

# Kennisnetwerk OBN

## Fosfaattoevoeging heide

*Effecten op bodem, vaatplanten  
en fauna zeven jaar na inzet*



# **Monitoring OBN onderzoek “fosfaatvoeging heide”**

**Effecten op bodem, vaatplanten en fauna  
zeven jaar na inzet**

**OBN Deskundigenteam Droog zandlandschap**



ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

© 2019 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Monitoring OBN-24-DZ  
Driebergen, 2019

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Bij12

*Wijze van citeren: Vogels, J.J., M.J. Weijters & R. Bobbink 2019. Monitoring fosfaattoevoeging heide. Effecten zeven jaar na inzet experiment.*

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Oplage                    Online gepubliceerd op [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)

Samenstelling        Joost Vogels, Stichting Bargerveen  
Maaïke Weijters, Onderzoekbureau B-Ware  
Roland Bobbink, Onderzoekbureau B-Ware

Opdrachtgever      Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)

Foto voorkant        Joost Vogels

Productie             Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)  
Adres                    : Princenhof Park 7, 3972 NG Driebergen  
Telefoon                : 0343-745250  
E-mail                    : [info@vbne.nl](mailto:info@vbne.nl)

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
1.1	Aanleiding.....	3
1.2	Monitoring in 2019.....	3
<b>2</b>	<b>Onderzoeksgebied en methoden</b> .....	<b>5</b>
2.1	Ligging proefvlakken .....	5
2.2	Onderzoeksmethoden.....	6
2.2.1	Monitoring bodemchemie .....	6
2.2.2	Monitoring vegetatie ontwikkeling .....	6
2.2.3	Monitoring fauna respons.....	6
2.2.4	Statistiek .....	7
<b>3</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>9</b>
3.1	Bodemchemie .....	9
3.2	Vegetatieontwikkeling .....	15
3.3	Ongewervelde fauna .....	18
3.3.1	Effect begrazing op ongewervelden .....	18
3.3.2	Effecten van experimentele behandelingen op ongewervelden .....	20
<b>4</b>	<b>Conclusies en discussie</b> .....	<b>24</b>
4.1	Bodem chemie .....	24
4.2	Vegetatieontwikkeling .....	24
4.3	Ongewervelden respons.....	25
4.4	Samenvatting en aanbevelingen .....	26
4.4.1	Beheeraanbevelingen .....	26
4.4.2	Aandachtspunten voor een uitgebreider 2 <sup>e</sup> fase onderzoek .....	27
<b>5</b>	<b>Literatuur</b> .....	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Bijlagen</b> .....	<b>30</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In de periode 2012-2015 is in het Nationale Park de Hoge Veluwe een door OBN Droog Zandlandschap gefinancierd onderzoek (OBN 207-DZ) uitgevoerd dat gericht was op het begrijpen van de invloed van P-tekorten en bodemverzuring op het systeem functioneren van geplagde droge heide vegetaties. Doel was om experimenteel na te gaan of er door plagbeheer en/of verzuring fosfor-tekorten optreden die bijdragen aan een lage plantkwaliteit en bijgevolg lage voedingswaarde voor fauna (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2017a). In het kader van dit onderzoek is in het Nationale Park de Hoge Veluwe een experiment ingericht in toen recent geplagde droge heide vegetatie. In die plagoppervlakken zijn 5 plots ingericht met steeds vier behandelingen (P-additie, verzuringsbestrijding door middel van 2 ton/ha dolokal additie, combinatie van beide of geen additie als controle). De onderzoeksperiode bestreek de eerste 3 jaar na inzetten van de behandelingen. Belangrijkste bevindingen van dit onderzoek waren dat (1) P-additie leidt tot een verbeterde ei-productie van de modelsoort *Gryllus campestris* (bevestiging van de P-hypothese), (2) dat dolokal additie een sterk negatief effect had op de ei-productie van dezelfde soort en op de activiteit van loopkevers (onverwacht negatief effect), en (3) dat de kieming en initiële vestiging van karakteristieke plantensoorten door zowel P als dolokal additie significant verbeterde (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2017a, Vogels et al., in press). Spin-off onderzoek in deze proeflocaties toonde tevens aan dat de activiteit van bodemmesofauna gelimiteerd was door P-beschikbaarheid, met een aanvullende limiterende rol van bekalking hierop (Siepel et al., 2018).

In de bovengenoemde onderzoeksperiode is alleen het effect van de behandelingen op de vestigingsfase van de vegetatie onderzocht. Op dit moment is het zeven jaar geleden dat het experiment is ingezet en is het dus mogelijk om de middellange termijn effecten van de behandeling te onderzoeken. In dit monitoringsonderzoek is gezien het beperkte budget voor monitoring geprioriteerd op het meten van parameters die enerzijds voor relatief lage kosten kunnen worden uitgevoerd en anderzijds het meeste bijdragen aan het vergroten van de kennis over de middellange termijn effecten van dit praktijkexperiment. Concreet is er voor gekozen om de middellange termijn effecten op bodemchemie, vegetatiesamenstelling en algemene fauna respons te bepalen in dit monitoringsjaar. Uit de recente studie naar de middellange termijn effecten (na 7 jaar) van alternatieven voor plaggen (Wallis de Vries et al., 2019) is gebleken dat de veranderingen in bodemchemie zich nu naar verwachting hebben uitgekristalliseerd. De doorwerking van de behandelingen in de voedselketen van de behandelingen werd in eerste instantie voorzien door uitvoering van een bemonstering van emergentievallen, zodat vergelijking met de nabije gelegen steenmeel experimenten en andere lopende experimenten met fosfaattoevoeging en/of steenmeel mogelijk zou zijn. Deze methode bleek gedurende het monitoringsjaar echter niet uitvoerbaar, verder in dit rapport wordt dit nader toegelicht.

Voor het uitgebreider volgen van de middel- tot lange termijn effecten is het noodzakelijk om in de toekomst een uitgebreider herhalingsonderzoek op te zetten. De resultaten van deze vervolgmonitoring kunnen voor het zoeken naar financieringsmogelijkheden hiervoor bruikbaar zijn en zorgen er tevens voor dat er geen groot hiaat in de meetreeks op zal treden.

## 1.2 Monitoring in 2019

In 2019 kon met een bescheiden budget een monitoring uitgevoerd worden van de middellange termijn ontwikkelingen in bodem en vegetatie. In dit jaar is het volgende onderzoek uitgevoerd:

1. Het uitvoeren van een heropname van de vegetatie;
2. De effecten van de behandelingen op bodemchemie (vegetatie is enkel bemonsterd en veilig gesteld voor eventuele toekomstige analyse)
3. De respons van fauna in de behandelingen

In de periode na afronden van het onderzoeksproject "Fosfaattoevoeging Heide (OBN 207-DZ)" en het daaropvolgende aanvullende monitoringsjaar (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2017a) is door

de terreineigenaar runderbegrazing ingezet in het gebied waar de onderzoeksplots gesitueerd zijn. Hierdoor zijn 4 van de 5 proefvlakken tegenwoordig gelegen binnen het begrazingsraster. Het Nationale Park de Hoge Veluwe is hier voornemens om door middel van hoge graasdruk (ca. 1 GVE/ha) de dominantie van Pijpenstrootje te doorbreken (mond. med. J. Leidekker). Naast dat dit van invloed is op de vegetatieontwikkeling, is deze hoge graasdruk met runderen ook problematisch gebleken ten aanzien van de oorspronkelijk voorziene onderzoeksopzet. Deze is daarom met instemming van het DT Droog Zandlandschap in een gewijzigde vorm uitgevoerd (zie methoden sectie, paragraaf 2.2.3).



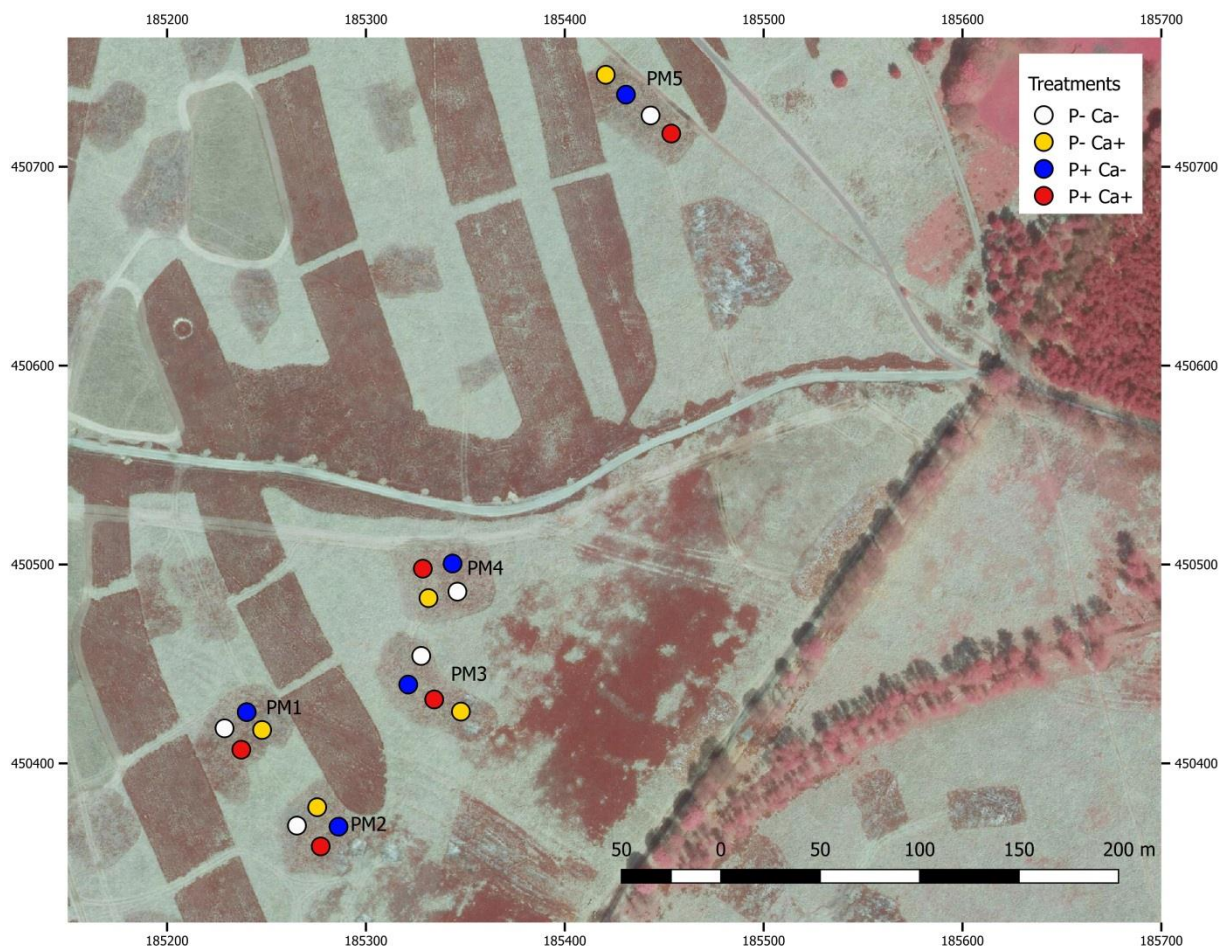
## 2 Onderzoeksgebied en methoden

Een uitgebreidere beschrijving van de onderzoeksopzet en behandelmethoden van de proefvlakken is beschreven in de eindrapportage van het voorgaande onderzoeksproject (Vogels et al., 2016). In deze rapportage wordt volstaan met een korte beschrijving van de experimentele opzet, en worden de onderzoeksmethoden van de acties uit het monitoringsjaar beschreven. Gekozen is om in deze rapportage de volgorde en codering te volgen zoals deze in recent verschenen wetenschappelijke publicaties is gehanteerd:

- -P-Ca = geen P additie, geen dolokal additie (controle)
- +P-Ca = P additie, geen dolokal additie
- -P+Ca = geen P additie, 2 ton/ha dolokal additie
- +P+Ca = P, additie, 2 ton / ha dolokal additie

### 2.1 Ligging proefvlakken

Op basis van vooronderzoek met betrekking tot de humusprofielen en ligging en een literatuurstudie ten behoeve van de P-bemestingsgraad zijn in totaal vijf blokken uitgezet. Elk van deze blokken bestaan uit vier deelplots, waarin alle behandelcombinaties (-P-Ca; -P+Ca, +P-Ca en +P+Ca) steeds vertegenwoordigd zijn. De ligging en de behandelcombinaties per blok zijn weergegeven in Fig. 2.1.



*Fig. 2.1 Ligging van de proefvlakken op het Oud Reemsterveld. PM 1 t/m 5: geplagde vlakken waar verschillende behandelcombinaties zijn uitgevoerd. Behandelcombinaties zijn met kleuren aangegeven. Wit: -P-Ca ; Geel: -P+Ca; Blauw: +P-Ca; Rood: +P+Ca. Proefvlakken PM1 t/m PM4 zijn intussen gelegen binnen een begrazingsraster met rundvee, PM5 ligt buiten deze begrazingseenheid.*

## 2.2 Onderzoeksmethoden

### 2.2.1 Monitoring bodemchemie

In juli 2012 is voor de nulmeting van de bodemchemie in alle proefvelden (n=5; elk met 4 deelproefvlakken) op de Hoge Veluwe een mengmonster verzameld van de bodem. Met een guts zijn op 3 plekken in ieder deelproefvlak bodemonsters gestoken (0-10cm) waarna deze zijn gemengd tot één monster. In totaal zijn er 20 locaties (5x geplagde proefvelden) bemonsterd. De monsters zijn luchtdicht en gekoeld bewaard ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ). Vervolgens zijn op de bodemonsters de volgende bewerkingen uitgevoerd:

- Bepaling drooggewicht en gloeiverlies (organisch stofgehalte)
- Olsen-extractie: Olsen-P bepaling (hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat)
- Zoutextractie met 0,2M NaCl voor de bepaling van de pH-NaCl en de hoeveelheid Ca, Al en  $\text{NH}_4^+$

Vervolgens is de bodem op dezelfde manier bemonsterd op 24-9-2013 en 23-9-2014. Op 13-8-2019 is de bodem nogmaals bemonsterd. Op basis van de eerder verkregen resultaten is besloten het analysepakket te wijzigen. De in het verleden wel uitgevoerde totaal-destructie leverde weinig tot geen nieuwe informatie op. Gezien het beperkte budget is besloten deze analyse in deze meetronde niet meer uit te voeren. Ook werd er niet langer een demiwater-extractie uitgevoerd, maar werd door middel van een extra strontiumextractie de basenverzadiging bepaald en de Cation Exchange Capacity (CEC). In overeenstemming met de voorgaande meetrondes is een zoutextractie en Olsen-extractie uitgevoerd. De meetgegevens van 2019 zijn weergegeven in de bijlage; Tab. 6.1.

### 2.2.2 Monitoring vegetatie ontwikkeling

In het huidige monitoringsjaar is de samenstelling van de kruidlaag opgenomen in de voorzomer, op 10 juli 2019; in overeenstemming met het opnamemoment in 2015 (opnemer R.J. Bijlsma). Een verschil met de opname in 2015 is dat in dit jaar enkel de kruidlaag is opgenomen, de moslaag is buiten beschouwing gelaten. Per behandeling is tevens de totale bedekking van de kruidlaag bepaald. Voor de vegetatieopname is dezelfde schaal gebruikt als in 2014 en 2015 waarbij bedekkingen >10% geschat zijn op 5%, tussen 1 en 10% op 1% en voor bedekkingen <1% is de abundantie weergegeven met een Tansley-aanduiding (r: zeldzaam, 1-2 exemplaren; u: weinig talrijk, enkele exemplaren; c: talrijk, meerdere exemplaren verspreid over proefvlak; a: abundant, veel exemplaren maar niet bedekkend). Een totaaloverzicht van de vegetatieopnamen voor 2019 zijn weergegeven in de bijlage, Tab. 6.2.

### 2.2.3 Monitoring fauna respons

In het onderzoeksplan werd voorgesteld om de middellange termijn respons van fauna op de behandelingen te monitoren door middel van het plaatsen van emergentievallen. Bekend uit eerder onderzoek op Strabrechtse heide (Weijters et al., 2018b) is dat deze vallen door runderen kunnen worden verstoord; daarom zijn deze vallen in combinatie met beschermingskooien van betonijzer in het veld geplaatst. Deze beschermingskooien konden in deze situatie echter niet verhinderen dat alle emergentievallen gelegen in het begrazingsraster (PM1 t/m 4) na inscharing van het rundvee werden omgeduwd (zie Fig. 2.2).

Besloten is om de bemonstering door middel van emergentievallen te staken en te vervangen door middel van een sleepnetbemonstering. Op 4 momenten in het seizoen (29-05; 09-07; 29-07 en 23-08) zijn met behulp van een standaard sleepnet in totaal 100 slagen door de vegetatie gesleept. De verzamelde ongewervelden zijn vervolgens in een pot zonder conserveermiddel overgebracht en op dezelfde dag in een vrieskist geplaatst om de bemonsterde ongewervelden te doden en te conserveren voor latere analyse.

Deze monsters zijn vervolgens op een later tijdstip uitgesorteerd op de volgende groepen: spinnen (Araneae), kevers (Coleoptera), springstaarten (Collembola), tweevleugeligen (Diptera), wantsen en cicaden (Hemiptera), vliesvleugeligen (Hymenoptera), vlinderrupsen (Lepidoptera), sprinkhanen



(Orthoptera), tripsen (Thysanoptera) en enkele weinig voorkomende restgroepen (stofluizen (Psocoptera), kakkerlakachtigen (Dictyoptera), teken (Ixodida), netvleugeligen (Neuroptera) en hooiwagens (Opiliones)). Van al deze groepen zijn per monster de aantallen genoteerd. Daarnaast is van de Araneae, Coleoptera, Orthoptera, Diptera, Hemiptera en Lepidoptera afzonderlijk, en van alle andere groepen samen genomen, de totale droge biomassa bepaald. Hiertoe zijn de verzamelde individuen voor 48 uur gedroogd op 70°C in een droogstoof en vervolgens gewogen op een microbalans.



*Fig. 2.2* overzichtsfoto's van de situatie na de inscharing van rundvee. De (jonge) koeien bleken zeer nieuwsgierig en bleken alle vallen in de eerste bemonsteringsronde te hebben verstoord.

