

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 719

Hydrologische en landbouwkundige effecten
toepassing onderwaterdrains bij dynamisch
slootpeilbeheer op veengrond

Juli 2013



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2013

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt
geen aansprakelijkheid voor eventuele schade
voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van
dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central
Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting
Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen
met het Departement Dierwetenschappen van
Wageningen University de Animal Sciences Group
van Wageningen UR (University & Research
centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoekopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

Dynamic surface water level management
clearly influenced the groundwater level.
Submerged drains enlarged the effect
considerably. At controlling the surface water
level also the actual groundwater level and
weather forecast has to be taken into account.

Keywords

Soil surface descending, peat, surface water
level management, submerged drains, grass
yield

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

I.E. Hoving
P. Vereijken
K. van Houwelingen
M. Pleijter

Titel

Hydrologische en landbouwkundige effecten
toepassing onderwaterdrains bij dynamisch
slootpeilbeheer op veengrond

Rapport 719

Samenvatting

Dynamisch peilbeheer had duidelijk invloed op
de grondwaterstanden. Onderwaterdrains
vergrootten het effect aanzienlijk. Bij sturing van
het slootpeil dient vooral rekening gehouden te
worden met actuele grondwaterstanden en
weersverwachting.

Trefwoorden

Maaiveldafval, veengrond, peilbeheer,
onderwaterdrains, grasopbrengst



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 719

Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains bij dynamisch slootpeilbeheer op veengrond

I.E. Hoving
P. Vereijken
K. van Houwelingen
M. Pleijter

Juli 2013

Voorwoord

Maaiveldddaling op veengrond is sterk gerelateerd aan de drooglegging van landbouwgrond. Om de daling tot een minimum te beperken, dient vooral in de zomerperiode de grondwaterstand zo hoog mogelijk gehouden te worden en dit vraagt om hoge slootpeilen. Met onderwaterdrains kan een aanzienlijke verbetering bereikt worden zonder het slootpeil extreem te verhogen. Om grondwaterstanden nog minder ver te laten uitzakken, is geëxperimenteerd met een extreme vorm van dynamisch peilbeheer, door het slootpeil afhankelijk te stellen van het graslandgebruik. Deze vorm van peilbeheer zou de veenafbraak verder moeten beperken dan de maatregelen hoog slootpeil en onderwaterdrains afzonderlijk.

De opdrachtgever en financier van het project was provincie Utrecht. Het project werd medegefinancierd door het Productschap Zuivel. De proefopzet en de resultaten zijn besproken met vertegenwoordigers van de melkveehouderij, het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden en provincie Utrecht. Hierbij stonden de perspectieven voor boerenpraktijk en maatschappij centraal om duidelijk te krijgen of deze vorm van dynamisch peilbeheer (of een afgeleide vorm hiervan) toepasbaar is. Hopelijk geven de resultaten van dit rapport meer inzicht in de mogelijkheden om de maaiveldddaling van veengrond verder te beperken.

Dr. ir. B.G. Meerburg
Afdelingshoofd Milieu, Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

Gedurende twee jaar (2011-2012) is onderzocht wat de hydrologische en landbouwkundige effecten zijn van dynamisch slootpeilbeheer op veengrond bij relatief hoge slootpeilen. Dit met en zonder toepassing van onderwaterdrains. Het slootpeil werd daarbij afhankelijk gesteld van het graslandgebruik en kan zodoende als extreme maatregel beschouwd worden om maaiveldddaling op veengrond te minimaliseren. Deze vorm van peilbeheer zou de veenafbraak verder moeten beperken dan de maatregelen hoog slootpeil en onderwaterdrains afzonderlijk.

Grasland wordt slechts een aantal dagen in het groeiseizoen intensief betreden en bereiden. Alleen tijdens bemesting, begrazing en voederwinning is begaanbaarheid van de graszode van belang. In de tussenliggende periode wordt het perceel niet betreden en kan het grondwaterpeil dus in principe relatief hoog zijn. Alleen tijdens bewerking of gebruik van grasland zou het grondwaterpeil verlaagd hoeven te worden. Op deze manier wordt blootstelling van de veenbodem aan zuurstof zoveel mogelijk vermeden, waardoor ook bij gangbaar grondgebruik veenafbraak zo veel mogelijk wordt beperkt. Wel reduceert dit de stikstoflevering vanuit de bodem en daarmee de grasopbrengst.

Het toepassen van 'dynamisch hoog slootpeilbeheer' op veengrond is in een experimentele pilot in praktijk gebracht en had als doel het beantwoorden van de volgende vragen: 1) is deze vorm van peilbeheer praktisch uitvoerbaar, 2) wat is het effect op het grondwaterstandsverloop, 3) wat is het effect op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras en 4) is deze vorm van peilbeheer op grote schaal toepasbaar. Het veldexperiment is uitgevoerd op Veenweide Innovatiecentrum Zegveld en bestond uit een hoofdbehandeling met vier peilstrategieën, te weten:

- 1) Vast hoog peil (slootpeil 20-25 cm -maaiveld);
- 2) Dynamisch hoog peil. Winter- en zomerpeil 20-25 cm –maaiveld met incidentele verlagingen tot 50-55 cm –maaiveld;
- 3) Dynamisch peil. Winterpeil van 50-55 cm –maaiveld en zomerpeil van 20-25 cm –maaiveld met incidentele verlagingen tot 50-55 cm –maaiveld;
- 4) Vast laag peil (slootpeil 50-55 cm -maaiveld).

Het effect van de peilstrategieën op het verloop van de grondwaterstanden is gemeten, waarbij zoveel mogelijk rekening is gehouden met variatie in de ruimte en in de tijd. Als subbehandeling is het effect van onderwaterdrains (drainafstand 4 en 8 m) vergeleken met een situatie zonder drains. Naast het effect op hydrologie is het effect van peilstrategieën en onderwaterdrains onderzocht op de stikstofopbrengst van gras met en zonder stikstofbemesting. De vier peilstrategieën waren in tweevoud aangelegd en lagen op aparte percelen, in het totaal dus 8 percelen. Binnen de percelen waren in de dwarsrichting van het perceel blokken met onderwaterdrains aangelegd. Binnen de proefpercelen kon zodoende de vergelijking gemaakt worden tussen grondwaterstanden gemeten met en zonder onderwaterdrains.

De invloed van onderwaterdrains op de grondwaterstand bij dynamisch peilbeheer bleek groot. Zonder onderwaterdrains zakten de grondwaterstanden aanmerkelijk verder uit dan met onderwaterdrains. Daarbij had een kleinere drainafstand een groter effect. De grondwaterstanden reageerden daarbij duidelijk op de verandering van het slootpeil, waarbij de gedraineerde objecten een groter effect hadden. In 2011 was het effect van dynamisch peilbeheer groter dan in 2012 door het relatief droge voorjaar van 2011. De effecten waren verschillend per perceel en dat leek vooral te komen door verschil in doorlatendheid van de bodem en verschil in watertoevoer (vermoedelijk kwel). In natte perioden was het effect van dynamisch peilbeheer op de grondwaterstand en de draagkracht veel geringer dan in drogere perioden.

Op jaarbasis hadden alleen stikstofbemesting en jaar een significant effect op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras. Daarbij was wel de stikstofopbrengst voor Dynamisch hoog peil significant lager dan die van de andere peilstrategieën, dat duidt op minder stikstoflevering door nattere omstandigheden. Het effect van onderwaterdrains op de opbrengsten werd niet aangetoond, echter het relatief natte weerbeeld speelde hierbij een belangrijke rol.

Sturing van dynamisch peilbeheer uitsluitend op basis van grondgebruik leidde niet tot optimale grondwaterstanden voor draagkracht en maaiveldddaling. Er dient ook rekening gehouden te worden met actuele grondwaterstanden en weersverwachting. Voor toepassing op grote schaal is een beslissingsondersteunend computerprogramma gewenst dat grondwaterstanden en bodemvochttoestand voorspelt.

Summary

During two years (2011 – 2012) the hydrological and agricultural effects of dynamic surface water management on a peaty soil, with and without submerged drains, was investigated. This meant that the ditch water level was subject to the actual pasture management. This could be seen as an extreme measure to reduce descending of the soil surface by peat degradation. This way of water level management should reduce peat degradation more than the measures high ditch water level and the use of submerged drains separately.

Pasture is treaded or driven over just a few days during the growing season. Only during fertilizing, grazing and harvesting grass for silage the grass sward has to have a sufficient bearing capacity. Outside those periods the pasture is not used and therefore the groundwater level can be relatively high. Only during cultivation or grazing the groundwater levels should be lowered temporarily. In this way exposing the soil to oxygen is maximally avoided, which reduces peat degradation as much as possible also at regular pasture use. As a consequence this reduces the nitrogen delivery of the soil and this influences the grass yield.

The use of 'dynamic high surface water management' on peat soil was carried out in an experimental pilot and aimed to answer the following questions: 1) is this kind of water management feasible, 2) what is the effect on the groundwater level course, 3) what is the effect on dry matter and nitrogen grass yield and 4) can this kind of level management be applied on a large scale.

The field experiment was carried out on the Peat Pasture Innovation Centre at Zegveld with as main treatment the following four surface water level strategies:

- 1) Fixed high level (ditch water level 20-25 cm –mowing field)
- 2) Dynamic high level. Winter and summer level 20-25 cm –mowing field with incidental level descend to 50-55 cm –mowing field
- 3) Dynamic level. Winter level 50-55 cm –mowing field and summer level 20-25 cm –mowing field with incidental level descend to 50-55 cm –mowing field
- 4) Fixed low level (ditch water level 50-55 cm –mowing field)

The effect of level strategies on the groundwater course was measured, at which variation in space and time was taken into account. As a sub treatment the effect of submerged drains (drain distance 4 and 8 m) was compared with a situation without drains. Beside the effect on hydrology the effect of level strategies and submerged drains was investigated on nitrogen yield of grass, with and without nitrogen fertilizer. The four level strategies had duplicates and were situated on different parcels, in total eight parcels. Within parcels plots with submerged drains were placed crosswise. Therefore within parcels groundwater levels could be compared by measurements with and without drains.

The influence of submerged drains at dynamic level management was significant. Without submerged drains groundwater levels were considerably lower than with those drains. Furthermore, a smaller drain distance increased the effect. The groundwater levels responded clearly on a change of the surface water level, and on the drained objects a larger effect was found. In 2011 the effect of dynamic level management was larger than in 2012, due to a relative dry period in spring 2011. The effects were different per parcel, which seemed to be caused mainly by the degree to which the soils let water through and differences in water supply (seepage is suspected). Under wet conditions the effect of dynamic level management on groundwater level and bearing capacity of the grass sward was much smaller than in drier periods.

On a yearly basis only nitrogen fertilizer and year had a significant effect on the dry matter and nitrogen yield of grass. Besides on Dynamic high level the nitrogen yield was significant lower than on the other level strategies, which indicates that the nitrogen supply was lower due to wet circumstances. The effect of submerged drains on yield was not showed/significant, however the wet circumstances played an important role at this. Control of dynamic surface water management exclusively based on pasture management led not to optimum groundwater levels for bearing capacity of the grass sward and descending of the soil surface. Also the actual groundwater level and weather forecast has to be taken into account. For large-scale application a decision support computer program that forecasts groundwater levels and the moisture content of the soil is desirable.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Bodemkarakteristiek Innovatiecentrum Zegveld	2
2.2	Proefopzet	2
2.3	Proefpercelen en inrichting	3
2.4	Peilbeheer	4
2.5	Bemesting	5
2.6	Waarnemingen	5
2.6.1	Grondwaterstanden	5
2.6.2	Grasopbrengsten	5
2.6.3	Hoogtemetingen	5
2.7	Neerslag	6
2.8	Statistiek	6
2.7.1	Verloop grondwaterstanden	7
2.8.1	Grasopbrengsten	8
3	Resultaten	9
3.1	Slootpeil en drooglegging percelen	9
3.2	Analyse modelparameters grondwaterstanden	9
3.3	Vergelijking gemodelleerde grondwaterstanden	12
3.4	Vergelijking gemodelleerde en gemeten grondwaterstanden	15
3.5	Grasopbrengsten	17
3.5.1	Droge stofopbrengst	17
3.5.2	Stikstofopbrengst	18
4	Discussie	20
4.1	Modellering grondwaterstanden	20
4.2	Meting grondwaterstanden	20
4.3	Vergelijking peilstrategieën	20
4.4	Effect op draagkracht en maaiveld daling	21
4.5	Interactie slootpeil en grondwater	21
4.6	Verskil tussen percelen	22
4.7	Functioneren onderwaterdrains	22
4.8	Effect op grasopbrengsten	23
4.9	Praktische uitvoering	24
5	Conclusies	25
6	Aanbevelingen praktijk	27
	Bijlagen	29
	Bijlage 1. Plattegrond proefpercelen	29
	Bijlage 2. Statistische analyse grondwaterstanden	37

Bijlage 3. Gemodelleerde grondwaterstanden	38
Bijlage 4. Werkelijke en gemodelleerde grondwaterstanden.....	46
Bijlage 5. Droge stofopbrengst gras met schatting voor missende waarnemingen	50
Bijlage 6. Droge stofopbrengst gras per behandeling per jaar	51
Bijlage 7. Stikstofopbrengst gras met schatting voor missende waarnemingen	52
Bijlage 8. Ruw eiwitgehalte gras.....	53
Bijlage 9. Stikstofopbrengst gras per behandeling per jaar	54

1 Inleiding

De veenweidegebieden in Nederland worden gekenmerkt door bodemdaling, veroorzaakt door veenafbraak en inklinking van de bodem. Veengrond bestaat voor een groot deel uit organisch materiaal, dat in aanraking met zuurstof afbreekt en wordt omgezet in CO₂ en water. Veenafbraak is voornamelijk gerelateerd aan relatief lage grondwaterstanden in de zomer. Daarbij wordt de afbraaksnelheid bevorderd door de omgevingstemperatuur. Bij de huidige temperaturen daalt de bodem met 5 tot 12 millimeter per jaar afhankelijk van de drooglegging (Van den Akker *et al.*, 2007). Door klimaatsverandering zal naar verwachting de veenafbraak nog aanzienlijk toenemen.

De enige manier om de trend van bodemdaling te stoppen, is het onder water zetten van veengrond, echter dit maakt het grondgebruik ongeschikt voor de melkveehouderij, de belangrijkste gebruiker en de beeldbepalende beheerder van het veenweidelandschap. Relatief hoge polderpeilen van 15 à 30 cm –maaiveld (mv) resulteren in een maaiveldaling van ongeveer 5 mm per jaar. De moderne melkveehouderij vraagt echter minimaal een slootpeil van 60 cm -mv om voldoende draagkracht te bereiken voor het weiden van koeien en het bewerken van het grasland met tractoren en machines. Hierbij is de maaiveldaling ongeveer 10 mm per jaar (Van den Akker *et al.*, 2007).

Bij toepassing van onderwaterdrains (drains onder slootpeil) zou een hoger slootpeil gehanteerd (40 à 45 cm –mv) kunnen worden, zonder dat dit het landbouwkundig gebruik van de grond benadeelt (Hoving *et al.*, 2008 en 2011) ten opzichte van een drooglegging van 60 cm -mv. Bij goed werkende drains kan eenzelfde effect op maaiveldaling bereikt worden als bij hoge slootpeilen. Om maaiveldaling verder te verminderen zijn dus extra maatregelen nodig. Het effect van onderwaterdrains kan vergroot worden door dynamisch slootpeilbeheer. In dit rapport is een veldexperiment beschreven waarbij een extreme vorm van dynamisch peilbeheer is toegepast. Het slootpeil werd namelijk afgestemd op het graslandgebruik in plaats van, zoals meer gebruikelijk, op de grondwaterstand.

Grasland wordt slechts een aantal dagen in het groeiseizoen intensief gebruikt, alleen tijdens bemesting, begrazing en grasoogst in de vorm van weiden of maaien is begaanbaarheid van de graszode van belang. In de tussenliggende periode wordt het perceel niet betreden en kan het grondwaterpeil dus in principe relatief hoog zijn. Alleen tijdens bewerking of gebruik van grasland perceel zou het grondwaterpeil verlaagd hoeven te worden. Op deze manier wordt blootstelling van de veenbodem aan zuurstof zoveel mogelijk vermeden, waardoor ook bij gangbaar grondgebruik veenafbraak zo veel mogelijk wordt beperkt. Wel reduceert dit de stikstoflevering vanuit de bodem en kan dit de grasopbrengst beïnvloeden. In Hoving *et al.* (2008 en 2011) werd op jaarbasis een verlagend effect van onderwaterdrains op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras gevonden.

Het toepassen van ‘dynamisch hoog slootpeilbeheer’ op veengrond is in een experimentele pilot in praktijk gebracht en had als doel het beantwoorden van de volgende vragen: 1) is deze vorm van peilbeheer praktisch uitvoerbaar, 2) wat is het effect op het grondwaterstandsverloop, 3) wat is het effect op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras en 4) is deze vorm van peilbeheer op grote schaal toepasbaar.

Het veldexperiment is in 2011 en 2012 uitgevoerd op het Veenweide Innovatiecentrum te Zegveld. Met dit experiment werd inzicht verkregen in de toepassingsmogelijkheden van dynamisch peilbeheer en het effect hiervan op het grondwaterstandsverloop en de grasopbrengst. Hierbij zijn twee vormen van dynamisch slootpeil (hoog en laag winterpeil) vergeleken met een vast laag en een vast hoog slootpeil. Daarbij zijn onderwaterdrains toegepast om te zien of het effect van de peilstrategieën vergroot kon worden. Met de vormen van peilbeheer wordt de vochttoestand van de bodem beïnvloedt en daarmee de mate van maaiveldaling door meer of minder veenafbraak. De grasopbrengsten zijn bepaald om het effect van peilbeheer en onderwaterdrains te bepalen op de stikstoflevering van de bodem (geen stikstofbemesting) en op de productiviteit van gras (wel stikstofbemesting). De stikstoflevering kan als indicator gezien worden voor meer of minder veenafbraak en de stikstofopname.

2 Materiaal en methode

2.1 Bodemkarakteristiek Innovatiecentrum Zegveld

De bodemgesteldheid van de proeflocatie Zegveld wordt globaal weergegeven op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000 (Blad 32 West Utrecht) en op de bodemkaart veengebieden provincie Utrecht, schaal 1:25 000 (Stouthamer et al, 2008). Rondom de proefboerderij liggen koopveengronden. Dit zijn veengronden met een kleiige moerige bovengrond waarin zich een eerdlaag heeft ontwikkeld. De ondergrond bestaat uit mesotroof broekveen en bevat veel houtresten in de vorm van boomstobben en takken (kienhout). Van perceel 2 (een van de proefpercelen) is de bodemopbouw in detail beschreven aan de hand van een profielkuil die op dit perceel is gegraven. In tabel 1 staat de beschrijving van de bodemopbouw weergegeven. Het veenpakket (Formatie van Nieuwkoop) is circa 6 meter dik; daaronder liggen pleistocene zandafzettingen (Pleijter en Van den Akker, 2007). Verder waren er geen profielbeschrijvingen beschikbaar.

Tabel 1. Profielbeschrijving van perceel 2 op Veenweide Innovatiecentrum Zegveld (Uit: Pleijter en Van den Akker, 2007).

	Horizont	Diepte		Org. stof %	<2 um %	Omschrijving
		Begin	Eind			
	1 Ah	0	15	35	22	Donkerbruin grijs kleilig veen, met enkele zandkorreltjes en roestvlekken
	2Cw	15	24	35	22	Zwart, veraard, kleilig veen
	2 Cu	24	57	55		Grotendeels veraard, zwart zeggeveen
	2 Cr	57	80	65		Bruin, gereduceerd, mesotroof broekveen, veel houtresten
	2 Cr	80	120	75		Roodbruin gereduceerd mesotroof broekveen

Foto van het bodemprofiel op perceel 2 in Zegveld, Koopveengrond in mesotroof broekveen (kaartenheid hVb op Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000). Foto: Gert Peek (Wageningen-UR).

2.2 Proefopzet

Het veldexperiment is uitgevoerd op het Veenweide Innovatiecentrum Zegveld en bestond uit een hoofdbehandeling met vier peilstrategieën, waaronder twee varianten met dynamisch peilbeheer. Het effect van de peilstrategieën op het verloop van de grondwaterstanden is gemeten, waarbij zoveel mogelijk rekening is gehouden met variatie in de ruimte en in de tijd. Als subbehandeling is het effect van onderdrains vergeleken met een situatie zonder drains. Naast het effect op hydrologie is als subbehandeling het effect onderzocht op de stikstofopbrengst van gras met en zonder stikstofbemesting. De stikstofopbrengst die verkregen wordt zonder stikstofbemesting betreft de stikstoflevering (NLV) van de bodem en is sterk gerelateerd aan de mate van veenafbraak. Verschillen in NLV tussen behandelingen geven dus een goede indicatie over de verandering van veenafbraak.

De behandelingen waren als volgt:

- Hoofdbehandeling;
 - o Vast hoog peil (slootpeil 20-25 cm -mv);
 - o Dynamisch hoog peil. Winter- en zomerpeil 20-25 cm –mv met incidentele verlagingen tot 50-55 cm –mv;
 - o Dynamisch peil. Winterpeil van 50-55 cm –mv en zomerpeil van 20-25 cm –mv met incidentele verlagingen tot 50-55 cm –mv;
 - o Vast laag peil (slootpeil 50-55 cm -mv).

- Subbehandeling 1;
 - o Onderwaterdrains (drainafstand 8 m);
 - o Geen onderwaterdrains;
- Subbehandeling 2;
 - o Geen stikstofbemesting (N0);
 - o Stikstofbemesting praktijkniveau (N1).

2.3 Proefpercelen en inrichting

Alle behandelingen zijn in tweevoud aangelegd. Hiertoe zijn per hoofdbehandeling twee praktijkpercelen geselecteerd, waarvoor een zelfde slootpeilregime werd gehanteerd. Daarbij waren de peilen in de sloten rondom de percelen gelijk. Per hoofdbehandeling betrof het de volgende percelen:

Vast hoog peil:	PR11 en PR13
Dynamisch hoog peil:	PR07B en PR08B
Dynamisch peil:	VO2 en ZW1
Vast laag peil:	PR02 en PR03

In bijlage 1 staan de plattegronden van de percelen. Hierop zijn ook de drainvakken en de opbrengstvelden getekend.

Onderwaterdrains

Per proefperceel zijn vakken met drains aangelegd met een tussenafstand van 4 en 8 m. De drains werden dwars op de sloot getrokken, dus in de breedterichting van het perceel. Per drainobject werden 5 drains aangelegd. Zie Bijlage 1 voor de locatie van de drains per perceel.

De drains zijn aangelegd met een relatief lichte draineermachine die getrokken werd door een rupstrekker (Loonbedrijf de Vliet uit Noord-Beemster). De machine betrof een halve V-ploeg en legde de drains sleufloos aan. De omhulling van de drains betrof gerecyclede nylon netten, die voor de bollenteelt zijn gebruikt.

Greppels

Op de gedraineerde gedeelten van de proefpercelen, zijn de bestaande greppels aangevuld met grond. Op de niet gedraineerde gedeelten van de proefpercelen werden de greppels gehandhaafd.

Slootonderhoud

Om te voorkomen dat de drainopeningen verstopt raakten met bagger, werd frequent bagger verwijderd met een baggerspuit. Wanneer de hoeveelheden te groot waren voor verspreiding over het land, werd de bagger met een dieplepel uitgegraven en afgevoerd.

Peilbuizen

Per object (met en zonder drains) zijn peilbuizen aangelegd in drie raaien in de lengterichting van het perceel (dwars op de drains). De raaien lagen op een derde, de helft en twee derde van de perceelsbreedte. De buizen werden op de buitenraaien in het midden tussen de drains geplaatst en op de middenraai midden tussen de drains en op 1 meter van de drain. In het totaal per drainvak 10 peilbuizen. Op de vakken zonder drains waren 9 peilbuizen geplaatst.

Slootpeilen

Per behandeling werd in de sloot een peilschaal geplaatst om de slootpeilen goed te kunnen monitoren. De actuele slootpeilen gemeten op 17 en 18 februari 2011 staan in tabel 2.

Tabel 2. Actuele slootpeilen gemeten op 17 en 18 februari 2011.

	PR02		PR03		PR11		PR13		PR08
	Geen drains	Drains	Geen drains	Drains	Geen drains	Drains	Geen drains	Drains	Geen drains
Slootpeil oost	-3,240	-3,240	-3,222	-3,222	-2,503	-2,503	-2,493	-2,493	-2,454
Slootpeil west	-3,182	-3,182	-3,233	-3,233	-2,506	-2,506	-2,513	-2,513	-2,521
Maaiveld	-2,638	-2,640	-2,631	-2,665	-2,293	-2,242	-2,361	-2,309	-2,284
Drooglegging	0,57	0,57	0,56	0,56	0,21	0,26	0,14	0,19	0,20

Waterkeringen en pompen

Om de peilverschillen te realiseren en in stand te houden werden op de percelen PR07B-PR08B en VO2- ZW1 extra waterkeringen en pompen geplaatst.

Opbrengstvelden

Voor het bepalen van de grasopbrengst werden per proefperceel op het ongedraineerde gedeelte en op de gedraineerde gedeelten met een drainafstand van 8 m maaiveldjes aangelegd met elk vier maaistroken. Van deze vier stroken werden twee wel bemest met stikstof (N1) en twee niet bemest met stikstof (N0). De stroken lagen schuin (45 °) ten opzichte van de lengterichting van het perceel.

2.4 Peilbeheer

Per hoofdbehandeling is in het onderstaande het peilbeheer gedefinieerd. In Figuur 1 is schematisch de tijdsfasering van het peilbeheer op jaarbasis weergegeven exclusief de peilverlagingen bij gebruik van het grasland in het groeiseizoen.

	jan.	feb.	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Slootpeil
vast hoog peil													20-25 cm -mv
vast laag peil													50-55 cm -mv
dyn peil, winter hoog	dynamisch, afhankelijk van draagkracht en gebruik												20-25 cm -mv 50-55 cm -mv
dyn peil, winter laag	dynamisch, afhankelijk van draagkracht en gebruik												20-25 cm -mv 50-55 cm -mv

Figuur 1. Tijdsfasering peilstrategieën op jaarbasis

Een nadere uiteenzetting van de peilstrategieën is als volgt:

Percelen met Dynamisch Peil beheer winter hoog PR07B-PR08B.

- Vast hoog peil 20-25 cm –mv, periode 1 november tot 1 maart
- Vast laag peil 50-55 cm –mv, periode 1 maart tot gift 1^e kunstmest ca. 1 april
- Dynamisch peil, periode 1 april tot 1 november
 - o Na kunstmestgift (ca. 1 april) werd het slootpeil hoog gezet (20-25 cm –mv)
 - o 7 dagen voor gebruik van elke snede werd het slootpeil verlaagd (50-55 cm –mv)
 - o Op het moment van peilverlaging werden slootpeil en grondwaterstanden gemeten
 - o Bij gebruik van perceel 1 werden de grondwaterstanden van perceel 1 en 2 gemeten
 - o Na maximaal 4 dagen weiden werd het slootpeil wederom verhoogd (20-25 cm –mv)

Percelen met Dynamisch Peil beheer winter laag VO2- ZW1

- Vast laag peil 50-55 cm –mv, periode 1 november tot gift 1^e kunstmest ca. 1 april
- Dynamisch peil, periode 1 april tot 1 november
 - o Na kunstmestgift (ca. 1 april) werd het slootpeil hoog gezet (20-25 cm –mv)
 - o 7 dagen voor gebruik van elke snede werd het slootpeil verlaagd (50-55 cm –mv)
 - o Op het moment van peilverlaging werden slootpeil en grondwaterstanden gemeten
 - o Bij gebruik van perceel 1 werden de grondwaterstanden van perceel 1 en 2 gemeten
 - o Na maximaal 4 dagen weiden werd het slootpeil wederom verhoogd (20-25 cm –mv)
 - o Na laatste oogst/beweiding eind oktober werd het slootpeil laag gezet (50-55 cm –mv)
 - o Daarbij werden slootpeil en grondwaterstanden meten

Percelen vast hoog peil (PR11-PR13)

- Vast hoog peil 20-25 cm –mv
- Geen variaties in slootpeil afhankelijk van graslandgebruik

Percelen met vast laag peil (PR02-PR03)

- Vast laag peil 50-55 cm –mv
- Geen variaties slootpeil afhankelijk van graslandgebruik

Op de percelen met dynamisch peilbeheer werd zeven dagen voordat gemaaid of ingeschaard werd het slootpeil verlaagd, maar bij onvoorziene omstandigheden (veranderd weerbeeld) kon dit variëren van vijf tot negen dagen. Wanneer door extreem nat weer ook op dag negen nog niet gemaaid of ingeschaard kon worden, bleef het peil laag totdat het betreffende perceel wel gebruikt kon worden.

