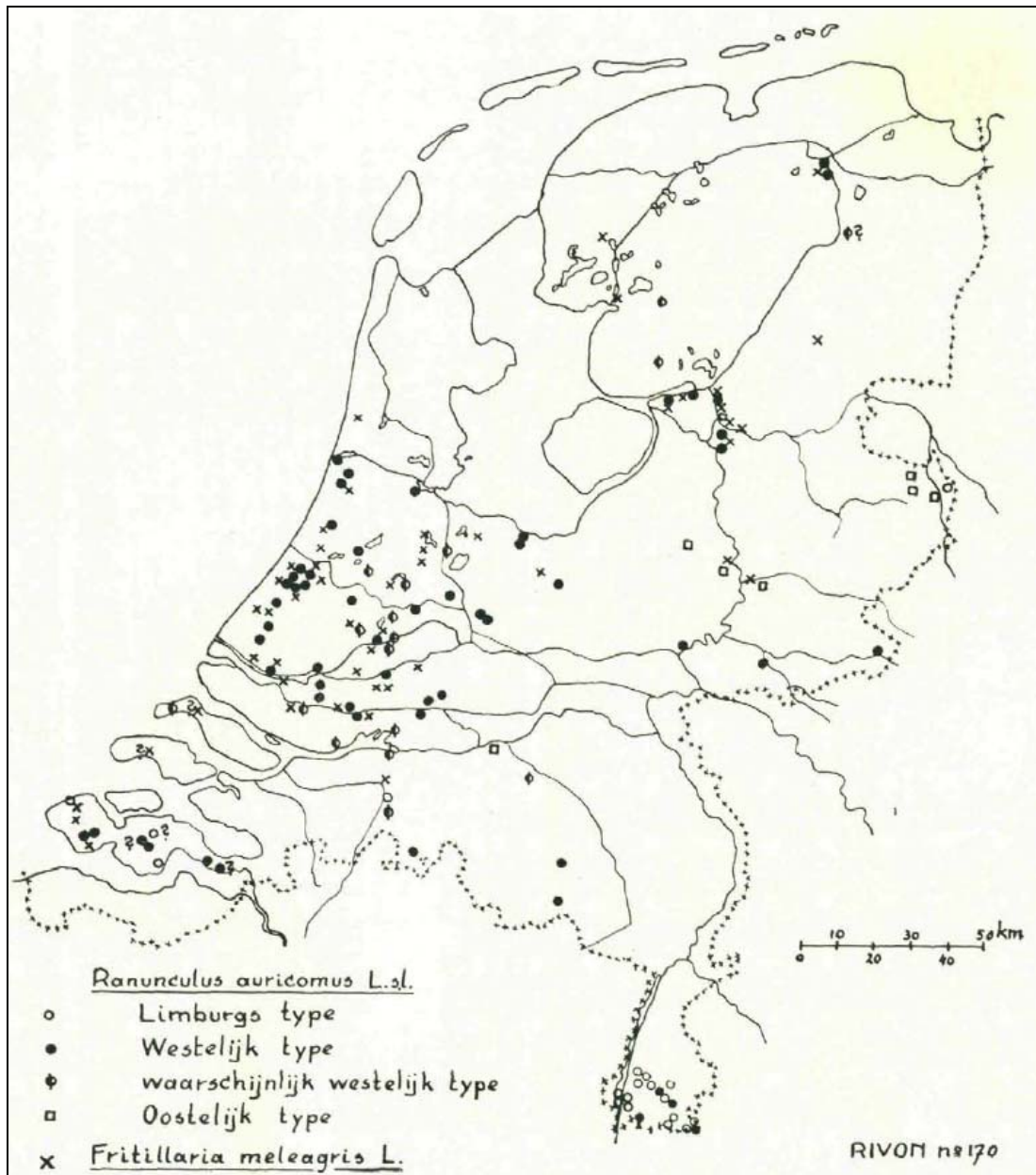
De bodem op standplaatsen van de kievitsbloem is rijk aan ijzer. Onder natte (anaërobe) condities is dit ijzer in gereduceerde toestand aanwezig, waardoor het slecht fosfaat bindt. Ook hoopt zich dan stikstof op in de vorm van ammonium. Bij hoge waterstanden is de beschikbaarheid van voedingsstoffen dus veel hoger dan bij oppervlakkige uitdroging. Het is dus aannemelijk dat de genoemde soorten met een korte levenscyclus die tot het voorjaar beperkt is, profiteren van een periode met een relatief hoge beschikbaarheid van voedingsstoffen. Tevens zou dit kunnen verklaren waarom zich nog een vitale populatie bevindt langs een Elzen/Essensingel: in de zomer ontstaat hier een schaduwrijk milieu, waardoor voorjaarssoorten worden bevoordeeld.

Mogelijk is dus het contrast van gunstige groeiomstandigheden in het (zeer) vroege voorjaar versus minder gunstige omstandigheden in de zomer (voedselarm, schaduw) een belangrijke factor in het optreden van kievitsbloem. Daarnaast spelen ook verdroging, verzuring en vermeting uiteraard een rol in de achteruitgang van kievitsbloem. Op veengronden, zoals bij de Reeuwijkse plassen, treedt gemakkelijk verzuring op. Ook zijn deze zonder lichte bemesting met bijvoorbeeld slootbagger mogelijk te voedselarm voor kievitsbloem. Zwaardere bemesting leidt echter mogelijk tot sterke uitbreiding van snelgroeiende grassen en het verdwijnen van kievitsbloem. Al met al gaat het dus om een precair evenwicht: een niet langdurig natte (geïnundeerde), niet te voedselarme én niet te voedselrijke standplaats.

3.1.2 Verspreiding

Tot ongeveer 100 jaar geleden kwam de kievitsbloem vrij algemeen voor in Nederland (ca. 2500 ha in 1900; Schaminée *et al.*, 1996). Aanvankelijk lag het zwaartepunt van verspreiding in West-Nederland (figuur 3.2; Van Leeuwen, 1958), maar inmiddels komt de soort voornamelijk voor in het stroomgebied van de Overijsselse Vecht en het Zwarte Water. Ook komen nog enkele kleine populaties voor in de omgeving van Gouda en in een paar boezemlandjes in Friesland. Het totale oppervlak is geslonken tot ongeveer 125 ha. De achteruitgang wordt aanvankelijk (mede) veroorzaakt door pluk en uitsteken van de bloemen, maar wordt later sterk versneld door intensivering van de landbouw.

Het is onduidelijk of de kievitsbloem van nature voorkomt of (ook) verwilderd is. (Weeda *et al.*, 1991). Van Leeuwen (1958) suggereert dat de kievitsbloemen in Polder Stein afkomstig zijn van voormalig klooster Steijn. In Nederland wordt de kievitsbloem voornamelijk aangetroffen in graslanden. Op enkele plaatsen komt de soort voor als stinzenplant of groeit de soort in de halfschaduw in struweel langs rivieren (Weeda *et al.*, 1991). Ook wordt de kievitsbloem af en toe aangetroffen in lichte bossen (Schaminée *et al.*, 1996). Ook in zuidelijker delen van Europa is de soort veelvuldig te vinden in lichte bossen of struwelen (Weeda *et al.*, 1991).



Figuur 3.2. Historische verspreiding van de Kievitsbloem in Nederland. Zowel huidige (uit 1958) vindplaatsen als vindplaatsen uit het verleden zijn weergegeven, evenals de verspreiding van de Gulden boterbloem, die grote overeenkomsten vertoont met die van de Kievitsbloem. Bron: Van Leeuwen (1958).

3.2 Dotterbloemhooiland

Dotterbloemhooilanden zijn kruidenrijke graslanden, waarin soorten als waterkruiskruid, kruipende boterbloem en echte koekoeksbloem het aanzicht bepalen (fig. 3.3). beemdlangbloem, rood zwenkgras en reukgras zijn de belangrijkste grassoorten. In het vroege voorjaar bepaalt de naamgevende dotterbloem het aanzicht van de graslanden. Later in het jaar zijn dat de kruipende boterbloem en echte koekoeksbloem en vervolgens de genoemde grassen.

Dotterbloemhooilanden worden aangetroffen op drassige klei-, veen- en klei-op-veengronden. In de winter staan de standplaatsen vaak langere tijd onder water, en ook in het voorjaar komen grondwaterstanden tot aan maaiveld voor. In de zomer zakt de grondwaterstand tot ongeveer 0,20-0,80 m beneden maaiveld. Door de hoge grondwaterstanden is de mineralisatie laag, waardoor de bodem relatief voedselarm is. Dotterbloemhooilanden zijn gevoelig voor verzuring. Met name in veenbodems treedt gemakkelijk verzuring op wanneer onvoldoende basen worden aangevoerd. Een goede ontwikkeling van dit vegetatietype is dan ook sterk afhankelijk van de aanvoer van basenrijk, niet te voedselrijk grondwater. In uitzonderlijke gevallen kan ook inundatie met oppervlaktewater zorgen voor voldoende basenaanvoer.

Naast verzuring vormt ook eutrofiëring een grote bedreiging voor Dotterbloemhooilanden. Eutrofiëring is in het laagveengebied vaak gekoppeld aan verdroging. Doordat zuurstof kan doordringen in de bovenste bodemlaag vindt versnelde mineralisatie plaats, waarbij voedingsstoffen vrijkomen. Bij de Reeuwijkse plassen vormt vooral de (te) lage grondwaterstand op dit moment een belemmering voor een goede ontwikkeling van Dotterbloemhooilanden. Ook de hoge stikstofdepositie in Nederland draagt bij aan de eutrofiëring en, in mindere mate, aan verzuring.

Dotterbloemhooilanden worden in stand gehouden door, zoals de naam al aangeeft, een hooilandbeheer (maaïen en afvoeren). Maaïen gebeurt vanaf eind juli of begin augustus met licht materieel. Soms wordt in de herfst een tweede keer gemaaid, wanneer grote zeggensoorten te dominant dreigen te worden.

3.3 Kleine zeggengemeenschappen

Het aspect van Kleine zeggengemeenschappen wordt, zoals de naam reeds aangeeft, bepaald door laagblijvende zeggensoorten, zoals zwarte zegge en zompzegge. In de ondergroei komen vaak veel mossen voor, waaronder diverse soorten veenmos. Andere opvallende soorten zijn wateraardbei, en bij iets minder zure condities, waterdrieblad. (figuur 3.4). De lage vegetatiestructuur wordt in stand gehouden door maaibeheer. Het maaïen vindt plaats in het midden van de zomer, omdat de standplaatsen de rest van het jaar te nat zijn om te kunnen maaïen. Zonder beheer worden de Kleine zeggengemeenschappen snel overgroeid door (gagel)struweel of bos.

Kleine zeggengemeenschappen worden aangetroffen op licht zure, basenrijke en matig voedselrijke tot voedselarme standplaatsen. De lage zuurgraad ontstaat door een grote invloed van (zwak gebufferd) regenwater en/of een laag kalkgehalte in het grondwater. In west Nederland is het vegetatietype gebonden aan laagveenmoerassen. De bodem is weinig en fosfaat- en stikstofarm. Op veenbodems, zoals bij de Reeuwijkse plassen treedt gemakkelijk verzuring op, wanneer de aanvoer van basen (via grondwater) gering is. Onder die omstandigheden, mits voldoende voedselarm, kunnen Kleine zeggengemeenschappen zich ontwikkelen.

Kleine zeggen komen voor op plaatsen die in de winter vaak langdurig onder water staan. Ook in het voorjaar komen nog hoge grondwaterstanden voor en staan de groeiplaatsen nog vaak onder water. In Reeuwijk vormen de huidige (te lage) grondwaterstanden een belemmering voor een goede ontwikkeling van Kleine zeggengemeenschappen.



Figuur 3.3. Voorjaarsaspect in een Dotterbloemhooiland met scherpe boterbloem, echte koekoeksbloem, zwarte zegge, veldzuring. Gestreepte witbol en glanshaver.



Figuur 3.4. Vroeg voorjaarsaspect in een Kleine zeggenvegetatie met waterdrieblad, holpijp, ronde zegge en snavelzegge.

Kleine zeggengemeenschappen zijn gevoelig voor eutrofiëring. Bij een te hoge voedselrijkdom ontwikkelt de gemeenschap zich richting dotterbloemhooiland en uiteindelijk richting natte ruigte of (soortenarm) rietland. In laagveengebieden, zoals bij Reeuwijk, gaat eutrofiëring vaak gepaard met verdroging (zie ook Dotterbloemhooiland).

3.4 Samenvatting standplaatseisen

In onderstaande tabel zijn de standplaatseisen van de natuurdoeltypen samengevat.

Tabel 3.1. Overzicht standplaatscondities kievitsbloemhooiland, dotterbloemhooiland en kleine zeggenvetaties. Bronnen: Schaminée et al. (1996), Schaminée et al. (1995), Bal et al. (2001), Synbiosys.

Standplaatscondities	Kievitsbloemhooiland	Dotterbloemhooiland	Kleine zeggenvetaties
Grondwaterregime			
GVG	20 tot -20 cm	10 tot -40 cm	10 tot -30 cm
GLG	-40 tot -80 cm	-20 tot -60 cm	-20 tot -40 cm
Verloop	In het voorjaar niet te hoge grondwaterstand. In zomer wegzakkend tot 40 tot 80 cm beneden maaiveld	In zomer wegzakkend tot 20 tot 80 cm beneden maaiveld. Sterke, seizoensgebonden wisseling van waterstand	In zomer wegzakkend tot (minimaal) 40 cm beneden maaiveld.
Oppervlaktewaterregime			
Inundatieperiode	Inundatie met grondwater in winter incidenteel tot regelmatig	Incidenteel in winter (basenaanvoer)	Inundatie afwezig of (zeer) incidenteel
Inundatieduur/-frequentie	2-4 maal per jaar	Winter tot ver in voorjaar	Winter tot aan voorjaar
Waterdiepte	Ondiep	Ondiep	Zeer ondiep
Bodem			
Bodemtype	Zavel- of kleibodems, evt met veenondergrond	Zand, sterk zandige klei, veen en klei-op-veen	Zand of veen
Humusprofiel	Vooraf vaaggronden		Vooraf veldpodzol-, beekerd-, moerpodzol en moerige eerdgronden
Bodemchemie			
pH	Zwak zuur tot neutraal (5,5-7,5)	Matig tot zwak zuur (4,5-6,5) Ca. 6,2-6,8	Matig zuur (4,5-5,5) Ca. 5,5-7,0
Basentoestand	Basenaanvoer via inundatie met oppervlaktewater of grondwater	Basenaanvoer via grond- of evt oppervlaktewater	Zwak gebufferd
Trofie	Zwak eutroof Olsen-P 350-650 µmol/l	Zwak eutroof: Olsen-P < 750 µmol/l	Meso- tot zwak eutroof: Olsen-P < 500 µmol/l
IJzer	Hoog	Matig hoog	Hoog
Beheer			
Instandhouding	Eén tot tweemaal per jaar zomermaaien met nabeweiding; inundatie in winter en voorjaar; toestroom matig voedselrijk tot voedselarm oppervlakte- of grondwater	Jaarlijks gefaseerd maaien vanaf eind juli/begin augustus; hoog waterpeil in voorjaar en winter; toestroom basenrijk, matig voedselrijk tot voedselarm grondwater; inundatie mag	Jaarlijks gefaseerd maaien in midden van de zomer; hoog waterpeil in winter en voorjaar; toestroom basenrijk voedselarm grondwater
Herstel	Verschraling (plaggen, hooilandbeheer), herstel hydrologie	Plaggen, hooilandbeheer, herstel hydrologie	Plaggen, hooilandbeheer, herstel hydrologie

4 SYNTAXONOMISCHE POSITIE EN ONTWIKKELINGSMOGELIJKHEDEN

4.1 Kievitsbloemhooiland

Kievitsbloemhooilanden (*Fritillario-Alopecuretum*) behoren tot de Klasse der matig voedselrijke graslanden (*Molino-Arrhenatheretea*, Schaminée *et al.*, 1996). Deze klasse omvat beweide of gehooide, vochtige graslanden, zoals dotterbloemhooiland, blauwgrasland en kamgrasweiden. Bij vernatting ontwikkelen gemeenschappen van de Klasse der matig voedselrijke graslanden zich richting kleine zeggengemeenschappen of moeras, bij verdroging richting droge graslanden. Wanneer beweiding of hooien wordt gestaakt kunnen (natte) ruigten of zoomgemeenschappen ontstaan.

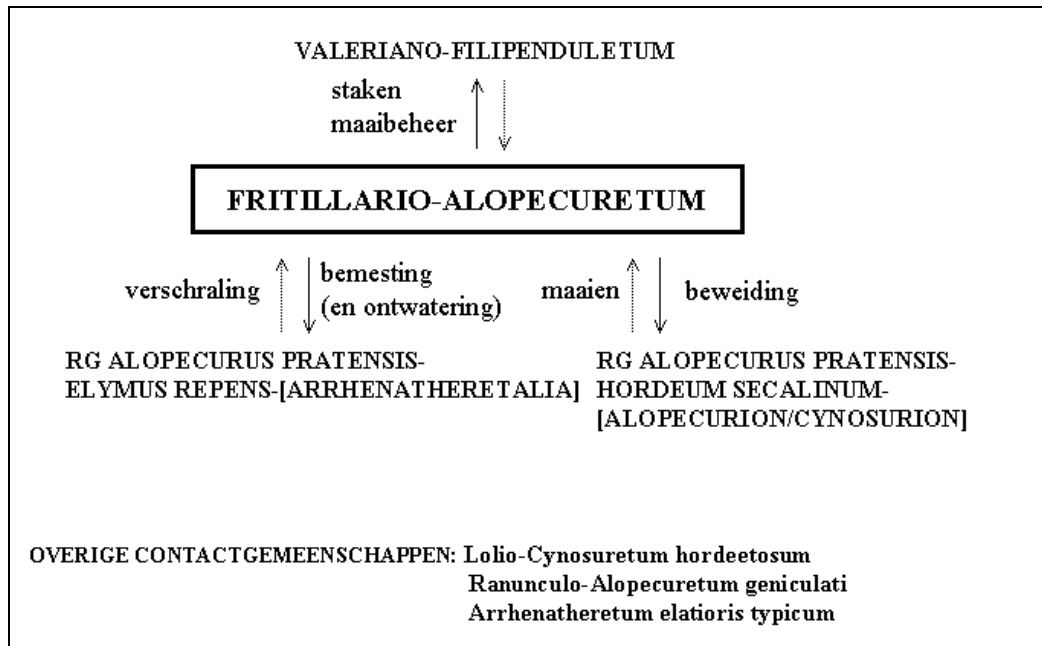
Binnen de Klasse van matig voedselrijke graslanden worden kievitsbloemhooilanden gerekend tot de Glanshaverorde (*Arrhenatheretalia*). Deze omvat gehooide en beweide graslanden op humeuze, vochtige tot vrij droge, redelijk voedselrijke klei- en zavelgronden (Schaminée *et al.*, 1996). Op basis van de soortensamenstelling neemt de orde van grote vossenstaart een tussenpositie in tussen de Pijpestrootje-orde (*Molinietalia*) en de Glanshaver-orde. Enkele typische soorten van de Glanshaver-orde ontbreken, zoals margriet en duizendblad, terwijl enkele typische soorten van de Pijpestrootje-orde wel aanwezig zijn, zoals moeraswalstro en moerasspirea.

Tot de Glanshaver-orde worden drie verbonden gerekend: het Verbond van Grote vossenstaart (*Alopecurion pratensis*), het Glanshaver-verbond (*Arrhenatherion elatioris*) en het Kamgras-verbond (*Cynosurion cristati*). De verbonden worden onderscheiden op basis van tolerantie voor inundatie (hoog tot laag) en beheer (hooibeheer, hooien met nabeweiding of beweiding). De kievitsbloemhooilanden worden gerekend tot het Verbond van Grote vossenstaart. Graslanden binnen dit verbond staan 's winters vaak langdurig onder water, maar drogen in de zomer oppervlakkig uit. Naast de Kievitsbloem-associatie (kievitsbloemhooiland; *Fritillario-Alopecuretum*, 16Ba1; Schaminée *et al.*, 1996), behoort ook de Associatie van Grote pimpernel en Weidekervel tot het Verbond van Grote vossenstaart.

In het plangebied komen een aantal vegetatietypen voor die vegetatiekundig verwant zijn aan kievitsbloemhooiland. Schaminée *et al.* (1996) geven aan dat contactgemeenschappen behoren tot het Kamgras-verbond, het Dotterbloem-verbond en het Glanshaver-verbond. Mogelijk is dit een indicatie voor het vroeger veelkundig voorkomen van de kievitsbloem in het plangebied.

Onder invloed van bemesting, vaak gecombineerd met ontwatering, ontwikkelt het *Fritillario-Alopecuretum* zich richting soortenarme rompgemeenschappen van de Klasse der matig voedselrijk graslanden. Wanneer het maaibeheer wordt gestaakt zal de vegetatie zich ontwikkelen in de richting van bloemrijke, natte ruigte (*Valeriano-Filipenduletum*). Wanneer niet gemaaid wordt, maar beweide ontstaan rompgemeenschappen met grote vossenstaart en veldgerst. In figuur 4.1 is weergegeven hoe deze ontwikkelingen verlopen. Op basis van het schema en de vegetatieopnames uit 2003 is in figuur 4.2 aangegeven waar de potenties liggen voor het ontwikkelen van kievitsbloemhooiland op basis van de syntaxonomische positie van dit vegetatietype ten opzichte van de aanwezige vegetatietypen.

De huidige vegetatie op de kansrijke locaties (blauw in figuur 4.2) bestaat uit rompgemeenschappen die behoren tot de Glanshaver-orde (vergelijk figuur 2.8). Herstel van de hydrologie (winterinundatie) moet weer de juiste condities creëren (zie voorts hoofdstuk 5 en 6).



Figuur 4.1. Successieschema kievitsbloemhooiland (www.synbiosys.nl).



Figuur 4.2. Percelen (blauw) met potentie voor de ontwikkeling van kievitsbloemhooiland in Polder Stein en Polder Lang Roggebroek op basis van de syntaxonomische positie van de vegetatieopnames uit 2003 (naar Schaminée *et al.* (1996) en figuur 4.1).

4.2 Dotterbloemhooiland

Net als de kievitsbloemhooilanden (*Fritillario-Alopecuretum*) behoren de dotterbloemhooilanden tot de Klasse der matig voedselrijke graslanden (*Molino-Arrhenatheretea*), waartoe ook blauwgrasland en kamgrasweiden behoren. Bij vernatting ontwikkelen gemeenschappen van de Klasse der matig voedselrijke graslanden zich richting kleine zeggengemeenschappen of moeras, bij verdroging richting droge graslanden (Schaminée *et al.*, 1996). Wanneer beweiding of hooien wordt gestaakt kunnen (natte) ruigten of zoomgemeenschappen ontstaan.

Binnen de Klasse van matig voedselrijke graslanden worden dotterbloemhooilanden gerekend tot de Pijpestrootje-orde (*Molinietalia*). Deze omvat natte, matig productieve tot schrale hooilanden op niet of licht bemeste gronden met een grondwaterstand die zich een groot deel van het jaar in of zelfs boven de wortelzone bevindt (Schaminée *et al.*, 1996). De graslanden van de Pijpestrootje-orde onderscheiden zich van die van de Glanshaver-orde door de aanwezigheid van freatofyten, zoals riet, moeraswalstro, zwarte zegge, moerasspirea en kattestaart.

Tot de Pijpestrootje- orde worden twee verbonden gerekend: het Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje (*Junco-Molinion*), en het Dotterbloem-verbond (*Calthion palustris*). De verbonden worden onderscheiden op basis van voedselrijkdom, zuurgraad en grondwaterstanden.

De dotterbloemhooilanden worden gerekend tot het Dotterbloem-verbond. Graslanden binnen dit verbond zijn drassig, één tot tweemaal per jaar gemaaid en overstroomd periodiek in de winter. Ze worden aangetroffen op mineraalrijke, stikstofhoudende klei- en veenbodems. Binnen het verbond komen zes verschillende associaties voor. Vier van deze associaties worden gerekend tot dotterbloemhooiland¹: de Veldrus-associatie (*Crepido-Juncetum acutiflori*), de Associatie van Harlekijn en Ratelaar (*Rhinantho-Orchietum morionis*), de Associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi (*Lychnido-Hypericetum tetrapteris*); en de Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid (*Ranunculo-Senecionetum*). In de praktijk komt het type met boterbloemen en waterkruiskruid het meest voor (Bal *et al.*, 2001). De eerste twee genoemde associaties zijn niet realistisch voor het plangebied: deze vereisen een meer voedselarme en wat zuurdere respectievelijk een voedselarmere en met kwelwater gevoede standplaats.