#### **2.2.4 Statistiek**

Effecten van de behandelingen op bodemchemie werden statistisch getoetst door middel van een Generalized linear mixed model fit (proefvlak als random factor) met Gamma error verdeling in R (versie 3.6.1) en indien nodig werd gebruik gemaakt van een log-link in de modelconstructie. Initiele toetsing van effecten werd uitgevoerd met een full factorial model formule, met behandelingen, jaar en de interactie tussen behandelingen en jaar als predictorvariabelen. Deze aanpak heeft als nadeel dat veel parameters worden bepaald wat leidt tot verlies van vrijheidsgraden. Voor plant beschikbaar P is om deze reden ook een aanvullende modelaanpak met minder toetsingsvariabelen uitgevoerd. In deze aanpak is getoetst op significante effecten van behandelingen ten opzichte van controle per jaar afzonderlijk, en is getoetst op het effect van jaar op de verschillende afzonderlijke behandelingen. Beide toetsen zijn eveneens uitgevoerd met een GLMM met proefvlak als random factor en Gamma verdeling met log link.

Effecten van de behandelingen op vegetatierespons (soortenrijkdom en som bedekkingschalen) werden statistisch getoetst door middel van een Generalized linear mixed model (proefvlak als random factor) met Poisson distributie voor ieder jaar afzonderlijk. In het geval sprake was van significante overdispersie in het Poisson model is een Negative Binomial generalized linear mixed model toegepast voor significantie testen. Voor verschillen tussen behandelingen zijn Tukey post hoc testen uitgevoerd op de GLMM modellen met het package multcomp (Hothorn et al., 2008). Effecten van de behandelingen op ongewervelden respons werden statistisch getoetst door middel

van een Generalized linear mixed model (proefvlak en monsterronde als separate random factoren) met Poisson distributie voor individuen. In het geval sprake was van significante overdispersie in het Poisson model is een Negative Binomial generalized linear mixed model toegepast voor significantie testen. Effecten op biomassa zijn getoetst door middel van een linear mixed model (proefvlak en monsterronde als separate random factoren) op log getransformeerde waarden. Alle GLMM / LMM fits werden uitgevoerd met gebruik van het package 'lme4' (Bates et al., 2017).

## 3 Resultaten

### 3.1 Bodemchemie

Het toedienen van dolomietenkalk (verder "kalk" genoemd of +Ca) zorgde in het eerste effectjaar al voor een duidelijke pH-stijging (van een gemiddelde  $pH_{NaCl}$  van 3.6 bij aanvang van de proef naar een gemiddelde  $pH_{NaCl}$ -waarde van 4.1 in het eerste effectjaar). Zeven jaar na toediening ( $t=7$ ) werd in de met kalk behandelde proefvlakken nog steeds een duidelijk verhoogde  $pH_{NaCl}$  gemeten vergeleken met de proefvlakken waar geen kalk op was opgebracht. De pH gemeten in de niet-bekalkte proefvlakken was gemiddeld 3.4 tegen 3.7 in de met kalk behandelde proefvlakken (Fig. 3.1; Tab. 3.1). Verder valt op dat de proefvlakken waar dolomietenkalk met fosfor is gecombineerd (+P+Ca behandeling) een lagere pH werd gemeten vergeleken met de proefvlakken waar alleen kalk (-P+Ca) werd toegevoegd. Dit was zowel in jaar 2 als in jaar 7 het geval (Bijlage 2).

Tab. 3.1 Gemiddelde percentage organische stof, Olsen extraheerbaar P en bodem pH, beschikbare concentraties van  $NH_4$ ,  $NO_3$ , Al, Ca, K, Mg en Mn gemeten in het zoutextract (0.2M NaCl) en de Cation Exchange Capacity (CEC), Basenverzadiging (BV) en uitwisselbare concentraties Al, Ca, K en Mg gemeten in het strontiumextract in het zevende effectjaar (2019). Tussen haakjes de standaard fout ( $n=5$ ). Significantie getoetst met GLMM (Bijlage 2), P waarde: 0=\*\*\*, 0.001=\*\*, 0.01=\*, 0.05=^. 1 : Niet getoetst, geen betrouwbare modeluitkomst door grote variatie.

	OS %	Olsen-P $\mu\text{mol/kg soil}$	NaCl-extract							
			pH NaCl	$NO_3$ $\mu\text{mol/kg soil}$	$NH_4$	Al	Ca	K	Mg	Mn
-P-Ca	7.4 (0.4)	424 (17)	3.4 (0.05)	29 (16)	37 (5)	2847 (147)	214 (62)	336 (18)	139 (15)	2.1 (0.2)
-P+Ca	7.4 (0.8)	309 (25)	3.9 (0.05)***	18 (4)	42 (7)	509 (172)***	3155 (256)***	295 (6)	3969 (254)***	2.0 (0.2)
+P-Ca	7.2 (0.1)	598 (90)*	3.4 (0.08)	40 (16)	34 (5)	2765 (78)	246 (61)	371 (49)	160 (35)	1.8 (0.4)
+P+Ca	7.3 (0.2)	542 (62)	3.6 (0.08)**	22 (5)	28 (2)	1148 (283)^	2217 (581)***	327 (23)	3047 (734)***	2.2 (0.4)
Strontium-extract										
	BV %	CEC meq/kg soil	Al $\mu\text{mol/kg soil}$	Ca	$K^1$	Mg				
-P-Ca	4.1 (0.4)	47.7 (2.7)	11915 (494)	495 (65)	45 (41)	451 (17)				
-P+Ca	32.5 (4.0)***	50.3 (1.1)	8916 (750)**	3635 (580)***	62 (39)	4433 (411)***				
+P-Ca	5.8 (0.9)*	47.2 (2.5)	11639 (341)	772 (120)*	129 (85)	495 (36)				
+P+Ca	34.2 (5.6)***	53.0 (2.5)*	8999 (839)**	4746 (898)***	57 (40)	4405 (893)***				

In 2019 werd ook de CEC en basenverzadiging bepaald en de aan het adsorptiecomplex gebonden basische kationen (Tab. 3.1). De basenverzadiging was in de met kalk behandelde proefvlakken na zeven jaar nog steeds veel hoger dan in de niet met kalk behandelde proefvlakken. In de niet met kalk behandelde proefvlakken (-P-Ca en +P-Ca) werd een zeer lage basenverzadiging gemeten van minder dan 6%, zeer lage waarden, zelfs voor heide-bodems. Bodembuffering vond in deze proeflocaties voornamelijk plaats door het in oplossing komen van aluminium, hetgeen ook zichtbaar werd in de beschikbare aluminiumconcentraties gemeten in het zoutextract met concentraties rond de 2800  $\mu\text{mol/kg}$  bodem (Figuur 2).

In de met kalk behandelde proefvlakken werd in het zevende effectjaar nog een duidelijk hogere basenverzadiging gemeten van 33% en 34% in de -P+Ca en +P+Ca behandelingen. Dit zijn waarden die in de range liggen van goed ontwikkelde soortenrijke droge heide. Ook de beschikbare aluminiumconcentraties in deze proefvelden waren aanzienlijk lager dan die gemeten in de niet met kalk behandelde proefvelden (509 in de -P+Ca behandeling en 1148 in de +P+Ca behandeling) (Figuur 2). De proefvlakken waar Ca met P is gecombineerd zijn in 5 jaar tijd dus weer verder verzuurd dan de proefvlakken waar alleen Ca werd opgebracht. Vermoedelijk is dit het resultaat van de betere vegetatieontwikkeling in de +P+Ca proefvlakken vergeleken met de -P+Ca behandeling, waardoor het verzurende effect van de vegetatiegroei hier groter was.

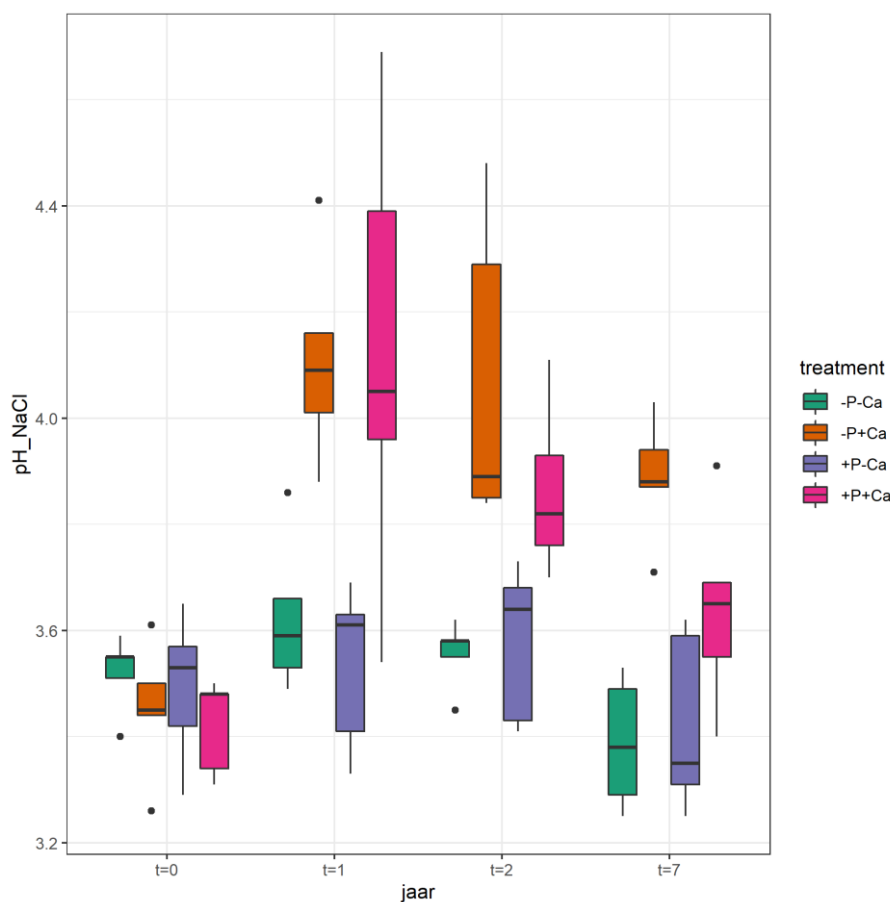


Fig. 3.1 Boxplots van de pH gemeten in het zoutextract (0.2M NaCl) op t=0 (2012; voordat de behandelingen werden opgebracht), in het eerste effectjaar (t=1; 2013), tweede effectjaar (t=2; 2014) en in het zevende effectjaar (t=7; 2019).

De concentraties beschikbaar en uitwisselbaar calcium en magnesium waren ook in het zevende effectjaar duidelijk veel hoger in de met kalk behandelde proefvlakken vergeleken met de niet met kalk behandelde proefvlakken (-P-Ca en +P-Ca). De beschikbare calciumconcentraties waren in de met kalk behandelde proefvlakken ongeveer 10 keer hoger dan in de proefvlakken waar geen kalk werd opgebracht. Ook de uitwisselbare calciumconcentraties lieten een vergelijkbare toename zien (Tab. 3.1). De gemeten beschikbare calciumconcentraties gemeten in de met kalk behandelde proefvlakken vielen met concentraties boven de 2000  $\mu\text{mol/kg}$  bodem binnen de range van goed ontwikkelde droge heides (De Graaf et al., 2009) en ligt in de range gemeten in de soortenrijke sub-associatie van droge heide (*Genisto anglicae-Callunetum danthonietosum*, 20Aa01d)). Het opgebrachte kalk was dolomietenkalk, en bevatte naast calcium ook magnesium. Ook dit was in het zevende effectjaar duidelijk terug te zien in zowel de beschikbare concentraties (ongeveer 20 x hoger in de met kalk behandelde proefvlakken t.o.v. de proefvlakken zonder kalk), en uitwisselbare magnesiumconcentraties (ongeveer 10 x hoger in de met kalk behandelde proefvlakken t.o.v. de proefvlakken zonder kalk) (Tab. 3.1). Er werden geen effecten van het bekalken gemeten op de beschikbare of uitwisselbare kaliumconcentraties in het zevende effectjaar (Tab. 3.1) of op de beschikbaarheid van mangaan (Tab. 3.1).

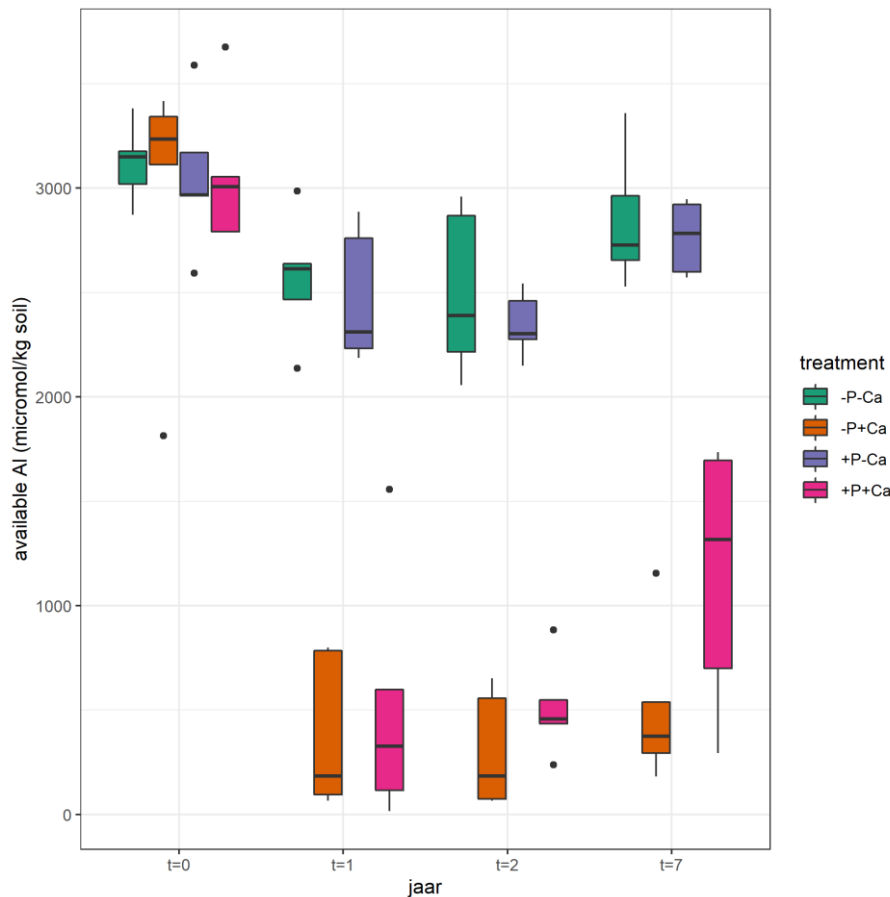


Fig. 3.2 Boxplots van de aluminiumconcentratie gemeten in het zoutextract (0.2M NaCl) op t=0 (2012; voordat de behandelingen werden opgebracht), in het eerste effectjaar (t=1; 2013), tweede effectjaar (t=2; 2014) en in het zevende effectjaar (t=7; 2019).

Het toedienen van fosfor leidde zoals verwacht direct tot een toename in de voor planten beschikbare fosforconcentraties (gemeten als Olsen-P). Ook in het zevende effectjaar werden nog duidelijk verhoogde Olsen-P concentraties gemeten in de met P-behandelde proefvlakken vergeleken met de onbehandelde controle in dat meetjaar, met concentraties tussen de 542 en 598  $\mu\text{mol/kg}$  bodem in de met P-behandelde proefvlakken tegen 424  $\mu\text{mol/kg}$  bodem in de onbehandelde controle in het zevende effectjaar. In het eerste effectjaar werden in de met kalk behandelde proefvlakken lagere Olsen-P concentraties gemeten dan in de onbehandelde controle. Ook in het zevende effectjaar bleef dit effect zichtbaar, met in de met kalk behandelde proefvlakken gemiddeld 309  $\mu\text{mol}$  Olsen-P/kg bodem (Tab. 3.1 en Fig. 3.2).

Om dit effect van P-toediening en bekalking op de Olsen-P concentratie nader te onderzoeken is het effect van de behandelingen ten opzichte van controle per jaar afzonderlijk getoetst (Tab. 3.2), en is getoetst wat het langjarig effect van de afzonderlijke behandelingen was ten opzichte van het controlejaar (Tab. 3.3). In het controlejaar was geen significant verschil tussen de verschillende (toekomstige) behandelingen in Olsen-P concentratie in de bodem (Tab. 3.2). In de daaropvolgende jaren (na toedienen van P en dolokal) is de concentratie significant lager in -P+Ca behandelingen ten opzichte van controle in datzelfde jaar (in 2013 enkel een trend), in de +P-Ca behandelingen is deze significant hoger ten opzichte van controle in hetzelfde jaar en in de +P+Ca behandelingen is deze in 2013 en 2014 significant hoger ten opzichte van controle van hetzelfde jaar, maar in 2019 is dit effect niet significant. Bij toetsing over het tijdverloop binnen de behandelingen neemt Olsen-P significant af in de controle (P-Ca-) ten opzichte van de nulmeting (Tab. 3.3); en dit is tevens (en sterker) zo in de P-Ca+ behandelingen. In de +P-Ca en +P+Ca is enkel in het eerste meetjaar na behandelingen (2013) een significant hogere Olsen P ten opzichte van de nulmeting gemeten.



Tab. 3.2 Gemiddelde ( $\pm 1$  SE) concentratie plant beschikbaar (Olsen) P ( $\mu\text{mol/kg}$  bodem) en toetsing van effect van behandelingen ten opzichte van controle per jaar afzonderlijk. De richting van t-waarde geeft aan of er sprake was van een toe- of afname, sig geeft de p-waarde van het effect weer: n.s. = geen significant verschil ( $p > 0.1$ ), . = niet significante trend ( $p < 0.1$ ) \* = significant verschil ( $p < 0.05$ ), \*\* = significant verschil ( $p < 0.01$ ), \*\*\* = significant verschil ( $p < 0.001$ )

Jaar	Behandeling	Olsen P	t-waarde	sig
2012	-P-Ca	563.9 ( $\pm 44.7$ )		
	-P+Ca	498.7 ( $\pm 51.7$ )	-1.31	n.s.
	+P-Ca	504 ( $\pm 17.3$ )	-1.18	n.s.
	+P+Ca	596.2 ( $\pm 39.1$ )	0.6	n.s.
2013	-P-Ca	479 ( $\pm 19.8$ )		
	-P+Ca	404 ( $\pm 30.1$ )	-1.72	.
	+P-Ca	815.6 ( $\pm 60.5$ )	5.38	***
	+P+Ca	744.8 ( $\pm 81.9$ )	4.46	***
2014	-P-Ca	400.2 ( $\pm 30.1$ )		
	-P+Ca	288.7 ( $\pm 37.2$ )	-2.28	*
	+P-Ca	572.1 ( $\pm 73$ )	2.39	*
	+P+Ca	559.6 ( $\pm 103.1$ )	2.22	*
2019	-P-Ca	423.7 ( $\pm 16.6$ )		
	-P+Ca	308.7 ( $\pm 24.7$ )	-2.23	*
	+P-Ca	598.4 ( $\pm 90.4$ )	2.4	*
	+P+Ca	541.8 ( $\pm 62.3$ )	1.73	.