2.5 Bemesting

Voor de N1 velden werd een stikstofbemestingsniveau gehanteerd van ongeveer 225 kg N per ha, De N0-velden kregen geen N toegediend. De bemestingshoeveelheden N, P2O5 en K2O staan in tabel 3. De overige perceelsoppervlakte werd bemest conform de praktijk met zowel drijfmest als kunstmest.

Tabel 3. Snedezwaarte en bemestingshoeveelheden N, P2O5 en K2O per proefperceel.

Snede	1	2	3	4	5	totaal
N (kg per ha)	80	50	40	40	-	210
P2O5 (kg per ha)	45	30	30	30	-	135
K2O (kg per ha)	100	100	100	100	-	400

2.6 Waarnemingen*2.6.1 Grondwaterstanden*

Het gehele jaar werden de grondwaterstanden 2 wekelijks handmatig gemeten in peilbuizen met een meetlint en hieraan een speciaal loodje om het peil te detecteren.

Bij peilveranderingen (varianten dynamisch peilbeheer) volgden extra metingen op het moment van peilverlaging (dag 0) en op het moment van inscharen of maaien (dag 7).

2.6.2 Grasopbrengsten

Voor het bepalen van de grasopbrengst werden per perceel op het ongedraineerde gedeelte en op het gedraineerde gedeelte met een drainafstand van 8 m proefveldjes aangelegd met elk vier maaistroken. Daarvan werden twee stroken wel met stikstof bemest en twee stroken niet met stikstof bemest. Alle velden kregen wel fosfaat en kali toegediend. De eerste snede werd gemaaid bij een opbrengstniveau van 3000-3500 kg drogestof per ha. De daarop volgende sneden werden volgens een maairegime van om de vijf à zes weken maaien geoogst.

2.6.3 Hoogtemetingen

Ter plaatse van de peilbuizen is de hoogte van het maaiveld gemeten ten opzichte van NAP. Deze hoogtemetingen zijn gebruikt voor de interpretatie van het grondwaterstandsverloop. De maaiveldhoogten zijn gezien de korte duur verder niet geanalyseerd vanuit het oogpunt van maaivelddalings.

2.7 Neerslag

De grondwaterpeilen zijn (afgezien van de invloed van oppervlaktewater en kwel) voornamelijk een resultaat van neerslag en gewasverdamping. Bij een neerslagoverschot zijn de peilen relatief hoog en bij een verdampingsoverschot relatief laag. De neerslagsommen per maand en de gemiddelde temperatuur, respectievelijk afkomstig van het KNMI- weerstation Zegveld en het KNMI- weerstation De Bilt, staan in tabel 4. Met de verdampingscijfers kan het potentiële neerslagtekort worden berekend. Het werkelijk neerslagtekort kan hier nog behoorlijk van afwijken, omdat het neerslagpatroon ook een rol speelt.

Tabel 4. Totale neerslag per maand en per jaar KNMI- weerstation Zegveld en gemiddelde temperatuur, gemeten op het KNMI- weerstation De Bilt (bron www.knmi.nl).

	Neerslag (mm)		Temperatuur (°C)	
	2011	2012	2011	2012
Januari	86,2	78,0	3,5	4,9
Februari	56,0	30,2	4,6	0,8
Maart	12,5	24,9	6,0	8,3
April	17,0	66,1	13,1	8,4
Mei	23,4	71,7	14,0	14,5
Juni	86,9	81,7	16,1	14,9
Juli	152,6	86,6	15,9	17,3
Augustus	108,2	95,2	16,9	18,5
September	95,8	69,8	15,6	14,2
Oktober	64,7	128,8	11,4	10,5
November	10,9	56,2	7,2	6,8
December	154,1	151,2	6,5	5,0
Totaal	868,3	940,2	10,9	10,3

In 2011 behoorde het voorjaar tot de droogste van minstens een eeuw (www.knmi.nl). Hierdoor ontstond op dat moment een aanzienlijk neerslagtekort (neerslag minus verdamping), dat een sterk verlagend effect had op de grondwaterstand. De daarop volgende zomermaanden waren daarentegen juist de natste in ruim een eeuw en november was weer recorddroog.

In 2012 waren februari en maart relatief droog. Juni kende een aantal zeer natte dagen, met 10 mm neerslag of meer en ook juli was relatief nat. September was vrij droog en oktober was relatief nat. November was een relatief droge maand.

2.8 Statistiek

Voor een betrouwbare vergelijking van de grondwaterstanden en de grasopbrengsten van de verschillende onderzoeksobjecten zijn evenals in het eerdere onderzoek op het Veenweide Innovatiecentrum Zegveld (Hoving *et al.*, 2008) en onderzoek in polder Zeevang (Hoving *et al.*, 2011) de resultaten gemodelleerd en vervolgens statistisch getoetst. Voor de grondwaterstanden is uitgegaan van een cyclisch verloop binnen een jaar, aangezien gemiddeld de grondwaterstanden in de winter relatief hoog en in de zomer relatief laag zijn. Uitgegaan is van een sinusoïde verloop. Dit is weliswaar een sterke versimpeling van de werkelijkheid, maar maakt het mogelijk om in grote lijn het verschil in grondwaterstandverloop tot uitdrukking te brengen en te toetsen. Het toepassen van dynamisch peilbeheer maakte dat de grondwaterstanden in het zomerhalfjaar extra fluctueerden, waardoor het werkelijke grondwaterstandsverloop nog lastiger te benaderen is met een sinusoïde. Voor de grasopbrengsten is uitgegaan van een ANOVA-model.

2.7.1 Verloop grondwaterstanden

Het verloop van de grondwaterstand volgt per buis een sinusoïde met de volgende formule:

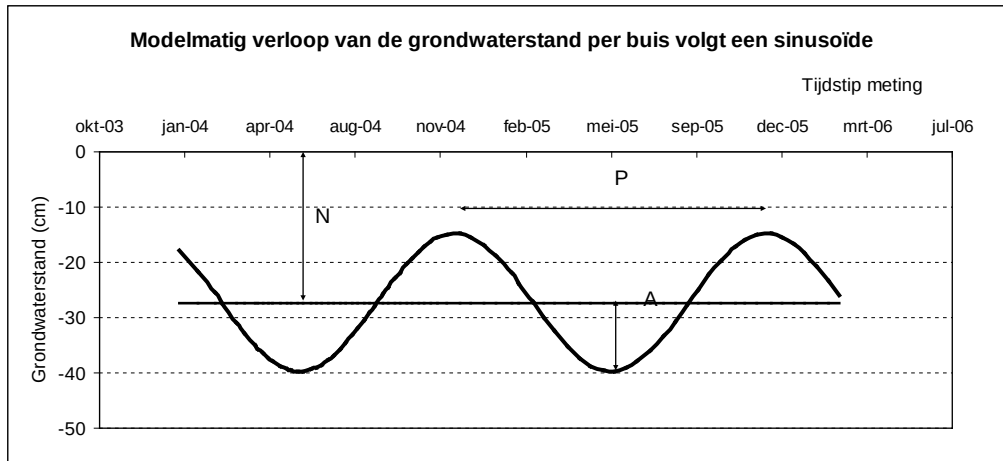
$$Z(t) = \text{Nivo} + \text{Amplitude} * \cos\left(\frac{2\pi(t - \text{Phase})}{365}\right)$$

Het Nivo is de gemiddelde grondwaterstand, de Amplitude de maximale stijging en daling en de Fase is de tijdsperiode tussen twee momenten waarop de grondwaterstand maximaal of minimaal is. Gemiddeld over een lange periode (meerdere decennia) is de Fase ongeveer 365 dagen. Als parameter in de functie is de Fase essentieel, maar heeft waterhuishoudkundig geen betekenis. In enkele gevallen steeg het grondwater tot aan het maaiveld (plasmvorming), daarom is de uiteindelijke formule voor de grondwaterstand $Z^+(t)$ als volgt:

$$Z^+(t) = Z(t) I_{Z(t) < 0}$$

De indicatorfunctie $I_{Z(t) < 0}$ zorgt ervoor dat de grondwaterstand altijd kleiner of gelijk aan 0 is.

Ter illustratie staat in figuur 2 een modelmatige weergave van het verloop van de grondwaterstand per peilbuis volgens een sinusoïde model met daarin aangegeven het Nivo (N), de Amplitude (A) en de Fase (P).



Figuur 2. Modelmatig verloop van de grondwaterstand per peilbuis volgens een sinusoïde model met N) het niveau van de gemiddelde grondwaterstand, A) de amplitude; de maximale stijging en daling van de grondwaterstand en P) de fase; de periode tussen de tijdstippen waarop de grondwaterstand maximaal of minimaal is

De analyse is in twee fasen uitgevoerd. In de eerste fase zijn de parameters Niveau, Amplitude en Fase per buis geschat met FITNONLINEAR in Genstat (VSN International, 2012).

De parameterschattingen vormden de variabelen in de nieuwe dataset en zijn vervolgens (tweede fase) in Genstat met ANOVA per perceel per variabele geanalyseerd volgens het model:

$$Y = c + \text{drains} + \text{drains.afstand} + \text{raai} + \text{drains.raai} + \text{drains.buisafstand.raai} + \text{residu}$$

Met:

Y:	responsvariabele, in dit geval parameters Niveau, Amplitude en Fase
drains:	effect van hoofdbehandeling drains
drains.afstand:	effect van buisafstand bij gebruik van drains
raai:	effect van raai
drains.raai:	interactie effect voor drains en raai
drains.afstand.raai:	interactie tussen buis afstand en raai bij gebruik van drains
residu:	random effect van peilbuis normaal verdeeld met gemiddelde 0 en variatie gelijk aan σ^2

Getoetst zijn de hoofdeffecten en interacties. Niet significante termen ($P > 0,05$) zijn uit het model weggelaten.

2.8.1 Grasopbrengsten

Met behulp van een ANOVA-model zijn de droge stofopbrengst en de stikstofopbrengst van 2011 en 2012 geanalyseerd per snede en over de jaren heen. Model bevatte hoofdeffecten en interacties van de proeffactoren peilstrategie, drainage en stikstofbemesting. Bij de analyse over de jaren is het model uitgebreid met het hoofdeffect jaar en interacties tussen de proeffactoren en jaar. In de modellen waren de interacties beperkt tot alle twee en drie factorinteracties. In het ANOVA model zijn additionele random effecten opgenomen voor verschillen tussen percelen binnen een kavel (eenheid voor peilstrategie), voor verschillen tussen drainageplots binnen een perceel en voor variatie tussen paren van veldjes met dezelfde stikstofbehandeling binnen drainage plots. Dit is gedaan om de afhankelijkheid tussen metingen aan hetzelfde kavel of op hetzelfde perceel te beschrijven. Statistisch model voor de waargenomen stikstofopbrengst was:

$$Y = \mu + \text{hoofdeffecten} + 2\text{factorinteracties} + 3\text{factor interacties} + \epsilon_{\text{perceel}} + \epsilon_{\text{drainage plot}} + \epsilon_{\text{veldje}} + \text{rest error}$$

Met random effecten voor achtereenvolgens perceel binnen kavel, drainage plot binnen perceel, set van twee veldjes binnen drainage plot en residu.

Voor de peilstrategieën misten echte herhalingen, waardoor het effect van de strategieën niet getoetst kon worden (variatie tussen kavels met dezelfde peilstrategie was niet bekend). In de ANOVA is peilstrategie getoetst tegen de variatie tussen percelen binnen kavels. Door GenStat werd de analyse in twee stappen uitgevoerd. Eerst werden de ontbrekende data ingeschat, zodanig dat residuele kwadraatsom niet veranderde en vervolgens werd een ANOVA op de data en de ingeschatte waarden uitgevoerd. Bij deze analyse waren de berekende P-waarden liberaal, dat wil zeggen dat ze kleiner kunnen zijn dan de werkelijke P-waarden en zodoende kan eerder tot significantie worden besloten. De ANOVA resultaten dienen daarom met enige reserve te worden gebruikt. Voor totaal N-opbrengst zijn de totalen van metingen en ingeschatte waarden gebruikt bij de ANOVA.

3 Resultaten

3.1 Slooppeil en drooglegging percelen

Voor de vier peilstrategieën staan in tabel 5 de hoogte van het maaiveld en het gemiddelde slootpeil per proefperceel per drainbehandeling. Het verschil tussen het slootpeil en de maaiveldhoogte is de drooglegging. Voor de behandelingen met een dynamisch peil betreft dit het gemiddelde slootpeil, exclusief de verlaagde peilen in de perioden met dynamisch peil.

Voor het bepalen van de gemiddelde drooglegging per perceel per behandeling is het verschil bepaald tussen het gemiddelde slootpeil (cm-NAP) en het maaiveld van de proefobjecten, te weten de bovenkant van de peilbuizen (cm-NAP). In tabel 5 staat de drooglegging per behandeling per perceel.

Tabel 5. Maaiveldhoogte, slootpeil en drooglegging (slootpeil – maaiveldhoogte) per proefperceel per drainbehandeling gemiddeld over de proefperiode van twee jaar.

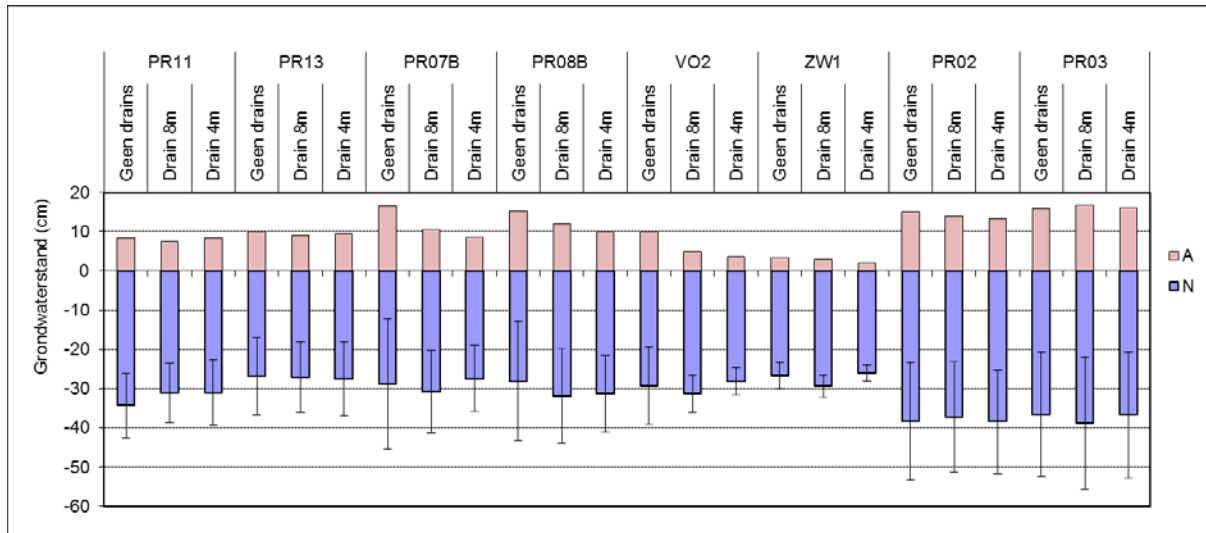
Hoofd-behandeling	Geen drains			Drain 4 m			Drain 8 m		
	Maaiveld	Slootpeil	Drooglegging	Maaiveld	Slootpeil	Drooglegging	Maaiveld	Slootpeil	Drooglegging
<i>Vast hoog peil PR11</i>									
PR11	-226	-247	22	-225	-247	22	-226	-247	22
PR13	-237	-247	10	-233	-247	14	-233	-247	15
<i>Dynamisch hoog peil</i>									
PR07B	-235	-252	17	-235	-252	18	-232	-252	21
PR08B	-232	-252	20	-230	-252	22	-231	-252	21
<i>Dynamisch peil</i>									
VO2	-261	-303	42	-263	-303	40	-260	-303	42
ZW1	-262	-303	41	-264	-303	39	-261	-303	42
<i>Vast laag peil</i>									
PR02	-266	-321	55	-268	-321	53	-269	-321	52
PR03	-268	-321	53	-274	-321	47	-271	-321	50

De drooglegging verschilde vooral tussen de proefpercelen binnen de peilstrategie vast hoog peil. De drooglegging van perceel PR13 was kleiner dan van perceel PR11, vooral op het ongedraineerde gedeelte waar het verschil 12 cm bedroeg. Het verschil tussen de gedraineerde gedeelten van de betreffende percelen was kleiner, namelijk 8 en 7 cm voor respectievelijk de drainafstanden 4m en 8m. Voor de andere peilstrategieën was het verschil tussen de percelen kleiner.

3.2 Analyse modelparameters grondwaterstanden

De grondwaterstanden zijn met een sinusfunctie gekarakteriseerd. Dit is weliswaar op een relatief grof detailniveau, maar maakte het wel mogelijk om de behandelingen te onderscheiden en te toetsen. De gemiddelde waarden van de parameters Niveau (N), Amplitude (A) en Fase (P) staan in Bijlage 2 per perceel per drainbehandeling. Het niveau betreft de geschatte gemiddelde grondwaterstand en de amplitude betreft de geschatte gemiddelde afwijking van de grondwaterstand. De fase (P) is de duur van een cyclus en komt overeen met ongeveer 365 dagen. De fase blijft in deze paragraaf verder buiten beschouwing, omdat deze hydrologisch geen betekenis heeft.

De geschatte gemiddelde grondwaterstanden per perceel per drainbehandeling staan in figuur 3. Daarbij is met variatiebalkjes de geschatte gemiddelde afwijking weergegeven. De hoogste waarden betreffen de wintergrondwaterstanden en de laagste waarden betreffen de zomergrondwaterstanden.



Figuur 3. Geschatte gemiddelde grondwaterstand (N) per perceel per drainbehandeling en de geschatte gemiddelde grondwaterfluctuaties (A). De fluctuaties ten opzichte van het gemiddelde niveau is tevens met variatiebalkjes aangegeven; de hoogste waarden betreffen de wintergrondwaterstanden en de laagste waarden betreffen de zomergrondwaterstanden

Vast hoog peil

De percelen PR11 en PR13 hadden door verschil in drooglegging een verschillend verloop van de grondwaterstanden. De gemiddelde grondwaterstand (N) was bij PR13 hoger dan bij PR11. De drains hadden door infiltratie op perceel PR11 een verhogend effect op de grondwaterstand, zowel in de zomer als in de winter.

Dynamisch hoog peil

De percelen PR07B en PR08B lieten voor wat betreft de ongedraineerde situatie een vergelijkbaar beeld zien. De drains hadden op PR07B zowel een verhogend (kleinere N) als een nivellerend effect (kleinere A) op de grondwaterstanden. Daarbij was zowel sprake van drainage als infiltratie. Bij een drainafstand van 4 m waren de effecten groter dan bij een drainafstand van 8 m.

Op PR08B verlaagde de drains de gemiddelde grondwaterstand (N) enigszins en daarbij was de peilfluctuaties kleiner door een toename van drainage. Het effect was groter bij een kleiner drainafstand.

Dynamisch peil

Opvallend was dat de fluctuaties in grondwaterstanden (A) op perceel ZW1 en in mindere mate op perceel VO2 relatief klein was ten opzichte van de andere percelen. Ook was de gemiddelde grondwaterstand (N) relatief hoog. Vooral de zomergrondwaterstanden waren hoger (zie ook paragrafen 3.3 en 3.4), wat duidt op extra wateraanvoer via de sloot of via de ondergrond (zie verder hoofdstuk 4 Discussie). Op perceel ZW1 hadden drains zodoende voor wat betreft infiltratie geen toegevoegde waarde. Op perceel VO2 was dit wel het geval.

Vast laag peil

De percelen PR02 en PR03 hadden ten opzichte van de overige percelen de laagste gemiddelde grondwaterstand (N) en een relatief grote variatie (A). Op perceel PR02 hadden drains alleen een beperkte drainerende werking. Op perceel PR03 leken de drains nog nauwelijks te werken (zie Hoofdstuk 4. Discussie).

In tabel 6 staan de overschrijdingskansen (P-waarden) van de statistische toetsing (ANOVA) voor de parameters A en N voor de behandelingen drainage en drainafstand. De overschrijdingskansen zijn uitgedrukt in symbolen en geven de mate van significantie weer. In Bijlage 2 staan de gemiddelden per perceel per drainafstand en de overschrijdingskansen voor de hoofdeffecten drainage en raai en de interactie-effecten hiervan.

Tabel 6. P-waarden van de statistische toetsing (ANOVA) van effecten op grondwaterstanden voor de behandelingen drainage en drainafstand voor amplitude (A) en niveau (N).

	Perceel	Drainage	Drainafstand
<i>Amplitude (A)</i>			
Vast hoog peil	PR11		
	PR13		
Dynamisch hoog peil	PR07B	***	**
	PR08B	***	**
Dynamisch peil	VO2	***	*
	ZW1 ¹⁾	*	~
Vast laag peil	PR02	**	~
	PR03		
<i>Nivo (N)</i>			
Vast hoog peil	PR11	***	
	PR13		
Dynamisch hoog peil	PR07B		**
	PR08B	***	
Dynamisch peil	VO2		**
	ZW1		**
Vast laag peil	PR02		~
	PR03	~	**

Overschrijdingskans (P) refererend aan een F-verdeling

*** P<0.001

** P<0.01

* P<0.05

~ P<0.10

¹⁾Analyse zonder de data van peilbuis 240, welke qua fase sterk verschilt van die van de overige peilbuizen

Op de percelen bij Dynamisch hoog peil en Dynamisch hadden drains een significante tot zeer significante nivellerende werking op de grondwaterstanden (A). Daarbij was, afgezien voor perceel ZW1, het effect bij een drainafstand van 4 m significant groter dan die bij een drainafstand van 8 m. Voor perceel ZW1 was een aanwijzing voor een significant verschil, door extra wateraanvoer (zie Hoofdstuk 4 Discussie).

Van de overige peilstrategieën met een vast peil, hadden onderwaterdrains alleen op perceel PR02 een significant (beperkt) verlagend effect op de grondwaterstand. Daarbij was een aanwijzing voor een significant effect van drainafstand, echter het betrof een tegengesteld effect, want de drains met een tussenafstand van 8 m had een groter effect dan die met een tussenafstand van 4 m.

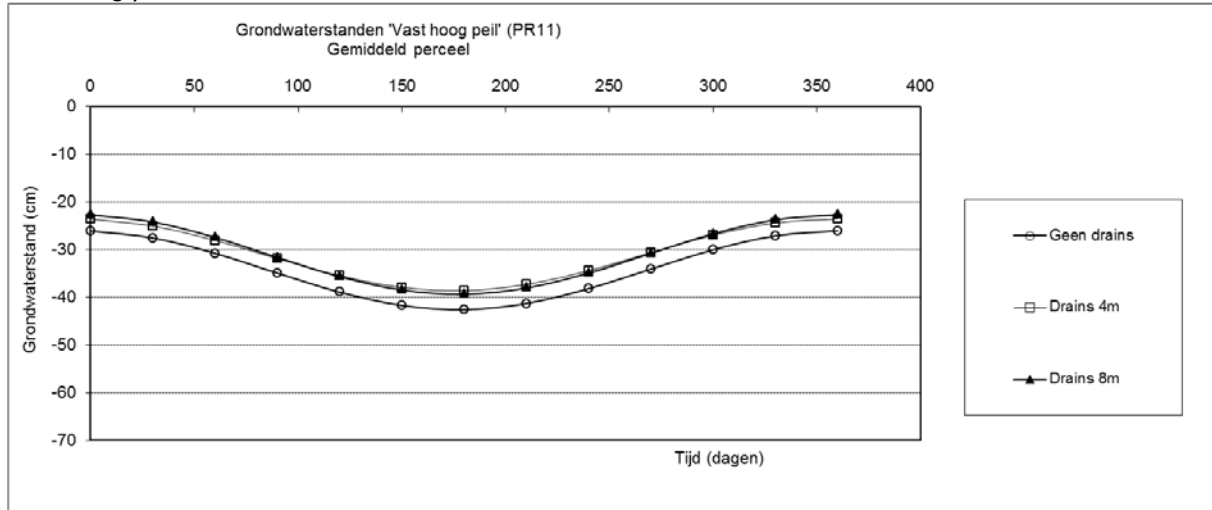
Drains hadden op perceel PR11 (Vast hoog peil) een significant verhogend effect op de gemiddelde grondwaterstand (N) door extra infiltratie. Op perceel PR08B (Dynamisch hoog peil) hadden drains een significant verlagend effect op de gemiddelde grondwaterstand door extra drainage. Op perceel PR03 was er aanwijzing voor een significant verlagend effect. De drainafstand 4 m had een verhogend effect op de grondwaterstand ten opzichte van 8 m voor de percelen PR07B, VO2, ZW1 en PR03. Voor perceel PR02 was een aanwijzing voor een verlagend effect door extra drainage.

De grondwaterstanden waren op de meeste percelen significant verschillend tussen de lengteraaen. Het was vooral de middelste raai die afwijkend was van de buitenste raaien door het dieper wegzakken van de grondwaterstand in de zomer en hoger opbollen van de grondwaterstand in de winter ten opzichte van het slootpeil van de belendende kavelsloten.

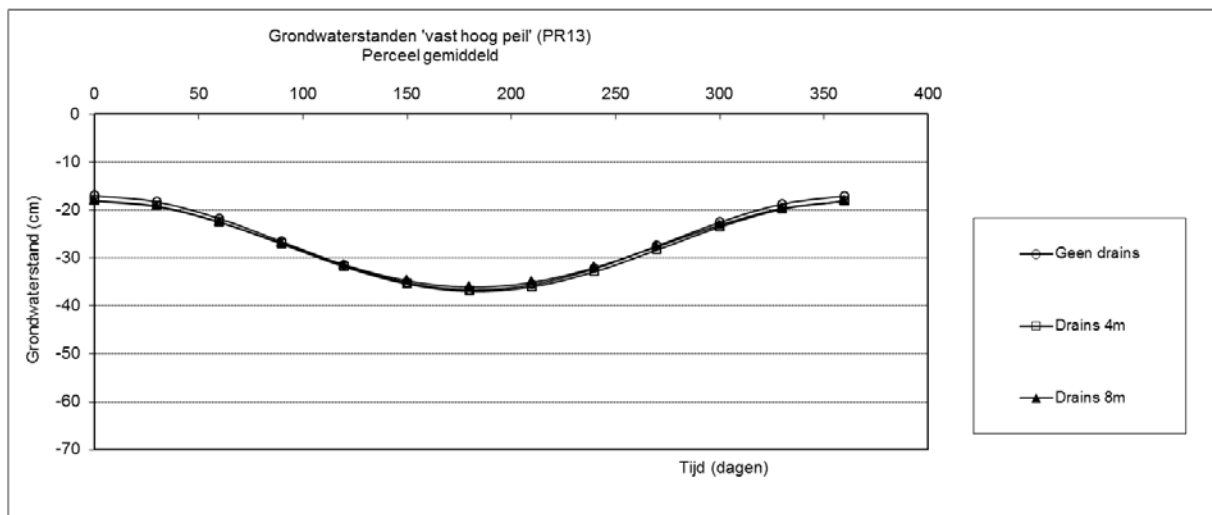
3.3 Vergelijking gemodelleerde grondwaterstanden

De gefitte modellen voor de drainagebehandelingen staan in de figuren 4 tot en met 11 om te zien hoe de grondwaterstanden zich gedurende het jaar onderling verhielden. Voor een zuivere vergelijking van de modellen zijn verschillen in maaiveldhoogte in de betreffende figuren buiten beschouwing gelaten en is uitgegaan van een gelijke maaiveldhoogte. In de figuren 4 tot en met 11 staan de perceelsgemiddelden. In Bijlage 3 staan tevens de resultaten per raai.