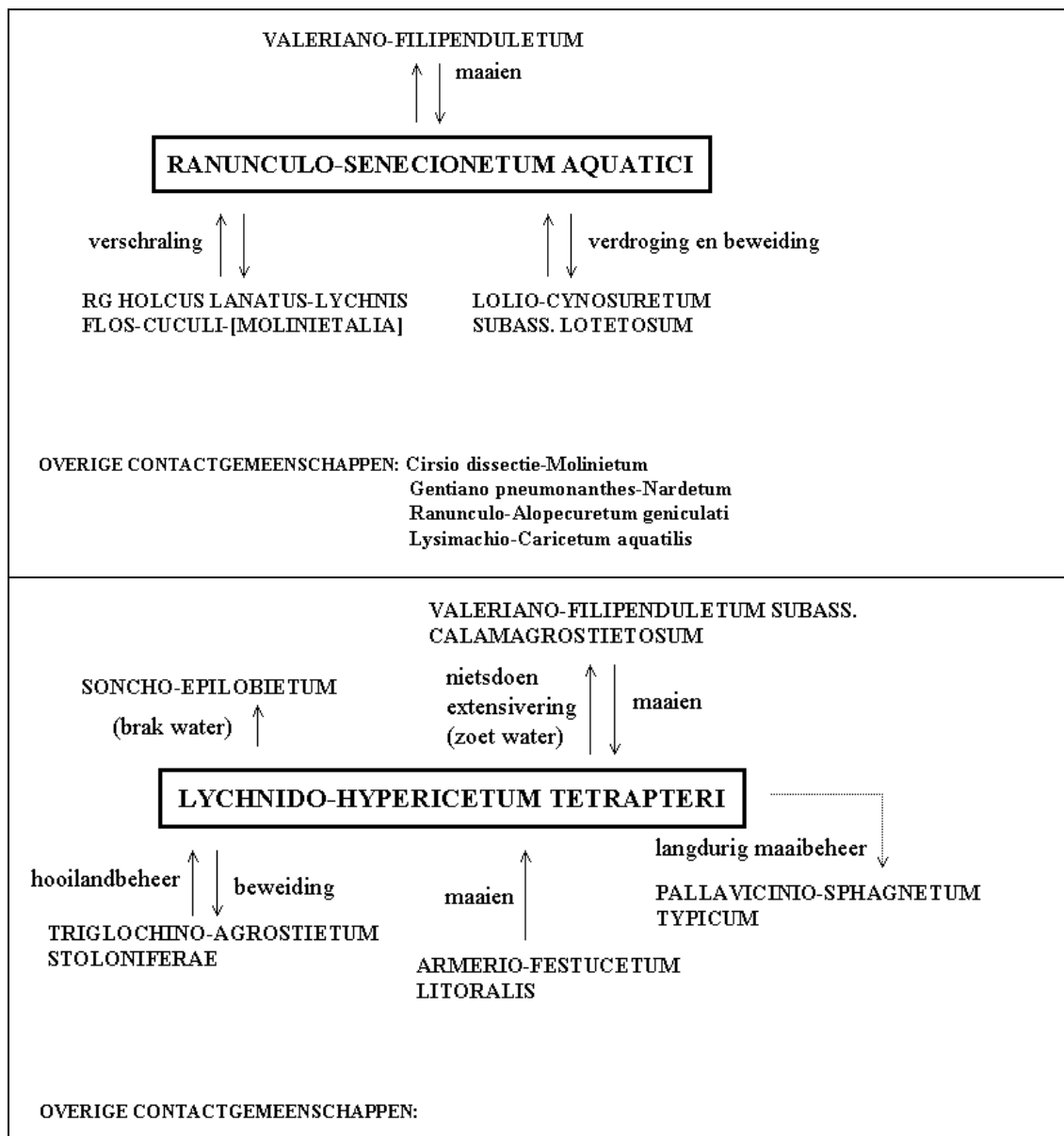
De Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid omvat drassige hooilanden of hooiweiden op basenrijke, humeuze bodem. Ze worden gekarakteriseerd door een sterke, seizoensgebonden wisseling van de waterstand. 's Winters staan de standplaatsen gewoonlijk langere tijd onder water (Schaminée *et al.*, 1996).

¹ NB: het betreft hier dotterbloemhooiland van veen en klei. In beekdalen kunnen ook andere vormen voorkomen.

Bij de afwezigheid van beheer ontwikkelen de verschillende subassociaties van het dotterhooiland tot ruigtegemeenschappen van het *Valeriano-Filipenduletum* of tot wilgenstruweel. Omgekeerd kan dotterbloemhooiland zich ontwikkelen vanuit deze ruigtevegetaties door maaibeheer.

Dotterbloemhooiland kan zich ook ontwikkelen via verschraling van rompgemeenschappen met gestreepte witbol en echte koekoeksbloem. Verdroging en beweiding (en bemesting) leiden tot (meestal iets voedselrijkere) vegetaties van het Kamgras-verbond.

In de successieschema's in figuur 4.3 is te zien dat de Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid een wat andere successiereeks volgt dan Associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi. Bij een langdurig maaibeheer kan dit vegetatietype zich verder ontwikkelen naar veenmosrietland.



Figuur 4.3. Successieschema Dotterbloemhooiland: Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid (boven) en Associatie van echte koekoeksbloem en gevleugeld hertshooi (onder) (www.synbiosys.nl).

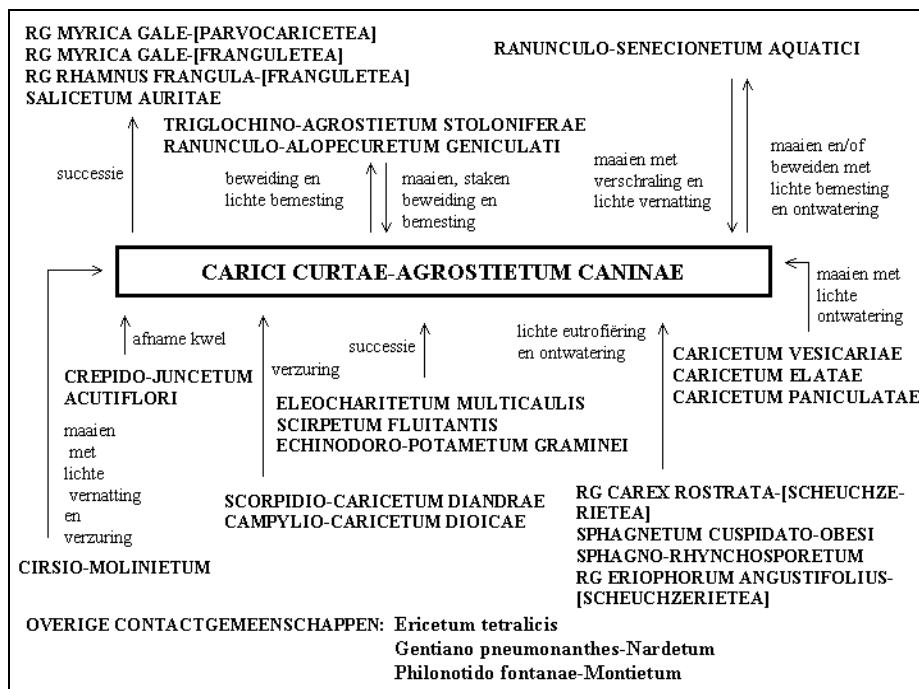
4.3 Kleine zeggengemeenschappen

Gemeenschappen met kleine zeggen behoren tot een heel andere groep van graslanden dan de kievitsbloem- en dotterbloemhooilanden. Ze behoren tot de Klasse der kleine zeggen (*Parvocaricetea*). Deze klasse omvat gemeenschappen op voedselarme tot matig voedselrijke, relatief zure en in laagveengebieden natte begroeiingen die gedomineerd worden door laagblijvende cypergrassen. Vaak komt een (rijke) mosbegroeiing voor.

De klasse der kleine zeggen wordt opgesplitst in twee ordes: de Orde van Zwarte zegge (*Caricetalia nigrae*), waartoe de kleine zeggengemeenschappen in Reeuwijk behoren, en de Knopbies-orde.

Tot de Orde van Zwarte zeggen behoort slechts één verbond: het Verbond van Zwarte zegge (*Caricion nigrae*). Dit verbond omvat gemeenschappen van natuurlijke tot halfnatuurlijke laagvenen en van natte standplaatsen op minerale bodem met een humeuze tot venige bovengrond (Schaminée *et al.*, 1995). De standplaatsen zijn voedselarm tot matig voedselrijk en staan onder invloed van kalkarm, meestal zoet grondwater. Binnen het verbond komen drie associaties voor: de Associatie van Drienvervige zegge en Zwarte zegge (*Caricetum trinervi-nigrae*), Veenmosrietland (*Pallavicinio-Sphagnetum*) en de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (*Carici curtae-Agrostietum caninae*). De eerste associatie komt uitsluitend voor in duingebieden en is dus niet relevant voor Reeuwijk. De tweede associatie, veenmosrietland, wordt uitsluitend aangetroffen in laagveengebieden, echter niet in het onderzochte gebied bij Reeuwijk.

De vegetatie wordt jaarlijks gemaaid en soms voor- of nabeweïd. Wanneer het maaibeheer wordt gestopt ontwikkelt de vegetatie zich richting zompzegge-berkenbroekbos of, in een jong stadium, richting natte strooiselruigte (figuur 4.4).



Figuur 4.4. Successieschema van de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (www.synbiosys.nl).

Bij een voortgezet maaibeheer kan de vegetatie zich ontwikkelen richting moerasheide (Schaminée *et al.*, 1995). Onder invloed van verrijking (door het opbrengen van bagger), al dan niet gecombineerd met incidentele begrazing, ontstaan gemeenschappen behorend tot blauwgrasland of dotterbloemhooiland.

De Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge wordt gekenmerkt door een begroeiing met lage zeggen en grassen. In laagveengebieden komt de associatie vooral voor op trilvenen. De standplaatsen staan door ontwatering onder invloed van regenwater en zijn daardoor meestal vrij zuur (Schaminée *et al.*, 1995).

Deze associatie kan zich ontwikkelen vanuit gemeenschappen van het Dotterbloemverbond (en blauwgrasland) door maaien gecombineerd met lichte vernatting en vershraling of verzuring (figuur 4.4).

5 SYSTEEMANALYSE

In de systeemanalyse wordt ingegaan op alle aspecten die relevant worden geacht voor het instandhouden of herstellen van kievitsbloemhooiland. Allereerst worden de bodemopbouw en de bodemchemie besproken. Vervolgens wordt ingegaan op de hydrologie van het gebied. Hierbij wordt vooral aandacht geschonken aan de grondwaterstanden en oppervlaktewaterpeil, omdat kievitsbloemhooiland specifieke eisen stelt aan grondwaterstanden gedurende het jaar en inundatie met oppervlaktewater een belangrijke factor lijkt te zijn bij het instandhouden van het vegetatietype.

5.1 Bodemprofielen

De bodemopbouw kan een belangrijke rol spelen bij het voorkomen van kievitsbloemen. Uit literatuur blijkt dat kievitsbloemen vaak worden aangetroffen op bodems met een complexe opbouw. Daarnaast vormt de opbouw van de bodem, en met name het humusprofiel en de daarvan afgeleide humusvorm, een belangrijke bron van informatie over processen die in de bodem plaatsvinden, zoals verdroging, verzuring, inundatie e.d.

5.1.1 Bodemopbouw

Op 17 juni 2009 zijn op drie locaties waar nog kievitsbloemen voorkomen en op één perceel die als potentiële locatie kan worden aangemerkt bodemonsters genomen. Er is gekozen om één referentielocatie te bemonsteren (Polder Bloemendaal) waar de kievitsbloemen nog algemeen, en als redelijk stabiele populatie voorkomen en beide locaties waar de kievitsbloemen nog marginaal voorkomen (Polder Stein en Polder Lang Roggebroek). Daarnaast is één locatie van de percelen in Polder Stein bemonsterd waar op basis van de syntaxonomische positie van de huidige vegetatie potenties zouden kunnen zijn voor herstel c.q. ontwikkeling van Kievitsbloemhooiland (zie hoofdstuk 4). Op deze manier is als het ware een gradiënt bemonsterd van zeer geschikt naar (nu) minder geschikt tot potentie tot ontwikkeling.

Omdat op basis van de huidige vegetatie vooral de randzones van de percelen geschikt lijken voor herstel van kievitsbloemen (ook nu komen de kievitsbloemen vooral langs de randen voor), heeft het onderzoek zich geconcentreerd in de randzone van de bemonsterde percelen. Op alle locaties zijn vijf replica's genomen. In figuur 5.1 zijn de monsterpunten weergegeven.

De bodemonsters zijn genomen tot 60 cm diep, waarbij het bodemprofiel is beschreven per 10 cm volgens de methode van Van Delft (2004). Op basis van de verdeling van de humusprofielen is de humusvorm afgeleid (figuur 5.2).

De bovenste 60 cm van de bodem in het studiegebied bestaat vrijwel overal geheel uit veen. Alleen in Polder Stein (S6 t/m 10) komt af en toe klei voor. Het type veen verschilt wel sterk tussen de verschillende gebieden. In monster S1 t/m S5 is alleen de bovenste 3-20 cm veraard (Oh-horizonten). Daaronder bevindt zich min of meer intact veen, met duidelijk herkenbare plantenresten (Om-horizonten, Of-horizonten). Dit wijst er op dat alleen de bovenste laag verdroogt in de zomer. De grondwaterstand lijkt hier het hele jaar door vrij hoog te zijn.



Figuur 5.1. Monsterlocaties bodemonsters. B1 t/m 5=polder Bloemendaal (referentie); L1 t/m 5=polder Lang Roggebroek; S1 t/m 5=locatie Stein 1 (kievitsbloemen); S6 t/m 10=locatie Stein 2 (potentie). Inzet: detail monsterlocaties polder Stein en Lang Roggebroek.

In de monsters S6 t/m S10 (locatie Stein 2) komt af en toe klei voor. Omdat hierin ook puin is aangetroffen is het aannemelijk dat de klei is opgebracht. De veraarde toplaag is hier dikker dan in de andere monsters in Polder Stein, zo'n 20-40 cm dik. Dit wijst er op dat het grondwater hier in de zomer wat verder wegzakt, waardoor zuurstof verder in de bodem kan doordringen. Ook komen er af en toe dunne wortelmatten voor. Dit indiceert stagnerend water, waardoor organische stof minder goed wordt afgebroken. Mogelijk staat hier in het voor- of najaar nog vrij lang (regen)water op het perceel.

In Polder Lang Roggebroek is de veraarde laag nog iets dikker (tot ruim 60 cm) dan in de tweede serie monsters in Polder Stein. Ook is de toplaag nog wat verder veraard (OAh-horizonten). Vermoedelijk zakt het grondwater hier nog verder weg dan in polder Stein. Wel komt in vrijwel alle monsters onder de veraarde toplaag nog min of meer intact veen voor.

In Polder Bloemendaal is de structuur van de bodem heel anders dan in de andere polders. Het veraarde veen dat de toplaag vormt is veel donkerder van kleur dan in de andere polders en heeft een vrij grove textuur, omdat takjes vermengd zijn met het veen. In vrijwel alle monsters in Polder Bloemendaal komt een wortelmat voor, wat wijst op een slechte afbraak van organische stof. De elzensingel waar de kievitsbloemen voorkomen is vermoedelijk een vrij groot deel van het jaar geïnundeerd, waardoor de afbraak van organische stof wordt geremd.

nummer	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	L1	L2	L3	L4	L5
0-10															
10-20															
20-30															
30-40															
40-50															
50-60															
code humus	RMe	RMf	RMe	RMf	DEf	DEf	DEf	DEf	DEf	DEf	DEf	DEf	DEf	RMe	DEf

nummer	B1	B2	B3	B4	B5
0-10					
10-20					
20-30					
30-40					
40-50					
50-60					
code humus	DEm	DEf	DEf	DEf	DEf

Humusvormen

RMe	Eerdmesimor
RMf	Beekmesimor
DEf	Beekeerdmoder

Legenda

Horizonten

OMh	Horizont met wortelmat met daartussen weinig materiaal
OA h	Sterk veraarde veenhorizont met minder dan 30% organische stof
Oh	Veraarde veenhorizont
Om	Veenhorizont met duidelijk herkenbare plantenresten
Of	Min of meer intacte veenhorizont

toevoegingen

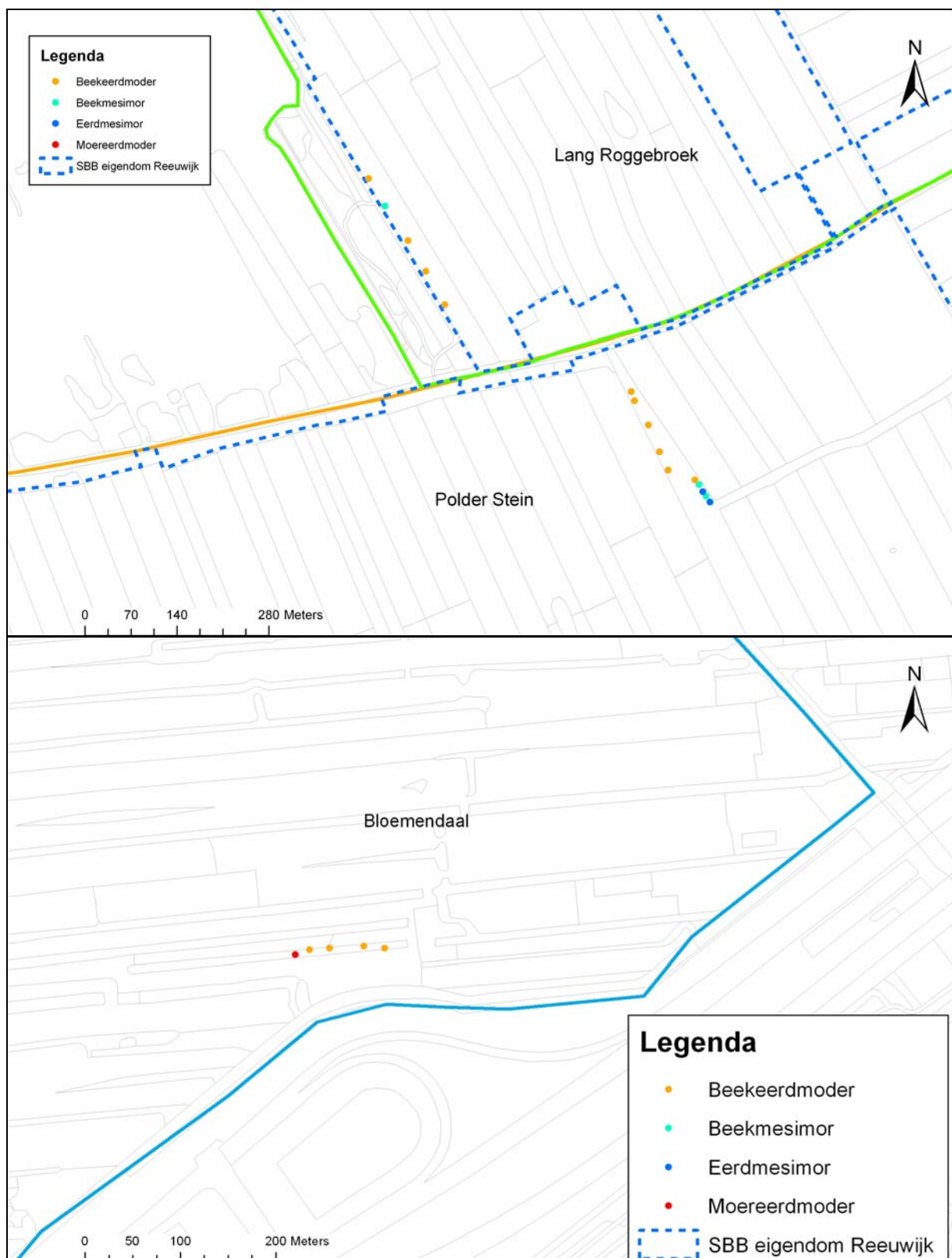
	bijmenging klei
--	-----------------

Figuur 5.2. Bodemopbouw van de genomen bodemonsters volgens de methode Van Delft (2004).
S=polder Stein (s1 t/m s5 = locatie Stein 1; S6 t/m S10 = locatie Stein 2); L=polder Lang Roggebroek (L1 t/m L5); B=polder Bloemendaal (B1 t/m B5).

5.1.2 Humusvormen

Er is een duidelijk verschil in humusvorm tussen de drie bemonsterde gebieden. In Polder Stein waar nog kievitsbloemen voorkomen (monster S1 t/m S5; verder genoemd locatie Stein 1) is mesimor de dominante humusvorm (figuur 5.3). Zowel beek- als eerdmesimors zijn aangetroffen.

Eerdmesimors is door veraarding boven in het profiel een Oh-horizont gevormd. Dit type humusvorm wordt vaak aangetroffen binnen kwelgebieden, waarbij inundaties voorkomen die vier tot zes maanden kunnen duren (Van Delft, 2001). Vermoedelijk is dit in Reeuwijk in ieder geval in de oeverzone het geval. Bij beekmesimors heeft veraarding in mindere mate plaats gevonden. De veraarde laag is bij dit type minder dan 10 cm dik. Vaak is er sprake van fluviatiele afzettingen, waardoor het organische stofgehalte lager is dan 70%. Mesimors worden aangetroffen in veengebieden, zoals bij Reeuwijk. Deze humusvorm wordt gedomineerd door relatief intact veen, waarin duidelijk herkenbare plantenresten aanwezig zijn (Om-horizonten). De verschillende mesimors worden onderscheiden op basis van de mate van veraarding, het organische stofgehalte en veendikte.



Figuur 5.3. Voorkomen van humusvormen in Polder Stein, Polder Lang Roggebroek (boven) en Polder Bloemendaal (onder).

In de andere deelgebieden (S6 t/m S10; verder genoemd locatie Stein 2, Polder Lang Roggebroek en Polder Bloemendaal) is de beekeerdmoder de dominante humusvorm. Eerdmoders, waartoe beekeerdmoders behoren, komen voor in veengebieden, maar ook op moerige gronden. Meestal is er sprake van een (gedraineerd) kwelgebied of een geïsoleerd gebied met stagnerend regenwater. In beekeerdmoders is de dominante horizont een Oh-horizont, die is ontstaan door veraarding onder basenrijke, aërobe omstandigheden. Vaak is er een horizont met een wortelmat (OMh-horizont) aanwezig, wat wijst op inundatie gedurende één tot zes maanden (Van Delft, 2001). In Polder Lang Roggebroek en het deel van Polder Stein zonder kievitsbloemen komt af en toe een wortelmat voor. In Polder Bloemendaal komen horizonten met een wortelmat vrijwel overal voor. Dit lijkt er op te wijzen dat in Bloemendaal langduriger inundatie plaatsvindt dan in Polder Lang Roggebroek en Polder Stein.

Voor de ontwikkeling van nat schraalgrasland ook in Polder Stein (m.u.v. locatie Stein 1) en Polder Lang Roggebroek zal de bodem geplagd dienen te worden. Ingeschat wordt dat dit een 20 cm zal dienen te bedragen. Gelet op de gelijkenis tussen de locatie Polder Lang Roggebroek en de andere percelen in deze polder kan gesteld worden, dat deze 20 cm als uitgangspunt kan worden gehanteerd. Dit geldt eveneens voor de percelen in Polder Lang Roggebroek die een grotere overeenkomst vertonen met locatie Stein 2 dan met locatie Stein 1.

5.2 Bodemchemie

Ook de bodemchemie is belangrijk voor een goede ontwikkeling van kievitsbloem-hooilanden. Het vegetatietype stelt specifieke eisen ten aanzien van nutriënten-beschikbaarheid, ijzer en buffercapaciteit van de bodem. Deze chemische parameters worden in deze paragraaf beschreven voor de verschillende monsterlocaties.

5.2.1 Bodemkarakteristieken

Op dezelfde locaties als waar de bodemprofielen zijn gestoken, zijn eveneens op 17 juni 2009 bodemonsters genomen voor chemische analyses. Hierbij zijn per monsterlocatie steeds twee diepten bemonsterd: 0-15 cm –mv en 15-30 cm –mv. Aan de monsters zijn de volgende analyses uitgevoerd:

- Olsen-extractie (bepaling hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat (Olsen, 1954)).
- Destructie (totale element analyse).
- Zout-extractie (bepaling pH, mate van buffering en stikstofbelasting).

In bijlage 1 zijn de analysemethoden kort beschreven. De analysegegevens zelf zijn opgenomen in bijlage 2.

Figuur 5.4 toont dat de totaal-magnesium (totaal-Mg) en totaal-kalium (totaal-K) concentratie van de bodems gecorreleerd zijn met de totaal-aluminium (totaal-Al)concentratie. Klei bevat aluminium, kalium en magnesium in een vaste verhouding afhankelijk van de samenstelling van de kleimineralen. Het aandeel totaal-Al, totaal-K en totaal-Mg wordt in de onderzochte bodems dan ook zeer waarschijnlijk in belangrijke mate bepaald door het kleigehalte van de bodems. De meest organische bodems uit polder Bloemendaal zijn het armst aan aluminium, magnesium en kalium en deze bodems vertonen de slechtste lineaire correlatie tussen totaal-Al en totaal-K.

De totale concentratie van een ion zegt niets over de beschikbaarheid van dit element voor de planten. Voor kationen is met name de aan het adsorptiecomplex gebonden fractie potentieel beschikbaar voor planten. Met een zoutextract kan deze fractie worden bepaald. Voor de bodems van Polder Stein en Polder Lang Roggebroek geldt dat de zoutextraheerbare kaliumconcentratie zeer laag is en dat er geen verband bestaat met de totaal-K concentratie. Dit laat zien dat het meeste kalium in deze bodems onderdeel uitmaakt van de kleimatrix, en hiermee zeer immobiel en dus relatief slecht beschikbaar voor planten is. Voor de bodems uit Polder Bloemendaal is de zoutextraheerbare kaliumconcentratie hoog, ondanks het feit dat de totaal-K concentratie relatief laag is. Een belangrijk deel van kalium is in deze bodems aanwezig als wateroplosbare fractie of als aan het bodemadsorptiecomplex gebonden fractie. Ook voor magnesium geldt dat ondanks de lage totaal-Mg concentraties, de zoutextraheerbare magnesiumconcentratie hoog is voor de bodems uit Polder Bloemendaal. De zoutextraheerbare magnesium- en kaliumconcentratie vertonen beiden een duidelijke lineaire relatie met de totaalconcentraties voor deze elementen.