Tab. 3.3 Gemiddelde ( $\pm 1$  SE) concentratie plant beschikbaar (Olsen) P ( $\mu\text{mol/kg}$  bodem) en toetsing van effect van meetjaar ten opzichte van controlejaar (2012) per behandeling afzonderlijk. De richting van t-waarde geeft aan of er sprake was van een toe- of afname, sig geeft de p-waarde van het effect weer: n.s. = geen significant verschil ( $p > 0.1$ ), . = niet significante trend ( $p < 0.1$ ) \* = significant verschil ( $p < 0.05$ ), \*\* = significant verschil ( $p < 0.01$ ), \*\*\* = significant verschil ( $p < 0.001$ )

Behandeling	Jaar	Olsen P	t-waarde	sig
-P-Ca	2012	563.9 ( $\pm 44.7$ )		
	2013	479 ( $\pm 19.8$ )	-2.24	*
	2014	400.2 ( $\pm 30.1$ )	-4.73	***
	2019	423.7 ( $\pm 16.6$ )	-3.94	***
-P+Ca	2012	498.7 ( $\pm 51.7$ )		
	2013	404 ( $\pm 30.1$ )	-4.2	***
	2014	288.7 ( $\pm 37.2$ )	-11.75	***
	2019	308.7 ( $\pm 24.7$ )	-9.99	***
+P-Ca	2012	504 ( $\pm 17.3$ )		
	2013	815.6 ( $\pm 60.5$ )	4.02	***
	2014	572.1 ( $\pm 73$ )	1.01	n.s.
	2019	598.4 ( $\pm 90.4$ )	1.28	n.s.
+P+Ca	2012	596.2 ( $\pm 39.1$ )		
	2013	744.8 ( $\pm 81.9$ )	1.88	.
	2014	559.6 ( $\pm 103.1$ )	-0.77	n.s.
	2019	541.8 ( $\pm 62.3$ )	-0.88	n.s.

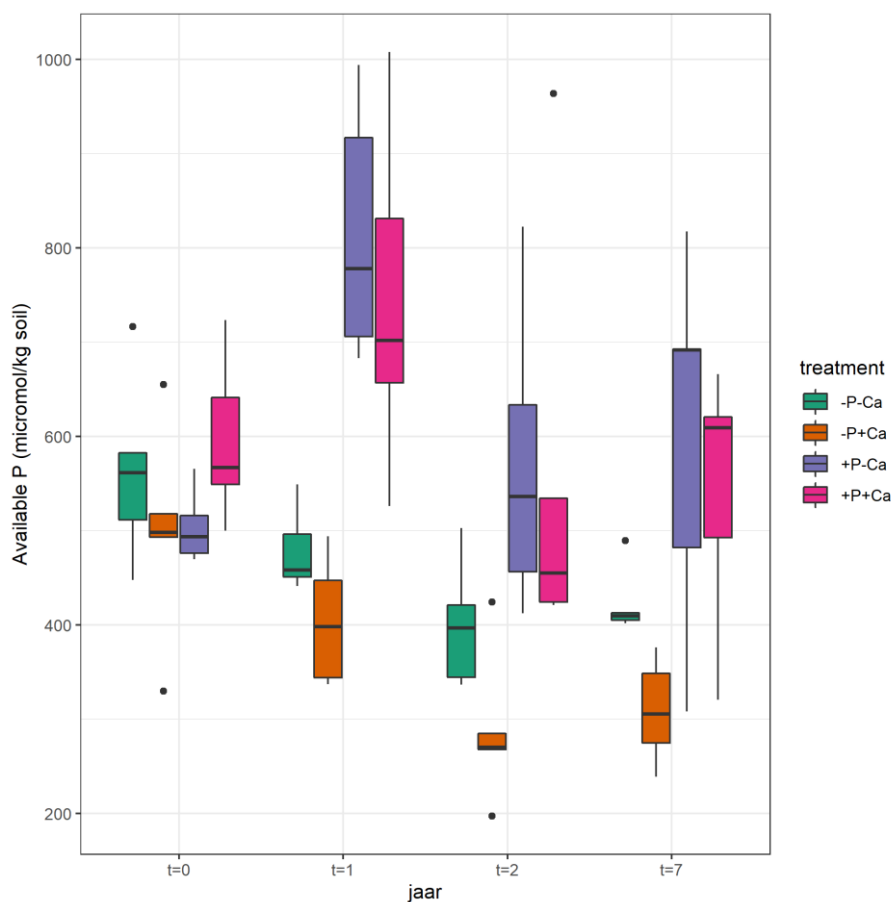


Fig. 3.3 Boxplots van de beschikbare fosforconcentratie gemeten in Olsen extract op t=0 (2012; voordat de behandelingen werden opgebracht), in het eerste effectjaar (t=1; 2013), tweede effectjaar (t=2; 2014) en in het zevende effectjaar (t=7; 2019).

Bij het inzetten van de proef, enkele maanden nadat de locatie was geplagd, werden hoge ammoniumconcentraties gemeten, een gevolg van het plaggen en de hierna optredende ammoniumpiek in zure omstandigheden. Het toedienen van kalk leidde tot een versnelde verlaging van het ammoniumgehalte in het eerste effectjaar, in het tweede effectjaar was het ammoniumgehalte gemeten in alle behandelde proefvlakken voldoende laag voor goed ontwikkelde heide en was het ammoniumgehalte gemeten in de met -P+Ca, +P+Ca en +P-Ca proefvlakken lager dan het gehalte gemeten in de onbehandelde controle (-P-Ca; Fig. 3.4). In het zevende effectjaar waren de ammoniumconcentraties gemeten in alle proefvlakken zeer laag met concentraties < 50  $\mu\text{mol/kg}$  bodem en waren geen verschillen tussen de behandelingen (Fig. 3.4 en Tabel 1).

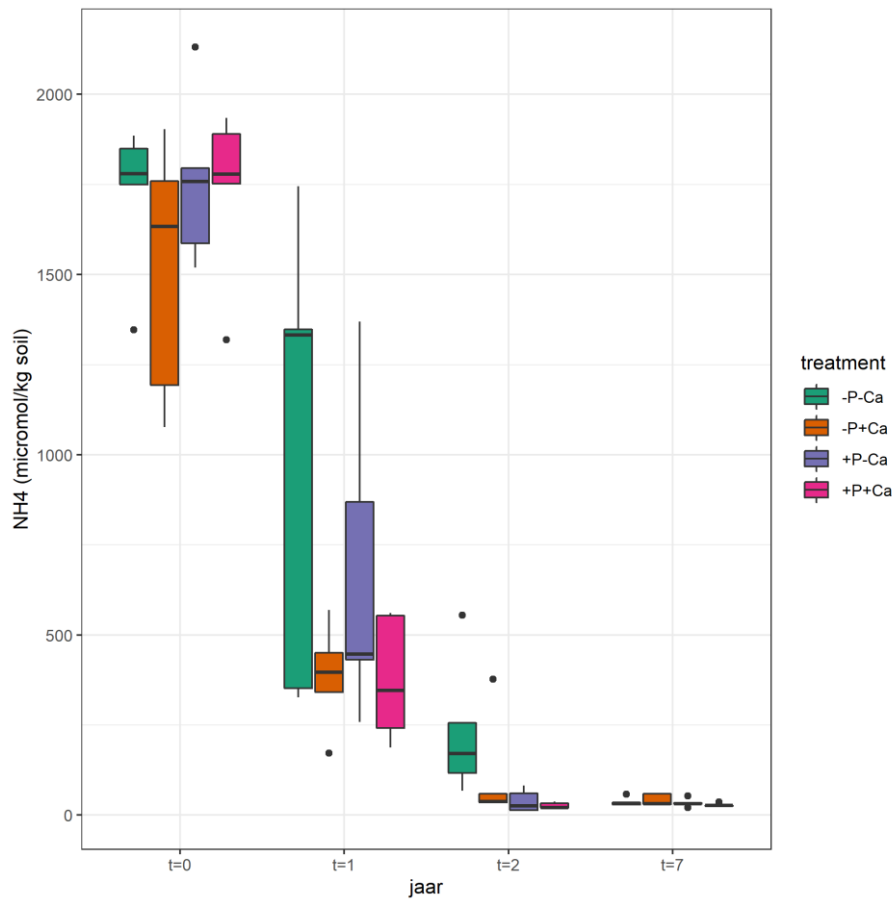


Fig. 3.4 Boxplots van de beschikbare ammoniumconcentratie gemeten in het zoutextract op  $t=0$  (2012; voordat de behandelingen werden opgebracht), in het eerste effectjaar ( $t=1$ ; 2013), tweede effectjaar ( $t=2$ ; 2014) en in het zevende effectjaar ( $t=7$ ; 2019).

De nitraatconcentraties gemeten in de proefvlakken waren bij aanvang van de proef laag  $<150$   $\mu\text{mol/kg}$  bodem). In het eerste effectjaar werden iets verhoogde nitraatconcentraties gemeten in de met kalk behandelde proefvlakken, waarschijnlijk een gevolg van de gestimuleerde omzetting van ammonium naar nitraat in deze proefvlakken. In het tweede effectjaar werden in alle behandelde proefvlakken lagere nitraatconcentraties gemeten vergeleken met de onbehandelde controle, een mogelijk effect van de betere vegetatieontwikkeling in deze proefvlakken. In het zevende effectjaar waren er geen duidelijke effecten van de behandelingen zichtbaar op het nitraat-gehalte gemeten in de proefvlakken (Fig. 3.5).

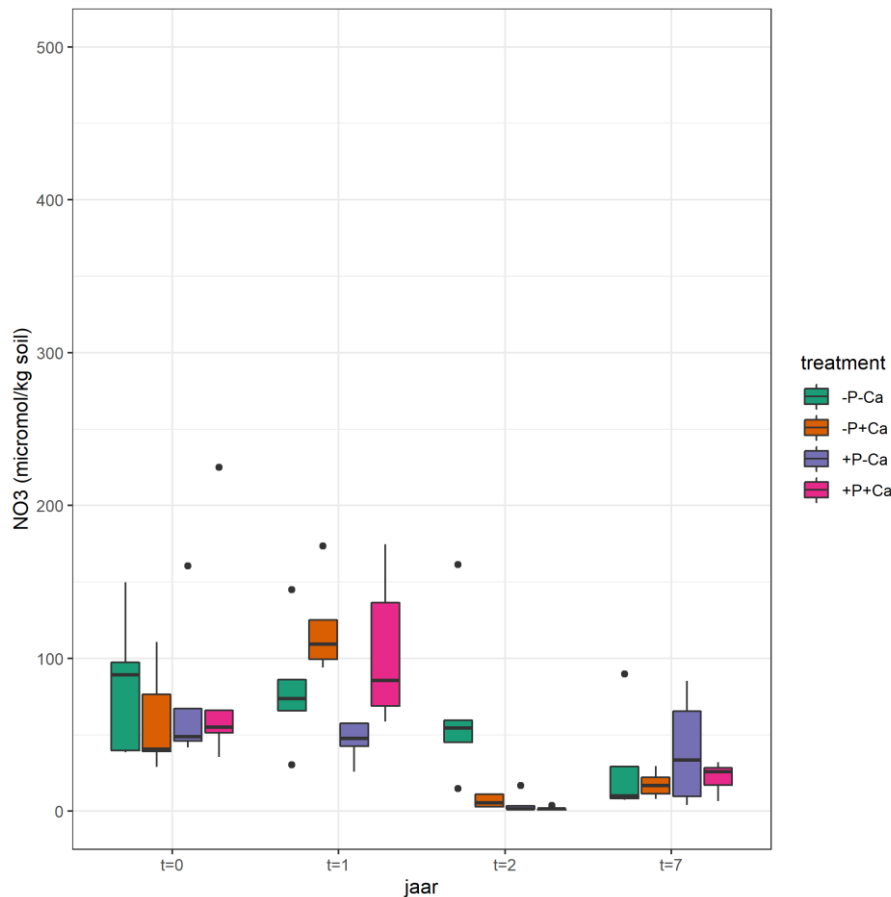


Fig. 3.5 Boxplots van de beschikbare nitraatconcentratie gemeten in het zoutextract op t=0 (2012; voordat de behandelingen werden opgebracht), in het eerste effectjaar (t=1; 2013), tweede effectjaar (t=2; 2014) en in het zevende effectjaar (t=7; 2019).

### 3.2 Vegetatieontwikkeling

Het huidige monitoringsjaar (2019) volgde op het record droge seizoen van 2018. Dit had duidelijk effect gehad op de vegetatiesamenstelling in de onderzoeksplots, die over de gehele linie een afname liet zien in soortenrijkdom (Fig. 3.6A). Een tweede factor die hoogstwaarschijnlijk invloed heeft gehad op de vegetatieontwikkeling is de inscharing van rundvee in het gebied waar vier van de vijf blokken zijn gelegen. Dit had duidelijk haar weerslag op de bedekking van de kruidlaag, die in 2019 in vier van de vijf blokken geen verdere toename liet zien ten opzichte van 2015, en gemiddeld zelfs iets lager uitkwam dan de controle, echter niet significant lager. Dit in tegenstelling tot de voorgaande meetmomenten (Fig. 3.6; Tab. 3.5). Tenslotte is een deel van de afname ook toe te schrijven aan het verdwijnen van veel van de in 2015 aangetroffen ruderaal- en pioniersoorten. Waar in 2015 nog veel soorten van deze groep in de onderzoeksblokken te vinden waren, namen deze nu een groot deel van het lijstje "afgenomen en verdwenen soorten" in (Tab. 3.4). Voorbeelden hiervan zijn *Epilobium parviflorum*, *E. tetragonum*, *Chamerion angustifolium*, *Senecio inaequidens*, *Cirsium vulgare*, *Taraxacum officinale* en *Conyza canadensis*. Toch zijn ook een flink aantal typische soorten afgenomen tot verdwenen. Het verdwijnen van de karakteristieke, parasitaire pioniersoort *Cuscuta epithymum* is waarschijnlijk ook toe te schrijven aan voortschrijdende successie en dan met name aan het ouder worden van de waardplant, *Calluna vulgaris*. Opvallend is een sterke afname van fijnbladige grassen en grasachtigen als *Agrostis vinealis*, *A. capillaris*, *Danthonia decumbens*, *Luzula campestris*, *Carex panicea*, *C. arenaria* en kruidachtigen als *Potentilla erecta*, *Leontodon saxatilis* en *Galium saxatile*. Opvallend sterk toegenomen was *Erigeron annuus*, een ingeburgerde Noord-Amerikaanse soort die in 2015 in slechts 1 blok vertegenwoordigd was, maar in het huidige jaar in alle blokken aangetroffen kon worden. Andere toegenomen weinig typische soorten waren *Filago vulgaris*, *Cerastium fontanum*

en *Trifolium arvense*. Overigens moet vermeld dat voor veel van de toe- en afgenomen soorten de aanwezigheid in de opnamevlakken in zowel 2015 als 2019 beperkt was tot één of enkele exemplaren (Bijlage Tab. 6.2; Tab. 6.3). De lijst van soorten die licht toenamen of in frequentie van aanwezigheid in de blokken gelijk zijn gebleven wordt gedomineerd door typische soorten van droge heide en/of schraalgraslanden, zoals *Calluna vulgaris*, *Erica tetralix*, *Rumex acetosella*, *Molinia caerulea*, *Genista pilosa*, *G. anglica*, *Carex pilulifera*, *Hieracium pilosella* en *Veronica officinalis*. *Crepis capillaris* en *Jacobaea vulgaris* zijn de meest opvallende niet of weinig karakteristieke soorten die stabiel in de blokken aanwezig zijn gebleven.

Tab. 3.4. Overzicht van veranderingen in blokfrequentie van vaatplanten tussen 2015 (t=2) en 2019 (t=7). Gelijk gebleven: soorten met een gelijk gebleven aanwezigheid in blokken (tussen haken het aantal blokken waar de soort is aangetroffen). Afgenomen: soorten die uit 1-2 blokken verdwenen; sterk afgenomen: soorten die uit meer dan 2 blokken verdwenen; verdwenen: soorten die niet meer in 2019 zijn aangetroffen in de opnamen; Sterk verdwenen: soorten die in 2015 in meer dan 3 blokken werden aangetroffen maar in 2019 niet meer werden aangetroffen. Voor toename zijn dezelfde criteria gebruikt. Voor alle soorten die een toe of afname lieten zien is de verandering in blokfrequentie tussen haken gegeven.