Vast hoog peil

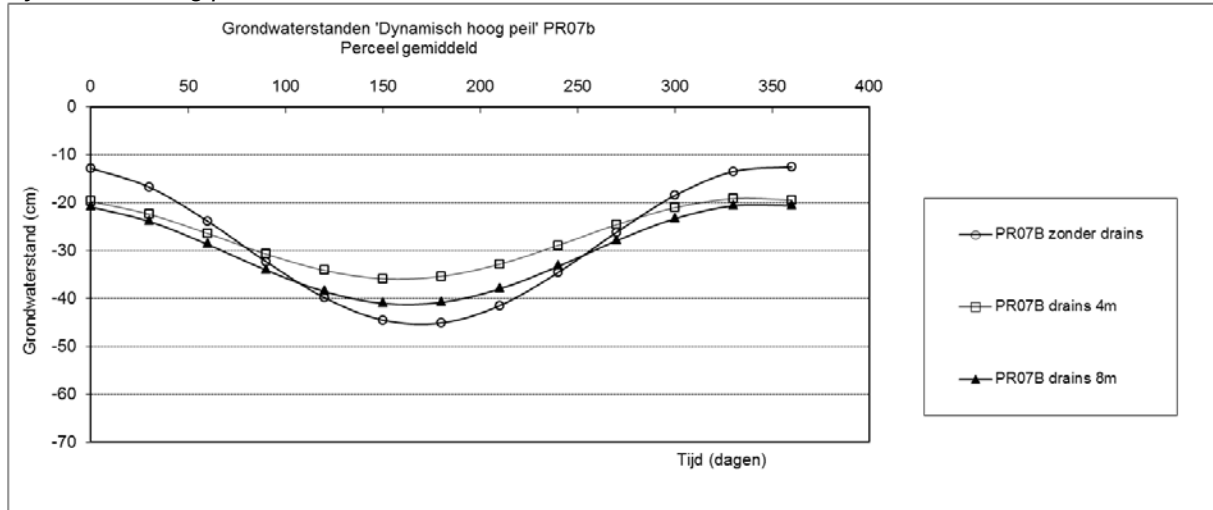


Figuur 4. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel PR11 zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 en 8 m

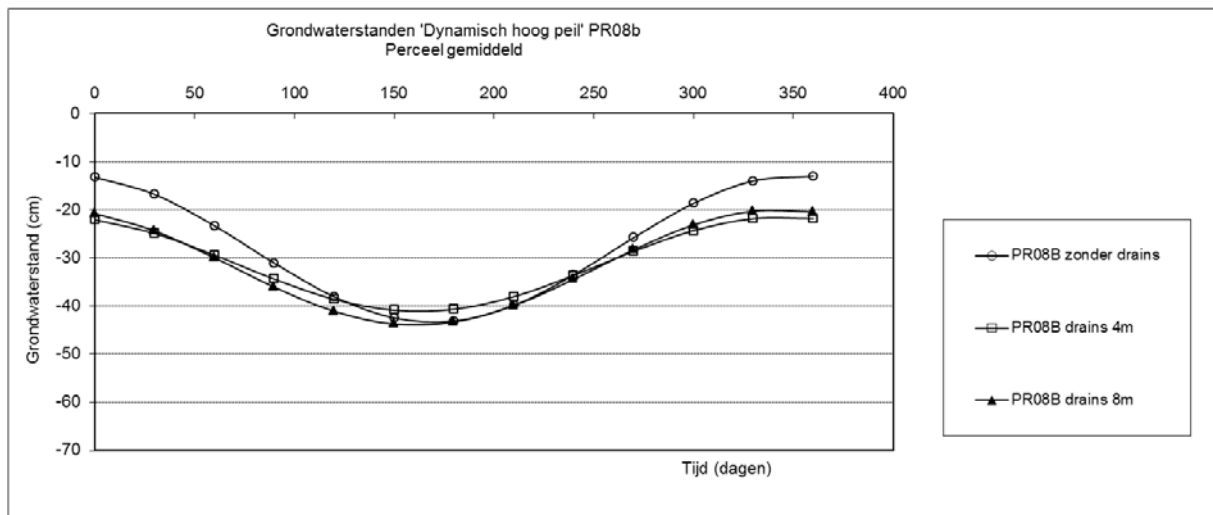


Figuur 5. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel PR13 zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 en 8 m

Alleen op perceel PR11 had drainage een significant verhogend effect op de grondwaterstanden door infiltratie. Drainafstand had geen effect. Op perceel PR13 had drainage, ondanks de geringere drooglegging (22 versus 10 cm), geen infiltrerend effect.

Dynamisch hoog peil

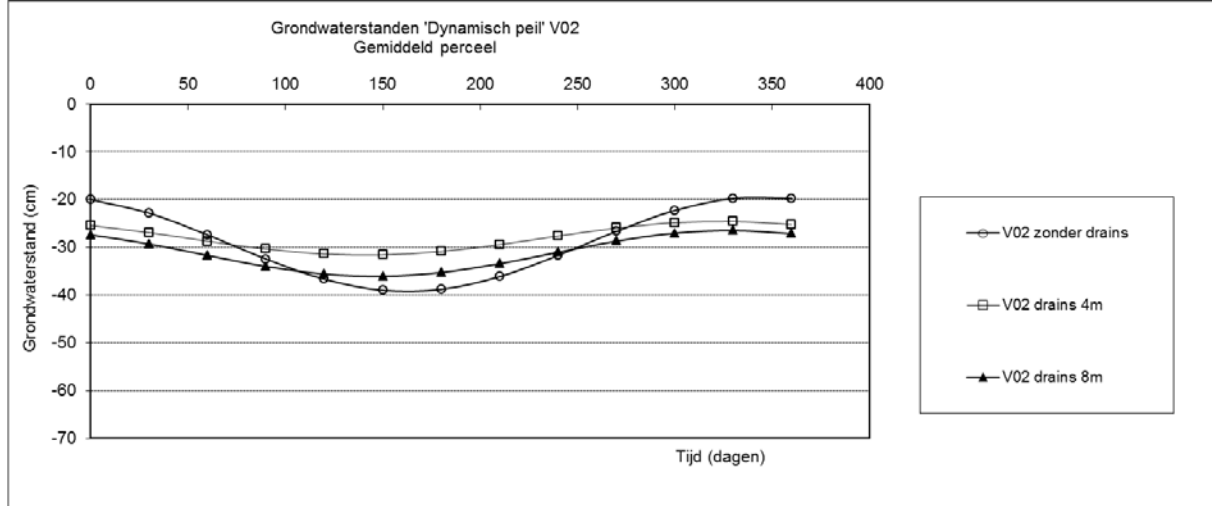
Figuur 6. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel PR07B zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 en 8 m



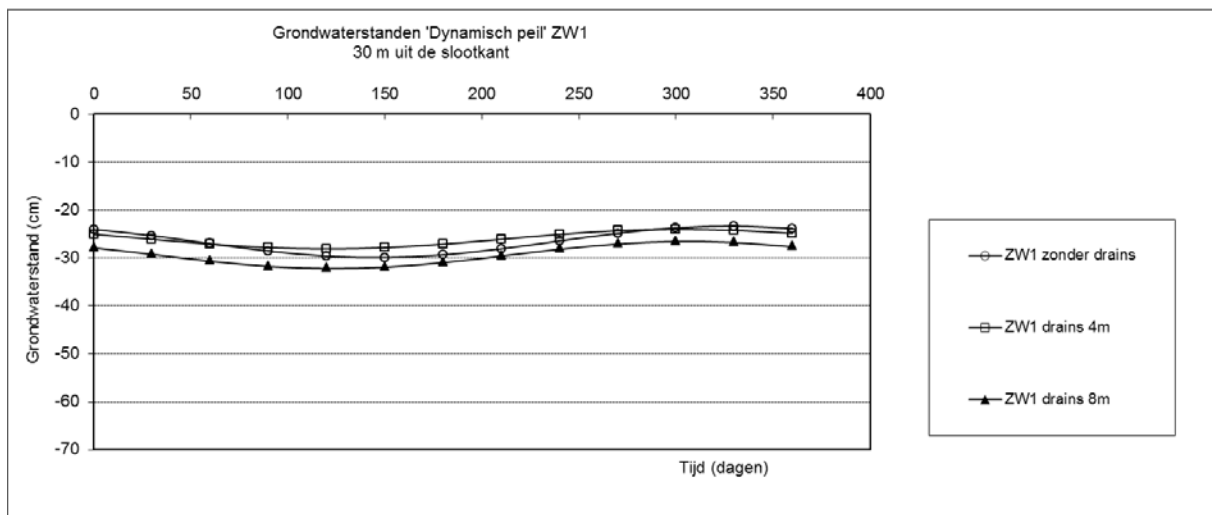
Figuur 7. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel PR08B zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 en 8 m

De percelen PR07B en PR08B lieten voor wat betreft de ongedraineerde situatie een vergelijkbaar beeld zien. Drainage had op beide percelen een vergelijkbaar verlagend effect op de wintergrondwaterstanden. Op perceel PR07B had drainage een sterker verhogend effect op de zomergrondwaterstanden dan op perceel PR08B. Daarbij was het effect van drainafstand groter (significant).

Dynamisch peil

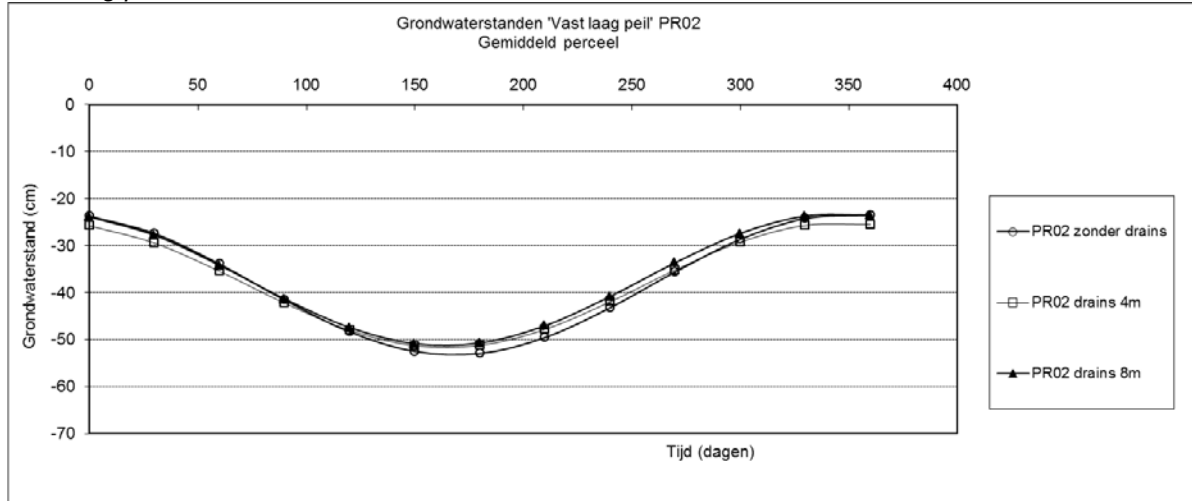


Figuur 8. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel V02 zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 en 8 m

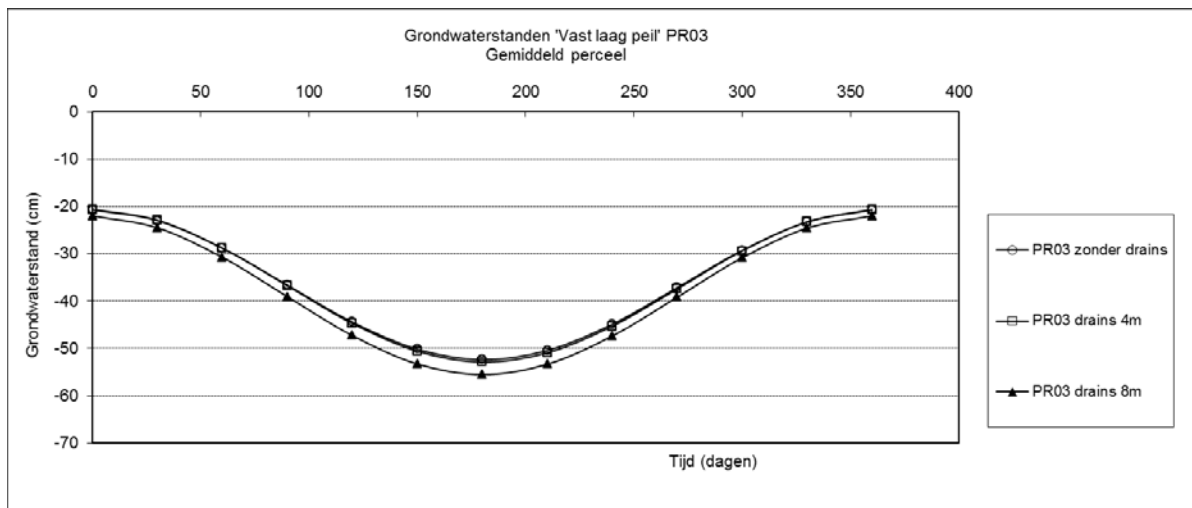


Figuur 9. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel ZW1 zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 en 8 m

De grondwaterstanden waren op beide percelen in de zomer relatief hoog, vooral op perceel ZW1 door extra wateraanvoer. Hierdoor had drainage geen effect op het gemiddelde niveau. Drains hadden op perceel V02 zowel een drainerende als een infiltrerend effect. Het effect was bij een drainafstand van 4 m significant groter dan die bij een drainafstand van 8 m.

Vast laag peil

Figuur 10. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel PR02 zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 en 8 m

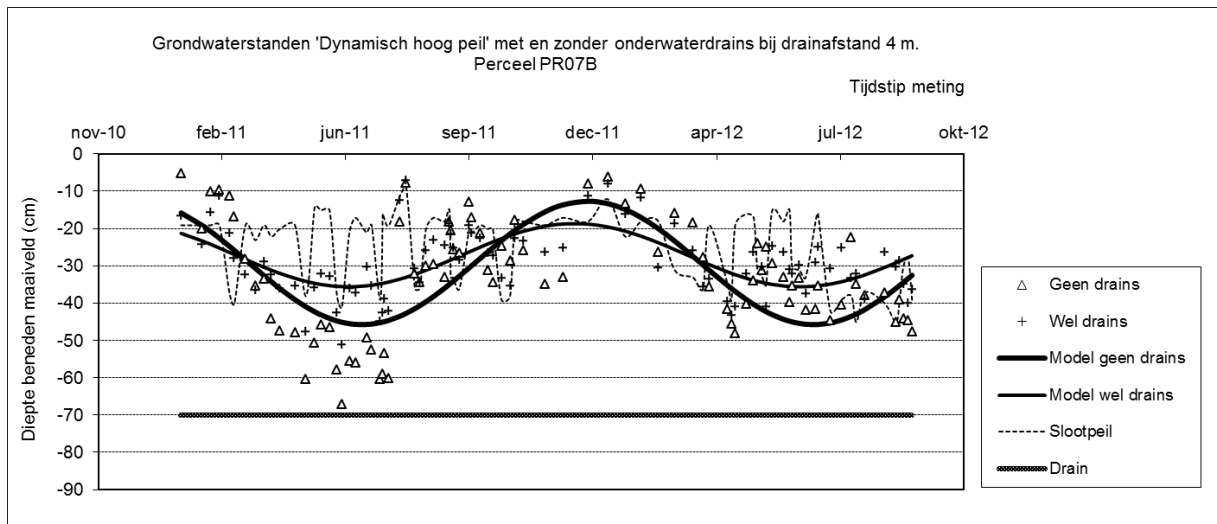


Figuur 11. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel PR03 zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 en 8 m

In de ongedraineerde situatie was het grondwaterstandsverloop voor beide percelen vergelijkbaar. Op perceel PR02 hadden drains een beperkt verlagend (wel significant) effect op de wintergrondwaterstanden bij een drainafstand van 4 m. Op perceel PR03 waren de grondwaterstanden bij een drainafstand van 8 m gemiddeld lager dan bij de situatie zonder drains en dan bij een drainafstand van 4 m.

3.4 Vergelijking gemodelleerde en gemeten grondwaterstanden

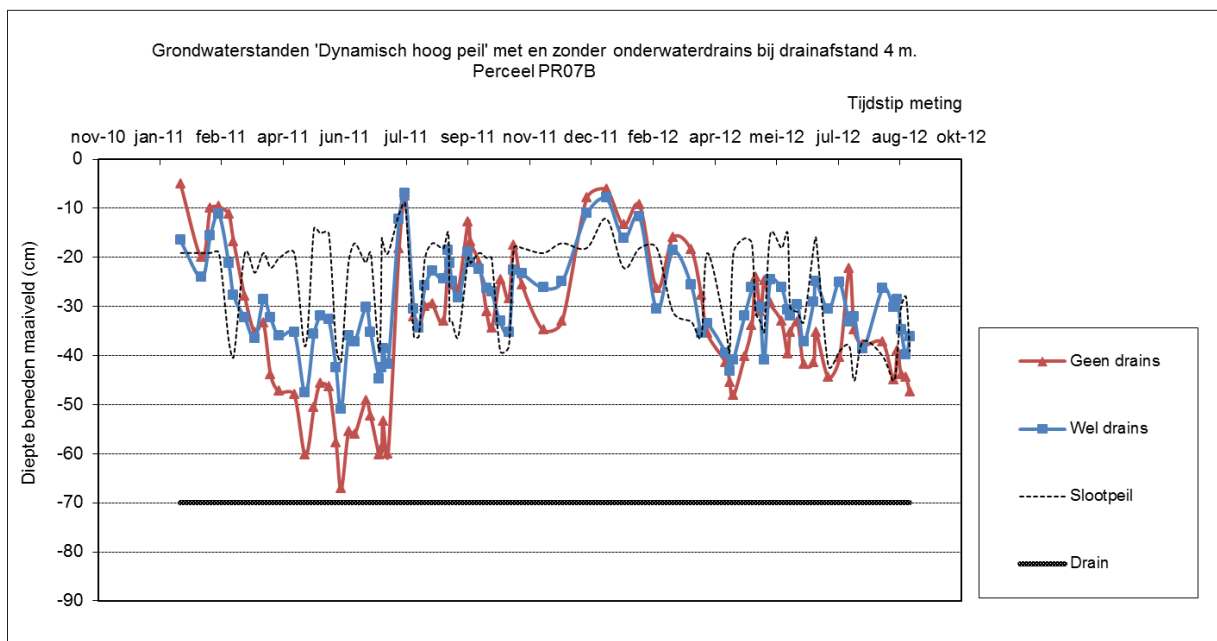
Om een indruk te krijgen van in hoeverre de modellen de hoogste en laagste gemeten grondwaterstanden gedurende de proefjaren benaderen staan in Bijlage 4 (figuren 1 tot en met 16) per perceel per drainafstand de gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden voor de betreffende drainafstand en de situatie zonder drainage ten opzichte van de gemeten maaiveldhoogte. Daarbij is ook het slootpeil ten opzichte van het maaiveld weergegeven. Ter illustratie staan in figuur 12 de gemodelleerde en gemeten grondwaterstanden voor perceel PR07B bij een drainafstand van 4 m.



Figuur 12. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR07B zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 m

De werkelijke grondwaterstanden vertoonden logischerwijs grotere fluctuaties dan volgens de statistische gemodelleerde amplitude (A) van het sinusoïde model. Het zijn juist deze laagste en hoogste grondwaterstanden die bepalend zijn voor respectievelijk de mate van maaiveld daling (Van den akker *et al.*, 2007) en de draagkracht van de graszode. In Hoofdstuk 4 (Discussie) zijn de werkelijke peilfluctuaties vergeleken met de gemodelleerde fluctuatie.

Toepassing van een dynamisch peil kwam in het groeiseizoen daadwerkelijk tot uitdrukking in het verloop van de grondwaterstanden. In een figuur 13 is (vergeleken met figuur 12) het grondwaterverloop voor de ongedraineerde en gedraineerde situatie met een drainafstand van 4 m in meer detail weergegeven, door de metingen met een doorgetrokken lijn weer te geven.



Figuur 13. Slootpeil en werkelijke grondwaterstanden perceel PR07B zonder drainage en met drainage, drainafstand 4 m

De reactie van de grondwaterstanden op de verandering van het slootpeil was vooral in het relatief droge voorjaar van 2011 goed waarneembaar. Opvallend was dat een verhoging van het slootpeil ook in de ongedraineerde situatie de grondwaterstanden weer deed stijgen. Verwacht werd dat het effect kleiner zou zijn door een relatief hoge slootbodemweerstand op veengrond, die de watertoevoer remt. Op de gedraineerde objecten was het effect op de grondwaterstanden groter, waardoor de grondwaterstanden minder ver daalden. Op de percelen PR08B en V02 was het beeld vergelijkbaar. Op perceel ZW1 was er nauwelijks verschil tussen de ongedraineerde en gedraineerde situatie door extra watertoevoer.

3.5 Grasopbrengsten

Op een aantal veldjes heeft een verstoring plaats gevonden door weidend vee (door de afrastering gebroken) of vervuiling van het maaisel met grond. De droge stof en de N-bepalingen van deze veldjes konden niet meegenomen worden in de analyse en werden als missende waarneming beschouwd. Evenmin was bekend of de verstoringen door vee nog effect hadden op de opbrengsten van volgende sneden. De missende waarnemingen zijn ingeschat. Door de vaste verdeling van N-behandelingen over de opbrengstveldjes zijn de opbrengsten per drainage plot voor wel en geen N-bemesting getotaliseerd over de twee veldjes.

In de volgende paragrafen worden de analyses van respectievelijk de droge stof- en stikstofopbrengst beschreven. Daarbij zijn de drie factorinteracties buiten beschouwing gebleven omdat die niet significant bleken.

3.5.1 Droge stofopbrengst

De berekende P-waarden van de F-toetsen van behandelingseffecten voor de droge stofopbrengsten staan in tabel 7 per snede en de totale jaaropbrengst. De werkelijke opbrengsten inclusief de ingeschatte missende waarnemingen staan in Bijlage 5. In Bijlage 6 staat een overzicht van de jaaropbrengsten per behandeling voor 2011 en 2012.

Tabel 7. Berekende P-waarden van de F-toetsen van effecten op de droge stofopbrengst in 2011 en 2012 voor een ANOVA model met hoofdeffecten en 2 factor interacties. Significante verschillen zijn onderstreept.

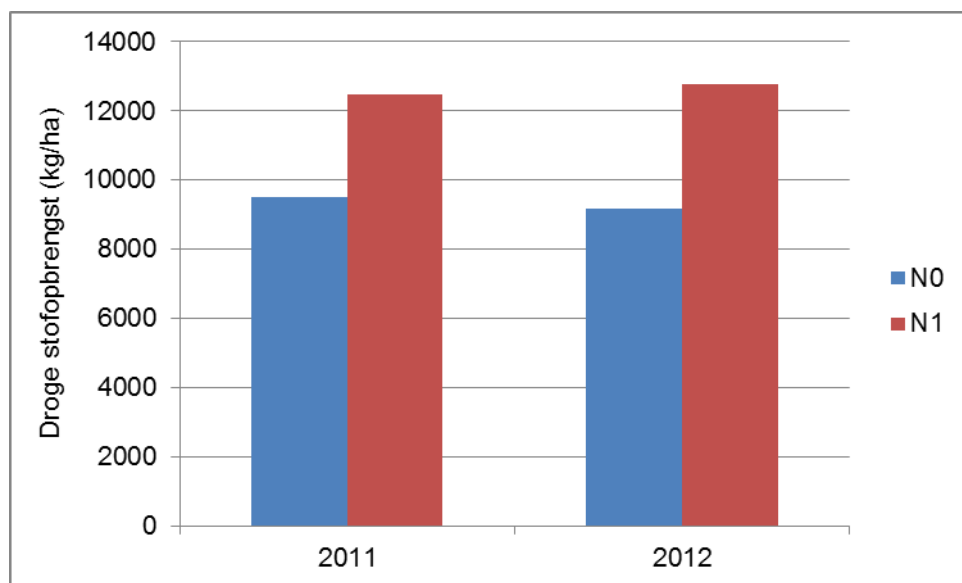
	Snede 1	Snede 2	Snede 3	Snede 4	Snede 5	Totaal
Peilstrategie	0,684	0,114	0,222	0,606	0,070	0,269
Drainage	0,249	0,978	0,074	0,865	0,379	0,260
Peilstrategie x Drainage	0,646	0,431	<u>0,033</u>	0,329	0,478	0,383
N-bemesting	<u>>0,001</u>	<u>0,001</u>	<u>>0,001</u>	<u>>0,001</u>	<u>0,026</u>	<u>>0,001</u>
Peilstrategie x N-bemesting	<u>0,007</u>	<u>0,006</u>	0,266	0,450	<u>0,011</u>	0,086
Drainage x N-bemesting	0,272	0,724	0,587	0,974	0,420	0,894
Jaar	<u>>0,001</u>	<u>>0,001</u>	<u>>0,001</u>	<u>0,002</u>	<u>>0,001</u>	0,932
Peilstrategie x Jaar	<u>0,007</u>	0,326	<u>0,005</u>	<u>>0,001</u>	<u>0,022</u>	0,057
Drainage x Jaar	0,155	0,362	0,482	0,104	<u>0,004</u>	0,540
N-bemesting x Jaar	<u>>0,001</u>	0,053	<u>>0,001</u>	<u>>0,001</u>	0,076	<u>0,022</u>

Significante hoofdeffecten waren beperkt tot stikstofbemesting en Jaar. Voor stikstofbemesting betrof dit alle sneden en de totale jaaropbrengst. Voor Jaar betrof dit uitsluitend de sneden en niet de jaaropbrengst. Peilstrategie en Drainage hadden dus geen significant hoofdeffect. Wel was er een significant interactie-effect voor Peilstrategie x Drainage voor snede 3; bij dynamisch peilbeheer hadden drains een verlagend effect op de opbrengst van snede 3 en bij de vaste peilen niet. Het effect van stikstofbemesting was verschillend tussen de peilstrategieën, gezien het interactie-effect voor snede 1, 2 en 5. Dit hield in dat de verschillen tussen de peilstrategieën voor N1 aanmerkelijk kleiner waren dan voor N0. Het effect van Jaar was verschillend per Peilstrategie (snede 1, 3-5), Drainage (snede 5) en stikstofbemesting (snede 1, 3, 4 en totale jaaropbrengst). Voor de afzonderlijke sneden betekende deze interactie-effecten dat de opbrengstverschillen voor de

betreffende behandelingen niet consequent het ene jaar hoger waren dan het andere jaar, maar dat deze per jaar verschilden.

Aangezien de stikstofopbrengst zuiverder aangeeft hoe grasopbrengst reageert op de vochtsituatie en de stikstoflevering van de bodem dan droge stofopbrengst, zijn de interactie-effecten verder uitgewerkt in de volgende paragraaf en hoofdstuk 4 (Discussie).