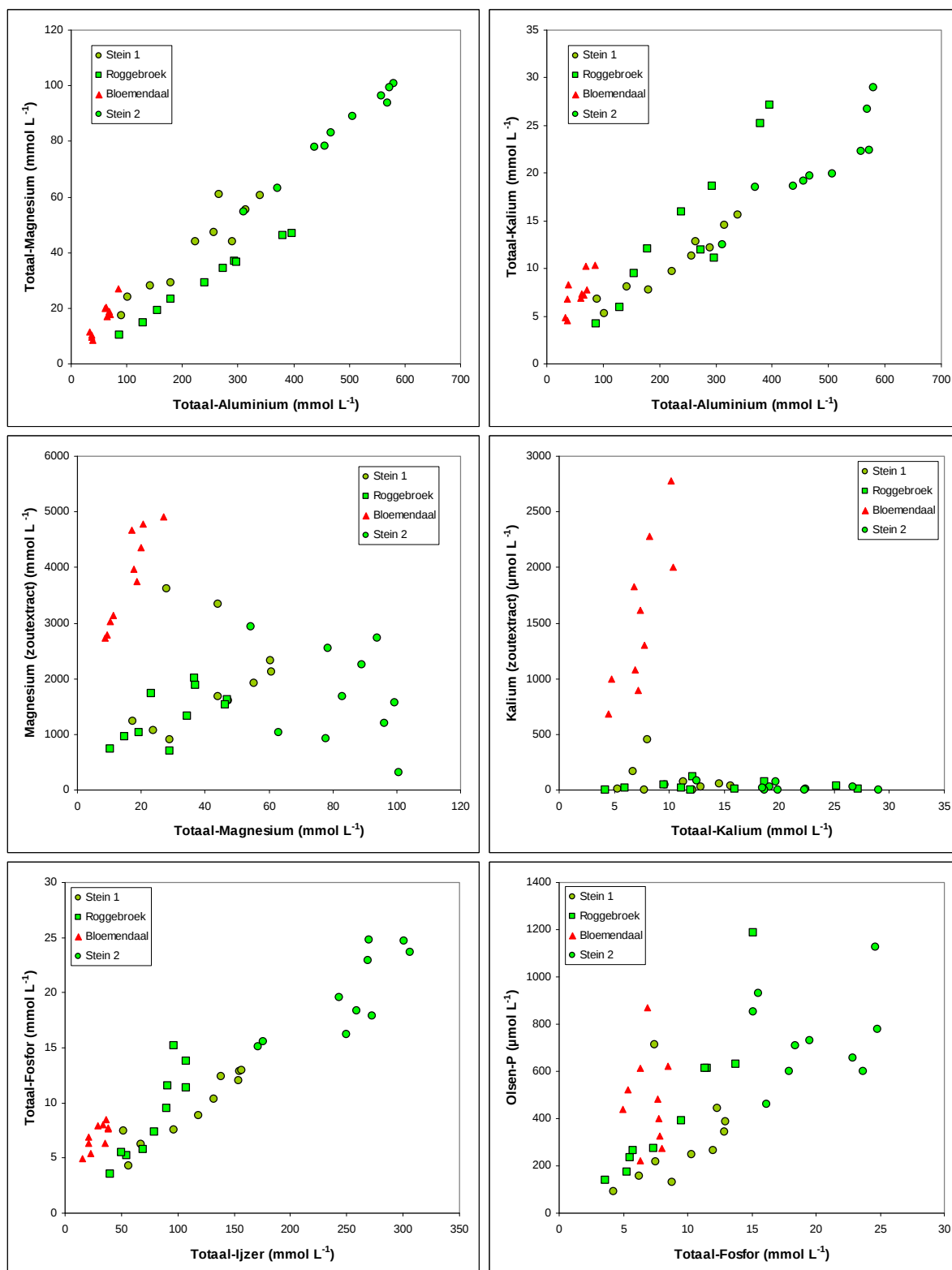
Verder blijkt dat de totaal-fosfor (totaal-P) concentratie van de bodems correleert met de totaal-ijzer (totaal-Fe) concentratie. De meest ijzerrijke bodems vertonen tevens ook de hoogste fosforconcentraties. De bodems van Stein 2 zijn duidelijk het rijkst aan ijzer en fosfor gevolgd door de bodems van Stein 1 en Lang Roggebroek. Polder Bloemendaal worden gekenmerkt door de laagste totaal-Fe en totaal-P concentraties.

De Olsen-P concentratie van de bodem vertoont een correlatie met de totaal-P concentratie. Een uitzondering vormen de bodems van Polder Bloemendaal waar er geen duidelijke relatie is met de totaal-P concentratie en er in relatie tot de totaal-P concentratie een hoge Olsen-P concentratie wordt gemeten (hoge Olsen-P/totaal-P ratio). Dit indiceert een hoge relatieve beschikbaarheid van fosfaat. Olsen-P is voor alle bodems relatief laag en ligt in het bereik van waarden die normaliter gemeten worden in bodems van nat schraalgraslanden. De uitgangssituatie voor ontwikkeling van nat schraalgrasland is, voor wat betreft dit aspect, derhalve gunstig.

5.2.2 Resultaten vernattingsexperiment

Omdat de verwachting is dat een goede standplaats van kievitsbloemen samenhangt met bodemaspecten die samenhangen met de situatie in de natte (winter- en vroeg voorjaarperiode), was het idee om poriewater in zowel de natte als de droge periode te bemonsteren in het veld. Ten tijde van de eerste monsterronde was de natte periode echter al lang verstreken en was het in het veld al zo droog dat het verzamelen van poriewater lastig zou worden.

Daarom is besloten om het analyseren van de verschillen tussen de locaties tussen de natte en droge periode als mogelijke verklaring voor het al dan niet voorkomen van kievitsbloemen meer experimenteel te benaderen. Hiertoe werd op alle monsterlocaties extra bodem op de diepten 0-15 cm en 15-30 cm verzameld. Deze bodems (ongeveer 120 ml bodem) werden gedurende enkele dagen geïnundeerd bij kamertemperatuur met 100 ml artificieel regenwater. Vervolgens werd met behulp van rhizons bodemvocht verzameld. Deze monsters werden representatief geacht voor de droge periode. Vervolgens werden de monsters gedurende drie maanden weggezet bij 8 °C om een natte, koude periode na te bootsen. Op een tweetal momenten werd poriewater verzameld om het verloop in concentraties in het porievocht op de verschillende locaties te kunnen volgen.



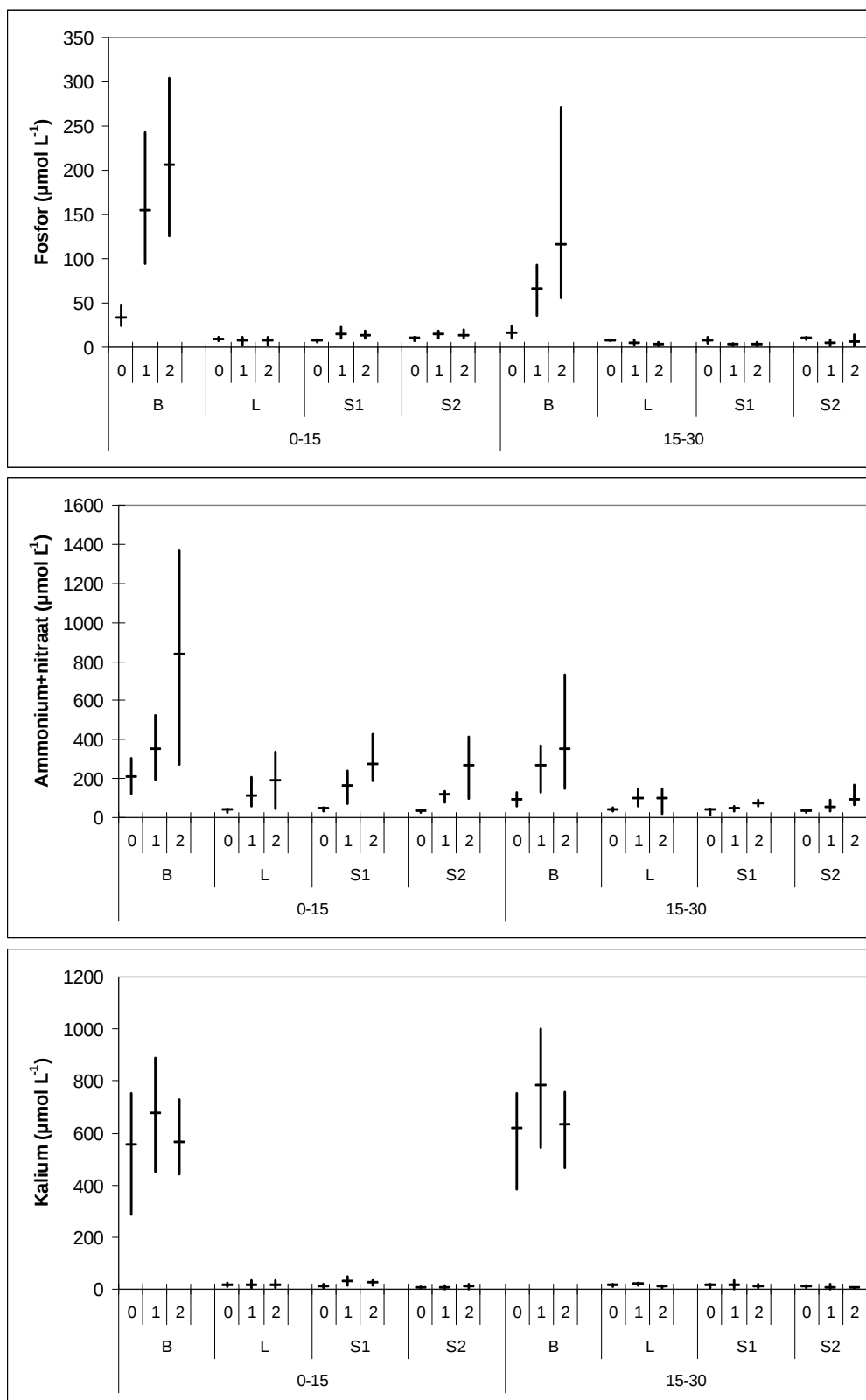
Figuur 5.4. Diverse bodemkarakteristieken voor de vier onderzoekslocaties.

De resultaten van het vernattingsexperiment laten grote verschillen zien tussen de verschillende bodems (figuur 5.5). Voor de bodems van Bloemendaal, het referentiegebied, zien we dat zowel de fosfor-, de stikstof- als de kaliumconcentraties in het porievocht van de bodems veel hoger zijn dan voor de overige locaties. Het meest in het oogspringend is hierbij de kaliumconcentratie. Voor de bodems uit Polder Bloemendaal zijn deze veel hoger dan voor de overige gebieden. De fosforconcentratie in het porievocht neemt hierbij gedurende het experiment sterk toe naar zeer hoge waarden van gemiddeld meer dan $200 \mu\text{mol L}^{-1}$ in de ondiepe bodems. Voor de overige locaties is de toename van de fosforconcentratie in de loop van het experiment relatief gering of is er zelfs sprake van een afname. De stikstofconcentratie in het poriewater (voor het overgrote deel ammonium), neemt voor alle bodem toe gedurende experiment. De toename is het sterkst in de ondiepe bodems en voor de bodems van de locatie Polder Bloemendaal.

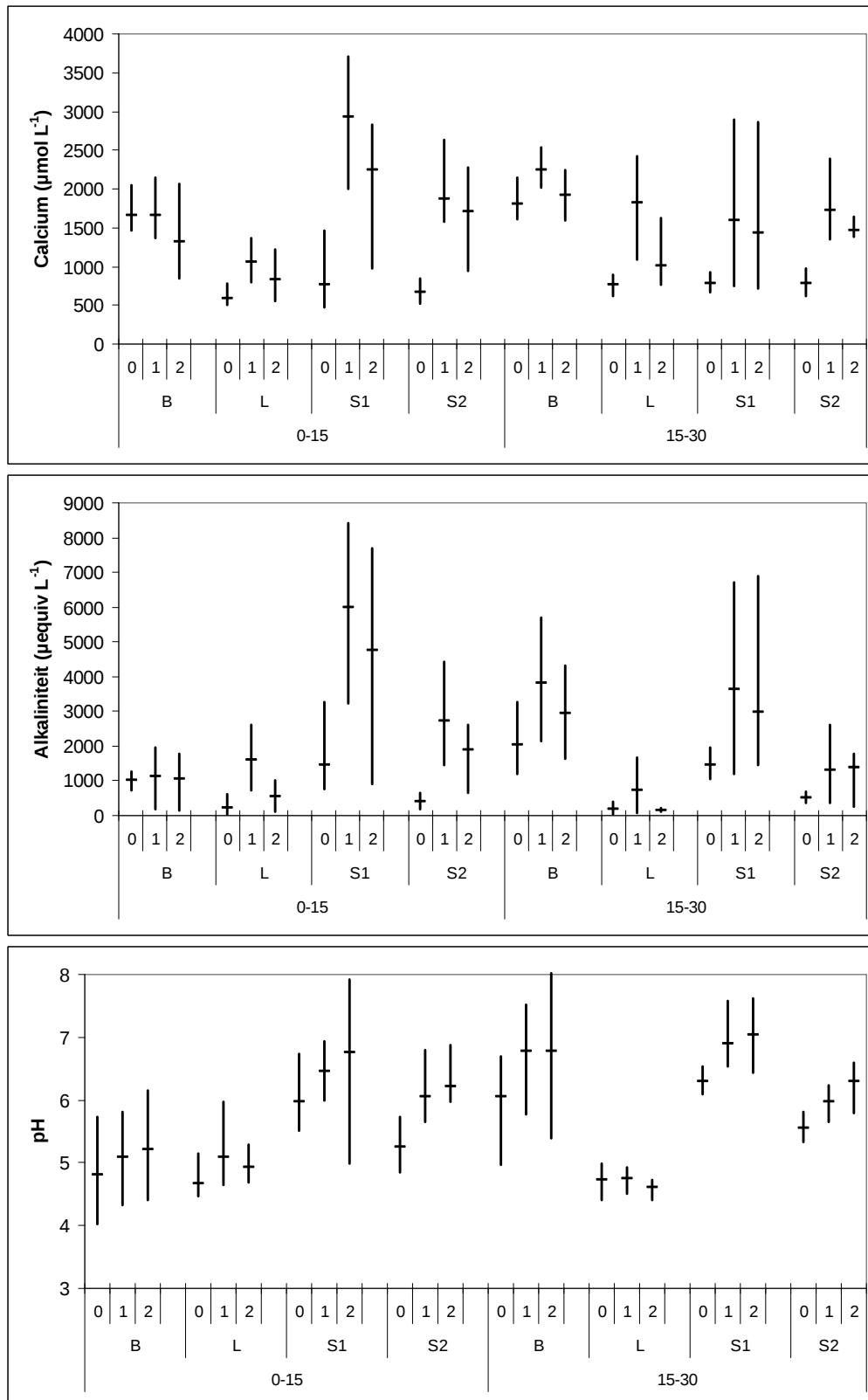
In figuur 5.6 worden een aantal parameters voor het porievocht gepresenteerd die gerelateerd zijn aan de zuurbuffering. Het gaat hierbij om de calciumconcentratie, de alkaliniteit en de pH. We zien dat het poriewater van de bodems van Polder Lang Roggebroek (zowel de ondiepe als diepe bodems) na inundatie relatief zwak gebufferd van karakter zijn en de bodems van locatie Stein 1 het sterkst gebufferd zijn.

Uit figuur 5.7 blijkt dat de ijzerconcentratie in het porievocht voor alle locaties toeneemt na inundatie. De toename is hierbij het sterkst voor de ondiepe bodems. Deze geoxideerde toplaag is vermoedelijk ook het rijkst aan geoxideerd tweewaardig ijzer (Fe(III)) dat na vernatting wordt gereduceerd tot het beter oplosbare tweewaardige ijzer (Fe(II)). De toename van de ijzerconcentratie is het laagste voor de bodems uit Polder Bloemendaal. Dit heeft onder andere te maken met het feit dat deze bodems relatief het armst zijn aan ijzer. De sulfaatconcentratie in het porievocht van de bodems zijn onmiddellijk na inzetten het hoogste voor de bodems uit Polder Bloemendaal. De concentratie neemt hier vervolgens af gedurende het experiment. Dit kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan de reductie van sulfaat. Voor de overige bodems geldt dat de sulfaatconcentratie in het poriewater gedurende experiment gelijk blijft of toeneemt (door desorptie van sulfaat). Dit kan er op duiden dat de sulfaatreductiesnelheid hier lager is, mogelijk vanwege het feit dat ijzerreductie energetisch gunstiger is en domineert zolang er nog te reduceren ijzer(hydr)oxiden beschikbaar zijn.

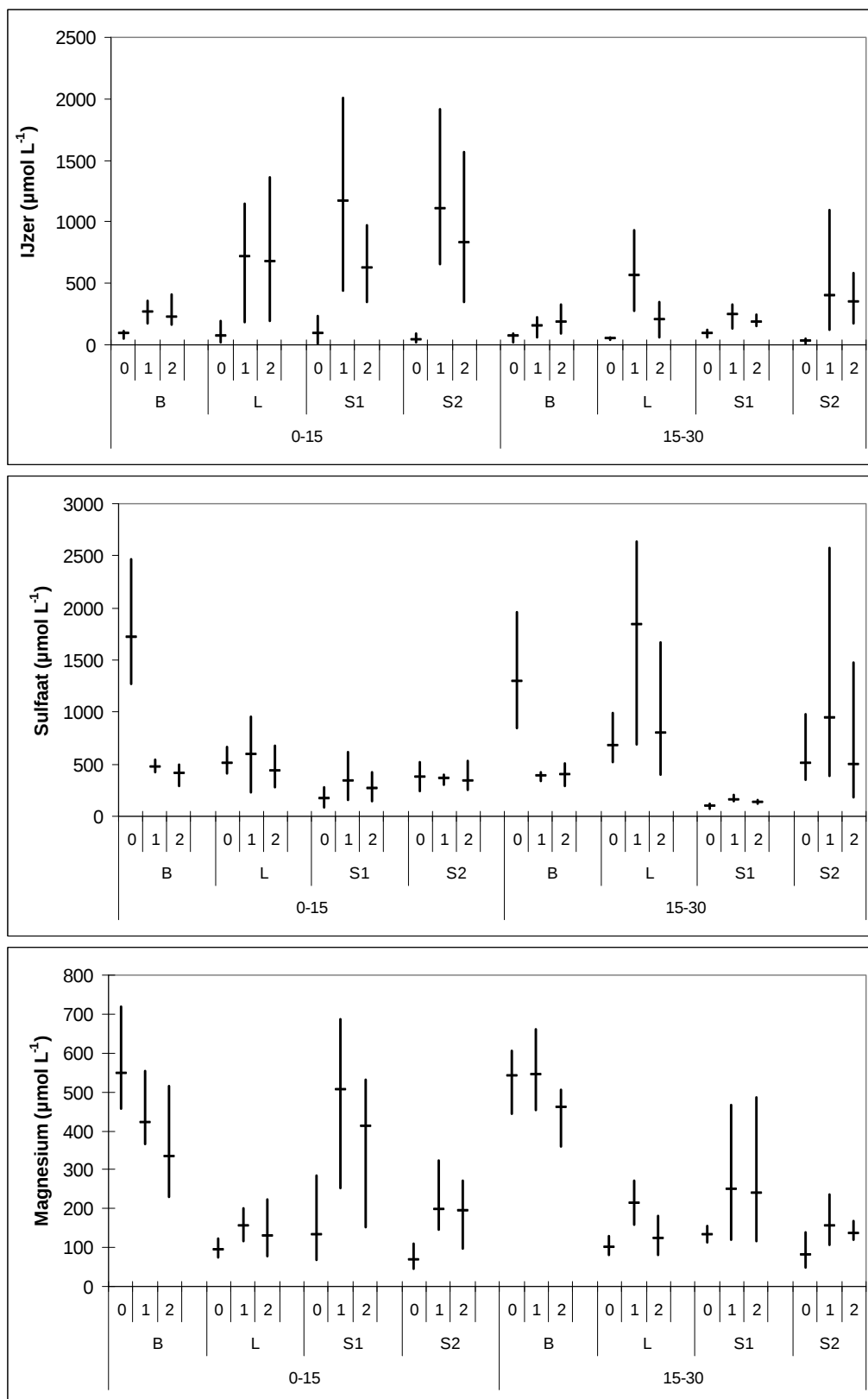
In figuur 5.8 is de fosforconcentratie in het porievocht op tijdstip $t=0$ en de toename van de fosforconcentratie tussen tijdstip $t=0$ en tijdstip $t=2$ uitgezet tegen de totaal-Fe/totaal-P ratio van de bodem. Hieruit blijkt dat in de bodems uit Polder Bloemendaal, die gekenmerkt worden door een relatief lage totaal-Fe/totaal-P ratio, de fosfaat concentraties in het bodemvocht sterk toenemen gedurende de inundatieperiode. De verhouding tussen ijzer en fosfaat bepaalt hier dus de mate waarin fosfaat vrijkomt bij inundatie en niet de totaal-fosfor concentratie van de bodem.



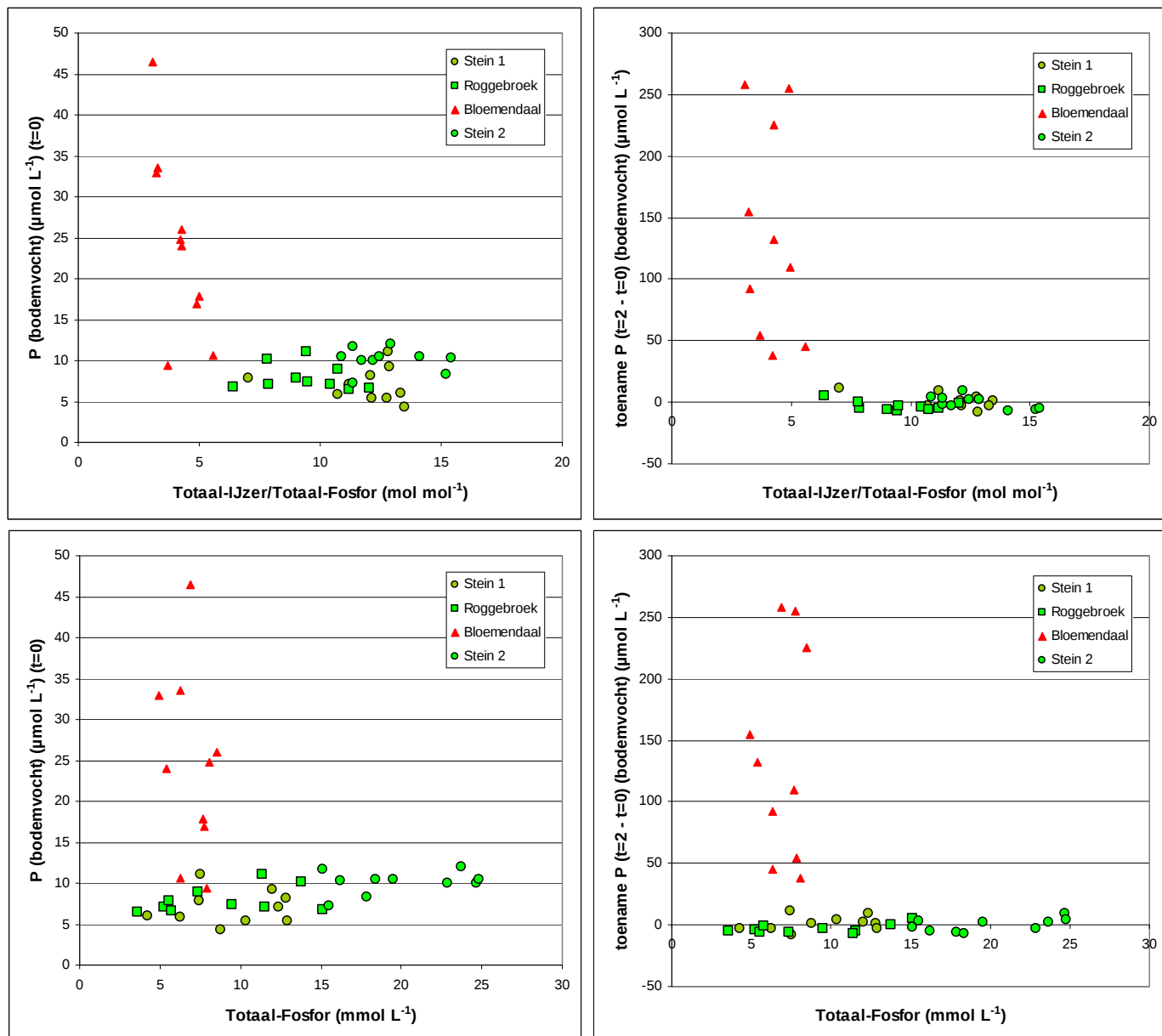
Figuur 5.5. Nutrientenconcentraties in het bodemporevocht op twee diepten (0-15 cm en 15-30 cm) voor de vier locaties gedurende het inundatie-experiment (tijdstip 0, 1 en 2).



Figuur 5.6. Zuurbufferingsparameters in het bodemporeievocht op twee diepten (0-15 cm en 15-30 cm) voor de vier locaties gedurende het inundatie-experiment (tijdstip 0, 1 en 2).



Figuur 5.7. IJzer, sulfaat en magnesium in het bodemporevocht op twee diepten (0-15 cm en 15-30 cm) voor de vier locaties gedurende het inundatie-experiment (tijdstip 0, 1 en 2).



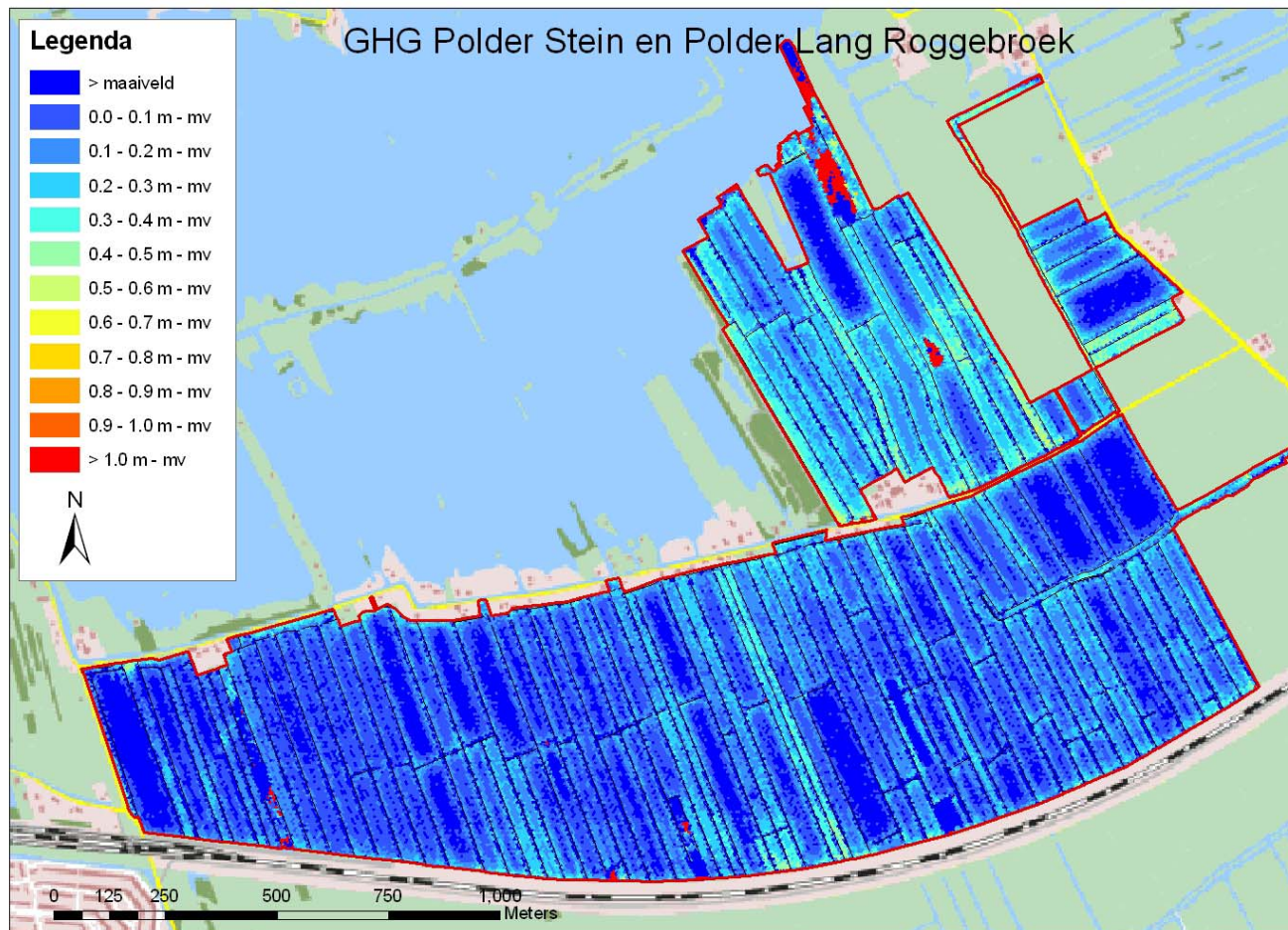
Figuur 5.8. De fosforconcentratie in het porievocht op tijdstip $t=0$ en de toename van de fosforconcentratie tussen tijdstip $t=0$ en tijdstip $t=2$ uitgezet tegen de totaal-Fe/totaal-P ratio van de bodem.