Gelijk gebleven (freq)	Afgenomen (6 freq)	Sterk afgenomen (6 freq)	Verdwenen (6 freq)	Sterk verdwenen (6 freq)
<i>Aira praecox</i> (1)	<i>Luzula campestris</i> (-2)	<i>Agrostis capillaris</i> (-4)	<i>Leontodon saxatilis</i> (-2)	<i>Cuscuta epithymum</i> (-5)
<i>Calamagrostis epigejos</i> (1)	<i>Senecio sylvaticus</i> (-2)	<i>Carex arenaria</i> (-4)	<i>Potentilla erecta</i> (-2)	<i>Senecio inaequidens</i> (-5)
<i>Luzula multiflora</i> (1)	<i>Conyza canadensis</i> (-2)	<i>Cirsium vulgare</i> (-4)	<i>Prunus serotina</i> (-2)	<i>Chamerion angustifolium</i> (-4)
<i>Gnaphalium luteo-album</i> (2)	<i>Corynephorus canescens</i> (-2)	<i>Taraxacum officinale</i> (-4)	<i>Solidago gigantea</i> (-2)	<i>Epilobium parviflorum</i> (-4)
<i>Juncus squarrosus</i> (2)	<i>Gnaphalium sylvaticum</i> (-2)	<i>Epilobium tetragonum</i> (-3)	<i>Spergularia rubra</i> (-2)	<i>Populus tremula</i> (-4)
<i>Veronica officinalis</i> (2)	<i>Salix aurita</i> + <i>S. cinerea</i> (-2)		<i>Acer pseudoplatanus</i> (-1)	<i>Sonchus asper</i> (-4)
<i>Crepis capillaris</i> (4)	<i>Sagina procumbens</i> (-1)		<i>Carex ovalis</i> (-1)	<i>Sorbus aucuparia</i> (-4)
<i>Hieracium pilosella</i> (4)	<i>Holcus lanatus</i> (-1)		<i>Crataegus monogyna</i> (-1)	<i>Agrostis vinealis</i> (-3)
<i>Betula pendula</i> (5)	<i>Galium saxatile</i> (-1)		<i>Danthonia decumbens</i> (-1)	<i>Carex panicea</i> (-3)
<i>Calluna vulgaris</i> (5)			<i>Juncus effusus</i> (-1)	<i>Cirsium arvense</i> (-3)
<i>Carex pilulifera</i> (5)			<i>Juncus tenuis</i> (-1)	<i>Salix viminalis</i> (-3)
<i>Deschampsia flexuosa</i> (5)			<i>Poa annua</i> (-1)	
<i>Erica tetralix</i> (5)			<i>Rubus plicatus</i> (-1)	
<i>Genista pilosa</i> (5)			<i>Rumex acetosa</i> (-1)	
<i>Hypochaeris radicata</i> (5)			<i>Solidago virgaurea</i> (-1)	
<i>Jacobaea vulgaris</i> (5)			<i>Veronica arvensis</i> (-1)	
<i>Molinia caerulea</i> (5)	<b>Toegenomen (6 freq)</b>	<b>Sterk toegenomen (6 freq)</b>	<b>Verschenen (6 freq)</b>	<b>Sterk verschenen (6 freq)</b>
<i>Pinus sylvestris</i> (5)	<i>Lactuca serriola</i> (1)	<i>Erigeron annuus</i> (4)	<i>Filago vulgaris</i> (1)	
<i>Rumex acetosella</i> (5)	<i>Sagina micropetala</i> (1)		<i>Trifolium arvense</i> (2)	
	<i>Cerastium fontanum</i> (1)			
	<i>Filago minima</i> (1)			
	<i>Genista anglica</i> (1)			

Tab. 3.5 Overzicht van gemiddelde ( $\pm 1$  SE) soortenrijkdom, bedekking van de kruidlaag, soorten kenmerkend voor heischrale graslanden (*Violion Caninae*), droge heide (*Calluno-genistion*) en overige soorten, niet typisch voor droge heischrale graslanden of droge heide in de vegetatieopnamen. Significantiewaarden geven aan of een behandeling significant afweek van de controle -P-Ca behandeling. \*\*\*:  $p < 0.001$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$ ;  $\cdot$   $p < 0.1$  (trend, niet significant).  $\circ$ : wegens volledig afwezig zijn van deze soorten in controle is geen glmm model fit mogelijk en is hier niet getoetst op significantie; doorgaans zijn +Ca plots hier duidelijk rijker in deze soorten voor alle jaren en het rijkt gecombineerd met +P behandeling (gebaseerd op gemiddelde en standaarderror)

Jaar	Behandeling	Soortenrijkdom	Bedekking kruidlaag	<i>Violion Caninae</i> SR	<i>Calluno-genistion</i> SR	<i>Corynephorion canescens</i> SR	Overige SR
2014	-P-Ca	6.2 $\pm$ 0.58	21 $\pm$ 2.92	6 $\pm$ 0.55	5.8 $\pm$ 0.49	2.2 $\pm$ 0.37	0 $\pm$ 0 $^\circ$
	-P+Ca	8.4 $\pm$ 0.68	27 $\pm$ 3.74	7 $\pm$ 0.45	6.2 $\pm$ 0.37	3.2 $\pm$ 0.37	1.4 $\pm$ 0.51 $^\circ$
	+P-Ca	8.6 $\pm$ 0.93	36 $\pm$ 3.32 ***	8.4 $\pm$ 0.81	7.4 $\pm$ 0.68	4.2 $\pm$ 0.58	0.2 $\pm$ 0.2 $^\circ$
	+P+Ca	16.8 $\pm$ 1.83 ***	42 $\pm$ 4.36 ***	11.6 $\pm$ 1.17 **	9.4 $\pm$ 0.68 *	7 $\pm$ 1.05 ***	4.4 $\pm$ 0.75 $^\circ$
2015	-P-Ca	9.6 $\pm$ 1.36	28 $\pm$ 2.55	9.2 $\pm$ 1.24	8 $\pm$ 1.05	3 $\pm$ 0.32	0 $\pm$ 0 $^\circ$
	-P+Ca	24.2 $\pm$ 0.86 ***	38 $\pm$ 5.61 **	16.8 $\pm$ 0.49 **	12 $\pm$ 0.63 *	8.8 $\pm$ 0.49 ***	5 $\pm$ 0.71 $^\circ$
	+P-Ca	19 $\pm$ 3.18 ***	40 $\pm$ 1.58 **	14.6 $\pm$ 1.5 *	11.8 $\pm$ 0.73	7.6 $\pm$ 0.93 **	2.4 $\pm$ 1.69 $^\circ$
	+P+Ca	31.2 $\pm$ 4.96 ***	49 $\pm$ 1 ***	19 $\pm$ 1.95 ***	11.4 $\pm$ 1.21	10 $\pm$ 1.58 ***	9.4 $\pm$ 2.77 $^\circ$
2019	-P-Ca	6 $\pm$ 0.55	48 $\pm$ 5.61	5.8 $\pm$ 0.58	5.6 $\pm$ 0.4	2.2 $\pm$ 0.2	0 $\pm$ 0 $^\circ$
	-P+Ca	12.4 $\pm$ 0.87 **	40 $\pm$ 9.22	11 $\pm$ 0.71 **	8.8 $\pm$ 0.49	4.8 $\pm$ 0.49 *	1.2 $\pm$ 0.58 $^\circ$
	+P-Ca	8.6 $\pm$ 0.93	42 $\pm$ 7.84	8.6 $\pm$ 0.93	8.2 $\pm$ 0.73	2.8 $\pm$ 0.37	0 $\pm$ 0 $^\circ$
	+P+Ca	23 $\pm$ 1.14 ***	41 $\pm$ 6.4	15.8 $\pm$ 1.11 ***	10.6 $\pm$ 0.68 *	9.4 $\pm$ 0.75 ***	5.8 $\pm$ 0.97 $^\circ$



Tab. 3.6. Tukey post hoc test resultaten van de GLMMs uit Tab. 3.5.

Jaar	Behandeling	Soortenrijkdom	Bedekking kruidlaag	<i>Violion Caninae</i> SR	<i>Calluno-genistion</i> SR	<i>Corynephorion canescentis</i> SR
2014	-P-Ca	a	a	a	a	a
	-P+Ca	a	ab	ab	a	a
	+P-Ca	a	bc	ab	a	ab
	+P+Ca	b	c	b	a	b
2015	-P-Ca	a	a	a	a	a
	-P+Ca	bc	b	b	a	b
	+P-Ca	b	bc	ab	a	b
	+P+Ca	c	c	b	a	b
2019	-P-Ca	a	a	a	a	a
	-P+Ca	b	a	b	a	a
	+P-Ca	a	a	a	a	a
	+P+Ca	c	a	c	b	b

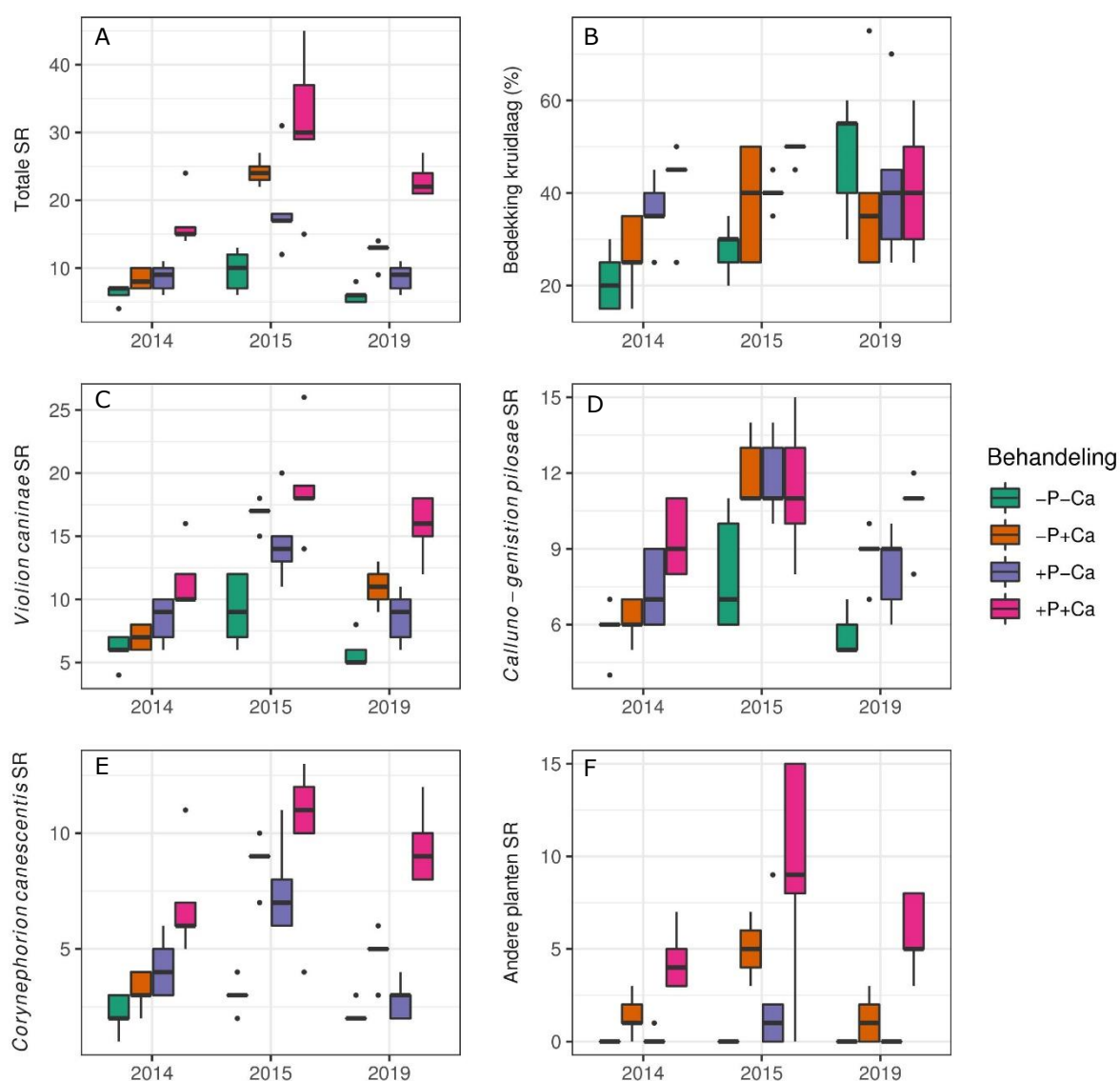


Fig. 3.6 Totale soortenrijkdom (A), Bedekking kruidlaag (B), soorten van *Violion caninae* (C), *Calluno-genistion* (D), *Corynephorion canescentis* (E) en soorten niet vermeld voor een van deze plant-sociologische eenheden (F) in de opnamenjaren 2014 ( $t=2$ ), 2015 ( $t=3$ ) en 2019 ( $t=7$ ). Voor overzicht van gemiddelden en significante verschillen ten opzichte van controle, zie Tab. 3.5.

Het effect van de behandelingen op de soortenrijkdom en samenstelling van de vegetatie is ondanks de eerder opgemerkte verschuivingen grotendeels gelijk gebleven in 2019 (Tab. 3.5; Tab. 3.6; Fig. 3.6). In de controle behandeling (-P-Ca) was de totale soortenrijkdom in 2014, 2015 en 2019 significant lager dan in de +Ca behandelingen (in 2014 enkel significant in de gecombineerde behandeling +P+Ca; Tab. 3.5). Enkel fosfaattoevoeging verschilde in 2019 niet meer significant ten opzichte van de controle behandelingen (Tab. 3.5; Fig. 3.6A, Fig. 3.6C-F). De soortenrijkdom in de gecombineerde behandeling was in 2019 echter steeds significant hoger dan controle, en tevens hoger dan de enkele +Ca en P) behandelingen (Fig. 3.6A; Tab. 3.6).

Wanneer onderscheid gemaakt wordt tussen de gemiddelde soortenrijkdom van typische soorten van heidevegetaties, te weten droge heide (*Calluno-genistion pilosae*; Fig. 3.6C), droge heischrale graslanden (*Violion caninae*; Fig. 3.6D) en pionierbegroeiingen op stuifzand (*Corynephorion canescentis*; Fig. 3.6E) en niet typische soorten (Andere planten; Fig. 3.6F) blijft het effect van de gecombineerde behandelingen over alle onderzoeksjaren bestaan. Met name de soorten van heischrale graslanden en stuifzanden, maar in mindere mate ook voor soorten typisch voor Droge heide begroeiingen (Tab. 3.5; Tab. 3.6) kennen een hogere soortenrijkdom in de +P+Ca behandelingen. In 2019 was het effect van +P-Ca behandeling voor de genoemde karakteristieke soorten niet meer significant ten opzichte van de controle; voor de -P+Ca behandelingen was nog wel een significant effect voor soorten van heischrale graslanden en stuifzandsoorten. Samenvattend kan gesteld worden dat het effect van de enkele behandelingen op soortenrijkdom van typische soorten ten opzichte van de controle is afgenomen in 2019, maar het effect van de gecombineerde behandeling ten opzichte van controle is nog steeds sterk aanwezig. Beide behandelingen gecombineerd hebben dus een versterkend effect ten opzichte van elkaar.

Ook voor niet typische soorten is nog duidelijk een behandelingseffect aanwezig in 2019 (Tab. 3.5), maar dit effect kon door totale afwezigheid van deze soorten in de controle behandelingen niet op dezelfde wijze getoetst worden (een poisson GLMM met log link kan niet overweg met enkel nullen in een behandeling). In 2019 was, in overeenstemming met de eerder beschreven voor- en achteruitgang van soorten in de behandelblokken (Tab. 3.4) de soortenrijkdom van deze groep over het geheel sterk gedaald tot gemiddeld 4.2, maximaal 6 soorten in de +P+Ca behandeling. Ten slotte kan opgemerkt worden dat in de -P-Ca behandelingen de totale soortenrijkdom noch karakteristieke soortenrijkdom na zeven jaar toe is genomen; deze liet net als de overige behandelingen een afname zien en is in 2019 terug op het niveau van 2014, 1 jaar na inzet van de experimenten.

## 3.3 Ongewervelde fauna

### 3.3.1 Effect begrazing op ongewervelden

De inscharing van rundvee heeft duidelijk invloed op de dichtheid en/of biomassa van de ongewervelden in de proefvlakken uitgeoefend. De totale biomassa was in de begraasde proefvlakken PM1 t/m PM4 over alle bemonsteringsronden beduidend lager dan in het buiten de begrazingseenheid gelegen proefvlak PM5 (Fig. 3.7). Voor de meeste uitgesplitste groepen was dit effect eveneens duidelijk, het meest uitgesproken voor spinnen (Araneae), springstaarten (Collembola), vliesvleugeligen (Hymenoptera) en vlinderrupsen (Lepidoptera). Enkel voor sprinkhanen (Orthoptera) was het patroon omgekeerd: hier waren de aantallen aangetroffen individuen in het niet begraasde proefvlak doorgaans lager dan in de begraasde proefvlakken (Fig. 3.7, vervolg). Binnen de begraasde proefvlakken is daarnaast de dichtheid het laagst in de sterkst begraasde proefvlakken PM3 en PM4. Deze proefvlakken lagen dicht bij het raster en in de looproute naar het aangelegde drinkwaterpunt ten oosten van deze proefvlakken en waren duidelijk sterker begraasd en belopen dan proefvlakken PM1 en PM2 (pers. obs. J. Vogels). Dit effect van begrazing en betreding op de dichtheid van ongewervelden bemoeilijkt het bepalen van behandelingseffecten op de fauna respons. Daarnaast is als gevolg van deze hoge graasdruk de dichtheid, maar ook de gemiddelde biomassa (Tab. 3.7; Fig. 3.8) in de sleepnetten opvallend laag in vergelijking tot andere Nederlandse heidevegetaties die op dezelfde gestandaardiseerde methode zijn bemonsterd.

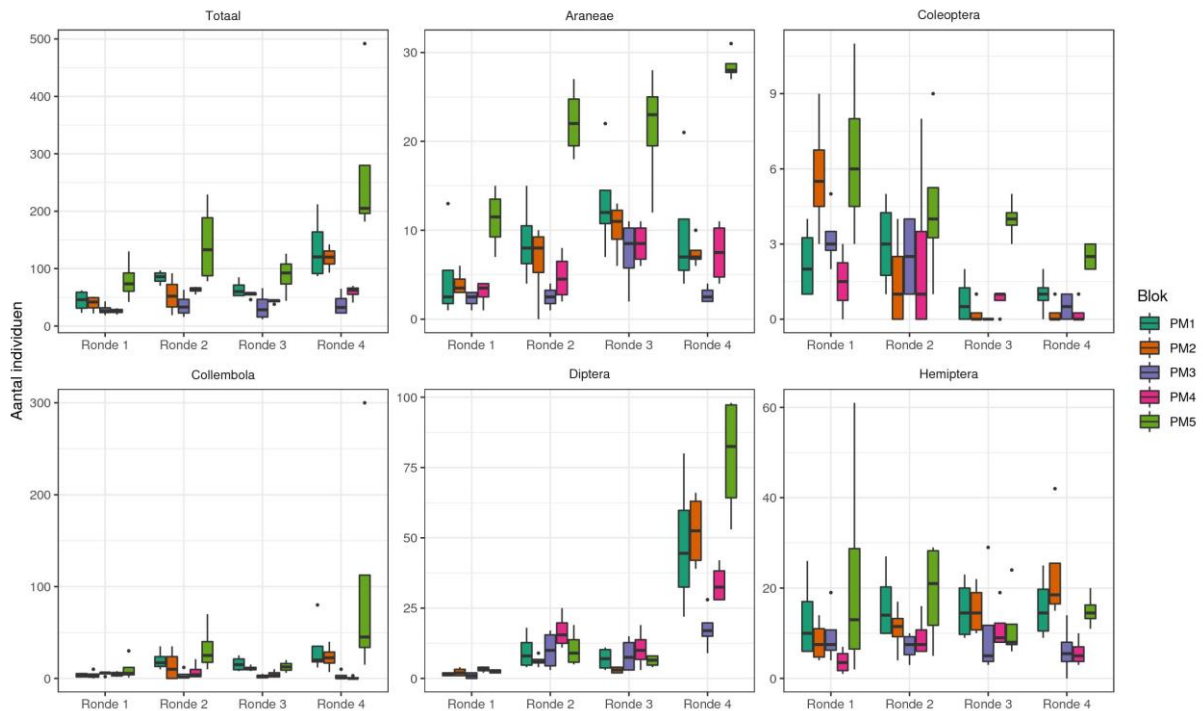


Fig. 3.7 Box-plots van de in de sleepnetbemonstering aangetroffen aantallen ongewervelden (totaal, spinnen, kevers, springstaarten, tweevleugeligen en wantsen/cidaden), uitgesplitst over de verschillende blokken per bemonsteringsronde. Blok PM1 en PM2 liggen centraal in de begrazingseenheid, PM3 en PM4 tegen het begrazingsraster in de looproute naar de drinkplaats en blok PM 5 ligt buiten de begrazingseenheid.