Op jaarbasis waren alleen het hoofdeffect stikstofbemesting en het interactie-effect stikstofbemesting x Jaar significant verschillend. De betreffende resultaten op jaarbasis staan in figuur 14.



Figuur 14. Droge stofopbrengst voor 2011 en 2012 met en zonder stikstofbemesting, respectievelijk N0 en N1

De figuur laat zien dat stikstofbemesting (N1) consequent een hogere opbrengst gaf dan geen bemesting (N0). De jaaropbrengsten waren in 2011 voor N0 hoger dan in 2012 en voor N1 lager dan in 2012.

3.5.2 Stikstofopbrengst

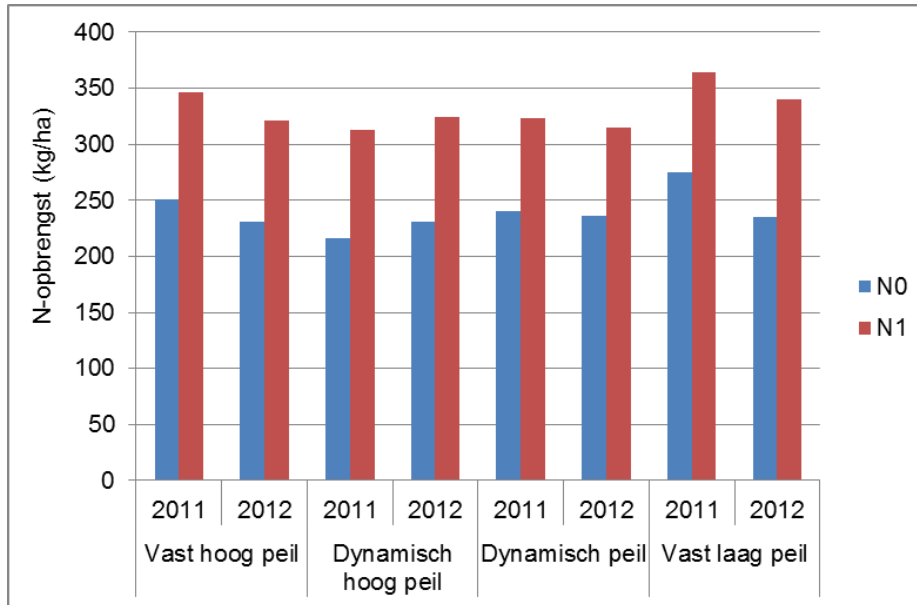
De berekende P-waarden van de F-toetsen van behandelingseffecten voor de N-opbrengsten staan in tabel 8 per snede en de totale jaaropbrengst. De werkelijke opbrengsten inclusief de ingeschatte missende waarnemingen staan in Bijlage 7. De ruw eiwit gehalten staan in Bijlage 8. In Bijlage 9 staat een overzicht van de jaaropbrengsten per behandeling voor 2011 en 2012.

Tabel 8. Berekende P-waarden van F-toetsen van effecten op de stikstofopbrengst in 2011 en 2012 voor een ANOVA model met hoofdeffecten en 2 factor interacties. Significante verschillen zijn onderstreept.

	Snede 1	Snede 2	Snede 3	Snede 4	Snede 5	Totaal
Peilstrategie	0,579	0,062	0,237	0,299	0,141	0,071
Drainage	0,911	0,132	0,590	0,519	0,585	0,803
Peilstrategie x Drainage	0,801	0,153	<u>0,006</u>	0,176	0,609	0,119
N-bemesting	<u>>0,001</u>	<u>>0,001</u>	<u>>0,001</u>	<u>>0,001</u>	<u>0,001</u>	<u>>0,001</u>
Peilstrategie x N-bemesting	<u>0,042</u>	0,061	0,278	0,403	<u>0,002</u>	0,615
Drainage x N-bemesting	0,203	0,947	0,649	0,877	0,430	0,721
Jaar	0,142	<u>0,001</u>	<u>>0,001</u>	<u>0,004</u>	<u>>0,001</u>	<u>0,004</u>
Peilstrategie x Jaar	0,209	0,366	0,133	<u>>0,001</u>	<u>0,002</u>	<u>0,001</u>
Drainage x Jaar	0,278	0,267	0,957	<u>0,032</u>	<u>0,023</u>	0,765
N-bemesting x Jaar	<u>0,002</u>	0,455	<u>>0,001</u>	0,326	0,173	0,921

Significante hoofdeffecten waren beperkt tot stikstofbemesting en Jaar. Voor stikstofbemesting betrof dit alle sneden en de totale jaaropbrengst. Dit was ook voor Jaar het geval, uitgezonderd snede 1. Peilstrategie en Drainage hadden dus geen significant hoofdeffect. Het effect van stikstofbemesting was verschillend tussen de peilstrategieën, gezien het interactie-effect voor snede 1 en 5. Het effect van Jaar was verschillend per Peilstrategie (snede 4,5 en totaal), Drainage (snede 4 en 5) en stikstofbemesting (snede 1 en 3).

Op jaarbasis waren de hoofdeffecten stikstofbemesting, jaar en het interactie-effect Peilstrategie x Jaar significant verschillend. De betreffende jaarresultaten staan in figuur 15.



Figuur 15. Stikstofjaaropbrengst voor 2011 en 2012 per peilstrategie met en zonder stikstofbemesting, respectievelijk N0 en N1

Figuur 15 laat zien dat stikstofbemesting (N1) consequent een hogere opbrengst gaf dan geen bemesting (N0). De jaaropbrengsten waren in 2011 hoger dan in 2012, uitgezonderd die voor Dynamisch hoog peil, omdat de opbrengst van snede 4 in 2011 relatief laag was. Daarbij was de opbrengst van snede 5 in 2011 en 2012 ongeveer gelijk. Dit verklaart de betreffende interactie effecten.

4 Discussie

4.1 Modelling grondwaterstanden

Modelling van het grondwaterstandsverloop volgens een sinusoïde geeft een sterk vereenvoudigde benadering van de werkelijkheid. Het gaat voorbij aan details in het grondwaterverloop en is daarmee niet te vergelijken met een hydrologische modellering van grondwaterstanden. Echter, met het toepassen van deze grove benadering volgens een sinusoïde wordt wel inzicht verkregen in hoe de zomer- en wintergrondwaterstanden zich tussen behandelingen verhouden. Vooral deze informatie is bruikbaar om de peilstrategieën en het toepassen van onderwaterdrains op waarde voor de praktijk te beoordelen. De hoge wintergrondwaterstanden zijn vooral bepalend voor draagkracht en daarmee gebruiksbependingen van grasland en de lage zomergrondwaterstanden houden nauw verband met veenafbraak en maaiveldddaling (Van den Akker *et al.*, 2007). Bovendien kunnen aan de hand van de modelparameters de resultaten statistisch betrouwbaar getoetst worden, wat meer zekerheid geeft of behandelingen daadwerkelijk tot een verschillend resultaat leiden. De onderzoeksperiode van twee jaar was wat dat betreft relatief kort.

4.2 Meting grondwaterstanden

In het onderzoek is er voor gekozen om binnen percelen op een groot aantal plaatsen de grondwaterstanden handmatig te meten met een frequentie variërend van incidenteel enkele dagen (behandelingen dynamisch peilbeheer) tot maximaal twee weken. Hierdoor werd vooral rekening gehouden met variatie in de ruimte en veel minder met variatie in de tijd. Zo kan met elektronische divers de grondwaterstand met een hoge frequentie gemeten worden, waardoor veel meer inzicht verkregen wordt in de snelheid waarop grondwaterstanden binnen peilstrategieën reageren. Divers waren echter te duur om op grote schaal in te zetten. Temeer omdat bekend was dat percelen of delen van percelen hydrologisch verschillend reageren ging de voorkeur uit naar het meenemen van de ruimtelijke variatie.

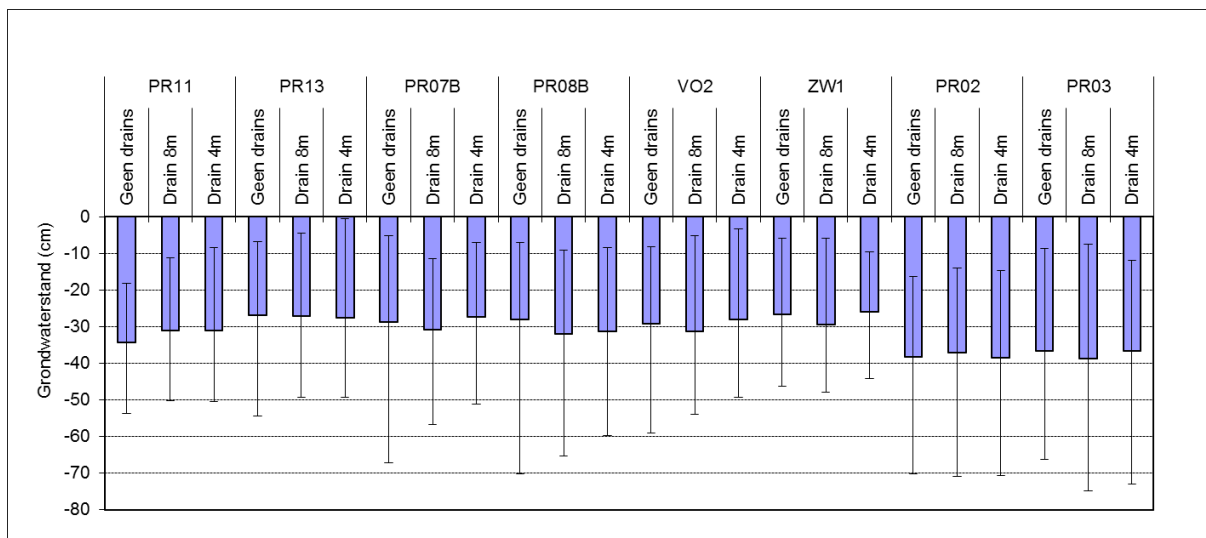
4.3 Vergelijking peilstrategieën

Op de percelen met een vast laag peil waren gemiddeld in de zomer de grondwaterstanden het diepst en de peilfluctuaties het grootst. Bij een vast hoog peil waren de grondwaterstanden gemiddeld hoger en waren de peilfluctuaties aanmerkelijk kleiner. Bij zowel een vast laag als een vast hoog peil hadden onderwaterdrains een beperkt effect op de grondwaterstand (zie paragraaf 4.6). Ten opzichte van het vaste lage peil had dynamisch hoog peil een duidelijk verhogend effect op het gemiddelde niveau van de grondwaterstanden. Wel was gemiddeld de peilfluctuatie in de ongedraineerde situatie vergelijkbaar met die van het vaste lage peil. Bij onderwaterdrains trad duidelijk extra drainage op en op perceel PR07B ook infiltratie, waardoor de peilverschillen kleiner waren. Bij Dynamisch peil waren de gemiddelde grondwaterniveaus vergelijkbaar met Dynamisch hoog peil, echter (zeker bij onderwaterdrains) waren de peilverschillen binnen het jaar relatief klein. Onderwaterdrains hadden op perceel V02 zowel een infiltrerende als een drainerend werking, waardoor de grondwaterstanden nivelleerden. Op perceel ZW1 was sprake van extra watertoevoer (zie paragraaf 4.5). Het effect van Dynamisch hoog peil en Dynamisch peil op de laagste grondwaterstand had vergroot kunnen worden door de peilverlagingen alleen toe te passen onder natte omstandigheden en niet zoals in het voorjaar van 2011 onder droge omstandigheden. Per snede werden de slootpeilen echter wel consequent verlaagd om het effect van dynamisch peil op de grondwaterstanden te kunnen bepalen.

4.4 Effect op draagkracht en maaiveldddaling

Het zijn vooral de laagste en hoogste grondwaterstanden die effect hebben op respectievelijk maaiveldddaling en draagkracht van de graszode. De draagkracht is bepalend voor het kunnen weiden en berijden van graspercelen voor het toedienen van bemesting en het uitvoeren van oogstwerkzaamheden.

Om de hoogste (winter-) en laagste (zomer-) grondwaterstanden tussen de percelen en de peilstrategieën te vergelijken, is in figuur 16 per perceel per drainbehandeling met variatiebalkjes de werkelijke grondwaterfluctuatie weergegeven ten opzichte van de geschatte gemiddelde grondwaterstand (N).



Figuur 16. Geschatte gemiddelde grondwaterstand per perceel per drainbehandeling en de werkelijke grondwaterfluctuatie. Deze fluctuatie is met variatiebalkjes ten opzichte van het gemiddelde niveau weergegeven; de hoogste waarden betreffen de wintergrondwaterstanden en de laagste waarden betreffen de zomergrondwaterstanden.

Het beeld van de geschatte grondwaterfluctuatie (A) in figuur 2 komt overeen met de werkelijke grondwaterfluctuatie in figuur 14. Wel bleken in de ongedraineerde situatie op de percelen PR07B en PR08B de diepste grondwaterstanden praktisch gelijk aan die op de percelen PR02 en PR03, in tegenstelling tot het verschil in gemodelleerde grondwaterfluctuaties. Dit betekent dat zonder drainage dynamisch hoog peil niet of nauwelijks winst opleverde vanuit het oogpunt van maaiveldddaling.

4.5 Interactie slootpeil en grondwater

In 2009 heeft het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) op het Veenweide Innovatiecentrum Zegveld eveneens een onderzoek uitgevoerd naar dynamisch peilbeheer (HDSR, 2011). Daarbij waren binnen een perceel (PR17) twee proefvakken ingericht, namelijk één met een dynamisch peil en één met een vast (winter- en zomer)peil. Bij het dynamische peilbeheer was de grondwaterstand sturend voor het slootpeil. Verschillen in grondwaterstandsverloop en gewasopbrengst werden gemonitord. Een belangrijk uitgangspunt was dat het agrarisch grondgebruik bij deze vorm van peilbeheer in principe niet benadeeld werd ten opzicht van het gangbare vaste peilregime. De drooglegging in het onderzoek van het Hoogheemraadschap lag namelijk altijd tussen de 40 en 60 cm –mv. Ook werden geen onderwaterdrains toegepast. Met dynamisch peilbeheer kon de grondwaterstand weliswaar verhoogd worden, maar de snelheid waarmee de grondwaterstand reageerde op een verandering van het oppervlaktepeil was relatief traag. In het midden van het proefvak (15 à 25 m van de sloot) bedroeg de reactietijd 3 à 8 weken. De verandering van de grondwaterstand in het midden van het perceel was na 8 weken circa 50% van de aanpassing in het

oppervlaktewaterpeil. Binnen een periode van een maand was dit effect beperkt (orde grootte van 20 à 30%). Langs de randen van de sloot was de reactietijd korter, namelijk ongeveer een week.

In tegenstelling tot het onderzoek van HDSR bleek in het onderzoek van 2011 en 2012 dat de grondwaterstanden wel degelijk relatief snel (ongeveer een week) reageerden op veranderingen van het oppervlaktepeil. Verschillen tussen de onderzoeken zijn mogelijk te verklaren door verschil bodemdoorlatendheid van de percelen, verschil in slootbodembedstand (slootschonen) en verschil in weerbeeld.

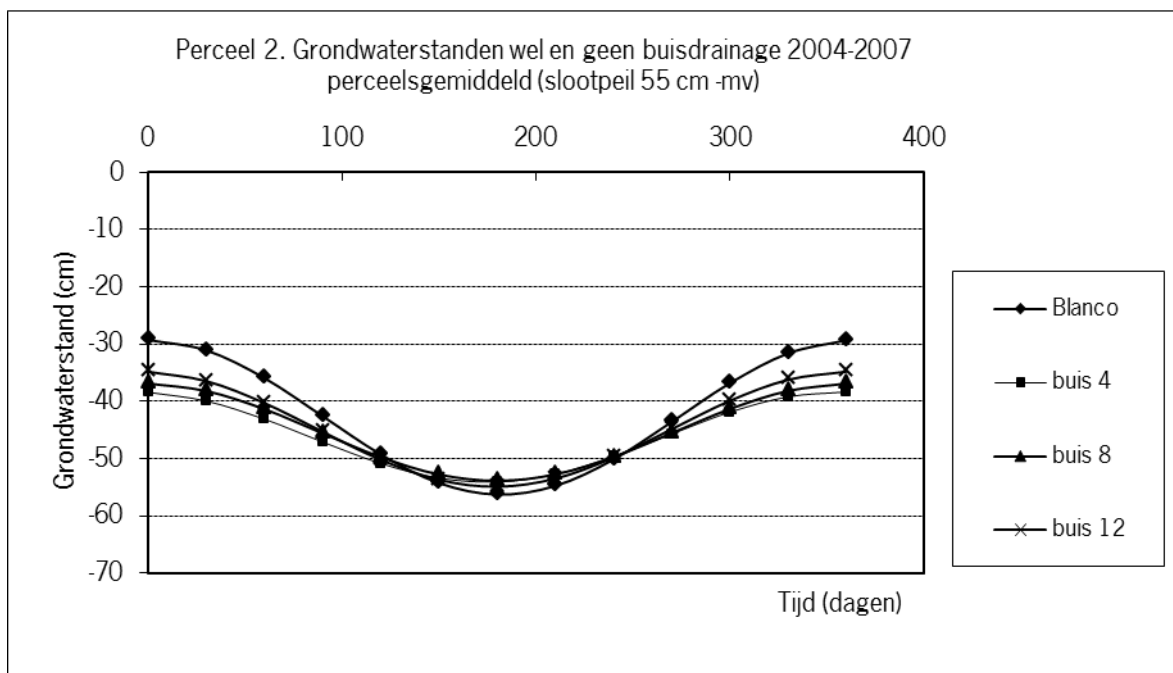
Onder natte omstandigheden was het effect van dynamisch peilbeheer op grondwaterstand en draagkracht veel geringer dan in drogere perioden. Dit was vooral het geval in de zomer van 2011 (juli en augustus) toen er sprake was van een neerslagoverschot. Waarschijnlijk hadden lagere slootpeilen dan de gerealiseerde 40 à 45 cm –mv meer effect gehad.

4.6 Verschil tussen percelen

Voor elke peilstrategie (twee proefpercelen) leidden de slootpeilen tot een verschillend grondwaterstandsverloop per perceel. Bij een vast hoog peil werd dit voornamelijk veroorzaakt door een verschil in drooglegging (PR11 en PR13), maar ook door verschil in werking van drains. Bij Dynamisch hoog peil waren de grondwaterstanden van de percelen PR07B en PR08B zonder drains vergelijkbaar, maar was de werking van de drains verschillend. Het meest waarschijnlijk is dat de hydrologie van de bodem van deze percelen verschilt. Het verschil in grondwaterstandsverloop tussen de percelen met de peilstrategie Dynamisch peil (ZW1 en V02) verschilde het meest. De zomergrondwaterstanden van perceel ZW1 waren relatief hoog. Mogelijke oorzaken zijn 1) meer aanvoer van water door een lagere slootweerstand, 2) meer aanvoer van water door een grotere doorlatendheid van de bodem, 3) lagere vochtonttrekking door geringere gewasverdamping, 4) meer aanvoer van water door een hogere kweldruk. Verschil in werking van drains lijkt uitgesloten, aangezien de ook uitgangssituatie zonder drains veel natter was. De opbrengsten van de eerste vier sneden (snede 5 miste) van perceel ZW 1 waren in 2011 en 2012 niet structureel hoger dan die van V02 (Bijlage 3), dus moet de verklaring gezocht worden in extra wateraanvoer. Extra wateraanvoer door een hogere kweldruk vanuit de Nieuwkoopse plassen ligt het meest voor de hand, gezien de kleinere afstand van het perceel ten opzichte van het meer vergeleken met de andere percelen.

4.7 Functioneren onderwaterdrains

Effect van de drains bij de vaste slootpeilen (aanleg 2003) bleek over het algemeen nog betrekkelijk gering. Dit gold in het bijzonder voor perceel PR03, terwijl in de jaren direct na aanleg (2004-2007) de werking van de drains op dit perceel goed was. Ter illustratie staan in figuur 17 de resultaten uit de betreffende proefperiode. Door het lagere vaste slootpeil hadden de drains een voornamelijk drainerende werking.



Figuur 17. Gefitte modellen grondwaterstanden perceel PR03 zonder drainage (Blanco) en met drainage, drainafstand 4, 8 en 12 m gemiddeld voor de periode 2004-2007

Mogelijke oorzaken voor de afgenomen werking van de drains zijn de wijze van aanleg en/of het gebruikte omhullingsmateriaal van de drains. De drains zijn destijds met een kettinggraver aangelegd en mogelijk is hierdoor in de loop der jaren de bodemdoorlatendheid negatief beïnvloed. Ook kan de (PPE) omhulling dicht zijn gaan zitten. De drains zijn in het vroege voorjaar van 2012 doorgespoten, maar dit heeft niet tot een beter resultaat geleid.

4.8 Effect op grasopbrengsten

Alleen stikstofbemesting en weerjaar hadden een significant effect op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras op jaarbasis en voor de meeste afzonderlijke sneden. Hoofdeffecten voor Peilstrategie en Drainage traden niet op, echter dit hangt sterk af van het weerbeeld. Onder natte omstandigheden blijven ongeacht de peilstrategie of het gebruik van onderwaterdrains de grondwaterstanden relatief hoog, wat minder snel tot opbrengstverschillen leidt. Effecten voor Peilstrategie en Drains werden verwacht door verschil in zomergrondwaterstanden als gevolg van een (langdurig) neerslagtekort. Alleen in het voorjaar van 2011 was hier duidelijk sprake van, echter dit leidde niet tot significante opbrengstverschillen in de eerste sneden. Daarentegen waren er wel na deze periode voor snede 4 en 5 interactie-effecten (tegengestelde effecten 2011 en 2012) voor de droge stof en stikstofopbrengst. De opbrengsten waren in 2011 in het algemeen hoger dan in 2012, echter voor Dynamisch hoog peil en Dynamisch peil waren in 2011 de opbrengsten van snede 4 aanzienlijk lager dan in 2012. Voor snede 5 waren de opbrengsten Dynamisch hoog peil in beide jaren ongeveer gelijk. De groei van snede 4 viel in de relatief natte augustusmaand van 2011. De grondwaterstanden op beide dynamisch peilvarianten waren in die periode relatief hoog ten opzichte van de vaste peilvarianten. Dit gaf lagere droge stof- en stikstofopbrengsten. Factoren die de lagere groei veroorzaakt kunnen hebben zijn groeireductie door zuurstofstress in de wortelzone, maar ook een lagere stikstoflevering door de bodem of een combinatie van beide factoren. Voor snede 5 kwam geen extra stikstof vrij, gezien de vergelijkbare opbrengsten in 2012. In tegenstelling tot dit onderzoek werd in Hoving *et al.* (2008 en 2011) op jaarbasis wel een verlagend effect van onderwaterdrains op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras gevonden. Mogelijk kwam dit door gemiddeld drogere omstandigheden in de betreffende onderzoeken.

4.9 Praktische uitvoering

In het onderzoek is een intensieve vorm van peilbeheer toegepast door deze af te laten hangen van het graslandgebruik. Daarbij werd voor elke snede het slootpeil verlaagd en vervolgens weer verhoogd. In de praktijk kan het dynamisch peilbeheer sterk vereenvoudigd worden door in droge perioden het slootpeil hoog te houden en in natte perioden het slootpeil langere tijd laag te houden. Ten behoeve van het onderzoek werden de peilen verlaagd ongeacht het weerbeeld. Gezien vanuit het perspectief van maaiveld daling resulteerde dit in onnodige verlagingen van de grondwaterstanden. In natte perioden daarentegen waren de slootpeilverlagingen bij Dynamisch peil niet of nauwelijks effectief genoeg om de grondwaterstanden voldoende te verlagen ($> 30 \text{ cm -mv}$), echter dit kwam ook door extra watertoevoer (vermoedelijk kwel), vooral op perceel ZW1.

De uitvoering in de praktijk leverde, afgezien van de extra arbeid, geen praktische bezwaren op. Echter, voor een effectieve uitvoering van dynamisch peilbeheer dient niet alleen naar het graslandgebruik gekeken te worden, maar ook naar de actuele grondwaterstand en de weersverwachting. In die zin is de beproefde vorm van dynamisch peilbeheer niet geschikt om op grote schaal toe te passen, maar is het hanteren van een dynamisch slootpeil met een uitbreiding van beslisriteria wel perspectiefvol. Temeer omdat de uitvoering dan minder peilfluctuaties vraagt. Zie verder Hoofdstuk 6 (Praktijktoeepassing).

5 Conclusies

- Grondwaterstanden reageerden duidelijk op verandering van het slootpeil (dynamisch peil), zowel voor wat betreft de afvoer als de aanvoer van water;
- Hierbij werd door onderwaterdrains de watertoevoer vergroot, waardoor de grondwaterstanden minder ver uitzakten en dit is gunstig vanuit het perspectief van maaiveldaling;
- Ook verlaagden onderwaterdrains bij dynamisch peil de hoge wintergrondwaterstanden waardoor in het algemeen onderwaterdrains een nivellerend effect hadden op grondwaterstand (kleinere fluctuatie ten opzichte van het slootpeil);
- Een kleinere drainafstand had een groter effect op de grondwaterstanden;
- Op percelen met een vast hoog en laag peil functioneerden onderwaterdrains niet of veel minder goed. Afgezien van dat de drains eerder aangelegd zijn (2003) en een andere omhulling (PPE) hebben, is de oorzaak onbekend;
- Per perceel waren effecten verschillend en dat leek vooral te komen door verschil in doorlatendheid van de bodem. Op de percelen bij dynamisch peil leek dit te komen door extra watertoevoer (vermoedelijk door kwel);
- Onder natte omstandigheden was het effect van dynamisch peilbeheer op grondwaterstand en draagkracht veel geringer dan in drogere perioden;
- Op jaarbasis hadden alleen stikstofbemesting en weerjaar een significant effect op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras. Daarbij was wel voor Dynamisch hoog peil de stikstofopbrengst significant lager dan die van de andere peilstrategieën, dat duidt op minder stikstoflevering door nattere omstandigheden. Het effect van onderwaterdrains op de opbrengsten werd niet aangetoond, echter het relatief natte weerbeeld in beide zomers speelde hierbij een belangrijke rol;
- Sturing van dynamisch peilbeheer uitsluitend op basis van grondgebruik leidde niet tot optimale grondwaterstanden voor draagkracht en maaiveldaling. Om dit te bereiken dient ook rekening gehouden te worden met actuele grondwaterstanden en weersverwachting. Naar verwachting leidt dit tot minder peilfluctuaties (betekent minder arbeid) en minder schade aan slootkanten;
- Voor toepassing op grote schaal is een beslissingsondersteunend computerprogramma gewenst dat grondwaterstanden en bodemvochttoestand voorspelt.

Conclusies naar aanleiding van de gestelde vragen bij de start van het onderzoek zijn als volgt:

1) Is deze vorm van peilbeheer praktisch uitvoerbaar?

Sturing van het slootpeil op basis van graslandgebruik is mogelijk, maar vraagt veel extra aandacht voor de graslandplanning. Het peilbeheer kan sterk vereenvoudigd worden door op actuele grondwaterstanden te sturen en dit leidt tevens tot een beter resultaat. Afkalving en vertrapping van slootkanten zijn wel een punt van aandacht.

2) Wat is het effect op het grondwaterstandsverloop?

Grondwaterstanden reageerden duidelijk op verandering van het slootpeil (dynamisch peil), zowel voor wat betreft de afvoer als de aanvoer van water

3) Wat is het effect op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras?

Alleen stikstofbemesting en jaar hadden een significant effect op de droge stof- en stikstofopbrengst van gras op jaarbasis en voor de meeste afzonderlijke sneden. De resultaten zijn echter sterk afhankelijk van het weerbeeld. Naar verwachting wordt in minder natte zomers wel een effect gevonden.

4) Is deze vorm van peilbeheer op grote schaal toepasbaar?