5.3 Hydrologie

5.3.1 Geohydrologie

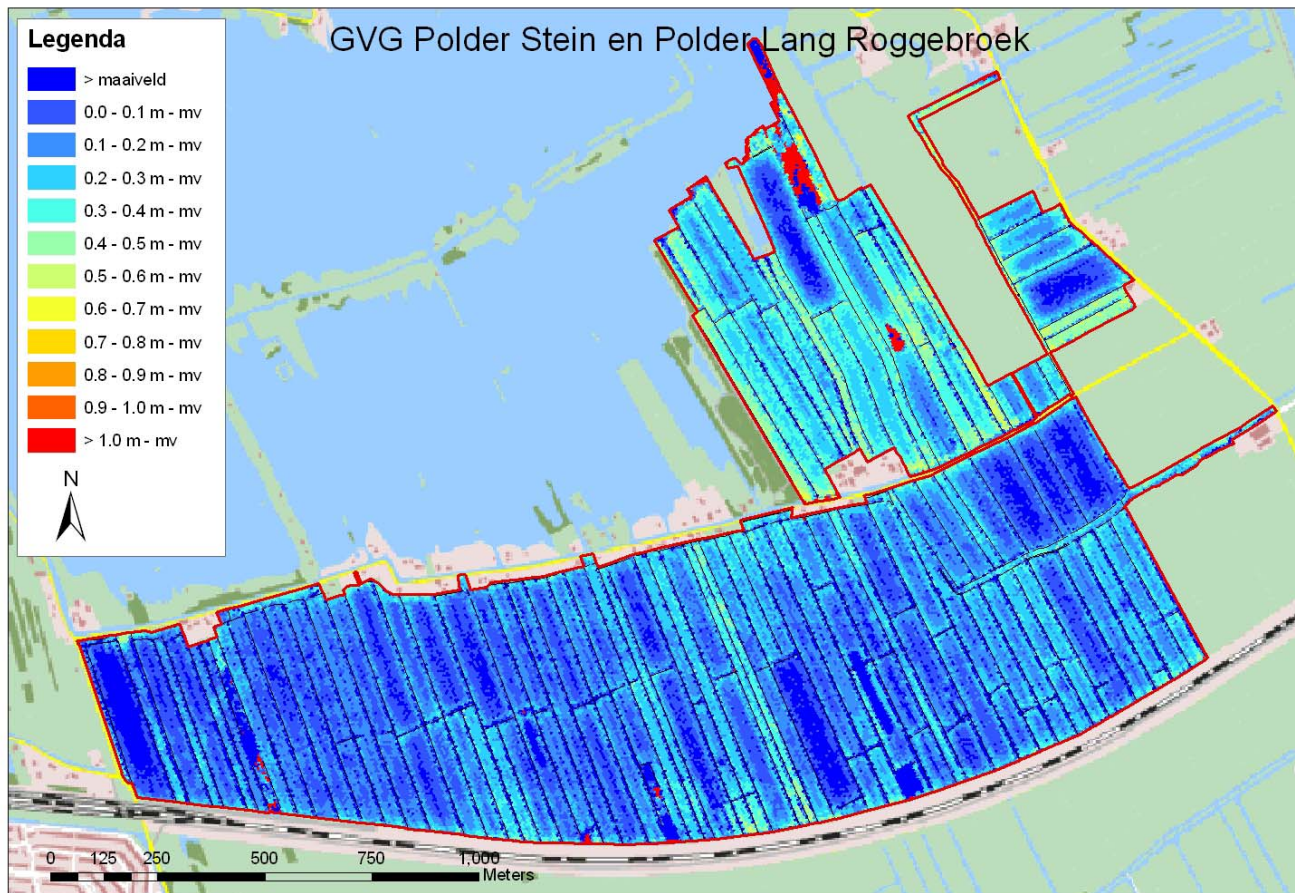
Met behulp van een grondwatermodel (bijlage 3) zijn GxG's berekend. Voor het bepalen van de GxG's is een periode gebruikt van 1993 – 2008, waarbij alleen de grondwateraanvulling in het model is gevarieerd (neerslag en verdamping) op basis van meetreeksen van het KNMI. De waterpeilen in het model zijn constant gehouden.

Figuur 5.9 toont de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). De GHG is over het algemeen vrij hoog. Bij Polder Stein reikt de GHG tot circa maaiveld (iets eronder berekend, maar zal in de praktijk mogelijk tot circa maaiveld reiken). Bij Polder Lang Roggebroek is de GHG wat lager berekend; deze reikt tot circa 0,2 m onder maaiveld. Op een aantal plaatsen wordt een grondwaterstand boven maaiveld berekend. Over het algemeen gaat het hierbij om open water.



Figuur 5.9. GHG Polder Stein en Polder Lang Roggebroek.

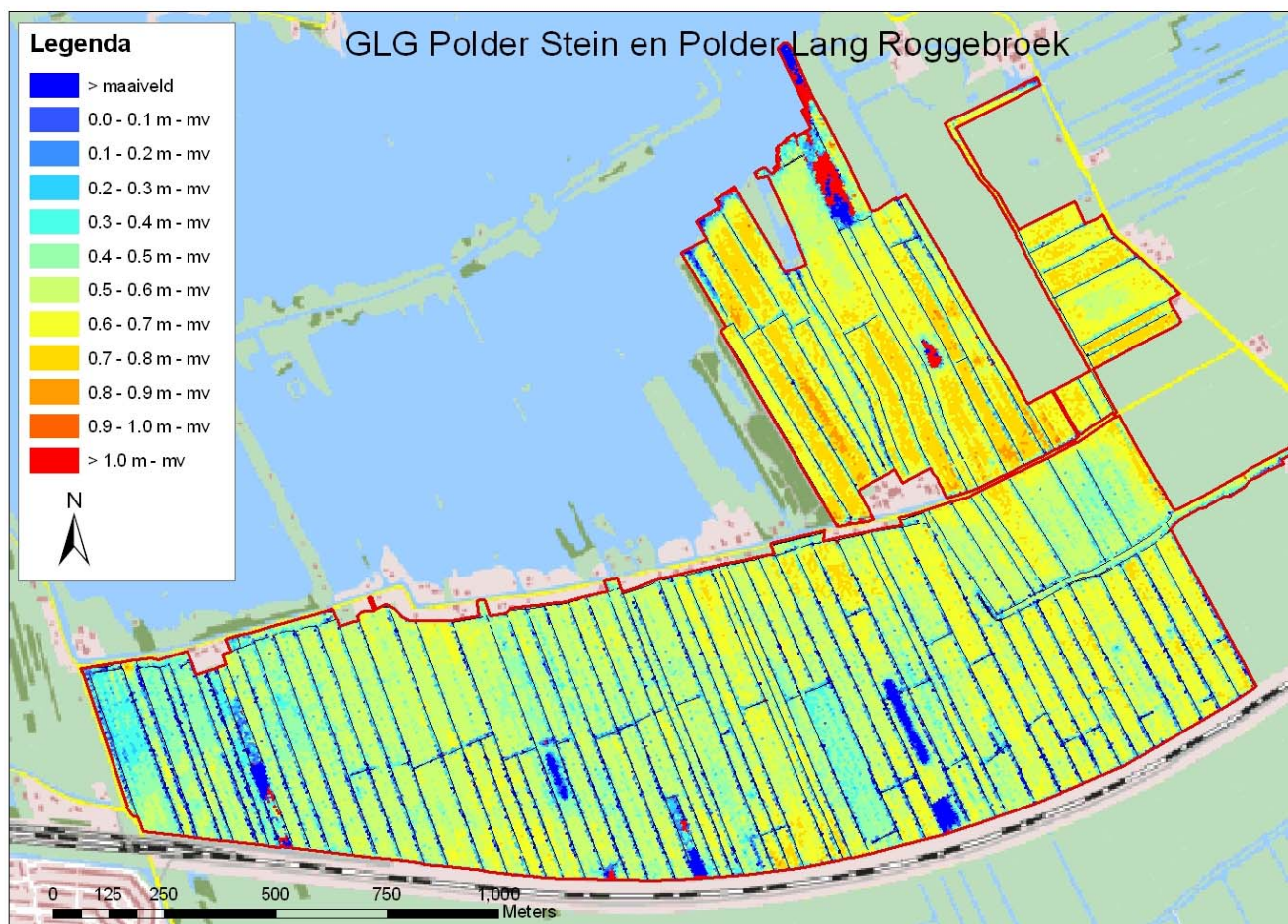
Figuur 5.10 toont de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). De GVG is net als de GHG over het algemeen vrij hoog en reikt bij Polder Stein tot circa één à twee decimeter onder het maaiveld. Bij Polder Lang Roggebroek is de GVG weer wat lager berekend, op een diepte van circa 0,2 à 0,3 m beneden maaiveld. Net als bij de GHG wordt ook bij de GVG op verschillende plaatsen een grondwaterstand boven maaiveld berekend. Over het algemeen betreffen dit plassen.



Figuur 5.10. GVG Polder Stein en Polder Lang Roggebroek.

Figuur 5.11 toont de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG). De GLG is bij Polder Stein berekend op een diepte van circa 0,4 à 0,6 m beneden maaiveld. Bij Polder Lang Roggebroek is de diepte 0,4 à 0,8 m beneden maaiveld. Net als bij de GHG en de GVG wordt ook bij de GLG op verschillende plaatsen een grondwaterstand boven maaiveld berekend, dit betreft plassen.

Op basis van de berekeningen is te concluderen dat Polder Stein enigszins natter is dan Polder Lang Roggebroek. Een belangrijke oorzaak hiervan is het gehanteerde peil in de watergangen dat bij Polder Stein hoger ligt dan bij Polder Lang Roggebroek.



Figuur 5.11. GLG Polder Stein en Polder Lang Roggebroek.

Om de modelresultaten te toetsen is er voor de peilbuizen een vergelijking gemaakt tussen werkelijk gemeten en berekende standen. Gesteld kan worden dat de modelresultaten in algemene zin zeer waarschijnlijk een iets natter beeld laten zien, dan in werkelijkheid het geval is. De afwijking zal echter hooguit ca. 10 cm bedragen. Dit houdt in dat de werkelijke situatie ten opzichte van de kaarten dus feitelijk één legenda-eenheid “droger” is. Voor de GLG in Polder Stein geldt eerder het omgekeerde: daar leiden de modelresultaten tot een lichte onderschatting van ca. 10 cm. Dit houdt in dat de werkelijke situatie GLG in Polder Stein ten opzichte van de kaart dus feitelijk één legenda-eenheid “natter” is.

De algemene conclusie is dat de modelresultaten voldoende betrouwbaar zijn, mede gelet ook op het feit dat bruikbare peilbuisgegevens slechts in beperkte mate aanwezig is.

De uitgangssituatie met betrekking tot de grondwaterkarakteristieken voor het ontwikkelen van nat schraalgraslanden is niet ongunstig. Een relatief geringe peilstijging of bodemverlaging volstaat om binnen het bereik te komen van de gewenste condities.

6 KNELPUNTEN- EN POTENTIEANALYSE KIEVITSBLOEMHOOILAND

6.1 De bepalende bodemchemische factor.....

Geconcludeerd kan worden dat de locatie Polder Bloemendaal wordt gekenmerkt door een zeer hoge mobiliteit van vrij beschikbare (in het bodemporiewater opgeloste) nutriënten (kalium en fosfaat). Ondanks het feit dat de totale concentraties van kalium en fosfor in de bodem relatief laag zijn en niet afwijken van de totale concentraties op de andere drie locaties, wordt in het bodemvocht na vernatten zeer hoge concentraties gemeten die bovendien nog oplopen in de tijd. Gesteld kan dus worden dat hoge concentraties aan zeer gemakkelijk opneembare nutriënten zeer gunstig zijn voor de kievitsbloemen en in ieder geval geen nadelige effecten hebben.

Er is tot nu toe in de wetenschappelijke ecologische literatuur vrijwel niets bekend over de relatie tussen nutriëntenbeschikbaarheid en de groei van kievitsbloemen (maar zie ook onderstaand kader). Uit de op internet beschikbare kweekadviezen ten aanzien van kievitsbloemen wordt echter veelvuldig genoemd dat een hoge kaliumgift de kansen op een succesvolle kweek sterk verbeteren. Dit komt opzienbarend goed overeen met de waarneming dat op de enige locatie waar de kievitsbloemen het goed doen (Polder Bloemendaal), we te maken hebben met zeer hoge kaliumconcentraties in het porievocht.

Van kalium is voorts bekend dat het de vitaliteit van bol- en knolgewassen sterk bevordert. Zo is bekend dat een te lage kaliumbeschikbaarheid o.a. aardappelplanten gevoeliger maakt voor vorstschade. Ook maakt een lage kaliumbeschikbaarheid planten gevoelig voor infecties met parasitaire schimmels. Deze gevoeligheid wordt veroorzaakt door het feit dat in kaliumdeficiënte planten de eiwit- en de zetmeelsynthese wordt geremd waardoor aminozuren en suikers ophopen in de plant. Een hoge beschikbaarheid aan stikstof bij deficiëntie van een ander nutriënt leidt tot ophoping van aminozuren en kan deze gevoeligheid dus vergroten. Na stikstof is kalium het kwantitatief meest belangrijke nutriënt voor planten. De verhouding tussen stikstof en kalium kan dan ook een belangrijke rol spelen bij de gevoeligheid van planten voor schimmelinfecties. Met name wanneer deze planten, zoals de meeste bolgewassen, een hoge kaliumbehoefte hebben. Een hoge beschikbaarheid aan stikstof bij een lage beschikbaarheid van kalium kan dan ook een belangrijk negatief effect hebben op de ontwikkeling van Kievitsbloemen. (Marschner, 1995).

In bijlage 4 worden de gemiddelde waarden gegeven voor de belangrijkste nutriënten in de bodems. We zien dat in de bodem uit polder Stein en Polder Lang Roggebroek na inundatie de stikstofconcentratie in het porievocht veel sterker sneller toeneemt dan de kalium- en fosforconcentratie. Hier ontstaat dus een zogenaamde onbalans in de nutriëntenconcentraties. We zien dit duidelijk terug in de ammonium/kalium ratio van het porievocht. Voor de bodems uit Polder Bloemendaal blijft deze liggen rond de 1,5. Voor de overige bodems loopt deze op tijdstip t=3 op tot 10 of hoger. Opvallend is dat voor de locatie Stein 2, waar historische geen kievitsbloemen voorkwamen (of langdurig niet meer voorkomen), deze ratio het hoogste is.

De (zeer) hoge kaliumconcentraties in het porievocht worden niet gemeten op de locaties Polder Stein 1, Polder Stein 2 en Polder Lang Roggebroek.

6.2En het vermijden van concurrentie in het vroege voorjaar.....

Omdat kievitsbloemen in een relatief korte tijd hun vegetatieve cyclus doorlopen is een hoge nutriëntenbeschikbaarheid van groot belang. Alleen op deze wijze kan de plant in korte tijd voldoende reservestoffen opbouwen in de bol en later ook bloemen en zaad vormen. Anderzijds kan een hoge beschikbaarheid aan nutriënten ook leiden tot competitie met andere soorten. Wanneer het vegetatiedek volledig gesloten is zal de vestiging vanuit zaad moeilijk verlopen waardoor op termijn de populatie achteruit zal gaan. De bolletjes hebben immers een gelimiteerde levensduur.

Het lijkt er dus op dat kievitsbloemen zich het best kunnen ontwikkelen en handhaven op voedselrijke locaties waar regelmatig open plekken in de vegetatie ontstaan. De open plekken kunnen ontstaan door verstoring zoals betreding door vee (bij najaarsbeweiding) of door lokale sterfte van de vegetatie als gevolg van overstroming. Verschralen door bijvoorbeeld maaien en afvoer) kan ook leiden tot minder competitie en meer ruimte voor vernieuwing uit zaden maar zal op termijn tevens tot een lagere nutriëntenbeschikbaarheid leiden.

Op de locatie Polder Bloemendaal zorgt begrazing, beschaduwning door de bomen en zeer natte condities c.q. inundatie in de winter voor het relatief open karakter van de vegetatie onder bomen (eigen waarneming). Vermoedelijk hebben we hier zelfs te maken met een natuurlijke niche voor kievitsbloemen: voedselrijke, lichte vochtige bossen (o.a. Weeda *et al.*, 1991; Remy, 1996; Weeda *et al.*, 2005). In dit kader is het ook interessant dat op internet wordt aangeraden om de bodem te bedekken met bladeren om vorstschade bij de knolletjes te voorkomen.

6.3Hangen samen met noodzakelijke inundatie in de winterperiode.....

De noodzakelijke verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid in het hele vroege voorjaar, kan in inundatiehooilanden optreden door overstroming in de winter. De voorkomende humusvorm bekeerdmoder in Polder Bloemendaal is een duidelijke aanwijzing voor langdurige winterinundatie. Na inundatie kan door reductieprocessen in de bodem de mobiliteit van met name fosfaat worden verhoogd. Dit komt omdat ijzer(hydr)oxiden onder anaërobe omstandigheden worden gereduceerd waarbij fosfaten in oplossing gaan. Wanneer vervolgens het hooiland droog valt zal er oxidatie van de bodem optreden waardoor de fosfaatbeschikbaarheid weer afneemt. Hierdoor kunnen alleen vroege soorten – als kievitsbloem - die groeien onmiddellijk na de overstromingsperiode profiteren van de tijdelijk verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid. Wanneer de percelen te rijk worden aan voedingstoffen zullen soorten jaarrond een hoge productie kunnen bereiken en zullen de vroege groeiers relatief minder bevoordeeld worden in hun concurrentiepositie.

6.4Met een hoge kaliumconcentratie

In de onderzochte bodems uit Polder Stein en Polder Lang Roggebroek is de gemakkelijk beschikbare kaliumconcentratie erg laag ondanks het feit dat de totale kaliumconcentratie van de bodems veel hoger is dan in de bodems uit Polder Bloemendaal. Analyses laten zien dat het overgrote deel van het kalium in deze polders aanwezig is in de matrix van de kleideeltjes. Het is bekend dat planten deze fractie kunnen opnemen maar dat dit een relatief langzaam proces is

Een soort als kievitsbloem, met een hoge kaliumbehoefte en een relatief korte groeiperiode, komt hierdoor waarschijnlijk in de problemen, wanneer deze van deze fractie afhankelijk zou zijn. Aanvoer van gemakkelijk beschikbaar kalium is voor deze soort derhalve van belang. Grond- en oppervlakte water kunnen relatief hoge concentraties kalium bevatten, met name ook wanneer dit (deels) door oude mariene klei heeft gestroomd. Inundatie met kaliumrijk grondwater of oppervlaktewater is waarschijnlijk van groot belang om de kaliumconcentratie in het poriewater van dit soort percelen voldoende hoog te houden voor de kievitsbloem. Voor de hand ligt hierbij dat inundatie met kaliumrijk maar niet geëutrofeerd oppervlaktewater (relatief weinig N en P) gewenst is. Een interessante gedachte hierbij is dat op een kaliumgelimiteerde maar relatief stikstof- en fosfaatrijke bodem inundatie met kaliumrijk water in de winter kan leiden tot een goede nutriëntenvoorziening voor de kievitsbloemen in het vroege voorjaar maar in het hierop volgende droge periode door kaliumlimitatie de groei van concurrerende soorten kan beperken, zoals ook is aangetoond door Olde Venterink (2000) in beekbegeleidende hooilanden.

Tabel 6.1 laat zien dat het oppervlaktewater waarmee de locatie in Polder Bloemendaal in de winterperiode wordt geïnundeerd, een erg hoge kaliumconcentratie ($800 \mu\text{mol L}^{-1}$) heeft ten opzichte van de overige locaties. (Polder Stein 16 resp. $31 \mu\text{mol L}^{-1}$ en Polder Lang Roggebroek $65 \mu\text{mol L}^{-1}$).

Tabel 6.1. Concentraties ($\mu\text{mol L}^{-1}$). Van de belangrijkste ionen in het oppervlaktewater op de vier onderzoekslocaties én van de Reeuwijkse Plassen.

	pH	Alkal	Ca	Mg	K	Na	Cl
Reeuwijkse Plassen	8.1	2410	1239	372	216	1910	1956
Steijn 1	6.8	608	532	146	16	462	411
Steijn 2	6.7	905	653	185	31	582	639
Lang Roggebroek	7.2	1736	882	248	65	802	919
Polder Bloemendaal	7.5	3811	3421	938	802	2523	2727
	SO4	Fe	P	PO4	NH4	NO3	Mn
Reeuwijkse Plassen	430	0.3	0.6	0.2	0.8	0.7	0.2
Steijn 1	156	28.4	2.9	0.4	7.4	3.8	1.1
Steijn 2	208	6.7	2.3	0.3	5.0	0.5	1.6
Lang Roggebroek	179	4.1	3.4	1.4	114.5	3.6	0.5
Polder Bloemendaal	2539	12.3	21.2	12.3	71.3	30.9	12.8

Polder Bloemendaal bestaat voornamelijk uit beekbedmoder, een humusvorm die duidt op langdurige winterinundatie. De bodem wordt gekenmerkt door een hoge beschikbaarheid van fosfaat en kalium in het bodemporiewater. Het gaat hier om een matig voedselrijke standplaats, met daarin open plekjes die ontstaan zijn als gevolg van vertrapping door vee en door inundatie.

Beide locaties Polder Stein en locatie Polder Lang Roggebroek verschillen weinig van Polder Bloemendaal waar het gaat om de bodemchemie (destructie). Wel zijn er duidelijke verschillen voor wat betreft het bodemporiewater: Polder Bloemendaal heeft een hogere concentratie bicarbonaat, calcium, natrium, sulfaat, kalium en fosfaat (tabel 6.2). Dit wijst zeer waarschijnlijk op de invloed van oppervlaktewater dat de bodem als het ware vult bij inundatie. Voor wat betreft deze concentraties, komen die in Polder Stein 1 hier nog het meest mee overeen. Het is deze locatie waar plaatselijk duidelijk sprake is van inundatie in de winter tot in het vroege voorjaar (de oever is hier duidelijk laag en open van structuur) én de locatie waar nog kievitsbloemen worden aangetroffen.

Tabel 6.2. Concentraties ($\mu\text{mol L}^{-1}$). Van de belangrijkste ionen in het bodemporiewater op vier locaties.

	Ca	K	Mg	Na	SO ₄	Cl
Locatie	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$
Stein1	777	13	135	1.089	134	803
Stein 2	727	8	80	202	415	266
Lang Roggebroek	674	16	98	143	592	150
Bloemendaal	1.735	583	544	3.662	1.503	1.918

De succesfactor voor de aanwezigheid van een gezonde populatie kievitsbloemen in Polder Bloemendaal is toe te schrijven aan relatief lage nutriëntenconcentraties in de bodem maar een erg hoge vrij beschikbare fractie kalium in het bodemporiewater welke afkomstig is van inundatie in de winterperiode met oppervlaktewater met een hoge kaliumconcentratie.

7 HERSTELPLAN KIEVITSBLOEMHOOILAND EN NAT SCHRAALGRASLAND

7.1 Kievitsbloemhooiland

Het lijkt er op dat herstel van de standplaats van kievitsbloemen gezocht moet worden in herstel van de hydrologie (de bodemchemie is op orde): winterinundatie met kaliumrijk oppervlaktewater en voldoende hoge grondwaterstanden jaarrond. Daarnaast is het van belang dat er geschikte kiemplekken ontstaan i.e. dat de zode open plekje heeft (inundatie, veetrapgaatjes).

De onderzoekslocaties Polder Stein 2 en Polder Lang Roggebroek zitten syntaxonomisch dicht tegen kievitsbloemhooiland aan (vergelijk figuur 4.2), wat niet per se wil zeggen dat hier (onder nattere condities) kievitsbloemhooiland aanwezig was, maar wel dat de standplaats qua condities redelijk overeenkomt c.q. overeenkwam met die van deze doelvegetatie.

7.1.1 Herstel van een open zode en winterinundatie met kaliumrijk oppervlaktewater

Algemene maatregelen

Inundatie met kaliumrijk oppervlaktewater moet beperkt blijven tot de winter- en heel vroege voorjaarsperiode. Dit betekent dat er een flexibel peil gevoerd dient te worden met hogere standen in de winterperiode en daarna uitzakkend tot een minimaal peil in de zomerperiode.

Inundatie (en een open zode) wordt mogelijk gemaakt door twee maatregelen te nemen: peilaanpassing (alleen mogelijk in Polder Stein) en afplaggen van de bodem. Het plaggen van stroken van ongeveer 4 à 5 m breed langs de oever kan er hier voor zorgen dat sprake is van winterinundatie en droogval vanaf het (vroege) voorjaar. Wat meer ruimte in het peilbeheer zal bijdragen aan een gunstig verloop van inundatie.

Vanwege het belang van winterinundatie met kaliumrijk oppervlaktewater is herstel alleen mogelijk daar waar dit watertype voorhanden is. In tabel 6.1 is eveneens de waterkwaliteit van de Reeuwijkse Plassen weergegeven. Duidelijk is dat dit water veel meer kalium bevat dan het oppervlaktewater in Polder Lang Roggebroek en Polder Stein. Beide polders worden weliswaar gevoed met water uit de Reeuwijkse Plassen maar dit gebeurt alleen ten behoeve van peilbeheersing. Het waterbeheer in beide polders is gericht op het vasthouden van eigen (neerslag)water.