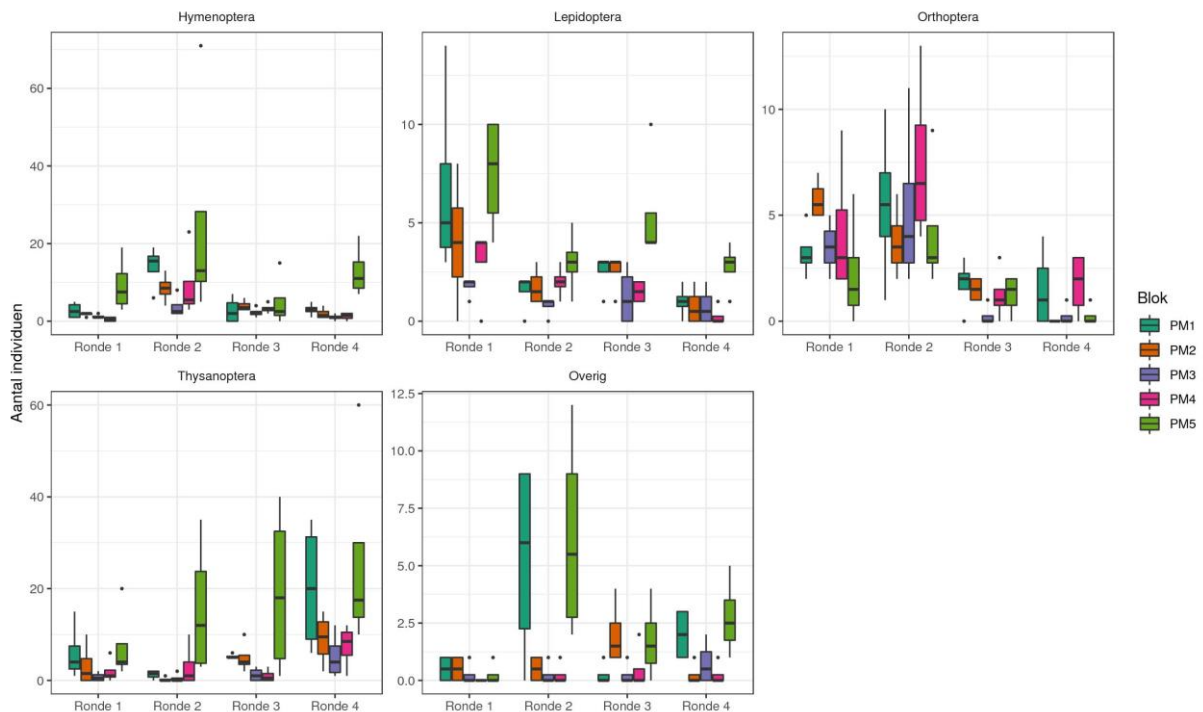


Fig. 3.7 (vervolg) Box-plots van de in de sleepnetbemonstering aangetroffen aantallen ongewervelden (vliesvleugeligen, vlinders, sprinkhanen, tripsen en overig), uitgesplitst over de verschillende blokken per bemonsteringsronde. Blok PM1 en PM2 liggen centraal in de begrazingseenheid, PM3 en PM4 tegen het begrazingsraster in de looproute naar de drinkplaats en blok PM 5 ligt buiten de begrazingseenheid.

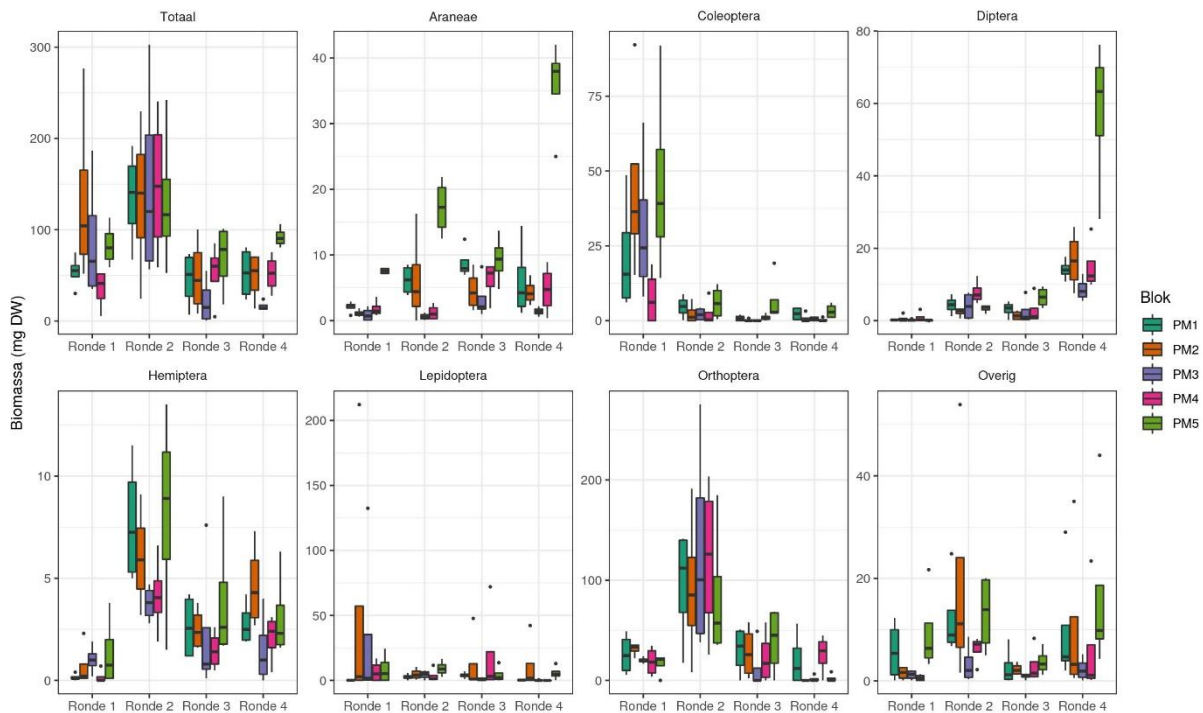


Fig. 3.8 Boxplots van de in de sleepnetbemonstering aangetroffen biomassa van ongewervelden (totaal, spinnen, kevers, tweevleugeligen, wantsen/cicaden, vlinder(rupsen), sprinkhanen, overig), uitgesplitst over de verschillende blokken per bemonsteringsronde. Blok PM1 en PM2 liggen centraal in de begrazingseenheid, PM3 en PM4 tegen het begrazingsraster in de looproute naar de drinkplaats en blok PM 5 ligt buiten de begrazingseenheid.

Zo was in 2018 op de Sallandse heuvelrug de sleepnetbiomassa van ongewervelden in droge heide vegetaties gemiddeld  $131 (\pm 14; SE)$  mg/100 slagen (Vogels, 2019); in dit onderzoek was dit  $80 (\pm 7.2)$  mg/100 slagen. Ook is op te maken dat de totale biomassa in de sleepnetbemonstering hoofdzakelijk wordt bepaald door die van sprinkhanen (tweede ronde), kevers en vlinder(rupsen) (eerste ronde).

### 3.3.2 Effecten van experimentele behandelingen op ongewervelden

Voor de meeste onderzochte groepen was een duidelijk verschil in abundantie tussen de bemonsteringsronden (Fig. 3.9). Ook is uit deze figuur op te maken dat deze verschillen tussen taxonomische groepen. Kevers en vlinder(rupsen) kenden hogere abundanties in de eerste monsterronden, sprinkhanen in de tweede ronde, spinnen vertoonden een toenemend verloop over de monsterronden en tweevleugeligen waren in de laatste monsterronde het meest vertegenwoordigd. Deze verschillen in abundantie tussen de monsterronden zijn in de statistische toetsing van de behandelingen meegenomen door, naast het proefvlak de monsterronde als random effect mee te nemen in de analyse van behandelingseffecten.

Tab. 3.7 Overzicht van gemiddelde ( $\pm 1 SE$ ) abundantie (bovenste tabel) en biomassa (mg DW onderste tabel) van de faunagroepen in de sleepnetmonsters. Significantiewaarden geven aan of een behandeling significant afweek van de controle -P-Ca behandeling. \*\*\*:  $p < 0.001$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ;

\*  $p < 0.05$  ∴  $p < 0.1$  (trend, niet significant); gevolgd door de richting van het effect (+): meer/hoger; (-) minder/lager.

Behandeling	Totaal	Araneae	Coleoptera	Collembola	Diptera	Hemiptera	Hymenoptera	Lepidoptera	Orthoptera	Thysanoptera	Overig
Abundantie											
P-Ca-	76.9 (± 13.7)	9.5 (± 1.7)	2.5 (± 0.6)	12.1 (± 4.2)	16.4 (± 5.3)	13.2 (± 2.3)	8.7 (± 3.5)	2.7 (± 0.5)	2.3 (± 0.6)	9.5 (± 2.6)	0.3 (± 0.1)
P-Ca+	70.4 (± 10.8)	9.7 (± 2.1)	1.7 (± 0.4) (-)	10.7 (± 4)	18.1 (± 5)	12.5 (± 1.8)	5.1 (± 1.5)	2.4 (± 0.5)	3.1 (± 0.6)	<b>4.8 (± 1.2)* (-)</b>	2.5 (± 0.8)
P+Ca-	80 (± 22.5)	9 (± 1.7)	2.1 (± 0.6)	26.2 (± 14.6) (+)	14.5 (± 3.8)	9.7 (± 1.5)	4.6 (± 1.3)	3.2 (± 0.8)	1.9 (± 0.6)	8.1 (± 3.3)	1 (± 0.3)
P+Ca+	74 (± 10.3)	9.3 (± 1.6)	2.6 (± 0.5)	13.6 (± 2.8)	17 (± 5.7)	14.5 (± 2.8)	4.5 (± 1) (-)	2 (± 0.4)	<b>3.8 (± 0.7)** (+)</b>	<b>5.7 (± 2)* (-)</b>	1.2 (± 0.3)
Biomassa											
P-Ca-	82.3 (± 16.2)	6.5 (± 2)	8.9 (± 4.5)		7.5 (± 3.5)	3 (± 0.7)		4.8 (± 2.1)	47.3 (± 14)		7.9 (± 3)
P-Ca+	79.2 (± 12.9)	7 (± 1.9)	7.8 (± 3.4)		7.1 (± 2.9)	3.5 (± 0.7)		13.4 (± 7.2)	38.9 (± 11.7)		5 (± 1.6)
P+Ca-	73.5 (± 18.4)	5.9 (± 1.5)	9.8 (± 4.8)		6.8 (± 1.8)	2.4 (± 0.6)		13.4 (± 10.5)	31.7 (± 13.8)		7.1 (± 2.3)
P+Ca+	83.3 (± 10.3)	6.5 (± 2.2)	10.4 (± 3.8)		9.1 (± 3.8)	3.2 (± 0.6)		5.8 (± 2.6)	45.2 (± 9.5)		6.4 (± 1.8)

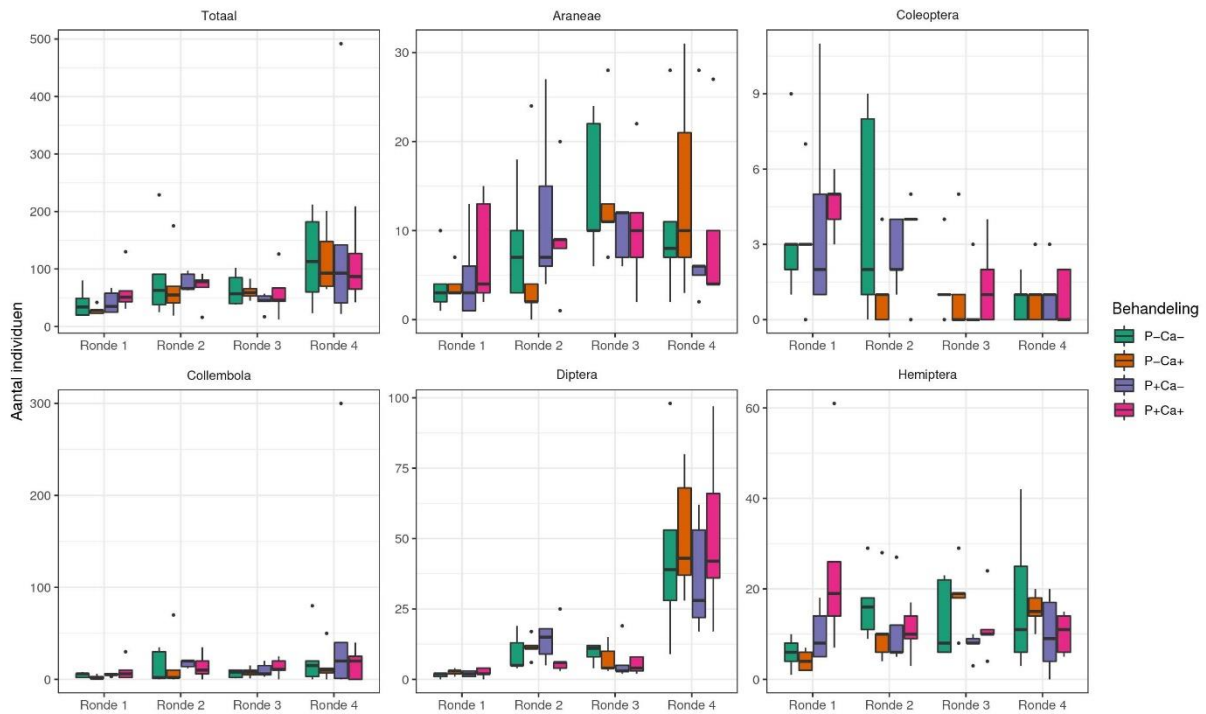


Fig. 3.9 Boxplots van de in de sleepnetten aangetroffen aantallen ongewervelden (totaal, spinnen, kevers, springstaarten, tweevleugeligen en wantsen/cidaren), uitgesplitst over de verschillende behandelingen per bemonsteringsronde.



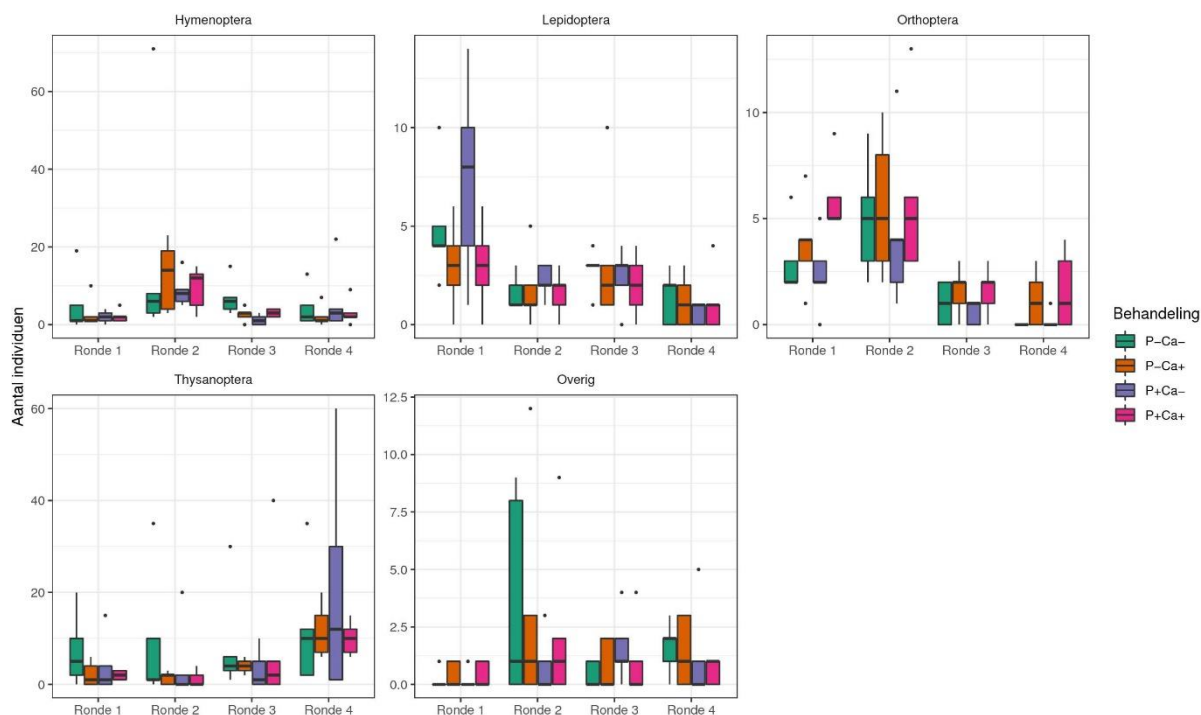


Fig. 3.9 (vervolg) Boxplots van de in de sleepnetten aangetroffen aantallen ongewervelden (vliesvleugeligen, vlinderrupsen, sprinkhanen, tripsen en overige ongewervelden), uitgesplitst over de verschillende behandelingen per bemonsteringsronde.