Dynamisch peilbeheer is op grote schaal toepasbaar wanneer gestuurd wordt op actuele grondwaterstanden en weersverwachting. Hierbij is een beslissingsondersteunend computerprogramma gewenst.

6 Aanbevelingen praktijk

Voor het verminderen van maaiveldafval is het gunstig als de grondwaterstanden relatief hoog zijn ($< 30 \text{ cm -mv}$) en voor landbouwkundig gebruik van de grond (voldoende draagkracht) is het gunstig als de grondwaterstanden lager zijn ($> 30 \text{ cm -mv}$) en een geringe fluctuaties hebben. Voor het verenigen van beide tegengestelde belangen zou de grondwaterstanden in de buurt van de 30 cm -mv moeten liggen en slechts weinig moeten variëren. Het gebruik van onderwaterdrains kunnen grondwaterstandsfluctuaties dempen en maken dynamisch peilbeheer effectiever. Bovendien kan door de weerstandsverlaging van de bodem met drainage, mogelijk volstaan worden met kleinere slootpeilfluctuaties om het gewenste effect te bereiken. Ook brengt dit naar verwachting minder schade aan slootkanten met zich mee door afkalving en vertrapping.

Dit betekent dat dynamisch peilbeheer het beste gestuurd kan worden op basis van actuele grondwaterstanden, waarbij rekening gehouden wordt met de weersverwachting voor tenminste de komende vijf dagen. Een kritische grondwaterstand van $30 \text{ à } 35 \text{ cm -mv}$ zou als kantelpunt gezien kunnen worden voor het aanpassen van het slootpeil. Op het Veenweide Innovatiecentrum Zegveld lijkt deze grondwaterstand als uitgangspunt uitvoerbaar, maar in het algemeen is deze stand afhankelijk van bodem en hydrologie en kan per perceel verschillen.

Dynamisch peilbeheer op basis van de grondwaterstand zou in het groeiseizoen als volgt uitgevoerd kunnen worden:

1. slootpeil op $50\text{-}55 \text{ cm -mv}$ wanneer de grondwaterstand gelijk of hoger is dan $30 \text{ à } 35 \text{ cm -mv}$ in combinatie met een neerslagoverschot
2. slootpeil op $20\text{-}25 \text{ cm -mv}$ wanneer de grondwaterstand gelijk of lager is dan $30 \text{ à } 35 \text{ cm -mv}$ in combinatie met een neerslagtekort

Voor toepassing op verantwoorde wijze en op grote schaal moet het voor grondgebruikers inzichtelijk zijn wanneer, waar en in welke mate peilen aangepast moeten worden. Daarbij is een beslissingsondersteunend computerprogramma gewenst, dat grondwaterstanden voorspelt afhankelijk van de gehanteerde slootpeilen en inzicht geeft in de bodemvochtsituatie in verband met draagkracht.

Literatuur

Akker, J.J.H. van den, J. Beuving, R.F.A. Hendriks en R.J. Wolleswinkel, 2007. Maaiveldddaling, afbraak en CO2 emissie van Nederlandse veenweidegebieden. Leidraad Bodembescherming, Sdu, Den Haag, 32 blz.

Hoving, I.E., G. André, J.J.H. van den Akker en M. Pleijter, 2009. Hydrologische en landbouwkundige effecten gebruik 'onderwaterdrains' op veengrond. Animal Sciences Group van WUR, Lelystad. Rapport 102

Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker en M. Pleijter, 2011. Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing 'onderwaterdrains' in polder Zeevang. Lelystad, Wageningen-UR Livestock Research. Rapport 449

HDSR, 2011. Proef dynamisch peilbeheer. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Houten. Rapport DM 337361

Pleijter, M. en J.J.H. van den Akker, 2007. Onderwaterdrains in het veenweidegebied. Toelichting op de methode en meetinrichting. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1586

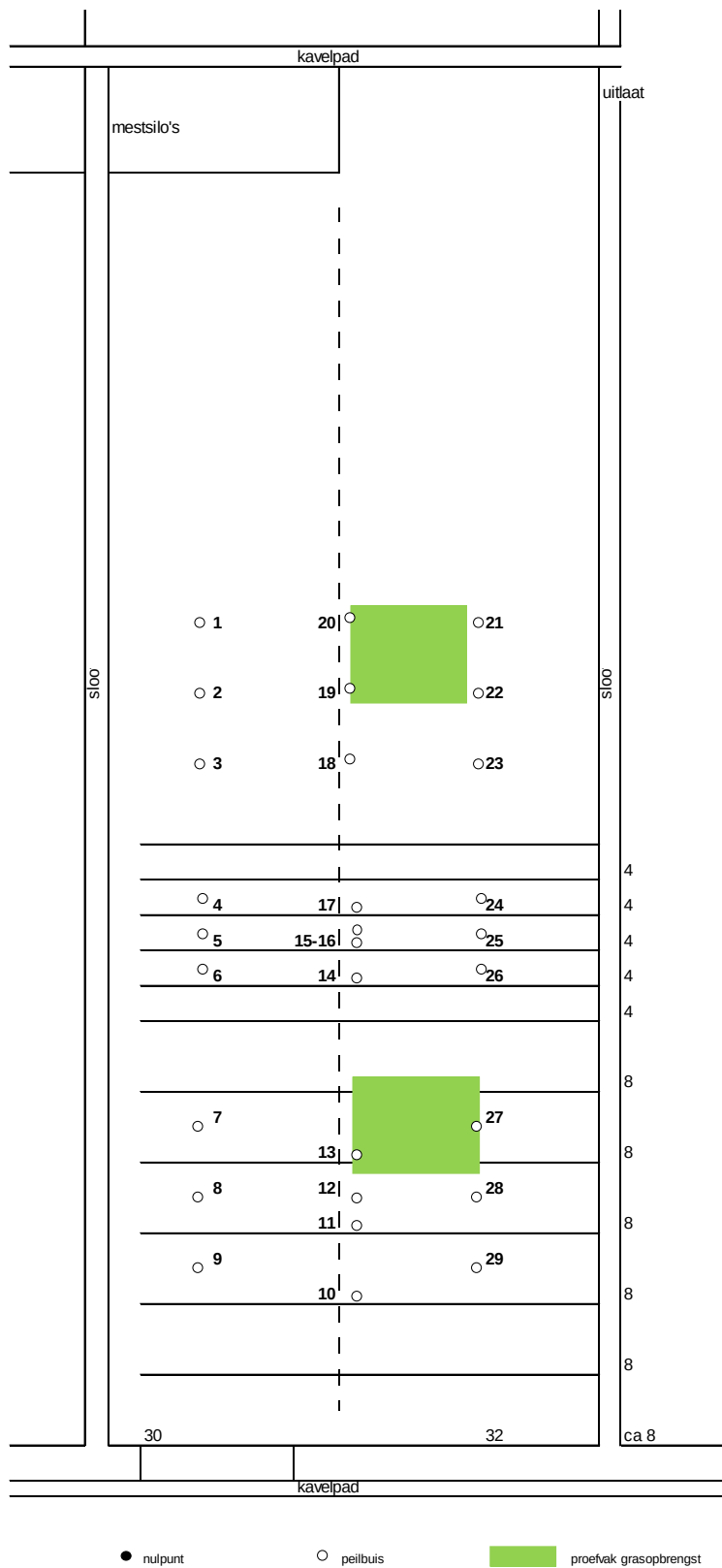
Stouthamer, S., H.J.A. Hamer, J. Peeters & M.T.I.J. Bouman. 2008. Bodemkaart Veengebieden provincie Utrecht, schaal 1:25.000, Tauw b.v. en Universiteit van Utrecht in opdracht van de Provincie Utrecht, afdeling Groen

VSN International (2012). *GenStat for Windows* 15th Edition. VSN International, Hemel Hempstead, UK. Web page: GenStat.co.uk

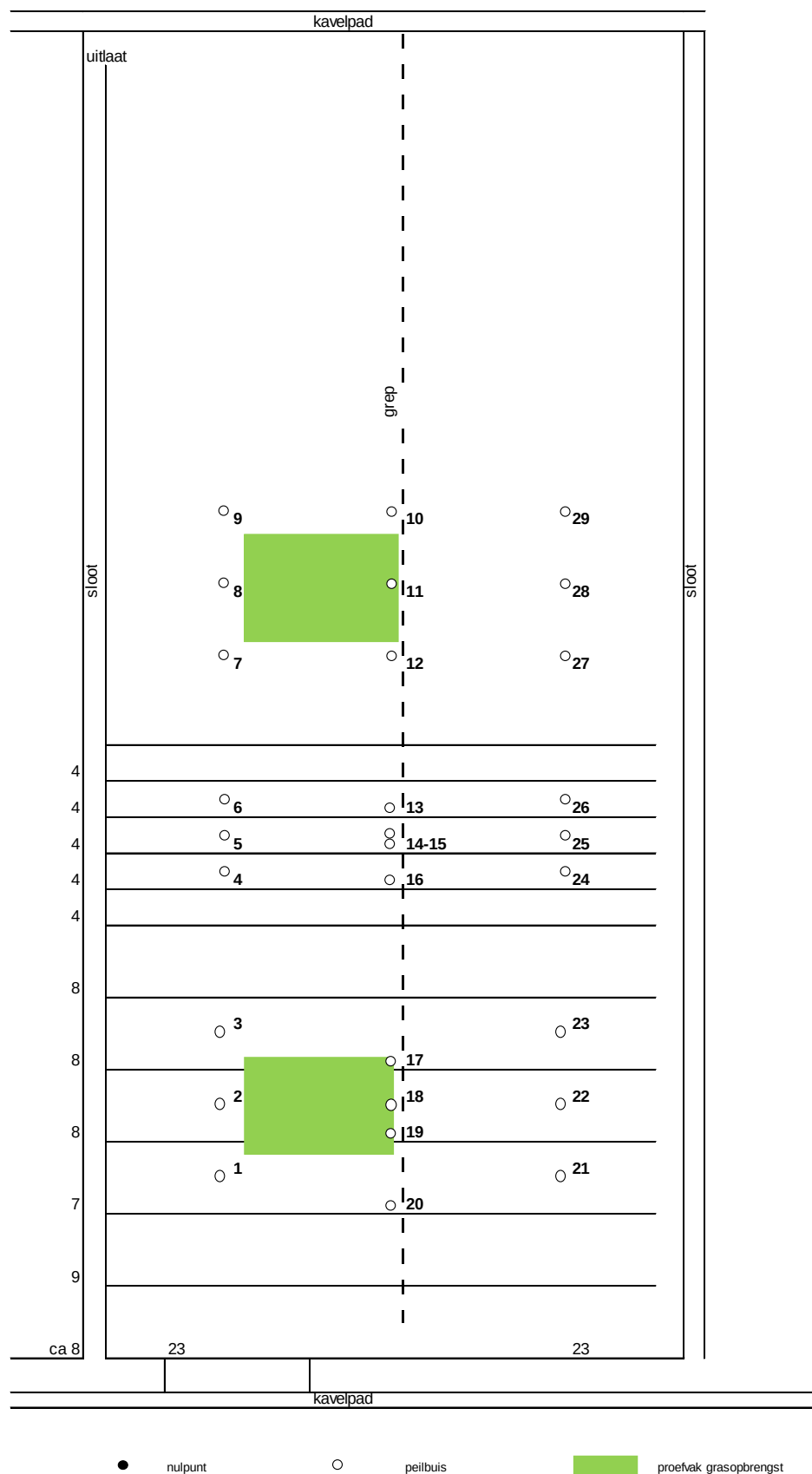
Bijlagen

Bijlage 1. Plattegrond proefpercelen

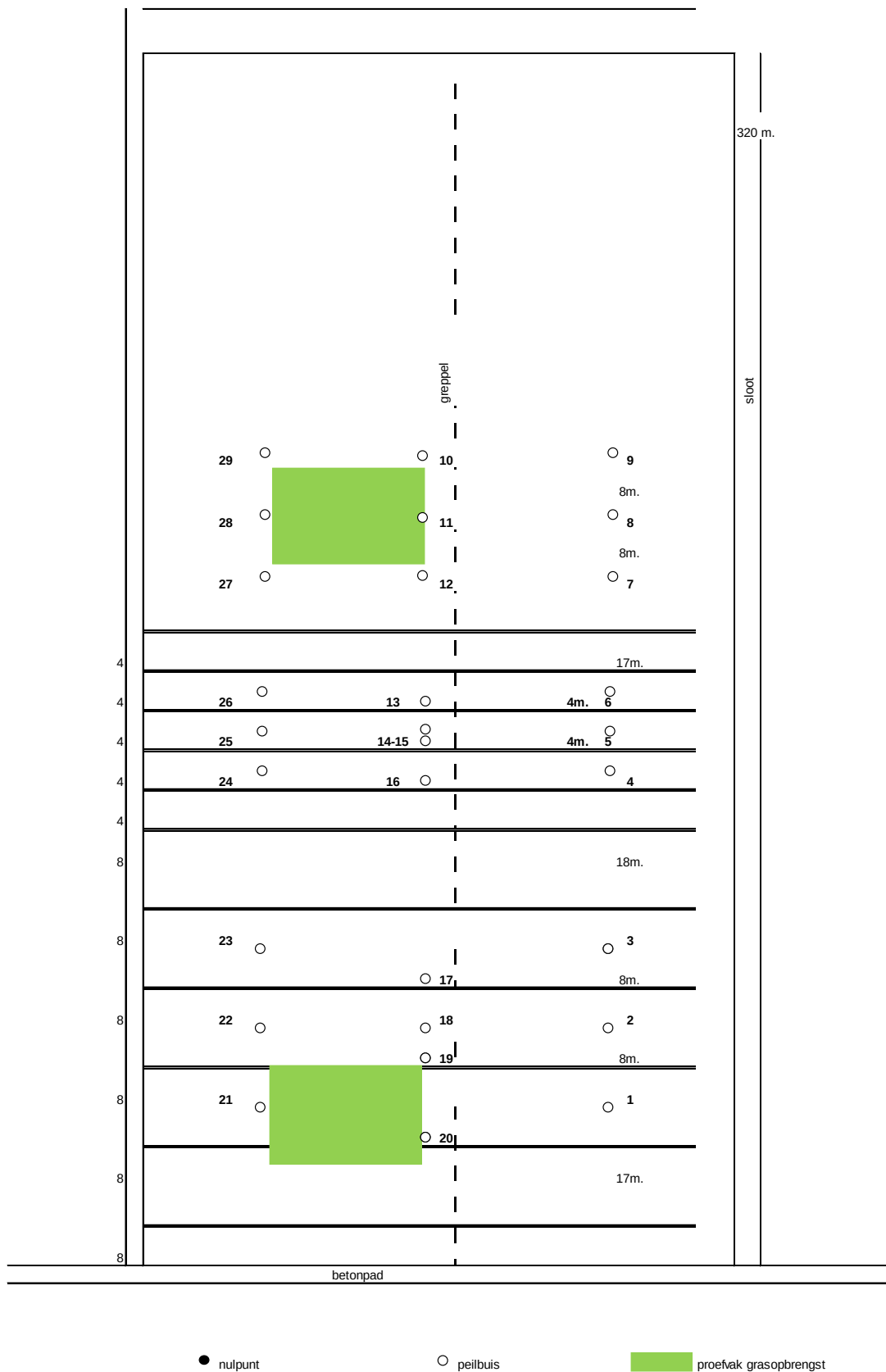
Perceel PR07b



Perceel PR08b

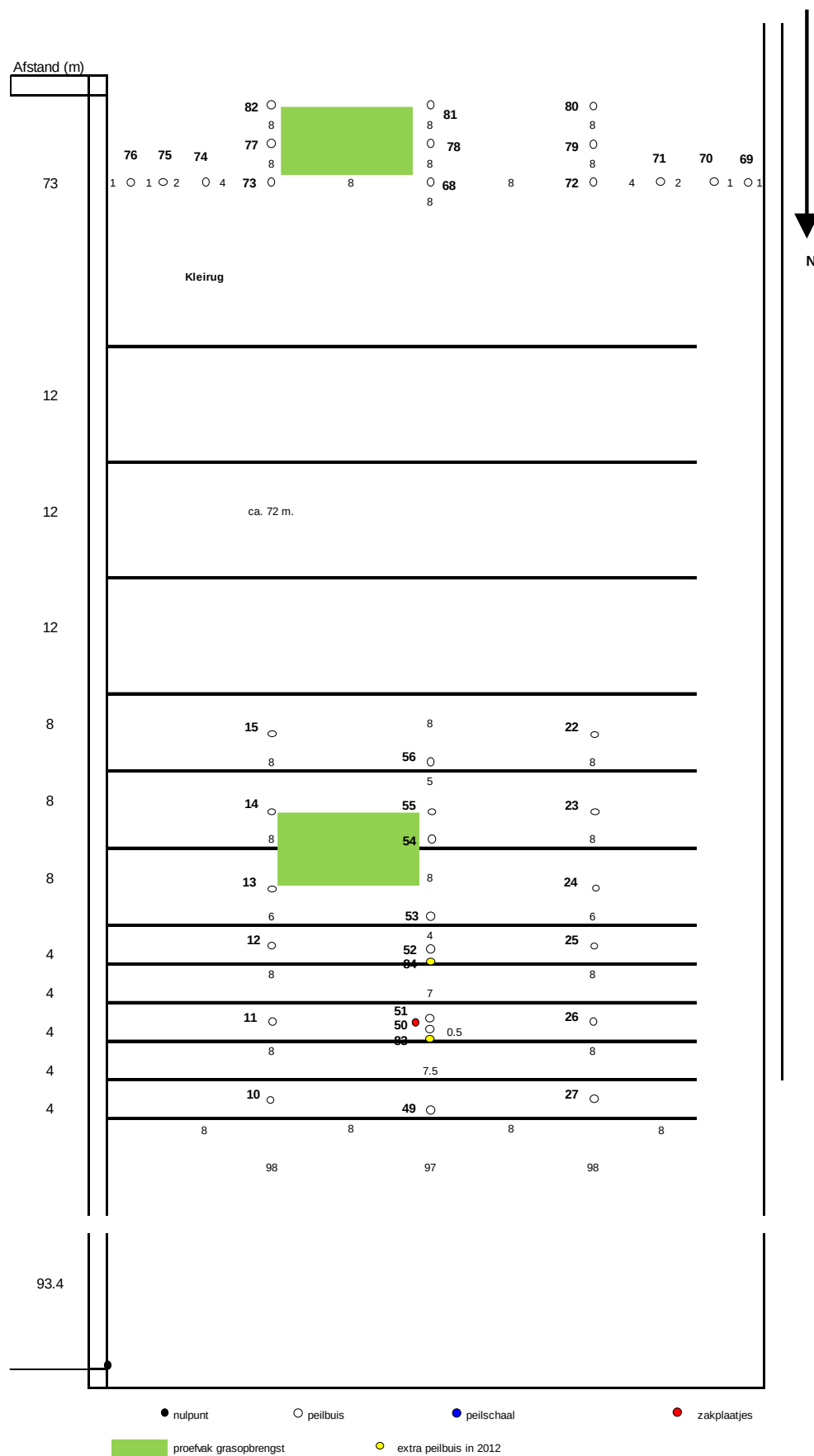


Perceel V02

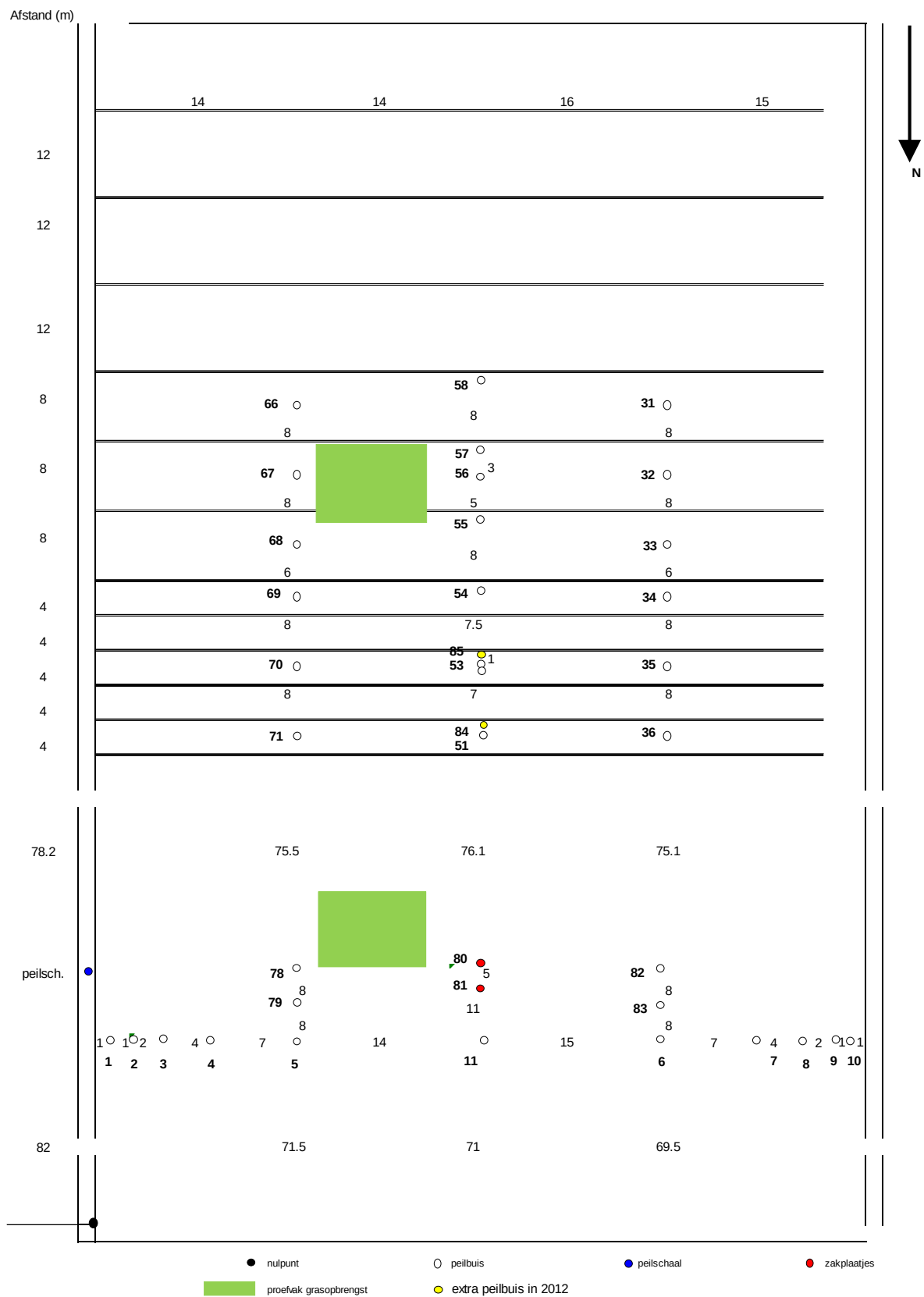




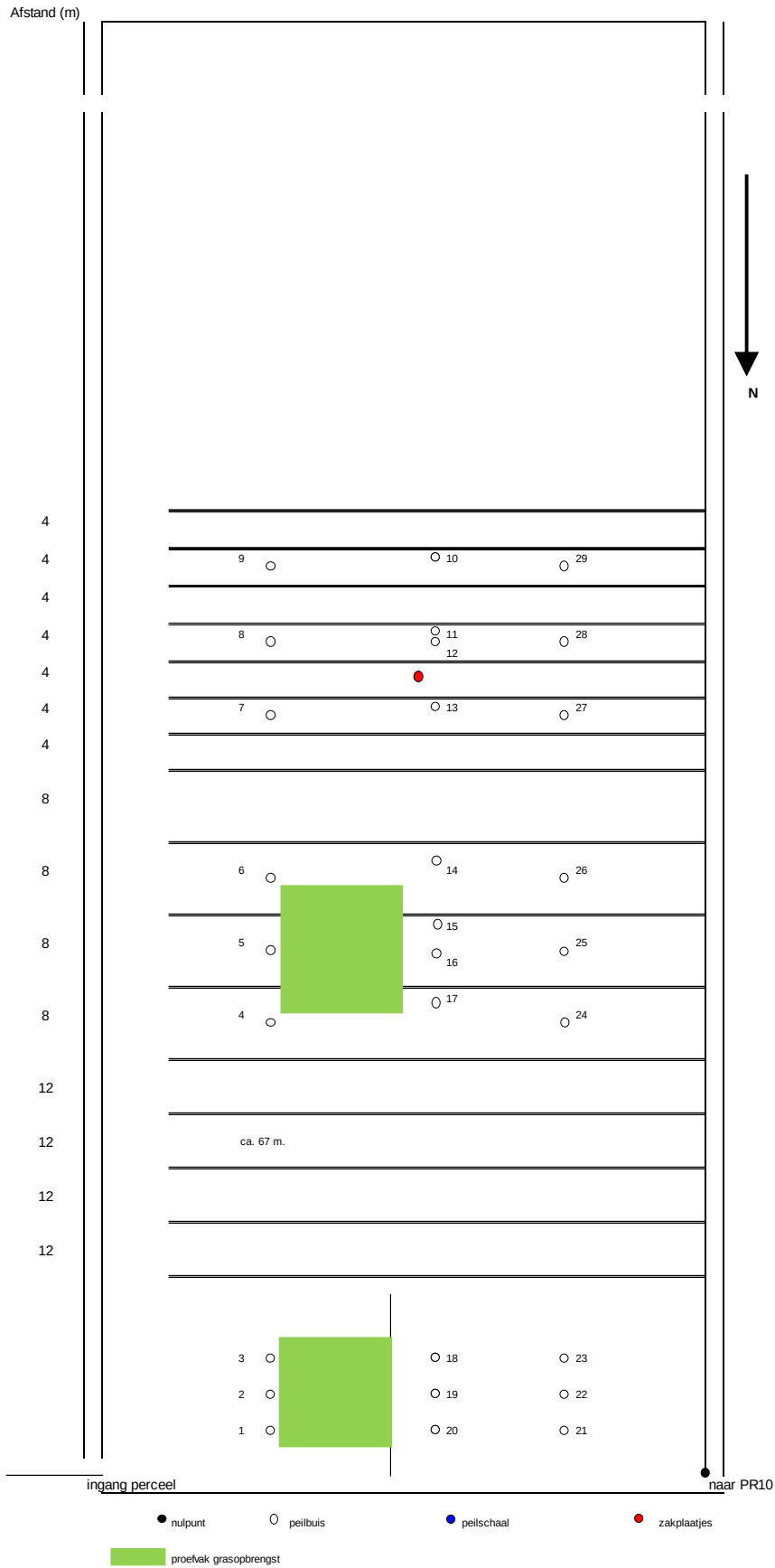
Perceel 2



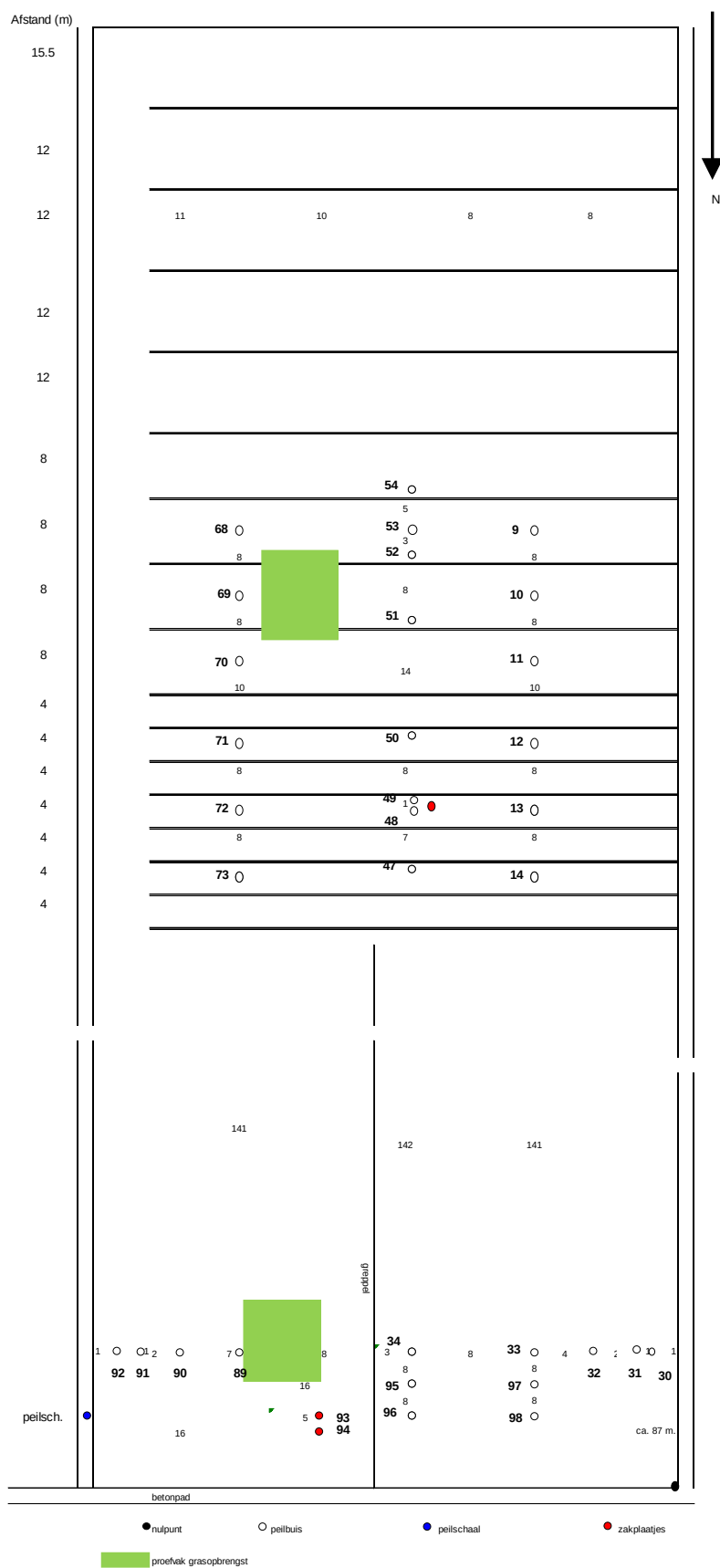
Perceel 3



Perceel 11



Perceel 13



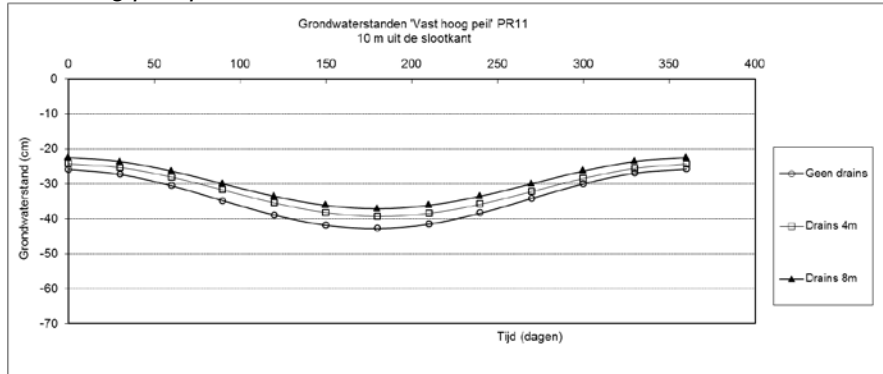
Bijlage 2. Statistische analyse grondwaterstanden