Kansen voor de ontwikkeling van kievitsbloemhooiland liggen er alleen in de directe nabijheid van het inlaatpunt vanuit de Reeuwijkse Plassen. Alleen hier zullen hoge kaliumconcentraties in het oppervlaktewater aanwezig zijn. Een meer permanente doorvoer van water vanuit de Reeuwijkse Plassen zal ertoe leiden dat er een groter oppervlak geschikt wordt.

Waar aanvoer van oppervlaktewater uit de Reeuwijkse Plassen onvoldoende mogelijk is, kan bemesting aan het eind van de winter met kalium mogelijk resulteren in de noodzakelijke kaliumrijke standplaats. Deze kaliumgift zou ook wel eens een goede herstelmaatregel kunnen zijn voor Polder Stein locatie 1 waar weliswaar nog kievitsbloemen aanwezig zijn maar waar het aantal toch een duidelijke neerwaartse trend laat zien.

Uit informatie op internet van kwekers van kievitsbloemen komt naar voren dat de kaliumgift ongeveer 1,2 kg kaliumsulfaat per m³ substraat zou moeten zijn. Er van uitgaande dat de kievitsbloemen ongeveer 15 cm diep wortelen komt dit overeen met 0,18 kg kaliumsulfaat per m² of 40 g kalium per m². Het heeft wel de voorkeur een andere kaliumverbinding te gebruiken dan kaliumsulfaat, omdat sulfaat in de natte (organische) bodems kan zorgen voor de vorming van giftig sulfide en (interne) eutrofiëring. Ook het toedienen kalium(bi)carbonaat wordt afgeraden, omdat dit eveneens kan leiden tot eutrofiëring doordat de afbraak van organische stof wordt versneld. Het best kan kaliumchloride worden gebruikt (77 g per m²). Er moet dan wel nauwlettend in de gaten worden gehouden dat het bodemporiewater en het oppervlaktewater niet te zout wordt, en de concentratie onder de 300 mg Cl/ l blijft. Bemesting vindt plaats medio tot eind november voorafgaand aan peilopzet.

Polder Stein

Het plaggen (20 cm diep) vindt plaats tijdens de bloeitijd van de kievitsbloemen (vanaf begin april controleren), zodat eventueel aanwezige exemplaren worden herkend en kunnen worden gespaard. Op deze manier komen de gevormde zaden ook op de plagstroken (open plekjes) terecht, waar goede uitgangskondities voor kieming zijn gecreëerd. Het is overigens de verwachting dat er zeer weinig planten gevonden zullen worden, en dat dus het grootste deel van de oever (zie paragraaf 7.1.2 voor voorstel voor proeflocaties) kan worden geplagd. Binnen de locatie waar nu nog redelijk wat kievitsbloemen worden aangetroffen (Stein 1) wordt niet geplagd.

In Polder Stein wordt weliswaar een flexibel peil gevoerd (ca. NAP -1,9 m in de winter en ca. NAP -2,0 m in de zomer) maar dit is ontoereikend om de bodem daadwerkelijk te inunderen (ook na 20 cm afplaggen van de bodem). Het optimale peilbeheer bestaat in Polder Stein uit een winterpeil van NAP -1,80 m vanaf eind november, zodat de (geplagde) oevers inunderen en een tussenpeil van NAP -1,95 m vanaf eind maart, zodat het niet te nat is voor de ontwikkeling en bloei van de kievitsbloemen. Vervolgens mag het peil in de zomer wegzakken tot NAP -2,10 m. Om het oppervlak binnen bereik van winterinundatie te optimaliseren moeten de percelen lokaal wellicht wat (verder) worden afgegraven, vanwege een verschil in hoogteligging.

Polder Lang Roggebroek

In Polder Lang Roggebroek is het peil jaarrond gelijk. Om ook hier winterinundatie en daarna droogval mogelijk te maken, zal een flexibel peilbeheer mogelijk moeten worden gemaakt. De mogelijkheden daartoe zullen nader moeten worden onderzocht. In principe gelden hierbij dezelfde uitgangspunten als in polder Stein. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met het feit dat Polder Lang Roggebroek iets lager ligt dan Polder Stein én er bovendien voor het creëren van gunstige omstandigheden, iets dieper zal moeten worden geplagd (30 cm) dan in Polder Stein.

7.1.2 Proefproject

Het ligt voor de hand om de herstelmaatregel eerst eens op kleine schaal uit te proberen middels een proefproject. Dit proefproject richt zich op het onderzoeken van de hypothese dat herstel c.q. ontwikkeling van kievitsbloemhooiland niet kan zonder winterinundatie met kaliumrijk oppervlaktewater. In dit proefproject worden zowel in Polder Stein als in Polder Lang Roggebroek enkele plagstroken ingericht.

Omdat het proefproject zowel in Polder Stein als in Polder Lang Roggebroek wordt uitgevoerd, wordt tevens inzicht verkregen in het belang van een flexibel peilbeheer (wat leidt tot inundatie): wel mogelijk in Polder Stein en vooralsnog niet mogelijk in Polder Lang Roggebroek. Van belang hierbij is dat er in beide polders een locatie is waar de invloed van oppervlaktewater uit de Reeuwijkse Plassen (relatief) groot is (dus dichtbij de inlaat), en een locatie waar dit minder het geval is. Bij deze laatste kan voorts nog onderscheid gemaakt worden in een locatie waar wel en waar geen kaliumgift (ca. 77 g kaliumchloride per m²) medio tot eind november plaatsvindt.

Hiermee komen we tot de volgende opzet:

- plagstroken in Polder Stein en Polder Lang Roggebroek;
- introductie flexibel peil (wat leidt tot inundatie) in Polder Stein en handhaven huidig vast peil in Polder Lang Roggebroek;
- locaties invloed relatief hoge concentraties kalium en locaties zonder invloed relatief hoge concentraties kalium;
- locaties invloed water uit Reeuwijkse Plassen en locaties met kaliumbemesting.

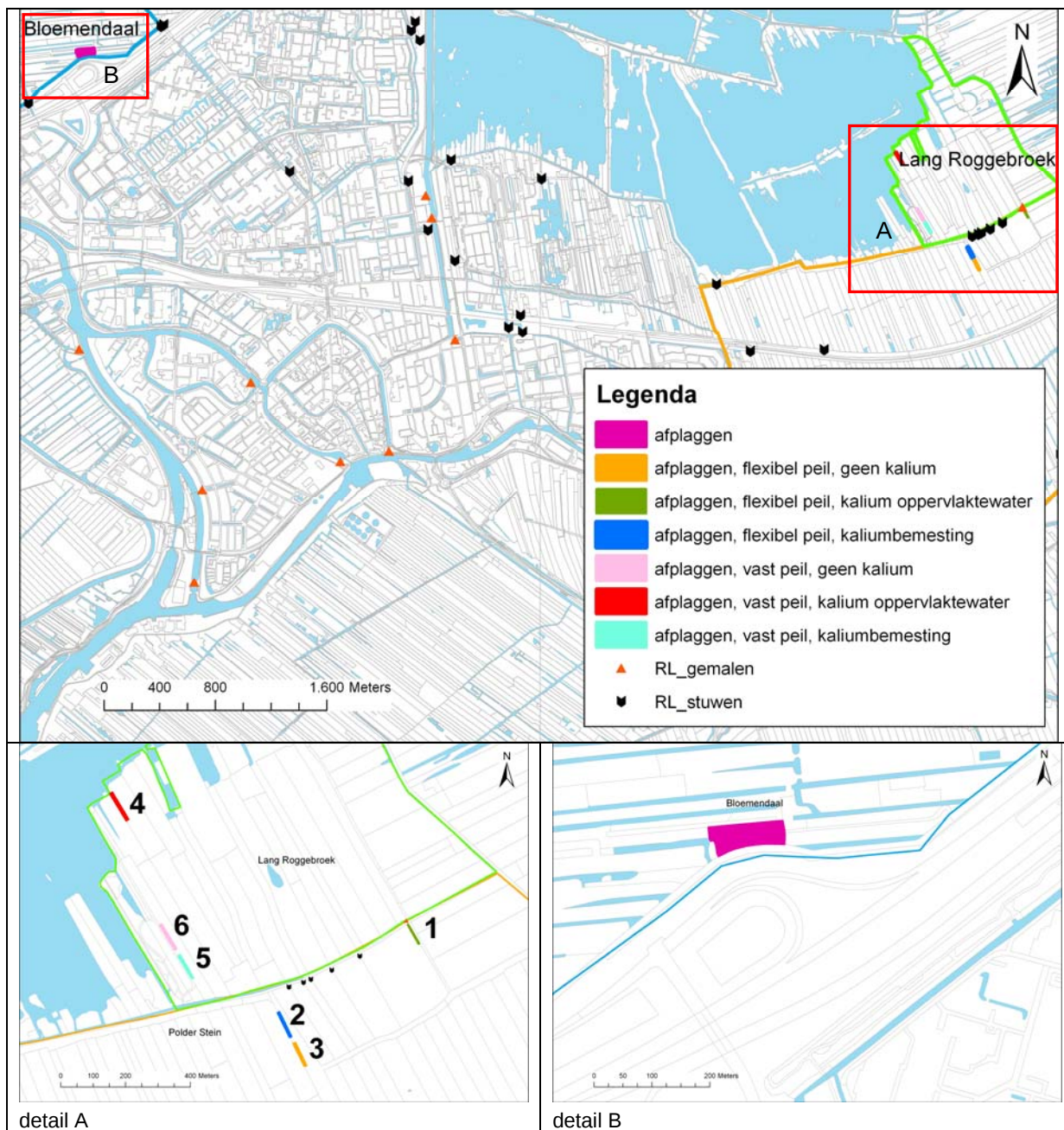
De opzet leidt tot een zestal proeflocaties (weergegeven in figuur 7.1): drie in Polder Stein en drie in Polder Lang Roggebroek. Deze zes kenmerken zich als volgt:

1. Polder Stein, geplagd, flexibel peil, invloed kaliumrijk oppervlaktewater.
2. Polder Stein locatie Stein 2, geplagd, flexibel peil, kaliumgift.
3. Polder Stein locatie Stein 2, geplagd, flexibel peil, geen invloed kalium.
4. Polder Lang Roggebroek, geplagd, vast peil, invloed kaliumrijk oppervlaktewater.
5. Polder Lang Roggebroek, geplagd, vast peil, kaliumgift.
6. Polder Lang Roggebroek, geplagd, vast peil, geen kalium.

Elk van de proeflocaties kent een geplaagde strook van ca 10 meter lang en 4 à 5 m breed. Zowel in Polder Stein (locatie Stein 2, S6 t/m S10) als in Polder Lang Roggebroek is een oeverstrook aanwezig met kenmerkende soorten van nat schraalgrasland (Polder Lang Roggebroek) en grote zeggengemeenschappen (Polder Stein locatie 2). Om deze soorten te behouden wordt geadviseerd om bij het plaggen deze eerste strook van ongeveer 50 cm breed te ontzien. Van hieruit kunnen zich dan soorten vestigen in de geplagde delen.

In de vorige paragraaf is reeds beschreven wat het optimale peilbeheer is in Polder Stein. In het proefproject wordt bij voorkeur een eigen (tijdelijk) peilvakje gerealiseerd in deze polder, zodat de effecten van de aanvoer van kaliumrijk oppervlaktewater en het flexibele peilbeheer goed kan worden gemonitord. Dit (tijdelijk) peilvakje omsluit in ieder geval de proeflocaties 1, 2 en 3 (zie figuur 7.1).

Binnen elk van de zes proeflocaties wordt voorts op een aantal plekjes (liefst) bollen en/ of zaad van kievitsbloemen (afkomstig van planten van locatie Bloemendaal) geïntroduceerd. Plekjes waar bollen worden ingebracht worden daartoe gemarkeerd en deze te kunnen onderscheiden van zelfstandige vestiging. Op deze manier kan worden nagegaan of er nog hervestiging vanuit de zaadbank plaatsvindt en/ of (onder welke condities) herintroductie (als bol of als zaad) leidt tot succesvolle hervestiging.



Figuur 7.1. Ruimtelijke weergave van de ligging van de zes proeflocaties.

Polder Stein locatie 1 valt bewust buiten de onderzoeksopzet om voornamelijk te voorkomen dat hier geen “geen-spijt-maatregelen” worden genomen. Uit de proefopzet volgt de beste herstelmaatregel, welke dan ook op locatie Stein 1 kan worden toegepast. Mocht toch de behoefte op korte termijn bestaan om “iets” op locatie Stein 1 te doen, dan wordt geadviseerd om zeer lokaal tussen de bloeiende exemplaren kelinschalig te plaggen zodat er een goed kiemmilieu wordt gecreëerd. Het plaggen moet dan zodanig diep gebeuren dat de standplaats – bij het huidige peilbeheer aldaar – in de winterperiode nat - maar liefst geïnundeerd is. Dit wordt gerealiseerd door te plaggen tot het waterniveau (immers winterpeil).

Tot slot wordt geadviseerd om het perceel direct ten zuiden van het perceel met kievitsbloemen in Polder Bloemendaal (deels) te plaggen (20 cm) en in hydrologisch opzicht samen te voegen met het perceel met kievitsbloemen (figuur 7.1). Als proef zou begonnen kunnen worden met een strook te plaggen die tegen de sloot aanligt die het perceel met kievitsbloemen aan de zuidzijde begrensd. Voorzien wordt dat deze locatie zeer geschikt is voor uitbreiding aldaar van de populatie kievitsbloemen.

Aandachtspunten

Om inzicht te krijgen en te houden in de succesfactoren voor het herstelplan, is het van belang om een goed monitoronderzoek te formuleren en het herstelplan een aantal jaren te volgen. Aspecten die goed gevolgd moeten worden zijn de kaliumconcentratie in het bodemporiewater (en de chlorideconcentratie bij bemesting met kaliumchloride), het peilverloop en de ontwikkeling van geïntroduceerde bollen of zaden en eventuele spontane hervestiging uit de zaadbank). Om de ontwikkeling goed te kunnen volgen is het van groot belang vaste monsterplaatsen te hebben en planten te markeren.

De tellingen van kievitsbloemen die momenteel jaarlijks plaatsvinden zouden een meer populatiedynamisch karakter dienen te krijgen, zodat inzicht wordt verkregen in de mate waarin nog verjonging van de bestaande (rest) populaties plaatsvindt.

Waar elders in Nederland populaties van kievitsbloemen sterk achteruit gaan, zou het zinvol zijn te onderzoeken of dit hier ook toe te schrijven is aan een gebrek aan winterinundatie met kaliumrijk oppervlaktewater.

7.2 Nat schraalgrasland

De onderzochte locaties Polder Lang Roggebroek en Polder Stein 1 laten beide zien dat hier (en daarmee op vergelijkbare percelen binnen beide polders) mogelijkheden liggen voor het ontwikkelen van nat schraalgrasland (zie hoofdstuk 5). Plaggen – 20 cm in Polder Stein en 30 cm in Polder Lang Roggebroek – van met name de stroken langs de oever (met inachtneming van het laten staan van de overgangszone water-land) leidt tot een gunstige uitgangssituatie.

Afhankelijk van de resulterende natheid zal de vegetatie zich ontwikkelen in de richting van dotterbloemhooiland (natter) of grote vossenstaarthooiland (droger, met name voorjaar-zomer). Waar nadrukkelijke bijmenging met regenwater plaats vindt, kan de vegetatie zich ontwikkelen in de richting van kleine zeggengemeenschappen.

Grote vossenstaarthooiland valt weliswaar strikt genomen niet onder nat schraalgrasland, maar is wel als habitatype meegegeven aan het Natura 2000-gebied waar Polder Stein een onderdeel van vormt. Grote vossenstaarthooiland kan zich met name ook meer naar het midden van de percelen ontwikkelen.

Vanwege de kwaliteit van het oppervlaktewater op de locatie Polder Stein 1 (die daarmee als representatief wordt geacht voor een groter gebied in deze polder) worden de kansen hier hoger ingeschat dan in Polder Lang Roggebroek. In principe is de ontwikkeling van nat schraalgrasland mogelijk langs alle sloten in Polder Stein, mits de huidige waterkwaliteit gehandhaafd blijft. Wanneer er dus meer water uit de Reeuwijkse plassen moet worden ingelaten ten behoeve van ontwikkeling van kievitsbloemhooiland, nemen de kansen voor een succesvolle ontwikkeling van nat schraalgrasland af.

8 LITERATUUR EN BRONNEN

- Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingier, R. Haverman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhof, 2001. Handboek Natuurdoeltypen: Tweede, geheel herziene editie. Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Dienst grondwaterverkenning TNO, 1979. Grondwaterkaart van Nederland - Gorinchem – 38 west. TNO, Delft.
- Kemmers, R.H., R.W. de Waal, S.P.J. van Delft & P. Mekking, 2002. Ecologische typering van bodems. Actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling. Landschap 19: 89-103.
- Loeb, R. & L. Lamers, 2003. The effects of river water quality on the development of wet floodplain vegetations in The Netherlands. International conference 'Towards natural flood reduction strategies', Warsaw 6-13 september 2003.
- Marschner H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press. London, 889 pp.
- Nikolić, M., D. Mišić, V. Maksimović, S. Jevremović, M. Trifunović, & A. Subotić, 2008. Effect of low temperature on rooting rate and carbohydrate content of *Fritillaria meleagris* bulbs formed in culture in vitro. Archives of Biological Science, Belgrado, 60: 5p-6p.
- Olde Venterink, H., 2000. Nitrogen, phosphorus and potassium flows controlling plant productivity and species richness: Eutrophication and nature management in fens and meadows. Thesis Universiteit Utrecht, 151pp.
- Olsen, S.R. 1954 Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circulation 339. US government print office, Washington.
- Remy, D., 1996. Beobachtungen zur Vergesellschaftung und ökologie von *Fritillaria meleagris* L. Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen Band 22 s. 77-88.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1995. De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en heiden. Opulus Press, Upsala/Leiden.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda, 1995. De vegetatie van Nederland. Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press, Upsala/Leiden.
- Van Delft, S.P.J., 2001. Ecologische typering van bodems deel 2. Humusvormtypologie voor korte vegetaties. Alterra rapport 268. Alterra, Wageningen.
- Van Delft, B., 2004. Humusvormen. Beschrijving en classificatie van humusprofielen voor ecologische toepassingen (Veldgids). Alterra, Wageningen.
- Van Leeuwen, C.G., 1958. De kievitsbloem in Nederland. De Levende Natuur 61 (12): 268-278.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1991. Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 4. IVN/VARA/VEWIN/KNNV uitgeverij, Zeist.
- Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren, 2005. Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland. Deel 4: Bossen, struwelen en ruigten. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Overige bronnen:

DINO-loket – www.dinoloket.nl
 Synbiosys – www.synbiosys.nl

Bijlage 1

Analysemethoden

Bijlage 1. Analysemethode

Bodemdestructies

Destructieanalyses zijn essentieel om de verzuringsgevoeligheid en potentiële P-nalevering van de bodems te bepalen. Wanneer de buffercapaciteit van de bodem niet hoog genoeg is kan dit leiden tot een ernstige verzuring van de bodem. Verzuring kan ook optreden wanneer pyrietrijke bodemlagen aan het maaiveld komen te liggen of bloot worden gesteld aan zuurstofrijk oppervlaktewater. De $S/(Ca+Mg)$ ratio van de bodem geeft een goede indicatie voor de verzuringsgevoeligheid. Deze verzuring heeft een negatief effect op de vegetatieontwikkeling en kan bijvoorbeeld leiden tot een ongewenste ontwikkeling van Pitrus en/of veenmossen. Aan de hand van een destructie van de bodem kan het calciumgehalte van de bodem worden bepaald.

Destructieanalyses geven ook inzicht in de verhouding tussen ijzer en zwavel in de bodem (Fe/S ratio). De Fe/S ratio is van groot belang om in te kunnen schatten hoe goed ijzer nog in staat is om fosfaat te binden na vernatting van de toplaag. Aan gereduceerd zwavel gebonden ijzer is namelijk niet meer in staat om P te immobiliseren. Daarnaast geeft een destructieanalyse ook een beeld van het totale gehalte aan fosfor en ijzer in de bodem. Voor het bepalen van de nalevering van P naar de waterlaag onder geïnundeerde omstandigheden is de (Fe-S)/P ratio van de bodem van belang. Ook deze kan bepaald worden aan de hand van een bodemdestructie. Daarnaast bestaat het risico dat in bodems met een ongunstige Fe/S ratio het giftige sulfide zal ophopen in de bodem wanneer het oppervlaktewater rijk is aan sulfaat.

De destructie monsters worden geanalyseerd op de volgende elementen: aluminium (Al), calcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), zwavel (S), fosfor (P), mangaan (Mn), ijzer (Fe), silicium (Si) en zink (Zn). Tevens wordt aan de gedroogde monsters het organische stofgehalte bepaald.

Olsen-extracties

De Olsen-P concentratie is een goede maat voor de plantenbeschikbare concentratie P. Bij de Olsen-extractie wordt de hoeveelheid plantenbeschikbaar-P vrijgemaakt door verdringing van P door bicarbonaat. Tevens worden ijzer- en aluminiumhydroxides gehydrolyseerd waardoor geadsorbeerd P vrijkomt.

Te hoge Olsen-P waarden leiden tot een ruigtevegetatie zonder veel bijzondere soorten. Uit onderzoek in referentiegebieden in het rivierengebied (Fritillario-Alopecuretum, Loeb et al., in rev.) blijkt dat in de betreffende hooilanden Olsen-P concentraties van ongeveer 350-650 μmol per liter zijn gemeten. Op veengronden zou deze waarde hiervan licht af kunnen wijken; dit moeten de metingen aan de standplaats van de nog vitale populatie in de Bloemendaler polder uitwijzen. Uit eerder uitgevoerde projecten is gebleken dat de Olsen-P waarde een goede indicatie geeft van de gewenste ontgrondingsdiepte. De diepte van het fosfaatfront blijkt in de praktijk niet vaak overeen te komen met de dikte van de bouwvoor. Een redelijk gedetailleerde analyse van de Olsen-P beschikbaarheid is dan ook aan te raden om voor de verschillende gebieden de gewenste ontgrondingsdiepten te bepalen. De Olsen-P beschikbaarheid kan nogal variëren tussen verschillende agrarische locaties.

Door het verschrallingsbeheer (aantal jaren maaien en afvoeren) van de verschillende zones/percelen te correleren met de huidige Olsen-P waarden kan bovendien het succes en de verdere potenties van het gevoerde verschrallingsbeheer (maaien/afvoeren, evt. in combinatie met vernatten) in kaart worden gebracht.

Zout-extracten

Een NaCl-extractie bestaat uit een extractie met natriumchloride (keukenzout). In de zoutextracten worden de ionen gemeten die door natrium (kationen) of chloride (anionen) van het bodemadsorbtiecomplex worden verdrongen.

Aan de hand van het zoutextract kan de pH(NaCl) en de aan het adsorbtiecomplex gebonden calcium- en magnesiumconcentratie worden bepaald. Deze parameters geven een maat voor de buffering van de bodem. Verder kunnen aan de hand van het zoutextract ook de ammonium- en de nitraatconcentratie van de bodem worden bepaald. Dit is van belang aangezien bij Kievitsbloemhooilanden niet alleen fosfaat- maar ook stikstoflimitatie een belangrijke speelt.

Zowel de zoutextracten als de destructies worden geanalyseerd op Ca, Fe, Mg, K, P, S, Si, Al en Mn met een ICP-OES. De hoeveelheid NH_4^+ en NO_3^- in de zoutextracten worden gemeten met Technicon autoanalysers. Van het zoutextract wordt tevens de pH bepaald.

Watermonsters

Het bodemvocht wordt verzameld op 10-15 cm diepte met behulp van lysimeters/keramische cups. Van de bodemvochtmonsters wordt de pH, alkaliniteit en hoeveelheid anorganisch koolstof (TIC) bepaald. Daarnaast vindt een uitgebreide analyse plaats op de ICP (o.a. P, S, Ca, Mg, Al en Fe) en enkele autoanalysers (NH_4^+ , NO_3^- , Na^+ , K^+ , Cl^- en PO_4^{3-}).