In het huidige monitoringsjaar werd geen significant effect van de behandelingen gevonden op de totale abundantie of biomassa van ongewervelden in de sleepnetbemonstering (Tab. 3.7; Fig. 3.9; Fig. 3.10). Voor geen van de onderzochte groepen werd een significant effect van de behandelingen op biomassa aangetoond (Tab. 3.7; Fig. 3.10), welke zoals eerder aangegeven voor meer dan 50% van het totaal door sprinkhanen werd bepaald. Weglaten van sprinkhanen in de toetsing gaf eveneens geen significant effect van de losse nog gecombineerde behandelingen ten opzichte van controle.

In abundanties werden wel significante effecten gevonden van de (gecombineerde) behandelingen ten opzichte van controle. De abundantie van sprinkhanen was significant hoger in de P+Ca+ behandeling ten opzichte van de controle (P-Ca-; Tab. 3.7) en die van tripsen was significant lager in de P-Ca+ en P+Ca+ behandeling (Tab. 3.7). Trends van behandelingseffecten ( $p < 0.10$ ) werden voor Kevers (afname in P-Ca+; Tab. 3.7), springstaarten (toename in P+Ca-; Tab. 3.7) en vliesvleugeligen (afname in P+Ca+; Tab. 3.7) gevonden. Voor springstaarten (hier met name bestaand uit vegetatiebewonende soorten uit de orde Symphypleona) is deze trend terug te leiden tot 1 monster met opmerkelijk hoge (300) dichtheden, en voor vliesvleugeligen heeft een extreme uitbijter van een hoog aantal bemonsterde mieren (Formicidae; 61 individuen) hier grote invloed op de statistische uitkomst. Voor de kevers is echter geen duidelijke uitbijter aanwijsbaar, en een nadere analyse op familienivo is hier wellicht op zijn plaats.

Het effect van de gecombineerde (P+Ca+) behandeling op sprinkhanen abundantie blijft in de analyses echter wel goed overeind, en het negatieve effect van bekalking (P-Ca+ en P+Ca-) op tripsen eveneens.

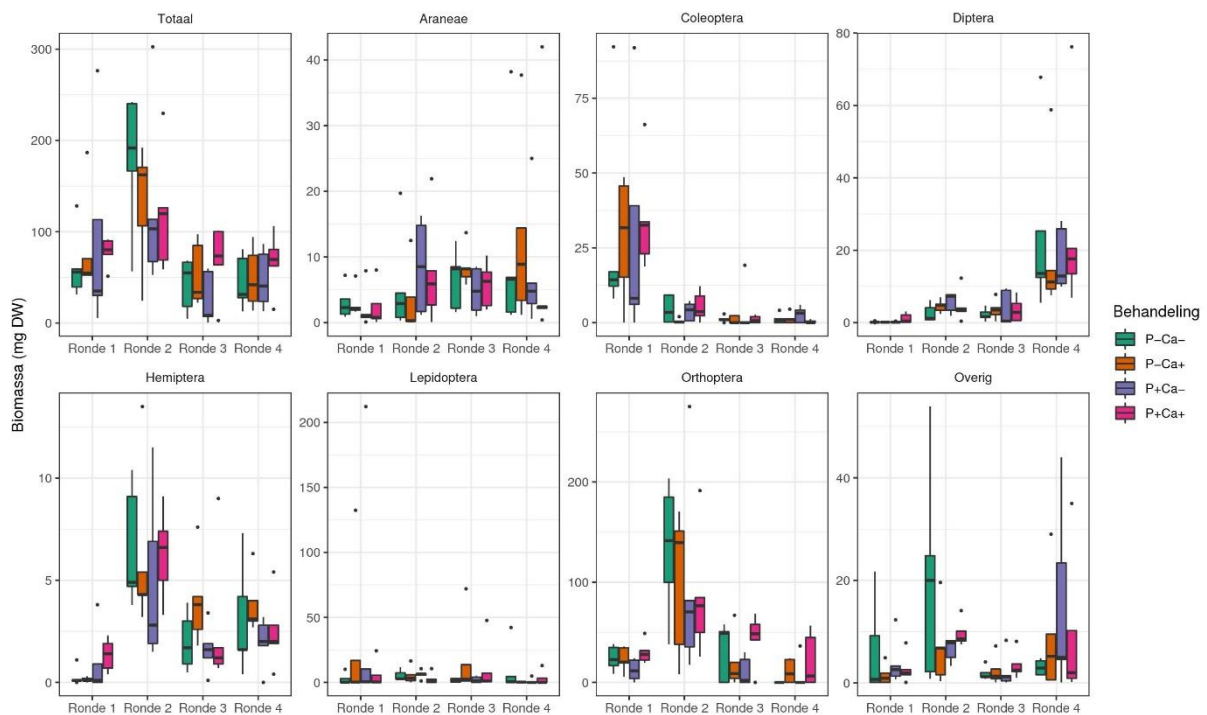


Fig. 3.10 Boxplots van de in de sleepnetbemonstering aangetroffen biomassa van ongewervelden (totaal, spinnen, kevers, tweevleugeligen, wantsen/cicaden, vlinder(rupsen), sprinkhanen, overig), uitgesplitst over de verschillende behandelingen per bemonsteringsronde.

Binnen de sprinkhanen behoren verreweg de meeste individuen (meer dan de helft) tot het Knopsprietje (*Myrmeleotettix maculata*), gevolgd door niet verder tot soort gebrachte veldsprinkhaan nimfen en het Gewoon doorntje (*Tetrix undulata*) (Bijlage X). Deze dominantie van het Knopsprietje in de monsters geeft ook meteen een plausibele verklaring waarom de sprinkhaan abundantie in het niet begraaide proefvlak, in tegenstelling tot de andere groepen, juist lager was dan in de begraaide proefvlakken, aangezien dit een uitgesproken soort is van open en spaarzaam begroeide bodem, welke door de hoge graasdruk van rundvee in deze proefvlakken juist is toegenomen.

## 4 Conclusies en discussie

### 4.1 Bodem chemie

Ook na zeven jaar waren de effecten van de behandelingen nog duidelijk meetbaar in de proefvlakken. De bodembuffering gemeten als  $\text{pH}_{\text{NaCl}}$ , basenverzadiging en de beschikbare- en uitwisselbare Ca- en Mg-concentratie was aanzienlijk hoger in de met kalk behandelde proefvlakken en ook de fosforbeschikbaarheid was hoger in de met fosfor behandelde proefvlakken ten opzichte van de controle in dat jaar, maar juist gelijk gebleven ten opzichte van de nulsituatie. In de controle behandeling was een duidelijke significante afname van plantbeschikbaar fosfor in de eerste twee jaar, die ongeveer gelijk bleef in 2019. Opvallend was dat de interactie tussen bekalken en fosforbeschikbaarheid nog steeds meetbaar was. Zeven jaar na het toedienen van het kalk werden in deze proefvlakken significant lagere Olsen-P concentraties gemeten vergeleken met de onbehandelde controle in dat jaar. Dit effect wordt vaker gevonden bij bekalking van zure bodems (Siepel et al., 2019) en is waarschijnlijk het gevolg van het neerslaan van  $\text{PO}_4^{3-}$  samen met  $\text{Al}^{3+}$ , in amorf  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$  en binding aan Ca in de vorm van hydroxyapatiet ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) als gevolg van het door bekalking versneld verhogen van de pH (Haynes, 1982). Daarnaast blijken de proefvlakken waar zowel P als Kalk zijn opgebracht zuurder (lagere  $\text{pH}_{\text{NaCl}}$  en hogere beschikbare aluminiumconcentratie) dan de proefvlakken waar alleen kalk werd opgebracht. De meest plausibele verklaring hiervoor is een hogere groeisnelheid van de vegetatie en bijgevolg hogere zuurproductie door plantenwortels. Verder werden in de proefvlakken waar geen kalk was opgebracht zeer lage beschikbare calciumconcentraties gemeten en zeer hoge beschikbare aluminiumconcentraties, resulterend in zeer hoge aluminium/calcium ratio's (>10); omstandigheden waarin enkel een zeer soortenarme droge heide zal ontwikkelen (De Graaf et al., 2009).

### 4.2 Vegetatieontwikkeling

Zeven jaar na inzetten van de experimenten is de kiemings- en vestigingsfase van de vegetatie duidelijk tot haar einde gekomen. De in 2014 en 2015 relatief hoge soortenaantal van atypische ruderaal- en pioniersoorten is in 2019 sterk verminderd, terwijl veel typische soorten van droge heide, droge heischrale graslanden en stuifzand(heide) nog frequent in de proefvlakken aanwezig waren. Toch heeft ook bij deze groep een afname in soortenrijkdom opgetreden, waardoor in alle behandelingen en voor alle onderscheiden typische vaatplanten de soortenrijkdom ten opzichte van 2015 is afgenomen. Een deel van die afname is het gevolg van voortschrijdende successie; uitgesproken soorten van jonge pionierstadia van heide zoals Klein warkruid verdwijnen bij het ouder worden van de waardplanten, soorten die profiteren van open kale bodem worden steeds meer verdrongen door de dominante soorten (Struikhei, Dophei, Pijpenstrootje). In dit monitoringsjaar is de invloed van de droogteperiode in het voorgaande jaar waarschijnlijk een belangrijke tweede factor die er toe heeft bijgedragen dat veel plantensoorten uit de proefvlakken verdwenen zijn. Tenslotte heeft de hoge graasdruk in 4 van de 5 proefvlakken waarschijnlijk bijgedragen aan de soortenafname in de proefvlakken.

Los van deze algemene afname van soorten in de proefvlakken bleven de in eerdere jaren vastgestelde effecten van de behandelingen op de soortenrijkdom (Vogels et al., in press, Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2017a) grotendeels aanwezig. In zowel P+Ca-; P-Ca+ als P+Ca+ was de soortenrijkdom van karakteristieke soorten significant hoger dan in controle, met de hoogste soortenrijkdom in de gecombineerde behandeling (P+Ca+). Ten opzichte van voorgaande opnamejaren nam de soortenrijkdom van de enkele behandelingen (P+Ca- en P-Ca+) wat sterker af ten opzichte van de gecombineerde behandeling (P+Ca+). Deze resultaten bevestigen daarmee de in de eerdergenoemde publicaties getrokken conclusie dat lage zuurstatus én versterkte fosfortekorten door stikstofdepositie (verzurend effect wat ten dele ook fosfortekorten kan versterken) en plagbeheer (versterking van fosfortekorten) een herstel naar soortenrijke heide in de weg staan.

### 4.3 Ongewervelden respons

De inscharing van runderbegrazing had tot gevolg dat er gekozen moest worden voor een andere bemonsteringswijze dan vooraf gepland was. Daarnaast had dit ook een behoorlijk groot effect op de abundantie van ongewervelden. Deze nam af tot ongeveer de helft van die zoals bepaald in het niet begraasde proefvlak, en was over het geheel ook beduidend lager dan doorgaans in droge heidevegetatie gemeten wordt (Vogels, 2019). Door het als gevolg van hoge graasdruk opener blijven van de vegetatie namen veldsprinkhanen een relatief groot aandeel in de totale biomassa van de sleepnet monsters in. Vlinderrupsen waren juist in relatief lage dichtheden en bijgevolg lage biomassa in deze proefvlakken aanwezig. Dit heeft ongetwijfeld ook invloed gehad op de uitkomst van de metingen, welke dus losstaat van de experimentele behandelingen.

Desalniettemin waren er significante effecten van de behandelingen op de abundantie (maar niet biomassa) van groepen ongewervelden. Voor kevers was een significante trend waarneembaar die niet eenvoudig herleidbaar was tot een enkele uitbijter in de bemonsteringen. Nader onderzoek naar deze groep is voor een vervolgonderzoek aan te bevelen. Significant toe- of afnemende groepen waren weten sprinkhanen (Orthoptera) en tripsen (Thysanoptera). De meest voor de hand liggende verklaring voor de hogere abundantie van sprinkhanen in de P+Ca+ behandelingen is de hogere soortenrijkdom van de vegetatie, met name een hoger aandeel van fijnbladige grassen en/of kruidachtigen ten opzichte van de controle. Deze soorten worden bij sprinkhanen als voedselplant geprefereerd boven de soorten die in de controle overblijven (hoofdzakelijk Struikhei, Dophei, Pijpenstrootje, Pilzegge en Grove den). Voedselkwaliteit is als sturend mechanisme voor deze groep waarschijnlijk voornamelijk bepaald door de aanwezigheid van plantensoorten met een hogere voedingswaarde in plaats van een verandering in voedselkwaliteit binnen de aanwezige soorten. Fijnbladige grassen, met name Bochtige smele, en incidenteel Gewoon struisgras, Gewone veldbies, Veelbloemige veldbies en Vroege haver waren afwezig in de controles en kwamen het meest voor in de gecombineerde behandeling. Deze conclusie wordt ondersteund door het hoge aandeel van het Knosprietje in de monsters, een uitgesproken geofiele soort die leeft van deze soorten (Kleukers et al., 1997).

De significante afname van tripsen in de Ca behandeling is wellicht arbitrair gezien de geringe grootte en relatief lage abundantie in de proefvlakken. Als voedselsoort voor grotere insectivoren zoals vogels speelt ze waarschijnlijk nauwelijks een rol. Toch is de reactie van deze groep significant en consistent negatief in de bekalkte behandelingen en zou het vreemd zijn om hier in het geheel geen aandacht aan te besteden. De precieze oorzaak voor de lagere abundantie van deze groep als gevolg van de bekalkingsbehandeling is op basis van de onderzoeksopzet niet zomaar aan te wijzen. Een mogelijke verklaring zou kunnen liggen in een toename van Ca in de het blad van de voedselplanten. Van Ca is bekend dat deze voor veel planten gebruikt wordt worden als mechanische afweer tegen vraat in de vorm van Ca-oxalaat kristallen (Korth et al., 2006, Park et al., 2009). Een andere mogelijke verklaring is een verminderde voedselkwaliteit door een veranderde voedselsamenstelling als gevolg van een sterk verhoogde concentratie van Ca en Mg aan het uitwisselingscomplex en daarmee samenhangende afname van opname van tweewaardige metaalionen, zoals eerder geponeerd in Vogels et al. (2016). Een derde verklaring is een afname van P in de plant door toegenomen immobilisatie van P door de bekalking. Dit verklaart echter niet dat er geen verschil tussen de P-Ca+ behandeling en P+Ca+ behandeling gevonden is. Metingen aan plantchemische samenstelling zou meer inzicht kunnen bieden in de causale verbanden tussen behandelingen, plantkwaliteit en gevonden effecten op herbivoren.

## 4.4 Samenvatting en aanbevelingen

### Samengevat kan gesteld worden dat:

- De behandelingen na zeven jaar nog steeds meetbaar zijn in bodemchemie;
- De basenverzadiging zeer laag was in de niet bekalkte behandelingen, en de Al concentraties bijgevolg zeer hoog waren;
- Er bij de gecombineerde behandelingen een trend richting herverzuring van de bodem zichtbaar was;
- De fosfaatbeschikbaarheid in de controle een significante afname liet zien;
- Er een negatief effect van losstaande bekalking op fosfaatbeschikbaarheid heeft opgetreden. Bij de gecombineerde behandeling hebben beide behandelingen elkaar min of meer in balans gehouden, maar bij de enkele bekalkingsbehandeling heeft dit geleid tot een sterkere afname van fosfaatbeschikbaarheid dan in de controle.
- De effecten van de behandelingen op de vegetatie na zeven jaar nog steeds aanwezig zijn met een hoogste (karakteristieke) soortenrijkdom in de gecombineerde P+Ca+ behandeling
- De effecten op fauna moeilijk meetbaar waren door recente inscharing met rundvee
- Significante effecten op sprinkhanen (toename in P+Ca+) herleidbaar zijn aan een beter voedselaanbod (meer voedselsoorten) en op tripsen (afname in P-Ca+ en P+Ca+) waarschijnlijk aan veranderde plantkwaliteit door bekalking.

### 4.4.1 Beheeraanbevelingen

De resultaten van deze (beperkte) monitoringsinspanning geven geen aanleiding om grote wijzigingen in de beheeraanbevelingen voor te stellen ten opzichte van de beheeraanbevelingen die zijn gedaan op basis van het voorgaande onderzoek (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2017a). Plagbeheer in vergraste droge heide zonder vervolfbeheer (bufferherstel, aanvullen van P-tekorten) heeft slechts een beperkte succesratio, met een handvol terugkerende karakteristieke soorten. De zeer lage basenverzadiging zoals in dit monitoringsjaar gemeten in de niet bekalkte proefvlakken geeft aan dat bodemverzuring een belangrijk knelpunt is dat niet met plagbeheer wordt opgelost. De trends met betrekking tot P beschikbaarheid in de niet met P behandelde bodems geven ook aan dat door pluggen er een versterking van P limitatie wordt gerealiseerd, wat niet bevordelijk is voor de voedselkwaliteit van de vegetatie (Vogels et al., 2017c). De resultaten uit deze en eerdere onderzoeksrapporten dienen vooral gezien te worden als een onderzoek naar de oorzaken van dit beperkte herstel, en niet als een onderzoek naar een nieuwe experimentele maatregel. Wij bevelen dus niet aan om grootschalig plagbeheer voort te zetten met P additie en bekalken als verplicht vervolfbeheer, maar om beheervormen te kiezen die de organische laag (grotendeels) intact laat gecombineerd met maatregelen gericht op bufferherstel. Te denken valt aan (druk)begrazing (Vogels et al., 2017b), herhaaldelijk maaien of chopperen (Wallis de Vries et al., 2018). Gezien de nadelen die kleven aan het gebruik van snelwerkend dolokal (zie deze en eerdere genoemde rapportages) wordt aanbevolen om bij grootschalige inzet van verzuringsbestrijding te kiezen voor een minder snel werkend verzuringsbestrijdend product. Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheid van steenmeel (silicaatmineraal) als grootschalige herstelmaatregel indiceert dat dit een hoge potentie heeft als vervanging van dolokal (Weijters et al., 2018b); maar tegelijkertijd moet ook worden opgemerkt dat de ervaringen en kennis over de werking tot nu toe alleen voor de korte (1-3 jaar) bekend is en dus niet zomaar gesteld kan worden dat het geen negatieve effecten heeft op het systeemfunctioneren. Toediening van steenmeel dient op dit moment dus nog steeds met voorzichtigheid te worden toegepast, liefst op relatief kleine schaal en voorzien van adequate monitoring van de effecten (zie voor een overzicht en aanbevelingen van Diggelen et al., 2019). Voor alle eerder uitgevoerde plagmaatregelen in droge heide die géén bufferherstel noch P-additie als vervolfbeheer hebben gehad is het waarschijnlijk wel aan te bevelen om hier in de toekomst vervolg beheer op toe te passen, om op die manier een hogere biodiversiteit te verkrijgen. Ook deze maatregel is voorsnog niet voor lange tijd gevolgd, en ook hier geldt dat men nog enige jaren geduld moet opbrengen. Lopend onderzoek naar de bruikbaarheid van een eenmalige P-gift gecombineerd met een K-rijk steenmeel

(eifelgold) op geplagde droge heide (Weijters et al., 2018a) moet uitsluitend bieden of dit een bruikbare herstelmaatregel is voor eerder uitgevoerd plagbeheer.

#### **4.4.2 Aandachtspunten voor een uitgebreider 2<sup>e</sup> fase onderzoek**

Een basisvereiste voor vervolgonderzoek is dat er voor de toekomst een oplossing gevonden moet worden voor het effect dat de hoge graasdruk van runderen op het moment uitoefent op de proefvlakken. Gedacht kan worden aan het vrijmaken van budget om de proefvlakken uit te rasteren voor begrazing, of om de beheerder van het park aan te bevelen om de graasdruk binnen de ingestelde begrazingseenheid fors te verminderen. Een vervolg dient dan met name aandacht te richten op het meten van plantkwaliteit en op het nader bepalen van de effecten van de behandelingen op de fitness van ongewervelden. Gezien de huidige graasdruk, maar ook om het effect van 'ruis' van buitenaf (import en export van mobiele soorten naar en van buiten de omgeving van de proefvlakken), droogte events, etc. is het waarschijnlijk het beste om onderzoek naar ongewervelden in te steken als voedselproeven (zoals ook in het eerdere onderzoek uitgevoerd; Vogels et al., 2016), waarbij de veldexperimenten als voedselbron dienen voor een in het lab te onderzoeken modelsoort of groep van contrasterende modelsoorten. Te denken valt aan voedselproeven met rupsen, (snuit)kevers of sprinkhanen.



## 5 Literatuur

- Bates, D., M. Maechler, B. Bolker & S. Walker. 2017. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-14.
- De Graaf, M. C. C., R. Bobbink, N. A. C. Smits, R. Van Diggelen & J. G. M. Roelofs 2009. Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. *Biological conservation* **142**:2191-2201.
- Haynes, R. 1982. Effects of liming on phosphate availability in acid soils. *Plant and Soil* **68**:289-308.
- Hothorn, T., F. Bretz & P. Westfall 2008. Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal* **50**:346-363.
- Kleukers, R. M. J. C., E. J. van Nieukerken, B. Od., L. P. M. Willemse, W. K. R. E. van Wingerden, E. J. van Nieukerken & A. Littel 1997. De sprinkhanen en krekels van Nederland (Orthoptera). KNNV, EIS, Utrecht, Leiden.
- Korth, K. L., S. J. Doege, S. H. Park, F. L. Goggin, Q. Wang, S. K. Gomez, G. Liu, L. Jia & P. A. Nakata 2006. *Medicago truncatula* mutants demonstrate the role of plant calcium oxalate crystals as an effective defense against chewing insects. *Plant Physiology* **141**:188-195.
- Park, S. H., S. J. Doege, P. A. Nakata & K. L. Korth 2009. *Medicago truncatula*-derived calcium oxalate crystals have a negative impact on chewing insect performance via their physical properties. *Entomologia experimentalis et applicata* **131**:208-215.
- Siepel, H., R. Bobbink, B. P. van de Riet, A. B. van den Burg & E. Jongejans 2019. Long-term effects of liming on soil physico-chemical properties and micro-arthropod communities in Scotch pine forest. *Biology and Fertility of Soils* **55**:675-683.
- Siepel, H., J. Vogels, R. Bobbink, R.-J. Bijlsma, E. Jongejans, R. de Waal & M. Weijters 2018. Continuous and cumulative acidification and N deposition induce P limitation of the micro-arthropod soil fauna of mineral-poor dry heathlands. *Soil Biology and Biochemistry* **119**:128-134.
- van Diggelen, R., H. Bergsma, R. J. Bijlsma, R. Bobbink, A. van den Burg, J. Sevink, H. Siebel, H. Siepel, J. Vogels, W. De Vries & M. Weijters 2019. Steenmeel en natuurherstel: een gelukkige relatie of risicovolle combinatie? *Vakblad natuur bos landschap* **155**:20-23.
- Vogels, J. J. 2019. Voedsel van Korhoen kuikens opnieuw onder het vergrootglas - Effecten van anti-verzuringmaatregelen op voedsel van korhoenkuikens op Sallandse Heuvelrug Stichting Bargerveen iov Staatsbosbeheer, Nijmegen, 69 pag.
- Vogels, J. J., R. J. Bijlsma, R. Bobbink & E. Verbaarschot 2017a. Monitoring OBN onderzoek "fosfaatvoeging heide". VBNE, Driebergen, 31 pag.
- Vogels, J. J., R. Loeb, E. Brouwer, R. Felix & M. Scherpenisse 2017b. Optimaliseren van herstelmaatregelen voor habitattypen van droge heide - De stikstofverwijderingspotentie van de gecombineerde maatregel branden en drukkbegrazen. Stichting Bargerveen, Nijmegen, 81 pag.
- Vogels, J. J., W. C. E. P. Verberk, L. P. M. Lamers & H. Siepel 2017c. Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands? *Biological conservation* **212, Part B**:432-447.
- Vogels, J. J., M. Weijters, R. J. Bijlsma, R. W. de Waal, R. Bobbink & H. Siepel 2016. Fosfaatvoeging Heide. VBNE, Driebergen, 127 pag.
- Vogels, J. J., M. Weijters, R. Bobbink, R. J. Bijlsma, L. Lamers, W. C. E. P. Verberk & H. Siepel in press. Barriers to restoration: soil acidity and phosphorus limitation constrain recovery of heathland plant communities after sod cutting. *Applied Vegetation Science*.
- Vogels, J. J., M. J. Weijters, R. Bobbink, R.-J. Bijlsma, L. P. M. Lamers, W. C. E. P. Verberk & H. Siepel Barriers to restoration: Soil acidity and phosphorus limitation constrain recovery of heathland plant communities after sod cutting. *Applied Vegetation Science* **n/a**.
- Wallis de Vries, M., R. Bobbink, E. Brouwer, R. Loeb & J. Vogels 2019. Middellange termijn effecten van chopperen en drukkbegrazing als alternatieven voor plaggen op natte heide. *De Levende Natuur* **120**:172-178.

- Wallis de Vries, M., K. Huskens, J. J. Vogels, R. Versluijs, R. Loeb, E. Brouwer & R. Bobbink 2018. Alternatieven voor plaggen van natte heide - Effecten op middellange termijn. VBNE, Driebergen, pag.
- Weijters, M., R. Bobbink, H. Bergsma & J. Vogels 2018a. Ontwikkeling herstelmaatregelen voor faunistisch verarmde, in het verleden geplagde droge heide in de Provincie Noord-Brabant - Voortgangsrapportage april 2018. Onderzoekscentrum B-Ware, Stichting Bargerveen & BodemBergsma, Nijmegen, 9 pag.
- Weijters, M., R. Bobbink, E. Bohnen-Verbaarschot, B. Van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel 2018b. Herstel van heide door middel van slow release mineralengift. Resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek., VBNE, Driebergen, 216 pag.

## 6 Bijlagen

Tab. 6.1 Dataset bodemchemie bepalingen van 2019

Code	Datum	t=	Diepte	Behandeling	OS (%)	MV umol/kg bodem	NaCl-extract				
							Olsen-P umol/kg bodem	pH NaCl	NO3Z umol/kg bodem	NH4Z	AIZ
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	8,0	1,0	405	3,5	89,8	58,4	2964
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	6,8	1,1	490	3,4	29,1	33,4	2655
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	7,1	1,1	402	3,3	8,2	29,3	2728
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	8,6	1,0	410	3,3	7,5	35,4	3360
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	6,3	1,1	413	3,5	10,0	29,2	2528
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	9,4	1,0	275	4,0	29,6	60,2	375
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	7,6	1,1	305	3,9	11,4	31,7	293
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	4,4	1,3	239	3,9	22,2	59,4	182
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	8,3	1,0	376	3,7	8,0	31,0	1155
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	7,2	1,0	349	3,9	16,8	30,0	538
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	P	7,5	1,0	693	3,3	65,4	33,8	2923
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	P	6,9	1,1	692	3,3	9,6	32,1	2946
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	P	7,4	1,0	482	3,4	85,3	53,2	2783
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	P	6,8	1,1	817	3,6	33,6	31,5	2572
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	P	7,2	1,1	308	3,6	4,1	20,8	2599
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	8,2	1,0	666	3,4	17,0	26,9	1695
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	7,4	1,1	609	3,7	6,7	25,4	700
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	7,0	1,1	620	3,9	32,0	26,3	293
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	7,0	1,0	321	3,7	28,4	36,1	1735
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	7,2	1,1	492	3,6	25,7	27,5	1318

Code	Datum	t=	Diepte	Behandeling	NaCl-extract				Strontiumextract		
					CaZ umol/kg bodem	KZ	MgZ	MnZ	BVs (%)	CECs meq/kg bodem	Als umol/kg bodem
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	190	395	147	1,93	4,9	51,7	13253
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	304	351	153	1,97	3,9	44,8	11389
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	401	325	180	2,49	4,4	49,4	11992
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	68	323	93	1,63	2,8	53,7	12568
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	107	287	123	2,24	4,3	38,9	10370
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	3611	294	3855	2,54	45,8	48,9	7238
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	3805	294	4893	1,49	26,1	54,6	11210
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	2442	279	3539	1,86	28,6	49,2	7826
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	2739	315	3490	1,87	24,4	50,4	10117
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	3178	294	4068	2,02	37,2	48,3	8186
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	P	95	326	92	1,6	3,7	49,9	12052
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	P	359	384	236	1,37	5,2	54,2	12415
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	P	348	555	140	3,04	5,7	48,9	12005
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	P	101	278	84	2,11	5,1	42,1	11187
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	P	329	314	247	0,9	9,1	40,8	10535
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	1563	362	1979	2,04	23,9	51,3	9310
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	3435	391	3886	3,57	55,0	55,5	5857
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	3780	325	5478	1,6	35,9	61,5	10802
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	891	258	1393	1,7	25,3	47,2	9923
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	1414	300	2500	2,15	30,8	49,5	9102

Code	Datum	t=	Diepte	Behandeling	Mg		
					Cas umol/kg bodem	Ks 10l/kg bodem	Mgs umol/kg bodem
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	667	207	508
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	450	0	427
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	625	17	457
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	359	0	406
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	Controle	373	0	457
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	5634	173	5483
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	3237	0	3885
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	2230	138	4741
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	2995	0	3148
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	Ca	4078	0	4907
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	P	500	15	423
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	P	813	43	565
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	P	673	455	481
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	P	667	0	417
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	P	1208	133	590
PM1	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	3204	213	2806
PM2	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	8008	28	7247
PM3	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	5318	0	5712
PM4	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	3225	43	2716
PM5	14-8-2019	t=7	0-10	P+Ca	4066	0	3546

Tab. 6.2 Overzichtstabel vegetatieopnamen 2019

Blok	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
Behandeling	-P-Ca	-P-Ca	-P-Ca	-P-Ca	-P-Ca	-P+Ca	-P+Ca	-P+Ca	-P+Ca	-P+Ca	+P-Ca	+P-Ca	+P-Ca	+P-Ca	+P-Ca	+P+Ca	+P+Ca	+P+Ca	+P+Ca	+P+Ca
Bedekking vaatplanten	55	40	30	55	60	35	25	25	40	75	40	30	25	45	70	50	30	25	40	60
Aantal soorten	5	6	5	6	8	13	13	14	14	9	6	7	11	9	10	21	24	22	27	23
<i>Agrostis capillaris</i>																		u		
<i>Aira praecox</i>																				r
<i>Betula pendula</i>				u	u	r			r				r		r	r	r		u	u
<i>Calamagrostis epigejos</i>																r				
<i>Calluna vulgaris</i>	30	15	15	30	30	15	15	15	15	50	30	15	15	30	50	30	15	15	15	30
<i>Carex arenaria</i>					r															r
<i>Carex pilulifera</i>	u	u	c	u	r	u	u	c	c	u	u	r	u	u	u	u	c	u	c	a
<i>Cerastium fontanum</i>					r	u		c	u							u	r	c	c	c
<i>Cerastium glutinosum</i>																	r	u	c	
<i>Cirsium vulgare</i>																		r		
<i>Conyza canadensis</i>								r								r		r	c	
<i>Corynephorus canescens</i>				r													r	r		
<i>Crepis capillaris</i>								r	u							r	r	r		
<i>Deschampsia flexuosa</i>								r	r	r				u	r	u	r	u	r	a
<i>Epilobium tetragonum</i>																r			r	
<i>Erica tetralix</i>	10	10	a	10	15	10	a	u	10	15	a	u	a	a	10	a	u	c	10	15
<i>Erigeron annuus</i>						r										c	r	c	c	u
<i>Filago minima</i>						u	c									u	c	c	u	c
<i>Filago vulgaris</i>																		r		
<i>Galium saxatile</i>									r					r			r		u	
<i>Genista anglica</i>						r	r		r	r		r	r	r	r	u	r	r	u	u
<i>Genista pilosa</i>		r				u	r		u	u	r	r	r	u	u	c	c	c	c	r
<i>Gnaphalium luteo-album</i>																	r		r	
<i>Gnaphalium sylvaticum</i>									r							r	r		r	
<i>Hieracium pilosella</i>									r							r	r	c	r	
<i>Holcus lanatus</i>																	r		r	
<i>Hypochaeris radicata</i>						r	c	u	u							u	u	u	c	c
<i>Jacobaea vulgaris</i>						r	r	r								r	r	r	u	r
<i>Juncus squarrosus</i>						r								r						
<i>Lactuca serriola</i>																		r	r	
<i>Luzula campestris</i>																				c
<i>Luzula multiflora</i>							r													
<i>Molinia caerulea</i>	15	15	15	15	15	10	10	10	15	10	10	15	10	15	10	10	15	10	15	15
<i>Pinus sylvestris</i>	r	r	r		a	r				a	r	r	r		a	r	r		r	a
<i>Rumex acetosella</i>						c	u	c	r				u	r		c	c	c	c	c
<i>Sagina micropetala</i>																		u	r	u
<i>Sagina procumbens</i>																			u	
<i>Salix aurita/caprea/cinerea</i>						r		r							r					
<i>Senecio sylvaticus</i>																	r			r
<i>Taraxacum officinale</i>																			r	
<i>Trifolium arvense</i>								r												r
<i>Veronica officinalis</i>																r				r

Tab. 6.3 frequentie voorkomen vaatplanten als totaal in alle blokken (totaal=2) en per behandeling (aantal vondsten gedeeld door aantal blokken).

Soort	Totaal	-P-Ca	-P+Ca	+P-Ca	+P+Ca
<i>Agrostis capillaris</i>	1	0	0	0	0.2
<i>Aira praecox</i>	1	0	0	0	0.2
<i>Betula pendula</i>	10	0.4	0.4	0.4	0.8
<i>Calamagrostis epigeios</i>	1	0	0	0	0.2
<i>Calluna vulgaris</i>	20	1	1	1	1
<i>Carex arenaria</i>	2	0.2	0	0	0.2
<i>Carex pilulifera</i>	20	1	1	1	1
<i>Cerastium fontanum</i>	9	0.2	0.6	0	1
<i>Cerastium glutinosum</i>	3	0	0	0	0.6
<i>Cirsium vulgare</i>	1	0	0	0	0.2
<i>Coniza canadensis</i>	4	0	0.2	0	0.6
<i>Corynephorus canescens</i>	3	0.2	0	0	0.4
<i>Crepis capillaris</i>	5	0	0.4	0	0.6
<i>Deschampsia flexuosa</i>	11	0	0.6	0.6	1
<i>Epilobium tetragonum</i>	2	0	0	0	0.4
<i>Erica tetralix</i>	20	1	1	1	1
<i>Erigeron annuus</i>	6	0	0.2	0	1
<i>Filago minima</i>	7	0	0.4	0	1
<i>Filago vulgaris</i>	1	0	0	0	0.2
<i>Gallium saxatile</i>	4	0	0.2	0.2	0.4
<i>Genista anglica</i>	13	0	0.8	0.8	1
<i>Genista pilcosa</i>	14	0.2	0.8	1	0.8
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	2	0	0	0	0.4
<i>Gnaphalium sylvaticum</i>	4	0	0.2	0	0.6
<i>Hieracium pilosella</i>	5	0	0.2	0	0.8
<i>Holcus lanatus</i>	2	0	0	0	0.4
<i>Hypochaeris radicata</i>	9	0	0.8	0	1
<i>Jacquba vulgaris</i>	8	0	0.6	0	1
<i>Juncus squarrosus</i>	2	0	0.2	0.2	0
<i>Lactuca serriola</i>	2	0	0	0	0.4
<i>Luzula campestris</i>	1	0	0	0	0.2
<i>Luzula multiflora</i>	1	0	0.2	0	0
<i>Molinia caerulea</i>	20	1	1	1	1
<i>Pinus sylvestris</i>	14	0.8	0.4	0.8	0.8
<i>Rumex acetosella</i>	11	0	0.8	0.4	1
<i>Sagina micropetala</i>	3	0	0	0	0.6
<i>Sagina procumbens</i>	1	0	0	0	0.2
<i>Salix aurifolia</i>	3	0	0.4	0.2	0
<i>Senecio sylvaticus</i>	2	0	0	0	0.4
<i>Taraxacum officinale</i>	1	0	0	0	0.2
<i>Trifolium arvense</i>	2	0	0.2	0	0.2
<i>Veronica officinalis</i>	2	0	0	0	0.4
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0				
<i>Agrostis vinealis</i>	0				
<i>Carex ovalis</i>	0				
<i>Carex panicea</i>	0				
<i>Chamerion angustifolium</i>	0				
<i>Cirsium arvense</i>	0				
<i>Crataegus monogyna</i>	0				
<i>Cuscuta epithymum</i>	0				
<i>Danthonia decumbens</i>	0				
<i>Epilobium parviflorum</i>	0				
<i>Epilobium sp. (2014)</i>	0				
<i>Juncus effusus</i>	0				
<i>Juncus tenuis</i>	0				
<i>Lectocodon saxatilis</i>	0				
<i>Poa annua</i>	0				
<i>Populus tremula</i>	0				
<i>Potentilla erecta</i>	0				
<i>Prunus serotina</i>	0				
<i>Rubus plicatus</i>	0				
<i>Rumex acetosa</i>	0				
<i>Salix viminalis</i>	0				
<i>Senecio inaequidens</i>	0				
<i>Solidago gigantea</i>	0				
<i>Solidago virgaurea</i>	0				
<i>Sonchus asper</i>	0				
<i>Sorbus aucuparia</i>	0				
<i>Spergularia rubra</i>	0				
<i>Veronica arvensis</i>	0				

Tab. 6.4. Overzichtstabel aantallen ongewervelden in sleepnetmonsters (ronde 1 en 2)

Blok	Treat	Ronde	Totaal	Araneae	Coleoptera	Collembola	Diptera	Hemiptera	Hymenoptera	Lepidoptera	Orthoptera	Thysanoptera	Overig	Psocoptera	Dictyoptera	Ixodida	Neuroptera	Onbekend	Opliones
PM1	P-Ca-	1	34	2	1	6	2	6	6	5	4	3	5						
PM1	P-Ca+	1	23	3	3	1	1	6	1	3	3	3	1						
PM1	P-Ca-	1	58	1	1	5	1	14	4	14	2	15	1						1
PM1	P-Ca+	1	62	13	4	2	2	26	1	6	5	3	3						
PM2	P-Ca-	1	49	4	9	2	1	10	1	5	6	6	10						1
PM2	P-Ca+	1	22	3	3	3	3	4	2	8	7	7							
PM2	P-Ca-	1	35	6	5	3	1	5	2	3	5	5	3						
PM2	P-Ca+	1	51	3	6	10	4	14	2	3	5	3	1						1
PM3	P-Ca-	1	19	3	3	2	2	4	1	2	2	2	2						
PM3	P-Ca+	1	28	3	3	6	2	7	4	1	4	4							
PM3	P-Ca-	1	25	1	2	7	2	8	1	1	3	3							
PM3	P-Ca+	1	43	2	5	6	2	19	2	10	5	1	1						1
PM4	P-Ca-	1	20	1	2	8	2	1	1	4	2	2	2						
PM4	P-Ca+	1	28	4	4	3	4	2	2	4	4	4	6						
PM4	P-Ca-	1	25	3	1	6	3	5	1	4	2	1	1						
PM4	P-Ca+	1	31	4	3	2	4	7	1	9	9	1	1						
PM5	P-Ca-	1	80	10	3	6	2	8	19	10	2	20	4						1
PM5	P-Ca+	1	42	7	7	1	3	2	10	6	1	4	1						
PM5	P-Ca-	1	67	13	11	5	3	18	3	10	6	4	4						
PM5	P-Ca+	1	130	15	5	30	2	61	5	4	6	2	2						
PM1	P-Ca-	2	91	7	2	35	5	18	6	2	6	1	9						9
PM1	P-Ca+	2	70	4	1	10	11	10	19	2	10	2	3						3
PM1	P-Ca-	2	97	15	4	14	18	27	16	2	1	1	9						9
PM1	P-Ca+	2	81	9	5	20	4	10	15	2	5	2	2						9
PM2	P-Ca-	2	38	10			4	11	8	1	3	3	1						1
PM2	P-Ca+	2	19				6	4	4	2	2	2	1						1
PM2	P-Ca-	2	66	7	2	20	9	12	9	4	4	4	4						
PM2	P-Ca+	2	92	9	4	35	6	17	13	1	6		1						1
PM3	P-Ca-	2	25	3	1	1	5	9	2	1	2	2	1						1
PM3	P-Ca+	2	41	2	1	2	17	10	3	1	5	5							
PM3	P-Ca-	2	63	4	4	12	15	6	8	1	11	2	2						
PM3	P-Ca+	2	16	1	4	2	3	3	2	3	3	5	10						
PM4	P-Ca-	2	63	3	8	2	13	16	3	3	5	5	10						
PM4	P-Ca+	2	55	2	2	2	11	6	23	1	8	2	2						
PM4	P-Ca-	2	66	6	2	21	18	6	6	2	4	4	1						1
PM4	P-Ca+	2	68	8		6	25	9	5	2	13		8						
PM5	P-Ca-	2	229	18	9	30	19	28	71	1	9	35	8						7
PM5	P-Ca+	2	175	24	4	70	12	25	14	5	3	3	12						12
PM5	P-Ca-	2	91	27	1	20	5	5	5	3	2	20	3						3
PM5	P-Ca+	2	78	20	4	10	6	14	12	3	3	4	2						2



Tab. 6.4 (vervolg) Overzichtstabel aantallen ongewervelden in sleepnetmonsters (ronde 3 en 4)

Blok	Treat	Ronde	Totaal	Araneae	Coleoptera	Collembola	Diptera	Hemiptera	Hymenoptera	Lepidoptera	Orthoptera	Thysanoptera	Overig	Psocoptera	Dictyoptera	Ixodida	Neuroptera	Onbekend	Opliones
PM1	P-Ca-	3	85	22	1	10	11	23	7	3	2	6							
PM1	P-Ca+	3	53	7		8	10	19		1	3	5							
PM1	P-Ca-	3	53	12		20	3	9		3	3	5	1				1		
PM1	P-Ca+	3	67	12	2	25	4	10	4	3	2	5							
PM2	P-Ca-	3	57	6		8	4	22	6	3	2	4	1						
PM2	P-Ca+	3	59	13		10	4	18	3	3	2	4	2						
PM2	P-Ca-	3	57	12		15	2	10	3	3	3	10	1						
PM2	P-Ca+	3	46	10		11	2	11	4	1	1	2	4						2
PM3	P-Ca-	3	40	10		1	12	6	4	3	1	3							
PM3	P-Ca+	3	66	11		5	15	29	2	2		2							
PM3	P-Ca-	3	17	7		3	3	3	1										
PM3	P-Ca+	3	12	2		3	3	4	2				1						
PM4	P-Ca-	3	38	10		2	12	8	3	1		1							
PM4	P-Ca+	3	45	11		1	3	19	5	1	1	3							
PM4	P-Ca-	3	45	6		5	19	8	2	2	1	1	2						2
PM4	P-Ca+	3	44	7		10	8	10	2	2	3								
PM5	P-Ca-	3	102	24		10	8	6	15	4		30	1						
PM5	P-Ca+	3	83	28		15	4	8	3	10	2	6	2						1
PM5	P-Ca-	3	44	12		6	5	8	4	4	1	1	4						
PM5	P-Ca+	3	126	22		20	8	24	2	4	2	40							
PM1	P-Ca-	4	212	8		80	53	25	5	2		35	3						
PM1	P-Ca+	4	148	21		12	80	18	1	1	2	10	3						1
PM1	P-Ca-	4	93	6		20	22	9	3	1		30	1						
PM1	P-Ca+	4	87	4		20	36	11	3	4		6	1						
PM2	P-Ca-	4	113	7		20	39	47	1	2		15							
PM2	P-Ca+	4	93	7		7	43	20	1										
PM2	P-Ca-	4	142	6		40	62	17	4			12							
PM2	P-Ca+	4	127	10		25	66	15	2	1		7	1						
PM3	P-Ca-	4	23	2		9	9	6	1			2	2						2
PM3	P-Ca+	4	65	3		10	28	14		2		6	1						
PM3	P-Ca-	4	22	2		1	17		1			1							
PM3	P-Ca+	4	42	4		17	17	5	2	1	1	1							
PM4	P-Ca-	4	60	11		3	28	3	2			12	1						
PM4	P-Ca+	4	70	10		37	37	10	2		3	7							
PM4	P-Ca-	4	41	5		28	4	4	1	1	1	1							
PM4	P-Ca+	4	65	4		42	42	6	3		3	10							
PM5	P-Ca-	4	182	28		15	98	11	13	3		20	2						
PM5	P-Ca+	4	201	31		50	68	15	7	3	1	10	3						
PM5	P-Ca-	4	492	28		300	55	20	22	1		60	5						
PM5	P-Ca+	4	209	27		40	97	14	9	4		15	1						

Tab. 6.5 Overzichtstabel biomassa ongewervelden in sleepnetmonsters (ronde 1 en 2)

Blok	Treat	Ronde	Totaal	Araneae	Coleoptera	Diptera	Hemiptera	Lepidoptera	Orthoptera	Overig
PM1	P+Ca-	1	0.0302	0.0008	0.0061	0.0002	0	0.0001	0.0115	0.0123
PM1	P+Ca+	1	0.075	0.0029	0.023	0.0004	0.0004	0.0003	0.0489	0.0016
PM1	P-Ca-	1	0.0559	0.0023	0.0081	0.0001	0.0001	0.0001	0.0382	0.0092
PM1	P-Ca+	1	0.0546	0.0023	0.0486	0.0001	0.0001	0.0002	0.0054	0.0001
PM2	P+Ca-	1	0.2764	0.0011	0.0391	0.0001	0.0001	0.2122	0.0222	0.0026
PM2	P+Ca+	1	0.0802	0.0006	0.0337	0.0021	0.0023	0.0055	0.0317	0.0026
PM2	P-Ca-	1	0.1282	0.0009	0.0922	0.0001	0.0001	0.0001	0.0349	0.0007
PM2	P-Ca+	1	0.0518	0.0019	0.0152	0.0001	0.0003	0	0.0358	0.0001
PM3	P+Ca-	1	0.0351	0.0001	0.0081	0.0001	0.0009	0.0004	0.024	0.0007
PM3	P+Ca+	1	0.0915	0.0001	0.0662	0	0.0019	0.0001	0.0195	0.0019
PM3	P-Ca-	1	0.0394	0.0013	0.017	0.0005	0.0011	0.0029	0.0167	0.0001
PM3	P-Ca+	1	0.1867	0.0022	0.0317	0.0001	0.0002	0.1324	0.0202	0.0019
PM4	P+Ca-	1	0.0056	0.0012	0	0.0004	0	0	0.0039	0.0013
PM4	P+Ca+	1	0.0513	0.0008	0.0188	0.0031	0.0007	0	0.0279	0.0001
PM4	P-Ca-	1	0.0311	0.0036	0.0122	0.0001	0	0.0101	0.0086	0.0001
PM4	P-Ca+	1	0.0524	0.0017	0	0.0001	0	0.0169	0.0345	0.0009
PM5	P+Ca-	1	0.1132	0.0079	0.0919	0.0001	0.0038	0.0103	0	0.0033
PM5	P+Ca+	1	0.0899	0.008	0.0326	0.0001	0.0014	0.0243	0.0223	0.0078
PM5	P-Ca-	1	0.0591	0.0072	0.0143	0	0.0001	0.0001	0.0228	0.0217
PM5	P-Ca+	1	0.0705	0.0071	0.0457	0.0001	0.0001	0.0001	0.0195	0.0049
PM1	P+Ca-	2	0.0673	0.0085	0.0061	0.0073	0.0115	0.0056	0.0175	0.0078
PM1	P+Ca+	2	0.1198	0.0079	0.0089	0.0037	0.005	0.0024	0.0847	0.0101
PM1	P-Ca-	2	0.1917	0.0045	0.0034	0.0012	0.0091	0.0027	0.1414	0.0248
PM1	P-Ca+	2	0.1623	0.0039	0.0002	0.0051	0.0054	0	0.1394	0.0068
PM2	P+Ca-	2	0.1135	0.0163	0.0072	0.0034	0.0069	0.0105	0.0704	0.0082
PM2	P+Ca+	2	0.2297	0.0059	0.0023	0.0031	0.0091	0.0006	0.1914	0.0141
PM2	P-Ca-	2	0.1666	0.0029	0	0.0006	0.0049	0.0024	0.0999	0.0539
PM2	P-Ca+	2	0.0245	0	0	0.0024	0.0032	0.0059	0.0082	0.0016
PM3	P+Ca-	2	0.3026	0.0012	0.0043	0.0077	0.0028	0.0064	0.2753	0.0033
PM3	P+Ca+	2	0.0691	0.0001	0.0037	0.0004	0.0033	0	0.0498	0.0086
PM3	P-Ca-	2	0.0566	0.0008	0.0002	0.0008	0.0047	0.0074	0.038	0.0008
PM3	P-Ca+	2	0.1706	0.0003	0.0003	0.007	0.0043	0.0033	0.1511	0.0003
PM4	P+Ca-	2	0.1032	0.0017	0.0006	0.0079	0.0019	0.0011	0.0816	0.0082
PM4	P+Ca+	2	0.0588	0.0027	0	0.0123	0.0066	0	0.0258	0.0075
PM4	P-Ca-	2	0.2404	0.0003	0.0092	0.0062	0.0038	0.0116	0.2036	0.0022
PM4	P-Ca+	2	0.192	0.0002	0	0.0048	0.0043	0.0013	0.1705	0.0068
PM5	P+Ca-	2	0.0527	0.0148	0.0005	0.0019	0.0015	0.0068	0.0355	0.005
PM5	P+Ca+	2	0.1263	0.0219	0.0122	0.004	0.0074	0.0106	0.0765	0.0082
PM5	P-Ca-	2	0.2419	0.0197	0.0094	0.0041	0.0104	0.0027	0.1849	0.02
PM5	P-Ca+	2	0.1065	0.0125	0.002	0.0034	0.0135	0.0165	0.038	0.0196

Tab. 6.5 (vervolg) Overzichtstabel biomassa ongewervelden in sleepnetmonsters (ronde 3 en 4)

Blok	Treat	Ronde	Totaal	Araneae	Coleoptera	Diptera	Hemiptera	Lepidoptera	Orthoptera	Overig
PM1	P+Ca-	3	0.007	0.0082	0	0.0002	0.0012	0.004	0	0.0004
PM1	P+Ca+	3	0.0734	0.0077	0.002	0.0053	0.0012	0.0071	0.0485	0.0081
PM1	P-Ca-	3	0.0682	0.0124	0.0012	0.0029	0.0039	0.0036	0.0507	0.002
PM1	P-Ca+	3	0.0337	0.007	0	0.0041	0.0042	0.0011	0.02	0.0001
PM2	P+Ca-	3	0.0082	0.0085	0	0.0004	0.0016	0.0011	0.0021	0.0014
PM2	P+Ca+	3	0.1001	0.0026	0	0.0028	0.0017	0.0477	0.0425	0.0037
PM2	P-Ca-	3	0.0665	0.0016	0.0008	0.0003	0.003	0.0002	0.058	0.0012
PM2	P-Ca+	3	0.0224	0.0058	0	0.0022	0.0038	0.001	0.0089	0.0027
PM3	P+Ca-	3	0.0004	0.001	0	0.0001	0.0001	0	0	0.0001
PM3	P+Ca+	3	0.0028	0.002	0	0.0004	0.0007	0	0	0.001
PM3	P-Ca-	3	0.0549	0.0022	0	0.0015	0.0009	0.0014	0.049	0.0012
PM3	P-Ca+	3	0.0268	0.0082	0	0.0078	0.0076	0.0025	0	0.0013
PM4	P+Ca-	3	0.0563	0.0019	0	0.0089	0.0019	0.0053	0.03	0.0083
PM4	P+Ca+	3	0.0637	0.0063	0.0006	0.0006	0.0009	0.0007	0.0578	0.0022
PM4	P-Ca-	3	0.0047	0.0082	0.001	0.0016	0.0005	0.0003	0	0.0008
PM4	P-Ca+	3	0.085	0.0082	0.0026	0.0004	0.0026	0.072	0.004	0.0008
PM5	P+Ca-	3	0.0595	0.0048	0.0192	0.0094	0.0034	0	0.0229	0.0012
PM5	P+Ca+	3	0.101	0.0102	0.0027	0.0083	0.009	0.001	0.0685	0.0025
PM5	P-Ca-	3	0.0182	0.0085	0.0029	0.0047	0.0017	0.0031	0	0.0041
PM5	P-Ca+	3	0.0972	0.0137	0.0023	0.0035	0.0018	0.0136	0.067	0.0072
PM1	P+Ca-	4	0.0236	0.006	0.0042	0.0108	0.002	0	0	0.0046
PM1	P+Ca+	4	0.0806	0.0025	0.0005	0.0176	0.0019	0	0.0567	0.002
PM1	P-Ca-	4	0.0313	0.0012	0.0041	0.0136	0.0042	0.0004	0	0.0048
PM1	P-Ca+	4	0.0741	0.0144	0	0.0144	0.003	0.0007	0.024	0.029
PM2	P+Ca-	4	0.0405	0.0048	0.0032	0.0259	0.0032	0	0	0.005
PM2	P+Ca+	4	0.0696	0.0024	0	0.0205	0.0054	0.0033	0	0.035
PM2	P-Ca-	4	0.0708	0.0069	0	0.0125	0.0073	0.0422	0	0.0015
PM2	P-Ca+	4	0.0136	0.0034	0	0.0076	0.0027	0	0	0.0006
PM3	P+Ca-	4	0.013	0.0006	0	0.0129	0	0	0	0.0001
PM3	P+Ca+	4	0.015	0.0022	0	0.0069	0.0004	0	0.0064	0.0009
PM3	P-Ca-	4	0.0129	0.0016	0.0013	0.0055	0.0016	0	0	0.0029
PM3	P-Ca+	4	0.024	0.0012	0.0011	0.0093	0.004	0.0004	0	0.0052
PM4	P+Ca-	4	0.0753	0.0029	0	0.01	0.0028	0	0.0363	0.0234
PM4	P+Ca+	4	0.0625	0.0004	0	0.0135	0.002	0	0.0448	0.0002
PM4	P-Ca-	4	0.0277	0.0066	0	0.0253	0.0004	0	0	0.0016
PM4	P-Ca+	4	0.042	0.0089	0.0012	0.0112	0.0031	0	0.0228	0.0006
PM5	P+Ca-	4	0.0866	0.025	0.006	0.0281	0.0018	0.0049	0	0.044
PM5	P+Ca+	4	0.1061	0.042	0.0012	0.0762	0.0028	0.0129	0	0.0102
PM5	P-Ca-	4	0.0807	0.0382	0.0009	0.0678	0.0016	0.0045	0	0.0043
PM5	P-Ca+	4	0.0942	0.0377	0.0045	0.0588	0.0063	0.0002	0.0086	0.0095



vereniging van  
bos- en natuurterreineigenaren

**VBNE**

**Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd door  
het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en BIJ12**

**Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren (VBNE)**

Princenhof Park 7  
3972 NG Driebergen  
0343-745250  
info@vbne.nl

Alle publicaties en  
producten van het  
OBN Kennisnetwerk  
zijn te vinden op  
[www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

**o+bn**



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