	Perceel	Gemiddelde			P-waarden				
		Drains			Drains	Drains.Afstand	Raai	Drains.Raai	Drains.Afstand.Raai
		Geen drains	4 m	8m					
<i>Amplitude (A)</i>									
Vast hoog peil	PR11	8.3	7.5	8.3	0.433	0.112	<0.001	0.006	0.343
	PR13	9.8	9.5	9.0	0.320	0.641	0.662	0.249	0.556
Dynamisch hoog peil	PR07B	16.5	8.5	10.5	<0.001	0.004	<0.001	0.001	0.031
	PR08B	15.2	9.8	12.0	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	0.174
Dynamisch peil	VO2	9.9	3.5	4.8	<0.001	0.024	0.042	0.004	0.837
	ZW1 ¹⁾	3.3	2.1	2.8	0.032	0.099	0.246	0.635	0.822
Vast laag peil	PR02	15.0	13.3	14.0	0.003	0.160	<0.001	0.281	0.164
	PR03	15.8	16.1	16.8	0.446	0.514	0.076	0.236	0.643
<i>Nivo (N)</i>									
Vast hoog peil	PR11	-34.3	-31.1	-31.0	<0.001	0.910	0.425	0.924	0.040
	PR13	-26.8	-27.5	-27.1	0.661	0.230	0.585	0.028	0.154
Dynamisch hoog peil	PR07B	-28.9	-27.5	-30.8	0.804	0.009	0.014	0.882	0.295
	PR08B	-28.1	-31.3	-31.9	<0.001	0.258	<0.001	0.023	0.006
Dynamisch peil	VO2	-29.3	-28.1	-31.3	0.680	0.002	<0.001	0.376	0.619
	ZW1	-26.6	-26.0	-29.4	0.199	0.002	0.166	0.617	0.632
Vast laag peil	PR02	-38.3	-38.4	-37.2	0.403	0.065	0.288	0.117	0.601
	PR03	-36.5	-36.7	-38.7	0.057	0.007	<0.001	0.454	0.381
<i>Fase (P)</i>									
Vast hoog peil	PR11	359.6	357.8	359.6	0.728	0.575	0.194	0.268	0.468
	PR13	365.1	366.2	364.7	0.987	0.559	0.033	0.959	0.013
Dynamisch hoog peil	PR07B	351.8	341.1	345.4	<0.001	0.005	<0.001	0.017	0.050
	PR08B	352.4	345.1	343.4	-	-	-	-	-
Dynamisch peil	VO2	345.3	323.6	328.5	<0.001	0.282	0.482	0.762	0.174
	ZW1	327.7	302.8	306.2	0.053	0.429	0.091	0.529	0.500
Vast laag peil	PR02	350.8	346.9	346.4	0.009	0.768	0.014	0.982	0.335
	PR03	363.6	363.8	362.8	0.819	0.459	0.129	0.050	0.048

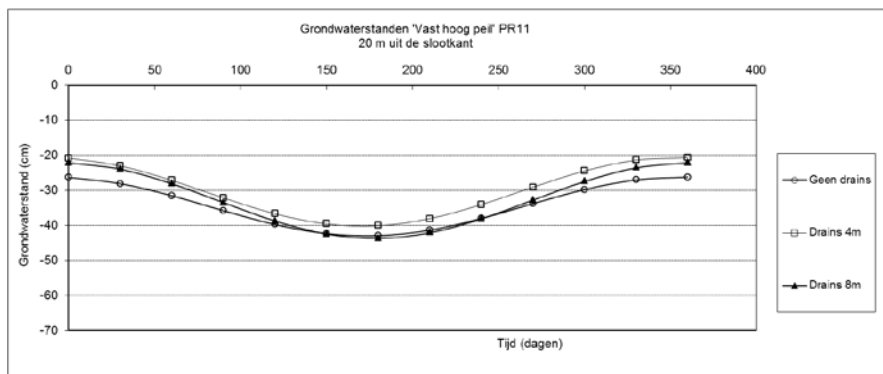
¹⁾Analyse zonder de data van peilbuis 240, welke qua fase sterk verschilde van die van de overige peilbuizen

Bijlage 3. Gemodelleerde grondwaterstanden

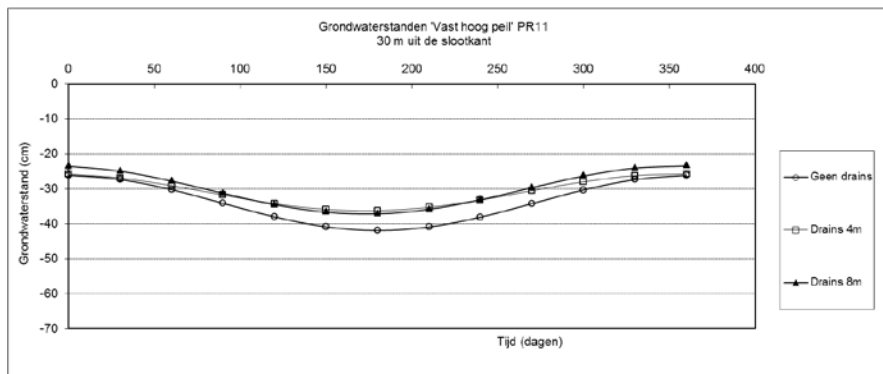
Vast hoog peil, perceel PR11



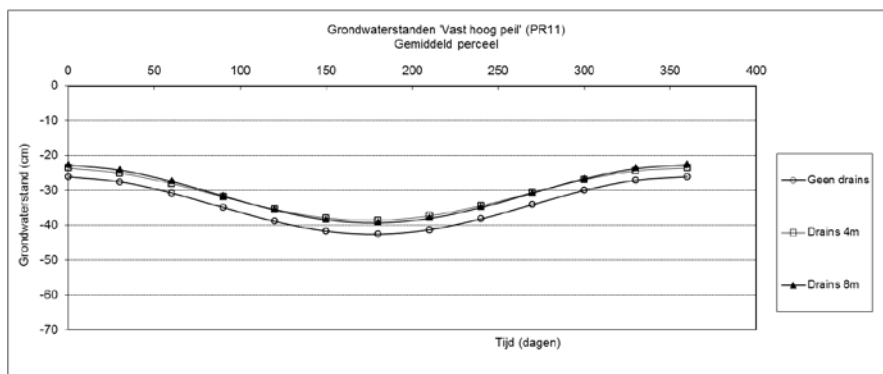
Figuur 1. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR11 raai 10 m uit de referentiesloot



Figuur 2. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR11 raai 20 m uit de referentiesloot

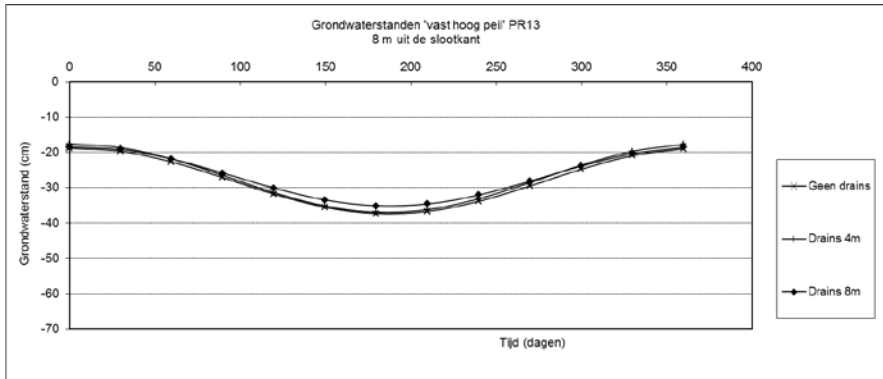


Figuur 3. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR11 raai 30 m uit de referentiesloot

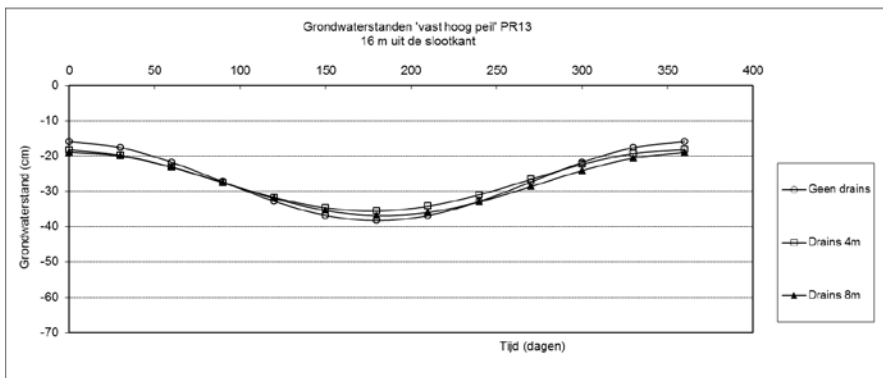


Figuur 4. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR11 gemiddeld

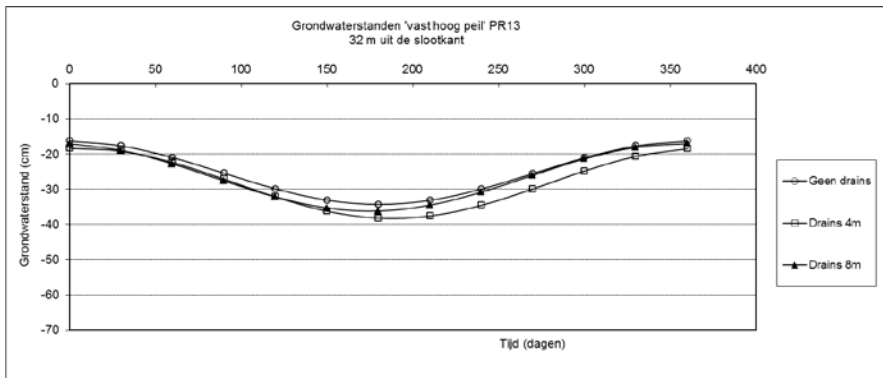
Vast hoog peil, perceel PR13



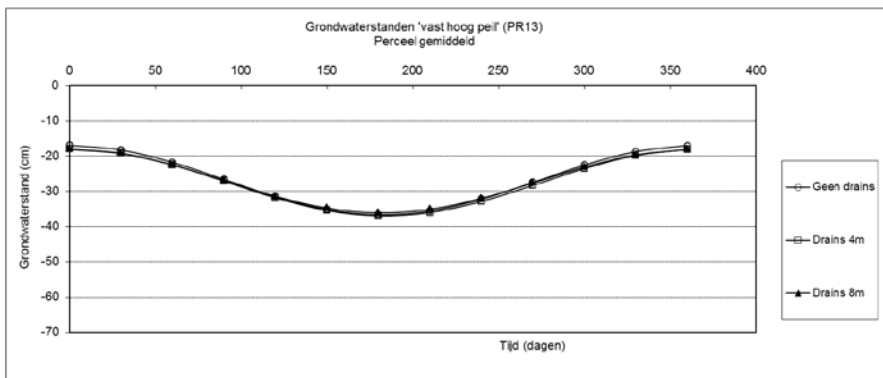
Figuur 5. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR13 raai 8 m uit de referentiesloot



Figuur 6. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR13 raai 16 m uit de referentiesloot

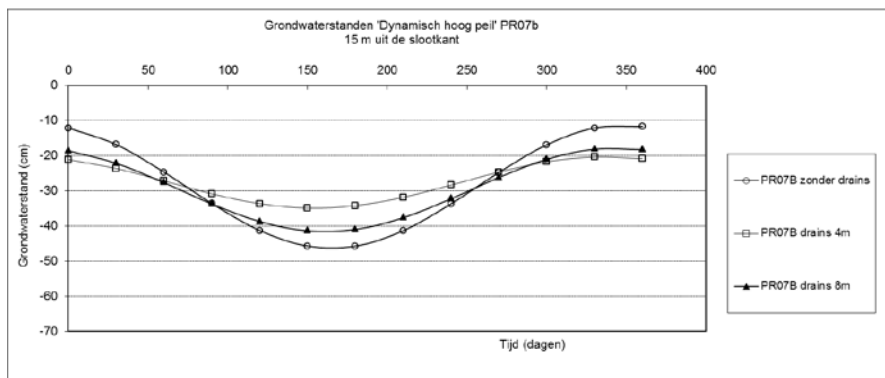


Figuur 7. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR13 raai 32 m uit de referentiesloot

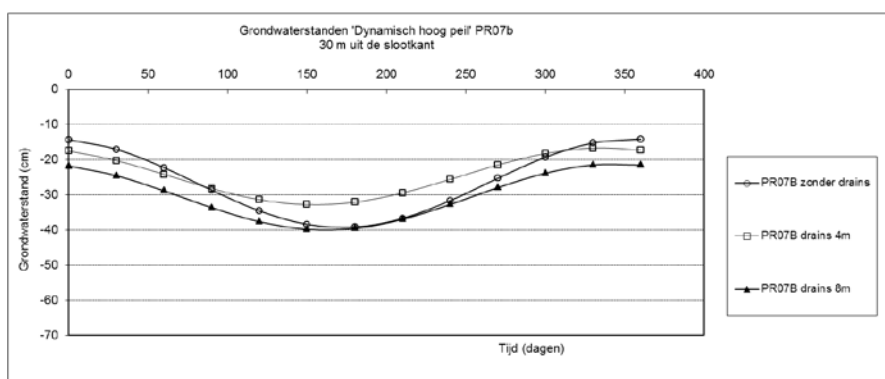


Figuur 8. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR13 gemiddeld

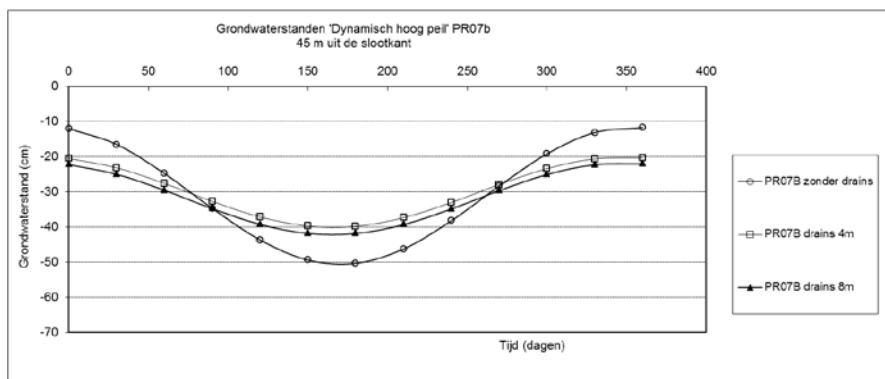
Dynamisch hoog peil, perceel PR07



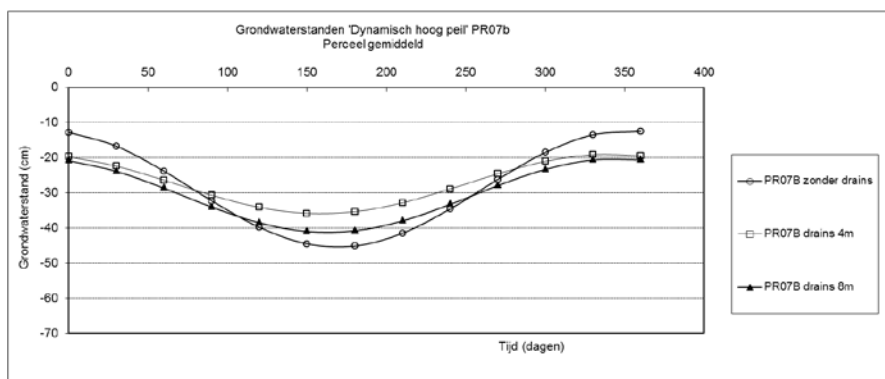
Figuur 9. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR07 raai 15 m uit de referentiesloot



Figuur 10. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR07 raai 30 m uit de referentiesloot

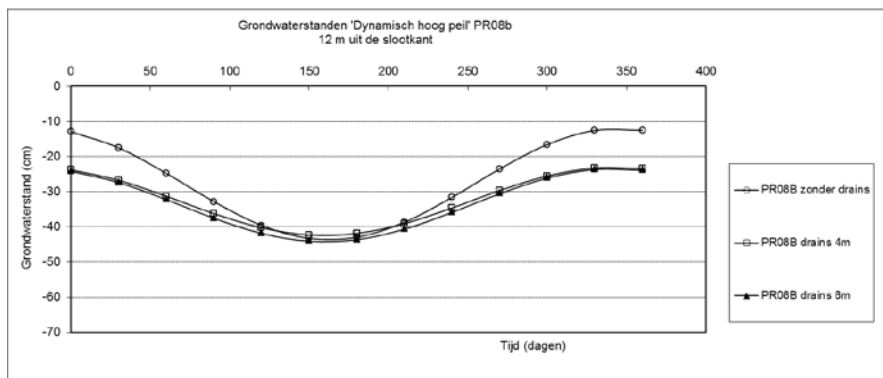


Figuur 11. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR07 raai 45 m uit de referentiesloot

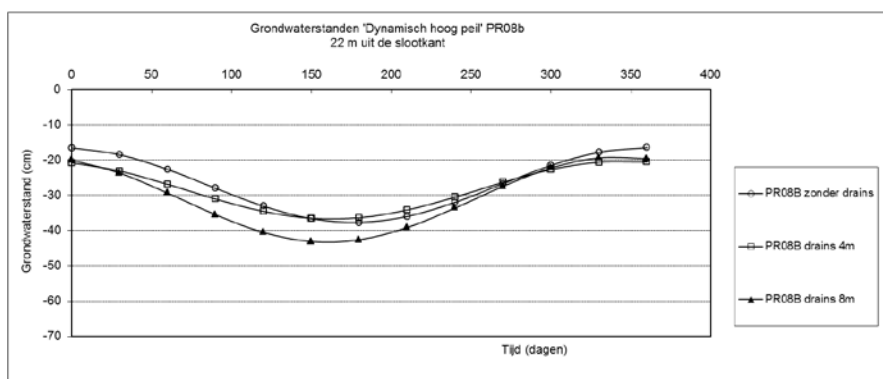


Figuur 12. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR07 gemiddeld

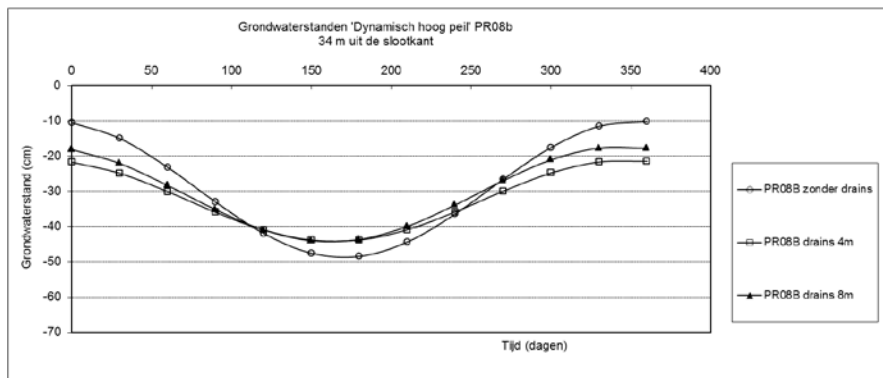
Dynamisch hoog peil, perceel PR08



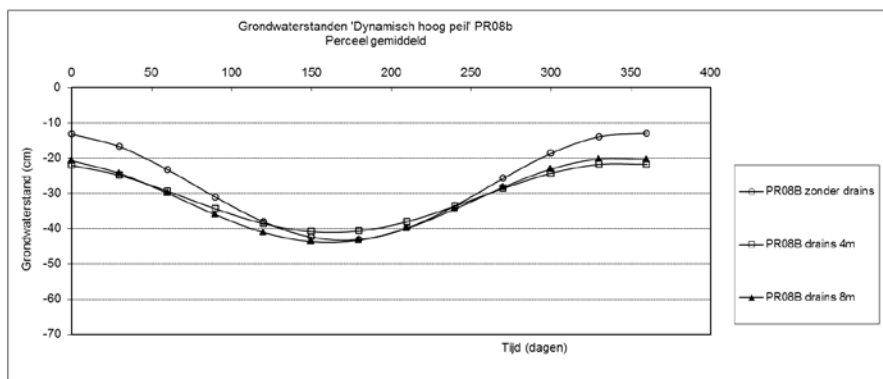
Figuur 13. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR08 raai 12 m uit de referentiesloot



Figuur 14. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR08 raai 22 m uit de referentiesloot

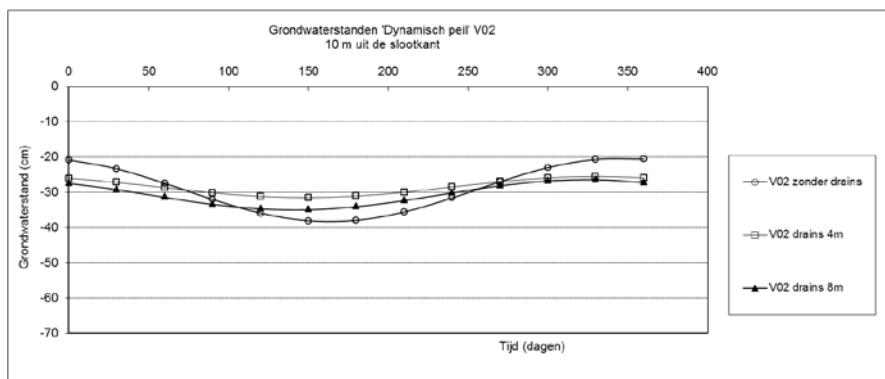


Figuur 15. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR08 raai 34 m uit de referentiesloot

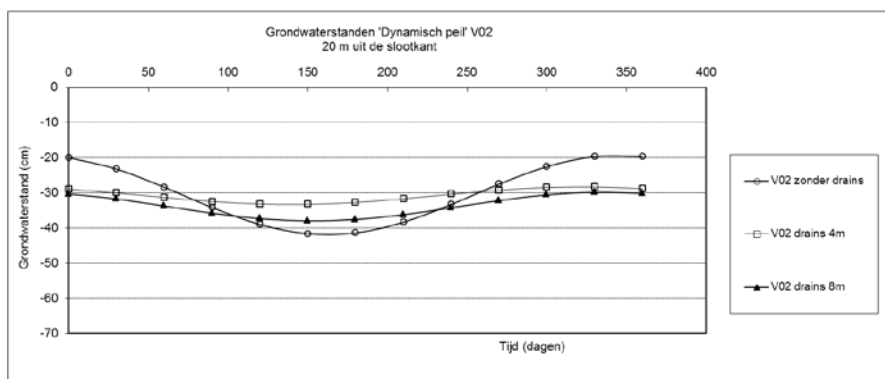


Figuur 16. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR08 gemiddeld

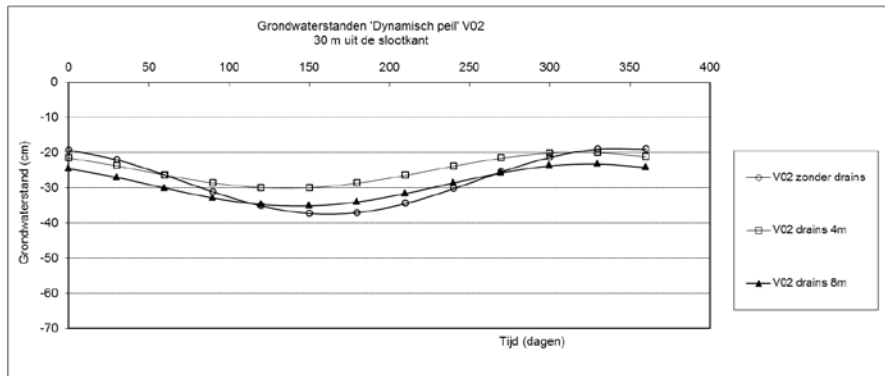
Dynamisch peil, perceel V02



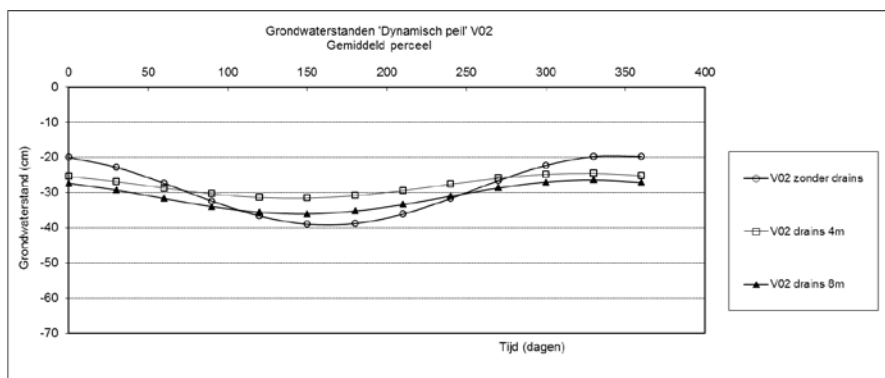
Figuur 17. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel V02 raai 10 m uit de referentiesloot