Bijlage 2
Analysegegevens
(a: bodem en bodemporiewater;
b: vernattingsexperiment

Bijlage 2. Analysegegevens. Code's eerste kolom: S=Polder Stein; L=Polder Lang Roggebroek; B=Polder Bloemendaal

(a) Bodem en bodemporiewater

		Bodem													
		%	kg L ⁻¹	mmol per liter bodemvolume											
		Vocht	Mas Vol	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Olsen-P	S	Si	Zn
S1	0-15	67,5	0,36	290,4	102,7	138,1	12,2	44,1	2,4	9,2	12,4	443	51,0	3,7	0,5
S1	15-30	74,1	0,27	180,1	101,1	96,6	7,8	29,1	1,5	6,6	7,5	219	56,9	2,9	0,3
S2	0-15	64,3	0,40	314,5	118,3	155,0	14,6	55,5	3,8	4,2	12,8	343	49,6	10,2	0,4
S2	15-30	65,2	0,42	339,1	143,1	156,6	15,6	60,4	3,8	5,4	12,9	385	56,4	5,7	0,4
S3	0-15	68,2	0,35	256,9	128,8	132,2	11,3	47,2	3,2	6,0	10,4	247	53,5	4,2	0,3
S3	15-30	70,0	0,33	223,0	201,1	118,7	9,6	43,9	2,3	7,8	8,8	132	72,5	4,2	0,2
S4	0-15	65,4	0,40	265,1	151,2	154,3	12,9	60,8	6,1	6,6	12,0	265	46,9	12,3	0,4
S4	15-30	79,8	0,21	102,4	102,5	56,8	5,3	23,9	1,3	3,3	4,3	92	68,6	3,6	0,1
S5	0-15	76,9	0,24	89,8	30,0	52,3	6,7	17,3	0,4	3,8	7,4	713	28,6	2,8	0,2
S5	15-30	80,2	0,21	141,9	79,0	67,0	8,0	28,1	0,9	3,7	6,3	157	46,7	3,9	0,1
S6	0-15	39,4	0,39	310,9	65,3	171,1	12,5	54,5	4,2	1,8	15,1	852	36,7	4,2	0,6
S6	15-30	51,6	0,60	505,9	158,8	272,5	19,9	89,1	4,5	3,4	17,9	601	67,8	6,5	0,6
S7	0-15	45,6	0,59	579,3	103,8	300,4	29,0	100,6	6,9	2,2	24,7	1127	44,5	4,8	1,0
S7	15-30	53,9	0,52	467,0	152,3	249,6	19,7	83,1	4,0	2,3	16,2	460	63,6	11,3	0,6
S8	0-15	52,4	0,48	456,5	99,7	243,1	19,2	78,3	6,5	1,6	19,5	728	45,5	8,6	0,8
S8	15-30	56,0	0,49	437,4	128,9	259,0	18,6	77,8	6,5	3,0	18,4	707	49,9	12,0	0,8
S9	0-15	41,4	0,37	370,7	74,9	176,1	18,5	63,2	5,9	1,9	15,5	929	47,5	3,8	0,6
S9	15-30	50,4	0,60	573,3	151,2	305,8	22,4	99,4	6,2	3,1	23,7	602	54,9	10,7	0,7
S10	0-15	53,2	0,52	568,5	106,1	269,4	26,7	93,8	6,3	3,3	24,8	780	44,1	12,7	0,9
S10	15-30	51,4	0,60	557,3	122,0	268,5	22,3	96,3	5,6	2,4	22,9	658	40,4	6,1	0,9
L1	0-15	61,4	0,26	293,0	49,6	90,9	18,7	37,1	0,7	2,7	11,5	614	50,4	1,2	0,3
L1	15-30	77,6	0,21	179,5	83,5	54,8	12,1	23,3	0,4	2,1	5,2	173	84,0	0,7	0,2
L2	0-15	60,1	0,31	396,3	65,9	107,2	27,2	47,0	0,8	4,0	11,4	612	62,9	1,1	0,4
L2	15-30	73,0	0,25	239,5	76,8	79,1	16,0	29,1	0,7	3,1	7,4	276	70,9	1,2	0,3
L3	0-15	62,2	0,32	380,1	68,1	107,9	25,2	46,3	1,5	5,2	13,8	632	65,1	1,2	0,4

		Bodem													
		%	kg L ⁻¹	mmol per liter bodemvolume											
		Vocht	Mas Vol	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Olsen-P	S	Si	Zn
L3	15-30	77,0	0,20	154,8	83,9	49,8	9,5	19,3	0,7	2,3	5,5	234	81,6	1,2	0,2
L4	0-15	65,8	0,29	272,7	67,5	89,9	12,0	34,5	0,7	2,8	9,5	391	58,3	3,6	0,4
L4	15-30	79,6	0,19	87,2	79,1	40,0	4,2	10,2	0,6	1,6	3,6	137	96,8	2,6	0,1
L5	0-15	56,1	0,32	297,2	50,1	96,7	11,1	36,6	1,1	2,9	15,1	1189	48,8	5,8	0,4
L5	15-30	73,1	0,23	129,8	73,6	69,1	6,0	14,7	0,7	2,6	5,7	264	85,8	3,0	0,2
B1	0-15	61,8	0,18	38,4	68,1	22,9	8,3	8,6	0,2	6,0	5,4	520	31,9	0,7	0,2
B1	15-30	60,7	0,22	68,7	158,4	38,0	10,2	18,7	1,0	8,5	7,8	399	51,3	0,9	0,2
B2	0-15	63,7	0,18	36,3	47,9	21,1	4,5	9,4	0,2	5,6	6,9	868	38,3	0,7	0,2
B2	15-30	61,6	0,22	70,9	134,2	38,2	7,8	17,6	0,4	7,8	7,7	484	54,6	1,0	0,2
B3	0-15	66,7	0,22	65,2	96,6	36,3	7,2	17,0	0,4	9,9	8,5	621	45,8	1,4	0,3
B3	15-30	67,5	0,19	61,0	156,4	35,1	6,9	20,0	0,5	8,7	6,3	220	45,1	1,5	0,2
B4	0-15	68,1	0,17	36,1	53,2	20,7	6,8	10,3	0,2	7,3	6,3	615	35,0	0,5	0,2
B4	15-30	66,1	0,21	85,1	193,0	34,0	10,4	26,9	0,5	9,9	8,0	274	66,3	1,0	0,2
B5	0-15	70,8	0,15	32,8	72,4	15,8	4,8	11,3	0,2	8,8	4,9	441	36,6	0,6	0,1
B5	15-30	70,0	0,19	62,6	164,4	29,2	7,3	20,5	0,2	10,7	7,9	326	55,7	0,7	0,1

Bodemwater

		μmol per liter water				ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
		pH	Alk	CO2	HCO3	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn
S1	0-15	5,7	899,3	1302	245	45,5	474,3	117,0	11,2	67,6	11,7	1246,2	7,0	165,1	49,1	1,1
S1	15-30	6,3	1062	713	626	13,3	661,2	84,9	12,7	111,8	4,4	1449,8	11,0	82,8	38,6	0,2
S2	0-15	6,1	1282	975	508	27,7	637,5	60,1	6,5	93,0	9,9	620,3	8,2	123,2	35,3	0,3
S2	15-30	6,2	1846	1693	1093	16,0	926,4	124,2	16,8	147,5	5,6	724,2	5,4	77,7	26,5	0,0
S3	0-15	5,9	973,8	1470	459	39,1	561,4	14,2	10,1	85,8	5,2	989,6	5,4	215,0	27,2	0,5
S3	15-30	6,3	1962	1326	1017	9,3	852,5	66,3	7,1	156,1	5,5	1220,1	4,3	116,6	20,4	0,0
S4	0-15	6,7	3275	1094	2479	6,4	1465,3	238,0	17,3	286,0	33,1	1186,2	9,3	80,5	67,7	0,2
S4	15-30	6,5	1259	612	887	9,9	725,5	88,0	17,7	126,3	9,1	651,2	6,0	67,3	50,7	0,0
S5	0-15	5,5	745,7	1458	195	45,1	693,1	51,4	14,5	137,4	6,8	1710,7	7,9	278,0	40,1	0,5
S5	15-30	6,1	1128	1073	561	13,4	749,0	106,4	11,0	129,3	6,2	861,7	5,8	117,9	47,0	0,0
S6	0-15	5,1	227,9	182	9	33,7	518,0	22,5	7,1	45,5	7,0	86,4	11,8	243,6	66,6	0,6
S6	15-30	5,6	346,9	336	60	14,5	610,8	29,2	7,1	49,8	5,6	81,1	8,4	355,8	66,2	0,3
S7	0-15	5,5	636,2	930	110	37,4	687,6	29,0	3,8	61,2	13,4	154,3	10,0	427,8	63,0	0,5
S7	15-30	5,8	617,8	987	263	23,0	826,1	45,8	13,5	87,4	8,0	128,9	10,3	446,5	96,2	0,3
S8	0-15	5,1	450,8	2446	138	44,1	654,9	42,8	8,9	67,9	17,5	125,3	10,4	326,8	64,9	0,2
S8	15-30	5,6	675,6	1091	187	18,3	838,6	29,4	9,9	71,2	7,2	132,0	10,5	379,8	59,4	0,8
S9	0-15	4,8	196,4	1055	31	42,7	611,5	20,8	4,1	62,6	14,0	139,3	7,3	379,2	67,3	1,9
S9	15-30	5,3	403	690	61	29,0	673,7	7,3	8,5	58,0	4,7	114,6	12,0	392,6	62,3	0,0
S10	0-15	5,7	565,5	1365	300	19,3	839,6	87,3	7,6	109,3	34,4	140,8	10,4	515,7	74,1	1,0
S10	15-30	5,4	460,6	1626	169	10,4	982,8	48,5	6,4	137,7	35,6	252,7	10,0	975,4	146,2	1,8
L1	0-15	4,5	66,89	520	6	35,7	550,9	20,9	12,1	91,6	2,7	157,0	7,1	527,6	36,0	0,8
L1	15-30	4,4	39,32	399	4	35,7	890,0	45,9	19,5	129,6	4,1	166,6	7,0	991,3	30,3	1,6
L2	0-15	4,5	44,94	543	6	34,6	554,4	34,9	13,0	77,8	6,9	103,3	11,1	491,1	37,3	0,5
L2	15-30	4,7	127	497	10	42,1	723,1	51,2	11,0	81,7	6,8	109,2	8,9	604,3	44,9	0,8
L3	0-15	5,1	611	1691	98	85,2	777,2	192,5	24,5	124,4	18,3	202,6	10,1	660,4	46,1	1,0
L3	15-30	4,8	171,3	675	19	38,2	776,2	39,5	17,3	95,0	6,3	145,8	7,9	677,9	31,1	0,9

Bodemwater

		μmol per liter water				ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP	ICP
		pH	Alk	CO2	HCO3	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn
L4	0-15	4,7	170,2	425	9	39,0	503,7	21,5	14,9	74,9	4,4	149,2	7,4	408,8	29,1	0,8
L4	15-30	5,0	389	585	23	40,3	800,4	65,6	15,3	88,6	5,6	137,3	6,5	602,4	33,3	0,5
L5	0-15	4,6	117,8	688	11	60,9	551,4	63,5	13,7	106,0	7,6	123,2	6,8	442,2	45,0	1,2
L5	15-30	4,7	130,6	628	14	53,7	616,5	49,5	14,3	109,0	7,3	132,8	6,6	516,7	43,5	0,9
B1	0-15	4,0	0	937	4	34,4	1533,4	55,6	567,0	457,6	3,7	3448,9	23,9	1482,1	251,9	5,1
B1	15-30	5,0	1187	927	36	51,7	1705,8	88,3	647,3	521,8	3,7	3299,3	17,0	1291,5	205,6	0,9
B2	0-15	4,0	0	1021	5	43,5	2055,1	107,7	662,1	719,8	10,5	3945,2	46,4	2465,5	174,6	2,3
B2	15-30	5,8	1954	1771	426	26,8	2142,5	82,4	690,5	604,5	10,4	3860,8	17,8	1431,2	193,0	0,1
B3	0-15	4,8	740,8	1288	32	64,2	1682,6	102,8	285,4	572,8	12,4	4393,2	26,0	1268,8	337,9	1,9
B3	15-30	6,4	2171	976	956	58,1	1603,5	86,5	385,2	442,8	2,4	2876,9	10,7	841,3	220,9	1,2
B4	0-15	5,7	1253	1723	382	48,6	1456,6	109,8	751,4	458,0	1,2	3293,2	33,6	1442,5	168,3	0,6
B4	15-30	6,7	3273	1200	2423	26,6	1864,3	91,2	751,2	586,4	4,1	3589,0	24,7	932,6	361,7	0,1
B5	0-15	5,5	1045	1321	175	41,3	1599,3	86,8	492,3	523,5	1,3	4158,8	32,9	1918,6	194,3	0,4
B5	15-30	6,4	1606	915	1041	13,3	1703,8	19,7	599,0	553,1	1,5	3747,7	9,4	1955,1	250,8	0,6

(b) Vernattingsexperiment: Tijdstip 1

monster	diepte cm	pH	pH	pH	Alkal. $\mu\text{equiv L}^{-1}$	Alkal. $\mu\text{equiv L}^{-1}$	Alkal. $\mu\text{equiv L}^{-1}$	Ca $\mu\text{mol L}^{-1}$	Ca $\mu\text{mol L}^{-1}$	Ca $\mu\text{mol L}^{-1}$	Fe $\mu\text{mol L}^{-1}$	Fe $\mu\text{mol L}^{-1}$	Fe $\mu\text{mol L}^{-1}$
B1	0-15	4,0	4,3	4,4	0	164	143	1533	1461	850	56	302	184
B2	0-15	4,0	4,4	4,5	0	320	275	2055	1371	958	108	285	240
B3	0-15	4,8	5,1	5,2	741	1564	1700	1683	2145	2062	103	361	408
B4	0-15	5,7	5,8	5,8	1253	1613	1359	1457	1560	1292	110	172	159
B5	0-15	5,5	5,8	6,2	1045	1971	1787	1599	1768	1388	87	218	160
	<i>mean</i>	4,8	5,1	5,2	608	1126	1053	1665	1661	1310	93	268	230
	<i>min</i>	4,0	4,3	4,4	0	164	143	1457	1371	850	56	172	159
	<i>max</i>	5,7	5,8	6,2	1253	1971	1787	2055	2145	2062	110	361	408
L1	0-15	4,5	4,7	4,7	67	1543	122	551	924	554	21	547	191
L2	0-15	4,5	4,7	4,9	45	747	305	554	1053	547	35	735	411
L3	0-15	5,1	5,3	5,3	611	2441	857	777	1363	1014	192	1147	880
L4	0-15	4,7	6,0	4,7	170	2597	349	504	789	793	22	189	523
L5	0-15	4,6	4,7	5,0	118	718	1001	551	1148	1220	63	994	1366
	<i>mean</i>	4,7	5,1	4,9	202	1609	527	588	1055	826	67	722	675
	<i>min</i>	4,5	4,7	4,7	45	718	122	504	789	547	21	189	191
	<i>max</i>	5,1	6,0	5,3	611	2597	1001	777	1363	1220	192	1147	1366
S1	0-15	5,7	6,0	5,0	899	3241	901	474	1997	976	117	2004	970
S2	0-15	6,1	6,4	7,0	1282	4789	4838	637	2339	2312	60	446	505
S3	0-15	5,9	6,8	7,0	974	8348	7689	561	3705	2837	14	692	350
S4	0-15	6,7	6,9	7,9	3275	8415	6101	1465	3673	2725	238	699	366
S5	0-15	5,5	6,2	6,8	746	5175	4276	693	2922	2383	51	1980	926
	<i>mean</i>	6,0	6,5	6,8	1435	5994	4761	766	2927	2247	96	1164	623
	<i>min</i>	5,5	6,0	5,0	746	3241	901	474	1997	976	14	446	350
	<i>max</i>	6,7	6,9	7,9	3275	8415	7689	1465	3705	2837	238	2004	970
S6	0-15	5,1	6,0	6,0	228	2622	1225	518	1820	1408	23	1173	719
S7	0-15	5,5	5,7	6,0	636	1456	2502	688	1573	2149	29	922	1565
S8	0-15	5,1	6,8	6,9	451	3169	2598	655	1620	2278	43	657	703
S9	0-15	4,8	5,8	6,1	196	1885	643	612	1681	940	21	850	346
S10	0-15	5,7	6,1	6,1	566	4421	2409	840	2637	1730	87	1912	804
	<i>mean</i>	5,3	6,1	6,2	415	2711	1875	662	1866	1701	40	1103	827
	<i>min</i>	4,8	5,7	6,0	196	1456	643	518	1573	940	21	657	346
	<i>max</i>	5,7	6,8	6,9	636	4421	2598	840	2637	2278	87	1912	1565

monster	diepte cm	K $\mu\text{mol L}^{-1}$	K $\mu\text{mol L}^{-1}$	K $\mu\text{mol L}^{-1}$	Mg $\mu\text{mol L}^{-1}$	Mg $\mu\text{mol L}^{-1}$	Mg $\mu\text{mol L}^{-1}$	Na $\mu\text{mol L}^{-1}$	Na $\mu\text{mol L}^{-1}$	Na $\mu\text{mol L}^{-1}$	Cl $\mu\text{mol L}^{-1}$	Cl $\mu\text{mol L}^{-1}$	Cl $\mu\text{mol L}^{-1}$
B1	0-15	567,0	705,9	558,6	458	367	229	3449	3420	2512	3747	6515	4207
B2	0-15	662,1	794,4	617,6	720	378	261	3945	3199	2400	2199	6090	3892
B3	0-15	285,4	453,7	443,5	573	553	516	4393	4140	3590	1954	5437	703
B4	0-15	751,4	889,5	729,4	458	380	317	3293	2984	2444	2031	3374	2737
B5	0-15	492,3	541,7	456,8	523	422	344	4159	3627	3023	507	3489	2371
	<i>mean</i>	551,7	677,0	561,2	546	420	333	3848	3474	2794	2087	4981	2782
	<i>min</i>	285,4	453,7	443,5	458	367	229	3293	2984	2400	507	3374	703
	<i>max</i>	751,4	889,5	729,4	720	553	516	4393	4140	3590	3747	6515	4207
L1	0-15	12,1	3,9	6,7	92	156	102	157	104	121	125	412	266
L2	0-15	13,0	5,9	8,7	78	129	76	103	6	82	136	343	377
L3	0-15	24,5	35,6	32,1	124	171	140	203	202	177	182	551	556
L4	0-15	14,9	14,3	14,2	75	116	112	149	1231	134	142	676	491
L5	0-15	13,7	12,6	21,0	106	200	222	123	59	163	166	433	687
	<i>mean</i>	15,6	14,5	16,5	95	154	130	147	320	135	150	483	475
	<i>min</i>	12,1	3,9	6,7	75	116	76	103	6	82	125	343	266
	<i>max</i>	24,5	35,6	32,1	124	200	222	203	1231	177	182	676	687
S1	0-15	11,2	24,6	19,3	68	253	151	1246	2232	1460	1165	1737	1340
S2	0-15	6,5	12,5	13,8	93	345	369	620	1181	999	388	528	617
S3	0-15	10,1	16,4	14,3	86	618	507	990	2376	1780	277	671	733
S4	0-15	17,3	46,9	34,7	286	685	530	1186	1993	2265	584	835	1752
S5	0-15	14,5	34,3	27,9	137	626	495	1711	3449	2664	1664	1882	1984
	<i>mean</i>	11,9	26,9	22,0	134	505	410	1151	2246	1833	816	1131	1285
	<i>min</i>	6,5	12,5	13,8	68	253	151	620	1181	999	277	528	617
	<i>max</i>	17,3	46,9	34,7	286	685	530	1711	3449	2664	1664	1882	1984
S6	0-15	7,1	9,5	8,3	46	163	129	86	22	84	356	493	414
S7	0-15	3,8	12,5	14,0	61	146	225	154	132	3251	170	625	3767
S8	0-15	8,9	7,9	19,4	68	178	273	125	98	150	226	517	621
S9	0-15	4,1	2,8	1,2	63	172	98	139	98	191	183	569	544
S10	0-15	7,6	11,9	11,2	109	324	239	141	105	130	153	347	453
	<i>mean</i>	6,3	8,9	10,8	69	197	193	129	91	761	218	511	1160
	<i>min</i>	3,8	2,8	1,2	46	146	98	86	22	84	153	347	414
	<i>max</i>	8,9	12,5	19,4	109	324	273	154	132	3251	356	625	3767

monster	diepte cm	P $\mu\text{mol L}^{-1}$	P $\mu\text{mol L}^{-1}$	P $\mu\text{mol L}^{-1}$	PO4 $\mu\text{mol L}^{-1}$	PO4 $\mu\text{mol L}^{-1}$	PO4 $\mu\text{mol L}^{-1}$	NO3 $\mu\text{mol L}^{-1}$	NO3 $\mu\text{mol L}^{-1}$	NO3 $\mu\text{mol L}^{-1}$	NH4 $\mu\text{mol L}^{-1}$	NH4 $\mu\text{mol L}^{-1}$	NH4 $\mu\text{mol L}^{-1}$
B1	0-15	23,9	127,8	156,3	15,0	95,0	142,3	18,7	3,9	1,3	234,0	468,5	1081,0
B2	0-15	46,4	242,4	304,8	37,4	159,3	287,8	9,3	5,7	5,3	297,7	521,3	1363,0
B3	0-15	26,0	115,0	251,6	17,9	94,6	229,0	9,9	5,7	11,0	120,8	250,9	1035,6
B4	0-15	33,6	94,0	125,5	22,7	79,8	110,1	3,6	7,9	12,0	116,3	187,0	261,1
B5	0-15	32,9	192,2	187,6	27,2	177,0	155,6	3,2	9,1	6,4	213,9	291,4	402,1
	mean	32,6	154,3	205,2	24,0	121,1	184,9	8,9	6,5	7,2	196,5	343,8	828,6
	min	23,9	94,0	125,5	15,0	79,8	110,1	3,2	3,9	1,3	116,3	187,0	261,1
	max	46,4	242,4	304,8	37,4	177,0	287,8	18,7	9,1	12,0	297,7	521,3	1363,0
L1	0-15	7,1	4,0	2,4	6,1	0,7	0,4	28,0	10,3	19,9	13,4	50,5	25,7
L2	0-15	11,1	5,6	4,3	6,3	0,4	0,7	8,6	4,6	1,0	19,7	60,5	130,2
L3	0-15	10,1	12,1	9,9	3,5	1,5	3,5	1,5	1,2	0,0	38,6	206,3	335,5
L4	0-15	7,4	3,2	4,6	6,1	1,2	1,0	3,8	3,6	0,0	25,1	99,0	142,1
L5	0-15	6,8	8,8	11,8	3,8	0,8	3,5	14,9	2,8	2,5	29,5	100,7	272,5
	mean	8,5	6,7	6,6	5,2	0,9	1,8	11,4	4,5	4,7	25,3	103,4	181,2
	min	6,8	3,2	2,4	3,5	0,4	0,4	1,5	1,2	0,0	13,4	50,5	25,7
	max	11,1	12,1	11,8	6,3	1,5	3,5	28,0	10,3	19,9	38,6	206,3	335,5
S1	0-15	7,0	18,8	16,5	3,1	0,6	2,1	5,3	0,7	0,8	43,4	236,6	429,4
S2	0-15	8,2	10,0	9,3	4,5	0,2	0,6	13,0	0,3	4,0	18,2	73,7	187,9
S3	0-15	5,4	9,9	9,3	3,0	0,2	0,9	24,7	0,0	3,4	13,8	110,3	186,2
S4	0-15	9,3	12,5	11,3	0,5	0,2	2,8	8,3	0,0	18,6	32,0	200,3	184,3
S5	0-15	7,9	23,2	18,8	4,9	0,4	1,0	15,7	0,4	21,7	36,5	177,4	321,0
	mean	7,6	14,9	13,0	3,2	0,3	1,5	13,4	0,3	9,7	28,8	159,7	261,7
	min	5,4	9,9	9,3	0,5	0,2	0,6	5,3	0,0	0,8	13,8	73,7	184,3
	max	9,3	23,2	18,8	4,9	0,6	2,8	24,7	0,7	21,7	43,4	236,6	429,4
S6	0-15	11,8	12,5	10,1	8,1	1,2	1,0	16,8	1,3	4,5	19,4	77,0	95,5
S7	0-15	10,0	13,6	19,3	4,5	1,9	2,7	7,4	3,1	11,8	18,9	131,2	361,2
S8	0-15	10,4	10,5	12,6	6,7	0,7	2,1	4,1	1,3	27,7	31,1	127,3	388,9
S9	0-15	7,3	15,2	10,7	6,4	1,1	1,0	6,8	1,1	110,9	18,5	94,0	188,9
S10	0-15	10,4	19,2	14,3	4,0	0,6	4,4	3,9	0,5	10,3	19,1	132,0	120,4
	mean	10,0	14,2	13,4	5,9	1,1	2,2	7,8	1,5	33,0	21,4	112,3	231,0
	min	7,3	10,5	10,1	4,0	0,6	1,0	3,9	0,5	4,5	18,5	77,0	95,5
	max	11,8	19,2	19,3	8,1	1,9	4,4	16,8	3,1	110,9	31,1	132,0	388,9

monster	diepte cm	SO4 $\mu\text{mol L}^{-1}$	SO4 $\mu\text{mol L}^{-1}$	SO4 $\mu\text{mol L}^{-1}$	Al $\mu\text{mol L}^{-1}$	Al $\mu\text{mol L}^{-1}$	Al $\mu\text{mol L}^{-1}$	Mn $\mu\text{mol L}^{-1}$	Mn $\mu\text{mol L}^{-1}$	Mn $\mu\text{mol L}^{-1}$	Si $\mu\text{mol L}^{-1}$	Si $\mu\text{mol L}^{-1}$	Si $\mu\text{mol L}^{-1}$
B1	0-15	1482	430	284	34,4	95,9	68,9	3,7	3,5	2,1	252	1206	1117
B2	0-15	2466	427	364	43,5	95,4	86,4	10,5	6,7	4,3	175	922	963
B3	0-15	1269	466	499	64,2	108,2	156,0	12,4	11,6	12,4	338	972	973
B4	0-15	1442	481	425	48,6	70,0	76,5	1,2	1,4	1,1	168	775	844
B5	0-15	1919	550	461	41,3	68,0	54,1	1,3	1,4	1,0	194	882	933
	mean	1715	471	407	46,4	87,5	88,4	5,8	4,9	4,2	225	951	966
	min	1269	427	284	34,4	68,0	54,1	1,2	1,4	1,0	168	775	844
	max	2466	550	499	64,2	108,2	156,0	12,4	11,6	12,4	338	1206	1117
L1	0-15	528	954	458	35,7	152,0	85,2	2,7	6,3	4,0	36	188	188
L2	0-15	491	669	278	34,6	203,9	98,0	6,9	15,7	8,4	37	158	166
L3	0-15	660	486	406	85,2	203,2	180,1	18,3	30,5	24,7	46	177	187
L4	0-15	409	226	354	39,0	55,0	145,5	4,4	6,6	8,6	29	98	124
L5	0-15	442	601	683	60,9	335,7	306,9	7,6	17,5	19,4	45	187	203
	mean	506	587	436	51,1	190,0	163,1	8,0	15,3	13,0	39	162	174
	min	409	226	278	34,6	55,0	85,2	2,7	6,3	4,0	29	98	124
	max	660	954	683	85,2	335,7	306,9	18,3	30,5	24,7	46	188	203
S1	0-15	165	622	429	45,5	124,1	149,2	11,7	62,8	26,0	49	160	152
S2	0-15	123	178	173	27,7	17,8	19,0	9,9	45,4	50,3	35	59	62
S3	0-15	215	243	188	39,1	20,0	11,0	5,2	86,8	57,2	27	66	64
S4	0-15	81	159	141	6,4	7,9	6,0	33,1	92,0	62,9	68	114	104
S5	0-15	278	510	373	45,1	79,2	44,8	6,8	87,2	65,8	40	127	122
	mean	172	343	261	32,8	49,8	46,0	13,3	74,8	52,4	44	105	101
	min	81	159	141	6,4	7,9	6,0	5,2	45,4	26,0	27	59	62
	max	278	622	429	45,5	124,1	149,2	33,1	92,0	65,8	68	160	152
S6	0-15	244	355	307	33,7	63,4	39,1	7,0	80,4	62,5	67	97	104
S7	0-15	428	396	530	37,4	76,1	62,4	13,4	63,4	105,6	63	139	111
S8	0-15	327	305	350	44,1	41,2	29,5	17,5	77,1	123,0	65	102	94
S9	0-15	379	388	257	42,7	85,4	35,8	14,0	88,2	39,1	67	165	152
S10	0-15	516	358	262	19,3	35,3	23,0	34,4	131,7	101,4	74	141	150
	mean	379	360	341	35,5	60,3	37,9	17,2	88,2	86,3	67	129	122
	min	244	305	257	19,3	35,3	23,0	7,0	63,4	39,1	63	97	94
	max	516	396	530	44,1	85,4	62,4	34,4	131,7	123,0	74	165	152

Tijdstip 2

monster	diepte cm	pH	pH	pH	Alkal. µequiv L ⁻¹	Alkal. µequiv L ⁻¹	Alkal. µequiv L ⁻¹	Ca µmol L ⁻¹	Ca µmol L ⁻¹	Ca µmol L ⁻¹	Fe µmol L ⁻¹	Fe µmol L ⁻¹	Fe µmol L ⁻¹
B1	15-30	5,0	5,8	5,4	1187	2146	1651	1706	2197	2080	88	226	330
B2	15-30	5,8	6,8	6,7	1954	2862	1833	2142	2008	1601	82	121	139
B3	15-30	6,4	6,8	6,7	2171	3881	2866	1604	2542	2242	87	228	267
B4	15-30	6,7	7,5	7,1	3273	5707	3947	1864	2495	1824	91	149	95
B5	15-30	6,4	6,9	8,0	1606	4544	4320	1704	2013	1825	20	65	101
	mean	6,0	6,8	6,8	2038	3828	2923	1804	2251	1914	74	158	186
	min	5,0	5,8	5,4	1187	2146	1651	1604	2008	1601	20	65	95
	max	6,7	7,5	8,0	3273	5707	4320	2142	2542	2242	91	228	330
L1	15-30	4,4	4,5	4,7	39	88	200	890	2101	1044	46	576	285
L2	15-30	4,7	4,5	4,4	127	699	96	723	2009	756	51	934	153
L3	15-30	4,8	4,9	4,6	171	1665	119	776	1510	761	39	280	62
L4	15-30	5,0	4,9	4,7	389	668	121	800	2423	1629	66	468	174
L5	15-30	4,7	4,9	4,6	131	449	221	617	1085	827	50	562	347
	mean	4,7	4,8	4,6	171	714	151	761	1826	1003	50	564	204
	min	4,4	4,5	4,4	39	88	96	617	1085	756	39	280	62
	max	5,0	4,9	4,7	389	1665	221	890	2423	1629	66	934	347
S1	15-30	6,3	6,5	6,4	1062	1208	1445	661	744	715	85	134	154
S2	15-30	6,2	7,0	7,0	1846	2602	1980	926	1501	1130	124	258	168
S3	15-30	6,3	6,8	7,6	1962	6730	6885	853	2892	2857	66	325	191
S4	15-30	6,5	6,7	7,3	1259	3103	2729	726	1666	1407	88	302	243
S5	15-30	6,1	7,6	6,9	1128	4461	1873	749	1138	1052	106	202	182
	mean	6,3	6,9	7,0	1451	3621	2982	783	1588	1432	94	244	188
	min	6,1	6,5	6,4	1062	1208	1445	661	744	715	66	134	154
	max	6,5	7,6	7,6	1962	6730	6885	926	2892	2857	124	325	243
S6	15-30	5,6	5,7	5,8	347	364	244	611	2395	1644	29	227	226
S7	15-30	5,8	6,0	6,6	618	1181	1506	826	1465	1439	46	238	342
S8	15-30	5,6	6,1	6,5	676	1336	1762	839	1346	1422	29	126	175
S9	15-30	5,3	5,9	6,2	403	1039	1587	674	1406	1447	7	304	401
S10	15-30	5,4	6,2	6,4	461	2631	1765	983	1989	1385	48	1092	582
	mean	5,6	6,0	6,3	501	1310	1373	786	1720	1467	32	397	345
	min	5,3	5,7	5,8	347	364	244	611	1346	1385	7	126	175
	max	5,8	6,2	6,6	676	2631	1765	983	2395	1644	48	1092	582

monster	diepte cm	K µmol L ⁻¹	K µmol L ⁻¹	K µmol L ⁻¹	Mg µmol L ⁻¹	Mg µmol L ⁻¹	Mg µmol L ⁻¹	Na µmol L ⁻¹	Na µmol L ⁻¹	Na µmol L ⁻¹	Cl µmol L ⁻¹	Cl µmol L ⁻¹	Cl µmol L ⁻¹
B1	15-30	647,3	757,8	658,3	522	509	448	3299	2985	2615	2865	2101	3581
B2	15-30	690,5	894,6	663,7	605	455	359	3861	3629	2672	1567	4771	2973
B3	15-30	385,2	543,2	466,8	443	557	506	2877	2950	2515	2083	2990	2174
B4	15-30	751,2	1002,6	758,1	586	660	501	3589	3881	2877	1931	3142	2035
B5	15-30	599,0	712,0	607,4	553	533	488	3748	3729	3037	300	2722	1842
	mean	614,6	782,0	630,8	542	543	460	3475	3435	2743	1749	3145	2521
	min	385,2	543,2	466,8	443	455	359	2877	2950	2515	300	2101	1842
	max	751,2	1002,6	758,1	605	660	506	3861	3881	3037	2865	4771	3581
L1	15-30	19,5	26,2	13,2	130	273	140	167	140	150	131	184	348
L2	15-30	11,0	16,4	6,8	82	213	81	109	84	78	144	227	296
L3	15-30	17,3	15,8	13,0	95	160	80	146	104	111	157	253	282
L4	15-30	15,3	18,5	11,6	89	258	182	137	155	135	169	220	236
L5	15-30	14,3	17,1	15,0	109	165	134	133	83	338	152	639	474
	mean	15,5	18,8	11,9	101	214	123	138	113	163	150	305	327
	min	11,0	15,8	6,8	82	160	80	109	83	78	131	184	236
	max	19,5	26,2	15,0	130	273	182	167	155	338	169	639	474
S1	15-30	12,7	7,4	4,3	112	120	117	1450	1766	1360	1239	1629	1353
S2	15-30	16,8	36,4	20,2	147	197	161	724	997	754	535	875	777
S3	15-30	7,1	7,1	5,6	156	465	487	1220	2257	1739	792	1036	852
S4	15-30	17,7	1,6	7,0	126	275	239	651	1113	839	578	830	842
S5	15-30	11,0	10,8	9,1	129	197	195	862	1216	978	788	813	816
	mean	13,1	12,7	9,2	134	251	240	981	1470	1134	786	1037	928
	min	7,1	1,6	4,3	112	120	117	651	997	754	535	813	777
	max	17,7	36,4	20,2	156	465	487	1450	2257	1739	1239	1629	1353
S6	15-30	7,1	15,7	4,3	50	191	138	81	43	75	282	203	253
S7	15-30	13,5	18,3	4,4	87	125	132	129	55	120	211	289	461
S8	15-30	9,9	1,0	3,6	71	107	120	132	23	91	189	259	337
S9	15-30	8,5	0,6	3,5	58	114	121	115	38	92	205	433	488
S10	15-30	6,4	1,0	5,5	138	238	170	253	225	217	164	301	373
	mean	9,1	7,3	4,3	81	155	136	142	77	119	210	297	382
	min	6,4	0,6	3,5	50	107	120	81	23	75	164	203	253
	max	13,5	18,3	5,5	138	238	170	253	225	217	282	433	488

monster	diepte cm	P			PO4			NO3			NH4		
		$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$
B1	15-30	17,0	93,5	271,6	13,5	49,7	145,9	9,3	3,6	19,2	122,1	127,8	712,9
B2	15-30	17,8	72,7	127,0	11,2	20,4	109,3	8,0	7,3	30,1	91,3	264,1	288,9
B3	15-30	10,7	43,0	56,1	4,9	13,9	38,6	2,0	59,4	32,7	53,1	278,5	274,1
B4	15-30	24,7	84,0	62,5	14,7	38,1	52,4	5,5	8,1	58,0	69,8	358,0	190,6
B5	15-30	9,4	35,9	63,9	7,2	23,8	53,2	20,9	5,2	10,8	56,8	228,3	141,2
	mean	15,9	65,8	116,2	10,3	29,2	79,9	9,1	16,7	30,2	78,6	251,3	321,5
	min	9,4	35,9	56,1	4,9	13,9	38,6	2,0	3,6	10,8	53,1	127,8	141,2
	max	24,7	93,5	271,6	14,7	49,7	145,9	20,9	59,4	58,0	122,1	358,0	712,9
L1	15-30	7,0	2,6	2,9	13,3	0,1	0,5	5,8	7,0	38,2	30,6	49,1	90,4
L2	15-30	8,9	5,9	2,9	5,6	0,3	0,3	2,0	6,3	11,6	42,0	99,0	55,9
L3	15-30	7,9	4,1	1,8	6,5	0,5	0,3	0,3	5,8	3,4	32,0	68,2	16,3
L4	15-30	6,5	3,5	1,7	4,9	0,2	0,5	0,0	2,2	6,7	38,5	146,9	140,6
L5	15-30	6,6	8,7	5,7	4,8	1,7	1,7	1,8	4,9	11,1	51,0	106,5	96,0
	mean	7,4	5,0	3,0	7,0	0,6	0,7	2,0	5,2	14,2	38,8	93,9	79,8
	min	6,5	2,6	1,7	4,8	0,1	0,3	0,0	2,2	3,4	30,6	49,1	16,3
	max	8,9	8,7	5,7	13,3	1,7	1,7	5,8	7,0	38,2	51,0	146,9	140,6
S1	15-30	11,0	2,5	3,0	5,6	0,3	1,3	3,2	0,5	2,4	30,9	33,6	64,7
S2	15-30	5,4	1,9	2,0	1,7	0,2	0,4	1,1	0,3	6,5	13,9	35,8	49,1
S3	15-30	4,3	3,9	5,3	2,0	0,1	0,4	30,5	0,6	4,6	12,1	46,3	73,3
S4	15-30	6,0	2,8	2,8	2,8	0,2	1,1	8,6	0,1	7,1	36,9	38,3	62,0
S5	15-30	5,8	3,0	2,9	2,7	0,7	0,9	6,0	0,0	3,4	37,8	56,1	87,8
	mean	6,5	2,8	3,2	3,0	0,3	0,8	9,9	0,3	4,8	26,3	42,0	67,4
	min	4,3	1,9	2,0	1,7	0,1	0,4	1,1	0,0	2,4	12,1	33,6	49,1
	max	11,0	3,9	5,3	5,6	0,7	1,3	30,5	0,6	7,1	37,8	56,1	87,8
S6	15-30	8,4	1,8	2,1	9,3	0,0	0,5	2,3	1,5	13,0	29,2	53,5	62,0
S7	15-30	10,3	3,4	5,1	2,9	0,1	0,8	0,8	2,4	10,7	25,1	31,4	65,9
S8	15-30	10,5	2,6	3,0	8,7	0,1	0,4	5,8	4,7	12,0	22,2	27,2	49,9
S9	15-30	12,0	5,7	14,5	7,6	0,5	1,1	18,5	2,0	0,9	16,6	37,9	70,7
S10	15-30	10,0	8,0	7,0	2,8	0,6	3,1	9,8	1,6	61,6	25,1	88,2	106,6
	mean	10,2	4,3	6,3	6,3	0,3	1,2	7,5	2,4	19,6	23,7	47,6	71,0
	min	8,4	1,8	2,1	2,8	0,0	0,4	0,8	1,5	0,9	16,6	27,2	49,9
	max	12,0	8,0	14,5	9,3	0,6	3,1	18,5	4,7	61,6	29,2	88,2	106,6

monster	diepte cm	SO4			Al			Mn			Si		
		$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$	$\mu\text{mol L}^{-1}$
B1	15-30	1292	420	513	51,7	86,6	135,6	3,7	5,1	5,2	206	669	743
B2	15-30	1431	343	355	26,8	35,9	59,2	10,4	8,0	7,6	193	477	508
B3	15-30	841	407	393	58,1	83,7	86,7	2,4	3,6	3,7	221	567	521
B4	15-30	933	412	440	26,6	39,3	27,0	4,1	4,6	3,3	362	648	568
B5	15-30	1955	366	286	13,3	21,9	28,4	1,5	1,8	2,3	251	495	478
	mean	1290	390	397	35,3	53,5	67,4	4,4	4,6	4,4	246	571	564
	min	841	343	286	13,3	21,9	27,0	1,5	1,8	2,3	193	477	478
	max	1955	420	513	58,1	86,6	135,6	10,4	8,0	7,6	362	669	743
L1	15-30	991	2516	910	35,7	121,6	88,1	4,1	11,1	5,7	30	136	162
L2	15-30	604	1964	479	42,1	164,1	85,7	6,8	23,1	8,6	45	167	177
L3	15-30	678	1418	509	38,2	79,9	56,2	6,3	11,8	6,1	31	85	89
L4	15-30	602	2634	1674	40,3	83,6	44,3	5,6	19,1	12,8	33	102	104
L5	15-30	517	692	394	53,7	175,8	152,0	7,3	14,4	11,2	44	159	168
	mean	679	1845	793	42,0	125,0	85,2	6,0	15,9	8,9	37	130	140
	min	517	692	394	35,7	79,9	44,3	4,1	11,1	5,7	30	85	89
	max	991	2634	1674	53,7	175,8	152,0	7,3	23,1	12,8	45	167	177
S1	15-30	83	149	153	13,3	23,8	26,2	4,4	5,9	6,2	39	81	84
S2	15-30	78	151	130	16,0	13,5	14,6	5,6	13,0	7,7	27	48	51
S3	15-30	117	161	128	9,3	9,9	8,6	5,5	33,2	46,1	20	35	38
S4	15-30	67	140	126	9,9	9,0	14,1	9,1	24,3	22,4	51	104	97
S5	15-30	118	207	152	13,4	17,4	14,6	6,2	8,2	9,2	47	105	100
	mean	92	162	138	12,4	14,7	15,6	6,2	16,9	18,3	37	75	74
	min	67	140	126	9,3	9,0	8,6	4,4	5,9	6,2	20	35	38
	max	118	207	153	16,0	23,8	26,2	9,1	33,2	46,1	51	105	100
S6	15-30	356	2571	1476	14,5	16,8	17,6	5,6	34,5	19,9	66	131	103
S7	15-30	447	561	314	23,0	30,3	27,9	8,0	14,1	19,7	96	150	115
S8	15-30	380	390	183	18,3	22,2	14,5	7,2	10,5	13,6	59	97	72
S9	15-30	393	527	261	29,0	59,5	37,8	4,7	28,1	27,1	62	146	106
S10	15-30	975	669	264	10,4	27,5	25,3	35,6	75,2	52,1	146	177	184
	mean	510	943	500	19,1	31,3	24,6	12,2	32,5	26,5	86	140	116
	min	356	390	183	10,4	16,8	14,5	4,7	10,5	13,6	59	97	72
	max	975	2571	1476	29,0	59,5	37,8	35,6	75,2	52,1	146	177	184

Bijlage 3 Grondwatermodel

Bijlage 3. Grondwatermodel

Voor Polder Stein (deel natuurgebied) en polder Lang Roggebroek is elk een grondwatermodel opgezet. In het onderstaande staat eerst een modelbeschrijving gegeven. Daarna wordt ingegaan op de ijking/verificatie. Vervolgens komt in het kort de ijking/verificatie in relatie tot de berekeningsresultaten aan het bod.

Modelbeschrijving

Stationair en instationair

Voor beide gebieden zijn zowel stationaire als instationaire modellen opgezet (zie kader). Deze grondwatermodellen zijn gebruikt om meer inzicht te krijgen in het grondwaterregime ter plaatse van de natuurgebieden (bijvoorbeeld GxG's en wegzijging/kwelffluxen). Daarnaast kunnen met de modellen maatregelen worden doorgerekend, waardoor geohydrologische effecten van de maatregelen op de freatische grondwaterstand inzichtelijk worden.

Stationaire en instationaire modellen

Met stationaire modellen worden 'constante' berekeningen uitgevoerd (constant in de tijd). Bij dit type berekeningen kan alleen constante modelinvoer worden gebruikt (bijvoorbeeld langjarig gemiddelde neerslag/verdamping). Met instationaire modellen worden tijdsafhankelijke berekeningen uitgevoerd, waarbij de berekeningsresultaten variëren in de tijd. Bij instationaire berekeningen kan modelinvoer worden gebruikt die varieert in de tijd (bijvoorbeeld tweewekelijkse neerslag/verdamping).

Rekencode

Als rekencode wordt 'flairs' gebruikt. 'Flairs' is een programma dat rekt volgens de 'eindige elementen methode'. De modellen zijn opgezet in de gebruikersschil Triwaco (www.triwaco.nl). Binnen Triwaco kunnen ondermeer diverse gegevensbestanden omgezet worden naar modelinvoer en rekencodes worden aangestuurd.

Aandachtsgebied en omgeving

Bij de berekeningen is veel aandacht besteedt aan de situatie ter plaatse van polder Stein en polder Lang Roggebroek. Weinig aandacht is besteedt aan de omgeving van de natuurgebieden. De omgeving is wel (vrij ruim) meegenomen in het modelgebied, maar heeft naar verwachting betrekkelijk weinig invloed op de berekeningsresultaten. De invloed vanuit de omgeving op de polders Stein en Lang Roggebroek verloopt in geohydrologische zin via het eerste watervoerende pakket (en verticaal door de deklaag). Directe beïnvloeding over het maaiveld of de ondiepe bodem speelt hoogstens een rol aan de randen (meters) doordat de watergangen een isolerende werking hebben op het doorwerken van geohydrologische effecten.

Grid

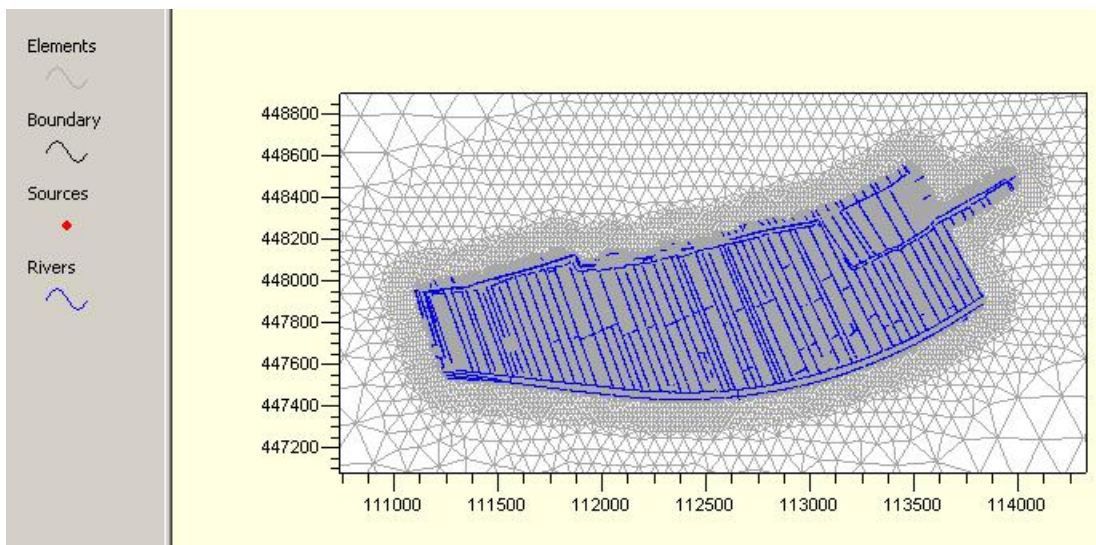
De modelgebieden zijn opgedeeld in driehoekige elementen met een onregelmatige vorm. Deze elementen worden aan elkaar verbonden door middel van knooppunten.

Aandachtsgebied

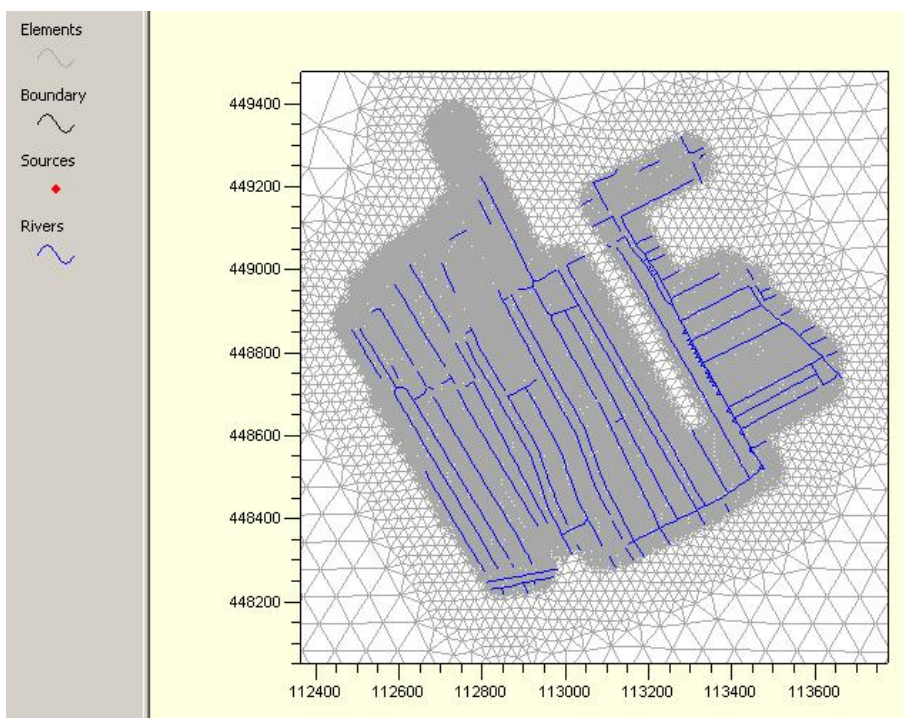
In de grondwatermodellen zijn aandachtsgebieden gemodelleerd. Dit zijn de desbetreffende natuurgebieden met een kleine zone hieromheen.

Binnen het aandachtsgebied is het modelgrid verfijnd. In het aandachtsgebied is de knooppuntsafstand circa 6 m. Van de rand van het aandachtsgebied tot de rand van het modelgebied neemt de knooppuntsafstand toe tot 250 m.

De randen van de netwerken (/grids) zijn behoorlijk ruim genomen en omvatten bijvoorbeeld het stedelijke gebied van Gouda en Reeuwijk. In het netwerken is een aantal onttrekkingen opgenomen door knopen specifiek aan te wijzen als bron. Binnen het aandachtsgebied zijn watergangen in het netwerk opgenomen als lijnelement. Zie figuur B3.1a en B3.b voor de grids nabij polder Stein en polder Lang Roggebroek.



Figuur B3.1a Grid (knopen- en elementennetwerk) polder Stein, inclusief watergangen.



Figuur B3.1b Grid (knopen- en elementennetwerk) polder Lang Roggebroek, inclusief watergangen.

Laagopbouw

Binnen de modellen is de bodem geschematiseerd door middel van drie modelaquifers en twee modelaquitards (tabel 1). De bovenste modelaquifer representeert de freatische laag, de middelste modelaquifer representeert een deel van de deklaag met nog enige horizontale doorlatendheid onder de freatische aquifer en de onderste modelaquifer representeert het eerste regionale watervoerende pakket. De verticale geohydrologische weerstand in de deklaag is gemodelleerd door middel van de twee weerstandslagen tussen respectievelijk de eerste en tweede en de tweede en derde modelaquifer. De scheidende laag onder het eerste watervoerende pakket is als geohydrologische basis beschouwd van de modellen.

Tabel B3.1. Laagopbouw grondwatermodellen.

Diepte (m tov NAP)	Beschrijving	Laag	Modellaag	k, kD en c
	topsysteem	drainage en grondwateraanvulling	'0'	n.v.t.
mv -2	freatische aquifer	Veen en klei	modelaquifer 1	1,5 m/d
-2 tot -2 1)	weerstandslaag	Veen en klei	modelaquitard 1	0,5 d
-2 tot -3	doorlatend deel v/d deklaag	Veen en klei	modelaquifer 2	1 m/d
-3 tot -12	weerstandslaag	Veen en klei	modelaquitard 2	2.000 d 2)
-12 tot -40	eerste regionale watervoerende pakket	Zand	modelaquifer 3	2.200 m ² /d 2)

1) de eerste weerstandslaag bestaat uit de verticale weerstand in de eerste modelaquifer (freatische aquifer) en het bovenste deel van de tweede modelaquifer. In het grondwatermodel is de absolute dikte van deze laag niet van belang.

2) Ter plaatse van de polders Stein en Lang Roggebroek

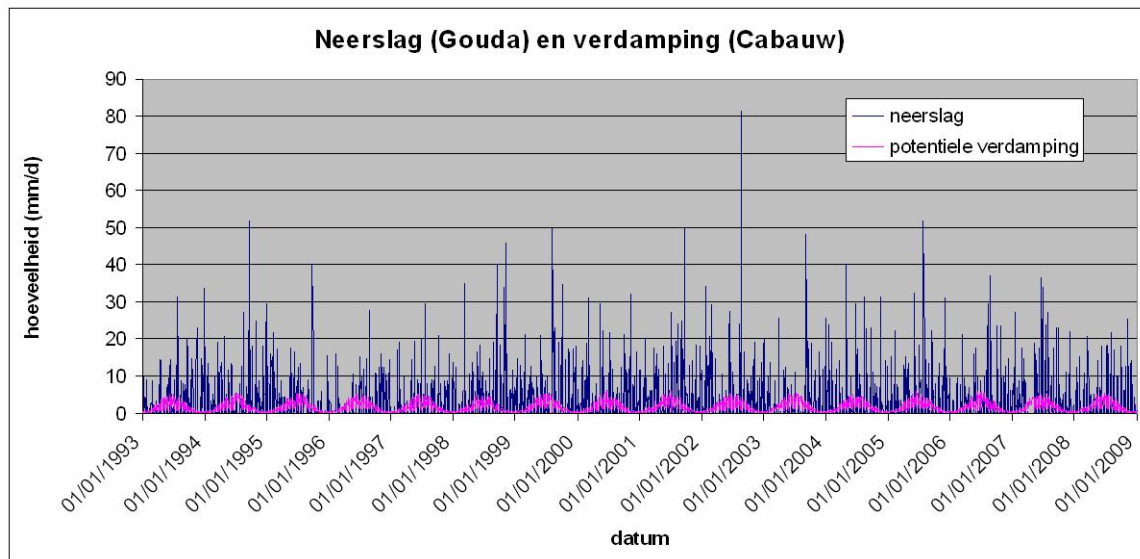
Grondwateraanvulling

Binnen het grondwatermodel wordt het netto neerslagoverschot gemodelleerd door middel van een modelparameter voor grondwateraanvulling (zie kader). De grondwateraanvulling is gebaseerd op de neerslag (KNMI neerslagstation Gouda), verdamping (KNMI meetstation Cabauw), type landgebruik en verhardingsfactor. Voor de neerslag en verdamping zie figuur B3.2.

Grondwateraanvulling

De netto grondwateraanvulling op dagbasis is de resultante van de dagelijkse neerslagsom minus de dagelijkse hoeveelheid verdamping. Op diverse locaties in Nederland wordt de neerslag op directe wijze gemeten. Verdamping wordt niet direct gemeten. Door het KNMI wordt echter de referentiegewasverdamping afgeleid uit een aantal andere parameters welke wel worden gemeten (onder andere temperatuur, zonneduur, luchtvochtigheid en windsnelheid). Deze referentiegewasverdamping is de verdamping voor een veld met gras (kort gemaaid). Op basis van deze referentiegewasverdamping kan door middel van gewasfactoren indirect de verdamping worden geschat voor andere gewassen.

Om het gebied te modelleren zijn verschillende gewasfactoren gebruikt voor een drietal typen landgebruik (tabel B3.2). Per type landgebruik is tevens een verhardingsfactor gegeven.



Figuur B3.2. Neerslag KNMI station Gouda en verdamping KNMI station Cabauw.

Tabel B3.2 Gemiddelde grondwateraanvulling voor verschillende vormen van landgebruik, op basis van gewas- en verhardingsfactoren.

Landgebruik	Gewasfactor	Verhardingsfactor	Gemiddelde grondwateraanvulling (mm/dag)	
			Periode 1989-2009	Periode 2007-2009
Gras	1	0	0,81	1,0
Water	1,25	0	0,40	0,62
Bebouwing	0,7	0,5	0,65	0,76

Oppervlaktewater

Binnen het aandachtsgebied zijn watergangen in het netwerk opgenomen als lijnelement, buiten het aandachtsgebied zijn de watergangen gemodelleerd als polder via het topsysteem. Deze vereenvoudiging buiten het aandachtsgebied is gerechtvaardigd omdat de wederzijdse beïnvloeding van het freatische grondwater binnen en buiten het aandachtsgebied hoofdzakelijk verloopt via het diepere grondwater in het eerste watervoerende pakket. De grote wateroppervlakken waaronder de grote plassen buiten de natuurgebieden en enkele kleinere plasjes binnen de natuurgebieden zijn wel gemodelleerd als oppervlaktes.

Voor de peilen van de watergangen en plassen is gebruik gemaakt van een peilenkaart van Hoogheemraadschap van Rijnland en informatie van Staatsbosbeheer. Onderscheid is gemaakt tussen winter- en zomerpeil.

Topsysteem

In de grondwatermodellen is gebruik gemaakt van een topsysteem. Via dit topsysteem wordt de grondwateraanvulling berekend aan de hand van een aantal parameters (resultante neerslag en verdamping, drainagesystemen binnen polders (in dit geval watergangen), drainage over maaiveld en een dummyweerstand (normaal is dit de deklaagweerstand, maar de deklaagweerstand is in de modellen gemodelleerd als watervoerende en scheidende lagen).

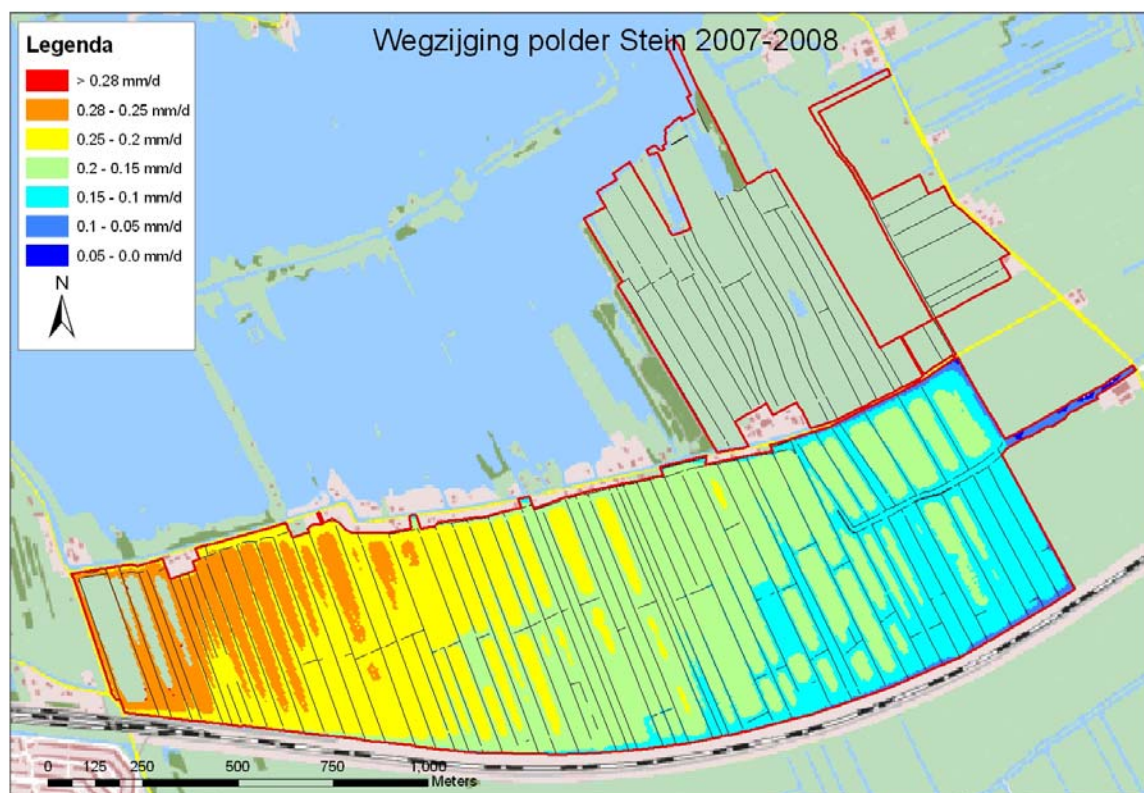
Randvoorwaarden

Om het grondwatermodel ruimtelijk te begrenzen zijn randen met bijbehorende randvoorwaarden gekozen. De randvoorwaarden aan de zijranden bestaan uit een vaste stijghoogte op basis van isohypsenkaarten uit het DINOloket (TNO). Deze vormen naar verwachting een redelijke benadering van de daadwerkelijke stijghoogtes en zijn geschikt als randvoorwaarde. Als bovenrandvoorwaarde geldt het topsysteem. Als onderrandvoorwaarde wordt altijd een dichte laag gehanteerd (geohydrologische basis).

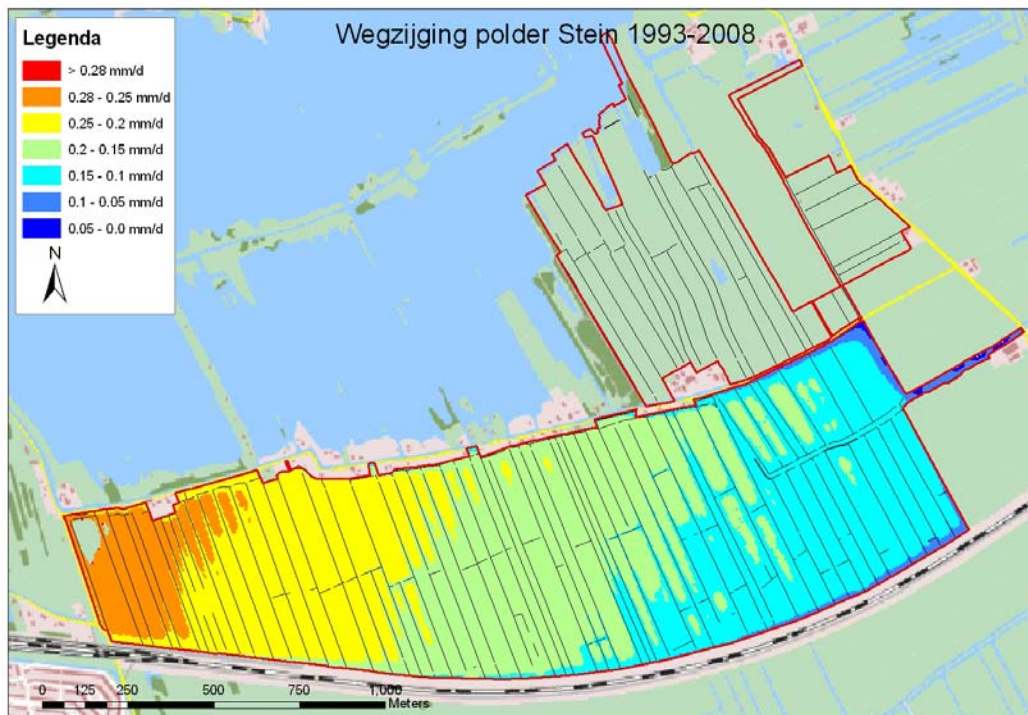
IJking/verificatie

Voor de ijking/verificatie is gebruik gemaakt van verschillende typen metingen: grondwaterstanden en maaldebieten. Op basis van de maalgegevens (zie hoofdrapport) is bepaald dat de gemiddelde dagelijkse wegzijging circa 0,15 à 0,2 mm/dag bedroeg in het jaar 2008. Deze neerwaartse flux is vergeleken met de neerwaartse flux in het model.

In figuur B3.3a is de berekende wegzijging door de deklaag in de periode 2007-2008 weergegeven. In het westen van polder Stein is de wegzijging groter dan in het oosten. Dit verschil wordt veroorzaakt door verschil in stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. De weerstand van de deklaag (modelaquitard 2) is handmatig aangepast tot 2.000 dagen. Daardoor bedraagt de gemiddelde wegzijging in het grondwatermodel circa 0,15 à 0,2 mm/dag en komt overeen met de wegzijging die wordt verwacht op basis van de waterbalans (meetgegevens afvoer gemaal Stein en neerslag/verdamping). De gemiddelde wegzijging in de periode 1993-2008 (figuur B3.3b) komt vrijwel overeen met de gemiddelde wegzijging in de periode 2007-2008.



Figuur B3.3a. Wegzijging deklaag polder Stein 2007-2008.



Figuur B3.3b. Wegzijing deklag polder Stein 1993-2008.

Doordat de wegzijging overeenkomt met de waarde die wordt verwacht op basis van de meetgegevens, mag er van worden uitgegaan dat de onderrandvoorwaarde van het lokale geohydrologische systeem polder Stein voldoende betrouwbaar is. Voor polder Lang Roggebroek waren geen geschikte meetgegevens voorhanden van de maalgegevens. Daarom is er vanuit gegaan dat de weerstand van de deklag ter plaatse van polder Lang Roggebroek vergelijkbaar is met de weerstand van de deklag ter plaatse van polder Stein (2.000 dagen).

Binnen de modelgebieden zijn meetgegevens beschikbaar van een aantal peilbuizen (B38B0241, B38B0242, B38B0243 en B38B0244). Voor de ijking/verificatie is geen gebruik gemaakt van de peilbuis B38B0241, omdat deze meetreeks zeer beperkt was. De gemeten grondwaterstanden zijn vergeleken met de berekende grondwaterstanden ter plaatse van de peilbuizen.

Peilbuis B38B0242

Peilbuis B38B0242 (figuur B3.4a) ligt in polder Stein. De peilbuis ligt dicht bij een watergang, waardoor de fluctuatie relatief beperkt is. De meetreeks bestaat uit twee delen (twee periodes). Voor de eerste periode wijken de berekende grondwaterstanden behoorlijk af van de gemeten grondwaterstanden. Bij de tweede periode komen de berekende grondwaterstanden op het oog behoorlijk goed overeen met de gemeten grondwaterstanden. Mogelijk is de berekende fluctuatie enigszins te groot. De afwijking in de eerste periode is vermoedelijk veroorzaakt door een ander oppervlaktewaterpeil. In het grondwatermodel is alleen met het huidige peil gerekend (voor de gehele periode 1993-2008).

Peilbuis B38B0243

Peilbuis B38B0243 (figuur B3.4b) ligt in polder Stein. De peilbuis ligt op enige afstand van een watergang, waardoor de invloed van de watergang relatief beperkt is en de fluctuatie van de grondwaterstand relatief groot. De meetreeks bestaat uit twee delen (twee periodes). Voor de eerste periode lijken de berekende grondwaterstanden op het oog te hoog berekend in vergelijking met de gemeten grondwaterstanden. Bij de tweede periode komen de berekende grondwaterstanden op het oog behoorlijk beter overeen met de gemeten grondwaterstanden. Vermoedelijk is de berekende fluctuatie enigszins te groot. De afwijking in de eerste periode is vermoedelijk veroorzaakt door een ander oppervlaktewaterpeil. In het grondwatermodel is alleen met het huidige peil gerekend (voor de gehele periode 1993-2008).

Peilbuis B38B0244

Peilbuis B38B0244 (figuur B3.4c) ligt in polder Lang Roggebroek. Op basis van de metadata van peilbuis B38B0244, de ligging van watergangen (leggergegevens Rijnland) en de grote fluctuatie in gemeten grondwaterstand bij de peilbuis is ingeschat dat de locatie beschreven in de metadata niet correct is (op basis van beschikbare gegevens lijkt de watergang wel aanwezig te zijn). Op basis van de beschikbare gegevens zou de peilbuis namelijk binnen enkele meters van een watergang moeten liggen, terwijl de fluctuatie van de gemeten grondwaterstand zeer groot is. Een dergelijk grote fluctuatie wordt niet verwacht binnen enkele meters van een watergang, maar past eerder bij een grondwaterstand in het midden van een perceel. Daarom is de locatie van de peilbuis ten behoeve van de ijking circa 75 meter verplaatst naar het midden van een perceel ten oosten van de peilbuis.

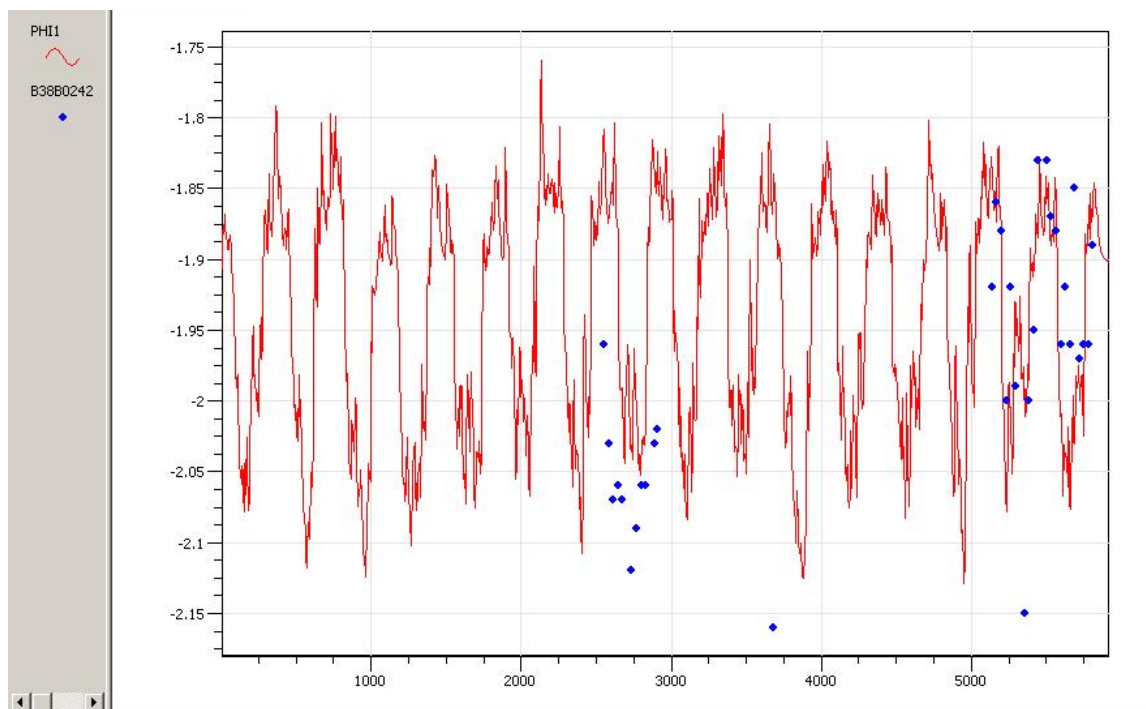
Na de verplaatsing naar het midden van een perceel komt de berekende grondwaterstand op het oog goed overeen met de gemeten grondwaterstand.

IJking/verificatie in relatie tot de berekeningsresultaten

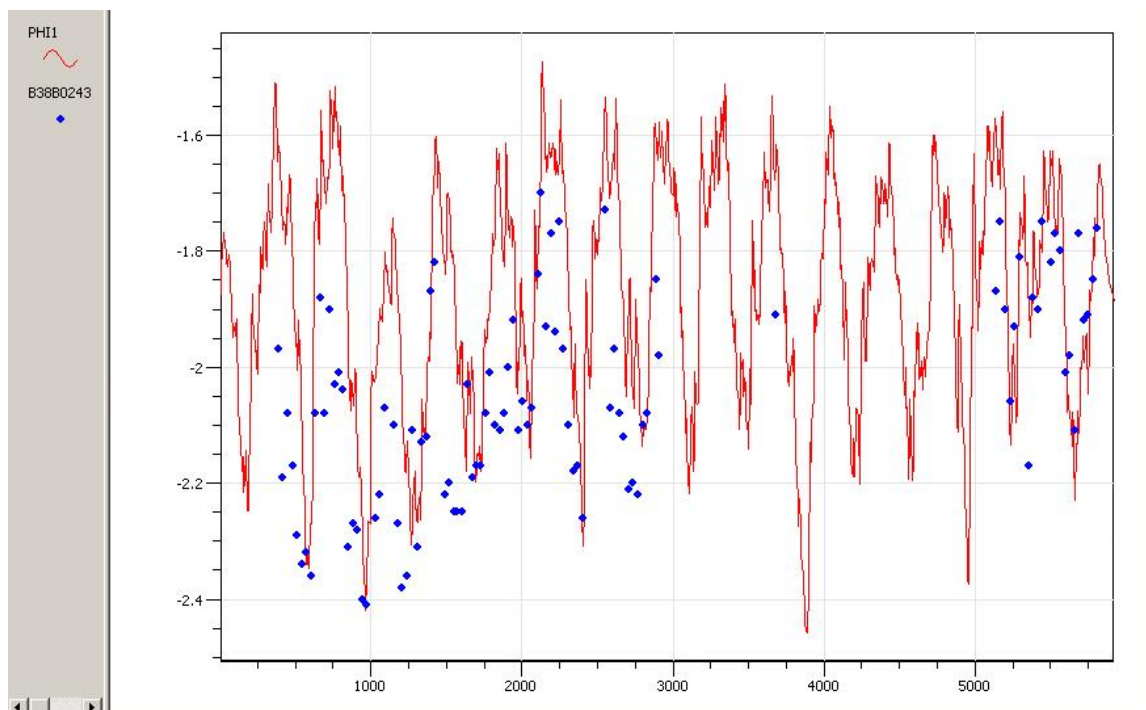
De berekeningsresultaten zijn beschreven in de hoofdtekst. Hier wordt kort ingegaan op de ijking/verificatie in relatie tot het modelresultaat (GxG's).

In het grondwatermodel is aangenomen dat het oppervlaktewaterpeil constant is geweest in de periode 1993-2008 bij zowel polder Stein als polder Lang Roggebroek. Vermoedelijk is het peil bij polder Stein echter aangepast in de loop van de tijd, althans daar wijzen de grondwaterstandsmetingen op. Mogelijk wordt dus in het grondwatermodel gerekend met een verkeerd peil voor een deel van de periode. Dit is echter geen probleem voor het berekeningsresultaat (GxG's), omdat het huidige oppervlaktewaterpeil (mede) beïnvloedt wat de toekomstige GxG's zullen worden en niet het oppervlaktewaterpeil in het verleden.

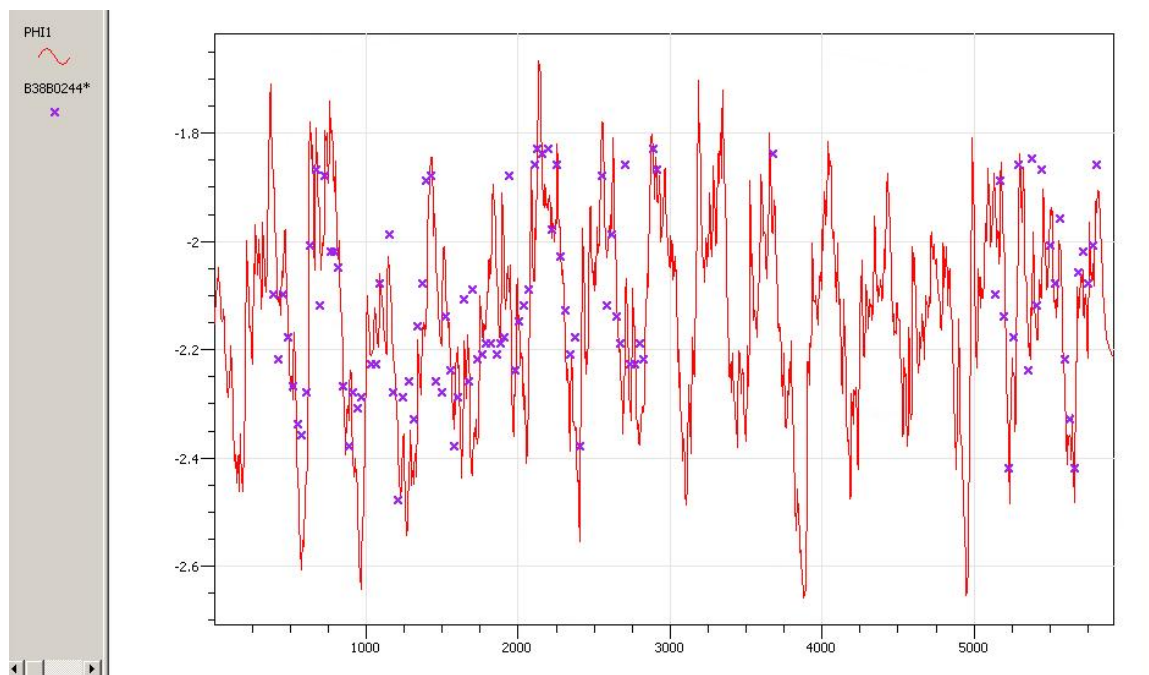
De berekende grondwaterstandsfluctuaties ter plaatse van polder Stein lijken iets te groot te zijn, hoewel het met een beperkt aantal metingen lastig is te voorspellen. Een te grote berekende fluctuatie van de grondwaterstand resulteert in een te groot verschil tussen de GHG en GLG. Aan de andere kant, de berekende GHG en GLG komen wel overeen met de GHG en GLG die op basis van de bodemkaart verwacht mag worden (zie hoofdtekst).



Figuur B3.4a. Gemeten grondwaterstand peilbuis B38B0242 en berekende grondwaterstand ter plaatse van peilbuis B38B0242.



Figuur B3.4b. Gemeten grondwaterstand peilbuis B38B0243 en berekende grondwaterstand ter plaatse van peilbuis B38B0243.



Figuur B3.4c. Gemeten grondwaterstand peilbuis B38B0244 en berekende grondwaterstand ter plaatse van peilbuis B38B0244 (circa 75 m oostwaarts verplaatst).

Bijlage 4

Verloop in de concentraties van de belangrijkste nutriënten in de bodems (inundatie-experiment)

Bijlage 4. Verloop in de concentraties van de belangrijkste nutriënten in de bodems (inundatie-experiment).

		0-15 cm B	0-15 cm L	0-15 cm S1	0-15 cm S2		15-30 cm B	0-15 cm L	0-15 cm S1	0-15 cm S2
Algemeen										
Vocht	%	66,2	61,1	68,4	46,4		65,2	76,0	73,9	52,6
Org. Stof.	%	81,6	50,2	41,4	29,1		76,0	66,3	43,4	22,3
Mas Vol.	kg L ⁻¹	0,18	0,30	0,35	0,47		0,21	0,22	0,29	0,56
Tot-Ca	μmol L ⁻¹	67628,3	60258,2	106205,4	89932,1		161295,4	79412,7	125344,8	142619,8
Tot-Fe	μmol L ⁻¹	23348,0	98506,9	126368,6	232017,9		34913,1	58539,5	99122,5	271090,3
Fosfor										
Tot-P	μmol L ⁻¹	6394,8	12267,6	10994,7	19923,3		7529,2	5489,6	7956,0	19810,9
Olsen-P	μmol L ⁻¹	613,1	687,6	401,9	883,3		340,5	216,6	197,0	605,6
P(w) 0	μmol L ⁻¹	32,6	8,5	7,6	10,0		15,9	7,4	6,5	10,2
P(w) 2	μmol L ⁻¹	205,2	6,6	13,0	13,4		116,2	3,0	3,2	6,3
Stikstof										
NH4(z)	μmol L ⁻¹	328,3	66,3	125,7	94,1		142,1	59,4	87,6	152,3
NO3(z)	μmol L ⁻¹	310,5	267,5	105,6	233,0		290,9	83,9	82,3	237,1
NH4(w) 0	μmol L ⁻¹	196,5	25,3	28,8	21,4		78,6	38,8	26,3	23,7
NH4(w) 2	μmol L ⁻¹	828,6	181,2	261,7	231,0		321,5	79,8	67,4	71,0
Kalium										
Tot-K	μmol L ⁻¹	6305,3	18824,6	11514,3	21183,5		8532,4	9539,6	9281,0	20589,3
K(z)	μmol L ⁻¹	1336,4	29,6	64,1	30,1		1754,9	40,0	109,0	17,1
K(w) 0	μmol L ⁻¹	551,7	15,6	11,9	6,3		614,6	15,5	13,1	9,1
K(w) 2	μmol L ⁻¹	561,2	16,5	22,0	10,8		630,8	11,9	9,2	4,3
NH4/K 0	mol mol ⁻¹	0,4	1,6	2,5	3,6		0,1	2,7	2,1	2,8
NH4/K 2	mol mol ⁻²	1,5	10,5	13,2	46,4		0,5	7,0	9,8	16,6