Figuur 18. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel V02 raai 20 m uit de referentiesloot

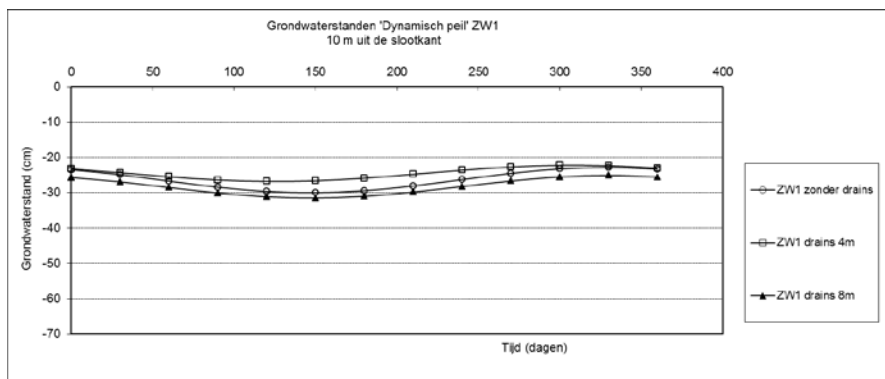


Figuur 19. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel V02 raai 30 m uit de referentiesloot

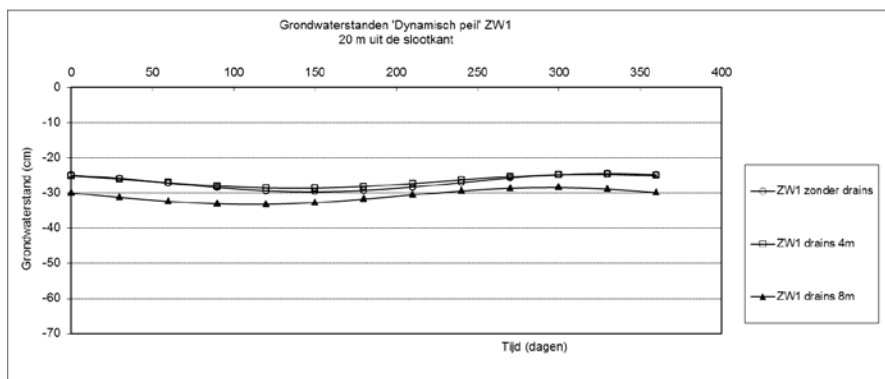


Figuur 20. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel V02 gemiddeld

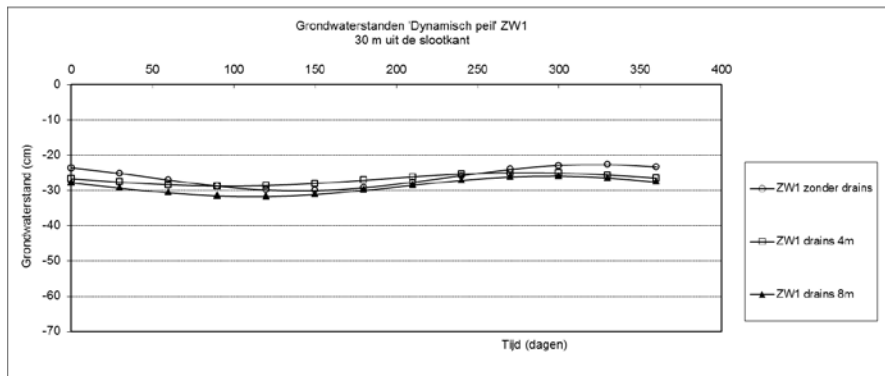
Dynamisch peil, perceel ZW1



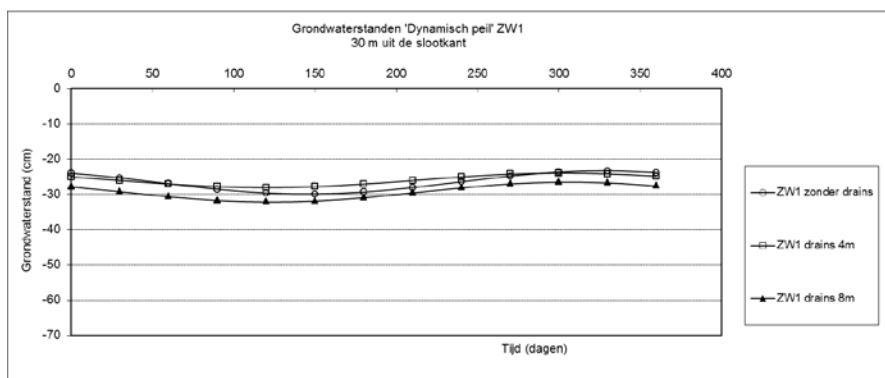
Figuur 21. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel ZW1 raai 10 m uit de referentiesloot



Figuur 22. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel ZW1 raai 20 m uit de referentiesloot

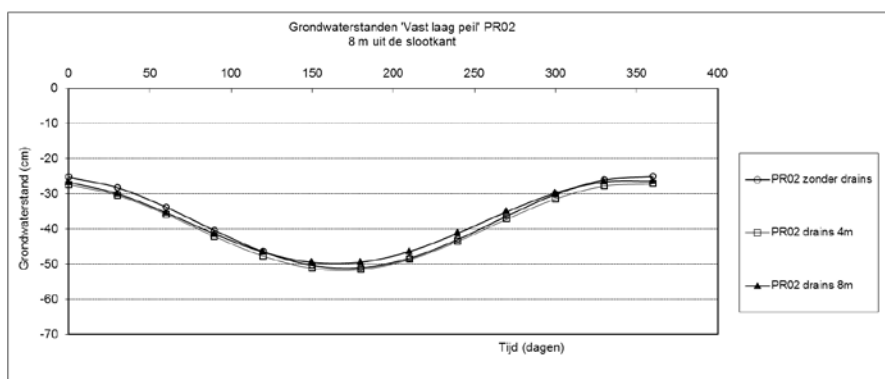


Figuur 23. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel ZW1 raai 30 m uit de referentiesloot

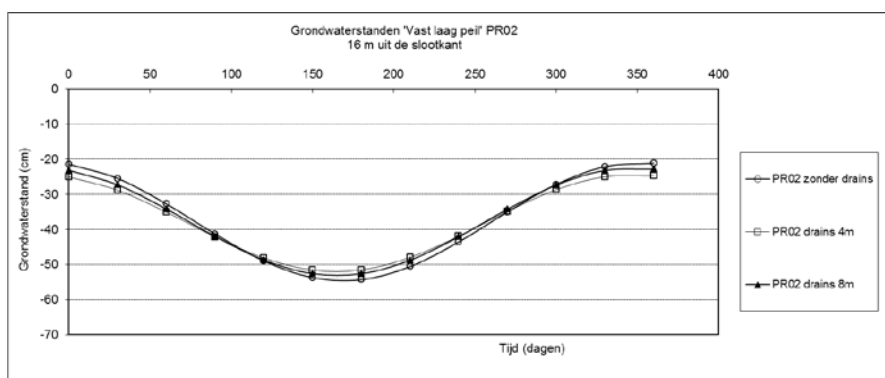


Figuur 24. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel ZW1 gemiddeld

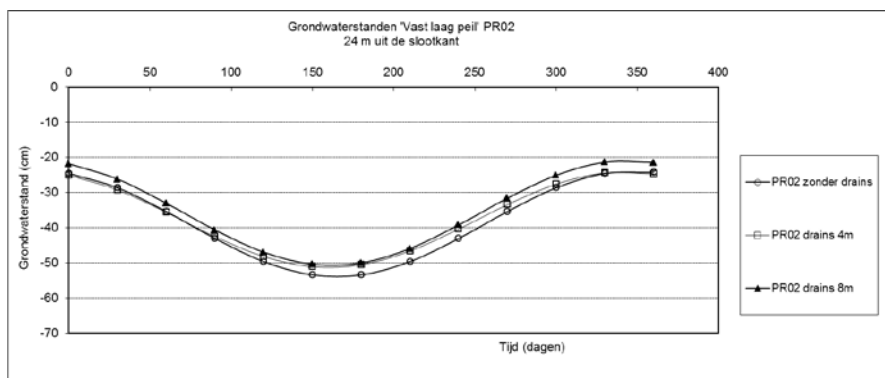
Vast laag peil, perceel PR02



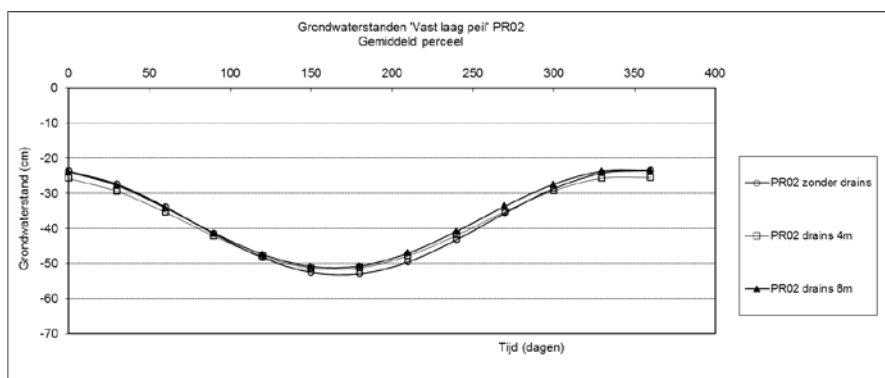
Figuur 25. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR02 raai 8 m uit de referentiesloot



Figuur 26. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR02 raai 16 m uit de referentiesloot

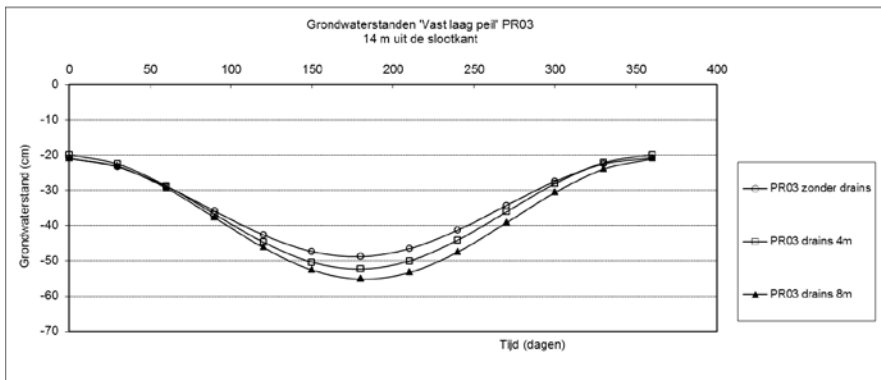


Figuur 27. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR02 raai 24 m uit de referentiesloot

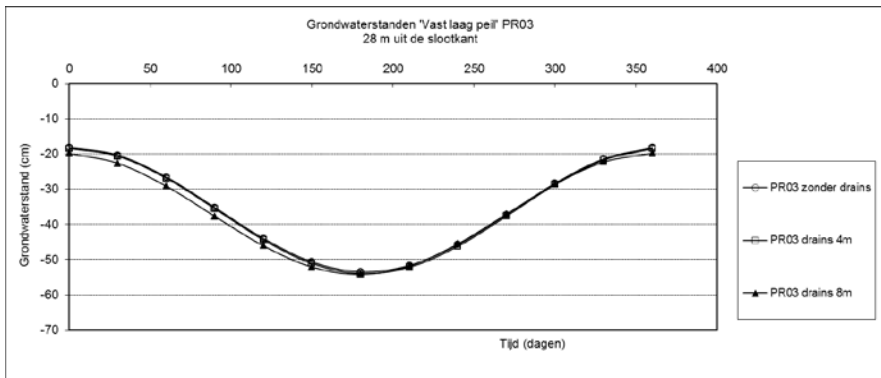


Figuur 28. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR02 gemiddeld

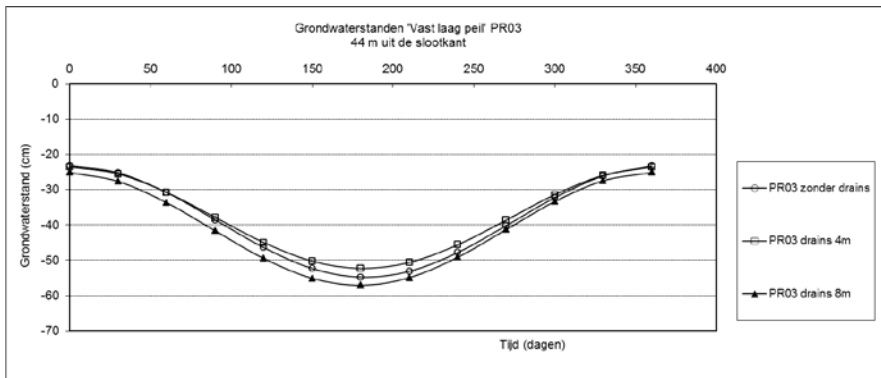
Vast laag peil, perceel PR03



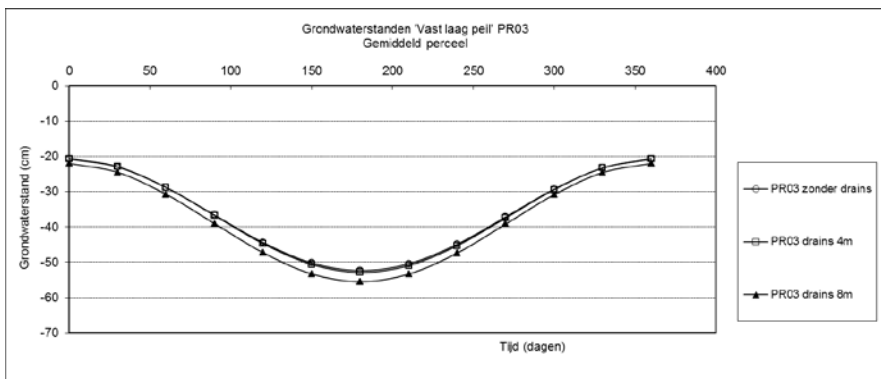
Figuur 29. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR03 raai 14 m uit de referentiesloot



Figuur 30. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR03 raai 28 m uit de referentiesloot



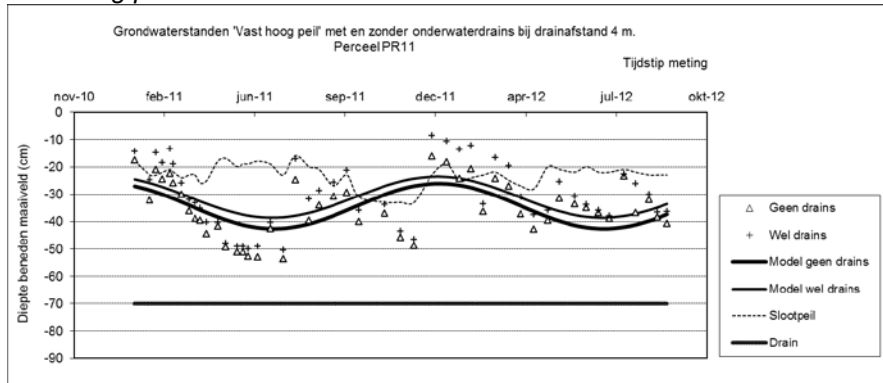
Figuur 31. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR03 raai 44 m uit de referentiesloot



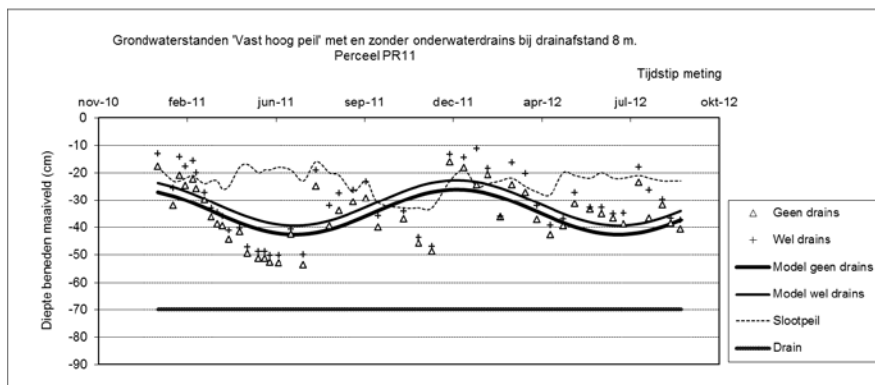
Figuur 32. Gemodelleerde grondwaterstanden perceel PR03 gemiddeld

Bijlage 4. Werkelijke en gemodelleerde grondwaterstanden

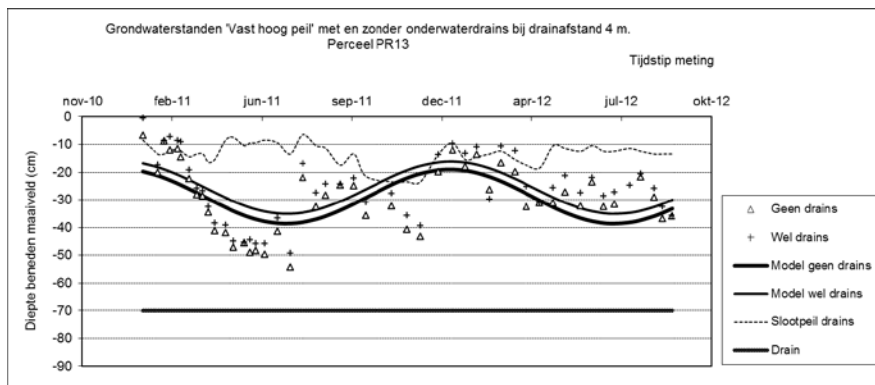
Vast hoog peil



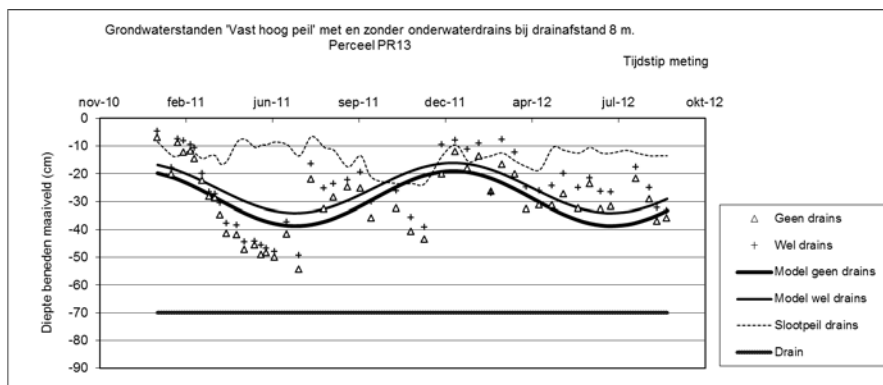
Figuur 1. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR11 drainafstand 4 m



Figuur 2. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR11 drainafstand 8 m

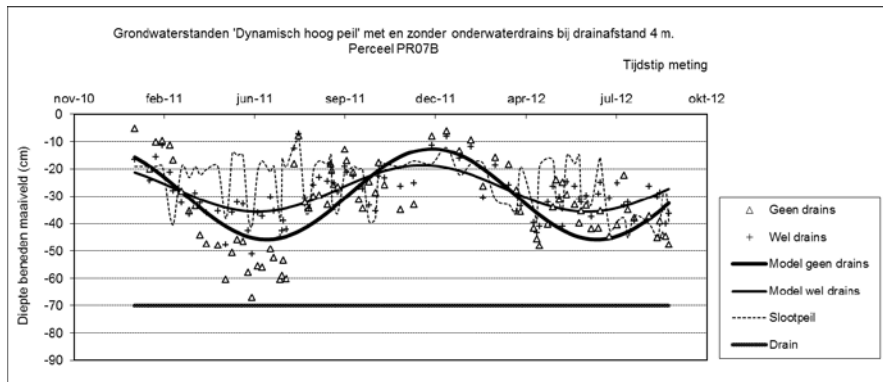


Figuur 3. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR13 drainafstand 4 m

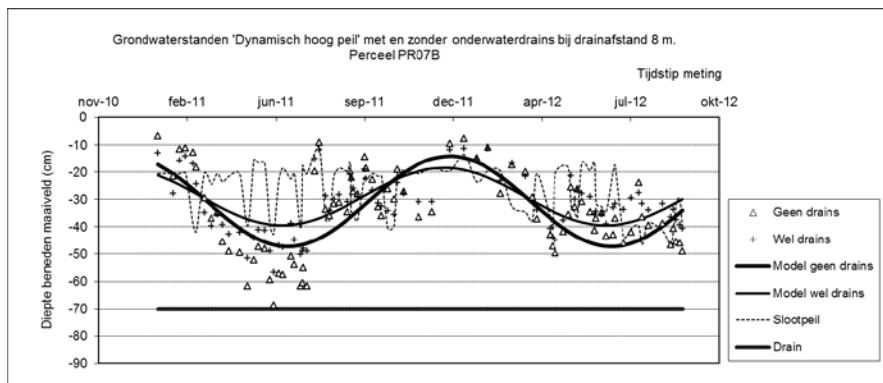


Figuur 4. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR13 drainafstand 8 m

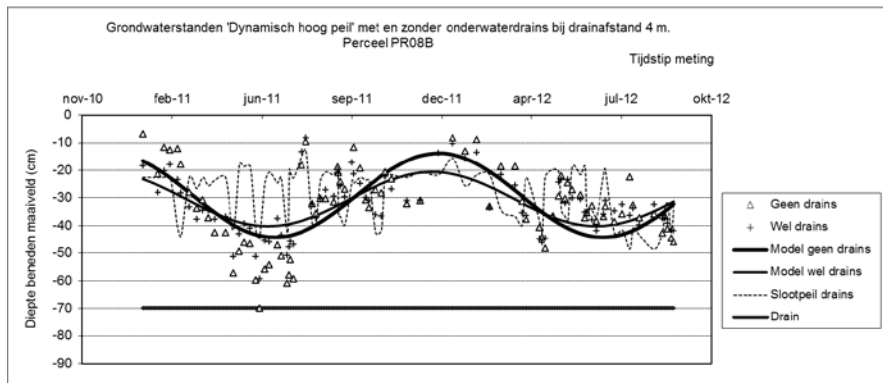
Dynamisch hoog peil



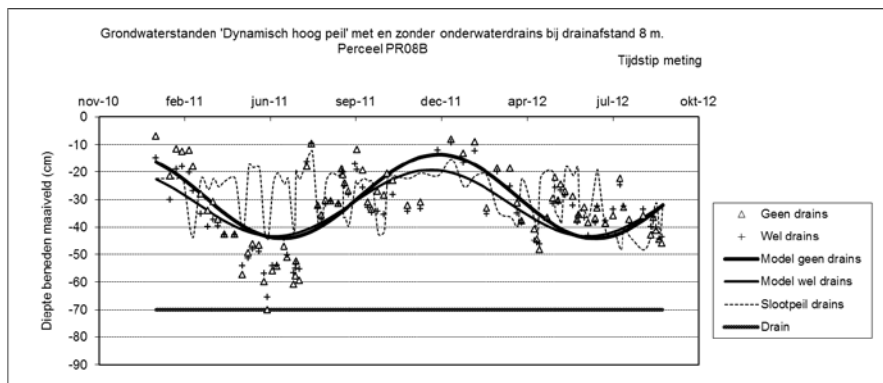
Figuur 5. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR07 drainafstand 4 m



Figuur 6. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR07 drainafstand 8 m

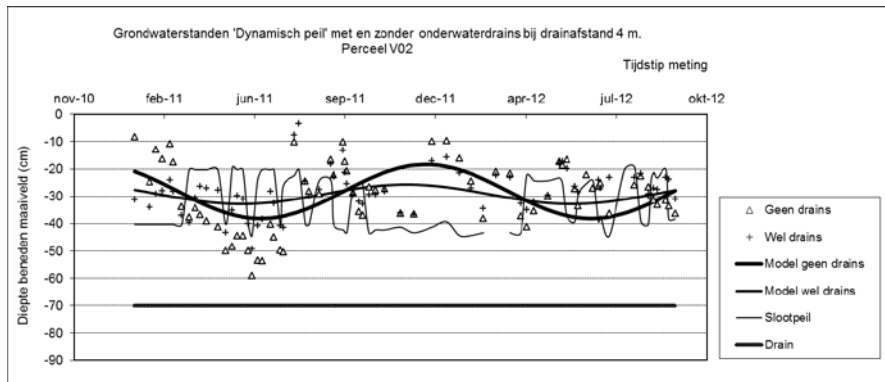


Figuur 7. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR08 drainafstand 4 m

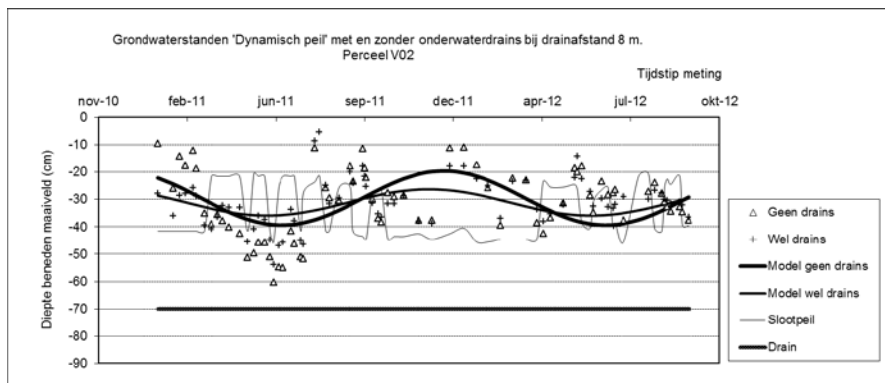


Figuur 8. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR08 drainafstand 8 m

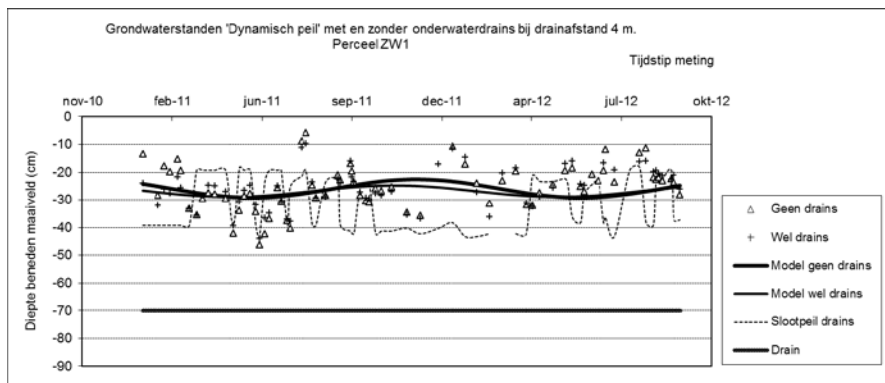
Dynamisch peil



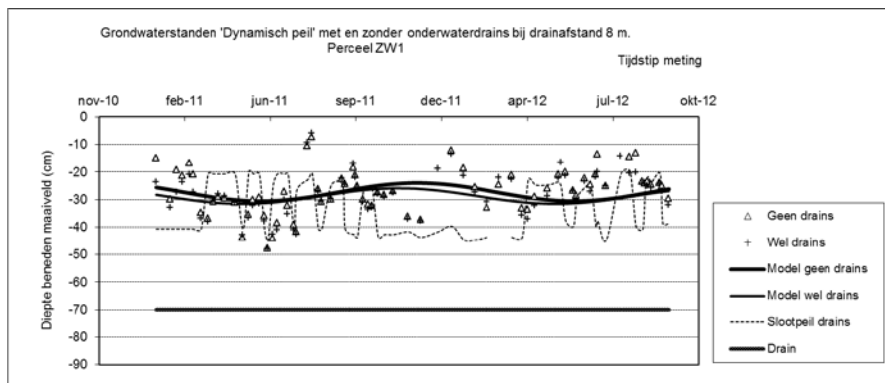
Figuur 9. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel V02 drainafstand 4 m



Figuur 10. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel VO2 drainafstand 8 m

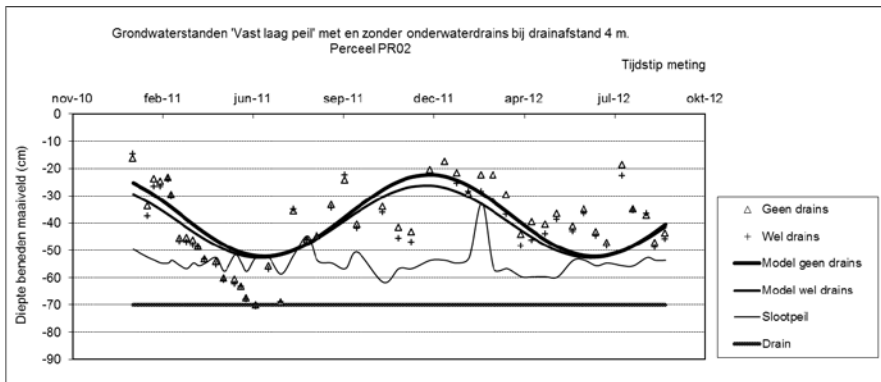


Figuur 11. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel ZW1 drainafstand 4 m

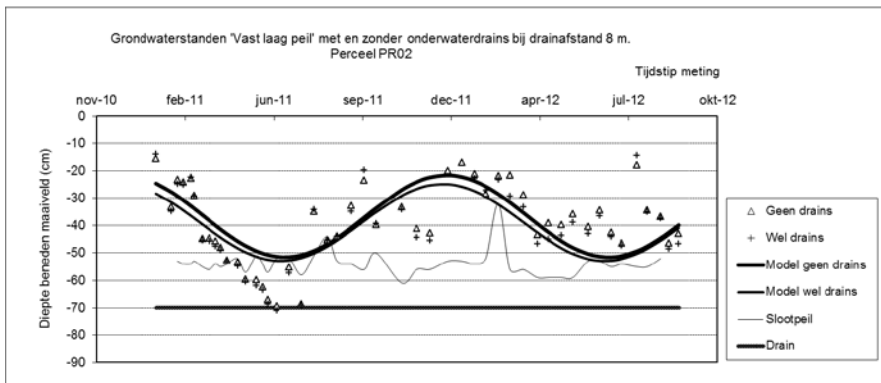


Figuur 12. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel ZW1 drainafstand 8 m

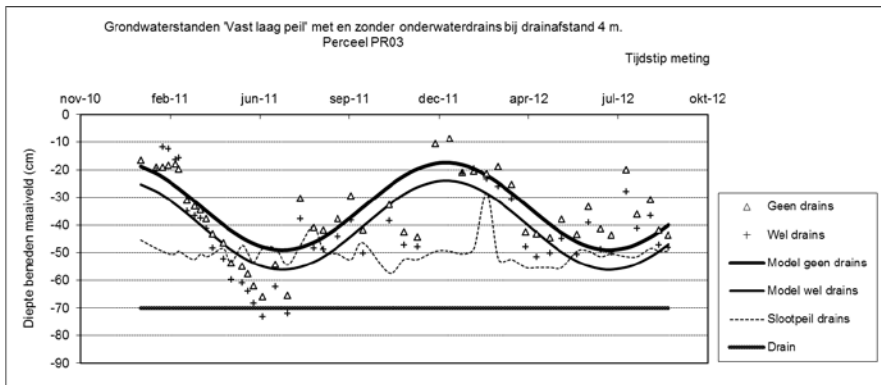
Vast laag peil



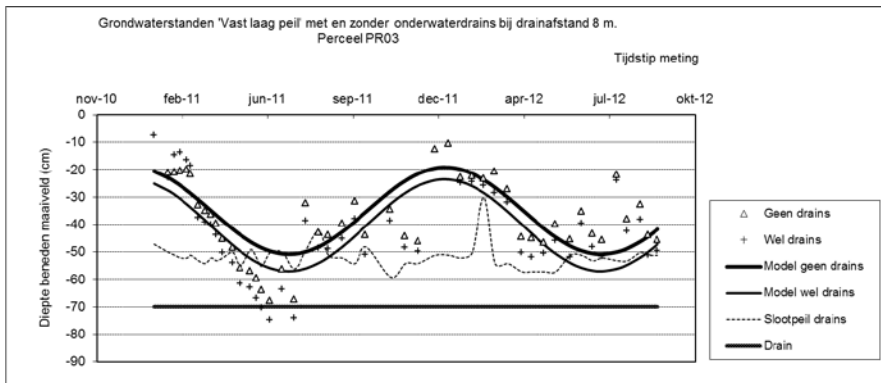
Figuur 13. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR02 drainafstand 4 m



Figuur 14. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR02 drainafstand 8 m



Figuur 15. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR03 drainafstand 4 m



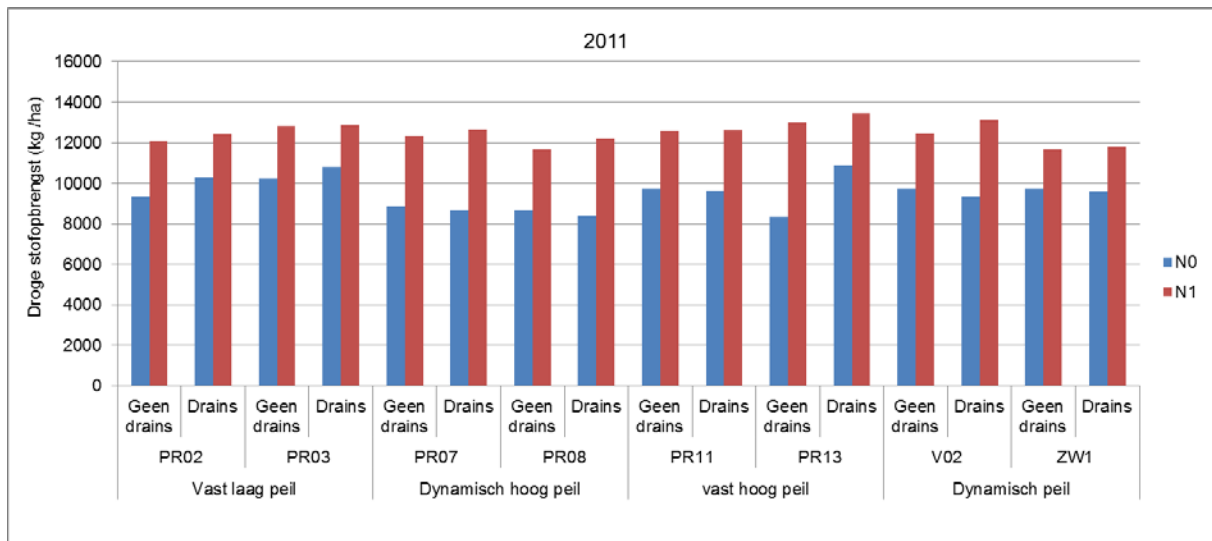
Figuur 16. Gemodelleerde en werkelijke grondwaterstanden perceel PR03 drainafstand 8 m

Bijlage 5. Droge stofopbrengst gras met schatting voor missende waarnemingen

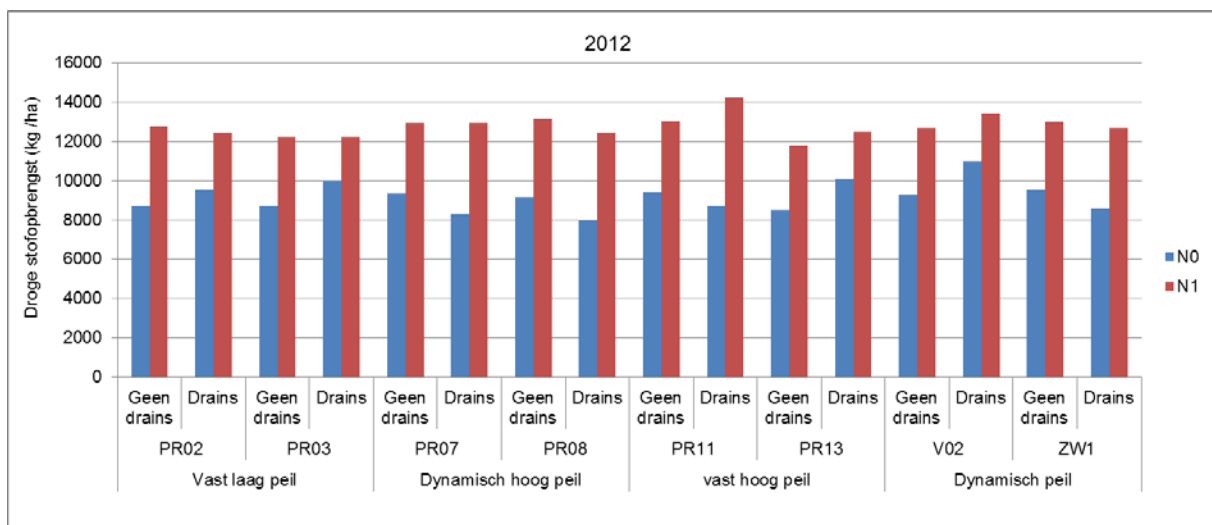
		2011						2012					
		1	2	3	4	5	Totaal	1	2	3	4	5	Totaal
<i>Vast laag peil PR02</i>													
Geen drains	N0	1710	2012	2116	2185	1285	9309	1878 ³⁾	2542	1844	1557	886	8707 ⁵⁾
	N1	3262	1854	3192	2566	1212	12086	3925 ³⁾	2666	2690	2338	1166	12785 ⁵⁾
Drains	N0	2132	2035	2625	2189	1276	10257	2423	2656	1844	1933	673	9530
	N1	3546	1454	3536	2600 ²⁾	1284	12419	3851	2671	2664	2614	664	12464
<i>Vast laag peil PR03</i>													
Geen drains	N0	1933	2223	2257	2619	1193	10225	2104	2633	1503	1899	589	8727
	N1	3555	1971	3336 ²⁾	2740	1244	12846	3994	2393	2481	2386	960	12213
Drains	N0	2256	1836	2607	2569	1547	10816	2559	2562	2030	2251	620	10022
	N1	3578	1417	3718 ²⁾	2648	1500	12861	3954	2675	2643	2233	722	12227
<i>Dynamisch hoog peil PR07b</i>													
Geen drains	N0	2076	1463	2322	2123	903	8887	1668	2299	2268	2547	605	9386
	N1	3499	1786	3981	2175	885	12327	4056	2759	2545	2920	663	12943
Drains	N0	2113	1574 ³⁾	2179	1704	1099	8668 ⁵⁾	1730	2183 ³⁾	1859	1815	729	8315 ⁵⁾
	N1	3711	1947 ³⁾	4029	1898	1079	12663 ⁵⁾	4022	2886 ³⁾	2826	2499	741	12974 ⁵⁾
<i>Dynamisch hoog peil PR08b</i>													
Geen drains	N0	1711	1646 ¹⁾	2205	2008	1091	8660	1548	2114 ³⁾	2331	2292	890	9176 ⁵⁾
	N1	3094	2090 ¹⁾	3316	2080	1099	11677	3964	2877 ³⁾	2908	2750	662	13161 ⁵⁾
Drains	N0	1594	1680 ¹⁾	2060	1805	1225	8363	1375 ³⁾	2286	1597	1853	832	7943 ⁵⁾
	N1	3415	2328 ¹⁾	3318	1967	1188	12217	3692 ³⁾	2718	2581	2720	718	12430 ⁵⁾
<i>Vast hoog peil PR11</i>													
Geen drains	N0	2429	1570	2109	2147	1470	9727	2940 ⁴⁾	2219	1648	1709	876	9393
	N1	3359	1375	4036	2576	1219	12565	4364 ⁴⁾	3101	2425	2427	715	13032
Drains	N0	2308	1134	2521	2040	1617	9619	2666 ⁴⁾	1887	1648	1715	806	8722
	N1	3426	1238	4409	2253	1294	12620	4279 ⁴⁾	3808	2836	2449	876	14248
<i>Vast hoog peil PR13</i>													
Geen drains	N0	1417	1258	1899	2437	1320	8332	2415	1679	1796	1768	837	8496
	N1	2969	1548	4043	3151	1267	12979	3931	2113	2502	2414	852	11813
Drains	N0	2093	1271	3080 ³⁾	2763	1692 ³⁾	10899 ⁵⁾	2211	2220	2315	2367	979	10091
	N1	3092	1470	4180 ³⁾	3121	1563 ³⁾	13426 ⁵⁾	3746	2251	2771	2760	955	12483
<i>Dynamisch peil V02</i>													
Geen drains	N0	1898	1275	2532	2547	1498	9750	1557	2578	2310	1885	956	9286
	N1	3490	1448	3744	2612	1173	12467	3933	2736	2549	2524 ²⁾	970	12712
Drains	N0	2196	1239	1904	2652	1339	9331	2578	2472	2577	2341	1018	10985
	N1	3840	1542	3601	2876	1272	13129	4199	2532	3036	2843	828	13439
<i>Dynamisch peil ZW1</i>													
Geen drains	N0	2042	1428	2384	2498	1381 ³⁾	9733 ⁵⁾	2120	2074	2179	2103	1043 ³⁾	9519 ⁵⁾
	N1	3008	1507	3409	2546	1204 ³⁾	11674 ⁵⁾	3878	2465	3159	2536	969 ³⁾	13008 ⁵⁾
Drains	N0	2039	1517	2217	2342	1454 ³⁾	9569 ⁵⁾	1815	2154	1934	1766	933 ³⁾	8602 ⁵⁾
	N1	3076	1623	3475	2364	1244 ³⁾	11781 ⁵⁾	3696	2475	3068	2631	826 ³⁾	12696 ⁵⁾

¹⁾ Verkeerd bemest op één van de twee veldjes waardoor één waarneming mist
²⁾ Grond in het maaisel op één van de twee veldjes waardoor één waarneming mist
³⁾ Koeien hebben proefveldjes verstoord met grazen en bemesten waardoor opbrengstbepaling niet betrouwbaar was
⁴⁾ Onvoldoende grasaanbod om te oogsten
⁵⁾ Totaal opbrengst inclusief schattingen voor missende waarnemingen

Bijlage 6. Droge stofopbrengst gras per behandeling per jaar



Figuur 1. Droge stofopbrengst gras met (N1) en zonder (N0) stikstofbemesting per peilstrategie, per perceel en wel of geen onderwaterdrains in 2011



Figuur 2. Droge stofopbrengst gras met (N1) en zonder (N0) stikstofbemesting per peilstrategie, per perceel en wel of geen onderwaterdrains in 2012

Bijlage 7. Stikstofopbrengst gras met schatting voor missende waarnemingen

		2011						2012					
		1	2	3	4	5	Totaal	1	2	3	4	5	Totaal
<i>Vast laag peil PR02</i>													
Geen drains	N0	50	57	53	61	39	261	48 ³⁾	53	45	44	30	220 ⁵⁾
	N1	108	62	83	66	37	356	117 ³⁾	65	69	62	39	353 ⁵⁾
Drains	N0	65	59	64	54	37	279	58	55	41	62	24	241
	N1	104	52	95	69 ²⁾	37	357	102	67	68	71	24	333
<i>Vast laag peil PR03</i>													
Geen drains	N0	52	63	52	69	37	272	50	55	35	61	19	220
	N1	104	70	83 ²⁾	74	38	369	104	61	65	68	30	329
Drains	N0	58	54	55	70	50	287	66	60	50	65	21	261
	N1	103	51	93 ²⁾	78	50	374	112	78	70	62	24	346
<i>Dynamisch hoog peil PR07b</i>													
Geen drains	N0	56	40	57	50	25	229	41	62	59	78	24	265
	N1	99	58	92	48	24	322	98	66	56	76	24	320
Drains	N0	52	37 ³⁾	52	35	29	205 ⁵⁾	41	47 ³⁾	39	48	24	197 ⁵⁾
	N1	101	51 ³⁾	85	39	28	304 ⁵⁾	106	65 ³⁾	56	60	24	311 ⁵⁾
<i>Dynamisch hoog peil PR08b</i>													
Geen drains	N0	48	44 ¹⁾	54	53	34	233	39	49 ³⁾	63	69	33	253 ⁵⁾
	N1	87	66 ¹⁾	85	51	34	323	116	74 ³⁾	69	77	24	359 ⁵⁾
Drains	N0	42	40 ¹⁾	48	39	32	200	33 ³⁾	47	39	58	30	206 ⁵⁾
	N1	95	59 ¹⁾	72	44	31	301	98 ³⁾	59	55	69	25	306 ⁵⁾
<i>Vast hoog peil PR11</i>													
Geen drains	N0	65	40	48	61	44	259	69 ⁴⁾	47	37	50	29	232
	N1	100	49	97	78	36	359	116 ⁴⁾	77	56	61	22	332
Drains	N0	61	30	55	55	52	252	62 ⁴⁾	43	44	51	26	225
	N1	99	44	101	62	38	344	112 ⁴⁾	92	70	65	27	365
<i>Vast hoog peil PR13</i>													
Geen drains	N0	36	32	45	61	41	214	54	36	38	53	27	208
	N1	83	49	93	77	37	339	98	51	53	60	25	286
Drains	N0	52	36	70 ³⁾	65	54 ³⁾	278 ⁵⁾	48	49	57	72	34	260
	N1	82	49	92 ³⁾	71	47 ³⁾	342 ⁵⁾	88	55	59	69	30	301
<i>Dynamisch peil V02</i>													
Geen drains	N0	48	33	64	62	44	250	36	55	51	55	31	229
	N1	93	48	88	59	33	321	104	64	53	67 ²⁾	29	317
Drains	N0	54	30	40	63	40	227	60	58	58	74	31	281
	N1	102	50	84	68	37	341	108	57	61	74	25	325
<i>Dynamisch peil ZW1</i>													
Geen drains	N0	55	46	51	60	41 ³⁾	253 ⁵⁾	52	45	45	59	33 ³⁾	235 ⁵⁾
	N1	91	54	82	59	34 ³⁾	319 ⁵⁾	102	57	61	65	29 ³⁾	314 ⁵⁾
Drains	N0	51	42	46	51	43 ³⁾	232 ⁵⁾	38	42	38	54	30 ³⁾	202 ⁵⁾
	N1	88	54	85	51	36 ³⁾	313 ⁵⁾	91	55	62	70	25 ³⁾	303 ⁵⁾

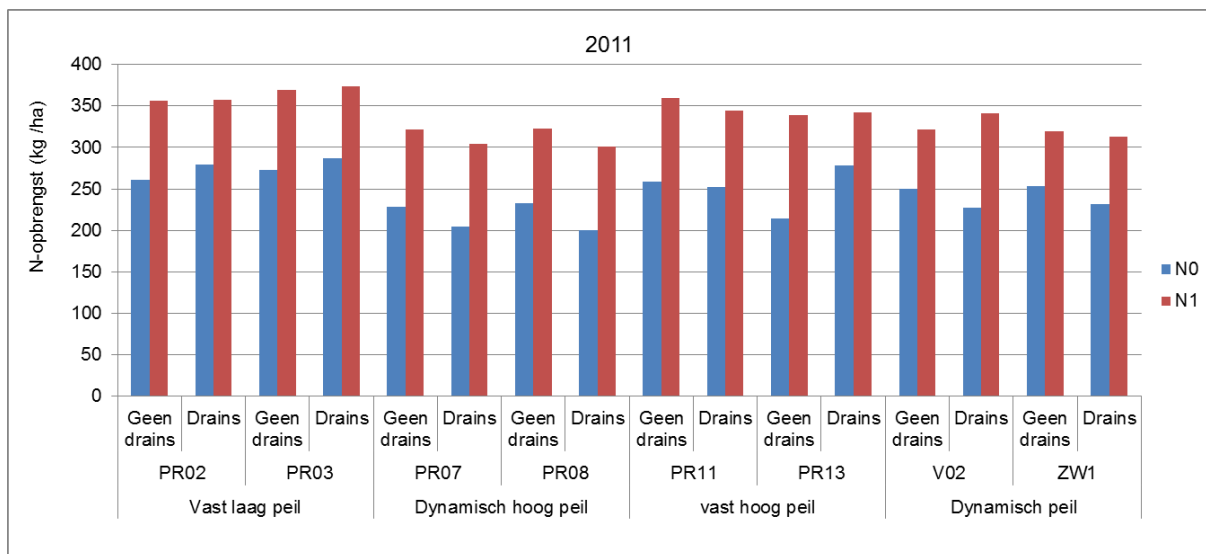
- ¹⁾ Verkeerd bemest op één van de twee veldjes waardoor één waarneming mist
- ²⁾ Grond in het maaisel op één van de twee veldjes waardoor één waarneming mist
- ³⁾ Koeien hebben proefveldjes verstoord met grazen en bemesten waardoor opbrengstbepaling niet betrouwbaar was
- ⁴⁾ Onvoldoende grasaanbod om te oogsten
- ⁵⁾ Totaal opbrengst inclusief schattingen voor missende waarnemingen

Bijlage 8. Ruw eiwitgehalte gras

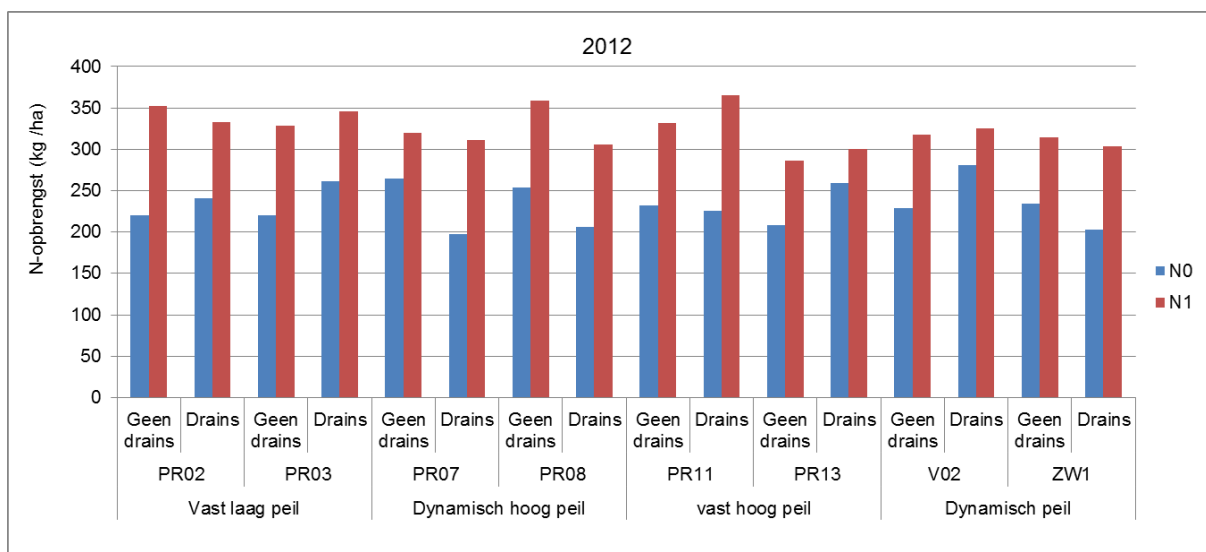
		2011						2012					
		1	2	3	4	5	Totaal	1	2	3	4	5	Totaal
<i>Vast laag peil PR02</i>													
Geen drains	N0	196	193	171	188	201	190	- ³⁾	139	161	189	223	-
	N1	221	228	178	175	200	200	- ³⁾	163	171	177	218	-
Drains	N0	203	196	166	166	191	184	160	138	149	214	240	180
	N1	196	246	183	178 ²⁾	191	199	179	166	169	182	241	188
<i>Vast laag peil PR03</i>													
Geen drains	N0	177	191	158	177	204	182	158	138	156	218	216	177
	N1	194	243	171 ²⁾	182	202	198	174	171	175	190	209	184
Drains	N0	171	199	143	184	215	183	172	156	167	193	226	183
	N1	191	244	171 ²⁾	198	220	205	189	194	176	187	223	194
<i>Dynamisch hoog peil PR07b</i>													
Geen drains	N0	179	184	169	156	184	175	166	181	174	206	259	197
	N1	189	218	157	148	183	179	163	158	147	173	239	176
Drains	N0	165	- ³⁾	161	139	173	-	157	- ³⁾	138	175	220	-
	N1	182	- ³⁾	144	138	173	-	177	- ³⁾	132	161	216	-
<i>Dynamisch hoog peil PR08b</i>													
Geen drains	N0	186	179 ¹⁾	168	177	209	184	169	- ³⁾	181	201	249	-
	N1	188	211 ¹⁾	175	166	203	189	196	- ³⁾	158	186	243	-
Drains	N0	174	160 ¹⁾	158	144	170	161	- ³⁾	136	161	209	240	-
	N1	186	169 ¹⁾	148	153	171	165	- ³⁾	144	141	171	226	-
<i>Vast hoog peil PR11</i>													
Geen drains	N0	178	173	155	191	198	179	- ⁴⁾	141	149	194	216	175
	N1	199	239	163	204	196	200	-	166	152	168	204	172
Drains	N0	176	177	148	181	211	179	-	152	177	198	210	184
	N1	194	238	156	184	192	193	-	161	163	176	204	176
<i>Vast hoog peil PR13</i>													
Geen drains	N0	169	168	161	169	203	174	148	143	141	200	214	169
	N1	186	213	156	164	194	183	166	159	139	166	195	165
Drains	N0	164	192	- ³⁾	158	- ³⁾	-	144	148	163	204	229	178
	N1	178	222	- ³⁾	154	- ³⁾	-	156	163	141	166	208	167
<i>Dynamisch peil V02</i>													
Geen drains	N0	169	173	171	164	193	174	154	143	148	194	216	171
	N1	178	221	161	153	189	180	176	157	137	178 ²⁾	200	170
Drains	N0	163	161	143	159	199	165	154	156	150	212	203	175
	N1	179	218	159	159	189	181	172	148	133	174	204	166
<i>Dynamisch peil ZW1</i>													
Geen drains	N0	182	216	146	160	- ³⁾	-	164	145	138	187	- ³⁾	-
	N1	202	240	164	154	- ³⁾	-	176	153	127	171	- ³⁾	-
Drains	N0	166	186	140	144	- ³⁾	-	139	131	131	205	- ³⁾	-
	N1	192	226	166	146	- ³⁾	-	164	148	133	178	- ³⁾	-

- ¹⁾ Verkeerd bemest op één van de twee veldjes waardoor één waarneming mist
- ²⁾ Grond in het maaisel op één van de twee veldjes waardoor één waarneming mist
- ³⁾ Koeien hebben proefveldjes verstoord met grazen en bemesten waardoor opbrengstbepaling niet betrouwbaar was
- ⁴⁾ Onvoldoende grasaanbod om te oogsten

Bijlage 9. Stikstofopbrengst gras per behandeling per jaar



Figuur 1. Stikstofopbrengst gras met (N1) en zonder (N0) stikstofbemesting per peilstrategie, per perceel en wel of geen onderwaterdrains in 2011



Figuur 2. Stikstofopbrengst gras met (N1) en zonder (N0) stikstofbemesting per peilstrategie, per perceel en wel of geen onderwaterdrains in 2012



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl