

Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden

Eindrapportage fase 1

Roos Loeb
Arrie van der Bij
Roland Bobbink
Jan Frouz
Rudy van Diggelen



© 2013 Directie Agro-kennis, Ministerie van Economische Zaken

Rapport nr. 2013/OBN176-DZ
Den Haag, 2013

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van het Ministerie van Economische Zaken

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij het Bosschap onder vermelding van code 2013/OBN176-DZ en het aantal exemplaren.

Oplage 150 exemplaren

Samenstelling Roos Loeb, Onderzoekcentrum B-Ware
Arrie van der Bij, Universiteit Antwerpen
Roland Bobbink, Onderzoekcentrum B-Ware
Jan Frouz, Institut of Soil Biology
Rudy van Diggelen, Universiteit Antwerpen

Druk Ministerie van EZ, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij

Productie Bosschap, bedrijfsschap voor bos en natuur
Bezoekadres : Princenhof Park 9, Driebergen
Postadres : Postbus 65, 3970 AB Driebergen
Telefoon : 030 693 01 30
Fax : 030 693 36 21
E-mail : algemeen@bosschap.nl

Voorwoord

Het doel van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (O+BN) is het ontwikkelen, verspreiden en benutten van kennis voor terreinbeheerders over natuurherstel, Natura 2000, leefgebiedenbenadering en ontwikkeling van nieuwe natuur.

In het kader van Natura 2000 worden in Europees perspectief zeldzame soorten en vegetatietypen in Nederland beschermd. De soortenrijke heischrale graslanden in het laagland die in dit rapport centraal staan behoren tot het Natura2000 habitatype Heischrale graslanden (H6230). Dat is een zogenoemd 'prioritair' type waarbij de bescherming bijzondere voorrang krijgt. Nederland heeft zich ten doel gesteld om het oppervlakte heischrale graslanden aanzienlijk te vergroten.

Heischrale graslanden zijn in Europa wijd verspreid. In het Noordwest Europese laagland zijn ze echter betrekkelijk zeldzaam tot zeldzaam en beperkt tot relatief kleine oppervlakten. Nederland ligt centraal in het verspreidingsgebied van de laaglandvorm van heischrale graslanden en in ons land komt (of kwam) naar verhouding een betrekkelijk groot oppervlakte ervan voor. Daarom is de Europese betekenis van onze heischrale graslanden groot.

Uitbreiding kan zowel binnen bestaande natuurreservaten als daarbuiten gerealiseerd worden, op bijvoorbeeld voormalige landbouwgronden die tot natuur omgevormd worden. De afwezigheid van soorten van heischrale graslanden, zowel in de zaadbank als in de directe omgeving van de her in te richten voormalige landbouwgronden, kan echter een probleem vormen voor de ontwikkeling van de doelvegetatie.

Dit rapport focust op mogelijke oplossingen voor dit probleem. Zowel het opbrengen van maaisel of zaad als het enten met bodemmateriaal uit goed ontwikkelde gebieden wordt door middel van veldexperimenten in dit rapport onderzocht.

In paragraaf 4.4 vindt u voorlopige aanbevelingen voor het herstel van droge heischrale graslanden gericht op beheerders.

Ik wens u veel leesplezier.

Drs. E.H.T.M. Nijpels
Voorzitter Bosschap

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar alle terreinbeherende organisaties die ons bij dit onderzoek geholpen hebben. Niet alleen hebben zij toestemming verleend voor het uitvoeren van dit onderzoek in hun terreinen en het verzamelen van maaisel, zaden en bodemmateriaal, maar vaak hebben zij ook zelf geholpen bij het plaggen, maaien, uitleggen van maaisel en het afrasteren van proefvlakken. Met name willen wij Ronald Popken, Erwin de Hoop, Toon Loonen en Rob Meulenbroek (Natuurmonumenten), Michael van Roosmalen, Bart van der Linden, Arjan Oova en René Gerats (Stichting het Limburgs Landschap), Ger Verwoerd en Wim Geraedts (Geldersch Landschap en Geldersche Kastelen), Sjoerd Bakker, Jap Smits en Thea van der Ven (Staatsbosbeheer), Arthur Varkevisser, Jan Mulder, Frans Borgonje, Rense Haveman en Iris de Ronde (Ministerie van Defensie), Gerard Koopmans (Bosgroep Midden Nederland), Bart Kuiper (Landschapsbeheer Drenthe), Marc Smets (Natuurpunt, België) en Gerd Ostermann (Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz, Duitsland) bedanken voor hun hulp, inzet en enthousiasme. Verder willen wij Veronika Jílková, Petra Radchová, Petr Hedězec, Martin Bartuška, Jiří Cejpek, Alexandra Špadoňová voor het vele uitzoek- en analysewerk van de bodemfauna bedanken, en Maaike Weijters en Evi Verbaarschot voor de assistentie bij het afronden van het rapport.

English summary

The Netherlands is the center of the distribution area of the lowland type of *Nardo-Galium* plant communities. Last century these grasslands have declined because of agricultural intensification and acidification. Species rich lowland *Nardo-Galium* communities are part of the EU priority habitat Species rich *Nardus* grasslands (H6230). In the Netherlands, four syntaxonomical types can be distinguished. This study focuses on the dry inland type, which can be characterised as the *Galio hercynici – Festucetum ovinae*. The habitat of *Nardus* grasslands are well buffered, rather nutrient poor soils, in which buffering is within the cation exchange range. The Netherlands aim to expand the area of *Nardus* grasslands. Expansion could be realized within existing nature conservation reserves as well as outside, in restored grasslands on former agricultural land. The latter have the advantage of having been limed for years due to which they are generally well buffered, whereas many nature reserves are acidified due to nitrogen deposition. Dry *Nardus* grasslands could be developed on former agricultural land on the condition that nutrient levels are substantially reduced. The absence of species of *Nardus* grasslands, as well in the seedbank as in the direct neighbourhood, could form a problem for the development of the target community. The application of hay or seeds from well developed areas could be a solution. Besides the lack of plant diaspores, the difference in soil biota community could also form a bottleneck. This difference could for instance have a negative impact on the decomposition of organic matter in the soil. Application of soil material from well developed areas could possibly be a positive restoration measure.

The OBN project Development of dry *Nardus* grasslands on former agricultural land aimed to answer the following research questions:

1. In which way (by hay or seeds) could characteristic plant species be supplied?
2. In which way (for instance inoculation with soil material) and which stage could the target soil biota (soil fauna, fungi) be restored optimally?
3. How could establishment of threatened target species (plants, soil fauna) of dry *Nardus* grasslands be achieved if this hasn't happened in 10 years after restoration?
4. What are the consequences of these findings for the localisation of the best areas for the development of *Nardus* grasslands and by which (combination) of restoration measures can this be achieved best?

The project had a term of two years (2011-2013), during the first the experimental measures were carried out and the short term effects were measured during the second year. The project consisted of two studies: in the first study the effects of the application of hay and seeds, and the inoculation of soil material by different techniques on the development of experimental plots was studied at locations which were recently taken out of production and where the top soil had recently been removed. The second part of the project focussed on former agricultural land that had been restored 10-15 years ago

and where the development of dry *Nardus* grassland was one of the aims. In this study reasonably well developed locations and moderately developed locations were compared to find out what causes the stagnation in the development. Besides, an experiment was carried out in five areas to find out the possibilities of improving the development by application of hay, seeds and soil material.

The study of the restoration measures on former agricultural land with recent top soil removal was carried out in the Noordenveld in National Park Dwingelderveld (province of Drenthe), at the Valouwe estate near Wekerom (province of Gelderland) and at the Wolfsven in National Park Maasduinen (province of Limburg). Donor material was taken from the region of the above named sites, namely at the Kleine and Grote Startbaan, the Harskamp and the Groote Heide near Venlo respectively. Soil chemistry in the experimental sites was suitable for the development of dry *Nardus* grasslands, although phosphate concentrations were on the high side at Wekerom and Wolfsven. At each location plots of appr. 8x8 m were made, in which hay, hay and seeds or neither (control) were applied. Furthermore, different techniques for the inoculation of soil material was tested in 4x4 m plots: by small sods which were introduced into the soil, by soil crumbs which were distributed over the soil and by a slurry made of the donor soil which was spread over the plots. The application of hay from well developed sites improved the development of the target species community; the number of plant species characteristic of dry *Nardus* grasslands as well as the average value for nature conservation. The application of seeds of rare species (a.o. Red List species), next to the application of hay, seems to be reasonably successful after one year: approximately 30 to 50% of the species applied, established during the first year. The cover of these species, for instance of *Arnica montana*, increased greatly. On the short term, especially the application of soil crumbs seems to be effective for the improvement of the soil biota community: by the application of crumbs, the nematod density increased.

The study of the development of dry *Nardus* grasslands on former agricultural land which had been restored 10-15 years ago was carried out in eight locations distributed over the Pleistocene areas in the Netherlands, one location just across the border in Belgium and one in the Eifel in Germany. Also reference areas without a history of intensive agriculture were used in the comparison: these were the above named donor areas for the plant and soil material, and a nature reserve in the Eifel. At the locations on former agricultural land, the plant community was almost always less developed than that of the reference areas in nature reserves. For example, many Red List species which were common in *Nardus* grasslands in the past were absent, but also 'common' species were absent or nearly absent, such as *Galium saxatile*, *Danthonia decumbens*, *Nardus stricta*, *Viola canina* and *Campanula rotundifolia*. Hence, in the restored areas dry *Nardus* grasslands were not completely restored. At the moderately developed locations characteristic species are even less present: here only *Luzula* species, *Potentilla erecta*, *Carex pilulifera* and *Genista anglica* are the characteristic species from the *Nardetea* present. In six of the locations studied, phosphate availability was too high after top soil removal, and in one of them also the nitrogen availability. In spite of the agricultural history of the locations, in three of them pH and soil buffering were very low and just within the range within which dry *Nardus* grasslands could be developed. The soil fauna community in the reference areas and a part of the reasonably well developed locations existed of significantly more *Chilopoda* than in the moderately developed locations. The density of *Lumbricidae* was higher in the former agricultural sites than in the reference areas. Hyphal feeding nematods tended to a higher

presence in the reference areas and reasonably developed locations than in the moderately developed sites.

In five of the sites that were restored longer ago, a small scale experiment was started consisting of three plots of appr. 2x2 m. Two of these plots were sod-cut (up to 5 cm) to open up the vegetation to enable the establishment of new species. In these plots hay and seeds from the region were applied. In one of them also soil crumbs were applied for inoculation. The application of hay and seeds after reopening the vegetation promoted the establishment of characteristic Red List species within a year. It is not sure whether these newly established species will maintain, because competition will be especially hard on locations with eutrophied top soils. The effect of the soil application on the soil biota community was not measurable within one year.

This project studied the effects of restoration measures on the very short term. The longer term effects will be studied in the second phase of the project. Because longer term effects aren't known yet, only preliminary recommendations could be made:

- When restoring dry *Nardus* grasslands on former agricultural land, the application of fresh hay from a well developed dry *Nardus* grassland is recommended. This can prevent closure of the vegetation before characteristic target plant species colonize the site, which would lead to the incomplete development of the target plant community.
- If Red List species, targeted for the restoration site, are absent or hardly present at the donor site, the application of seeds of these species could be considered.
- Inoculation of soil by soil crumbs in combination with hay application seems to be the best technique to restore the soil biota population.
- Locally reopening of the vegetation and application of fresh hay and seeds could be a measure on the short term to stimulate development in stagnated situations.

Samenvatting

Nederland ligt centraal in het verspreidingsgebied van de laaglandvorm van heischrale graslanden. Deze zijn door landbouwintensivering en verzuring de afgelopen eeuw sterk achteruitgegaan. Soortenrijke heischrale graslanden in het laagland behoren tot het prioritaire Natura 2000-habitattypetype Heischrale graslanden (H6230). In Nederland zijn er vier syntaxonomische heischrale graslandtypen te onderscheiden. Dit onderzoek spitst zich toe op het droge, binnenlandse type, dat behoort tot de Associatie van Liggend walstro en Schapengras. Heischrale graslanden komen voor op tamelijk voedselarme standplaatsen met een goede zuurbuffering, die wordt geleverd door kationuitwisseling in de bodem. Nederland heeft zich ten doel gesteld om het oppervlakte heischrale graslanden aanzienlijk te vergroten. Uitbreiding kan zowel binnen bestaande natuurreservaten als daarbuiten gerealiseerd worden, op voormalige landbouwgronden die tot natuur omgevormd worden. Deze laatste hebben als voordeel dat zij door jarenlange bekalking meestal goed gebufferd zijn, terwijl veel natuurreservaten onder invloed van stikstofdepositie vaak te zuur zijn geworden. Voorwaarde voor de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op landbouwgronden is wel dat er vóór de herinrichting voldoende nutriënten zijn afgevoerd. De afwezigheid van soorten van heischrale graslanden, zowel in de zaadbank als in de directe omgeving van de her in te richten voormalige landbouwgronden, kan echter een probleem vormen voor de ontwikkeling van de doelvegetatie. Een oplossing hiervoor kan zijn om maaisel of zaad uit goed ontwikkelde gebieden aan te brengen. Naast het gebrek van plantdiasporen kan ook de andere samenstelling van de bodembiotagemeenschap een bottleneck vormen, wat onder andere negatieve gevolgen kan hebben voor de afbraak van organisch materiaal in de bodem. Het enten met bodemmateriaal uit goed ontwikkelde droge heischrale graslanden zou hier mogelijk een gunstige herstelmaatregel kunnen vormen.

Het OBN-project 'Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden' had als doel de volgende kennisvragen te beantwoorden:

1. Op welke wijze (vers maaisel, toevoer zaden) kunnen kenmerkende plantensoorten het beste toegevoerd worden na ontgronden?
2. Op welke wijze (bijv. enten met bodemmateriaal) en met welke tijdsfasering kan het gewenste bodemleven (bodemfauna; schimmels) het beste worden hersteld?
3. Kan in situaties waar ruim na uitvoering (> 10 jaar) geen hervestiging van bedreigde doelsoorten (planten, bodemfauna) uit heischrale graslanden heeft plaatsgevonden, dit alsnog bereikt worden via mogelijke toevoertekniken, en hoe kan dit het meest effectief gebeuren?
4. Wat zijn van dit alles de consequenties voor waar heischraal grasland het beste ontwikkeld kan worden en via welke (combinatie van) maatregelen kan dit het beste worden uitgevoerd?

Het project had een looptijd van twee jaar (2011-2013) waarbij in het eerste jaar herstelmaatregelen zijn uitgevoerd, waarna in het tweede jaar de kortetermijneffecten werden gemeten. Het project bestond uit twee

onderzoeksdelen; in het eerste deel werd onderzocht of het aanbrengen van maaisel en zaad en het toedienen van bodemmateriaal met diverse technieken effect had op de ontwikkeling van experimentele proefvlakken direct nadat deze uit landbouwproductie waren genomen en waren afgegraven. Het tweede deel van het onderzoek spitste zich toe op voormalige landbouwgronden die reeds 10-15 jaar geleden waren heringericht en waar de ontwikkeling van droge heischrale graslanden één van de doelen was. Hierbij zijn redelijk goed ontwikkelde en matig ontwikkelde droge heischrale graslanden met elkaar vergeleken om te achterhalen wat de oorzaken van een minder goede ontwikkeling zou kunnen zijn. Daarnaast is in vijf gebieden een experiment ingericht om te onderzoeken of het mogelijk is door middel van het inbrengen van maaisel, zaad en bodemmateriaal de ontwikkeling richting droog heischraal grasland te verbeteren.

Het onderzoek naar herstelmaatregelen op recent ontgronde voormalige landbouwgronden vond plaats in het Noordenveld in nationaal park Dwingelderveld (Drenthe), landgoed Valouwe bij Wekerom (Gelderland) en bij het Wolfsven in nationaal park Maasduinen (Limburg). Donormateriaal was afkomstig uit de regio, respectievelijk van de Kleine en Grote Startbaan, de Harskamp en van de Groote Heide bij Venlo. De bodemchemie in de onderzoeksgebieden was in principe geschikt voor de ontwikkeling van droge heischrale graslanden, hoewel de fosfaatconcentraties in de gebieden bij Wekerom en het Wolfsven nog wel aan de hoge kant waren. Op elke onderzoekslocatie werd in proefvlakken van circa 8 x 8 meter maaisel uitgelegd, maaisel uitgelegd in combinatie met toediening van zaad, of geen van beide (controle). Daarnaast werden in proefvlakken van 4x4 meter verschillende methoden van toediening van bodemmateriaal uitgetest: met behulp van bodemplagjes die in de bodem werden ingebracht, met behulp van bodemkruimels die over de bodem werden verspreid en met behulp van een slurrie die van het donormateriaal was gemaakt, en die ook over de bodem werd verspreid.

Het opbrengen van maaisel van goed ontwikkelde gebieden bevorderde de ontwikkeling van heischrale vegetatie, zowel het aantal kenmerkende soorten van heischrale graslanden als de gemiddelde natuurbeschermingswaarde. Het, naast maaisel, opbrengen van zaden van zeldzame soorten – waaronder Rode-lijstsoorten - blijkt na één jaar redelijk succesvol te zijn: ongeveer 30 tot 50 procent van de uitgelegde soorten vestigt zich in het eerste jaar. De bedekking van deze soorten, zoals bijvoorbeeld Valkruid, neemt door het inbrengen van zaden toe. Op korte termijn lijkt vooral het inbrengen van bodemkruimels een effectieve methode om de bodembiotagemeenschap te verbeteren: hierdoor nam met name de nematodendichtheid toe.

Het onderzoek naar de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden die reeds 10-15 jaar geleden waren ingericht, werd uitgevoerd op acht locaties verspreid over het Pleistocene landschap in Nederland, één net over de grens in België en één locatie in de Eifel in Duitsland. In de vergelijking werden ook referentiegebieden meegenomen die geen historie van intensieve landbouw hadden gekend: dit waren de drie gebieden die als donorgebied voor bodem- en plantmateriaal hadden gediend en daarnaast een natuurterrein in de Eifel. Op de onderzochte voormalige landbouwgronden was de vegetatie bijna altijd veel minder goed ontwikkeld dan in referentiegebieden in natuurterreinen. Zo ontbraken veel Rode-lijstsoorten die vroeger regelmatig voorkwamen in heischrale graslanden, maar ook veel "gewone" soorten uit het droge heischrale milieu zijn afwezig of komen bijna niet voor, zoals Liggend walstro, Tandjesgras, Borstelgras, Hondsviooltje, en Grasklokje. Kortom, op de heringerichte grond heeft zich

maar ten dele droog heischraal grasland ontwikkeld. In matig ontwikkelde gebieden komen nog minder kenmerkende soorten voor: alleen Veldbies, Tormentil, Pilzegge en Stekelbrem zijn uit de klasse der heischrale graslanden daar aangetroffen. In zes van de onderzocht terreinen was de fosfaatbeschikbaarheid na ontgronden nog steeds te hoog en in één terrein ook de stikstofbeschikbaarheid. Ondanks de landbouwhistorie was op drie locaties de pH en de buffercapaciteit laag en viel deze nog maar net binnen de range die geschikt is voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland. De bodemfaunagemeenschap in de referentiegebieden en een deel van de redelijk goed ontwikkelde gebieden bestond uit significant meer duizendpoten dan op de matig ontwikkelde locaties. Ook was de dichtheid aan regenwormen op de voormalige landbouwgronden veel groter dan in de referentiegebieden. Er leek een tendens te zijn dat schimmeletende nematoden meer aanwezig waren in de referentiegebieden en de redelijk goed ontwikkelde terreinen dan in de matig ontwikkelde terreinen.

In vijf van de reeds herstelde terreinen werd een kleinschalig experiment opgestart met drie proefvlakken van circa 2 x 2 meter. Twee van deze proefvlakken werden ondiep geplagd om de vegetatiemat te openen om vestiging van nieuwe soorten mogelijk te maken. In deze twee proefvlakken werd maaisel en zaad uit de regio ingebracht. Eén van de twee proefvlakken werd tevens geënt met bodemkruimels. Het opbrengen van maaisel en zaden na het openen van de vegetatie bevorderde na één jaar de vestiging van kenmerkende en Rode-lijstsoorten. Of de nieuw gevestigde soorten zich zullen kunnen handhaven op deze locaties is de vraag, omdat de concurrentie zeker op locaties die een te rijke toplaag hebben, groot is. Het effect van het enten met bodemkruimels op de bodembiotagemeenschap was één jaar na toedienen nog niet meetbaar.

In dit onderzoek konden alleen de effecten van maatregelen op zeer korte termijn worden bestudeerd. De langere termijneffecten zullen worden onderzocht in de tweede fase van dit onderzoek. Omdat effecten op langere termijn nog niet bekend zijn, kunnen alleen voorlopige aanbevelingen worden gedaan:

- Bij herinrichting met het doel om droge heischrale graslanden te herontwikkelen is het aanbevelingswaardig om snel na uitvoering vers maaisel van een goed ontwikkeld droog heischraal grasland aan te brengen op de ontgronde situatie. Hiermee kan worden voorkomen dat de vegetatie zich sluit voordat hogere planten die karakteristiek zijn voor droge heischrale graslanden zich hebben kunnen vestigen, waardoor in veel gevallen slechts rompgemeenschappen in plaats van de gewenste associatie zouden kunnen ontstaan.
- Indien voor het herinrichtingsgebied gewenste Rode-lijstsoorten ontbreken of zeer laagfrequent aanwezig zijn in het donorgebied verdient het de voorkeur om deze plantensoorten middels zaden te verspreiden naar het nieuw ingerichte terrein;
- Via het toedienen van bodem middels kruimels lijkt het mogelijk om het verstoorde bodemleven sneller te herstellen. Het toedienen van bodemkruimels is daarmee waarschijnlijk een goede aanvullende maatregel naast het toedienen van maaisel;
- Lokaal openen van de vegetatie in gestagneerde situaties met toevoer van vers maaisel en zaden is voor de korte termijn een maatregel om de matige ontwikkeling te verbeteren.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Dankwoord	4
English summary	5
Samenvatting	8
Inhoudsopgave	11
1 Inleiding	13
1.1 Context	13
1.1.1 Heischrale graslanden	13
1.1.2 Vier typen	14
1.1.3 Abiotiek	15
1.1.4 Aantasting	15
1.2 Focus huidig onderzoek	16
1.3 OBN-project Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden	18
1.4 Onderzoeksconsortium	18
1.5 Leeswijzer	19
2 Experimenten direct na ontgronden	21
2.1 Inleiding	21
2.2 Proefopzet	21
2.3 Gebiedsbeschrijvingen	23
2.4 Materiaal & Methoden	30
2.4.1 Inrichting proeflocaties	30
2.4.2 Vegetatiebeschrijvingen	34
2.4.3 Bemonstering en analyse bodembiota	38
2.4.4 Bemonstering en analyse bodemchemie	40
2.5 Resultaten	42
2.5.1 Vegetatie	42
2.5.2 Bodemfauna	58
2.5.3 Bodemchemie	67

2.6	Synthese	72
3	Experimenten op reeds heringerichte voormalige landbouwgronden met gestagneerde ontwikkeling	74
3.1	Inleiding	74
3.2	Proefopzet	74
3.3	Gebiedsbeschrijvingen	76
3.4	Materiaal & Methoden	84
3.4.1	Inrichting proeflocaties	84
3.4.2	Vegetatiebeschrijvingen	84
3.4.3	Bemonstering en analyse bodembiota	85
3.4.4	Bemonstering en analyse bodem- en vegetatiechemie	86
3.5	Resultaten	87
3.5.1	Vegetatie	87
3.5.2	Bodembiota	99
3.5.3	Bodemchemie	107
3.5.4	Samenhang vegetatie en bodemchemie	114
3.6	Synthese	115
4	Conclusies	116
4.1	Inleiding	116
4.2	Herstel van recent ontgronde situaties	117
4.2.1	Toevoer van maaisel en diaspora	117
4.2.2	Bodementen	118
4.3	Stagnatie van de ontwikkeling op voormalige landbouwgrond	119
4.3.1	Onvolledige ontwikkeling	119
4.3.2	Stimulering van verdere ontwikkeling	121
4.4	Voorlopige aanbevelingen	122
5	Literatuur	123
	Bijlage 1 Afkortingen en coördinaten veldlocaties	128
	Bijlage 2 Plantensoortenlijst – Nederlandse en wetenschappelijke namen	129
	Bijlage 3 Bedekkingsschalen	135
	Bijlage 4 t/m 10 staan op de bijgevoegde CD-ROM	

1 Inleiding

1.1 Context

Heischrale graslanden zijn in Europa wijd verspreid en komen over grote oppervlakten voor in gebergten, zowel onder natuurlijke omstandigheden boven de boomgrens, als daaronder als halfnatuurlijke vegetatie. Op zwak zure bodems nemen ze in deze berggebieden grote oppervlaktes in en blijven onder extensief beheer van maaien of begrazing langdurig in stand. In het Noordwest Europese laagland zijn ze betrekkelijk zeldzaam tot zeldzaam en beperkt tot relatief kleine oppervlakten, waarbij de soortenrijkere varianten vooral op plaatsen met wat meer buffering in de bodem worden of werden aangetroffen (Janssen & Schaminée, 2003; Declerck *et al.*, 2007). In het laagland is in de twintigste eeuw na de introductie van kunstmest en intensivering van de landbouw een zeer groot deel omgezet in intensief gebruikte landbouwgrond. De resterende heischrale graslanden zijn daardoor nu bijna allemaal gelegen in natuureservaten. Nederland ligt centraal in het verspreidingsgebied van de laaglandvorm van heischrale graslanden en in ons land komt (of kwam) naar verhouding een betrekkelijk groot oppervlakte ervan voor. Daarom is de Europese betekenis van onze heischrale graslanden groot.

1.1.1 Heischrale graslanden

In het Nederlandse zandlandschap blijken hydrologie, zuurgraad of buffercapaciteit en het voedingsstoffenaanbod de bepalende sturende factoren te zijn voor de vegetatiesamenstelling van heide en heischrale graslanden (o.a. Schaminée *et al.*, 1996; Bobbink, 2008; de Graaf *et al.*, 2009). Heischrale graslanden of Borstelgraslanden zijn vegetaties op voedselarme, droge tot natte, meestal zwak zure, vaak wat lemige zandbodems. Grassen bepalen het aspect van de begroeiing, maar kruiden en heidestruiken kunnen eveneens talrijk zijn. In het heidelandschap vallen ze vanouds op als de grazige, soortenrijke locaties (Weeda *et al.*, 2002) (figuur 1.1).

Heischrale graslanden zijn laagblijvende, gesloten vegetaties met grasachtige soorten als Borstelgras (*Nardus stricta*), Tandjesgras (*Danthonia decumbens*), Fijn schapengras (*Festuca tenuifolia*) en Gewone veldbies (*Luzula campestris*), waarin laagblijvende kruiden als Tormentil (*Potentilla erecta*), Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*), Gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*), Valkruid (*Arnica montana*), Liggende vleugeltjesbloem (*Polygala serpyllifolia*), en Muizenootje (*Hieracium pilosella*) voorkomen. Dwergstruiken als Struikheide (*Calluna vulgaris*) en Gewone dophei (*Erica tetralix*) komen ook voor, maar domineren zeker niet in heischrale graslanden. Drogere heischrale graslanden worden behalve door de genoemde soorten gekenmerkt door het voorkomen van Liggend walstro (*Galium saxatile*), Hondsviooltje (*Viola canina*), Mannetjesereprijs (*Veronica officinalis*), Rozenkransje (*Antennaria dioica*) en Gelobde Maanvarentje (*Botrychium*

lunaria). Meer algemene soorten zijn Grasklokje (*Campanula rotundifolia*) en Pilzegge (*Carex pilulifera*).



Figuur 1.1. Beeld van een droog heischraal grasland in het Nederlandse zandlandschap (foto R. Bobbink).

Overview of a well-developed matgrass sward (*Nardo-Galium*) in the sandy regions of the Netherlands.

Karakteristiek voor de natte heischrale graslanden zijn soorten als Heidekartelblad (*Pedicularis sylvatica*), Blauwe knoop (*Succisa pratensis*), Gevlekte orchis (*Dactylorhiza maculata*) en Welriekende nachtorchis (*Plantanthera bifolia*). Ook soorten van de natte heide zoals Gewone dopheide en Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*) en Beenbreek (*Narthecium ossifragum*) behoren tot de karakteristieke vegetatie. Algemene soorten zijn Blauwe zegge (*Carex panicea*), Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en Moerasstruisgras (*Agrostis canina*). Naarmate de bodem sterker gebufferd raakt, gaat het natte heischrale grasland over in blauwgrasland. Er bestaat geen scherpe grens tussen beiden. Voor een compleet overzicht van plantensoorten in heischrale graslanden, zie Swertz *et al.* (1996).

1.1.2 Vier typen

De heischrale graslanden van Nederland behoren syntaxonomisch tot de klasse der heischrale graslanden (Nardetea 19), verbond der heischrale graslanden (*Nardo-Galium saxatile* 19A). Er worden vier typen (associaties) onderscheiden in Nederland (Swertz *et al.*, 1996). De vegetatie van de droge heischrale graslanden in het Pleistocene zandlandschap behoort tot de Associatie van Liggend walstro en Schapegras (19Aa1), terwijl de Associatie van Maanvaren en Liggende vleugeltjesbloem (19Aa3) het droge heischrale grasland van het duinlandschap is. Vegetatiekundig worden de natte heischrale graslanden gerekend tot de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa2) (zelfde verbond en klasse). In het Zuid-Limburgse heuvelland komen heischrale graslanden voor op gradiënt van kiezelkop- naar kalkgrasland. Dit betreft de Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel (19Aa4). Heischrale graslandplanten voeren de boventoon in deze

gemeenschap, maar ook kalkgraslandsoorten komen voor, onder meer Gevinde kortsteel (*Brachypodium pinnatum*). Dit is duidelijk het meest gebufferde type van de vier associaties in Nederland (Smits *et al.* 2009).

Soortenrijke heischrale graslanden in het laagland behoren tot het Natura2000 habitattypen Heischrale graslanden (**H6230**). Dat is een zogenoemd 'prioritair' type waarbij de bescherming bijzondere voorrang krijgt (Janssen & Schaminée, 2003; Declerck *et al.*, 2007).

1.1.3 Abiotiek

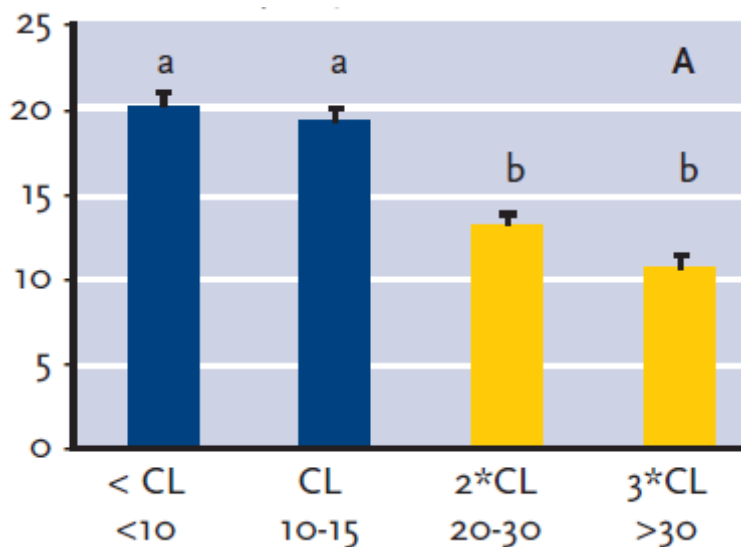
Kenmerkend voor heischrale graslanden is dat de pH van de bodem waarop zij voorkomen zich bevindt tussen pH 4,5-6 en er zuurbuffering plaatsvindt door kationuitwisseling. Goed ontwikkelde heischrale graslanden hebben een lage aluminium/calcium-verhouding (Al/Ca-verhouding) in het bodemvocht, als gevolg van deze kationenbuffering. Bij bodemverzuring neemt het aluminiumgehalte in het bodemvocht toe en daalt de uitwisselbare calciumconcentratie: het gevolg is dat de Al/Ca-verhouding stijgt. Hoge Al/Ca-verhoudingen worden in goed ontwikkelde heischrale vegetaties niet aangetroffen. Stikstof komt in de bodems van de standplaatsen van het heischraal grasland voor als nitraat of een mengsel van nitraat en ammonium. Verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem zijn, zeker in combinatie met een lage pH, vaak negatief voor de groei en ontwikkeling van kenmerkende heischrale plantensoorten zoals bijvoorbeeld Valkruid (De Graaf *et al.* 1998). In de meeste situaties wordt de groei van de vegetatie beperkt door stikstof, al kan in natte heischrale graslanden ook fosfaat mee van invloed zijn (o.a. Bobbink *et al.*, 1998; De Graaf, 2000).

Het onderscheid tussen droge en natte heischrale graslanden is uiteraard gebaseerd op de hydrologie. De natte heischrale graslanden worden ten minste gedurende één periode van het jaar beïnvloed door lokaal, licht gebufferd grondwater. De grondwaterstand bevindt zich dan gemiddeld 10 à 30 cm beneden het maaiveld, terwijl in droge perioden dalingen tot op meer dan 1 m diepte beneden het maaiveld optreden. De droge heischrale graslanden liggen in intrekgebieden en zijn voor hun buffering vooral afhankelijk van leemhoudend of minder verweerd bodemmateriaal. Menselijke activiteiten zoals het graven van leemkuilen kunnen zeker hebben bijgedragen tot deze meer gebufferde situaties.

1.1.4 Aantasting

De resterende droge heischrale graslanden van het Pleistocene zandlandschap zijn nu vrijwel volledig gelegen in natuurterreinen, maar de eens zo rijke flora en fauna is echter sinds de Tweede Wereldoorlog toch ernstig achteruit gegaan (o.a. Van Dam *et al.*, 1986). Heischrale graslanden zijn namelijk zeer gevoelig voor de negatieve gevolgen van atmosferische N-depositie. Vooral bodemverzuring (hoge concentraties Al, lage hoeveelheden basische kationen), verschuivingen in concurrentiepositie door vermessing ("vergrassing") en hoge concentraties ammonium zijn hiervoor verantwoordelijk (o.a. De Graaf, 2000; Van den Berg *et al.*, 2005; Stevens *et al.*, 2010; Dorland *et al.*, 2011). Dit alles betekent dat de gevoeligheid van heischrale graslanden voor atmosferische N-depositie hoog is d.w.z. hun kritische depositiewaarde (KDW) is laag (10-15 kg N ha⁻¹ jr⁻¹) (Bobbink *et al.*, 2010). In een recente Europese studie in droge heischrale graslanden is inderdaad aangetoond dat de soortenrijkdom van de vegetatie sterk

verminderd is in streken waar de atmosferische N-depositie hoger is dan de KDW (figuur 1.2).



Figuur 1.2. Aantal plantensoorten per 4 m² in droge heischrale graslanden bij verschillende N-depositie (in klassen t.o.v. de CL (=KDW)) (gegevens uit 9 landen; Dorland et al., 2011).

Number of plant species per 2 x 2 m plots in dry matgrass vegetation (*Violion caninae*) across 9 European countries in relation to atmospheric N deposition (in 4 classes, related to the empirical critical load CL; expressed as kg N ha⁻¹ yr⁻¹) (Dorland et al., 2011).

Verbetering van de interne kwaliteit van nog aanwezige droge heischrale graslanden via herstelbeheer (EGM/OBN) is een moeizaam proces, omdat vrijwel altijd een combinatie van maatregelen vereist is, namelijk kleinschalig plaggen met uitsparing van restpopulaties, met daarnaast bekalking om de buffercapaciteit te herstellen. De abiotiek is dan veelal adequaat en langdurig te herstellen, maar de meeste verdwenen Rode-lijstsoorten uit het heischrale milieu komen niet terug, aangezien deze planten geen langlevende zaadvoorraad hebben en de nog aanwezige populaties te veraf gelegen zijn (o.a. Dorland et al., 2003; Bobbink et al., 2004).

1.2 Focus huidig onderzoek

Naast het verbeteren van de kwaliteit van nog aanwezige restanten heeft Nederland zich ten doel gesteld de oppervlakte met (droge) heischrale graslanden significant te vergroten. Daarvoor is de uitbreiding van veel bestaande natuurreservaten – of Natura2000-gebieden - in de laatste twee decennia met omliggende agrarische gronden een uitgelezen mogelijkheid. Landbouwgronden in het zandlandschap zijn namelijk bijna altijd langdurig bekalmt en hebben daardoor een hogere pH en concentratie basische kationen in de bodem dan veel verzuurde natuurterreinen in het zandlandschap. Dit maakt voormalige landbouwgronden in potentie zeer geschikt voor de ontwikkeling van (droge) heischrale graslanden, omdat deze buffering met een lage Al/Ca-ratio en een lage NH₄⁺/NO₃⁻ratio nodig is (o.a. Kleijn et al., 2008; De Graaf et al., 2009). Bijna altijd hebben deze landbouwgronden echter veel te veel nutriënten (P, N) in de bovenlaag (Verhagen et al., 2003;

Lamers *et al.*, 2009). Het is mogelijk om deze zeer voedselrijke situatie met een gericht maaibeheer te verarmen, maar dit is een zeer langdurig proces. Het verwijderen van stikstof (N) is praktisch redelijk uitvoerbaar, maar deze wordt op veel plaatsen teniet gedaan door atmosferische N-depositie. Het afvoeren van fosfaten geschiedt zeer traag, waardoor het verlagen van de fosforconcentratie zeer langzaam verloopt. Het bereiken van geschikte nutriënteniveaus voor deze graslanden vanuit sterk bemeste landbouwgrond zal op deze manier vele decennia duren.

Verarming van de standplaats kan sterk worden versneld door de voedselrijke top laag te verwijderen. Wordt dit niet afdoende gedaan, dan zal het in praktijk moeilijk zijn om op termijn schrale doeltypen te realiseren. Wanneer wel voldoende wordt ontgrond, geeft dit echter geen garantie voor succes. In de praktijk blijft een snelle ontwikkeling van doelvegetaties vaak uit (Verhagen *et al.*, 2003; Bekker, 2008). Spontane vestiging van doelsoorten blijkt vaak niet of nauwelijks voor te komen. Een belangrijk knelpunt is het ontbreken van een zaadvoorraad of van diasporen. Het aanbrengen van maaisel uit goedontwikkelde gebieden kan daarom helpen om vestiging van doelsoorten op korte termijn mogelijk te maken, zoals in natte graslanden en hellinggraslanden is aangetoond (Klimkowska *et al.*, 2007; Smits *et al.*, 2008).

Er zijn ook duidelijke aanwijzingen dat het aanwezige bodemvoedselweb een bottleneck zou kunnen vormen op voormalige landbouwgrond. Recent onderzoek heeft laten zien dat de bodemfauna en de microbiële gemeenschap die op omgevormde voormalige landbouwgronden aanwezig is, na 10-20 jaar nog steeds het meest lijkt op die van intensief gebruikte landbouwgronden (Frouz *et al.*, 2009). Dit betekent hoogstwaarschijnlijk dat veel processen in de bodem anders verlopen dan in ongestoorde heischrale graslanden. Bodemmesofauna en micro-organismen (bacteriën en schimmels) zorgen samen voor de afbraak van organisch materiaal en zijn daarmee bepalend voor de stofkringloop. Bodembiota spelen daarnaast een belangrijke rol in veel interacties die bepalend kunnen zijn voor de vestiging van planten, de concurrentie tussen planten, successie en de vorming van specifieke plantengemeenschappen (De Deyn *et al.*, 2003; Frouz *et al.*, 2008; Roubickova *et al.*, 2009; Mudrak *et al.*, 2012). Onder deze interacties vallen onder andere ook verschillende symbiotische interacties met plantenwortels, herbivorie en veranderingen in bodemstructuur en de vorming van bodemhorizonten (De Deyn *et al.*, 2003; Frouz *et al.*, 2008, Roubickova *et al.*, 2009; Mudrak *et al.*, 2012). Microcosmosexperimenten hebben aangetoond dat het enten van bodembiota substantieel kunnen bijdragen aan de vestiging van doelvegetaties (De Deyn *et al.*, 2003). Daarnaast zijn bodembiota ook erg gevoelige indicatoren voor het succes van herstelmaatregelen. Bodembiota hebben meestal een erg trage verspreiding en ze hebben tevens een bepaalde mate van bodem- en vegetatieontwikkeling nodig om een plek te kunnen koloniseren. Dit heeft tot het idee geleid dat het overbrengen van bodem van plekken met een doelvegetatie de vestiging van bodembiota kan versnellen en daarmee ook de ontwikkeling van doelvegetaties. Dit is mogelijk niet eenvoudig te realiseren in droge heischrale graslanden omdat de kale bodem snel uitdroogt en geënte organismen daardoor mogelijk snel weer sterven.

Hoewel het bovenstaande door veel terreinbeheerders en wetenschappers wordt aangenomen is met name de beschreven relatie tussen de bovengrondse en ondergrondse gemeenschap nog hypothetisch, laat staan dat er reeds goed ontwikkelde herstelmaatregelen zijn ontwikkeld. Het OBN-onderzoeksproject "Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden" beoogt middels experimenteel onderzoek aan

de noodzakelijke kennisontwikkeling op dit vlak bij te dragen en richt zich vooral op de praktijkschaal om tot een succesvolle ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden te komen.

1.3 OBN-project Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden

Het OBN-project Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden is begin april 2011 gestart en had een looptijd van 2 jaar. Het project had als doel de volgende kennisvragen te beantwoorden:

1. Op welke wijze (vers maaisel, toevoer zaden) kunnen kenmerkende plantensoorten het beste toegevoerd worden na ontgronden?
2. Op welke wijze (bijv. enten met bodemmateriaal) en met welke tijdsfasering kan het gewenste bodemleven (bodemfauna; schimmels) het beste hersteld worden?
3. Kan in situaties waar ruim na uitvoering (> 10 jaar) geen hervestiging van bedreigde doelsoorten (planten, bodemfauna) uit heischrale graslanden heeft plaatsgevonden, dit als nog bereikt worden via mogelijke toevoertekniken, en hoe kan dit het meest effectief gebeuren?
4. Wat zijn van dit alles de consequenties voor waar heischraal grasland het beste ontwikkeld kan worden en via welke (combinatie van) maatregelen kan dit het beste worden uitgevoerd?

Kennisvraag 1 en 2 zijn onderzocht met behulp van experimenten op net ontgronde voormalige landbouwgronden, terwijl vraag 3 aan bod komt in het tweede deel van dit rapport waarin de ontwikkeling van reeds 10-15 jaar geleden heringerichte gebieden is vergeleken met referentiegebieden en waarin wordt onderzocht of het mogelijk is om de kwaliteit van deze gebieden alsnog te verbeteren door het inbrengen van maaisel, zaad en bodemmateriaal. De eerste uitkomsten van deze deelonderzoeken samen leiden tot een voorlopige beantwoording van kennisvraag 4.

1.4 Onderzoeksconsortium

Het in dit rapport beschreven onderzoek is uitgevoerd door een onderzoeksconsortium, bestaand uit Onderzoekcentrum B-ware, Universiteit Antwerpen en het Institute for Soil Biology in Tsjechië.

Onderzoekcentrum B-ware is opgetreden als hoofdaannemer en heeft de dagelijkse projectleiding van het project verzorgd. Daarnaast leverde B-ware (dr. Roland Bobbink en dr. ir. Roos Loeb) de expertise op het gebied van bodemchemische processen. De Ecosystem Management Research Group van de Universiteit Antwerpen (prof. dr. Rudy van Diggelen en drs. Arrie van der Bij) voerde het onderzoek op het gebied van vegetatie uit. De Universiteit Antwerpen heeft daarnaast het aanbrengen van het donormateriaal voor de fauna verzorgd en nam tevens de bodemmonsters voor mesofauna en PLFA. Het Institute for Soil Biology (dr. Jan Frouz) verzorgde de determinatie en ecologische interpretatie van de bodemmesofaunamonsters en de PLFA-analyses.

Medio april 2011 is met het onderzoeksconsortium een ééndaagse kick-off meeting gehouden in Nijmegen. Daarna zijn in november 2011 en maart 2013 vervolgbijeenkomsten georganiseerd in Antwerpen over de stand van zaken van het onderzoeksproject en het schrijven van het rapport.

1.5 Leeswijzer

In dit eindrapport van het OBN-project "Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden" worden de uitkomsten van het project beschreven. Na een inleiding over de ecologie van heischrale graslanden en de problemen bij de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond zijn in hoofdstuk 1 de kennisvragen en het onderzoeksconsortium beschreven. In hoofdstuk 2 worden de onderzoekslocaties, de methodiek en de resultaten van het experiment dat opgestart is direct na ontgronden beschreven. Hierbij is achtereenvolgend aandacht besteed aan de vegetatie, bodemchemie en het bodemleven. Het hoofdstuk wordt tenslotte besloten met een korte synthese. Vervolgens wordt de stagnatie van de ontwikkeling van heischrale graslanden 10-15 jaar na inrichting besproken in hoofdstuk 3, met wederom aandacht voor vegetatie, bodemchemie en bodemleven. In dit hoofdstuk wordt ook aandacht besteed aan het kleinschalige experiment waarmee beoogd wordt de gestagneerde situatie te vitaliseren. In hoofdstuk 4 wordt tenslotte een synthese van het geheel gegeven plus de voorlopige aanbevelingen voor herstel, waarna het rapport wordt besloten met de literatuurlijst en bijlagen.

2 Experimenten direct na ontgronden

2.1 Inleiding

Om te achterhalen hoe de ontwikkeling van voormalige landbouwgrond naar droog heischraal grasland direct na herinrichting (in dit geval direct na ontgronden) het best op gang gebracht kan worden is een veldexperiment is opgestart. In dit experiment worden op verschillende manieren plantendiasporen en bodemfauna aangebracht op de juist ontgronde situatie.

2.2 Proefopzet

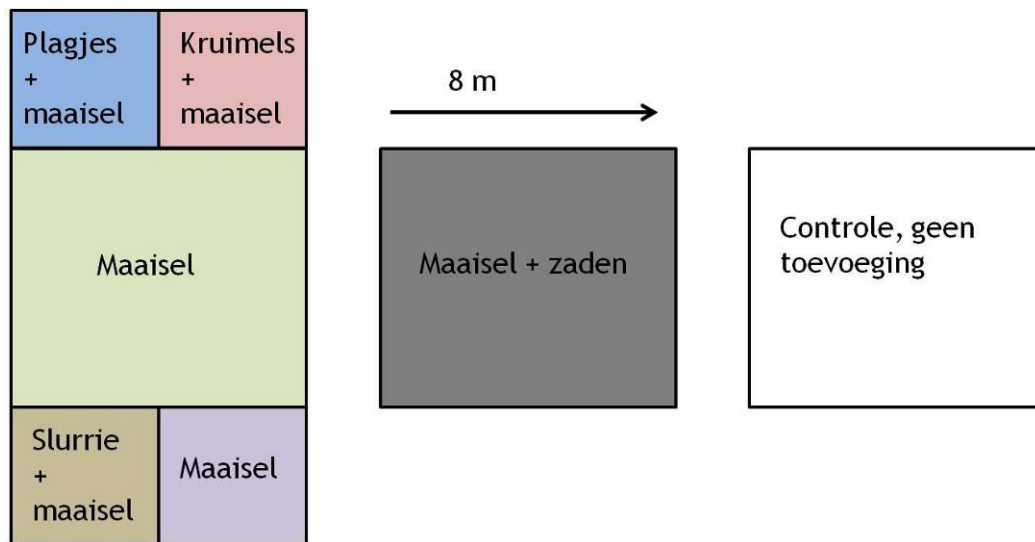
Dit onderzoek is uitgevoerd in de drie Pleistocene regio's waarin droge heischrale graslanden in Nederland hun zwaartepunt hebben (Noordenveld in Noord-Nederland, locatie bij Wekerom in Centraal-Nederland en het Wolfsven in Zuid-Nederland) (figuur 2.1). Door de verschillen in herkomst van de zandafzettingen in deze regio's zijn er lokale verschillen in de abiotische uitgangssituatie, zoals in de korrelgrootte van de zandfractie en de ijzerrijkdom van het moedermateriaal. Daarnaast vallen de drie regio's in verschillende floradistricten (het Drents district in het noorden van Nederland, het Gelders district op de Veluwe en het Kempens en Subcentroop district in het zuiden). Hierdoor zijn er ook lokale verschillen in het voorkomen van plantensoorten en diasporen van deze plantensoorten.



Figuur 2.1. Ligging van de experimentele locaties waar recent ontgrond is (geel) en donorsites (blauw).

Situation of the experimental sites with recent top soil removal (yellow) and of the donorsites (blue).

In het experiment zijn op kale bodem 3 typen proefvlakken uitgezet (figuur 2.2). Het eerste type proefvlak is een controleproefvlak (8x8 meter), waarin geen materiaal is ingebracht. In het tweede type proefvlak (8x8 meter) is vers maaisel uit donorgebied opgebracht. Voor elke regio is een donorgebied uit dezelfde regio gekozen (figuur 2.1). Naast maaisel is er in dit proefvlak ook zaad aangebracht van specifieke kenmerkende soorten. Van welke soorten zaad is aangebracht, verschilt per locatie. In paragraaf 2.4.1 wordt hiervan een overzicht gegeven. Het derde type proefvlak (8x16 meter, dus 2x zo groot) is onderverdeeld in een aantal deelproefvlakken. In het gehele proefvlak is maaisel uit het betreffende donorgebied aangebracht. In 3 deelproefvlakken van 4x4 meter is bodemmateriaal uit het donorgebied aangebracht om bodemorganismen te "enten". Dit is in elk van deze deelproefvlakken op een andere manier gedaan: door middel van bodemkruimels, door middel van kleine plaggen en door middel van toediening van een slurrie (zie paragraaf 2.4.1 voor details). De grootte van de proefvlakken is gekozen op grond van de beschikbaarheid van vers maaisel van goedontwikkeld droog heischraal grasland, en de beperkte beschikbaarheid van bodemmateriaal uit goed ontwikkeld donorgebied. De ligging van de drie proefvlakken ten opzichte van elkaar en de ligging van de deelproefvlakken binnen het grote proefvlak van 8x16 meter is per toeval bepaald. Op het Noordenveld zijn vier herhalingen van de drie proefvlakken geplaatst, in Wekerom vanwege de beperkte ruimte twee herhalingen en in het gebied Wolfsven tenslotte drie herhalingen. Alle proefvlakken liggen minimaal 3 meter uit elkaar. Vanwege ruimtegebrek zijn er in Wekerom en het Wolfsven lokaal enige concessies gedaan aan de afmetingen van de proefvlakken. Dit wordt in paragraaf 2.3 besproken bij de beschrijving van de verschillende gebieden.



Figuur 2.2. Experimentele opzet gebieden direct na ontgronden.

Design of the experiments at the sites with recent top soil removal.

2.3 Gebiedsbeschrijvingen

Noordenveld

Het Noordenveld is een voormalige landbouwenclave in Drenthe die deel uitmaakt van Natura-2000-gebied Dwingelderveld (figuur 2.3). Het gebied bestaat uit grondmorene en dalvormige laagten zonder veen. De bodem van het Noordenveld bestond voor afgraving uit veldpodzolgronden met lemig fijn zand en een keileemlaag beginnend op 40-120 cm onder maaiveld (GWT Vb) (bodemdata.nl). Het perceel met de proefvlakken werd tussen 1938 en 1954 ontgonnen; sommige percelen in het Noordenveld iets eerder, andere iets later (watwaswaar.nl). Voor de ontginning bestond het gebied uit droge en natte heide met vennen en natte laagtes (slenken).



Figuur 2.3. Links: ligging Dwingelderveld en Noordenveld (landbouwenclave), met in rood de ligging van de proefvelden aangegeven (googlemaps.nl). Rechts: ligging van het Noordenveld in 1930, toen de heide nog nauwelijks ontgonnen was (watwaswaar.nl).

On the left: location of the Dwingelderveld and Noordenveld (agricultural enclave), with in red the experimental plots (maps.google.nl). On the right: location of the Noordenveld in 1930, when it was still dominated by heathland (watwaswaar.nl).

In voorjaar-zomer 2011 zijn grote delen van het Noordenveld ontgrond om de P-rijke toplaag te verwijderen (figuur 2.4). Er is circa 30-40 cm afgegraven. Het doel is om op het Noordenveld vooral natte en droge heide te ontwikkelen. Omdat er nog enige buffering van de vroegere bekalking in de nieuwe toplaag aanwezig is, is het potentieel ook mogelijk om heischraal grasland te creëren. Het Noordenveld wordt beheerd door Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer. Het perceel waar het experiment loopt, is van Natuurmonumenten.



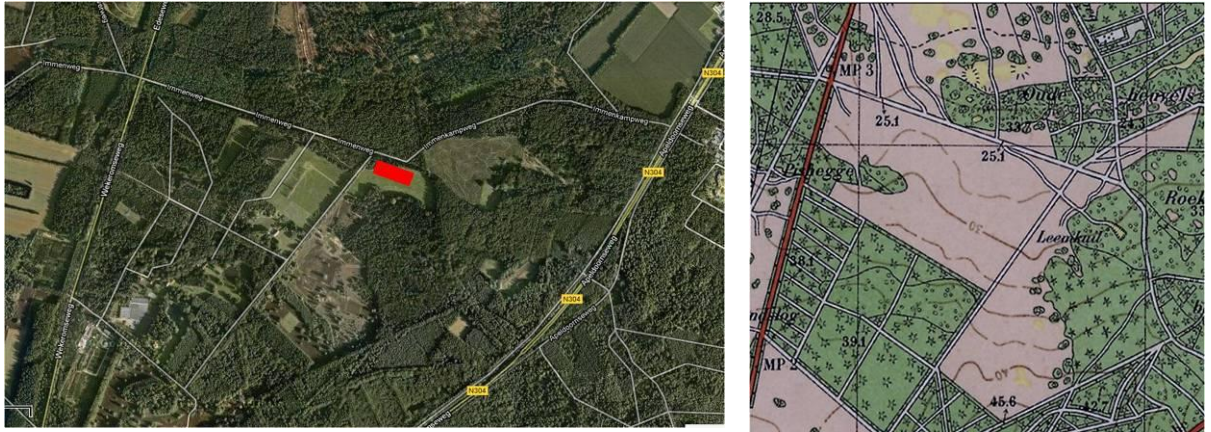
Figuur 2.4. Links: ontgroning van het Noordenveld, juli 2011. Rechts: één van de proefvlakken in het Noordenveld enkele maanden na ontgronden. In het hele proefvlak (8 x 16 m) is maaisel aangebracht. In het deelproefvlak linksonder in beeld is bodem aangebracht in de vorm van bodemkruimels.

On the left: top soil removal in the Noordenveld, July 2011. On the right: one of the experimental plots. Hay was applied in the entire plot (8x16 m). In the subplot down on the left also soil crumbs were added.

In het Noordenveld zijn vier herhalingen van drie proefvlakken uitgelegd, ter compensatie van het gebied bij Wekerom, waar vanwege de beperkte ruimte slechts twee herhalingen konden worden geplaatst. De proefvlakken zijn in het perceel zo hoog mogelijk geplaatst, zodat er 's winters geen inundatie op zou treden en de abiotische omstandigheden geschikt zouden zijn voor de realisatie van droog heischraal grasland.

Wekerom

In de buurt van Wekerom op de Veluwe zijn op landgoed Valouwe delen voormalige landbouwgrond ontgrond (figuur 2.5). Het gebied ligt op een hoge stuwwal. De bodem bestaat uit grofzandige (holt)podzolgrond met grind binnen circa 40 cm diepte (GWT VII-VIII) (bodemdata.nl). De proeflocatie is pas laat ontgonnen. Waarschijnlijk is het deel waar de proefvlakken gelegen zijn, pas eind jaren '80 of begin jaren '90 in agrarisch gebruik genomen. Voor de ontginning was de proeflocatie heide (watwaswaar.nl). Het landgoed is in particulier bezit. De ontgrondingen en het beheer worden begeleid door Bosgroep Midden-Nederland. Het perceel waar het experiment is uitgevoerd is in het vroege voorjaar van 2009 ontgrond (20-40 cm). De ontgrondingsdiepte werd lokaal beperkt door de mogelijke aanwezigheid van archeologische waarden in het gebied.



Figuur 2.5. Links: ligging van de proeflocatie op landgoed Valouwe bij Wekerom (maps.google.nl). Rechts: de proeflocatie in 1931 (watwaswaar.nl).

On the left: location of the experimental site at the Valouwe estate near Wekerom (maps.google.nl). On the right: the experimental site in 1931 (watwaswaar.nl).

Op de proeflocaties zijn twee series van 3 proefvlakken uitgezet (figuur 2.6). Vanwege de beperkte ruimte zijn de controleproefvlakken 4x8 m groot, in plaats van 8x8 meter. Eén van de proefvlakken waarin maaisel en zaden zijn aangebracht, is ook wat kleiner van vorm vanwege de beperkte ruimte (circa 50 m²). De proefvlakken zijn bij het uitzetten geschoffeld om de aanwezige planten te verwijderen en om voor alle proefvlakken dezelfde uitgangssituatie te verkrijgen.



Figuur 2.6. Het opbrengen van het verse maaisel op de proeflocatie bij Wekerom

The addition of fresh hay on the experimental site near Wekerom.

Wolfsven

Het Wolfsven ligt in het gebied Maasduinen ten zuiden van Nieuw-Bergen in het noorden van Limburg (figuur 2.7). Het gebied bestaat uit dekzandruggen en hoge landduinen met bijbehorende vlakten en laagten en met oude landbouwdekken. Het gebied is in de winter van 2010-11 afgegraven om het ven en de omliggende zandgronden te herstellen. Er is circa 30-40 cm afgegraven. Het gebied is in beheer bij Stichting Het Limburgs Landschap.



Figuur 2.7. Links: ligging van de proeflocatie in het Wolfsven (maps.google.nl). Rechts: Het Wolfsven in 1908 voor de ontginning. Het Reindersmeer (zandafgraving) bestond nog niet (watwaswaar.nl).

On the left: location of the experimental site Wolfsven (maps.google.nl). On the right: the Wolfsven area in 1908, before cultivation. Lake Reindersmeer, a sand pit, was not yet present (watwaswaar.nl).

Het Wolfsven is op de bodemkaart gekarteerd als grofzandige veld- en haarpodzolgronden (GWT V-VII) (bodemdata.nl). Het Wolfsven was vroeger het grootste ven van Limburg. Het ven werd omzoomd door hogere droge zandgronden. Het gebied bestond uit droge en natte heide en venvegetaties. Het ven werd in het begin van de 20^e eeuw ontgonnen.

In het Wolfsven zijn drie series van drie proefvlakken uitgezet (figuur 2.8). Vanwege de beperkte ruimte voor het experiment op het hooggelegen deel van het gebied, zijn de controleproefvlakken en de proefvlakken waarin maaisel en zaad is aangebracht, 6x8 meter in plaats van 8x8 meter. De ruimte tussen de proefvlakken in de oost-westrichting is om dezelfde reden twee meter in plaats van drie. De proefvlakken zijn bij het uitzetten geschoffeld om planten (voornamelijk Bezemkruiskruid, *Senecio inaequidens*) die zich al gevestigd hadden, te verwijderen.



Figuur 2.8. Opbrengen van het verse maaisel in de proefvlakken van het Wolfsven.

The addition of fresh hay on the experimental site Wolfsven.

Kleine Startbaan

Donorlocatie de Kleine Startbaan wordt vaak het best ontwikkelde droge heischrale grasland van Nederland genoemd. De Kleine startbaan ligt in Natura 2000-gebied Havelte-Oost aan de rand van de stuwwal van de Holterberg in een gebied met dekzandruggen (figuur 2.9). Het gebied is al zeer lang in beheer en gebruik door Defensie. Het gebied is in de Tweede Wereldoorlog ingericht en gebruikt als startbaan voor vliegtuigen. De bodem bestaat uit veldpodzolgronden met lemig fijn zand op keileem binnen 1,20 m (GWT VI) (bodemdata.nl).



Figuur 2.9. Ligging van de Kleine Startbaan in Havelte-Oost (maps.google.nl).

Location of the Kleine Startbaan in Havelte-Oost (maps.google.nl).

Grote Startbaan

De donorsite Grote Startbaan ligt op enkele kilometers van de Kleine Startbaan, eveneens in Havelte (figuur 2.9). Dit gebied is in de Tweede Wereldoorlog eveneens gebruikt als militair vliegveld, de bodem bestaat eveneens uit veldpodzolgronden met lemig fijn zand op keileem (bodemdata.nl). In tegenstelling tot de Kleine Startbaan is de Grote Startbaan in de afgelopen 30 tot 40 jaar nauwelijks beheerd, waardoor er bosvorming heeft plaatsgevonden. Er bleven echter nog steeds delen met heischrale vegetatie ontstaan. In 2008 is het onder beheer gekomen van de vereniging Natuurmonumenten, met als doel het herstellen van een gebied met fraaie heischrale graslanden. Bodem van de Grote Startbaan is gebruikt als donormateriaal.

Harskamp

Op militair oefenterrein Harskamp bevinden zich schietbanen die een sterk heischraal karakter hebben. Het gebied ligt op een daluitspoelingswaaier met droogdalen. De bodem bestaat uit haarpodzolgronden met leemarm of zwaklemig fijn zand (GWT VII) (bodemdata.nl). Het terrein is sinds het eind van de 19^e eeuw in beheer en gebruik door Defensie. Deze schietbanen worden gemaaid en ook regelmatig gebrand om de vegetatie laag te houden. Het donormateriaal is afkomstig van drie delen van het schietterrein India in het oosten van het gebied, waar onder andere Tandjesgras en Borstelgras staat (figuur 2.10). Elders in het gebied komt Valkruid (*Arnica montana*) voor. De heischrale terreinen van de Harskamp behoren tot de best ontwikkelde heischrale graslanden die nog op de Veluwe over zijn.

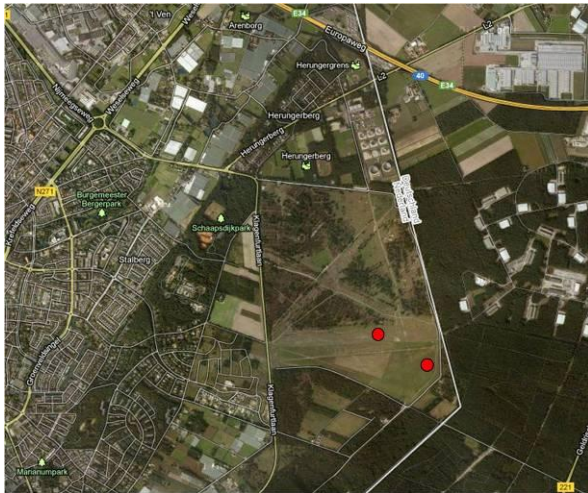


Figuur 2.10. Ligging van de schietterreinen gebruikt voor donormateriaal op Harskamp.

Location of the artillery ranges that were use for the collection of hay and soil at Harskamp.

Groote Heide

Het derde donorgebied is de Groote Heide bij Venlo (figuur 2.11). Het donormateriaal komt van twee verschillende terreintjes: het zweefvliegveld en het voormalig schietterrein. Het gebied ligt op een Maasterras, waardoor de bodem wat meer grind bevat en kalkrijker is dan in een groot deel van de rest van pleistoceen Nederland. De Groote Heide was sinds de 19^e eeuw een militair schietterrein. Sinds het begin van de 20^e eeuw werd er ook gevlogen vanaf de Groote Heide. Om het terrein vanuit de lucht niet als vliegveld herkenbaar te laten zijn, zijn er kleine perceeltjes op de heide aangelegd, die vanuit de lucht op akkertjes leken. Materiaal voor deze akkertjes is vanuit het Maasdal aangevoerd, waardoor de bodem verstoord is en er soorten die oorspronkelijk niet voorkwamen, zoals Herfsttijloos (*Colchicum autumnale*) zijn aangevoerd. In de Tweede Wereldoorlog breidden de Duitsers het vliegterrein uit naar Duits grondgebied en werden er zeer grote start- en landingsbanen aangelegd. Eind jaren '60 werd een klein deel van het militair oefenterrein omgevormd tot zweefvliegveld. Beide terreinen zijn nu in bezit van Limburgs Landschap. Het zweefvliegveld wordt intensief gebruikt door de plaatselijke zweefvliegclub. Op de bodemkaart 1:50.000 staat het gebied als haarpodzol met grof zand en grind aangegeven (GWT VII) (bodemdata.nl).



Figuur 2.11. Ligging van het zweefvliegveld (zuidoosten) en het voormalige schietterrein (noordwesten) op de Groote Heide (maps.google.nl).

Location of the glider field (in the southeast) and of the former artillery range (in the northwest).

Eifel

Donorgebieden zijn gebruikt als referentie voor goedontwikkelde Nederlandse droge heischrale graslanden. Buiten Nederland zijn echter beter ontwikkelde natuurgebieden met droge heischrale graslanden te vinden. Als aanvulling van de referenties is daarom een droog heischraal grasland in de Eifel bezocht. Dit gebied wordt beschreven in paragraaf 3.3.

2.4 Materiaal & Methoden

2.4.1 Inrichting proeflocaties

Aanbrengen maaisel

In de drie donorlocaties in de verschillende regio's is vers maaisel verzameld in september 2011 voor de proefterreinen in de desbetreffende regio's. De vegetatie in het donorgebied werd zo kort mogelijk afgemaaid door een kleine maaiër of maaibalk en opgevangen of opgeharkt (figuur 2.12). In Zuid-Nederland (Grote Heide, Venlo) en Midden-Nederland (schietterrein Harskamp) is op meerdere plaatsen in het gebied gemaaid. Om de soorten in het maaisel evenredig te verspreiden is het maaisel van de verschillende plaatsen gemengd voordat het werd ingebracht in de proefvlakken. Het maaisel is handmatig ingebracht (figuur 2.8) met een verhouding van 1:1 tussen het oppervlak van het proefvlak en het donorgebied.

Aanbrengen zaden

Zaden van kenmerkende soorten uit het heischrale verbond of van soorten die er vaak voorkomen zijn verzameld in de donorlocaties en in de gebieden zelf buiten de proefvlakken gedurende augustus en september 2011 (tabel 2.1). De zaden zijn aan de lucht gedroogd en in oktober of november 2011 opgebracht. De zaden zijn verzameld per regio en in samenspraak met de beheerders alleen in de proefvlakken binnen de regio ingebracht. Per soort zijn de zaden naar aantal evenredig verdeeld over de verschillende proefvlakken. Na het uitstrooien zijn de zaden ingeharkt. Zaden van Valkruid en Grasklokje zijn gekocht bij een Arnica-kwekerij in Dwingeloo omdat deze in de nazomer niet meer te verzamelen waren in het veld. Het oorspronkelijke zaadmateriaal van deze kwekerij is begin jaren '80 van de vorige eeuw verzameld op het Dwingelderveld voor Valkruid en eind jaren negentig voor Grasklokje (mond. mededeling Henk Pleiter).



Figuur 2.12. Het opbrengen van het maaisel. Linksboven: maaien van de Kleine Startbaan, Havelte. Rechtsboven: proefvlakken met maaisel in het Noordenveld, Dwingeloo. Linksonder: maaien van Harskamp. Rechtsonder: maaien Groote Heide (zweefvleigveld).

The addition of the hay. On the top left: mowing at the Kleine Startbaan, Havelte. On the top right: experimental plots with hay in the Noordenveld, Dwingeloo. Down on the left: mowing at Harskamp. Down on the right: mowing at the Groote Heide (glider field).

Tabel 2.1. Opgebrachte zaden in de experimenten direct na ontgronden. Wetenschappelijke namen staan vermeld in Bijlage 2, tabel 6.2.

Applied seeds in the experiments immediately after topsoil removal. Scientific names are listed in Appendix 2, Table 6.2.

Locatie	Soorten waarvan zaden zijn opgebracht
Noordenveld	Blauwe knoop, Echte guldenroede, Grasklokje, Hondsviooltje, Klein vogelpootje, Liggend walstro, Liggende vleugeltjesbloem, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Valkruid, Kleine tijm, Zandblauwtje
Wekerom	Blauwe knoop, Klein vogelpootje, Mannetjesereprijs, Stijf havikskruid, Stijve ogentroost, Tandjesgras
Wolfsven	Donderkruid, Duits viltkruid, Echt duizendguldenkruid, Geelhartje, Gewone rolklaver, Hazenpootje, Muizenoor, Rapunzelklokje, Stijf havikskruid, Tandjesgras, Zandblauwtje

In- of aanbrengen bodemmateriaal

Er zijn drie verschillende methodes voor het in- of opbrengen van bodemfauna gebruikt. In elke replica zijn in de vier deelproefvlakken van elk 4 bij 4 meter (zie ook figuur 2.2) plagjes, verkruid materiaal, slurrie of

geen materiaal ingebracht. De donorlocaties waar het maaisel is verzameld, zijn ook gebruikt voor de bodemfauna, behalve bij het Noordenveld, waarvoor bodemmateriaal van de Grote Startbaan is gebruikt. Het bodemmateriaal is per regio verzameld en ingebracht. Vanwege de zeldzaamheid van heischrale terreinen was de hoeveelheid donormateriaal beperkt. Voor elke methode werd dezelfde hoeveelheid bodemmateriaal per proefvlak gebruikt. Per proefvlak is 0,5 m² donormateriaal opgebracht. Dit komt overeen met een verhouding van 1 op 36.

Plagjes

Op de donorlocaties zijn plagjes gestoken met een diameter van 8 cm en een diepte van 5 cm. Per proefvlak zijn er 100 plaggen ingebracht (= 0,5 m²). In de proefvlakken zijn gaten met dezelfde afmetingen gestoken, waarin de plaggen zijn geplaatst in oktober of november 2011 (figuur 2.13). De plaggen zijn met de vegetatie naar boven toe geplaatst. Met deze methode wordt verwacht dat ook de grote macrofauna goed overgebracht kan worden, omdat de bodem van de donorlocatie intact blijft. Nadeel is dat het materiaal van de plaggen maar in beperkte mate wordt verspreid over het proefvlak, waardoor de effecten iets verder van de plaggen afhangen van de kolonisationsnelheden van de desbetreffende bodemorganismen.



Figuur 2.13. Inbrengen bodemfauna. Linksboven: gestoken plagjes; rechtsboven: ingebrachte plagjes in een proefvlak in het Noordenveld, Dwingeloo; linksonder: ingegraven plag; rechtsonder: proefvlak waar verkruid bodemmateriaal is ingeharkt.

The addition of soil biota. On the top left: collection of small sods; on the top right: introduced sods in the Noordenveld, Dwingeloo; down on the left: small sod dug into the soil; down on the right: experimental plot with added soil crumbs.

Verkruiemd materiaal

Voor het verkruiemde materiaal is 0,5 m² tot op een diepte van 5 cm geplagd op de donorlocaties en zoveel mogelijk verkruiemd met een plagschop. Dit materiaal is evenredig verspreid over het proefvlak en gemengd met de toplaag om uitdroging te voorkomen (figuur 2.13). Het materiaal is ingebracht in oktober en november 2011. Met deze methode worden de microben en kleinere bodemfauna goed verspreid over de toplaag. De macrofauna zal met deze methode waarschijnlijk minder goed overgebracht worden.



Figuur 2.14. Het toedienen van de slurrie in het Wolfsven, Well. Linksboven: het geplagde donormateriaal wordt gezeefd, het bodemmateriaal wordt in water gesuspenseerd; rechtsboven: de vegetatie blijft in de korf achter; linksonder: de verspreide slurrie op het proefvlak; rechtsonder: het proefvlak na het begieten met water.

The addition of slurry in the Wolfsven, Well. On the top left: the sod-cut material being sieved, the material is suspended in water; on the top right: the vegetation stays in the sieving basket; down on the left: the spread slurry in the experimental plot; down on the right: the experimental plot after watering.

Slurrie

Geplagd bodemmateriaal van 0,5 m² en een diepte van 5 cm werd voor zover mogelijk gesuspenseerd in water (figuur 2.14). Alle grond werd voor zover mogelijk uit de plagen gezeefd. De vegetatie is niet gebruikt voor de slurrie. De gemaakte slurrie werd handmatig over het proefvlak verdeeld. Het hele proefvlak werd na het toedienen van de slurrie begoten met water om de verspreiding van de slurrie en het indringen in de bodem te bevorderen. Per proefvlak is 75 liter water gebruikt voor de totale behandeling. De slurrie is in

maart 2012 ingebracht. Met deze methode wordt een goede verspreiding van de microben (schimmels & bacteriën) verwacht. De wat grotere bodemorganismen zullen met deze methode niet tot minimaal worden verspreid.

2.4.2 Vegetatiebeschrijvingen

Vegetatie-opnames

In 2011 en 2012 zijn opnames gemaakt rond de drie locaties van het experiment direct na ontgronden om de aanwezige soorten in kaart te brengen. Deze opnames zijn gemaakt volgens de Tansley schaal (Tansley, 1946), en hebben een oppervlak van 1 hectare.

De vegetatie van de donorgebieden voor maaisel en bodem is in kaart gebracht door een opname volgens de Tansley methode te maken van de gemaaide stukken. Als er in een gebied meerdere stukken werden gemaaid, is van elk van deze stukken een opname gemaakt. Binnen deze stukken zijn er een aantal opnames volgens de schaal van Londo (Londo, 1976) gemaakt in vierkanten van 2,5 bij 2,5 meter. De coderingen van de opnameschalen zijn te vinden in Bijlage 3.

In 2011 zijn er nog geen opnames van de proefvlakken gemaakt omdat deze zeer recent waren ontgrond. In 2012 zijn van elk ingericht proefvlak 2 opnames gemaakt. In het midden van ieder proefvlak is een permanent kwadraat van 2 bij 2 meter neergelegd, waarin een opname is gemaakt volgens de Londo schaal. De aanwezige soorten in het hele proefvlak zijn beschreven volgens de Tansley methode.

Analyse vegetatie-opnames

Om te kunnen beoordelen in hoeverre de vegetatie in een bepaald gebied overeenkomt met een karakteristieke heischrale vegetatie is een zogenaamde verzadigingsindex berekend aan de hand van de gebiedsbedekkende Tansley-opnamen. Dit is een methode om vegetaties met een doel vegetatie te vergelijken (Wolters *et al.*, 2005, Klimkowska *et al.*, 2007). Aangezien veel karakteristieke en differentiërende soorten van het heischrale verbond in de meeste gebieden niet voorkomen, is er een soortenlijst van 80 soorten samengesteld die geassocieerd zijn met het heischrale verbond (tabel 2.2). Deze soortenlijst is gebaseerd op de soortenlijst van het heischrale verbond in "De Vegetatie van Nederland" (Schaminee *et al.*, 1996). Voor de bepaling van de Rodelijst-soorten is de lijst uit de Staatscourant in 2004 gebruikt. Omdat enkele gebieden in het buitenland liggen, zijn ook van de Duitse soortenlijst enkele soorten toegevoegd die geassocieerd zijn met het heischrale verbond. Enkele van deze soorten komt niet in Nederland voor, voor de indeling op Rodelijst-soorten is hiervoor de Rodelijst van Rijnland-Palts (waar de Vulkaaneifel onder valt) uit 2006 gebruikt (http://www.mufv.rlp.de/fileadmin/mufv/img/inhalte/natur/RoteListen2006_11.pdf). De verzadigingsindex zegt niets over de natuurbeschermingswaarde van de vegetatie, aangezien algemene en Rode-lijstsoorten hetzelfde worden beoordeeld. Om de verzadigingsindex te berekenen wordt het aantal soorten van de soortenlijst die in het gebied voorkomen bepaald, en gedeeld door het totaal aantal soorten:

Verzadigingsindex = aantal soorten opname / aantal soorten soortenlijst

De waardes van de verzadigingsindex liggen tussen 0 en 1. In gebieden/proefvlakken met een waarde dicht bij 0 komt een (zeer) klein

aantal soorten van de soortenlijst voor, bij hogere waardes zijn er meer soorten van de soortenlijst aanwezig. Doordat de omschrijving (soortenlijst) van een plantengemeenschap gebaseerd is op een steekproef van opnames waarin allerlei soorten voorkomen die algemener of zeldzamer zijn, zal een afzonderlijk terrein nooit al deze soorten kunnen bevatten en zal de verzadiging van een gebied dus nooit 100 procent kunnen zijn. Ook in goed ontwikkelde heischrale graslanden ontbreken vele van de soorten die er potentieel in dat gebied voor zouden kunnen komen (zie figuur 3.15). Deze lijst is derhalve geen maatstaaf voor hoe de samenstelling van de vegetatie in een goed ontwikkeld heischraal grasland zou moeten zijn, alleen een manier om gebieden met elkaar te kunnen vergelijken op basis van het aantal heischrale soorten dat er voorkomt. De verwachting is dat de verzadigingsindex die de donorgebieden en referenties halen, de hoogst mogelijk haalbare verzadiging zal zijn.

Tabel 2.2. Soortenlijst met aan het heischrale verbond geassocieerde soorten en hun weegfactor.

Species list of species associated with the Nardo-Galium class en their weighing factors.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Weeg- factor	Rode Lijst
Betonie	<i>Stachys officinalis</i>	3	ja
Bevertjes	<i>Briza media</i>	3	ja
Biggenkruid, Gewoon	<i>Hypochaeris radicata</i>	1	
Borstelgras	<i>Nardus stricta</i>	3	ja
Brem	<i>Cytisus scoparius</i>	1	
Brem, Kruip	<i>Genista pilosa</i>	3	ja
Brem, Pijl	<i>Genista sagittalis</i>	3	
Brem, Stekel	<i>Genista anglica</i>	3	ja
Bremraap, Grote	<i>Orobanche rapum-genistae</i>	3	ja
Donderkruid	<i>Inula conyzae</i>	1	
Dophei, Gewone	<i>Erica tetralix</i>	1	
Droogbloem, Bleekgele	<i>Gnaphalium luteo-album</i>	2	
Droogbloem, Bos	<i>Gnaphalium sylvaticum</i>	3	
Duizendguldenkruid, Echt	<i>Centaureum erythraea</i>	2	
Ereprijs, Mannetjes	<i>Veronica officinalis</i>	2	
Geelhartje	<i>Linum catharticum</i>	3	ja
Gentiaan, Klokje	<i>Gentiana pneumonanthe</i>	3	ja
Grondster	<i>Illecebrum verticillatum</i>	3	ja
Guldenroede, Echte	<i>Solidago virgaurea</i>	3	ja
Haver, Vroege	<i>Aira praecox</i>	1	
Havikskruid, Dicht	<i>Hieracium lachenalii</i>	1	
Havikskruid, Oranje	<i>Hieracium aurantiacum</i>	1	
Havikskruid, Scherm	<i>Hieracium umbellatum</i>	2	
Havikskruid, Stijf	<i>Hieracium laevigatum</i>	2	
Hazenpootje	<i>Trifolium arvense</i>	1	
Hertshooi, Fraai	<i>Hypericum pulchrum</i>	3	ja
Hertshooi, Liggend	<i>Hypericum humifusum</i>	1	
Kamgras	<i>Cynosurus cristatus</i>	3	ja
Kartelblad, Heide	<i>Pedicularis sylvatica</i>	3	ja
Klokje, Gras	<i>Campanula rotundifolia</i>	2	
Klokje, Rapunzel	<i>Campanula rapunculus</i>	3	ja
Knautia, Berg	<i>Knautia arvensis</i>	3	ja
Knoop, Blauwe	<i>Succisa pratensis</i>	3	ja

Knoopkruid	<i>Centaurea jacea</i>	2	
Knoopkruid, Zwart	<i>Centaurea nigra</i>	3	ja
Leeuwentand, Kleine	<i>Leotodon saxatilis</i>	1	
Leeuwentand, Vertakte	<i>Leotodon autumnalis</i>	1	
Margriet, Gewone	<i>Leucanthemum vulgare</i>	2	
Muizenoor	<i>Hieracium pilosella</i>	1	
Nachtorchis, Berg	<i>Platanthera montana</i>	3	ja
Nachtorchis, Welriekende	<i>Platanthera bifolia</i>	3	ja
Ogentroost, Stijve	<i>Euphrasia stricta</i>	3	ja
Orchis, Gevlekte	<i>Dactylorhiza maculata</i>	3	ja
Pijpenstrootje	<i>Molinia caerulea</i>	1	
Ratelaar, Kleine	<i>Rhinanthus minor</i>	3	ja
Reukgras, Gewoon	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1	
Rolklaver, Gewone	<i>Lotus corniculatus</i>	1	
Rus, Trek	<i>Juncus squarrosus</i>	1	
Schapengras, Fijn	<i>Festuca filiformis</i>	1	
Schapengras, Ruig	<i>Festuca ovina</i>	3	ja
Sint-Janskruid	<i>Hypericum perforatum</i>	1	
Smele, Bochtige	<i>Deschampsia flexuosa</i>	1	
Streepzaad, Groot	<i>Crepis biennis</i>	1	
Streepzaad, Klein	<i>Crepis capillaris</i>	1	
Struisgras, Gewoon	<i>Agrostis capillaris</i>	1	
Stuikhei	<i>Calluna vulgaris</i>	1	
Tandjesgras	<i>Danthonia decumbens</i>	2	
Tijm, Kleine	<i>Thymus serpyllum</i>	3	ja
Tormentil	<i>Potentilla erecta</i>	2	
Valkruid	<i>Arnica montana</i>	3	ja
Veldbies (G)	<i>Luzula sp.</i>	2	
Veldbies, Gewone	<i>Luzula campestris</i>	2	
Viltkruid, Duits	<i>Filago vulgaris</i>	3	ja
Viltkruid, Dwerg	<i>Filago minima</i>	3	ja
Violtje, Hond	<i>Viola canina</i>	3	ja
Vleugeltjesbloem, Liggende	<i>Polygala serpyllifolia</i>	3	ja
Vogelpootje, Klein	<i>Ornithopus perpusillus</i>	1	
Vrouwenmantel, Geelgroene	<i>Alchemilla xanthochlora</i>	3	ja
Walstro, Liggend	<i>Galium saxatile</i>	2	
Wolfsklauw, Moeras	<i>Lycopodiella inundata</i>	3	ja
Zandblauwtje	<i>Jasione montana</i>	2	
Zegge, Blauwe	<i>Carex panicea</i>	1	
Zegge, Geelgroene	<i>Carex oederi</i>	1	
Zegge, Pil	<i>Carex pilulifera</i>	2	
Zegge, Ruige	<i>Carex hirta</i>	1	
Zegge, Zand	<i>Carex arenaria</i>	1	
Zonnedauw, kleine	<i>Drosera intermedia</i>	3	ja
Zonnedauw, Ronde	<i>Drosera rotundifolia</i>	3	ja
Zuring, Schapen	<i>Rumex acetosella</i>	1	

Tussen de drie verschillende locaties zijn aanzienlijke verschillen in het aantal heischrale soorten dat er potentieel voor kan komen. Aangezien de verzadigingsindex een relatieve maat is, geeft dit grote verschillen tussen de locaties. Om de behandelingen in de verschillende locaties beter met elkaar te kunnen vergelijken, is er voor ieder van de drie locaties een soortenlijst opgesteld voor de berekening van de verzadigingsindex. Deze soortenlijsten

zijn samengesteld uit de soorten die in 2011 en/of 2012 in het gebied voorkwamen, samen met de soorten die in het maaisel aanwezig waren en de soorten waarvan zaden zijn toegediend. De soortenlijsten voor de verschillende locaties zijn opgenomen in Bijlage 4.

Om een betere inschatting te kunnen maken van de natuurbeschermingswaarde van de vegetatie, is ook een gewogen index berekend. Voor deze gewogen index zijn de soorten in drie categorieën opgedeeld: veel voorkomende soorten geassocieerd met het heischrale verbond krijgen de waarde 1, minder voorkomende en belangrijke soorten binnen het heischrale verbond krijgen de waarde 2, en Rode-lijstsoorten krijgen de waarde 3. De weegfactoren per soort zijn opgenomen in tabel 2.2. De gewogen index wordt berekend door de scores van verschillende soorten bij elkaar op te tellen:

Gewogen index = som (weegfactor aanwezige soorten uit soortenlijst)

Om het effect van een bepaalde behandeling te bepalen, is het verschil in de (verzadigings)index berekend voor zowel de ongewogen als de gewogen index. Het effect van een behandeling ten opzichte van de controle is als volgt berekend:

Δ index = (verzadigings)index(behandeling) – (verzadigings)index(controle)

Vanwege de verschillen in de grootte van de proefvlakken zijn de analyses het experiment direct na ontgronden opgedeeld in een analyse van de grotere en een analyse van de kleinere proefvlakken. In de eerste analyse is het effect van het toedienen van maaisel of maaisel en zaden ten opzichte van niets toedienen bepaald op de ontwikkeling van een heischrale vegetatie. In de tweede analyse is het effect van de verschillende vormen van bodem toedienen (verkruid, plaggen en slurrie, allen met toediening van maaisel) ten opzichte van het alleen toedienen van maaisel bepaald.

Om te bepalen hoeveel soorten zich vestigen na het inbrengen van maaisel is de efficiëntie berekend. De soorten zijn hierbij ingedeeld in drie categorieën: algemene soorten, heischrale soorten opgenomen in de soortenlijst in tabel 2.2 en Rode-lijstsoorten. Voor de verschillende categorieën wordt bepaald hoeveel van deze soorten aanwezig zijn in het maaisel en de zaden. Om de fractie te berekenen van de soorten uit het maaisel die overgebracht worden, wordt het aantal van deze soorten dat opkomt in een proefvlak gedeeld door het totaal aantal soorten uit het maaisel en zaden:

Efficiëntie = gekiemde soorten (categorie) / ingebrachte soorten (categorie).

Er wordt hierbij geen onderscheid gemaakt tussen soorten die al wel of niet in de omgeving van de proefvlakken voorkomen. Door de controle met de andere behandelingen te vergelijken wordt gekeken hoeveel soorten nieuw in het terrein worden ingebracht. Doordat maaisel vanuit de behandelingen naar de controle is gewaaid, is het verschil tussen de controle en de behandelingen een onderschatting. Tijdens de analyse bleken er grote verschillen tussen de locaties te zijn, alhoewel de verschillen tussen de locaties wel consistent zijn. Voor alle 3 categorieën soorten zijn de verschillen tussen de drie verschillende locaties dermate groot (allen significant met p-waardes kleiner dan 0,004) dat gekozen is om de efficiëntie van het overbrengen van maaisel voor alle locaties apart van elkaar te analyseren.

Naast de aanwezigheid wordt ook gekeken naar de bedekking die deze soorten hebben. Ook al zijn soorten al in het gebied aanwezig, het toevoegen van maaisel kan de bedekking van deze soorten verhogen. De verschillen in bedekking zijn bepaald door voor alle drie categorieën soorten de gemiddelde bedekking uit te rekenen in het controleproefvlak en de proefvlakken waar maaisel of maaisel en zaden zijn ingebracht. De gemiddelde waarden worden per behandeling gedeeld door de waarde van de controle, om zo de verschillen in bedekking ten opzichte van de controle te bepalen. De bedekking krijgt in de controlebehandeling een waarde van 1, de waarden van de andere behandelingen laten zien met welke factor de bedekking stijgt of daalt door het inbrengen van maaisel of zaden ten opzichte van de bedekking van de controle.

Voor de statistische analyse van de behandelingen is een Univariante General Linear Model gebruikt om te bepalen of een behandeling een significant effect heeft op de ontwikkeling van de vegetatie, met 'behandeling' als fixed factor en 'locatie' als random factor. Om de verschillende niveaus van de behandeling van elkaar te kunnen onderscheiden is een Tukey HSD test gebruikt. De analyses zijn gedaan in SPSS 20 (IBM).

Lichtmetingen

In 2012 is in ieder proefvlak de hoeveelheid licht die op de bodem valt gemeten. Op deze manier kan bepaald worden of licht beperkend is voor de vestiging van kiemplanten. De metingen zijn uitgevoerd met een Decagon Accupa LP-80 lichtmeter. Met een referentie is de totale hoeveelheid licht boven de vegetatie bepaald, terwijl tegelijkertijd de hoeveelheid licht direct boven de bodem wordt gemeten.

Analyse lichtmetingen

Het percentage licht dat doordringt tot het niveau van de bodem is vergeleken met de hoeveelheid licht die planten nodig hebben om te groeien. Hierbij zijn als grenzen 5 en 30 procent van het invallende licht genomen voor het zogenaamde lichtcompensatiepunt respectievelijk het licht verzadigingspunt. Vanaf 5% van het invallende licht is het voor planten mogelijk CO₂ vast te leggen door middel van fotosynthese. Bij 30% is de lichtintensiteit bereikt waarbij licht niet meer beperkend is voor fotosynthese.

2.4.3 Bemonstering en analyse bodembiota

Bemonstering bodembiota

Om de samenstelling van de bodemgemeenschap in kaart te brengen, zijn drie soorten monsters genomen. Voor microben (bacteriën en schimmels) zijn deelmonsters op 3 punten in de desbetreffende locatie/proefvlak genomen met een bodemboor met een diameter van 5 cm. De monsters werden voor verdere verwerking gezeefd met een 2 mm zeef om wortels te verwijderen. Voor mesofauna (mijten en springstaarten, kleiner dan 2 mm) zijn de monsters op dezelfde manier als de microben genomen. De nematodenmonsters werden niet gezeefd, alleen gemengd. Voor macrofauna (groter dan 2 mm) zijn grotere monsters met een diameter van 12,5 centimeter genomen. Alle monsters zijn genomen met een diepte van 0 tot 5 centimeter. Per locatie werd voor de macrofauna één mengmonster genomen, dat bestond uit drie deelmonsters. Alle monsters werden in naar het lab gebracht en bewaard bij maximaal 10 °C.

In oktober en november 2011 zijn tussen de verschillende proefvlakken de deelmonsters genomen. Er is geen onderscheid tussen de verschillende proefvlakken gemaakt omdat de terreinen zeer recent zijn afgegraven en er geen verschillen te verwachten zijn in de samenstelling van de bodemfauna. De kleine deelmonsters voor zowel microben als mesofauna bestonden ieder uit 5 steken met een diameter van 37 mm, uitgevoerd in triplo. Voor de macrofauna zijn per locatie 5 steken met een diameter van 12 centimeter genomen. De donorgebieden zijn op dezelfde wijze bemonsterd. In oktober 2012 zijn in de proefvlakken waar niets, maaisel of op drie verschillende manieren bodem is ingebracht monsters genomen om de bodemgemeenschap in kaart te brengen. Voor de microben zijn in elk proefvlak 3 steken met een Kopecky ring genomen, de mesofauna is op dezelfde manier bemonsterd. Voor de macrofauna zijn in ieder proefvlak drie monsters met een diameter van 12,5 centimeter genomen. Ook de donorgebieden zijn in 2012 weer bemonsterd.

Analyse bodembiota

Microbiële ademhaling werd gemeten met een bodemincubatie. CO₂ dat gedurende twee dagen bij 20 °C uit de bodem ontstond, werd opgevangen in een 0,5 N NaOH-oplossing, die gesteld werd door titratie met een 0,05N HCl-oplossing na toediening van BaCl₂. Deze respiratie werd uitgedrukt in µg C-CO₂/g drooggewicht. De microbiële massa werd gemeten door middel van een chloroformdampextractie (Vance *et al.*, 1987; Jenkinson, 1988; Wu *et al.*, 1990) en is uitgedrukt in µg C/g drooggewicht. Specifieke ademhaling is berekend door de microbiële ademhaling te delen door de microbiële biomassa. De specifieke ademhaling wordt uitgedrukt in µg C-CO₂/mg microbiële biomassa/uur.

Bodemmonsters voor fosfolipidevetzuur- (phospholipid fatty acid (PLFA)) extractie werden geëxtraheerd met een mengsel van chloroformmethanolfosfaatbuffer (1:2:0,8) (Snajdr *et al.*, 2008). Fosfolipiden werden gescheiden met behulp van vaste-fasecartridges (LiChrolut Si 60, 112 Merck) en de monsters werden onderworpen aan een milde basische methanolyse. De vrije methylesters van fosfolipidevetzuren werden geanalyseerd met een GC-MS (450-GC, 240 MS ion trap detector, Varian, Walnut Creek, CA, USA). De GC-MS was voorzien van een slit/splitless injector en voor scheiding werd een DB-5MS-kolom gebruikt. Gemethyleerde vetzuren werden geïdentificeerd volgens hun massaspectra en door vergelijking met een mengsel van chemische standaarden verkregen van Sigma. Schimmelbiomassa werd gekwantificeerd op basis van het 18:2u6, 9-gehalte (PLFAfun) en de bacteriële biomassa werd gekwantificeerd als de som van i14:0, i15:0, a15:0, 16:1u7t, 16:1u9, 16:1u7, 10Me-16:0, i17:0, a17:0, cy17:0, 17:0, 10Me-17:0, 10Me-18:0 en cy19:0 (PLFAbact). De vetzuren die in zowel bacteriën als schimmel worden aangetroffen, bijvoorbeeld 15:0, 16:0 en 18:1u7, werden uitgesloten van analyse. De schimmel/bacterie-verhouding werd berekend als PLFAfun/PLFAbact.

Voor de extractie van bodemnematoden werd 10 g bodem gedurende een week blootgesteld aan een veranderde Baermanntrichter (Hanel, 1995). Het verkregen materiaal werd vervolgens gefixeerd met formaldehyde en overgebracht op microbiologische glaasjes. De nematoden werden onderverdeeld in bacterie-etters, schimmeleters, planteneters, predatoren, algeneters en omnivoren volgens Yeates (1998). Een Tullgrenapparaat werd gebruikt voor de extractie van de bodemmesofauna. De mesofauna werd gesorteerd onder een stereomicroscoop.

Statistische analyse

Om de verschillende behandelingen te vergelijken werd een ANOVA uitgevoerd op log(x+1)-getransformeerde data, gevolgd door een LSD-post

hoc test. Bij het analyseren van de effecten van behandelingen zijn alle locaties samen genomen, waarbij locatie als random factor werd gebruikt; bij de analyse van de effecten van de verschillende locaties zijn alle behandelingen samen genomen, maar is behandeling wel als random factor meegenomen.

2.4.4 Bemonstering en analyse bodemchemie

Bemonstering

In elk gebied werden in augustus tot september 2011 drie mengmonsters genomen. De monsters bestonden elk uit vier steken. Hierbij werd een monster van 0-10 cm diepte en 10-20 cm diepte verzameld. De drie monsters dienen om inzicht te krijgen in de spreiding in concentraties die er in het veld aangetroffen kunnen worden. Op 8, 9 en 10 oktober 2012 werden alle proefvlakken afzonderlijk met een guts bemonsterd op 0-10 cm diepte. Hierbij werd per proefvlak een mengmonster van drie steken gemaakt. Met behulp van deze monsters is bepaald of er een behandelingseffect is op de bodemchemie.

Van de donorgebieden werd ook in 2011 een mengmonster van 4 steken van 0-10 en 10-20 cm diepte genomen. Van de Kleine Startbaan werd donormateriaal van één aaneengesloten homogene vegetatie genomen. Er werd daarom ook één mengmonster voor de bodemchemie genomen. Omdat in Harskamp en op de Grootte Heide verschillende stukken met verschillende vegetatie als donormateriaal werden gebruikt, zijn hier drie, respectievelijk twee mengmonsters genomen (van elke plek één).

Vochtpercentage, organische-stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 24 uur bij 70°C. Uit het vaste volume van deze bakjes werd de bodemdichtheid berekend. De fractie organische stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt goed overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen *et al.*, 1954) bepaald. De fosfaatconcentratie bepaald met een Olsen-extractie is sterk gecorreleerd met de opname van P door de vegetatie en geeft een goede voorspelling van de soortenrijkdom van halfnatuurlijke graslanden (Gilbert *et al.*, 2009). Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO₃) toegevoegd. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4°C bewaard tot verdere analyse.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden kationen verdrongen door natrium. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden en de concentratie kationen aan het kationadsorptiecomplex van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l⁻¹ natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 60 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna de pH werd

gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon rhizons en bewaard bij 4°C tot verdere analyse.

Waterextractie

Met behulp van een waterextractie worden makkelijk oplosbare ionen van de bodem losgemaakt. In het waterextract worden de pH en de concentratie nitraat, fosfor en kationen gemeten. De concentraties in het waterextract geven van alle extracties het meest een beeld van de beschikbaarheid van ionen en nutriënten op het moment van monsternamen. De waterextractie werd op dezelfde wijze als de zoutextractie uitgevoerd met MilliQ-water in plaats van een NaCl-oplossing.

Bodemdestructie

Door de bodem te destructuren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2 , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werd het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milliQ. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse.

C- en N-bepaling

Voor het bepalen van de totaalconcentraties C en N in de bodem werd de bodem zeer fijn gemalen en werd circa 20 mg ingewogen voor analyse. Concentraties totaal-C en totaal-N werden bepaald met een CNS analyser (Carbo Erla Instruments, Instruments NA 1500).

Chemische analyses

Van de bodemextracten werd de pH gemeten met een standaard Ag/AgCl₂-elektrode verbonden met een Radiometer type TIM 840 Titralab. De analyses van calcium, magnesium, kalium ijzer, aluminium, silicium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel en Olsen-P werden uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES; ICAP). Nitraat ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) en ammonium (zoutextract en waterextract), orthofosfaat en chloride (waterextract) werden colorimetrisch bepaald met behulp van een Bran+Luebbe AutoAnalyser 3. Natrium en kalium in het waterextract werden vlamfotometrisch bepaald.

Concentraties in de bodem zijn uitgedrukt per liter bodem omdat dit een beter beeld geeft van de daadwerkelijk voor planten beschikbare concentratie dan uitgedrukt per massa-eenheid.

Statistische analyse

Statische analyses zijn uitgevoerd op $\ln(x+1)$ -getransformeerde bodemdata, behalve voor de correlatieberekening. Verschillende tussen behandelingen werden getoetst met behulp van een eenweg-ANOVA met een Tukey post-hoc-test (IBM SPSS Statistics 19). Correlatiecoëfficiënten van ongetransformeerde data werden berekend in Microsoft Excel 2007. Multivariate analyses werden uitgevoerd op getransformeerde data met behulp van Canoco voor Windows 4.5.

2.5 Resultaten

2.5.1 Vegetatie

Vegetatie donorgebieden

Om de ontwikkeling van de heischrale vegetatie in de donorgebieden in kaart te brengen zijn zowel de ongewogen als de gewogen index bepaald evenals het aantal Rode-lijstsoorten (tabel 2.3). In Harskamp en Venlo zijn verschillende delen gemaaid, voor de genoemde berekeningen zijn de soortenlijsten van de verschillende stukken samengevoegd.

Tabel 2.3. Indices en aantal Rode-lijstsoorten van de vegetatie in de donorgebieden. De gegevens zijn bepaald uit gebiedsdekkende opnames. Voor de berekeningen is de soortenlijst uit tabel 2.2 gebruikt.

Indices and number of red list species from the vegetation of the donor sites. The numbers are based on relevés from the whole area. The species list of table 2.2 is used for the calculations.

Gebied	Verzadigingsindex	Gewogen index	Rode-lijstsoorten
Kleine Startbaan	0,34	48	7
Harskamp	0,20	29	3
Groote Heide	0,34	43	4

Van de donorsites heeft Harskamp voor alle parameters de laagste waarden. Havelte en Venlo verschillen niet in het aantal soorten van het heischrale verbond dat er voorkomt, maar in Havelte zijn meer zeldzame soorten te vinden (meer Rode-lijstsoorten en een hogere gewogen index). Alle plantensoorten met een weegfactor van 2 of 3 die voorkomen in de donorgebieden zijn opgenomen in tabel 2.4. Van de zeldzame soorten is er één die in alle drie donorgebieden voorkomt, namelijk Tandjesgras. Veel karakteristieke soorten van het heischrale verbond komen slechts in één van de drie donorgebieden voor. Dit maakt niet alleen de beschrijving van deze gebieden moeilijker, maar zal ook tot verschillen tussen de effecten van de behandelingen per locatie van het experiment leiden.

Tabel 2.4. Plantensoorten aanwezig in de donorgebieden met bedekking volgens de Tansley schaal. Alleen soorten met een weegfactor van 2 of 3 in de soortenlijst zijn opgenomen.

Plant species present in the donor sites with cover according to the Tansley scale. Only species with a weighing factor of 2 or 3 in the species list are included.

Nederlandse naam	Kleine Startbaan	Harskamp voor	Harskamp midden	Harskamp achter	Groote Heide - heide	Groote Heide - vliegveld
Blauwe knoop	f	.	.	.	.	.
Bleekgele droogbloem	.	.	.	.	f	.
Borstelgras	.	r	cd	la	.	.
Duits viltkruid	.	.	.	.	f	r
Echt duizendguldenkruid	r	.	.	.	.	lf
Geelhartje	.	.	.	.	f	lf
Gevlekte orchis	lf	.	.	.	.	.
Grasklokje	lf	.	.	.	f	.
Heidekartelblad	r	.	.	.	.	.

Hondsviooltje	f	.	.	.	.	.
Knoopkruid	.	.	.	.	.	lf
Kruipbrem	.	r	r	.	r	.
Liggend walstro	.	r	r	.	.	.
Liggende vleugeltjesbloem	lf	.	.	.	.	.
Pilzegge	lf	lf	.	lf	.	.
Rapunzelklokje	.	.	.	.	r	lf
Schermhavikskruid	lf	.	.	r	.	.
Stekelbrem	.	lf	.	.	.	.
Stijf havikskruid	.	r	f	r	.	lf
Stijve ogentroost	lf	.	.	.	.	.
Tandjesgras	lf	f	a	a	f	f
Tormentil	f	.	lf	r	.	.
Veldbies (G)	lf	.	.	.	lf	lf
Kleine tijm	r	.	.	.	.	.

Vegetatie experimentele sites

De vegetatie rondom de ingerichte proefvlakken is in zowel in 2011 als 2012 in kaart gebracht. De gegevens van 2012 zijn gebruikt om deze te kunnen vergelijken met de aanwezige vegetatie in de proefvlakken. De ongewogen en gewogen index en het aantal Rode-lijstsoorten is bepaald (tabel 2.5). In tabel 2.6 zijn de plantensoorten met een weegfactor van 2 of 3 uit de soortenlijst die aanwezig zijn rond de proefvlakken opgenomen.

Tabel 2.5. Indices en aantal Rode-lijstsoorten van de vegetatie rond de proefvlakken op de verschillende locaties. De gegevens zijn bepaald uit gebieddekkende opnames. Voor de berekening is de soortenlijst uit tabel 2.2 gebruikt.

Indices and the number of red list species surrounding the experiments. The numbers are based on relevés of the whole area. The species list of table 2.2 is used for the calculations.

Gebied	Verzadigingsindex	Gewogen index	Rode-lijstsoorten
Noordenveld	0,20	25	2
Wekerom	0,26	37	4
Wolfsven	0,13	14	1

Rondom de proefvlakken in het Noordenveld en Wekerom bevinden zich rompgemeenschappen van heischraal grasland met enkele kenmerkende heischrale soorten. In Wolfsven komen veel minder heischrale soorten voor, en nauwelijks zeldzame soorten. De vegetatie in de drie locaties wordt gedomineerd door ruderaal soorten op de recent ontgronde gedeelten.

De relatief hoge scores van het Noordenveld en Wekerom kunnen verklaard worden door een paar kleine vlakken met rompgemeenschappen van heischrale graslanden, alhoewel de bedekking van deze soorten laag is. De aanwezigheid van een aantal, nu wat zeldzamere, heischrale soorten is veelbelovend voor de experimenten, aangezien zich in de gebieden een heischrale vegetatie zou kunnen ontwikkelen. In het Wolfsven zijn dergelijke gebiedjes met heischrale vegetatie niet aanwezig, deze site is in dit opzicht meer geïsoleerd.

Tabel 2.6. Plantensoorten aanwezig in de omgeving van de experimentele locaties. Alleen soorten met een weegfactor van 2 of 3 in de soortenlijst zijn opgenomen.

Plant species surrounding the experiments. Only species with a weighing factor of 2 or 3 in the species list are included.

Nederlandse naam	Noordenveld	Wekerom	Wolfsven
Bosdroogbloem		o	
Duits viltkruid		f	
Dwergviltkruid		a	
Grondster	r		
Kleine zonnedauw	r		f
Knoopkruid		r	
Kruipbrem		r	
Liggend walstro	f		
Mannetjesereprijs	a	f	r
Pilzegge		f	
Stekelbrem		o	
Stijf havikskruid		o	
Stijve ogentroost	f		
Tandjesgras		r	
Tormentil	r		
Veldbies (G)		o	r
Zandblauwtje	r		

Inbrengen maaisel en zaden

Uit alle vergelijkingen van zowel het hele proefvlak als het permanent kwadraat blijkt dat het toevoegen van maaisel de ontwikkeling van een heischrale vegetatie bevordert (p-waardes tussen de 0,008 en 0,034) (tabellen 2.7 en 2.8, figuren 2.15, 2.16 en 2.17). De toename van de verzadigingsindex ligt in zowel het hele proefvlak als in het permanent kwadraat rond de 0,1, wat betekent dat er door het toedienen van maaisel 10% meer heischrale soorten in de proefvlakken staan. Het toedienen van maaisel leidt bijna tot een verdubbeling van de gewogen index ten opzichte van de controle (p-waarde is 0,001 en 0,068 voor het hele proefvlak en het permanent kwadraat respectievelijk). Dit komt doordat de 10% toegevoegde soorten een relatief hoge weegfactor hebben. Het toedienen van maaisel met zeldzame soorten leidt dus tot een grotere vestiging van relatief zeldzamere heischrale soorten.

Het inbrengen van maaisel blijkt effectief te zijn voor de vestiging van een aantal zeldzame heischrale soorten als Hondsviooltje, Liggend Walstro, Stijf havikskruid, Stijve ogentroost, Tormentil en Veldbies. Dispersielimitatie lijkt daarom een belangrijke bottleneck te zijn in de vestiging van deze soorten na ontgronden.

De verschillen in het maaisel dat is ingebracht is zichtbaar, soorten als Stijve ogentroost en Tormentil komen alleen voor in het Noordenveld, terwijl Liggend walstro alleen in het Wolfsven is waargenomen (tabel 2.9). Door dit soort verschillen in soortensamenstelling van het aangebrachte maaisel is de variatie tussen de verschillende locaties en daardoor binnen de verschillende behandelingen erg groot.

Tabel 2.7. Verzaadigingsindexen en aantal Rode-lijstsoorten van de vegetatie in de proefvlakken na het inbrengen van maaisel en zaden. De waarden zijn bepaald met opnames van het hele proefvlak. De soortenlijsten uit Bijlage 4 zijn gebruikt voor de berekeningen.

Indices and the number of Red List species in the plots after addition of hay and seeds. The numbers are based on relevés of the whole plot. The species lists from Appendix 4 are used for the calculations.

Behandeling	Verzaadigingsindex		Gewogen index		Rode Lijst
	Waarde	Δ	Waarde	Δ	
Controle	0,20	0	9,9	0	1,1
Maaisel	0,32	0,12	16,9	7,0	1,9
Maaisel + zaden	0,32	0,12	16,2	6,3	1,6

Tabel 2.8. Verzaadigingsindexen en aantal Rode-lijstsoorten van de vegetatie in de proefvlakken na het inbrengen van maaisel en zaden. De waarden zijn bepaald met opnames van het permanente kwadraat (2x2 m). De soortenlijsten uit Bijlage 4 zijn gebruikt voor de berekeningen.

Saturation indexes and the number of red list species in the plots after addition of hay and seeds. The numbers are based on relevés of the permanent quadrat (2x2 m). The species list from Appendix 4 are used for the calculations.

Behandeling	Verzaadigingsindex		Gewogen index		Rode Lijst
	Waarde	Δ	Waarde	Δ	
Controle	0,13	0	6,6	0	0,9
Maaisel	0,21	0,08	10,6	4,0	1,1
Maaisel + zaden	0,26	0,11	12,7	6,1	1,4

Het toevoegen van zaden lijkt op de ontwikkeling van de vegetatie in het hele proefvlak geen effect te hebben (figuur 2.16). Op basis van het permanente kwadraat is er een groter verschil te zien ten opzichte van het inbrengen van maaisel, gemiddeld komen er na toediening van maaisel + zaden 6 procent meer heischrale soorten voor (figuur 2.17). Dit verschil is echter niet significant (p-waarde is 0,15). Het verschil tussen het toedienen van maaisel + maaisel en zaden op de gewogen index is ook niet significant. Dit betekent echter niet dat er door het toedienen van zaden geen (zeldzame) soorten zijn gekiemd (zie ook tabel 2.10 tot 2.12). De spreiding in het aantal soorten tussen de proefvlakken binnen een behandeling is zo groot dat de additie van één of twee zeldzame soorten geen significant effect heeft op de uitkomst in de analyse van het aantal soorten.

Om te bepalen hoe efficiënt verschillende soorten worden overgebracht door het inbrengen van maaisel en/of zaden wordt alleen naar kieming van soorten gekeken die ook in het maaisel aanwezig waren. In het Noordenveld en het Wolfsven komen er door toevoeging van maaisel of maaisel en zaden significant meer heischrale soorten voor in de proefvlakken (figuur 2.18). In Wekerom is geen significant verschil gevonden. Het aantal Rode-lijstsoorten stijgt alleen significant in het Noordenveld, in het Wolfsven werden helemaal geen Rode-lijstsoorten gevonden. Op het aantal algemene soorten dat voorkomt in de proefvlakken heeft het inbrengen van maaisel of maaisel en zaden geen significant effect in alle drie de locaties. Het toevoegen van zaden heeft in geen van de drie gebieden een additioneel effect op het aantal heischrale of Rode-lijstsoorten ten opzichte van het alleen toevoegen van maaisel. De soorten uit het maaisel of de zaden die gevonden zijn in de proefvlakken staan weergegeven in tabellen 2.10, 2.11 en 2.12.



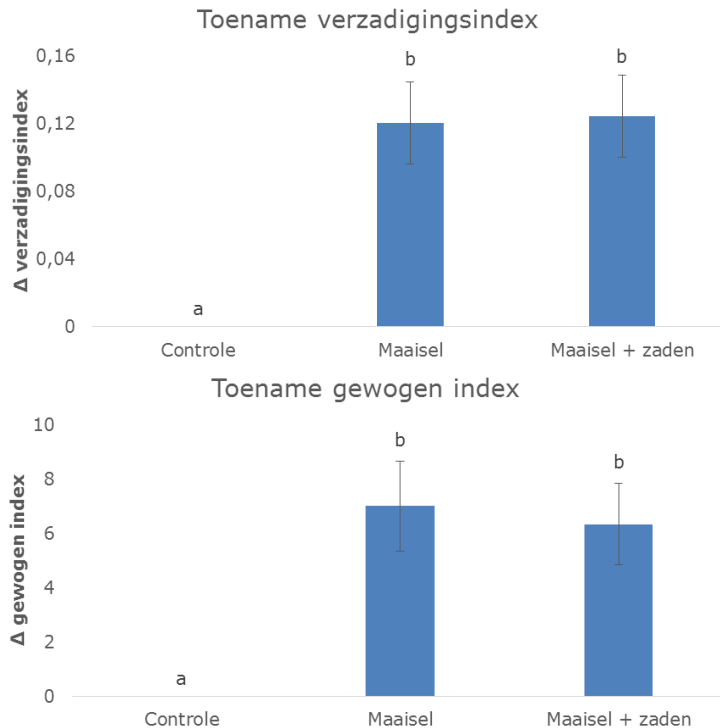
Figuur 2.15. Het experiment in het Noordenveld één jaar na start. Linksboven: controleproefvlak, rechtsboven: proefvlak waarin maaisel en zaad is ingebracht met een hoge bedekking van Rode ogentroost. Linksonder: detail van een ingebracht plagje met bloeiende Muizenoor, rechtsonder: detail van een proefvlak met ingebracht zaad, met onder andere kiemend Valkruid. The experiment at the Noordenveld one year after the start of the experiment.

On the top left: experimental control plot, on the top right: plot with added seeds and hay with a high presence of Euphrasia stricta. Bottom left: detail of plot with added turfs with flowering Hieracium pilosella; bottom right: detail of a plot with seeds added with germinating Arnica montana.

Tabel 2.9. Plantensoorten aanwezig in de proefvlakken na het inbrengen van maaisel en zaden. Alleen soorten met een weegfactor van 2 of 3 in de soortenlijst zijn opgenomen.

Plant species in the plots after addition of hay and seeds. Only species with a weighing factor of 2 or 3 in the species list are included.

Behandeling Gebied Replica	Controle									Maaisel									Maaisel en zaden								
	NV			WE			MD			NV			WE			MD			NV			WE			MD		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bleekgele droogbloem					r																					r	
Bosdroogbloem					r									r													
Duits viltkruid					r	o								o	o								r	r			
Dwergviltkruid	r				a	f								f	f								f	f			
Hondsviooltje									r		r	r															
Kleine zonnedaauw									r																		
Liggend walstro															o	r	o									r	
Mannetjesereprijs		r	o	r		f					o		r	o	o			r	r			r	o	f			
Pilzegge				r									r														
Stekelbrem						r							r	r													
Stijf havikskruid														o	o								r	r	o		
Stijve ogentroost	o	r	o							a	a	a	a							f	a	a	a	o	o		
Tormentil										o	r	r	r							r	r	r	r				
Valkruid										o										a	a	a	a	o			
Veldbies (G)					r	r					r	r	r	r	r	r	f	o	r			r		r	r	o	f
Zandblauwtje																				r		r	r				

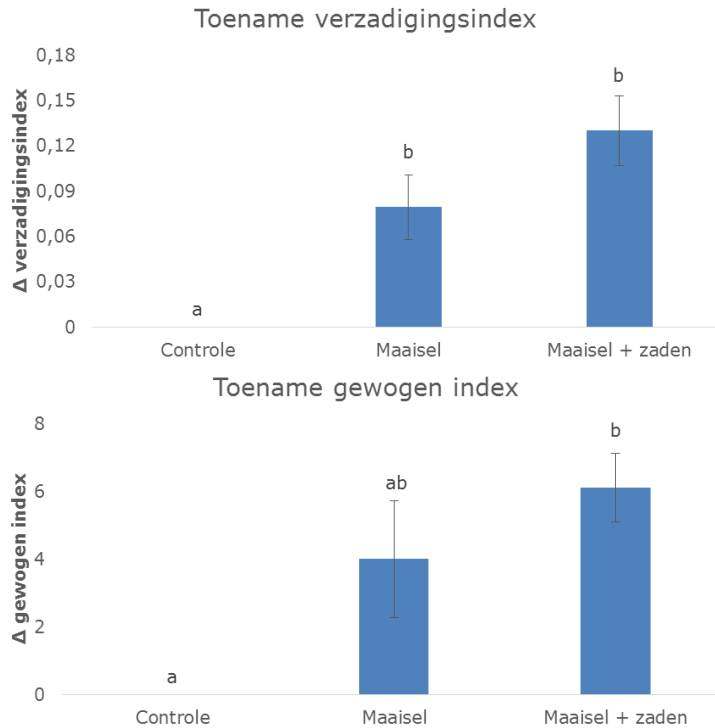


Figuur 2.16. Toename in de ongewogen (boven) en de gewogen (onder) indices door het toevoegen van maaisel of maaisel en zaden voor het hele proefvlak. Gemiddelde \pm standaardfout. De soortenlijsten uit Bijlage 4 zijn gebruikt voor de berekeningen.

Increase in the unweighted (upper graph) and weighted (below) indices by the addition of hay or hay and seeds for the whole plot. Average \pm standard error. The species list from Appendix 4 are used for the calculations.

Vanwege de grote variatie in bedekking binnen de behandelingen zijn de bedekkingen gestandaardiseerd ten opzichte van de bedekking van de verschillende soortsgroepen in de controle. De wijzigingen in de bedekkingen kunnen daarom niet statistisch getoetst worden, maar geven wel de trend aan die de verschillende behandelingen op de bedekking van de verschillende soorten hebben.

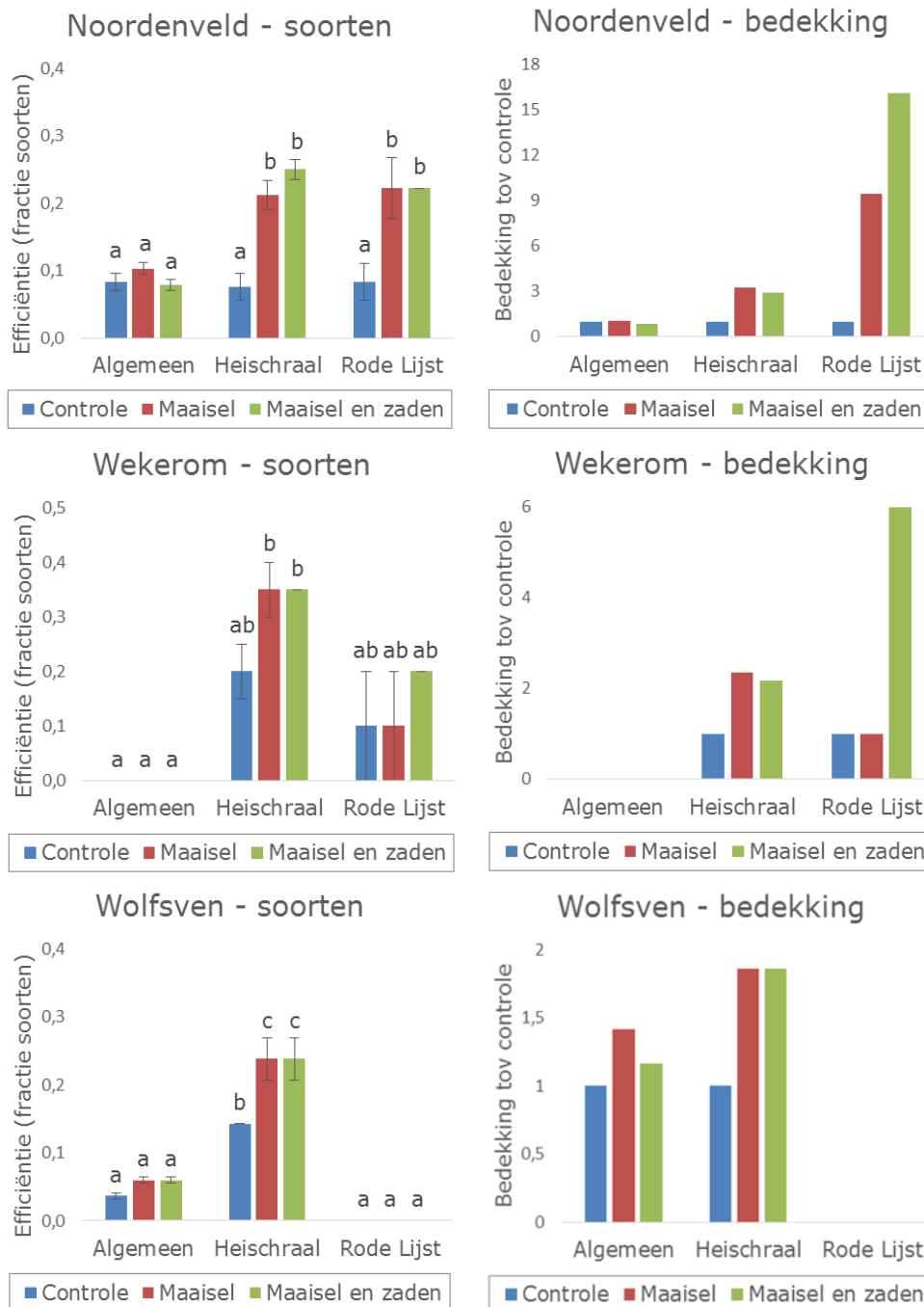
Het toevoegen van maaisel leidt tot een factor 2 tot 3 hogere bedekking door heischrale soorten in alle drie gebieden. De bedekking van Rode-lijstsoorten neemt enorm toe door het toevoegen van zaden. In Wekerom is de bedekking door Rode-lijstsoorten 6 keer hoger door het toevoegen van zaad ten opzichte van het inbrengen van maaisel, het alleen toevoegen van maaisel heeft geen effect op de bedekking door Rode-lijstsoorten. In het Noordenveld neemt de bedekking door Rode-lijstsoorten met een factor 9 toe door het inbrengen van maaisel, door het inbrengen van zaden met een factor 16. Deze toename in bedekking door het inbrengen van zaden is met name toe te schrijven aan soorten die alleen zijn ingebracht met zaden, zoals Valkruid in het Noordenveld en Stijve ogentroost in Wekerom. De bedekking van soorten die al in het maaisel aanwezig waren, stijgt niet door het toevoegen van zaden.



Figuur 2.17. Toename in de ongewogen (boven) en gewogen (onder) indices door het toevoegen van maaisel of maaisel en zaden voor het permanente kwadraat. Gemiddelde \pm standaardfout. De soortenlijsten uit Bijlage 4 zijn gebruikt voor de berekeningen.

Increase in the unweighted (upper graph) and weighted (below) indices by the addition of hay or hay and seeds for the permanent quadrat. Average \pm standard error. The species lists from Appendix 4 are used for the calculations.

Voor drie soorten is het duidelijk dat ze met zaden zijn overgebracht, aangezien ze niet in de omgeving of het maaisel aanwezig waren. Het gaat om Valkruid en Zandblauwtje in het Noordenveld en Stijve ogentroost in Wekerom. De meeste soorten waarvan zaden zijn ingebracht zijn in 2012 niet waargenomen, van de ingebrachte soorten is 30 tot 50 procent na het eerste jaar als kiemplant gevonden. Mogelijk neemt het aantal soorten in de komende jaren nog verder toe, omdat met name de rozetvormende soorten moeilijk in de kiemplant fase te identificeren waren of omdat soorten pas na enkele jaren kiemkrachtig worden.



Figuur 2.18. Efficiëntie van het overbrengen van maaisel of maaisel en zaden voor de drie locaties. Links de fractie van de soorten uit het maaisel die zijn teruggevonden in de proefvlakken. Gemiddelde ± standaardfout. Rechts de effecten op de bedekking voor de verschillende gebieden.

Efficiency of the addition of hay or hay and seeds for the three locations. On the left the fraction of the species from the hay which were found in the plots. Average ± standard error. On the right the effects on the cover for the different areas.

Tabel 2.10. Soorten aanwezig in maaisel of zaden die gekiemd zijn in het Noordenveld. Het totaal aantal proefvlakken in het Noordenveld is 28. De bedekking is het gemiddelde percentage voor de proefvlakken voor controle (C), maaisel (M) en maaisel en zaden (MZ). De bedekkingen zijn gebaseerd op opnames van het hele proefvlak.

Species present in hay or seeds which germinated in the Noordenveld. The total number of plots in the Noordenveld is 28. The cover is the average percentage of the plots for control (C), addition of hay (M) and addition of hay and seeds (MZ). Cover is based on relevés of the whole plot.

Soorten	Categorie	Aanwezig in			Bedekking			Aantal Proefvlakken
		Maaisel	Zaden	Omgeving	C	M	MZ	
Biggenkruid	Heischraal	ja		ja	0	1,5	1,0	11
Duizendblad, Gewoon	Algemeen	ja		ja	0,3	1,0	0,8	12
Ereprijs, Mannetjes-Hei, Struik-	Heischraal		ja	ja	1,3	1,0	0,5	4
Hoornbloem, Gewone	Algemeen	ja		ja	3,8	3,0	2,0	14
Lijsterbes, Wilde	Algemeen	ja		ja	0	0	0	1
Muizenoor	Heischraal	ja			0	0	0	4
Ogentroost, Stijve	Rode Lijst	ja	ja		1,8	15,0	13,3	15
Paardenbloem, Gewone	Algemeen	ja		ja	0,8	0,5	0,3	5
Pijpenstrootje	Heischraal	ja		ja	0	0	0	1
Rolklaver, Gewone	Heischraal	ja			0	5,0	5,5	12
Roos (G)	Algemeen	ja			0	0	0	1
Schapengras, Fijn	Heischraal	ja			0,3	12,0	9,8	12
Struisgras, Gewoon	Heischraal	ja		ja	8,0	9,8	8,0	15
Tormentil	Heischraal	ja		ja	0	1,5	1,0	11
Valkruid	Rode Lijst		ja		0	0,8	15,0	6
Veldbies (G)	Heischraal	ja			0	0,8	0,5	7
Viooltje, Hond-	Rode Lijst	ja	ja		0	0,8	0	2
Vogelpootje, Klein	Heischraal		ja		0	0	2,0	2
Weegbree, Smalle	Algemeen	ja		ja	11,5	11,5	13,3	15
Wilg, Kruip-	Algemeen	ja			0	0,3	0	1
Wilgenroosje	Algemeen	ja			0,3	0	0	1
Witbol, Gestreepte	Algemeen	ja		ja	6,8	8,0	3,8	15
Zandblauwtje	Heischraal		ja		0	0	0,8	1
Zegge, Pil-	Heischraal	ja			0,3	0,3	0	4

Tabel 2.11. Soorten aanwezig in maaisel of zaden die gekiemd zijn in Wekerom. Het totaal aantal proefvlakken in Wekerom is 14. De bedekking is het gemiddelde percentage voor de proefvlakken voor controle (C), maaisel (M) en maaisel en zaden (MZ). De bedekkingen zijn gebaseerd op opnames van het hele proefvlak.

Species present in hay or seeds which germinated in Wekerom. The total number of plots in Wekerom is 14. The cover is the average percentage of the plots for control (C), addition of hay (M) and addition of hay and seeds (MZ). Cover is based on relevés of the whole plot.

Soorten	Categorie	Aanwezig in			Bedekking			Aantal proefvlakken
		Maai-sel	Za-den	Omge-ving	C	M	MZ	
Biggenkruid	Heischraal	ja		ja	0	5,5	8,0	12
Brem, Stekel-	Rode Lijst	ja		ja	0,5	0,5	0	2
Ereprijs, Mannetjes-	Heischraal		ja	ja	4,0	3,0	5,5	13
Havikskruid, Stijf	Heischraal	ja	ja	ja	0	3,0	2,0	12
Hei, Struik-	Heischraal	ja		ja	0	1,0	0	6
Ogentroost, Stijve	Rode Lijst		ja		0	0	3,0	2
Schapengras, Fijn	Heischraal	ja			1,0	15,0	15,0	14
Struisgras, Gewoon	Heischraal	ja		ja	9,0	15,0	8,0	14
Vogelpootje, Klein	Heischraal		ja		0,5	0,5	2,0	4
Zegge, Pil-	Heischraal	ja		ja	0	0	0	1
Zuring, Schapen-	Heischraal	ja		ja	5,5	4,0	5,5	13

Inbrengen van bodem

In de tweede analyse is het effect van het inbrengen van bodem met drie verschillende methodes + maaisel ten opzichte van het alleen toedienen van maaisel op de ontwikkeling van de vegetatie bepaald. Het doel van het toedienen van bodem is het introduceren van bepaalde groepen van de bodemgemeenschap, welke op langere termijn een effect zouden kunnen hebben op de vegetatie. Op korte termijn kunnen er echter ook effecten op de vegetatie optreden, aangezien er zaden of zelfs intacte planten aanwezig zijn in de ingebrachte bodem. In deze analyse is dit effect onderzocht. Aangezien er geen verschillen tussen de analyse van het hele proefvlak en het permanente kwadraat zijn, worden alleen de grafieken van het hele proefvlak getoond (tabel 2.13, figuur 2.19).

Tabel 2.12. Soorten aanwezig in maaisel of zaden die gekiemd zijn in het Wolfsven. Het totaal aantal proefvlakken in het Wolfsven is 21. De bedekking is het gemiddelde percentage voor de proefvlakken voor controle (C), maaisel (M) en maaisel en zaden (MZ). De bedekkingen zijn gebaseerd op opnames van het hele proefvlak.

Species present in hay or seeds which germinated in the Wolfsven. The total number of plots in the Wolfsven is 21. The cover is the average percentage of the plots for control (C), addition of hay (M) and addition of hay and seeds (MZ). Cover is based on relevés of the whole plot.

Soorten	Categorie	Aanwezig in			Bedekking			Aantal proefvlakken
		Maaisel	Zaden	Omgeving	C	M	MZ	
Biggenkruid	Heischraal	ja			0	0	0,7	4
Braam, Gewone	Algemeen	ja		ja	0,3	0	0	2
Brunel, Gewone	Algemeen	ja			0	0	0,3	6
Distel, Akker-	Algemeen	ja		ja	2,3	0,7	1,0	16
Distel, Speer-	Algemeen	ja		ja	0,3	0	0	1
Fijnstraal, Canadese	Algemeen	ja		ja	1,0	1,7	1,0	21
Hazenpootje	Heischraal	ja	ja		0	0,3	0	6
Hei, Struik-	Heischraal	ja		ja	2,3	1,7	1,3	18
Hondsdrif	Algemeen	ja			0	0	0	1
Hoorbloem, Gewone	Algemeen	ja		ja	0,3	0	0	2
Klokje, Gras-	Heischraal	ja			0	0	0	1
Leeuwentand, Kleine	Heischraal	ja			0	1,3	0,3	11
Muizenoor	Heischraal	ja			0	0,3	2,3	5
Muurpeper	Algemeen	ja			0	0,3	0,3	8
Paardenbloem, Gewone	Algemeen	ja		ja	0	0,3	0,3	3
Pijpenstrootje	Heischraal	ja		ja	0,3	0	0	1
Rolklaver, Gewone	Heischraal	ja	ja		0	1,3	0,7	11
Smele, Bochtige	Heischraal	ja		ja	0,7	0,7	0,3	7
Streepzaad, Klein	Heischraal	ja			0	0	0	4
Struisgras, Gewoon	Heischraal	ja		ja	2,3	12,7	12,7	21
Veldbies (G)	Heischraal	ja		ja	0	4,0	4,0	18
Vijfvingerkruid	Algemeen	ja			0	0	0	2
Weegbree, Smalle	Algemeen	ja			0	1,3	0,7	11
Witbol, Gestreepte	Algemeen	ja		ja	0	1,0	1,0	18
Zegge, Zand-	Heischraal	ja		ja	0	0	0	4
Zuring, Schapen-	Heischraal	ja		ja	11,0	8,7	8,7	21

Tabel 2.13. Indices en aantal Rode-lijstsoorten van de vegetatie in de proefvlakken na het inbrengen van bodem. De gegevens zijn bepaald uit opnames van het hele proefvlak. De soortenlijsten uit Bijlage 4 zijn gebruikt voor de berekeningen.

Indices and the number of red list species in the plots after addition of soil. The numbers are based on relevés of the whole plot. The species list from Appendix 4 are used for the calculations.

Behandeling	Verzadigingsindex		Gewogen index		Rode Lijst
	Waarde	Δ	Waarde	Δ	
Maaisel	0,26	0	12,8	0	1
Maaisel + verkruid	0,30	0,04	14,8	2,0	1
Maaisel + plaggen	0,33	0,07	16,6	3,8	1,3
Maaisel + slurrie	0,29	0,03	14,2	1,4	1,3

Alle methoden voor het inbrengen van bodem lijken een positief effect op de ontwikkeling van de vegetatie te hebben, maar de verschillen binnen de afzonderlijke behandelingen zijn zo groot dat het effect niet significant is. Het toevoegen van bodem heeft geen significant effect op de toename van zowel de ongewogen als de gewogen index (p-waardes van 0,12 en 0,24 respectievelijk). Het toevoegen van plagjes lijkt het grootste positieve effect te hebben op de ontwikkeling van de vegetatie, bij het onderling vergelijken van de verschillende behandelingen is dit de enige methode waarvan de verzadigingsindex significant verschilt van het alleen toedienen van maaisel (p-waarde is 0,018). De verschillen tussen de behandelingen zijn consistent tussen de ongewogen en gewogen index, door het toevoegen van bodem neemt alleen het aantal soorten toe, niet de gemiddelde weegfactor van deze soorten.

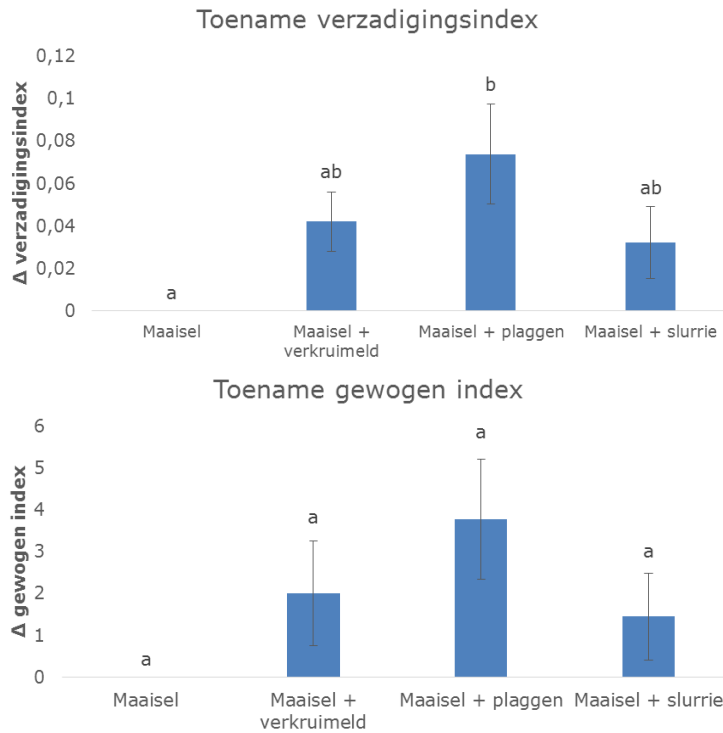
Het enten met bodem heeft geen significant effect op de bedekking van heischrale soorten of Rode-lijstsoorten (p-waardes van 0,68 en 0,92 respectievelijk)(figuur 2.20). Tussen de verschillende locaties van de experimenten waren er geen verschillen in deze trend. Ondanks dat er geen significante verschillen zijn, lijkt er een positief effect te zijn van het inbrengen van bodem op de bedekking door heischrale soorten na één jaar.

Het positieve effect van het inbrengen van plagjes kan mede verklaard worden door het in zijn geheel transplanteren van planten met intacte wortels. Eén soort komt alleen voor in proefvlakken waar bodem is ingebracht, namelijk Pilzegge (tabel 2.14). Pilzegge heeft zich ook met het inbrengen van verkruidde bodem gevestigd, het inbrengen van slurrie had geen effect. Ook andere soorten, zoals Zandzegge, worden met name door het inbrengen van bodem overgebracht (zie tabellen 2.10 t/m 2.12).

Tabel 2.14. Plantensoorten aanwezig in de proefvlakken na het inbrengen van bodem. Alleen soorten met een weegfactor van 2 of 3 in de soortenlijst zijn opgenomen. M is maaisel, M&K is maaisel en verkrumelde bodem, M & P is maaisel en plagjes en M & S is maaisel en slurrie.

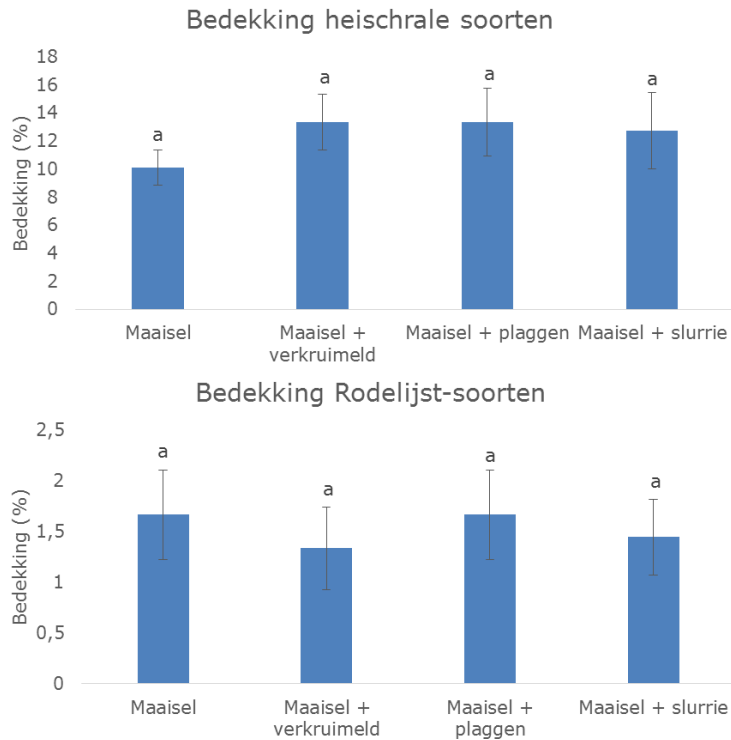
Plant species in plots after addition of soil. Only species with a weighing factor of 2 or 3 in the species list are included. M is hay, M & K is hay and soil crumbs, M & P is hay and turfs and M & S is hay and slurry.

	Bleek gele droog droog bloem	Bos droog bloem	Duits vilt kruid	Dwerg vilt kruid	Gras klokje	Honds viooltje	Klokjes gentiaan	Knoop kruid	Liggend walstro	Mannetjes ereprijs	Pil zegge	Stijf haviks kruid	Stijve ogen troost	Tor men til	Val kruid	Veld bies (G)	
M	N V					r							a	r		r	
													a	r	o	r	
				r	o						o		r		r		
M & K	N V					r					r		f	r		r	
				r	r						r		f	r		r	
						r						r		a	r		r
M & P	N V	r				r				r	r		f	r	r	r	
			r	o	o						r	r		f	r		r
				r	o						f	r	r	a	r		r
M & S	N V					r							f	r	r	r	
							r				r		a	r			
				r	o				r		o		r				r
	W E		r	r	o												
	M D								r								
									r								
						r			o								
	M D																



Figuur 2.19. Toename in de ongewogen (boven) en gewogen (onder) indices voor het toevoegen bodem en maaisel ten opzichte van het alleen toevoegen van maaisel voor het hele proefvlak. Gemiddelde \pm standaardfout. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met letters. De soortenlijsten uit Bijlage 4 zijn gebruikt voor de berekening.

Increase in the unweighted (upper graph) and weighted (below) indices for the addition of soil and hay in relation to only hay addition for the whole plot. Averages \pm standard error. Letters indicate significant differences between treatments. The species lists from Appendix 4 are used for the calculations.

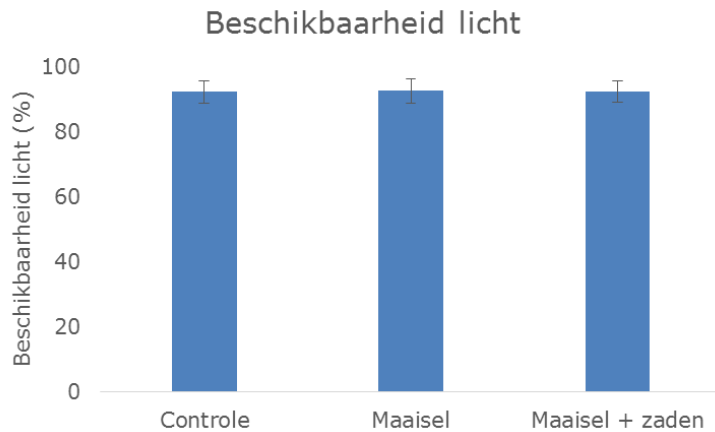


Figuur 2.20. Verschillen in bedekking van heischrale en Rodelijst-soorten voor het toevoegen van bodem en maaisel ten opzichte van het alleen toevoegen van maaisel voor het hele proefvlak. Gemiddelde \pm standaardfout. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met letters.

Differences in the cover of Nardo-Galium and Red List species for the addition of soil and hay in relation to only hay addition for the whole plot. Averages \pm standard error. Letters indicate significant differences between treatments.

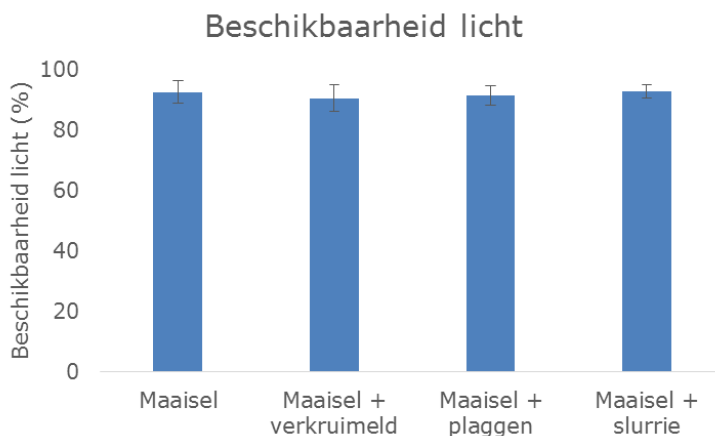
Beschikbaarheid van licht

De beschikbaarheid van licht op de bodem in zowel het experiment waar maaisel of zaden ingebracht zijn als in het experiment waar bodem is ingebracht ligt boven de 90 procent (figuur 2.21 en 2.22). Dit betekent dat na het eerste jaar licht geen beperking vormt voor de vestiging van kiemplanten. Dit komt overeen met de verwachtingen naar aanleiding van de totale bedekking, die over het algemeen lager is dan 15 procent is en altijd minder dan 30 procent. De vegetatie is nog zo open dat limitatie door licht geen enkele rol speelt.



Figuur 2.21. De beschikbaarheid van licht voor kiemplanten na het eerste jaar na het toedienen van maaisel en zaden. Gemiddelde \pm standaarddeviatie.

Light availability for seedlings after the first year after the addition of hay and seeds. Average \pm standard deviation.

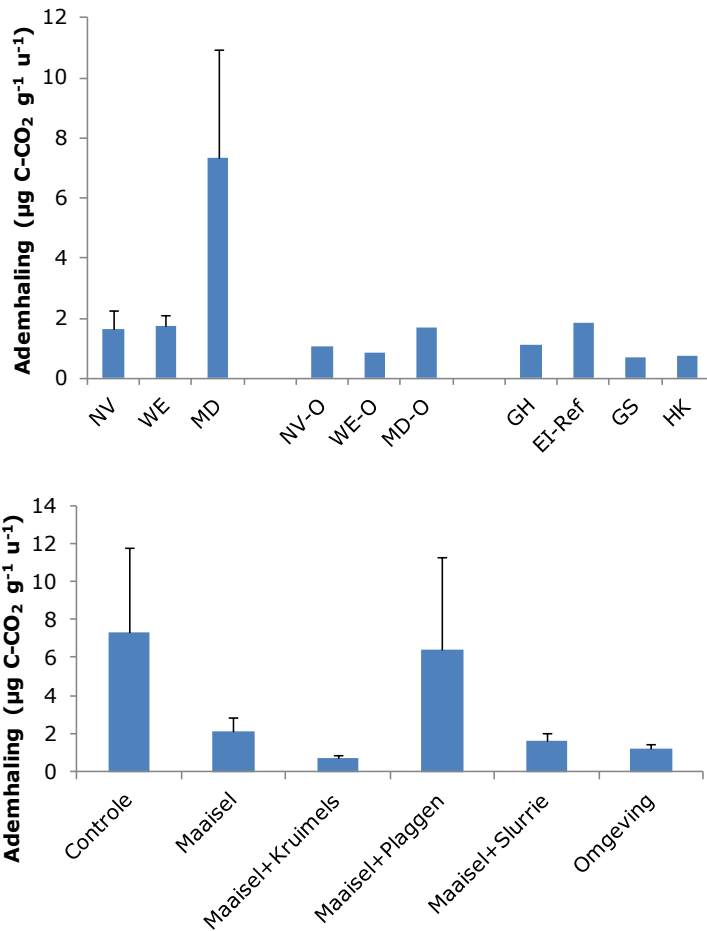


Figuur 2.22. De beschikbaarheid van licht voor kiemplanten na het eerste jaar na het inbrengen van bodem. Gemiddelde \pm standaarddeviatie.

Light availability for seedlings after the first year after the addition of soil. Average \pm standard deviation.

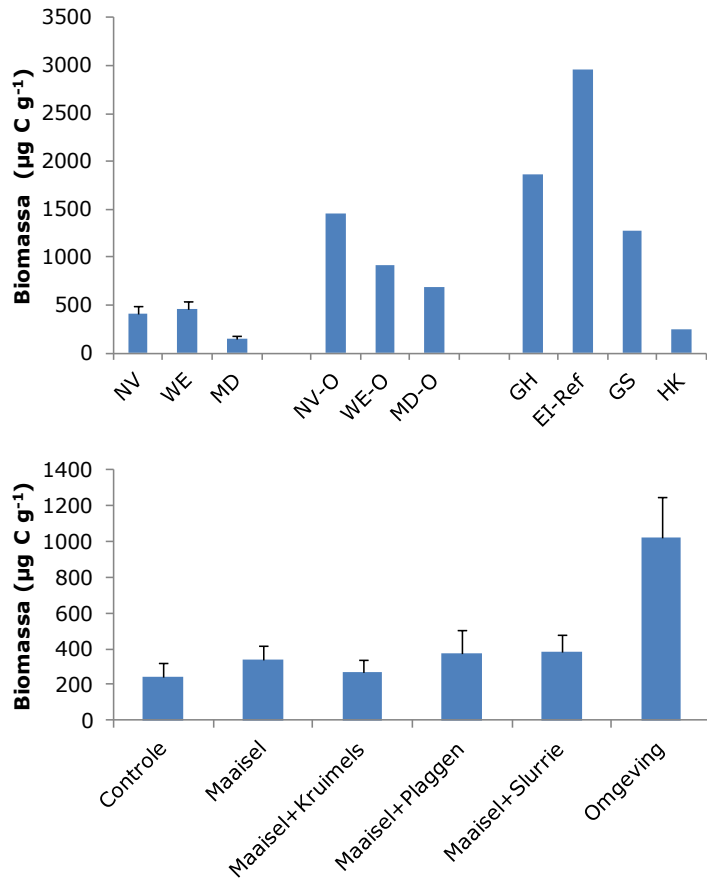
2.5.2 Bodemfauna

Er was geen significant effect van behandeling en locatie op de microbiële ademhaling, de microbiële biomassa en de specifieke ademhaling (figuur 2.23, 2.24 en 2.25). Er was ook geen significant verschil in het gehalte van de individuele karakteristieke fosfolipide-vetzuren (PLFA) tussen de behandelingen in het experiment. Op de locatie bij Wekerom was het PLFA-gehalte echter hoger dan op de andere locaties, zowel voor het PLFA-gehalte karakteristiek voor de totale microbiële biomassa als voor de individuele bacteriële groepen (Tabel 2.15). De dichtheid van nematoden verschilde zowel voor de behandelingen als voor de locaties. De behandeling met maaisel en kruiden had de hoogste nematodendichtheid; de behandeling met maaisel en plagjes verschilde niet significant van die met kruiden of van de andere behandelingen (figuur 2.26, figuur 2.28). De behandeling met maaisel en kruiden is ook de behandeling die de samenstelling van de nematodengemeenschap het best veranderd in de richting van gemeenschappen van niet-ontgronde bodem (figuur 2.27).



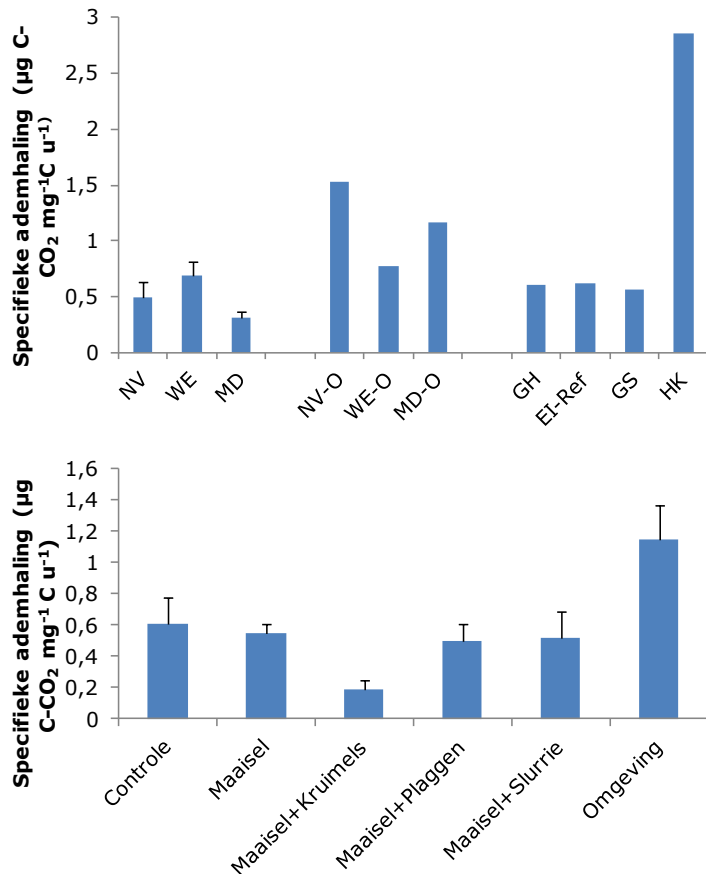
Figuur 2.23. Microbiële ademhaling; bovenste figuur: in de drie onderzoeksgebieden waarbij ter vergelijking de niet-ontgronde omgeving (-O) en waarden uit referentiegebieden is gegeven. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1. Onderste figuur: per behandeling en in de niet-ontgronde situatie. Foutbalken geven de standaardfout weer.

Microbial respiration; top: respiration in the three research areas, for comparison values of the same areas without top soil removal and of reference sites are given. Figure below: respiration per treatment and in the situation without top soil removal. For abbreviations see Table 6.1 in Appendix 1. Error bars represent SEM.



Figuur 2.24. Microbiële biomassa; bovenste figuur: in de drie onderzoeksgebieden waarbij ter vergelijking de niet-ontgronde omgeving (-O) en waarden uit referentiegebieden is gegeven. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1. Onderste figuur: per behandeling en in de niet-ontgronde situatie. Foutbalken geven de standaardfout weer.

Microbial biomass; top: biomass in the three research areas, for comparison values of the same areas without top soil removal and of reference sites are given. Figure below: biomass per treatment and in the situation without top soil removal. For abbreviations see Table 6.1 in Appendix 1. Error bars represent SEM.



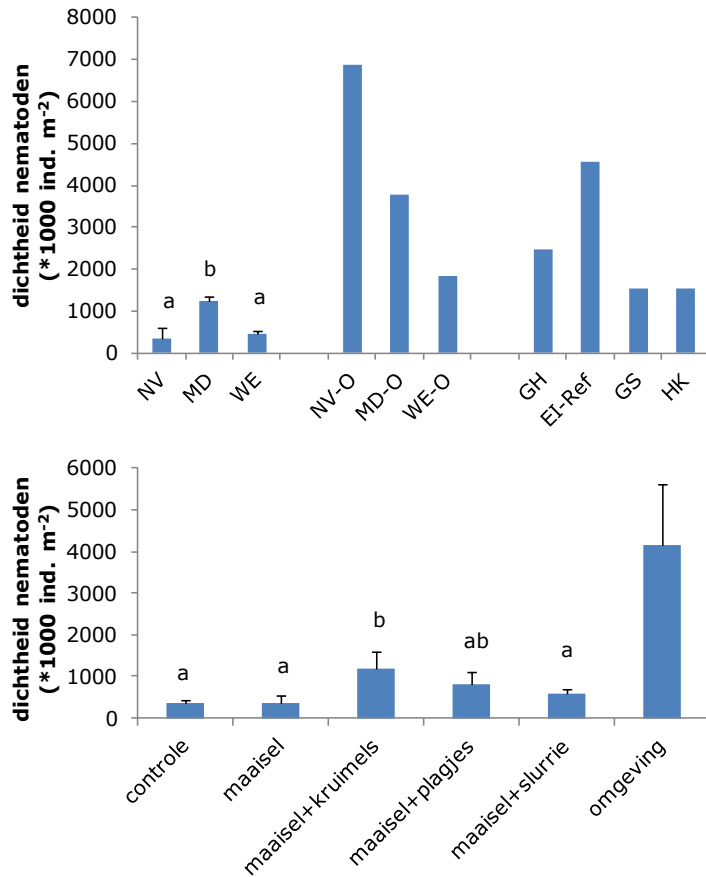
Figuur 2.25. Specifieke microbiële ademhaling; bovenste figuur: in de drie onderzoeksgebieden waarbij ter vergelijking de niet-ontgronde omgeving (-O) en waarden uit referentiegebieden is gegeven. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1. Onderste figuur: per behandeling en in de niet-ontgronde situatie. Foutbalken geven de standaardfout weer.

Specific microbial respiration; top: specific microbial respiration in the three research areas, for comparison values of the same areas without top soil removal and of reference sites are given. Figure below: specific microbial respiration per treatment and in the situation without top soil removal. For abbreviations see Table 6.1 in Appendix 1. Error bars represent SEM.

Tabel 2.15. Concentraties van karakteristieke PLFA's (ng/g) van individuele groepen bodemmicroflora voor de verschillende behandelingen en de verschillende locaties. Per locatie was er ook één monster uit de omgeving genomen(-om). Letters geven significante verschillen tussen locaties aan.

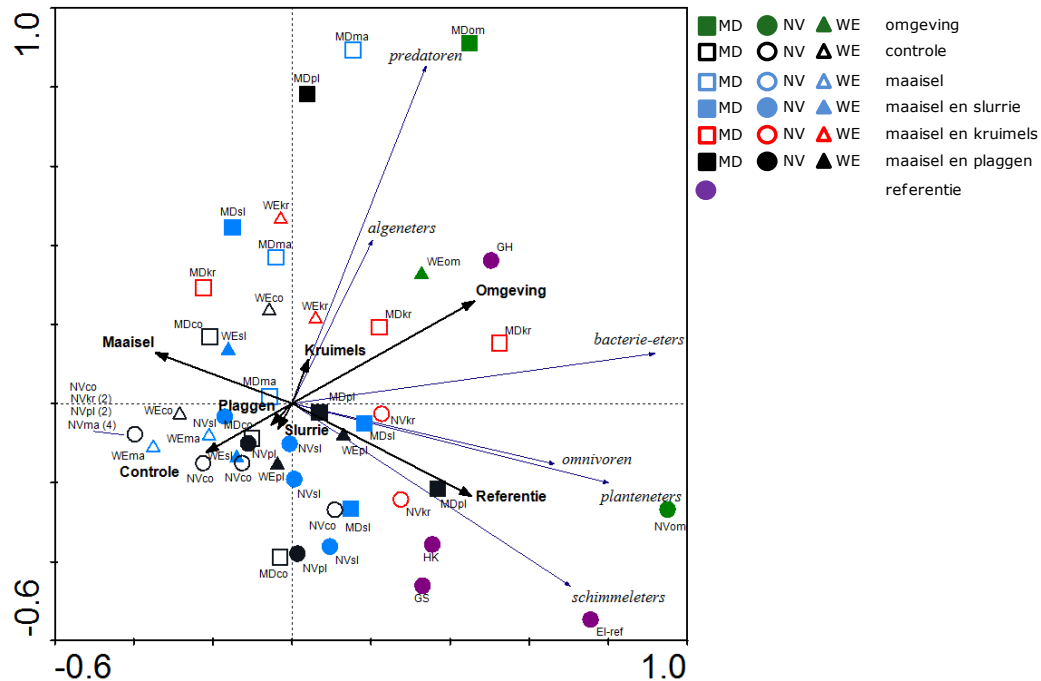
Concentrations of characteristic PLFA (ng g⁻¹) of individual groups of soil microflora for the different treatments and the different locations. For each location also one sample from the environment (-om) was taken. Letters indicate significant differences between locations.

	<i>schimmels</i>	<i>bacteriën</i>	<i>straalzwammen</i>	<i>G+bacteriën</i>	<i>G-bacteriën</i>	<i>anaerobe bacteriën</i>	<i>totale microbiële biomassa</i>	<i>schimmels/bacteriën</i>
controle	2,05	582	19	529	21	18	704	0,0114
<i>standaardfout</i>	<i>0,40</i>	<i>147</i>	<i>3</i>	<i>142</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>146</i>	<i>0,0061</i>
maaisel	2,18	478	14	430	22	17	603	0,0165
<i>standaardfout</i>	<i>0,69</i>	<i>170</i>	<i>3</i>	<i>164</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>185</i>	<i>0,0089</i>
maaisel+kruimels	1,97	582	20	526	22	20	704	0,0069
<i>standaardfout</i>	<i>0,49</i>	<i>122</i>	<i>4</i>	<i>115</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>134</i>	<i>0,0030</i>
maaisel+plaggen	1,92	552	18	497	23	18	697	0,0035
<i>standaardfout</i>	<i>0,36</i>	<i>60</i>	<i>3</i>	<i>53</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>79</i>	<i>0,0007</i>
maaisel+slurrie	2,22	600	16	553	17	16	729	0,0091
<i>standaardfout</i>	<i>0,52</i>	<i>112</i>	<i>3</i>	<i>107</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>129</i>	<i>0,0059</i>
NV	1,95	469 ^a	16 ^a	428 ^a	15 ^a	14 ^a	545 ^a	0,0084
<i>standaardfout</i>	<i>0,36</i>	<i>65</i>	<i>2</i>	<i>61</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>73</i>	<i>0,0044</i>
WE	2,44	891 ^b	24 ^b	821 ^b	29 ^b	24 ^b	1037 ^b	0,0029
<i>standaardfout</i>	<i>0,49</i>	<i>61</i>	<i>4</i>	<i>58</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>66</i>	<i>0,0006</i>
WD	1,91	418 ^a	15 ^a	369 ^a	20 ^a	17 ^a	580 ^a	0,0138
<i>standaardfout</i>	<i>0,28</i>	<i>76</i>	<i>2</i>	<i>74</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>88</i>	<i>0,0044</i>
NV-om	1,69	1000	89	815	70	59	1318	0,0017
WE-om	0,00	1181	75	966	107	98	1505	0,0000
WD-om	4,88	1864	96	1420	265	132	2545	0,0026



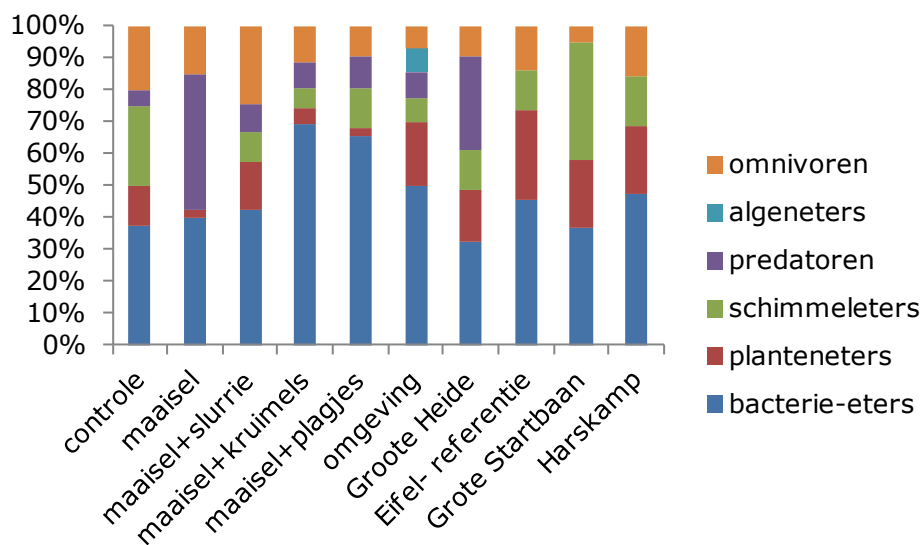
Figuur 2.26. Boven: nematodendichtheid in de drie onderzoeksgebieden waarbij ter vergelijking de niet-ontgronde omgeving (-O) en waarden uit referentiegebieden is gegeven. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1. Onderste figuur: nematodendichtheid per behandeling en in de niet-ontgronde situatie. Letters geven significante verschillen tussen locaties en tussen behandelingen weer. Foutbalken geven de standaardfout weer.

Top: nematod density in the three research areas, for comparison values of the same areas without top soil removal and of reference sites are given. Figure below: nematod density per treatment and in the situation without top soil removal. For abbreviations see Table 6.1 in Appendix 1. Significant differences between locations and between treatments are indicated by different letters. Error bars indicate SEM.



Figuur 2.27. PCA van de nematodengemeenschap gebaseerd op voedselgroepen per proefvlak met daarin de verschillende wijzen van enten.

PCA of the nematode community based on feeding groups per experimental plot with the different techniques of soil occlusion.



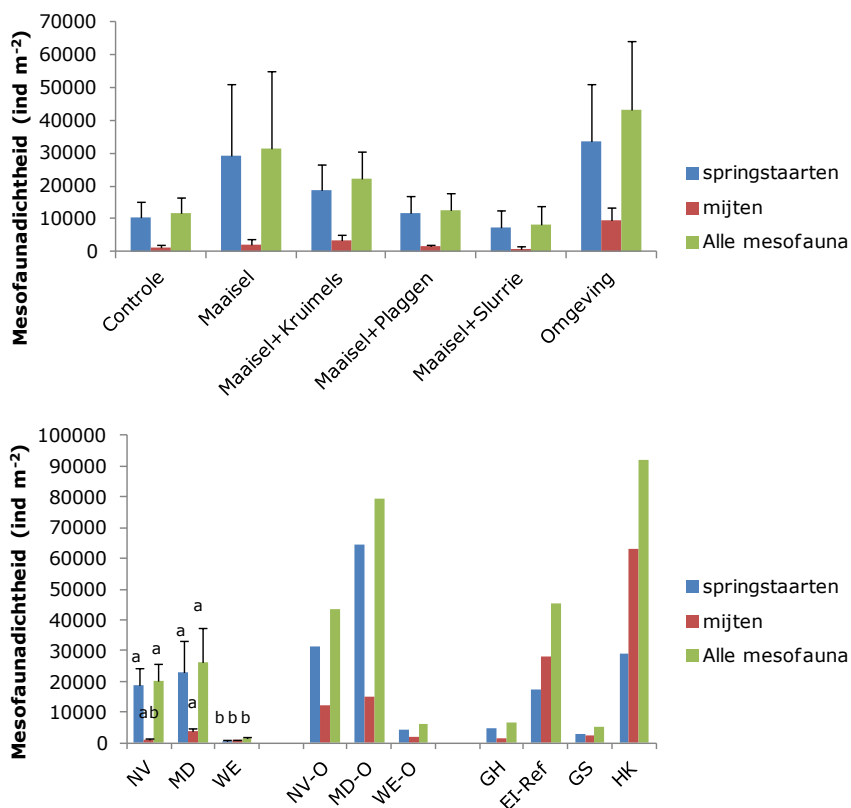
Figuur 2.28. Gemiddelde verhouding tussen nematodegroepen in de verschillende behandelingen, in de omgeving en in de vier referentielocaties.

Average ratios of nematode groups in the different treatment, the environment of the locations and in the four reference locations.

Springstaarten en mijten domineerden de bodemmesofauna in het experiment, waarbij springstaarten veruit in de meerderheid waren (figuur 2.29). Het lijkt erop dat ook voor de mesofauna de behandeling met maaisel en kruidmels het meeste effect had, net als voor de nematoden, maar de verschillen tussen de behandelingen waren niet significant.

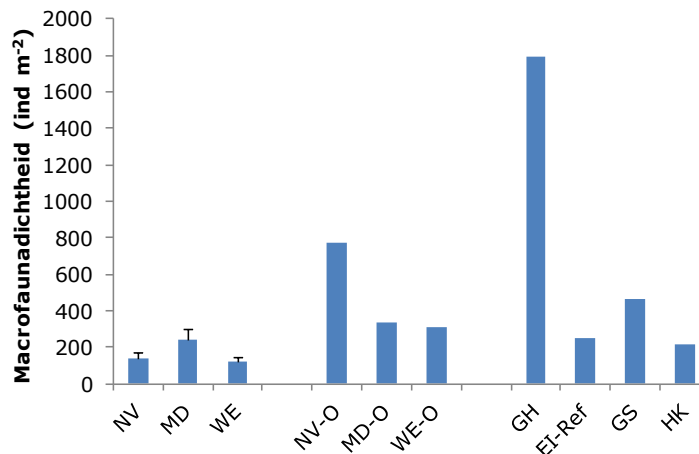
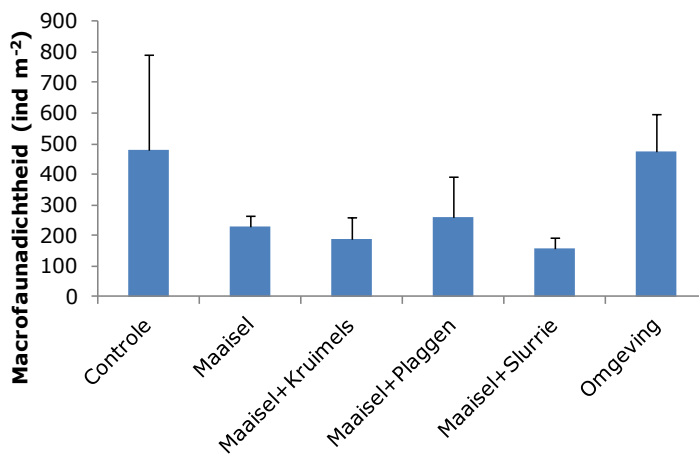
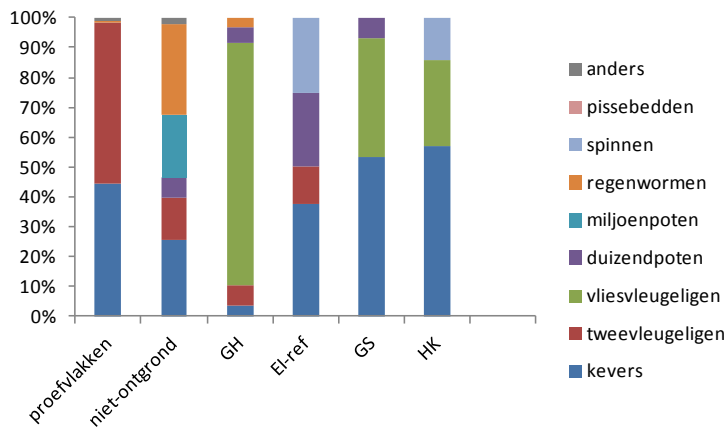
De macrofauna in het experiment werd gedomineerd door insecten, namelijk door tweevleugelen en kevers. Deze dieren koloniseren vroege

successiestadia (Frouz, 1997a; 1997b) vanwege de hoge mobiliteit van de vliegende adulten. In de terreindelen die niet ontgrond waren, was de macrofaunagemeenschap diverser (figuur 2.30). Er was geen effect op macrofaunadichtheid tussen de behandelingen. De controleproefvlakken en de proefvlakken waaraan maaisel en slurrie was toegevoegd, hadden een significant lagere macrofaunadichtheid dan de niet-ontgronde terreindelen. De behandelingen waarin bodem geënt was -en waaraan maaisel was toegediend- hadden een lagere macrofaunadichtheid dan de controlebehandeling. Dit komt vermoedelijk door de preferentie van kale bodem voor ei-afzetting, wat bekend is van specialisten van vroege successiestadia die plekken met strooisel mijden (Frouz, 1997a; 1997b).



Figuur 2.29. Boven: mesofaunadichtheid in de drie onderzoeksgebieden waarbij ter vergelijking de niet-ontgronde omgeving (-O) en waarden uit referentiegebieden is gegeven. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1. Onderste figuur: mesofaunadichtheid per behandeling en in de niet-ontgronde situatie. Letters geven significante verschillen tussen locaties weer. Foutbalken geven de standaardfout weer.

Top: soil mesofauna density in the three research areas, for comparison values of the same areas without top soil removal and of reference sites are given. Figure below: soil mesofauna density per treatment and in the situation without top soil removal. For abbreviations see Table 6.1 in Appendix 1. Significant differences between locations are indicated by different letters. Error bars indicate SEM.



Figuur 2.30. Boven: dominante groepen bodemmacrofauna in de proefvlakken, de niet-ontgronde situatie en de referentiegebieden. Middelste figuur: macrofaunadichtheid in de drie onderzoeksgebieden waarbij te vergelijken de niet-ontgronde omgeving (-O) en waarden uit referentiegebieden is gegeven. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1. Onderste figuur: macrofaunadichtheid per behandeling en in de niet-ontgronde situatie. Foutbalken geven de standaardfout weer.

Top: dominant groups of soil macrofauna in the experimental plots, the situation without top soil removal and the reference sites. Middle: soil macrofauna density in the three research areas, for comparison values of the same areas without top soil removal and of reference sites are given. Figure below: soil macrofauna density per treatment and in the situation without top soil removal. For abbreviations see Table 6.1 in Appendix 1. Error bars represent SEM.

2.5.3 Bodemchemie

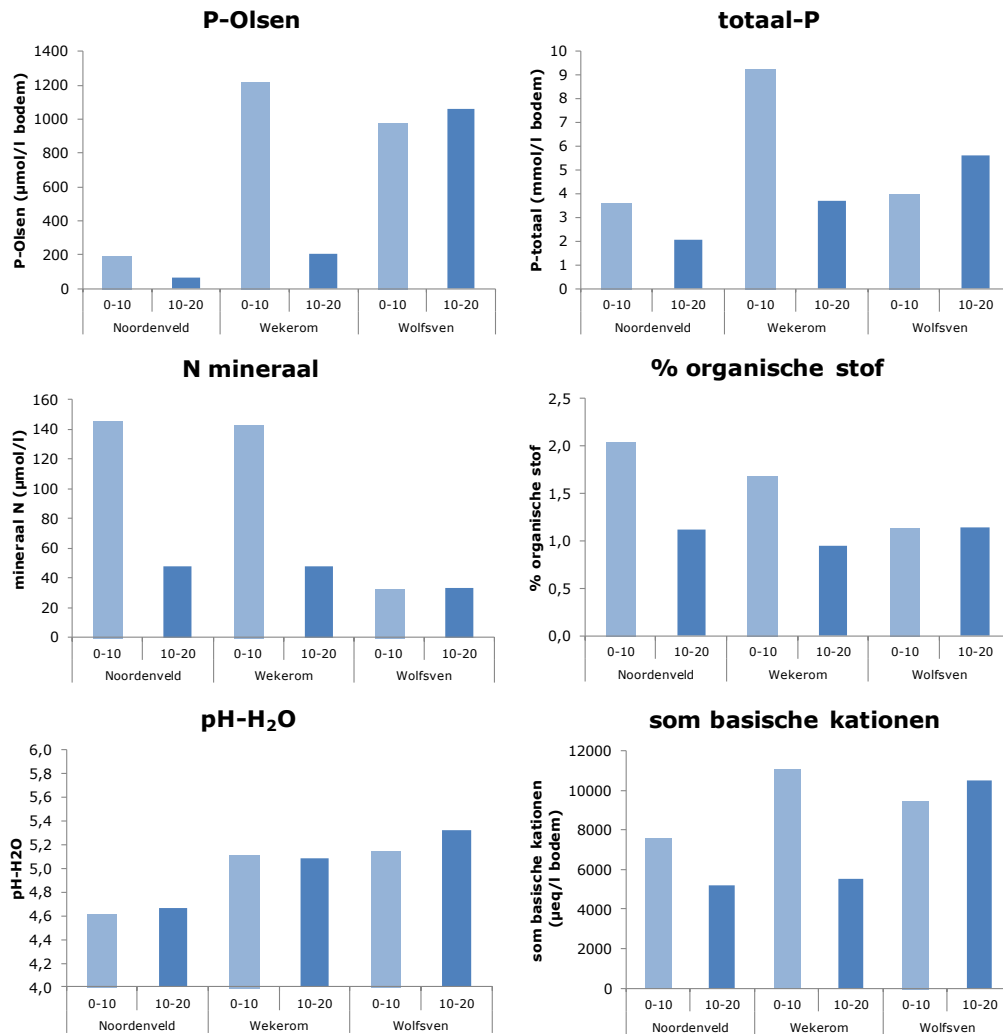
De resultaten van de bodemchemische analyses zijn gegeven in Bijlage 8. In tabel 2.16 en figuur 2.31 en 2.32 staan de belangrijkste bodemchemische resultaten van de proeflocaties en de donorsites en op een rijtje.

De proeflocaties hadden allen een laag percentage organische stof in de toplaag (1-2 %). Dit betekent dat inderdaad het grootste deel van de bouwvoor was afgevoerd. Wel was de toplaag van de bodem in Wekerom en in het Wolfsven toch nog donkerbruin gekleurd. De pH-H₂O van de bovenste bodemlaag van de drie proeflocaties lag gemiddeld tussen 4,6 en 5,1, waarbij de bodem-pH in het Noordenveld wat lager was dan op de andere twee locaties. De concentratie uitwisselbaar calcium van de bovenste bodemlaag lag tussen de 3100 en 4750 µmol Ca/l bodem en viel daarmee redelijk tot goed in de range van droge heischrale graslanden (H-1; De Graaf *et al.*, 2009). De toplaag van de locatie bij Wekerom was iets sterker gebufferd dan de toplaag van bodem op de twee andere locaties. Ook bij deze parameter waren de waarden in het Noordenveld wat lager. Door de heterogeniteit van de bodem had één van de drie mengmonsters van zowel het Noordenveld als het Wolfsven wat weinig uitwisselbaar Ca (ca. 2000 µmol Ca/l bodem) (Bijlage 8). Door de buffering en de vrij hoge pH, was er geen hoge beschikbaarheid van uitwisselbaar aluminium en waren de Al/Ca-ratio's ook voldoende laag om geen aluminiumtoxiciteit te veroorzaken. Opvallend waren de verschillen in de beschikbaarheid van fosfaat. In het Noordenveld was de concentratie Olsen-P laag (gemiddeld bijna 200 µmol/l bodem in de bovenste 10 cm), terwijl de concentratie Olsen-P in de toplaag van het Wolfsven en Wekerom hoger was, respectievelijk 980 en 1220 µmol P/l bodem in de toplaag. In goed ontwikkelde droge heischrale graslanden liggen deze waarden tussen de 100 – 300 µmol P/l bodem. In het Wolfsven is de fosforbeschikbaarheid op 10-20 cm diepte ook nog relatief hoog (> 900 µmol/l). De concentraties anorganisch stikstof, de som van beschikbaar ammonium en nitraat, was op de proeflocaties in het algemeen laag tot zeer laag, waarbij nitraat de dominante N-vorm was. Geconcludeerd kan worden dat de experimentele locaties wat buffering en N-beschikbaarheid redelijk tot goed voldoen aan de eisen voor droog heischraal grasland. Voor P zijn de aangetroffen waarden in het Wolfsven en Wekerom duidelijk wat te hoog. Hier zal mogelijk in de toekomst met vervolfbeheer rekening mee moeten worden gehouden. In Wekerom en in het Wolfsven waren de totaalconcentraties aluminium en ijzer lager dan in het Noordenveld. Dit kwam waarschijnlijk doordat de bodem in het Noordenveld een iets grotere siltfractie had. Op alle locaties was de bodem echter nog steeds leemarm.

De Kleine Startbaan had een ondiepe A-horizont (4% organisch materiaal op 0-10 cm diepte), met daaronder materiaal arm aan organische stof. De pH-H₂O was hoog (6,7 in de toplaag), samenhangend met de zeer hoge concentratie aan uitwisselbaar calcium. Door de hoge buffering en pH was de concentratie uitwisselbaar aluminium erg laag. Zowel de fosforconcentraties (Olsen-P en totaal-P), als de concentraties anorganisch stikstof (ammonium en nitraat) waren laag en goed passend in de range van goed ontwikkelde droge heischrale graslanden.

Op het terrein van de Groote Heide verschilden het zweefvliegveld en het voormalige schietterrein ("Heide") enigszins in bodemchemie. De bodem van het heischrale grasland op de 'heide' had een hoge pH-H₂O (6,8 toplaag), het zweefvliegveld een wat lagere (4,9 toplaag). Beide plekken hadden een hoge concentratie uitwisselbaar calcium, vergelijkbaar met de waarden in de bodem van de Kleine Startbaan. Op de "heide" was de beschikbaarheid van fosfaat laag (ca. 200 P-Olsen µmol/l bodem), maar op het zweefvliegveld wat hoger

(440 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Dit heeft mogelijk te maken met het wat intensievere gebruik van het zweefvliegveld. De concentratie anorganisch stikstof was op de Grote Heide wat hoger dan op de Kleine Startbaan, maar duidelijk lager dan in de bodem van de Harskamp. Aan de hogere concentraties totaal-aluminium en totaal-ijzer is te zien dat er meer silt in de zandbodem aanwezig was.

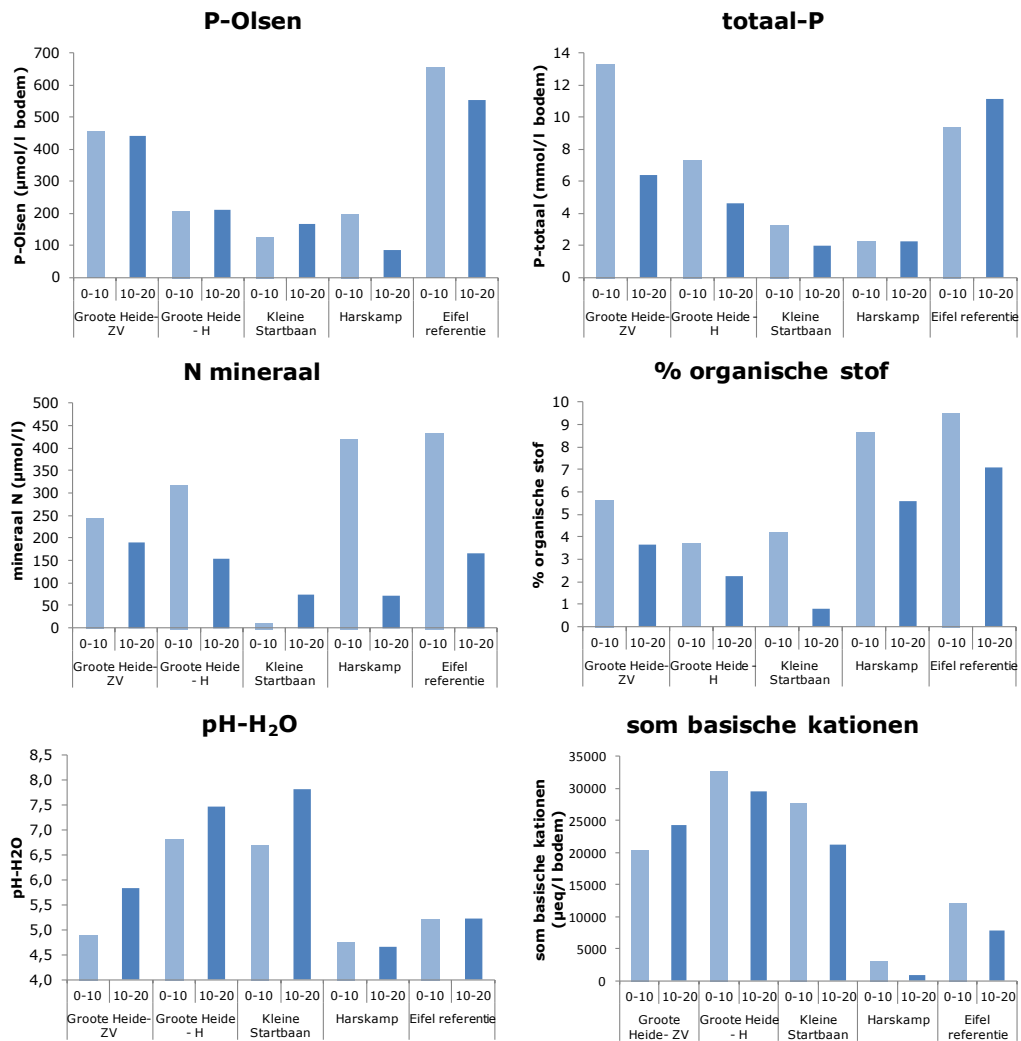


Figuur 2.31. Zes van de belangrijkste bodemchemische parameters van de gebieden met experimenten net na ontgronden op 0-10 cm diepte (lichtblauw) en op 10-20 cm diepte (donkerblauw).

Soil chemistry of the experimental sites just after soil removal at a depth of 0-10 (light blue) and at a depth of 10-20 cm (dark blue).

De bodemchemie van de donorsite Harskamp verschilde duidelijk van die in de twee andere donorsites. De bodem van Harskamp was zuurder (pH-H₂O 4,5-4,8), met weinig uitwisselbaar calcium (gemiddeld 810 $\mu\text{mol Ca/l}$ bodem in de toplaag) en relatief veel uitwisselbaar aluminium. De Al/Ca-verhouding was echter nog wel altijd voldoende laag (< 5). De A-horizont was hier dieper ontwikkeld, resulterend in meer organische stof tot op grotere diepte. Het moedermateriaal bestond wel uit arm zand, wat af te lezen was aan de lage concentraties totaal-aluminium en totaal-ijzer. De fosforconcentraties (Olsen-P en totaal-P) waren voldoende laag, maar de concentraties anorganisch

stikstof waren in de bovenste 10 cm van de bodem wel hoog (gemiddeld 410 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Deze hoge concentraties hangen mogelijk samen met het maai- en brandbeheer dat op het schietterrein gevoerd wordt. De bodem van het referentiegebied in de Eifel verschilde sterk van de Nederlandse bodems. Het betrof een recent verweerde rotsbodem, die daardoor zeer rijk was aan ijzer (355 mmol Fe/l bodem) en aluminium (491 mmol Al/l bodem). De bodem had een relatief hoge nutriëntenbeschikbaarheid.



Figuur 2.32. Zes van de belangrijkste bodemchemische parameters van de donor- en referentiegebieden op 0-10 cm diepte (lichtblauw) en op 10-20 cm diepte (donkerblauw).

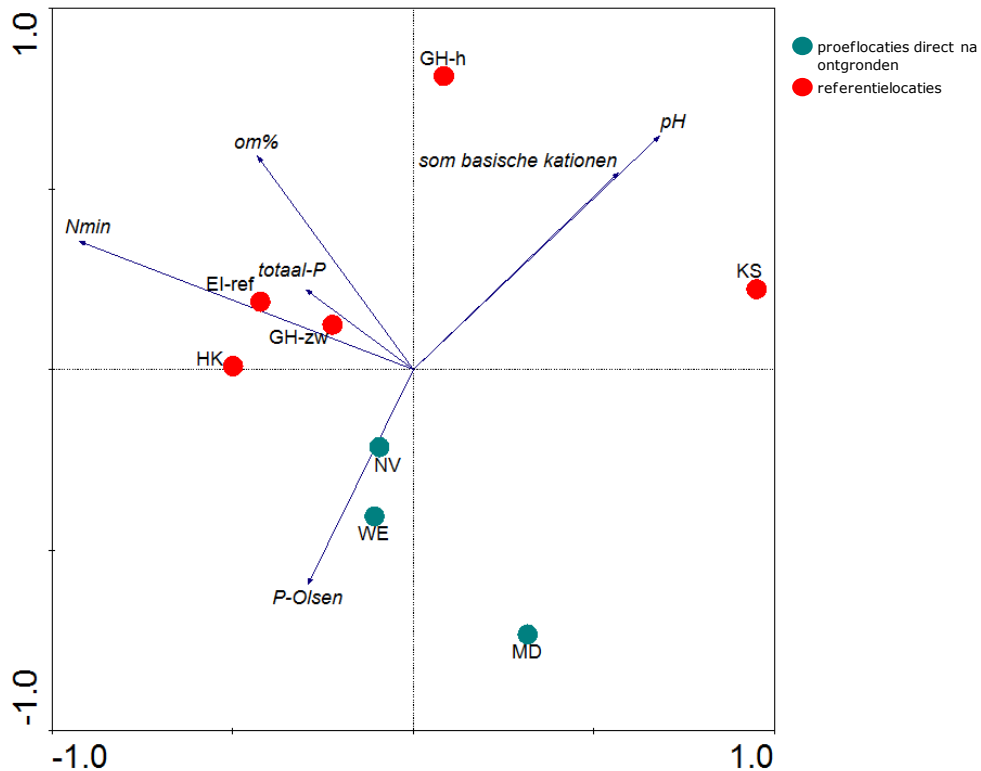
Six of the most important soil chemistry parameters of the donor and reference sites at a depth of 0-10 cm and at a depth of 10-20 cm.

Tabel 2.16. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische bepalingen. Concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. %om = organische stofgehalte. N_{min} = som van NO_3 en NH_4 uit de zoutextractie. NH_4/NO_3 = de verhouding van deze ionen in de zoutextractie. Al/Ca is de verhouding van deze ionen in de zoutextractie. $\text{Som}_{\text{baskat}}$ = som van de basische kationen (Ca, Mg and K) uit het zoutextract. P-tot, Al-tot, Ca-tot en Fe-tot zijn de totaalconcentraties van deze elementen (destructie) in mmol/l bodem. d.l. = één van beide concentraties van de verhouding onder de detectielimiet.

Most important results of the soil chemical analyses. Concentrations in $\mu\text{mol/L}$ soil. %om = percentage organic matter (loss-on-ignition). N_{min} = sum of NO_3 and NH_4 from the NaCl extraction. NH_4/NO_3 = the ratio of these ions in the NaCl extraction. Al/Ca = the ratio of these ions in the NaCl extraction. $\text{Som}_{\text{baskat}}$ = sum of the buffering cations (Ca, Mg and K) from the NaCl extract. P-tot, Al-tot, Ca-tot and Fe-tot are the total concentrations of these elements (digestion) in mmol/L soil. d.l. = one of both concentrations of the ratio was below detection limit.

	Noordenveld	Wekerom	Wolfsven	Kleine Startbaan	Harskamp	Groote Heide Zweefvliëveld	Groote Heide - Heide	Eifel-referentie
diepte	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
%om	2,0	1,7	1,1	4,2	8,6	5,6	3,7	9,49
P-Olsen	194	1221	978	126	198	454	208	656
P-tot	4	9	4	3	2	13	7	9
NO_3 -NaCl	127	95	16	0	103	33	142	25
NH_4 -NaCl	19	47	17	11	317	210	177	409
N_{min}	145	142	32	12	419	242	319	434
NH_4/NO_3	d.l.	0,5	d.l.	d.l.	3,2	6,4	1,2	17
pH- H_2O	4,61	5,11	5,14	6,71	4,74	4,90	6,81	5,21
Al-NaCl	153	14	98	4	1588	11	5	1038
Ca-NaCl	3092	4755	3504	11885	810	8907	15217	2721
Al/Ca	0	0	0	0	2	0	0	0
$\text{Som}_{\text{baskat}}$	7530	11064	9433	27697	3061	20391	32653	12023
Al-tot	313	175	90	195	59	304	244	491
Ca-tot	13	14	11	75	2	277	233	6
Fe-tot	117	85	25	54	28	110	109	355

In figuur 2.33 zijn de belangrijkste verschillen in parameters weergegeven in een ordinatiediagram (PCA). De proeflocaties hebben een duidelijk hogere fosforbeschikbaarheid (P-Olsen) dan de donor- en referentielocaties. Natuurlijk verschillen zij ook in organische stofgehalte, omdat zij recent zijn afgeplagd. In de figuur liggen zij in de onderste helft, terwijl alle donor- en referentielocaties in de bovenste helft liggen. Onderling verschillen deze locaties wel sterk in stikstofbeschikbaarheid, organische stofgehalte, pH en basenbeschikbaarheid.



Figuur 2.33. Eerste twee assen van een PCA van de belangrijkste bodemchemische parameters ($\ln(x+1)$ getransformeerd) van de proeflocaties die net zijn afgegraven en de donor- en referentielocaties. De eerste as verklaart 38% van de variatie, de tweede as 30%. Zie tabel 6.1 in Bijlage 1 voor de gebruikte afkortingen van de locaties.

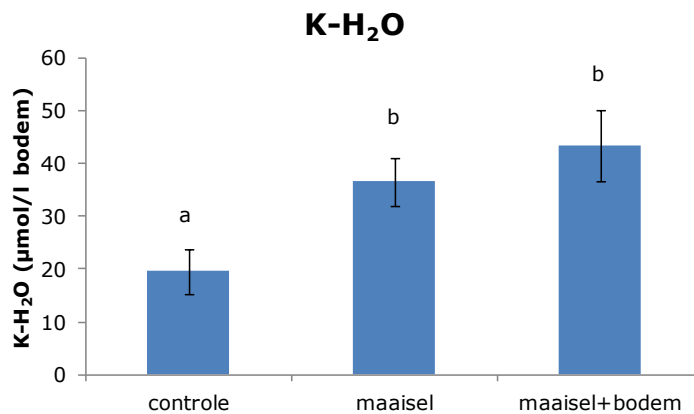
First two axes of a PCA of the most important soil chemistry parameters ($\ln(x+1)$ transformed) of the experimental sites just after soil removal and of the donor and reference locations. The first axis explains 38% of the variation, the second axis 30%. For the abbreviations used for the locations see Table 6.1 in Appendix 1.

Effect van behandelingen op de bodemchemie

In 2011 is er op 54 proefvlakken maaisel aangebracht, waarvan in 36 in combinatie met bodemmateriaal. In 2012 zijn er bodemmonsters genomen om te zien of er een effect was van deze behandelingen op de bodemchemie. Er zijn geen verschillen in bodemchemie gevonden tussen de verschillende behandeling, behalve voor de concentratie kalium in de bodem; de concentratie water-extraheerbaar kalium was groter in de behandelingen met maaisel en maaisel en bodem dan in de controle-behandeling (figuur 2.34). De concentratie zout-extraheerbaar kalium was groter in de behandeling met maaisel en bodem dan in de controlebehandeling. Door de spreiding tussen de data was er geen verschil tussen de behandeling met alleen maaisel en de behandeling met maaisel en bodem enerzijds en de controlebehandeling anderzijds.

Het opbrengen van maaisel draagt op korte termijn al bij aan de kaliumbeschikbaarheid in de bodem, omdat kalium snel uit het maaisel uitspoelt. Binnen zes weken kan maar liefst tot 90% van het kalium uit het maaisel uitspoelen. Stikstof en fosfor uit het maaisel komen voornamelijk pas beschikbaar na bacteriële afbraak van het maaisel, wat langer duurt (Schaffers *et al.*, 1998). Daarnaast is de bijdrage van stikstof en fosfor uit het maaisel ten opzichte van de totale hoeveelheid stikstof en fosfor in de bodem

zo klein dat deze bijdrage niet meetbaar is. Het aanbrengen van maaisel zorgt dus niet voor eutrofiëring van de gebieden.



Figuur 2.34. Waterextraheerbaar kalium in de controlebehandelingen, de behandelingen met maaisel en de behandelingen met maaisel en bodem één jaar na het opbrengen van het maaisel en het bodemmateriaal. Foutbalken geven de standaardfout weer. Letters geven significante verschillen tussen behandelingen aan.

Waterextractable potassium in the control treatment, the treatments with hay addition solely and the treatments with both hay and soil material addition. Error bars represent the standard error of the mean. Significant differences are indicated by letters.

2.6 Synthese

In 2011 zijn de proeflocaties net na ontgronden ingericht. De bodemchemie van de drie proeflocaties valt binnen de ranges waarin zich heischraal grasland kan ontwikkelen, hoewel op twee van de drie locaties de fosforbeschikbaarheid in de toplaag nog iets aan de hoge kant is. Dit zou een belemmering kunnen gaan vormen voor de ontwikkeling van droge heischrale graslanden als het vervolgbeheer daar niet op wordt afgestemd.

In de experimenten is onderzocht of het toedienen van maaisel en zaden en het enten van bodemmateriaal met verschillende technieken een positief effect heeft op de vestiging van kenmerkende heischrale plantensoorten en van bodemfauna. De resultaten die in dit rapport worden besproken, geven de effecten op korte termijn weer. Het is te verwachten dat een deel van de effecten pas op langere termijn zichtbaar wordt, bijvoorbeeld omdat de vegetatie zich dan sluit en licht dan beperkend kan worden en omdat het enige jaren duurt voordat fauna ingebracht met bijvoorbeeld kleine plaggen zich over het proefvlak verspreid heeft.

Het inbrengen van maaisel van goed ontwikkelde gebieden blijkt de ontwikkeling van heischrale vegetatie te bevorderen, zowel het aantal kenmerkende soorten als de gemiddelde natuurbeschermingswaarde neemt toe. Zeldzame soorten, die niet in de omgeving of in maaisel van donorgebieden aanwezig zijn, kunnen met zaden ingebracht worden, ongeveer 30 tot 50 procent van de soorten kiemt in het eerste jaar. De bedekking van deze soorten neemt door het inbrengen van zaden enorm toe. Ook het toedienen van bodem (vooral met plagjes), in eerste instantie bedoeld om de ontwikkeling van gewenste bodembiota op gang te brengen, lijkt een positief effect te hebben op vestiging van plantensoorten.

Voor de vestiging van bodembiota is enten met kruiden de techniek die het meest veelbelovend is om bodemfaunagemeenschappen te herstellen na

ontgronden. Dit was in het experiment vooral terug te zien aan de effecten op nematoden en de trend in het effect op de bodemmesofauna. Het enten met kruiden is tevens praktisch toepasbaar op grote schaal met landbouwvoertuigen, zoals bijvoorbeeld met mestverspreiders. Het aanbrengen van maaisel en bodem heeft geen effect op de concentraties van de belangrijke nutriënten stikstof en fosfor, noch op de buffering. Er werd alleen een klein effect van maaiseltoediening op de kaliumconcentratie aangetroffen. Er zal door het aanbrengen van het maaisel of bodem dus geen eutrofiëring optreden.

3 Experimenten op reeds heringerichte voormalige landbouwgronden met gestagneerde ontwikkeling

3.1 Inleiding

Het tweede deel van dit onderzoek richt zich op gebieden die al enige tijd geleden (10-15 jaar) opnieuw zijn ingericht, maar waarbij de ontwikkeling naar droog heischraal grasland nog lang niet altijd volledig is. In dit vergelijkende onderzoek wordt onderzocht of het ontbreken van kenmerkende plantensoorten en/of een verkeerde verhouding tussen functionele groepen bodemorganismen na zoveel jaar nog kan worden bijgesteld door de inbreng van plantendiasporen en bodembiota om tot een meer volledige ontwikkeling van droge heischrale graslanden te komen.

3.2 Proefopzet

In dit tweede deel van het onderzoek zijn 10 gebieden uitgezocht die circa 10 tot 15 jaar geleden vanuit agrarisch gebruik zijn omgevormd naar natuurgebied en waar droog heischraal grasland werd beoogd (figuur 3.1). Het doel van dit deelonderzoek is om een vergelijking te maken tussen (redelijk) goed geslaagde herstelprojecten en minder goed geslaagde herstelprojecten om tot een analyse van mogelijke knelpunten, zoals dispersie van plantenzaden en/of een slechte ontwikkeling van bodemfaunagroepen, te komen. Daarnaast wordt er in de op het oog minder goed geslaagde herstelprojecten een experiment op kleine schaal uitgevoerd om te onderzoeken of er mogelijkheden zijn om de ontwikkeling van deze locaties te verbeteren door het inbrengen van maaisel, zaden en/of bodemfauna. De ontwikkeling van de locaties wordt in paragraaf 3.5.1 geëvalueerd op grond van de vegetatie.

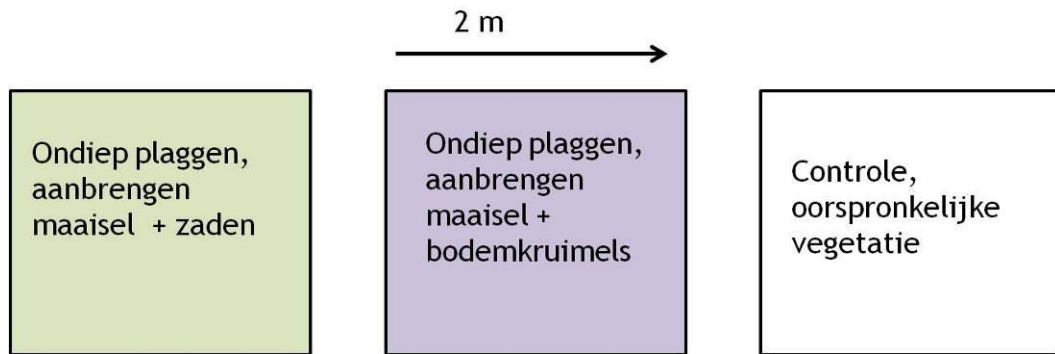
Voor de selectie van deze gebieden is gebruikt gemaakt van de evaluatie die door Bekker (2008) is opgesteld van ontgrondingen als maatregel ten behoeve van natuurontwikkeling. In de evaluatie van Bekker wordt de vegetatieontwikkeling van gebieden op zandgrond beschreven waar tussen 1986 en 2005 is ontgrond. Op grond van deze beschrijvingen zijn meerdere gebieden bezocht waarvan vestiging van kenmerkende plantensoorten uit droge heischrale graslanden was beschreven. Ter plekke is op het oog beoordeeld of op de locatie droog heischraal grasland aanwezig was en hoe hoog de kwaliteit van de vegetatie was. Daarnaast zijn er locaties geselecteerd die door beheerders of onderzoekers zijn aangedragen als geschikte gebieden.



Figuur 3.1. Ligging van de onderzoeksgebieden op 10-15 jaar geleden heringerichte voormalige landbouwgronden: locaties die dienen als referentiegebied (blauw) en locaties waar een experiment is ingericht (geel). De meeste referentiegebieden hadden een vegetatie die redelijk goed ontwikkeld was en de meeste experimentele locaties hadden een vegetatie die minder goed ontwikkeld was (paragraaf 3.5.1)(maps.google.nl).

Location of the former agricultural research areas that were restored 10-15 years ago: reference sites (blue) and experimental sites (yellow). Most of the reference sites had a better developed vegetation, most of the experimental sites were less developed (section 3.5.1) (maps.google.nl).

In vijf van de tien gebieden waar zich nog weinig zeldzame soorten van droge heischrale graslanden hadden gevestigd, is een experiment ingezet. In deze gebieden zijn drie proefvlakken van circa 2 x 2 meter ingericht met minimaal 3 meter tussen de proefvlakken (figuur 3.2). Eén van de proefvlakken dient als controle voor de autonome vegetatie-ontwikkeling. De twee andere proefvlakken zijn ondiep (circa 5 cm diep) afgeplagd. Het afplaggen diende om kieming en vestiging van ingebrachte soorten mogelijk te maken en niet om de voedselrijkdom te verlagen. In beide proefvlakken is maaisel uit een donorgebied aangebracht en zijn zaden van kenmerkende soorten ingebracht. In een van de twee proefvlakken is daarnaast ook bodemmateriaal als kruimels uit het donorgebied ingebracht om bodemfauna te introduceren. Op deze wijze kan onderzocht worden of vestiging van karakteristieke plantensoorten wordt belemmerd door een moeizame dispersie van deze soorten of dat ook de bodemfaunasamenstelling en daarmee de benodigde omzettingsprocessen in de bodem de ontwikkeling van droog heischraal grasland na 10-15 jaar nog belemmeren. Als donorgebieden zijn dezelfde gebieden gebruikt als in de experimenten op de recent ontgronde locaties. Ook hier kregen de noordelijke locaties weer donormateriaal van de Kleine Startbaan, de locaties op de Veluwe van schietterrein Harskamp en de locatie in het zuiden van de Groote Heide. In één van de proefgebieden (Staverden) kwamen weliswaar vrij veel Rode-lijstsoorten voor, maar alle kenmerkende Rode-lijstsoorten van droge heischrale graslanden ontbraken. Dit gebied is in het experiment toch meegenomen om te onderzoeken of het inbrengen van doelsoorten en van bodemfauna nog kan leiden tot een betere ontwikkeling in de richting van droog heischraal grasland.



Figuur 3.2. Experimentele opzet op vijf locaties op reeds heringerichte voormalige landbouwgronden met gestagneerde ontwikkeling.

Experimental lay-out at five sites on restored former agricultural land with a stagnating development.

In de vijf gebieden met een op het oog redelijk ontwikkelde vegetatie zijn bodemfauna- en bodemchemische monsters genomen en vegetatie-opnamen gemaakt. Hiermee kan een vergelijking gemaakt worden met de gebieden waar er een minder goede vestiging van soorten van droge heischrale graslanden was na ontgronden.

3.3 Gebiedsbeschrijvingen

De gebieden van het onderzoek in reeds heringerichte gebieden, die circa 10-15 jaar geleden opnieuw zijn ingericht vanuit landbouwkundig gebruik, liggen verspreid over de verschillende Pleistocene gebieden in Nederland en net over de grens met in België. Eén gebied ligt in de Eifel in Duitsland. Door deze ligging zal het gebied klimatologisch en geologisch afwijken van de andere gebieden, maar er is toch voor gekozen om dit gebied mee te nemen in de vergelijking, omdat er hier naar herinrichting een goed ontwikkeld heischraal grasland is ontstaan.

Oudemirdum

De onderzoekslocatie bij Oudemirdum in Gaasterland is in 1994 afgegraven (circa 50 cm) (figuur 3.3). Het gebied is in beheer bij Staatsbosbeheer. Het betreft een zeer oude landbouwgrond, die in elk geval al in de tweede helft van de 19^e eeuw in agrarisch gebruik was (watwaswaar.nl). Het herstelde terrein loopt af van het hogere gedeelte, waar het experiment in is gelegen, richting de Wyldemerck. Het gebied bestaat uit grondmorenes waarop dekzandruggen zijn afgezet. In dit deel van Gaasterland komen voornamelijk veldpodzolgronden en hoge zwarte enkeerdgronden met leemarm of zwaklemig fijn zand voor (GWT V-VI), soms met ondiepe keileem (bodemdata.nl). Het perceel bestaat al sinds de 19^e eeuw uit grasland. Gezien de huidige heiderijke vegetatie, zal dit waarschijnlijk voornamelijk heischraal grasland zijn geweest. In het gebied is één serie proefvlakken uitgezet.



Figuur 3.3. Links: ligging onderzoeksgebied bij Oudemirdum (maps.google.nl). Rechts: het gebied rond Oudemirdum in 1908 (watwaswaar.nl).

On the left: location experimental site near Oudemirdum (maps.google.nl). On the right: the area around Oudemirdum in 1908 (watwaswaar.nl).

Mantingerveld

Het Mantingerveld grenst aan het Mantingerzand (figuur 3.4). Het Mantingerveld is in 1994 ontgrond (Bekker, 2008). Het is in beheer bij Natuurmonumenten. Het deel van het gebied waar het experiment is uitgezet werd pas eind jaren '50/begin jaren '60 van de 20^e eeuw ontgonnen (watwaswaar.nl). Het gebied bestaat uit dekzandruggen en lage landduinen met bijbehorende vlakten en laagten met landbouwdekken. De bodem bestaat uit veldpodzolen op lemige fijne zanden op keileem (GWT V-VI) (bodemdata.nl), die ter plekke een dikke eerdlaag hebben. Tot in de jaren '50 bestond het huidige Mantingerveld uit droge en natte heide met natte laagten en vennen.



Figuur 3.4. Links: ligging van het onderzoeksgebied in het Mantingerveld (maps.google.nl). Rechts: het Mantingerveld in 1903 (watwaswaar.nl).

On the left: Location of the experimental site at Mantingerveld (maps.google.nl). On the right: the Mantingerveld in 1903 (watwaswaar.nl).

Wisselse Veen

De onderzoekslocatie bij het Wisselse Veen, ten westen van Epe, ligt op de overgang van de stuwwal van de Veluwe naar het beekdal van de Verloren beek en Tongerense beek (figuur 3.5). Geomorfologisch bestaat het gebied uit stuwwalglooiingen en hoge landduinen met bijbehorende vlakten. De bodem bestaat hier uit voornamelijk leemarme haarpodzolgronden, die naar het lager gelegen deel overgaan in veldpodzolgronden met grof zand en grind dieper dan 40 cm (GWT VI-VIII) (bodemdata.nl). Het Wisselse Veen werd vanaf circa 1915 ontgonnen, maar het hooggelegen deel tegen de Tongerense Heide aan bleef tot zeker midden jaren '30 heide. Na ontginning is dit deel eerst in gebruik geweest als akker en daarna als grasland (watwaswaar.nl). In het Wisselse Veen worden sinds begin negentiger jaren van de vorige eeuw herstelmaatregelen uitgevoerd. Het deel waar de proefvlakken liggen is eind 1993 ontgrond (circa 30 cm). Het gebied is in beheer bij Gelders Landschap. Voor de aanleg van de proefvlakken is er machinaal enkele vierkante meters afgeplagd. De proefvlakken (inclusief het niet afgeplagde controlevlak) zijn met schapengaas afgezet om begrazing door de regelmatig langstreckende schaapskudde te voorkomen.



Figuur 3.5. Links: ligging van het onderzoeksgebied Wisselse Veen (maps.google.nl). Rechts: het onderzoeksgebied in het Wisselse Veen in 1872 (linksboven op de overgang van de Tongerense Heide naar het beekdal) (watwaswaar.nl).

On the left: location of the experimental site at Wisselse Veen (maps.google.nl). On the right: the Wisselse Veen in 1872 (on the top left on the transition from the Tongerense Heide towards the stream valley) (watwaswaar.nl).

Staverden

Het 'landje van Hendriks' ten zuiden van Staverden maakte tot na 1931 deel uit van het Speulderveld en is tussen de jaren '30 en de jaren '50 in agrarisch gebruikt genomen (watwaswaar.nl) (figuur 3.6). Voor de ontginning was het terrein een heide. Gelders Landschap heeft in 2001 de toplaag van het gebied (20 – 40 cm) afgegraven ten behoeve van natuurherstel. Al snel na herstel keerden enkele Rode-lijstsoorten terug, zoals Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*) en Dwergviltkruid (*Filago minima*). Delen van de vegetatie kunnen gekarakteriseerd worden als een goed ontwikkelde Vogelpootjesassociatie (*Ornithopodo-Corynephoretum*) (med. H. Inberg).

Het gebied ligt in een daluitspoelingswaaier met glooiingen van sneeuwsmeltwaterafzettingen. De bodem bestaat uit grofzandige holtpozolgronden waar ondiep grind in zit (GWT VIII) (bodemdata.nl).

Voor de aanleg van de proefvlakken is er machinaal enkele vierkante meters ondiep afgeplagd.



Figuur 3.6. Links: ligging van het onderzoeksgebied bij Staverden (maps.google.nl). Rechts: het onderzoeksgebied bij Staverden in 1931. De proefvlakken liggen ten zuiden van het woord 'Veld' (watwaswaar.nl).

On the left: location of the experimental site near Staverden (maps.google.nl). On the right: the experimental site near Staverden in 1931. The plots are located south of the word 'Veld' (watwaswaar.nl).

Banisveld

Het Banisveld ligt aan de zuidoostkant van de Kampina in het midden van Noord-Brabant (figuur 3.7). Het gebied ligt in een vlakte van ten dele verspoelde dekzanden. De heide van het Banisveld werd halverwege de 19e eeuw ontgonnen in een karakteristiek driehoekig verkavelingspatroon, zoals nu nog in het Velderbosch terug te vinden is. Het Banisveld was toen nog heide. Rond de jaren '20 van de 20e eeuw werd het gebied als akker- en weidegrond in gebruikt genomen (watwaswaar.nl). De bodem van het Banisveld bestaat uit veldpodzolgronden met zwaklemig fijn zand (GWT VI). Natuurmonumenten heeft in het gebied de ca. 40 cm dikke bouwvoor afgegraven in 1999-2000. Na afgraven zijn veel Rode-lijstsoorten teruggekeerd, zoals Bruine snavelbies (*Rhynchospora fusca*), Kleine zonnedauw (*Drosera rotundifolia*), Moerashertshooi (*Hypericum elodes*), Teer guichelheil (*Anagallis tenella*) en Moeraswolfsklauw (*Lycopodiella inundata*) (med. Natuurmonumenten).

Het grootste deel van het perceel is 's winters vrij nat. De proefvlakken zijn op de gradiënt gelegd van de oorspronkelijke bouwvoor naar het laaggelegen deel waarvan de gehele bouwvoor is verwijderd, zodat ze hoog genoeg liggen om de ontwikkeling van droog heischraal grasland mogelijk te maken. De proefvlakken zijn door middel van schrikdraad van de rest van het gebied afgesloten om begrazing door aanwezige runderen te voorkomen.



Figuur 3.7. Links: Ligging van het onderzoeksgebied in het Banisveld aan de zuidoostkant van de Kampina (maps.google.nl). Rechts: het Banisveld (onderin de kaart) in 1912 (watwaswaar.nl).

On the left: location of the experimental sites in the Banisveld at the southeastern side of the Kampina (maps.google.nl). On the right: the Banisveld area (bottom of the map) in 1912 (watwaswaar.nl).

Poortbulten

Poortbulten maakte in de 19e eeuw deel uit van het heidegebied Luttermolenveld (figuur 3.8). Het gebied ligt op een hoge stuwwal. Aan het eind van de 19e eeuw is het gebied ontgonnen en verkaveld, waarbij het perceel dat in dit onderzoek betrokken is, nog geruime tijd een natte heide bleef. In de jaren 30 van de twintigste eeuw heeft er korte tijd naaldbos op het perceel gestaan (watwaswaar.nl). Daarna is het in gebruik genomen als grasland. In 1995 heeft Natuurmonumenten de toplaag van het perceel verwijderd (Bekker, 2008). De bodem bestaat tot diep uit kalkloze keileem (GWT V).



Figuur 3.8. Links: ligging van Poortbulten ten zuiden van De Lutte (maps.google.nl). Rechts: Poortbulten in 1906 (watwaswaar.nl).

On the right: the Poortbulten area south of De Lutte (maps.google.nl). On the left: Poortbulten in 1906 (watwaswaar.nl).

Kromhurken

Onderzoekslocatie Kromhurken ligt in het beekdal van de Keersop, ten zuiden van Bergeijk (Noord-Brabant) (figuur 3.9). Het gebied ligt op een terrasafzettingenvlakte bedekt met dekzand. Het gebied ligt op de overgang van het hogergelegen voormalige heidegebied de Maayerheide, waar nu de Malpie nog van resteert, en het beekdal. Het gebied was vroeg ontgonnen. Al in het begin van de 19^e eeuw lagen hier kleine kavels met hooi- en weilanden langs de Keersop (watwaswaar.nl). De bodem langs dit deel van de Keersop bestaat uit veldpodzolen op lemig en leemarm zand met grind op 40-120 cm onder maaiveld (GWT V) met overgangen naar moerige podzolgronden (bodemdata.nl).

Staatsbosbeheer heeft halverwege de jaren '90 (enkele decimeters van) de bouwvoor verwijderd. Na afgraven is materiaal (plagsel/maaisel) aangebracht, waarschijnlijk afkomstig van de Cartierheide (med. Staatsbosbeheer). In het perceel is een gradiënt te vinden van droge tot vochtige heide met heischrale elementen in het hoge zuidoosten naar kwelgevoed nat heischraal grasland/blauwgrasland richting de beek. Er hebben zich inmiddels meerdere karakteristieke soorten van schraallanden gevestigd, zoals Pilzegge (*Carex pilulifera*), Stekelbrem (*Genista anglica*), Teer guichelheil (*Anagallis tenella*) en Veldrus (*Juncus acutiflorus*) (Albers et al., 2003; Van de Haterd et al., 2012).



Figuur 3.9. Links: ligging van Kromhurken ten zuiden van Bergeijk (maps.google.nl). Rechts: Kromhurken in 1902 (watwaswaar.nl).

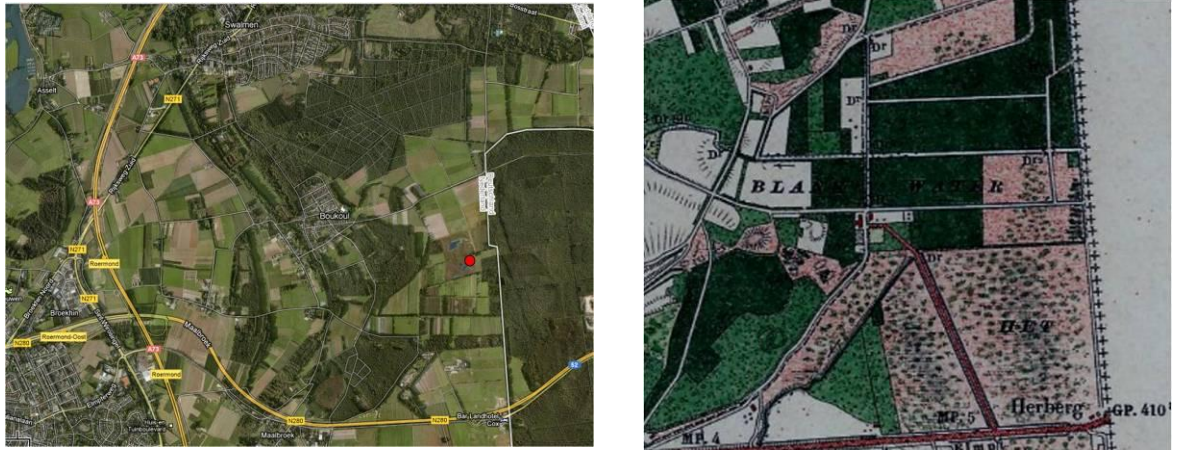
On the left: location of the Kromhurken area south of Bergeijk (maps.google.nl). On the right: Kromhurken in 1902 (watwaswaar.nl).

Blankwaterven

Het Blankwaterven is een klein natuurontwikkelingsgebied van Staatsbosbeheer ten oosten van Roermond in Limburg (figuur 3.10). Het gebied ligt op een daluitspoelingswaaier die bedekt is met dekzand of löss. Het gebied was aan het eind van de 19^e eeuw een kleine, overgebleven heide in een reeds verkaveld landschap. Begin jaren '20 is ook dit perceel ontgonnen en gebruikt als grasland en akker (watwaswaar.nl). De bodem van het oostelijke, droge deel van het terrein kan getypeerd worden als veldpodzolgrond met leemarm en zwak lemig fijn zand (GWT V) (bodemdata.nl).

In 1997 is hier de toplaag verwijderd (Bekker, 2008). Het gebied helt van oost naar west. In het lage deel is een ven uitgegraven. Zowel in het natte als in het droge deel van het gebied hebben zich al meerdere doelsoorten gevestigd, zoals Moeraswolfklauw (*Lycopodiella inundata*), Bruine snavelbies

(*Rhynchospora fusca*) en Stekelbrem (*Genista anglica*). Het gebied wordt beweeid door runderen. Het proefvlak dat als referentie dient voor droog heischraal grasland is gelegd op de overgang van het hoge, nog niet afgegraven deel van het terrein, naar het natte, afgegraven lage deel. In het droge deel iets hoger op de gradiënt is in 2012 een pijplijn aangelegd.

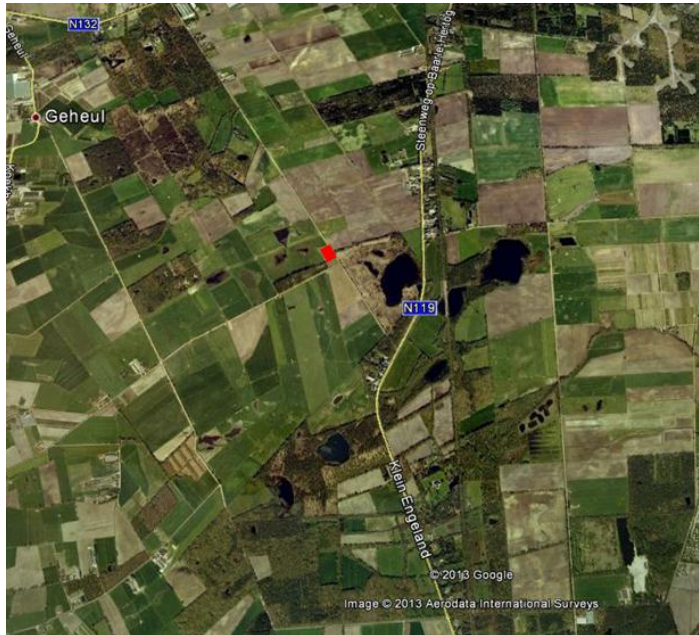


Figuur 3.10. Links: ligging van het Blankwatervan ten zuidoosten van Swalmen (maps.google.nl). Rechts: het gebied in 1898. Het perceel waar het onderzoek plaatsvindt, is het parallellogramvormige heideperceel bovenin de kaart (watwaswaar.nl).

On the left: location of the Blankwater area southeast of Swalmen (maps.google.nl). On the right: the area in 1898. The parcel in which the research takes place, is the parcel with heather with the shape of a parallelogram at the top of the map (watwaswaar.nl).

Turnhout

Het gebied bij het Zwarte water bij Turnhout (België) maakt deel uit van het EU Life project Turnhouts Vennengebied, waarbij vennen, heides en heischrale graslanden hersteld worden (figuur 3.11). Dit gebied maakt deel uit van het Natura 2000 netwerk. Het onderzochte perceel is ontgrond in de winter van 1996/1997 en wordt beheerd door Natuurpunt. Voordat het gebied werd afgegraven was het een agrarisch grasland. De bodem bestaat uit een dunne organische laag, in de ondergrond is klei aanwezig. Na het ontgronden zijn er van enkele zeldzame plantensoorten zoals Beenbreek, Gevlekte orchis en Welriekende nachtorchis zaden ingebracht. Er werden enkel soorten ingebracht die op dat moment in de directe omgeving voorkwamen. Van deze soorten waren kleine populaties in wegbermen of akkerranden overgebleven. Om genetisch robustere populaties te behouden werden de zaden ingebracht na het afgraven.



Figuur 3.11. Ligging onderzoeksgebied bij Turnhout (maps.google.nl).

Location site near Turnhout (maps.google.nl).

Eifel

De onderzoeksgebieden in de Eifel (Duitsland) liggen in het zogeheten FFH-Gebiet 'Obere Kyll und Kalkmulden der Nordeifel', waar sinds 1992 het EU LIFE project 'Bescherming en herstel van *Nardus*-graslanden in Midden Europa' loopt (figuur 3.12). Het herstelde perceel is afgegraven in 1993, voorheen was het in gebruik als agrarisch grasland. Na het afgraven is er maaisel ingebracht uit nabijgelegen goed ontwikkelde gebieden. Als referentie voor de herstelde site is een goed ontwikkeld heischraal grasland opgenomen dat niet recent in intensief agrarisch gebruik is geweest, met veel karakteristieke soorten als Borstelgras en Valkruid. De bodem in dit gebied bestaat uit een Cambisol (Duits: Braunerde), met zwak gedifferentieerde bodem horizonten.



Figuur 3.12. Ligging onderzoeksgebieden in de Eifel (maps.google.nl).

Location sites in the Eifel (maps.google.nl).

3.4 Materiaal & Methoden

3.4.1 Inrichting proeflocaties

Aanbrengen maaisel

Het maaisel voor deze experimenten werd verzameld op dezelfde donorlocaties en op dezelfde manier als in de experimenten die net na ontgronden zijn uitgevoerd (paragraaf 2.4.1). De verhouding tussen oppervlak donorgebied/proefvlak was 1:1.

Aanbrengen zaden

De zaden zijn op dezelfde manier verzameld en verwerkt als beschreven in de experimenten net na ontgronden (tabel 3.1). De zaden van Valkruid en Grasklokje zijn gekocht bij een kweker (zie paragraaf 2.4.1).

Tabel 3.1. De zaden die zijn opgebracht in de herstelde gebieden waar een experiment is opgezet. De wetenschappelijke namen staan vermeld in Bijlage 2.

Seeds that are applied in restored areas where an experiment was set up. Scientific names are listed in Appendix 2.

Locatie	Soorten waarvan zaden zijn opgebracht
Banisveld	Blauwe knoop, Echt duizendguldenkruid, Gewone rolklaver, Hazenpootje, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Tandjesgras, Zandblauwtje
Mantingerveld	Blauwe knoop, Echte guldenroede, Grasklokje, Hondsviooltje, Klein vogelpootje, Liggend walstro, Liggende vleugeltjesbloem, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Valkruid, Kleine tijm, Zandblauwtje
Oudemirdum	Blauwe knoop, Echte guldenroede, Grasklokje, Hondsviooltje, Klein vogelpootje, Liggend hertshooi, Liggend walstro, Liggende vleugeltjesbloem, Mannetjesereprijs, Muizenoor, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Zandblauwtje
Staverden	Blauwe knoop, Klein vogelpootje, Mannetjesereprijs, Stijf havikskruid, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Valkruid
Wisselseveen	Blauwe knoop, Klein vogelpootje, Mannetjesereprijs, Stijf havikskruid, Stijve ogentroost, Tandjesgras, Valkruid

Inbrengen bodemfauna

In de experimenten is de bodemfauna alleen via verkruid bodemmateriaal ingebracht, op dezelfde wijze als in de experimenten net na ontgronden. Per proefvlak is 0,2 m² bodemmateriaal ingebracht van de donorlocatie uit de regio in oktober of november 2011.

3.4.2 Vegetatiebeschrijvingen

Vegetatieopnames

In 2011 en 2012 zijn gebied bedekkende opnames rondom het permanent kwadraat gemaakt van alle locaties. De opnames zijn gemaakt volgens de Tansley schaal met een oppervlak van 1 hectare. In de gebieden waar ook een experiment is opgezet, is van alle drie permanente kwadraten een opname van 2 bij 2 meter gemaakt volgens de schaal van Londo, in de gebieden zonder experiment is een opname gemaakt van het controle permanent kwadraat. De coderingen van de opnameschalen zijn te vinden in Bijlage 3.

Omdat het in 2011 niet mogelijk was om van alle gebieden zonder experiment opnames te maken, is in 2012 in al deze gebieden de vegetatie opnieuw in kaart gebracht om een goede vergelijking te kunnen maken. In de experimentele gebieden is maaisel en bodem uit de regio ingebracht uit dezelfde donorgebieden als beschreven in de experimenten direct na ontgronden. De opnames van deze gebieden worden ook gebruikt voor dit experiment.

Analyse vegetatiedata

De ongewogen en gewogen index zijn op dezelfde manier berekend als in de experimenten direct na ontgronden. Voor de verdere analyse van de experimenten in de reeds herstelde gebieden is de gewogen index uitgebreid door de bedekking aan de berekening toe te voegen.

$$\text{Gewogen index} \cdot \text{bedekking} = \text{weefactor} \cdot \log(\text{bedekking} + 1)$$

Op deze manier krijgen zeldzame en/of belangrijke plantensoorten voor het heischrale verbond met een hoge bedekking een hogere waardering. Relatief soortenarme gebieden waar wel veel zeldzame en/of belangrijke soorten met hoge bedekking voorkomen worden op deze manier hoger gewaardeerd. De soortenlijsten en weefactoren zijn dezelfde als in de experimenten direct na ontgronden, en zijn te vinden in tabel 2.2.

Om deze berekening uit te kunnen voeren om de verschillen tussen de permanente kwadraten in de experimenten te bepalen, wordt gecorrigeerd voor de totale bedekking door vegetatie. De in 2011 geplagde permanente kwadraten hebben een veel lagere bedekking dan de controles, waardoor er zonder correctie een vertekend beeld ontstaat.

$$\text{Gewogen index} \cdot \text{bedekking experiment} = \frac{\text{weefactor} \cdot \log(\text{bedekking} + 1)}{\text{totale bedekking}}$$

Voor de statistische analyses is een Univariate Linear Model gebruikt, met 'ontwikkeling' of 'behandeling' als fixed factor. Om de verschillen in ontwikkeling of behandeling te bepalen is een Tukey HSD test gebruikt. De analyses zijn uitgevoerd in SPSS 20 (IBM).

Lichtmetingen

Lichtmetingen zijn op dezelfde manier gemaakt als in de experimenten direct na ontgronden in 8 van de 10 locaties. In de Eifel en in Oudemirdum was het helaas niet mogelijk om lichtmetingen te doen. Dezelfde analyse is toegepast op de gegevens.

3.4.3 Bemonstering en analyse bodembiota

Bemonstering bodembiota

De bodemgemeenschap is op dezelfde manier bemonsterd als in de experimenten direct na ontgronden (zie paragraaf 2.4.3).

In oktober en november 2011 zijn de recent geplagde kwadraten in de gebieden met een experiment bemonstert om de beginsituatie in kaart te brengen. Indien het ondiep plagen van de proefvlakken al eerder was gedaan, werd er aan de rand van de geplagde plots een nieuwe strook

geplagd om ongestoorde monsters van de geplagde proefvlakken te krijgen. De donorgebieden voor de experimenten in de herstelde gebieden komen overeen met de donorgebieden van de experimenten direct naar ontgronden, deze gegevens zijn ook hier gebruikt.

In oktober 2012 zijn van alle herstelde gebieden de controle proefvlakken bemonsterd, omdat in 2011 nog niet voor alle gebieden een vergunning binnen was. In oktober 2012 zijn ook monsters genomen in de geplagde proefvlakken waar bodem was ingebracht.

Analyse bodembiota

De analyse van de bodemfauna is beschreven paragraaf 2.4.3.

3.4.4 Bemonstering en analyse bodem- en vegetatiechemie

Bemonstering

Van de reeds heringerichte voormalige landbouwgronden werd in 2011 per proefvlak één mengmonster van vier steken van 0-10 en 10-20 cm diepte genomen. Deze monsters werden in augustus tot oktober 2011 genomen. In 2012 werden de proefvlakken in de vijf gebieden waar een experiment was ingericht nogmaals bemonsterd om de effecten van de behandelingen op de bodemchemie te bepalen. Er werd toen van elk proefvlak een mengmonster van drie steken van 0-10 cm diepte samengesteld. Daarnaast werden de goedontwikkelde gebieden bij Turnhout en in de Eifel op 9 en 13 oktober 2012 op 0-10 en 10-20 cm diepte voor het eerst bemonsterd.

De vegetatie werd bemonsterd door van een oppervlakte van 50 x 50 cm de bovengrondse vegetatie (exclusief de moslaag) te oogsten. De vegetatiebemonstering vond plaats op 14 en 15 augustus 2012 en op schietterrein Harskamp op 13 september 2012.

Stikstofluxen

Met Plant Root Simulator probes (PRSTM, Western Ag Innovations Inc., Saskatoon, Canada) kunnen fluxen in de bodem op langere termijn bepaald worden. Ze geven een maat voor de beschikbaarheid van nutriënten over een bepaalde tijdsperiode. De probes die in dit onderzoek gebruikt zijn, zijn speciaal ontwikkelde "kation-anion-uitwissel"membranen voor de adsorptie van ammonium of nitraat. Half oktober 2011 werden in de controleproefvlakken met intacte vegetatie en de geplagde proefvlakken waarin maaisel en zaden zijn aangebracht maar geen bodemmateriaal, in de gebieden Mantingerveld, Oudemirdum, Wisselse Veen, Staverden, Banisveld, Kromhurken en Blankwatervan elk vier afzonderlijke probes voor nitraatanalyses en vier voor ammoniumanalyse ingebracht (figuur 3.13). Tussen eind oktober en eind december 2012 werd dit ook gedaan in Poortbulten en Turnhout. De membranen stonden in contact met de bovenste circa 10 cm van de bodem. Na precies acht weken werden de probes uit het veld gehaald, van bodem ontdaan en bij 4 °C opgeslagen tot de verzending naar Western Ag in januari 2012, respectievelijk januari 2013. In januari 2012 en januari 2013 werden door Western Ag per proefvlak de concentratie nitraat en ammonium aan de membranen bepaald.



Figuur 3.13. Links: Plant Root Simulator probes in het Mantingerveld. Rechts: Plant Root Simulator probes in de heischrale vegetatie met de wasplaat Gewoon vuurzwammetje (Hygrocybe miniata) bij het Blankwaterven.

On the left: Plant Root Simulator probes at the Mantingerveld. On the right: Plant Root Simulator probes in the Nardo-Galium vegetation with the waxcap Hygrocybe miniata at Blankwaterven.

Bodemextracties

Op de bodemmonsters werd net als in de experimenten direct na ontgronden een zoutextractie, waterextractie, Olsen-extractie, een destructie en een organische stofbepaling uitgevoerd (paragraaf 2.4.4).

Verwerking en analyse vegetatiemonsters

De vegetatiemonsters werden in papieren zakken minimaal 48 uur gedroogd bij 70 °C. Na drogen werd de massa van het monster bepaald en werd elk monster fijn geknipt waarna een representatief mengmonster verder fijn werd gemalen met een kogelmaler. De vegetatie werd gedestruerd en geanalyseerd analoog aan de bodemdestructie (paragraaf 2.4.4). De C- en N-analyse werd op dezelfde wijze uitgevoerd als de analyse van het bodemmateriaal, met als verschil dat er van de vegetatiemonsters circa 3 mg werd ingewogen.

3.5 Resultaten

3.5.1 Vegetatie

Vegetatieontwikkeling locaties

Om de 10 verschillende locaties te vergelijken zijn zowel de ongewogen als de gewogen index, het aantal Rode-lijstsoorten en de gewogen index • de bedekking van de afzonderlijke soorten bepaald voor iedere locatie (tabel 3.2). De verschillende parameters leiden ieder tot een andere rangschikking. Deze verschillen worden met name veroorzaakt door het zwaarder mee laten wegen van zeldzame en/of belangrijke soorten (de gewogen index), en hebben een groter effect wanneer deze soorten een relatief hoge bedekking hebben (gewogen index • bedekking).

Tabel 3.2. Indices (ongewogen en gewogen), Rode lijstsoorten en gewogen index • bedekking voor alle 10 locaties. De getallen zijn gebaseerd op gebied bedekkende opnames. De soortenlijst in tabel 2.2 is gebruikt voor de berekening.

Indices (weighed and unweighed), red list species and weighed index • cover for all 10 locations. The numbers are based on relevés of the whole area. The species list in table 2.2 is used for the calculations.

Locatie	Afkorting	Experiment aanwezig	Verzadigings-index	Gewogen index	Rode-lijstsoorten	Gewogen index • bedekking
Kromhurken	KH	Nee	0,26	31	3	20,3
Eifel - her	EI-her	Nee	0,31	57	11	28,1
Poortbulten	PB	Nee	0,15	17	1	19,7
Blankwatervan	BW	Nee	0,15	15	1	12,7
Turnhout	TH	Nee	0,28	37	5	20,7
Banisveld	BV	Ja	0,24	29	3	15,6
Wisselse Veen	WV	Ja	0,15	17	1	11,5
Mantingerveld	MA	Ja	0,16	21	4	15,8
Oudemirdum	OM	Ja	0,24	22	0	12,6
Staverden	ST	Ja	0,25	27	2	21,9

Voor de uiteindelijke rangschikking is gekozen voor de gewogen index • de bedekking, omdat deze zowel de natuurbeschermingswaarde van de vegetatie als de bedekking van zeldzame en/of belangrijke soorten hoger waardeert. Op basis hiervan valt een duidelijke scheiding in de mate van ontwikkeling waar te nemen tussen de gebieden. Enerzijds een groep met een waarde tussen 11 en 16, anderzijds een groep met een waarde tussen de 20 en 30.

Twee gebieden wijken af van de oorspronkelijke indeling op basis van veldobservaties voor het inzetten van de experimenten. Staverden werd oorspronkelijk ingedeeld bij de locaties waar een experiment is opgezet, met name door het ontbreken van de voor heischraal grasland karakteristieke Rode-lijstsoorten. Ondanks het ontbreken van deze soorten blijkt deze locatie zo goed ontwikkeld te zijn dat het de op een na hoogste score behaalt in de rangschikking van de herstelde gebieden. Daarom is Staverden in tweede instantie gerangschikt onder de redelijk goed ontwikkelde locaties.

Voor het Blankwatervan in Swalmen geldt het tegenovergestelde. Deze locatie was gerangschikt onder de redelijk goed ontwikkelde gebieden door een hoge bedekking van specifieke heischrale soorten als Stekelbrem, Pilzegge en Tormentil. Het Blankwatervan blijkt voor alle parameters echter relatief laag te scoren, en is daarom in tweede instantie ondergebracht bij de matig ontwikkelde gebieden.



Figuur 3.14. Overzicht van de redelijk goed ontwikkelde gebieden Kromhurken (links) en de Eifel met Gevlekte Orchis en Valkruid (rechts).

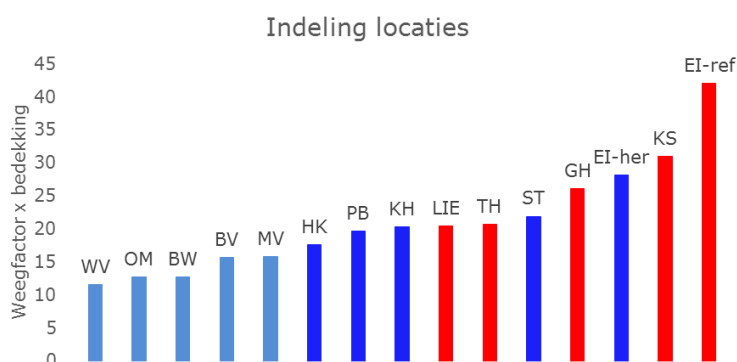
Overview of the reasonably well-developed areas of Kromhurken (left) and the Eifel with the Heath Spotted Orchid and Arnica (right).

De locaties in de Eifel (figuur 3.14) en Turnhout hebben het grootste aantal zeldzame soorten (tabel 3.5, figuur 3.15). Het valt verder op dat er weinig soorten zijn met een weegfactor van 2 of 3 die in bijna alle redelijk goed ontwikkelde gebieden voorkomen. Alleen Tormentil en Veldbies komen in 5 respectievelijk 4 van de redelijk goed ontwikkelde gebieden voor, alle andere soorten hooguit in 2 van de 5 locaties. Ook hier blijkt dat de soortensamenstelling van het heischrale verbond zeer variabel is, en dat veel karakteristieke soorten ook in redelijk goed ontwikkelde gebieden op voormalige landbouwgrond vaak ontbreken.

Tabel 3.3. Plantensoorten aanwezig in de verschillende locaties. De locaties zijn gerangschikt naar oplopend product van de gewogen index en de bedekking. Alleen soorten met een weegfactor van 2 of 3 in de soortenlijst zijn opgenomen. Wetenschappelijke namen staan vermeld in Bijlage 2.

Plant species present in the various locations. The locations are ordered after the increasing sum of the weighted index and cover. Only species with a weighing factor of 2 or 3 in the species list are included. Scientific names are listed in Appendix 2.

Nederlandse naam	WV	OM	BW	BV	MV	PB	KH	TH	ST	EI
Bergknautia										lo
Bergnactorchis										r
Bevertjes										o
Borstelgras								f		
Bosdroogbloem					f				o	
Echt duizenguldenkruid				o				lf		
Fraai hertshooi										lo
Geelgroene vrouwenmantel										r
Gevlekte orchis								f		lo
Gewone margriet								r		a
Grasklokje										f
Grote bremraap										r
Heidekartelblad								lo		
Hondsviooltje					r					r
Kleine ratelaar										f
Kleine zonnedauw				f			lf			
Klokjesgentiaan								o		
Knoopkruid	r					f			o	r
Kruipbrem										
Liggend walstro										o
Liggende vleugeltjesbloem								lo		o
Mannetjesereprijs					o			r		
Moeraswolfsklauw				lo			la			
Pilzegge		o		lf	o	a	f			
Ronde zonnedauw				r						
Ruig schapengras					f					
Stekelbrem	r		o			cd	s			
Stijf havikskruid	o						o		f	
Stijve ogentroost					o				o	
Tandjesgras										r
Tormentil		lo	r			a	o	o	r	r
Veldbies (G)	r	o	f	r			o	o	f	lo
Welriekende nachtorchis								o		
Zwart knoopkruid										lo



Figuur 3.15. Indeling van de locaties op basis van het product van de gewogen index en de bedekking. In donkerblauw de herstelde locaties die redelijk goed ontwikkeld zijn, in lichtblauw degene die matig ontwikkeld zijn en in rood de referentiegebieden. Voor afkortingen zie Bijlage 1.

Positioning of the locations on the basis of the sum of the weighted index and cover. In light blue the restored areas which are reasonably developed, in dark blue the well-developed restored areas and in red the reference sites. For abbreviations see Appendix 1.

Vergelijking met referentiegebieden

Als referentie voor goed tot redelijk ontwikkelde droge heischraal graslanden zonder landbouwkundige achtergrond zijn de drie donorlocaties voor maaisel en bodem gekozen die voor de experimentele locaties zijn gebruikt. Daarnaast zijn nog twee additionele referenties toegevoegd. In de Eifel zijn vegetatieopnames gemaakt in een bestaand heischraal grasland dichtbij het herstelde gebied. Als vijfde locatie is een goed ontwikkeld heischraal grasland van natuurgebied de Liereman (nabij Turnhout, België) toegevoegd (tabel 3.4, figuur 3.16).

Tabel 3.4. Indices (ongewogen en gewogen), aantal Rode-lijstsoorten en het product van de gewogen index en de bedekking voor de referentie sites. De soortelijst in tabel 2.2 is gebruikt voor de berekeningen.

Indices (unweighed and weighed), number of red list species and the sum of the weighted index and cover for the reference sites. The species list in table 2.2 is used for the calculations.

Locatie	Afkor-ting	Verzadigings- index	Gewogen index	Rode- lijstsoorten	Gewogen index • bedekking
Kleine Startbaan	KS	0,35	51	7	31
Harskamp	HK	0,16	24	3	18
Groote Heide	GH	0,28	39	4	23
Eifel – ref	EI-ref	0,38	65	12	42
Liereman	LIE	0,24	32	5	20

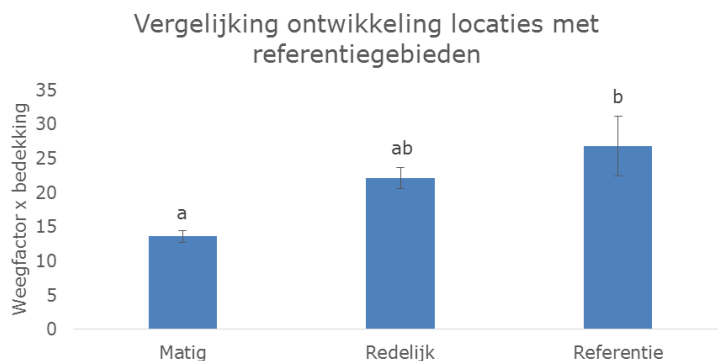


Figuur 3.16. Liggende vleugeltjesbloem op de Kleine Startbaan (links) en Borstelgras en Heidekartelblad in de Liereman (rechts).

Heath milkwort on the Kleine Startbaan (left) and Mat-grass and Lousewort in the Liereman (right).

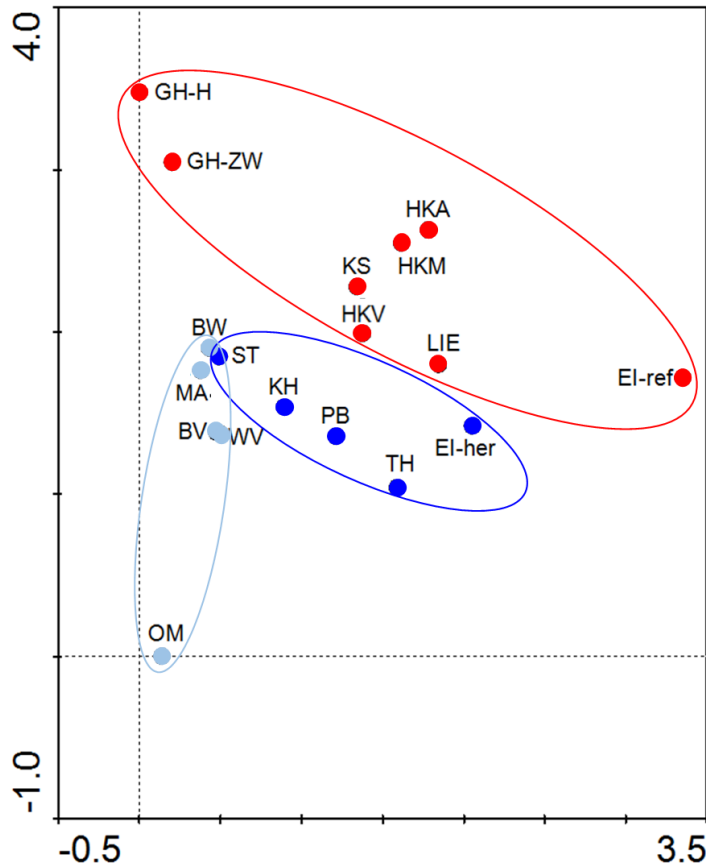
In de vergelijking van de drie types gebieden (matig ontwikkeld, redelijk ontwikkeld, referentie) werd een duidelijk verschil gevonden in de vegetatie-ontwikkeling tussen de matig ontwikkelde droge heischrale graslanden en de referentiegebieden (p-waarde van 0,01) (figuur 3.17). De redelijk ontwikkelde gebieden verschilden niet significant van de referenties (p-waardes 0,47). De redelijk goed en matig ontwikkelde sites verschilden niet significant van elkaar (p-waarde van 0,11).

De verschillen in de vegetatie-ontwikkeling van de verschillende gebieden is duidelijk zichtbaar in een DCA op basis van de bedekking van heischrale soorten uit de soortenlijst in tabel 2.2 (figuur 3.18). De referentiegebieden worden bij elkaar geplot, ook al is er een grote spreiding binnen de referenties. De redelijk goed ontwikkelde gebieden liggen tussen de matig ontwikkelde en referentiegebieden in.



Figuur 3.17. Vergelijking van het product van de gewogen index en de bedekking van de verschillende locaties ten opzichte van de referenties. Gemiddelde \pm standaardfout.

Comparison of the weighted index and cover of the different locations in relation to the reference sites. Average \pm standard error.



Figuur 3.18. Eerste twee assen van een DCA op basis van de bedekking van de heischrale soorten uit de soortenlijst in tabel 2.2. In rood de referentiegebieden, in donkerblauw de redelijk ontwikkelde herstelde gebieden en in lichtblauw de matig ontwikkelde herstelde gebieden. Voor afkortingen zie Bijlage 1.

The first two axis of a DCA on the basis of the cover of the species of the Nardo-Galium class listed in table 2.2. In red the reference sites, in dark blue the well-developed restored areas and in light blue the reasonable developed restored areas. For abbreviations see Appendix 1.

Toevoegen maaisel, zaden en bodem

In 5 locaties zijn maaisel, zaden en bodem toegevoegd om de vestiging van nieuwe heischrale soorten te bevorderen. Alle parameters laten hetzelfde resultaat zien (tabel 3.5 en figuur 3.19). Het aantal soorten en de gemiddelde natuurbeschermingswaarde stijgt met toevoegen van maaisel, het toevoegen van bodem, bedoeld om de bodemgemeenschap over te brengen, heeft geen additioneel effect op de vestiging van nieuwe soorten of de gemiddelde natuurbeschermingswaarde. Het aantal Rode-lijstsoorten stijgt significant door het inbrengen van maaisel (p-waarde van 0,006).

Tabel 3.5. Indices (ongewogen en gewogen), Rode-lijstsoorten en het product van de gewogen index en de bedekking gecorrigeerd voor de totale bedekking voor de locaties met experimenten.

Indices (unweighed and weighed), red list species and the product of the weighed index and cover corrected for total cover for the locations with experiments.

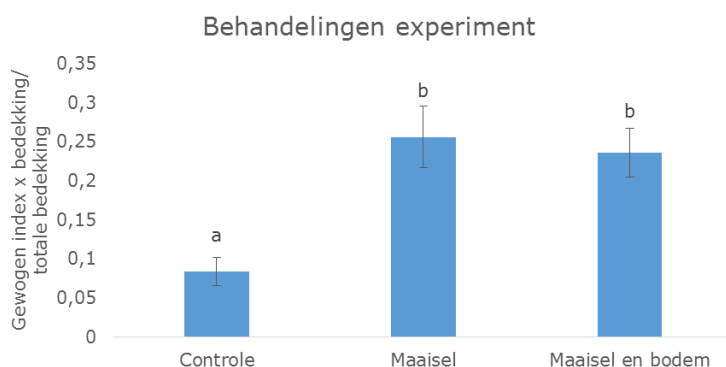
Behandeling	Verzadigings-index	Gewogen index	Rode-lijstsoorten	Gewogen index • bedekking / totale bedekking
Controle	0,22	10	0,2	0,08
Maaisel en zaden	0,30	18	2	0,26
Maaisel, zaden en bodem	0,31	19	2	0,24



Figuur 3.19. Muurpeper in het Banisveld (links) en het Hondsviooltje in Oudemirdum (rechts).

Wallpepper in Banisveld (left) and Heath Violet in Oudemirdum (right).

Het product van de gewogen index en de bedekking gecorrigeerd voor de totale bedekking vertoont de grootste verschillen (figuur 3.20). Het toedienen van maaisel en bodem verschillen beide significant van de controle (p-waardes van 0,005 en 0,01) maar niet van elkaar (p-waarde van 0,89). De beginsituatie van de experimentele locatie heeft weinig invloed op het positieve effect op de vegetatie door het toedienen van maaisel. In Staverden, ingedeeld bij de redelijk goed ontwikkelde gebieden, leidt het toedienen van maaisel nog steeds tot meer dan een verdubbeling van de gewogen index en gecorrigeerd voor bedekking. Dispersie en vestigingsproblemen door een dichte vegetatie lijken een belangrijke bottleneck te zijn voor de vegetatie-ontwikkeling in matig ontwikkelde gebieden. Zeldzame soorten kunnen zich vestigen na het openmaken van de vegetatie en het inbrengen van zaden. Het is uiteraard de vraag in hoeverre deze soorten zich kunnen handhaven wanneer de successie verder gaat, of dat ze weggeconcentreerd worden. Dit laatste is zeer waarschijnlijk in productieve gebieden. Wanneer de soorten zich kunnen handhaven tijdens de verdere successie, is dispersie de belangrijkste factor die de vegetatie-ontwikkeling in deze gebieden bepaalt.



Figuur 3.20. Verschillen in het product van de gewogen index en de bedekking gecorrigeerd voor totale bedekking voor de verschillende behandelingen van het experiment. Gemiddelde \pm standaardfout. De soortenlijst uit tabel 2.2 is gebruikt voor de berekeningen.

Differences in the sum of the weighed index and cover corrected for total cover for the different treatments of the experiment. Average \pm standard error. The species list from table 2.2 is used for the calculations.

De herkomst van de gekiemde soorten in de geplagde kwadraten is nog moeilijker te bepalen dan in de experimenten direct na ontgronden, aangezien er van meerdere heischrale soorten nog wortels of zaden aanwezig waren. In tabel 3.6 staan per locatie vermeld welke soorten door het toedienen van maaisel, zaden of bodem in de gebieden zijn geïntroduceerd. Deze soorten kwamen in 2011 of 2012 niet in de gebieden voor. In Staverden en het Wisselse Veen (figuur 3.21)(beiden op de Veluwe) zijn slechts weinig soorten overgebracht, terwijl in de andere locaties meerdere soorten zijn geïntroduceerd. In Oudemirdum hebben zich de meeste Rode-lijstsoorten gevestigd, terwijl er voorheen in dit gebied geen Rode-lijstsoorten voorkwamen.

Tabel 3.6. Geïntroduceerde soorten in de experimentele gebieden.

Introduced species in the experimental sites.

Locatie	Heischrale soorten	Rode-lijstsoorten	Overige soorten
Banisveld	Fijn schapengras Hazepootje Mannetjesereprijs	Duits viltkruid	Geel walstro Gewone brunel Kleine klaver Veldzuring Zachte dravik
Wisselse Veen	Vertakte leeuwentand	Hondsviooltje Stijve ogentroost Valkruid	
Mantingerveld	Gewone rolklaver Klein vogelpootje Muizenoor Tormentil Veldbies (G)		
Oudemirdum	Fijn schapengras Stijf havikskruid	Blauwe knoop Hondsviooltje Kleine ratelaar Stijve ogentroost	Smalle weegbree
Staverden	Mannetjesereprijs	Valkruid	

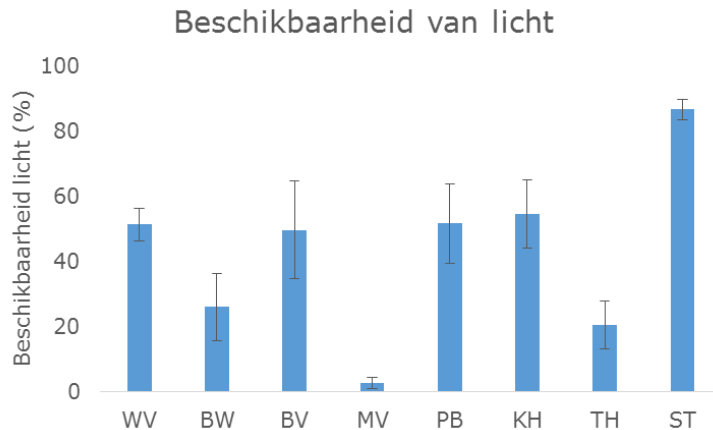


Figuur 3.21. Het experiment in het Wisselse Veen. Linksboven: het experiment is afgezet met schapengaas om begrazing te voorkomen. Rechtsboven: detail van het proefvlak met maaisel en zaad met kiemend Valkruid. Linksonder: de vegetatie in het controleproefvlak. Rechtsonder: de vegetatie in het proefvlak met maaisel en zaad.

*The experiment at Wisselse Veen. On the top left: the experiment is fenced to prevent sheep grazing. On the top right: detail of a plot with added hay and seeds with germinating *Arnica montana*. Bottom left: vegetation of the control plot. Bottom right: vegetation of the plot with added hay and seeds.*

Beschikbaarheid van licht

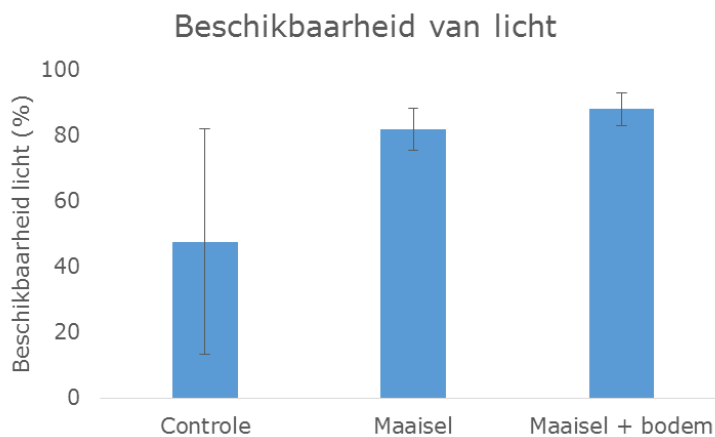
De beschikbaarheid van licht lijkt niet gekoppeld te zijn aan de vegetatieontwikkeling (p-waarde is 0,28). In 5 van de 8 locaties lijkt licht geen beperkende factor te zijn voor de vestiging van kiemplanten (figuur 3.22). In Turnhout en het Blankwatervan ligt de lichtbeschikbaarheid op de bodem rond de 20 procent en kan daarmee in deze gebieden een beperking voor de vestiging van kiemplanten vormen. In het Mantingerveld is de lichtbeschikbaarheid slechts 2 procent, waardoor de vestiging van kiemplanten zeer sterk bemoeilijkt wordt.



Figuur 3.22. De beschikbaarheid van licht net boven de bodem. De locaties zijn gerangschikt naar volgorde van vegetatie-ontwikkeling. Gemiddelde \pm standaarddeviatie.

Light availability just above ground level. The locations are ordered after the development of the vegetation. Average \pm standard deviation.

De lichtbeschikbaarheid is in de geplagde permanente kwadraten hoger dan in de controles (figuur 3.23). In de geplagde kwadraten is de lichtbeschikbaarheid voor kiemplanten na een jaar hoger dan 80 procent. De beschikbaarheid van licht is dus niet beperkend voor de vestiging van kiemplanten in de geplagde kwadraten. Tussen de controles is veel variatie in lichtbeschikbaarheid (zie ook figuur 3.22).



Figuur 3.23. De beschikbaarheid van licht net boven de bodem voor de verschillende behandelingen. De permanente kwadraten waar maaisel of maaisel en bodem zijn ingebracht zijn geplagd. Gemiddelde \pm standaarddeviatie.

Light availability for seedlings just above ground level for the different treatments. The permanent quadrats in which hay or hay and soil was applied were sodcutted. Average \pm standard deviation.

Chemische samenstelling vegetatie

De verhouding tussen N en P in graslandvegetaties kan gebruikt worden als indicatie voor N- dan wel P-limitatie. Een N:P-verhouding < 14 g/g vormt in natte graslanden een indicatie voor N-limitatie, terwijl een verhouding boven 16 g/g een indicatie vormt voor P-limitatie (Koerselman & Meuleman, 1996; Verhoeven *et al.*, 1996; Güsewell *et al.*, 2003; Olde Venterink *et al.*, 2003).

Kalium is minder vaak limiterend, maar kan soms wel limiterend worden in frequent gemaaide graslanden. Een N:K-verhouding lager dan 2,1 (Olde Venterink *et al.*, 2003) tot 4 g/g (Loeb *et al.*, 2009) is hier indicatief voor. In droge graslanden liggen de grenzen tussen de verschillende typen limitaties mogelijk iets anders, maar de grenzen uit vochtige graslanden kunnen hier wel indicatief gebruikt worden.

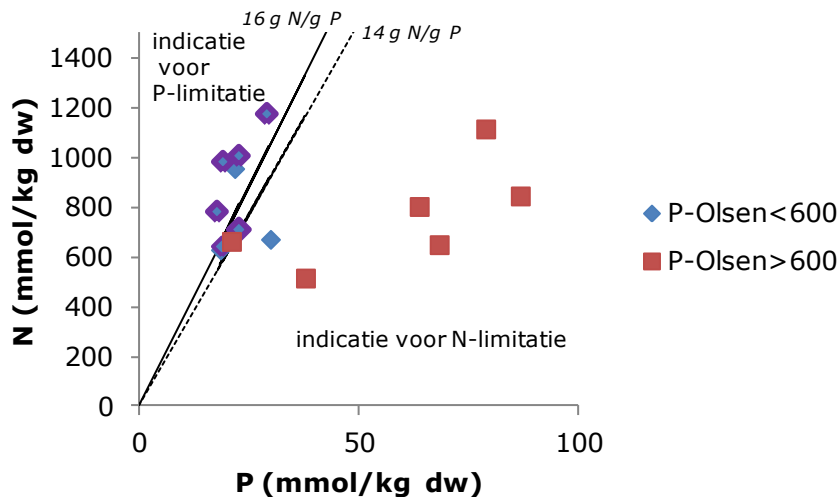
Het nutriënt dat limiterend is, bepaalt de biomassa-productie, die vaak sterk samenhangt met de soortdiversiteit zolang dispersie geen beperkende factor vormt. Extra input van een niet-limiterend nutriënt zorgt weliswaar niet voor een hogere biomassa-productie, maar kan soms een belangrijke impact hebben doordat het voor soortverschuivingen kan zorgen. Zo is bekend dat grassen gaan domineren bij een hogere stikstofinput en vlinderbloemigen, die stikstof kunnen fixeren, bij een hogere fosforinput (bijv. Bobbink, 1991). Op grond van de N:P-verhouding zijn de vegetaties van Oudemirdum, Mantingerveld, Wisselse Veen, Staverden, Blankwatervan (deel met grazige vegetatie), Groote Heide-zweefvliegveld en Banisveld N-gelimiteerd en de vegetaties van de donorlocaties Kleine Startbaan en Harskamp en het goed ontwikkelde gebied bij Turnhout P-gelimiteerd. De N:P-verhouding van de vegetaties van Blankwatervan (een extra bemonsterd deel met heide), Groote Heide- deel met Heide, Poortbulten en Kromhurken lag tussen 14 en 16 g/g, waardoor het type limitatie niet op grond van deze verhouding kan worden vastgesteld. Geen van de bemonsterde vegetaties had een N:K-verhouding beneden 4 g/g. Er is dus geen sprake van kaliumlimitatie. N-limitatie is bij de oorspronkelijke lage N-depositie het meest voorkomende type limitatie in veel graslanden (Bobbink & Hettelingh, 2011). Het is daarom opvallend dat de vegetatie van bijna alle donorsites P-gelimiteerd lijkt te zijn, terwijl de vegetatie van bijna alle voormalige landbouwgebieden N-gelimiteerd is. Uit eerder onderzoek aan goedontwikkelde droge heischrale graslanden blijkt echter dat de meeste van deze graslanden ook N-gelimiteerd zijn: van 16 terreinen in Nederland en België had slechts één terrein een N:P-verhouding boven 16 g/g in de gras- en kruidbiomassa (Dorland & Bobbink, 2008). Het is dus niet zo dat goed ontwikkelde droge heischrale graslanden die niet agrarisch bemest zijn geweest P-gelimiteerd horen te zijn.

De concentratie N in de vegetatiebiomassa was niet sterk gecorreleerd met de gemeten bodemparameters voor N ($r^2 < 0,56$). De P-concentratie in de biomassa hing wel sterk samen met de gemeten bodemparameters voor P; het sterkst met de P-Olsenconcentratie in de bodem ($r^2 = 0,71$). De P-Olsenconcentratie in de bodem hing sterk samen met de indicatie voor N- dan wel P-limitatie: van de zes locaties die een N:P-verhouding lager dan 14 hadden en dus N-gelimiteerd zouden zijn, hadden vijf locaties een Olsen-P-concentratie hoger dan 600 $\mu\text{mol/l}$ bodem (figuur 3.24). Van de vijf locaties met een N:P-verhouding hoger dan 16, die dus P-gelimiteerd zouden zijn, lag de P-Olsenconcentratie altijd lager dan 600 $\mu\text{mol/l}$ bodem. In de vegetatie van Harskamp en Turnhout kwam tegelijk met deze vrij lage beschikbaarheid van fosfor juist een hoge concentratie mineraal stikstof voor (170 tot 800 $\mu\text{mol/l}$), waardoor de fosforlimitatie mogelijk versterkt wordt. In de bodem van de Kleine Startbaan was naast de fosforconcentratie ook de concentratie mineraal stikstof erg laag. De biomassa op het moment van knippen was niet gecorreleerd met de nutriëntenconcentraties in de bodem of in de vegetatie. Dit kwam mede door het beheer dat gevoerd wordt. Op sommige locaties was al (minstens) eenmaal gemaaid en op andere locaties was er mogelijk enige gras door konijnen of reeën.

De hoge P-beschikbaarheid in zes van de negen terreinen op voormalige landbouwgrond geeft aan dat hier te weinig van de fosfaatrijke P-laag is verwijderd om de achtergrondconcentratie te bereiken. In vijf van deze zes gevallen (Oudemirdum, Mantingerveld, Staverden, Wisselse Veen en

Blankwatervan-deel met grazige vegetatie) is de vegetatie (mede) daardoor N-gelimiteerd, waardoor de vegetatie gevoeliger is voor N-depositie.

Nutrientenconcentraties vegetatie



Figuur 3.24. De N- en P-concentratie in de vegetatie van de reeds heringerichte voormalige landbouwgronden (geen kader) en de donorlocaties (paars kader). De lijn van 14 en 16 g N/g P geven de indicatieve grenzen voor stikstof- en fosforlimitatie weer. Blauwe ruiten: P-Olsen < 600 µmol/l bodem, rode vierkanten: P-Olsen > 600 µmol/l bodem.

The N and P concentration of the vegetation biomass of the already restored sites in former agricultural areas (no borders) and of the donor sites (purple borders). The 14 and 16 g N/g P lines indicate N, respectively P limitation. Blue diamonds: Olsen P concentration < 600 µmol/L soil, red squares: Olsen P concentration > 600 µmol/L soil.

3.5.2 Bodembiota

Microbiële en specifieke ademhaling verschilden niet significant tussen de redelijk goed ontwikkelde en matig ontwikkelde locaties. De microbiële biomassa in de bodem van redelijk goed ontwikkelde locaties was significant hoger dan in de matig ontwikkelde locaties en dan in de proefvlakken waar voor de behandelingen opnieuw geplagd was. De microbiële biomassa van de referentielocaties verschilde niet significant van zowel de redelijk goed ontwikkelde als de matig ontwikkelde locaties (tabel 3.7). Er was geen significant effect van het toedienen van maaisel en kruimels in de reeds heringerichte gebieden (gepaarde t-test).

Tabel 3.7. Microbiële parameters (ademhaling, microbiële biomassa en specifieke microbiële ademhaling) van de referentielocaties, redelijk goed ontwikkelde locaties, matig ontwikkelde locaties en de proefvlakken met toediening van maaisel en bodemkrumels.

Soil microbial parameters (respiration, microbial biomass and specific microbial respiration) at the reference sites, sites with a reasonably good development and a moderate development.

Locatie	ademhaling $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ u}^{-1}$	biomassa $\mu\text{g C g}^{-1}$	specifieke ademhaling $\mu\text{g C-mg C g}^{-1} \text{ u}^{-1}$
referentielocaties			
Groote Heide	1,13	1872	0,60
Eifel- referentie	1,83	2965	0,62
Grote Startbaan	0,71	1282	0,56
Harskamp	0,73	256	2,85
gemiddelde	1,10	1594	1,16
<i>standaardfout</i>	0,26	566	0,56
Redelijk goed ontwikkelde locaties			
Eifel- hersteld	1,50	3809	0,39
Poortbulten	0,73	809	0,91
Kromhurken	0,60	769	0,77
Staverden	3,82	1249	3,06
Turnhout	1,75	3980	0,44
gemiddelde	1,68	2123	1,11
<i>standaardfout</i>	0,58	729	0,50
Matig ontwikkelde locaties			
Mantingerveld	0,67	514	1,31
Wisselse Veen	0,52	123	4,22
Oudemirdum	0,59	720	0,82
Blankwaterven	0,63	1715	0,37
Banisveld	0,16	1058	0,15
gemiddelde	0,51	826	1,37
<i>standaardfout</i>	0,09	269	0,74
Proefvlakken maaisel+krumels			
Mantingerveld	0,47	715	0,65
Wisselse Veen	0,78	394	1,97
Oudemirdum	0,47	852	0,56
Staverden	0,14	498	0,27
Banisveld	0,34	482	0,70
gemiddelde	0,44	588	0,83
<i>standaardfout</i>	0,10	84	0,29

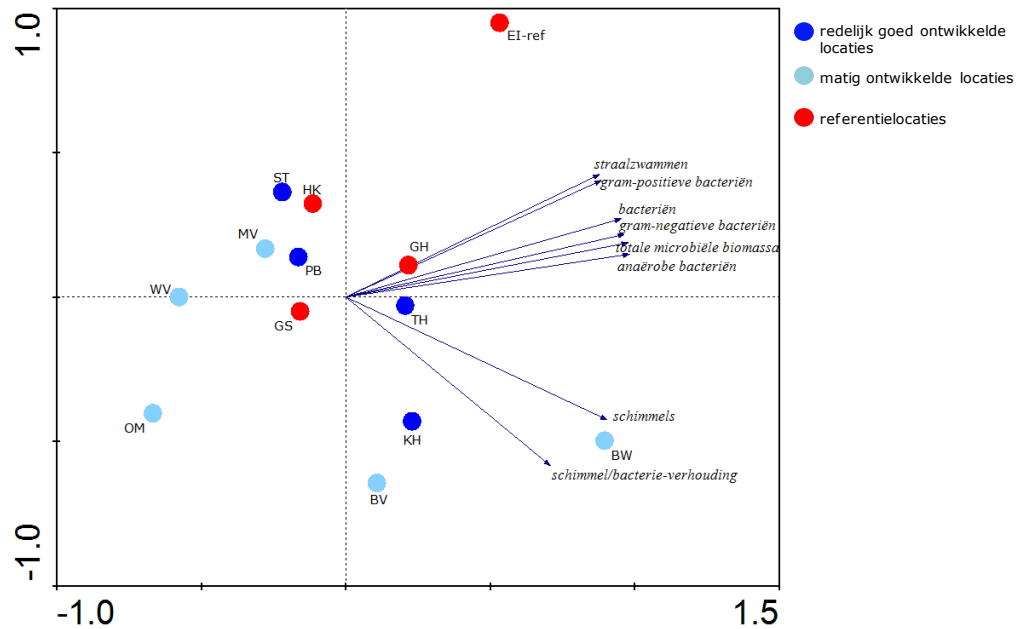
Tabel 3.8. Karakteristieke PLFA's (ng/g) van individuele groepen bodemmicroflora van de referentielocaties, redelijk goed ontwikkelde locaties, matig ontwikkelde locaties en de proefvlakken met toediening van maaisel en bodemkrumels.

Characteristic PLFA (ng g⁻¹) of individual groups of soil microflora at the reference sites, sites with a reasonably good development and a moderate development, and experimental plots with addition of hay and soil crumbs.

	<i>schimmels</i>	<i>bacteriën</i>	<i>straalzwam men</i>	<i>G+bacteriën</i>	<i>G-bacteriën</i>	<i>anaerobe bacteriën</i>	<i>totale microbiële biomassa</i>	<i>schimmels/ bacteriën</i>
Referentie-locaties								
Groote Heide	30	2756	209	1467	900	250	3686	0,011
Eifel-referentie	22	7196	615	3307	2426	1072	9746	0,003
Harskamp	6	1629	240	1021	264	146	2284	0,004
Grote Startbaan	10	1456	136	1050	170	118	1951	0,007
gemiddelde	17	3259	300	1711	940	396	4417	0,006
<i>standaardfout</i>	5	1344	107	542	521	227	1816	0,002
Redelijk goed ontwikkelde locaties								
Poortbulten	7	1552	148	1135	186	122	2281	0,005
Turnhout	35	2347	184	1142	735	311	3260	0,015
Kromhurken	77	2101	201	1229	334	343	3578	0,037
Staverden	3	1616	130	1244	188	128	2154	0,002
gemiddelde	30	1904	166	1188	361	226	2818	0,014
<i>standaardfout</i>	17	192	16	29	129	59	354	0,008
Matig ontwikkelde locaties								
Blankwaterven	858	6978	395	2503	2498	1634	11438	0,123
Wisselse Veen	1	757	67	620	52	46	986	0,002
Baniseveld	69	1544	107	965	328	179	2520	0,045
Mantingerveld	4	1351	104	1062	148	96	1799	0,003
Oudemirdum	2	675	46	577	32	20	806	0,004
gemiddelde	187	2261	144	1145	612	395	3510	0,035
<i>standaardfout</i>	168	1191	64	352	475	311	2006	0,023
Proefvlakken maaisel+krumels								
Staverden	2	924	46	822	42	37	1070	0,002
Wisselse Veen	5	619	54	517	28	28	794	0,008
Baniseveld	11	433	17	326	61	36	635	0,025
Mantingerveld	1	816	45	686	63	45	1011	0,002
Oude Mirdum	3	1036	98	841	72	50	1324	0,003
gemiddelde	4	766	52	638	53	39	967	0,008
<i>standaardfout</i>	2	108	13	97	8	4	118	0,004

Na één jaar na de start van het experiment was er geen significant verschil tussen de PLFA-gehalten voor de verschillende groepen tussen de behandelingen, noch tussen de referentiegebieden en de herstelde gebieden (tabel 3.8, figuur 3.25). De locaties Oude Mirdum en Wisselse Veen hadden veel lagere concentraties karakteristieke PLFA's dan in de referentiegebieden werden gevonden. Zij waren dus zowel arm aan schimmels als aan bacteriën.

Blankwatervan, de locatie die op grond van de aanwezigheid en bedekking van droge, heischrale plantensoorten in de categorie matig ontwikkeld viel, had de hoogste concentratie aan microflora en de hoogste schimmel-bacterieverhouding. Dit gebied lijkt daarmee niet meer op landbouwgrond en juist meer op voedselarmere natuurgebieden waarin schimmelfabrikaar een grotere rol speelt.



Figuur 3.25. PCA van PLFA-gegevens van redelijk goed ontwikkelde gebieden, matig ontwikkelde gebieden en referentiegebieden. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1.

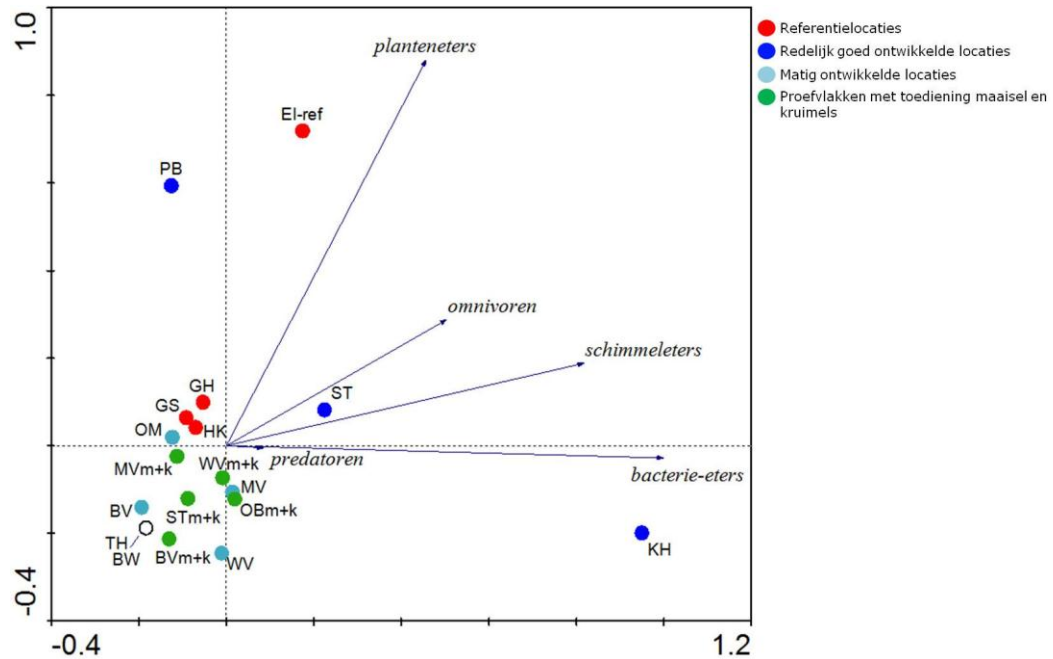
PCA of the PLFA contents at the locations with a reasonably good development, moderate development and reference locations. For abbreviations see Table 6.1 in Appendix 1.

Er waren geen significante verschillen in verschillende functionele nematodengroepen tussen de referentielocaties en de reeds 10-15 jaar geleden herstelde landbouwgronden (tabel 3.9). Er was wel een trend zichtbaar in schimmeletende nematoden, waar de referentielocaties en redelijk goed ontwikkelde locaties hogere dichtheden hadden dan de matig ontwikkelde locaties, maar dit was niet significant. De PCA van de nematodengemeenschap (figuur 3.26) laat echter zien dat de gemeenschap van de redelijk goed ontwikkelde locaties meer op de gemeenschap van de referentielocaties lijkt dan die van de matig ontwikkelde locaties. De proefvlakken die geënt waren met bodemkruimels vertonen geen duidelijk verschil met de controleproefvlakken, maar dat kan komen doordat de bodembiotagemeenschappen tijd nodig hebben om zich te ontwikkelen en één jaar waarschijnlijk te kort is om al effecten te zien.

Tabel 3.9. Dichtheid van nematoden (10^3 individuen m^{-2}) op redelijk goed ontwikkelde locaties, matig ontwikkelde locaties en de proefvlakken met toediening van maaisel en bodemkruimels.

Density (10^3 individuals m^{-2}) of different feeding groups of nematods at the reference sites, sites with a reasonably good development and a moderate development.

Locatie	bacterie -eters	planten- eters	schimmel- eters	predatoren	omnivoren
Referentie-locaties					
Groote Heide	800	400	320	720	240
Eifel- referentie	2080	1280	560	0	640
Grote Startbaan	560	320	560	0	80
Harskamp	720	320	240	0	240
gemiddelde	1040	580	420	180	300
<i>Standaardfout</i>	<i>350</i>	<i>234</i>	<i>82</i>	<i>180</i>	<i>119</i>
Redelijk goed ontwikkelde locaties					
Poortbulten	320	1040	80	0	160
Kromhurken	6960	720	880	160	480
Staverden	80	0	80	0	0
Turnhout	2480	480	480	80	720
gemiddelde	2460	560	380	60	340
<i>Standaardfout</i>	<i>1594</i>	<i>219</i>	<i>191</i>	<i>38</i>	<i>161</i>
Matig ontwikkelde locaties					
Mantingerveld	1280	240	80	0	160
Wisselse Veen	1120	0	320	160	160
Oudemirdum	400	240	160	0	320
Blankwaterven	80	0	80	0	0
Banisveld	0	0	80	0	240
gemiddelde	576	96	144	32	176
<i>Standaardfout</i>	<i>265</i>	<i>59</i>	<i>47</i>	<i>32</i>	<i>53</i>
Proefvlakken maaisel+ kruimels					
Mantingerveld	480	240	80	480	160
Wisselse Veen	1120	240	240	0	160
Oudemirdum	1280	80	80	0	800
Staverden	640	80	80	0	400
Banisveld	400	0	160	0	0
gemiddelde	784	128	128	96	304
<i>Standaardfout</i>	<i>176</i>	<i>48</i>	<i>32</i>	<i>96</i>	<i>139</i>



Figuur 3.26. PCA van de nematodengemeenschap in redelijk goed ontwikkelde gebieden, matig ontwikkelde gebieden, referentiegebieden en de proefvlakken waaraan na afplaggen maaisel en bodemkruimels waren toegevoegd. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1.

PCA of the Nematoda community in at the locations with a reasonably good development and a moderate development and reference locations, and experimental plots with addition of hay and soil crumbs after sod-cutting. For abbreviations see Table 6.1 in Appendix 1.

Er waren geen significante verschillen tussen referentielocaties, redelijk goed ontwikkelde locaties en matig ontwikkelde locaties in de dichtheid van meso- en macrofauna (tabel 3.10). Bij de faunaparameters verschilden alleen Duizendpoten en Regenwormen significant tussen de referentielocaties enerzijds en de reeds herstelde voormalige landbouwgronden anderzijds (tabel 3.11). De dichtheid van duizendpoten was groter op de referentielocaties en de redelijk goed ontwikkelde locaties op voormalige landbouwgrond. De dichtheid van regenwormen was lager op de referentielocaties en in de proefvlakken die geplagd en geënt waren dan in op de reeds herstelde locaties. Er was geen significant effect van het enten op de proefvlakken ten opzichte van de controleproefvlakken (gepaarde t-toets). Omdat de meeste bodembiota zich in de bovenste 5-10 cm van de bodem bevinden, wordt de dichtheid meestal een veelvoud tot een orde grootte teruggebracht door plaggen. Er mag dus geconcludeerd worden dat herstel binnen één jaar tot waarden van voorafgaand aan het plaggen een goed resultaat is.

Tabel 3.10. Dichtheid van bodemmesofauna (individuen m⁻²) op redelijk goed ontwikkelde locaties, matig ontwikkelde locaties en de proefvlakken met toediening van maaisel en bodemkruimels.

Density of soil mesofauna (individuals m⁻²) at the reference sites, sites with a reasonably good development and a moderate development.

Locatie	Springstaarten	Mijten	Potwormen
referentielocaties			
Groote Heide	4912	1579	0
Eifel- referentie	17544	27895	175
Grote Startbaan	2982	2281	0
Harskamp	28947	63158	0
gemiddelde	13596	23728	44
standaardfout	6051	14499	44
Redelijk goed ontwikkelde locaties			
Eifel- hersteld	51860	31860	0
Poortbulten	17209	8605	233
Kromhurken	8140	8372	0
Staverden	14737	3860	0
Turnhout	1163	8837	0
gemiddelde	18622	12307	47
standaardfout	8765	4974	47
Matig ontwikkelde locaties			
Mantingerveld	15789	69474	0
Wisselse Veen	27895	702	0
Oudemirdum	3684	22982	0
Blankwatervan	6512	9070	0
Banisveld	4211	1754	0
gemiddelde	11618	20796	0
standaardfout	4616	12803	0
Proefvlakken maaisel+kruimels			
Mantingerveld	2456	1930	0
Wisselse Veen	0	0	0
Oudemirdum	14912	6316	0
Staverden	44912	1404	0
Banisveld	1754	4561	0
gemiddelde	12807	2842	0
standaardfout	8451	1140	0

Tabel 3.11. Dichtheid van bodemmacrofauna (individuen m⁻²) op redelijk goed ontwikkelde locaties, matig ontwikkelde locaties en de proefvlakken met toediening van maaisel en bodemkruimels.

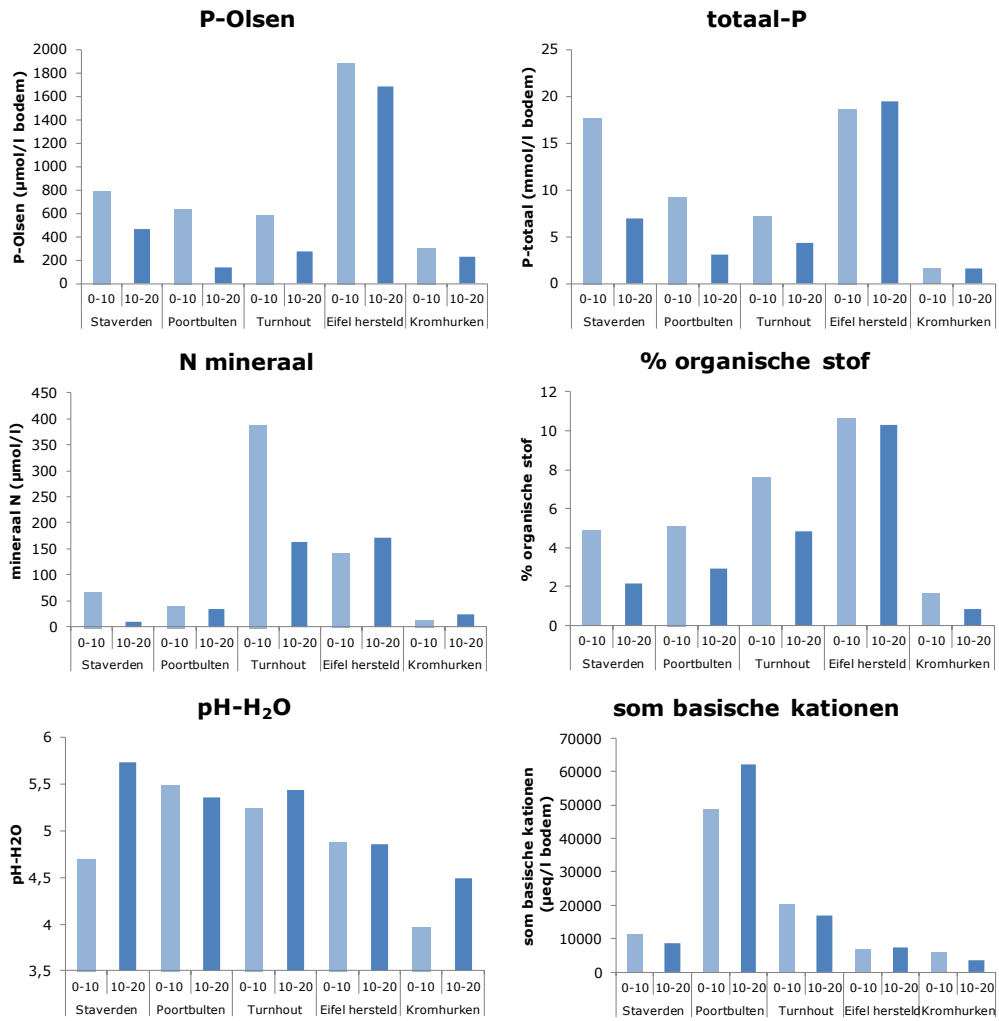
Density of soil macrofauna (individuals m⁻²) at the reference sites, sites with a reasonably good development and a moderate development.

Locatie	kevers		twee- vleugeligen		vlies- vleugeligen	duizendpoten	regenwormen	spinnen	pissebedden
	adulten	larven	adulten	larven					
referentielocaties									
Groote Heide	31	31	0	123	1451	93	62	0	0
Eifel- referentie	31	62	0	31	0	62	0	62	0
Grote Startbaan	247	0	0	0	185	31	0	0	0
Harskamp	31	93	0	0	62	0	0	31	0
gemiddelde	85	47	0	39	425	47	16	23	0
<i>standaardfout</i>	<i>54</i>	<i>20</i>	<i>0</i>	<i>29</i>	<i>344</i>	<i>20</i>	<i>16</i>	<i>15</i>	<i>0</i>
Redelijk goed ontwikkelde locaties									
Eifel- hersteld	41	41	0	41	0	247	123	0	41
Poortbulten	41	0	0	0	0	0	329	0	0
Kromhurken	0	41	0	165	41	41	82	0	0
Staverden	31	123	0	123	93	0	62	0	0
Turnhout	0	165	0	905	0	0	82	0	0
gemiddelde	23	74	0	247	27	58	136	0	8
<i>standaardfout</i>	<i>9</i>	<i>30</i>	<i>0</i>	<i>167</i>	<i>18</i>	<i>48</i>	<i>49</i>	<i>0</i>	<i>8</i>
Matig ontwikkelde locaties									
Mantingerveld	154	31	0	0	0	0	62	93	0
Wisselse Veen	62	278	0	278	93	0	62	0	0
Oudemirdum	31	31	0	0	0	0	216	0	0
Blankwatervren	0	206	0	165	0	0	123	0	0
Banisveld	0	0	0	31	0	0	216	0	0
gemiddelde	49	109	0	95	19	0	136	19	0
<i>standaardfout</i>	<i>29</i>	<i>56</i>	<i>0</i>	<i>55</i>	<i>19</i>	<i>0</i>	<i>35</i>	<i>19</i>	<i>0</i>
Proefvlakken maaisel+kruimels									
Mantingerveld	0	0	123	0	0	0	0	0	0
Wisselse Veen	0	93	0	31	0	0	123	0	0
Oudemirdum	123	0	0	123	0	0	93	0	0
Staverden	0	31	0	216	0	0	31	0	0
Banisveld	0	31	0	401	0	0	0	31	0
gemiddelde	25	31	25	154	0	0	49	6	0
<i>standaardfout</i>	<i>25</i>	<i>17</i>	<i>25</i>	<i>72</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>25</i>	<i>6</i>	<i>0</i>

3.5.3 Bodemchemie

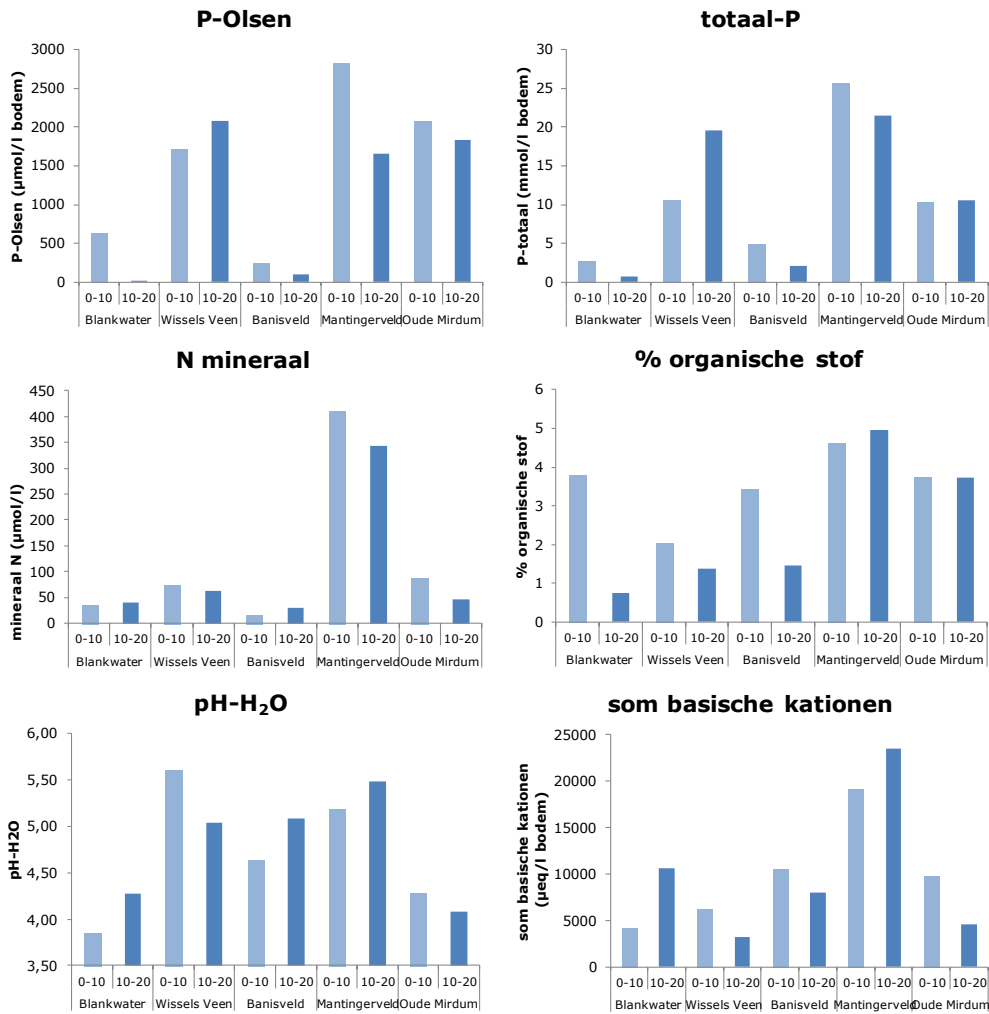
In het bodemchemisch onderzoek in de reeds heringerichte gebieden valt op dat er veel locaties waren met een hoge beschikbaarheid van fosfaat (en een hoge totaal-concentratie van fosfor) in de toplaag (tabel 3.12a en b, figuur 3.27 en 3.28). Vergeleken met de donorlocaties (paragraaf 3.1.3) en referentiewaarden (o.a. De Graaf *et al.* 2009; Databank B-WARE) waren de fosfaatconcentraties in Mantingerveld, de voormalige landbouwgrond in de Eifel, Wisselseveen en Oudemirdum hoog tot zeer hoog. Ook in Staverden, de bovenste 10 cm van de bodem in Poortbulten, Turnhout en het Blankwatervan werden wat verhoogde fosforconcentraties aangetroffen. In het Banisveld en Kromhurken was de fosfaatbeschikbaarheid wel voldoende laag.

De concentratie anorganisch stikstof in de bodem van de meeste locaties was laag, behalve in het Mantingerveld en Turnhout, waar de concentraties met circa 350-800 $\mu\text{mol N/l}$ bodem wel erg hoog waren. De meeste locaties hadden een redelijke buffering door uitwisselbaar calcium, waardoor de bodem niet al te zuur was. Uitzondering hierop waren Kromhurken (toplaag pH 3,97), Blankwater (3,85) en de geplagde delen van Oudemirdum (3,7-3,9). In Kromhurken en Oudemirdum was er hierdoor vrij veel uitwisselbaar aluminium aanwezig ($>1000 \mu\text{mol/l}$ bodem) en vrij weinig uitwisselbaar calcium. De verhouding tussen deze twee kationen was echter maximaal 1,5 (een van de proefvlakken van Oudemirdum), waardoor er waarschijnlijk nog (net) geen toxische effecten van aluminium te verwachten zijn. Aluminium kan voor sommige gevoelige soorten al toxisch zijn bij een Al/Ca-verhouding van 2 (De Graaf *et al.*, 1997) en soortenrijke heischrale graslanden worden aangetroffen bij een Al/Ca-verhouding onder circa 8 (De Graaf *et al.*, 2009). In Poortbulten en de Eifel had de bodem een vrij hoge concentratie totaal-aluminium, wat wijst op een wat leemrijkere bodem. De bodem was hier ook erg rijk aan ijzer, waardoor fosfor goed gebonden zal worden in deze bodems. De organische stofconcentratie in de bovenste 10 cm van de bodem van de proeflocaties is hoger dan op de proeflocaties die net ontgrond waren (paragraaf 2.5.3), omdat zich op veel van de locaties 10-15 jaar na ontgronden al enig organisch materiaal afkomstig van de nieuwe vegetatie heeft opgehoopt. In het Mantingerveld bestond de bodem uit een dikke eerbodem, waarvan de eerdlaag niet geheel is verwijderd. Hierdoor was de organische stofconcentratie op 10-20 cm diepte ook vrij hoog.



Figuur 3.27. Zes van de belangrijkste bodemchemische parameters van redelijk goed ontwikkelde locaties op 0-10 cm diepte (lichtblauw) en op 10-20 cm diepte (donkerblauw).

Six of the most important soil chemistry parameters of the reasonably well developed sites at a depth of 0-10 cm and at a depth of 10-20 cm.



Figuur 3.28. Zes van de belangrijkste bodemchemische parameters van matig ontwikkelde locaties op 0-10 cm diepte (lichtblauw) en op 10-20 cm diepte (donkerblauw).

Six of the most important soil chemistry parameters of the less developed sites at a depth of 0-10 cm and at a depth of 10-20 cm.

Tabel 3.12a. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische bepalingen. Concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. N_{min} = som van NO_3 en NH_4 uit de zoutextractie. NH_4/NO_3 = de verhouding van deze ionen in de zoutextractie. Al/Ca is de verhouding van deze ionen in de zoutextractie. $\text{Som}_{\text{baskat}}$ = som van de basische kationen (Ca , Mg and K) uit het zoutextract. P-tot , Al-tot , Ca-tot en Fe-tot zijn de totaalconcentraties van deze elementen (destructie) in mmol/l bodem. d.l. = één van beide concentraties van de verhouding onder de detectielimiet.

Most important results of the soil chemical analyses. Concentrations in $\mu\text{mol/L}$ soil. N_{min} = sum of NO_3 and NH_4 from the NaCl extraction. NH_4/NO_3 = the ratio of these ions in the NaCl extraction. Al/Ca = the ratio of these ions in the NaCl extraction. $\text{Som}_{\text{baskat}}$ = sum of the buffering cations (Ca , Mg and K) from the NaCl extract. P-tot , Al-tot , Ca-tot and Fe-tot are the total concentrations of these elements (digestion) in mmol/L soil. d.l. = one of both concentrations of the ratio was below detection limit.

behandeling	Wisselse Veen		Banisveld		Mantingerveld		Oude Mirdum		Blankwater-ven
	niet afgeplagd	afgeplagd	niet afgeplagd	afgeplagd	niet afgeplagd	afgeplagd	niet afgeplagd	afgeplagd	
diepte	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
%om	2	2,2	3,4	1,5	4,6	3,9	3,7	3,2	3,8
P-Olsen	1709	1578	233	170	2814	2290	1093	1368	627
P-tot	11	10	5	3	26	22	10	9	3
$\text{NO}_3\text{-NaCl}$	11	65	1	25	302	542	7	43	1
$\text{NH}_4\text{-NaCl}$	61	45	15	9	108	115	80	73	33
N_{min}	72	110	16	34	411	658	87	116	34
NH_4/NO_3	d.l.	1,2	d.l.	d.l.	0,4	0,2	d.l.	1,7	d.l.
$\text{pH-H}_2\text{O}$	5,61	4,59	4,64	4,97	5,85	5,32	4,27	3,81	3,85
Al-NaCl	183	684	111	81	54	71	1342	1250	600
Ca-NaCl	2318	1340	4189	2566	9115	6908	851	1179	1361
Al/Ca	0	1	0	0	0	0	2	1	0
$\text{Som}_{\text{baskat}}$	6130	3210	10478	6500	22349	17000	2914	3487	4167
Al-tot	65	57	339	225	104	140	63	42	59
Ca-tot	6	6	17	14	25	33	4	2,9	4
Fe-tot	31	31	79	48	40	55	31	22	18

Tabel 3.12b. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische bepalingen. Concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. N_{min} = som van NO_3 en NH_4 uit de zoutextractie. NH_4/NO_3 = de verhouding van deze ionen in de zoutextractie. Al/Ca is de verhouding van deze ionen in de zoutextractie. $\text{Som}_{\text{basket}}$ = som van de basische kationen (Ca, Mg and K) uit het zoutextract. P-tot, Al-tot, Ca-tot en Fe-tot zijn de totaalconcentraties van deze elementen (destructie) in mmol/l bodem. d.l. = één van beide concentraties van de verhouding onder de detectielimiet.

Most important results of the soil chemical analyses. Concentrations in $\mu\text{mol/L}$ soil. N_{min} = sum of NO_3 and NH_4 from the NaCl extraction. NH_4/NO_3 = the ratio of these ions in the NaCl extraction. Al/Ca = the ratio of these ions in the NaCl extraction. $\text{Som}_{\text{basket}}$ = sum of the buffering cations (Ca, Mg and K) from the NaCl extract. P-tot, Al-tot, Ca-tot and Fe-tot are the total concentrations of these elements (digestion) in mmol/L soil. d.l. = one of both concentrations of the ratio was below detection limit.

behandeling	Poortbulten		Kromhurken		Staverden		Turnhout	Eifel-hersteld
	0-10		0-10		niet afgeplagd 0-10	afgeplagd 0-10	0-10	0-10
%om		5,1	1,6		4,9	3,1	7,6	11
P-Olsen		641	305		798	394	584	1891
P-tot		9	2		18	9	7	19
$\text{NO}_3\text{-NaCl}$		23	8		21	2	21	1
$\text{NH}_4\text{-NaCl}$		18	3		47	13	367	138
N_{min}		40	11		68	15	388	139
NH_4/NO_3		0,8	d.l.		2,3	d.l.	d.l.	d.l.
pH- H_2O		5,48	3,97		5,53	5,62	5,24	4,88
Al-NaCl		663	1792		310	147	196	2009
Ca-NaCl		18696	2067		4457	3440	9061	1854
Al/Ca		0	1		0	0	0	1
$\text{Som}_{\text{basket}}$		48753	5874		12212	8843	19976	6606
Al-tot		283	85		342	359	125	669
Ca-tot		44	7		4457	11	20	6
Fe-tot		208	19		2	93	20	373

Er is voor het experiment zeer ondiep geplagd om vestiging van soorten mogelijk te maken. Door het verwijderen van dit bovenste toplaagje is de fosfaatbeschikbaarheid in de bovenste 10 cm van de bodem in de geplagde proefvlakken in Staverden en Mantingerveld iets lager dan in het controleproefvlak (tabel 3.12a).

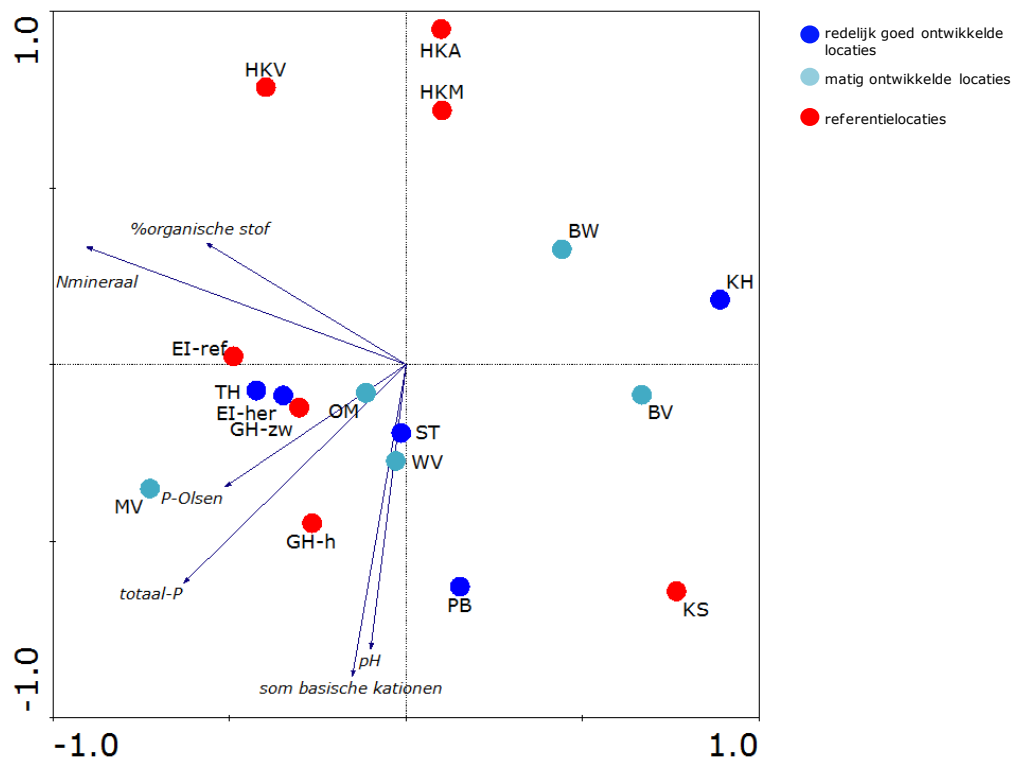
Vergelijking belangrijkste bodemchemische parameters redelijk goed ontwikkelde en matig ontwikkelde locaties

In figuur 3.29 is een ordinatie (PCA) weergegeven van de belangrijkste bodemchemische parameters van de redelijk ontwikkelde locaties, minder goed ontwikkelde locaties en donor- en referentielocaties. Hiermee wordt gekeken naar de belangrijkste bodemchemische verschillen tussen locaties, die vervolgens zijn weergegeven in een tweedimensionale figuur. De eerste as (x-as) van deze figuur hangt vooral samen met nutriënten (zowel N als P). Nutriëntenarme locaties zoals de Kleine Starbaan, Kromhurken en Banisveld liggen aan de nutriëntenarme zijde van deze figuur, terwijl het nutriëntenrijke Mantingerveld aan de andere kant van de as ligt. De tweede as wordt met name verklaard door de buffering van de bodem. Het leemrijke Poortbulten ligt door de hoge buffering in de bodem aan de onderzijde van de figuur, de donorlocaties van Harskamp, die zuur en weinig gebufferd zijn, liggen bovenin

de figuur. In de figuur is goed te zien dat de verschillende type locaties (donorlocaties, redelijk goed ontwikkelde locaties, matig ontwikkelde locaties) niet bijeen in clusters liggen. Er is dus niet één bepaalde factor in de bodemchemie aan te wijzen die het verschil tussen bijvoorbeeld redelijk ontwikkelde en minder goed ontwikkelde locaties kan verklaren.

Opvallend is dat stikstof en fosfor in deze figuur niet met elkaar gecorreleerd zijn -de vectorpijlen staan ongeveer loodrecht op elkaar; locaties kunnen een hoge concentratie fosfor hebben en een lage concentratie stikstof of andersom. Het Mantingerveld is de enige locatie waar zowel fosfor als mineraal stikstof erg hoog is. Wisselse Veer heeft daarentegen zeer hoge fosfaatconcentraties, maar juist een lage concentratie anorganisch stikstof. Harskamp heeft juist een zeer lage fosfaatbeschikbaarheid, maar een hoge concentratie anorganisch stikstof. Dit kan betekenen dat de vegetatie op sommige locaties gelimiteerd is door stikstof en op andere locaties door fosfor. Hier wordt in de paragraaf Chemische samenstelling vegetatie (p92) verder op in gegaan.

De PCA geeft alleen een beeld van de spreiding in de uitgezette bodemchemische parameters. De parameters die de grootste verschillen tussen locaties aangeven, hoeven niet de parameters te zijn die daadwerkelijk het meest sturende zijn voor de vegetatie-ontwikkeling. Om achter deze sturende parameters te komen is in paragraaf 3.5.4 een ordinatie gemaakt van de vegetatie met de bodemchemie.



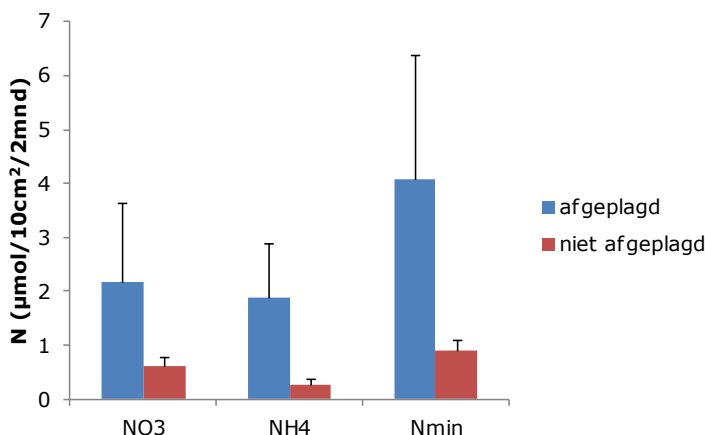
Figuur 3.29. PCA (1^e twee assen) van de belangrijkste bodemchemische parameters. De parameters zijn $\ln(x+1)$ getransformeerd. In rood de referentielocaties, in donkerblauw de redelijk goed ontwikkelde locaties en in lichtblauw de matig ontwikkelde locaties. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1.

PCA (first two axes) of the most important soil chemistry parameters. In red the reference locations, in dark blue the sites with a reasonable development and in light blue the sites with a moderate development. The parameters have been $\ln(x+1)$ transformed. For abbreviations see Tabel 6.1 in Appendix 1.

Stikstofluxen

De stikstof- en ammoniumfluxen zijn met Plant Root Simulator probes bepaald in Oudemirdum, Mantingerveld, Wisselse Veen, Staverden, Banisveld, Kromhurken, Blankwatervan, Poortbulten en Turnhout. In de niet afgeplagde proefvlakken in het Mantingerveld, Oudemirdum, Wisselse Veen en Staverden, en in de afgeplagde proefvlakken in Staverden en Banisveld waren de concentraties ammonium aan de probes lager dan de detectielimiet (Bijlage 9, tabel 6.27).

In de recent ondiep afgeplagde proefvlakken van de reeds heringerichte gebieden leek de ammonium- en nitraatflux hoger te zijn dan in de niet-afgeplagde proefvlakken, alhoewel dit verschil niet significant was (p-waarde verschil in N-flux 0,074) (figuur 3.30). Een hogere stikstofflux is een bekend fenomeen na plaggen, dat veroorzaakt wordt door enerzijds de mineralisatie van wortels van planten die na plaggen zijn achtergebleven en anderzijds de lage opname van mineraal stikstof uit de bodem door de afwezigheid van vegetatie (De Graaf *et al.*, 1998; Dorland *et al.*, 2003). Vaak resulteert afplaggen in een piek van voornamelijk ammonium, omdat nitrificerende bacteriën vooral in de toplaag van de bodem aanwezig zijn; vooral bij pH-waarden lager dan 4,5 wordt de nitrificatie sterk geremd (Dorland *et al.*, 2003). Bij een hogere pH kan er na ondiep plaggen nog steeds nitrificatie optreden in de bodemlaag die oorspronkelijk op 5-10 cm diepte lag (Dorland *et al.*, 2004). In dit onderzoek is er geen grotere ammoniumflux dan nitraatflux. Er is in dit onderzoek zeer ondiep afgeplagd, waardoor er hier mogelijk nog steeds nitrificerende bacteriën aanwezig waren na afplaggen. De verhoogde concentratie mineraal stikstof, vooral nitraat, heeft mogelijk een positief effect op de kieming van de zaden -ingebracht met maaisel en zaad, maar mogelijk ook nog aanwezig in de zaadbank of afkomstig uit de omgeving- in de afgeplagde proefvlakken (Hendricks & Taylorson, 1972; Williams, 1983a,b). De piek in mineraal stikstof is meestal na één tot twee jaar weer verdwenen (De Graaf *et al.*, 1998; Dorland *et al.*, 2003).

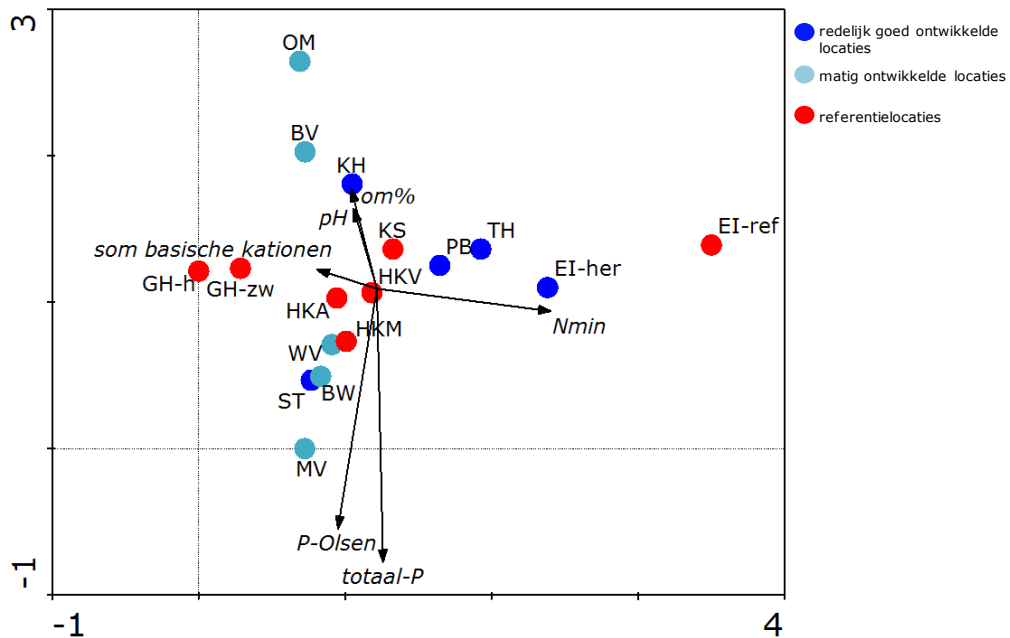


Figuur 3.30. Fluxen van nitraat, ammonium en totaal mineraal stikstof (som van ammonium en nitraat) bepaald met Plant Root Simulator probes. Foutbalken geven de standaardfout weer.

Fluxes of nitrate, ammonium and total mineral nitrogen (sum of ammonium and nitrate) determined with Plant Root Simulator probes. Error bars indicate SEM.

3.5.4 Samenhang vegetatie en bodemchemie

In figuur 3.31 is nogmaals de DCA weergegeven van de bedekkingen van plantensoorten van heischrale graslanden (figuur 3.18 in paragraaf 3.5.1), waaraan de belangrijkste bodemchemische parameters zijn toegevoegd. De ligging van de onderzoekslocaties in deze figuur is iets anders dan in figuur 3.18, omdat in deze figuur de vegetatie van de extra referentielocatie Liereman niet is meegenomen. De grootste variatie in de bedekking van heischrale soorten (as 1), waarin referentiegebieden Groote Heide en Eifel het grootste verschil vertonen, lijkt enigszins samen te hangen met de beschikbaarheid van stikstof op deze locatie, maar de bodemchemie verklaart slechts 7,5% van deze as. De variatie in de richting van de tweede as wordt het sterkst gestuurd door fosfor in de bodem. De bodemchemische parameters verklaren 15% van de variantie van de tweede as, dus iets meer dan van de eerste as. Andere factoren zoals dispersie en beheer hebben op de onderzochte locaties mogelijk meer effect op de bedekking van heischrale soorten dan de gemeten bodemparameters.



Figuur 3.31. Eerste twee assen van een DCA van de vegetatiesamenstelling op basis van de bedekking van heischrale soorten met daarin de belangrijkste bodemchemische parameters geplote. De parameters zijn $\ln(x+1)$ getransformeerd. In rood de referentielocaties, in donkerblauw de redelijk goed ontwikkelde locaties en in lichtblauw de matig ontwikkelde locaties. Voor afkortingen zie tabel 6.1 in Bijlage 1.

First two axes of a DCA based on the cover of the species of the Nardo-Galion class listed in table m1 with the most important soil chemistry parameters plotted in the figure. The parameters have been $\ln(x+1)$ transformed. In red the reference locations, in dark blue the sites with a reasonable development and in light blue the sites with a moderate development. For abbreviations see Tabel 6.1 in Appendix 1.

3.6 Synthese

In gebieden die 10 tot 15 jaar geleden zijn heringericht op voormalige landbouwgrond is de vegetatie-ontwikkeling vaak veel minder goed dan in referentiegebieden in natuurterreinen. Naast problemen van dispersie van karakteristieke plantensoorten van droge heischrale graslanden, die zeker in agrarische omgeving erg zeldzaam zijn, blijken veel van de gebieden ook een te hoge fosfor- (en soms ook stikstof-)beschikbaarheid te hebben. Er is dus bij de inrichting niet genoeg afgegraven om een beschikbaarheid te bereiken die laag genoeg is voor de ontwikkeling van droge heischrale graslanden. Deze hoge fosforbeschikbaarheid is ook af te lezen aan de lagere N/P-verhouding in de vegetatie, waardoor de vegetatie op locaties met een te hoge fosforbeschikbaarheid altijd N-gelimiteerd is, wat de vegetatie gevoeliger maakt voor N-depositie. Op sommige plekken is ook de buffering iets aan de lage kant voor de vestiging van een droog heischraal grasland. Ook in bodembiota wijken de voormalige landbouwgebieden af van de referentiegebieden. Referentielocaties van droge heischrale graslanden hebben een lagere dichtheid aan regenwormen, een hogere dichtheid aan predatorische nematoden en groepen die samenhangen met een schimmelgedomineerde afbraak in de bodem, wat meestal karakteristiek is voor nutriëntenarme bodems. De redelijk goed ontwikkelde locaties op voormalige landbouwgronden leken wat dat betreft meer op deze referentielocaties dan matig ontwikkelde locaties.

Met een experiment is onderzocht of het zo lang na herinrichting toch nog mogelijk is om de kwaliteit van de gebieden te verbeteren. Hiervoor zijn maaisel, zaden en bodemkruiden uit het referentiegebied in proefvelden ingebracht, nadat deze oppervlakkig geplagd waren. Het inbrengen van maaisel en zaden na het openen van de vegetatie bevordert de vestiging van zeldzame soorten in matig ontwikkelde gebieden. Na het afplaggen van de bodem om vestiging van soorten uit het opgebrachte maaisel of opgebrachte bodemmateriaal mogelijk te maken, ontstaat een kortdurende verhoogde flux van ammonium en nitraat. Een verhoogde concentratie van nitraat kan positief zijn voor de kieming van opgebrachte zaden. Het toevoegen van bodem van goed ontwikkelde gebieden, hier bedoeld om de vestiging van de juiste bodembiotagemeenschap te stimuleren, heeft geen additioneel effect op de ontwikkeling van de vegetatie ten opzichte van het toevoegen van zaden. Het aanbrengen van maaisel of bodemmateriaal na het afplaggen leidt niet tot meetbare veranderingen in de bodemchemie. Er treedt dus geen extra eutrofiëring op door deze maatregelen. Bij het afplaggen van een dun laagje bodem, wordt ook een deel van het bodemleven verwijderd. Het inbrengen van bodemmateriaal uit doelgebieden kan een positief effect hebben op het herstel van het bodemleven, maar de duur van de experimenten was nu nog te kort om mogelijke effecten op de bodemfauna te kunnen zien.

4 Conclusies

4.1 Inleiding

Droge heischrale graslanden zijn tegenwoordig in het Pleistocene zandlandschap vrijwel volledig beperkt tot natuurterreinen, maar de eens zo rijke flora en fauna is echter sinds de jaren vijftig van de vorige eeuw toch nog ernstig achteruit gegaan. Heischrale graslanden zijn namelijk zeer gevoelig voor de negatieve gevolgen van atmosferische depositie van N en S. Vooral bodemverzuring, vermesting ("vergrassing") en hoge concentraties ammonium zijn verantwoordelijk voor deze achteruitgang (o.a. De Graaf, 2000; Van den Berg *et al.*, 2005; Stevens *et al.*, 2010; Dorland *et al.*, 2011). Verbetering van de kwaliteit van nog aanwezige droge heischrale graslanden via herstelbeheer (EGM/OBN) is mogelijk maar een moeizaam proces, omdat vrijwel altijd een combinatie van maatregelen vereist is, namelijk kleinschalig plaggen met uitsparing van restpopulaties, met daarnaast bekalking om de aangetaste buffercapaciteit te herstellen. De abiotiek is dan veelal adequaat en langdurig te herstellen, maar de meeste verdwenen Rode-lijstsoorten uit het heischrale milieu komen niet terug, aangezien deze planten geen langlevende zaadvoorraad hebben en de nog aanwezige populaties te veraf gelegen zijn (o.a. Dorland *et al.*, 2003; Bobbink *et al.*, 2004). Herintroductie lijkt ook voor deze situaties een aanvullende en essentiële maatregel om weer een meer volledig ontwikkelde heischrale vegetatie te krijgen. Naast het verbeteren van de interne kwaliteit van habitatgebieden heeft Nederland zich ten doel gesteld de oppervlakte met (droge) heischrale graslanden (H6230, prioritair habitat) significant te vergroten. Daarvoor is de uitbreiding van de EHS - of van Natura2000-gebieden - in de laatste twee decennia met aangrenzende agrarische gronden een uitdagende mogelijkheid, aangezien agrarische zandgronden niet verzuurd zijn (zie H-1).

Vershraling van voormalige, hoogbemeste agrarische gebieden kan sterk worden versneld door de voedselrijke toplaag te verwijderen: "ontgronden" (Hölzer & Otte, 2003; Smolders *et al.*, 2009). Echter, zelfs wanneer voldoende nutriënten worden verwijderd met ontgronden, is dit nog geen garantie voor (volledig) succes. In de praktijk blijft een snelle ontwikkeling van de doelvegetatie vaak uit (Verhagen *et al.*, 2003; Bekker, 2008). Spontane vestiging van veel doelsoorten, en van bijna alle Rode-lijstsoorten, blijkt vaak niet of nauwelijks voor te komen in deze droge situaties op voormalige landbouwgrond. Een belangrijk knelpunt is het ontbreken van een langlevende zaadvoorraad van veel soorten uit het droge heischrale milieu en de afwezigheid van restpopulaties in de nabijheid. Toevoer van vers maaisel en/of van zaden van doelsoorten is daarom een optie om op korte termijn vestiging toch mogelijk te maken in situaties waar de abiotiek op orde is gebracht. Verder zijn er ook duidelijke aanwijzingen dat het aanwezige bodemvoedselweb een bottleneck zou kunnen vormen voor de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond. Bodemmesofauna en micro-organismen (bacteriën en schimmels) zorgen samen voor de afbraak van organisch materiaal en zijn daarmee bepalend voor de stofkringloop. Recent onderzoek heeft laten zien dat de bodemfauna en de microbiële gemeenschap die op omgevormde voormalige

landbouwgronden aanwezig zijn, na 10-20 jaar nog steeds het meest lijkt op die van intensief gebruikte landbouwgronden (Frouz *et al.*, 2009). Dit betekent hoogstwaarschijnlijk dat veel processen in de bodem anders verlopen dan in ongestoorde heischrale graslanden. Een oplossing van dit knelpunt zou kunnen zijn om de gewenste bodemfauna en/of micro-organismen op ontgronde voormalige landbouwpercelen te enten.

4.2 Herstel van recent ontgronde situaties

In dit onderzoeksproject is in de zomer van 2011 een veldexperiment opgezet op 3 locaties in het Nederlandse zandgebied (noord – midden – zuid) waarin onderzocht wordt hoe effectief de toevoer is van vers maaisel van goed ontwikkelde heischrale graslanden voor het herstel van dit type. Verder is aanvullend op het uitleggen van maaisel ook de invloed van al of niet aanbrengen van zaden van geselecteerde doelsoorten in het experiment betrokken, aangezien veel soorten zeer laagfrequent voorkomen en dus de kans dat ze met maaisel worden overgebracht vrijwel nihil is. Daarnaast is op elke locatie een gedeelte van het experiment zodanig ingericht dat ook de effecten van verschillende manieren van bodemtoevoer ("enten") kon worden onderzocht. De eerste effectmetingen zijn uitgevoerd na één jaar (zomer/najaar 2012) en geven dus slechts een eerste indruk van de gevolgen van de verschillende maatregelen: meestal is 5-6 jaar onderzoek nodig om een redelijk beeld te krijgen van het verloop van de ontwikkeling in dit type grasland (De Graaf *et al.*, 2004).

4.2.1 Toevoer van maaisel en diasporen

Het opbrengen van maaisel van goed ontwikkelde gebieden heeft de ontwikkeling van heischrale vegetatie duidelijk bevorderd, zowel het aantal kenmerkende soorten van heischrale graslanden als de gemiddelde natuurbeschermingswaarde is binnen één jaar significant toegenomen (paragraaf 2.5.1). Het na één jaar gevonden succespercentage van de in het maaisel aanwezige soorten is nog vrij laag, vergeleken met waarden die zijn gevonden na toevoer van maaisel (en ontgronden) in natte graslanden en in kalkgraslanden in Duitsland, maar daar was de meetperiode 4-6 jaar langer dan tot nu toe in dit experiment (Hölzel & Otte, 2003; Kiehl *et al.*, 2006). Een andere verklaring zou kunnen zijn dat de restpopulaties van veel heischrale soorten in Nederland zo klein zijn geworden dat daarmee de vitaliteit van het zaad is verminderd (bijv. Vergeer, 2005; Vergeer & Ouborg, 2011). Het vervolg van dit experiment moet over het definitieve succes, dat pas na enkele jaren zichtbaar wordt en de mechanismen van succesvolle vestiging meer duidelijkheid gaan geven. Het, naast maaisel, opbrengen van zaden van laagfrequente soorten – waaronder Rode-lijstsoorten – blijkt na één jaar redelijk succesvol te zijn: ongeveer 30 tot 50 procent van de uitgelegde soorten vestigt zich in het eerste jaar (figuur 2.18). De bedekking van deze soorten, zoals bijvoorbeeld Valkruid, neemt door het inbrengen van zaden enorm toe (figuur 4.1).



Figuur 4.1 Beeld van de jonge plantjes van Valkruid in de zomer van 2012 in het Noordenveld na additie van maaisel en zaden. Ook Vogelpootje en Zandblauwtje zijn zichtbaar op deze foto.

Picture of the massive establishment of Arnica montana in the treatment with hay addition and seeds (Noordenveld, Northern part of the Netherlands).

Uiteraard moet de definitieve vestiging in de vegetatie op langere termijn gevolgd worden, maar dit is een indicatie dat herstel van zeldzame soorten via additionele zaadintroductie mogelijk is op voormalige landbouwgrond, waar eerst ontgrond is. Tevens wijst dit er op dat de abiotiek adequaat hersteld is voor plantensoorten uit het heischrale grasland; dit komt overeen met de metingen van de bodemchemie in dit experiment, zowel de buffercapaciteit (pH, basische kationen) als de nutriëntenconcentraties (nitraat, ammonium) liggen in de range van goed ontwikkelde heischrale graslanden in Nederland (figuur 2.28; De Graaf *et al.*, 2009). Ook de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat is sterk gedaald door ontgronden, alleen nog wat aan de hoge kant in de bodem van het experiment in Wekerom en Maasduinen (Wolfsven). Hier moet mogelijk later met het vervolgbeheer rekening mee worden gehouden. Ook zijn door de verschillende experimentele behandelingen geen verschillen in bodemchemie ontstaan, alleen de concentraties kalium zijn licht verhoogd. Ook is tot nu toe de vegetatie nog lang niet gesloten, en komt nog veel licht, en met de goede rood/verrood verhouding bij de bodem, zodat in de komende 1-2 jaar ook nog zeker kieming en vestiging mogelijk is.

4.2.2 Bodementen

Het bodemleven – micro-organismen en bodemfauna – speelt een belangrijke rol bij de vele interacties die invloed hebben op de vestiging van planten, concurrentie tussen planten, successie en de vorming van specifieke plantengemeenschappen. De interacties omvatten verschillende symbiotische relaties met plantenwortels, begrazing van ondergrondse plantendelen, of veranderingen in bodemstructuur en -horizontvorming (o.a. DeDeyn *et al.*, 2003; Frouz *et al.*, 2008). De bodemgemeenschap is een goede indicatie voor een functionerend ecosysteem, en daarmee ook voor een geslaagde restauratie. Echter, veel bodemorganismen als micro- en mesofauna

verplaatsen zich heel langzaam en hebben vaak ook al enige bodemvorming en vegetatieontwikkeling nodig om zich te kunnen vestigen. Dit betekent dat de nieuwe vestiging van een goed ontwikkeld bodemleven een groot probleem kan zijn bij herstel van ernstig aangetaste systemen zoals agrarische gebieden (o.a. Frouz *et al.*, 2009). Dit alles heeft tot het idee geleid om bodemmateriaal, afkomstig van referentieterreinen, over te brengen naar de herstelplekken, zodat daar de vestiging van micro-organismen en micro- en mesofauna sneller kan verlopen en daarmee de ontwikkeling naar de doelgemeenschap efficiënter en beter verloopt. In containerproeven is dit al gevonden (DeDeyn *et al.*, 2003), maar in de praktijk met uitzetten van plaggen bleek het nauwelijks buiten de plag te werken (Kardol, 2007).

In het experiment op recent ontgronde situaties is gebleken dat door het ontgronden, zoals verwacht, de microbiële biomassa, de bodemademhaling maar ook het aantal individuen van de micro- en mesofauna sterk gedaald is, vergeleken met de niet-ontgronde situatie (paragraaf 2.5.2). De eerste effectmeting, na één jaar, heeft aan het licht gebracht dat aanbrengen van bodemkruimels tot een hogere nematodendichtheid leidt en een duidelijke verbetering van de nematodengemeenschap tot gevolg heeft gehad. Ook is een tendens tot verbetering te zien in de bodemmesofaunagemeenschap bij deze manier van enten. Deze effecten zijn na het eerste jaar van de additie helemaal niet gevonden voor de toepassing van slurrie of het uitzetten van plagjes. Dit is een eerste indicatie dat de toediening van bodemkruimels op praktijkschaal tot een versnelde kolonisatie met bodemfauna van het ontgronde substraat leidt, al is een (veel) langere meetreeks noodzakelijk om de effectiviteit van deze, en de andere vormen van bodemtoevoer, op het definitieve kolonisatieproces van bodembiota aan het licht te brengen. Een bijkomend voordeel van het enten met bodemmateriaal lijkt te zijn dat daarmee ook nog eens enkele plantensoorten extra worden aangevoerd uit de goedontwikkelde referentielocaties.

4.3 Stagnatie van de ontwikkeling op voormalige landbouwgrond

4.3.1 Onvolledige ontwikkeling

In het tweede deel van dit project is onderzoek uitgevoerd naar de oorzaken van de stagnatie van de ontwikkeling van droge heischrale graslanden in situaties die 10-15 jaar geleden zijn ingericht op voormalige landbouwgrond (8 in Nederland, 1 in België en 1 in Duitsland). In de onderzochte gebieden, verspreid over het Nederlandse zandgebied, is de vegetatie bijna altijd veel minder goed ontwikkeld dan in referentiegebieden in natuurterreinen. Dit gold ook voor de terreinen die in het onderzoek betrokken zijn als voorbeeld van locaties waarin de ontwikkeling relatief goed verloopt. Zo ontbreken veel Rode-lijstsoorten die vroeger regelmatig voorkwamen in heischrale graslanden, maar ook veel "gewone" soorten uit het droge heischrale milieu zijn afwezig of komen bijna niet voor, zoals Liggend walstro, Tandjesgras, Borstelgras, Hondsviooltje en Grasklokje (paragraaf 5.1; tabel 3.3). Kortom, op de heringerichte grond heeft zich maar ten dele droog heischraal grasland ontwikkeld, er zijn waarschijnlijk vooral rompgemeenschappen tot ontwikkeling gekomen en niet een vegetatie die ingedeeld kan worden als een Associatie van Liggend walstro en Schapegras. Vijf van de in Nederland

onderzochte terreinen zijn ingedeeld als matig-ontwikkeld, in deze situaties komen 10-15 jaar na herinrichting heel weinig soorten voor uit de klasse der heischrale graslanden, alleen Veldbies, Tormentil, Pilzegge en Stekelbrem zijn daar aangetroffen, terwijl toch ook hier het heischrale grasland als doelvegetatie was beoogd. De andere drie Nederlandse terreinen zijn redelijk ontwikkeld, er komen enkele Rode-lijstsoorten in de vegetatie voor, maar nog steeds ontbreken veel kenmerkende plantensoorten. Al deze terreinen zijn 10-15 jaar geleden ontgrond en daarna is vervolgbeheer ingesteld, veelal in de vorm van begrazing. De best ontwikkelde terreinen op voormalige landbouwgrond zijn aangetroffen in het nabije buitenland (Eifel en Turnhout), met duidelijk meer plantensoorten – meer Rode-lijstsoorten - uit het heischrale milieu. Dit kan zeker in de Eifel voor een aanzienlijk deel verklaard worden doordat daarna ontgronden maaisel van een goed ontwikkeld heischraal grasland is aangebracht. Ook in Turnhout is niet alleen ontgrond, maar zaad van enkele doelsoorten uitgestrooid.

Eén van de aspecten, waardoor de ontwikkeling van heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond in principe kansrijk is, is het gegeven dat deze voormalige landbouwgronden bekalkt zijn geweest waardoor de bodem niet verzuurd is, zoals wel het geval is in veel heischrale graslanden in natuurterreinen (o.a. Bobbink *et al.*, 2004). Dit komt ook naar voren in de bodemchemie, in alle onderzochte situaties is de buffercapaciteit (basische kationen) voldoende tot goed en duidelijk vallend in de range van niet-verzuurde heischrale graslanden (figuur 3.27 en 3.28; De Graaf *et al.*, 2009). Alleen in het Wisselse Veen, Blankwaterven en Kromhurken is deze wat aan de lage kant, maar nog wel vallend in de eerder vermelde range. Qua nutriëntenbeschikbaarheid is de situatie complex in deze 10-15 jaar gelden uitgevoerde projecten, in 6 gebieden zijn de hoeveelheden fosfaat in de bodem nog (te) hoog (figuur 3.28), in één terrein (Mantingerveld) is dat ook het geval voor beschikbaar anorganisch stikstof. Het is dan ook niet vreemd dat juist in laatst genoemde gebied de productie van de vegetatie het hoogst was, en de lichtdoordringing tot op de bodem heel laag. Echter, in de andere 5 situaties met hoog P is de beschikbaarheid van anorganisch N voldoende laag tot soms zeer laag. De vegetatie van deze 5 terreinen is dan ook waarschijnlijk gelimiteerd door N, iets wat ook uit de N:P ratio in het gewas naar voren is gekomen (figuur 3.24). Dit betekent overigens ook dat juist deze terreinen gevoelig zijn voor de vermestende werking van verhoogde N-depositie (o.a. Bobbink & Hettelingh, 2011). Slechts een enkel terrein (Banisveld) had erg lage concentraties voor zowel beschikbaar N als P. Opmerkelijk is nog dat de redelijk ontwikkelde situatie in Turnhout, en twee referentielocaties (Kleine Startbaan & Harskamp) juist door P gelimiteerd lijken te zijn. Geconcludeerd kan worden dat de bodem van de 10-15 jaar geleden herstelde terreinen zeker wat buffering betreft geschikt is voor ontwikkeling van heischraal grasland, maar dat soms wel nog hoge P-waarden worden aangetroffen. Zowel N- als P-limitatie lijkt aannemelijk. Er is echter geen éénduidige relatie gevonden tussen de bodemchemie en het al of niet goed tot ontwikkeling komen van een heischraal grasland.

Ook de bodembiota zijn bestudeerd in de situaties 10-15 jaar na ontgronden, en vergeleken met referentiesituaties in natuurreservaten (paragraaf 3.5.2). Hieruit is naar voren gekomen dat de microbiële ademhaling in de bodem hoger is in de redelijk ontwikkelde situatie en in de referentiegebieden, maar duidelijk lager is in de matig ontwikkelde terreinen. Er was daarentegen geen verschil in microbiële biomassa en specifieke bodemademhaling. Concentraties van verschillende karakteristieke PLFA's geven aan dat in enkele terreinen 10-15 jaar naar afgraven zowel de schimmelpopulatie als de bacteriepopulatie nog erg klein zijn ten opzichte van referentiegebieden. Er

zijn tussen de referentiegebieden en de 10-15 jaar geleden heringerichte situaties geen significante verschillen in de aantallen nematoden per voedselgilde, maar er is wel een tendens gevonden dat de schimmelende nematoden meer aanwezig zijn in de referentiesites en de redelijk ontwikkelde herstelsituaties. Ook de ordinatie van de nematodengemeenschap laat zien dat de matig-ontwikkelde gebieden het meest afwijken van de referentie, en de redelijk ontwikkelde situatie er mee tussen in ligt. Verder zijn er geen verschillen in meso- en macrofaunagroepen gevonden, alleen de regenwormen (*Lumbricidae*) kwamen meer voor in de situaties 10-15 jaar na inrichting, terwijl de duizendpoten (*Chilopoda*, een groep met predatoren) juist hoger was in de referentieterrainen. Concluderend kan gesteld worden dat heischrale graslanden in natuureservaten meer predatoren in de bodem kennen, minder regenwormen en meer groepen die kenmerkend zijn voor een schimmel-gestuurd voedselweb dan de heringerichte terreinen. Dit laatst is kenmerkend voor nutriëntenarme bodems (o.a. Swift *et al.*, 1979). De redelijk herstelde terreinen lijken wat meer op de referenties dan de matig herstelde terreinen, die op een aantal parameters erg sterk afwijken. Dit maakt aannemelijk dat ook de stofkringloop in deze situaties niet verloopt zoals in de oorspronkelijke situatie.

4.3.2 Stimulering van verdere ontwikkeling

Om de vegetatie-ontwikkeling in deze gestagneerde situatie weer op gang te krijgen, is op een vijftal locaties een kleinschalig experiment gestart om de waargenomen knelpunten weg te nemen. Hiervoor is ondiep geplagd (ca. 5 cm) om weer kieming en vestiging mogelijk te maken, aangezien in gesloten vegetatie door de lage rood/verrood verhouding van het licht en de te lage lichthoeveelheid vrijwel geen kieming of vestiging kan optreden (Harper, 1977; Bekker, 2008). Aan de helft van de proefvelden (n=5) is ook bodemmateriaal toegevoegd om deze te enten met bodembiota. Het opbrengen van maaisel en zaden na het openen van de vegetatie bevordert na één jaar de vestiging van kenmerkende en Rode-lijstsoorten in deze matig ontwikkelde gebieden. Het toevoegen van bodem van goed ontwikkelde gebieden heeft op deze onderzoekstermijn geen additioneel effect op de ontwikkeling van de vegetatie ten opzichte van het toevoegen van zaden. Dit maakt aannemelijk dat dispersie van diasporen en vestigingsproblemen in een gesloten vegetatie een belangrijke bottleneck zijn voor de ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond. Ook Duits onderzoek in natte graslanden met het openen van de vegetatie met toevoer van zaden heeft dit aan het licht gebracht (Hölzel, 2005; Smiede *et al.*, 2012). Hoe de situatie zich in de toekomst voortzet is uiteraard afhankelijk van de snelheid van successie en de concurrentiekracht van de overige soorten, die beide sterk bepaald worden door de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem. De voortzetting van dit experiment moet dit aan het licht brengen, waarbij het nu al waarschijnlijk is dat in situaties met te hoge P en N de kans op permanent succes laag is. Het enten met bodemkrumels heeft tot nu toe niet geleid tot veranderingen in de bodemgemeenschap of bodemactiviteit, maar vervolgonderzoek moet hier later meer inzicht geven.

4.4 Voorlopige aanbevelingen

Dit onderzoeksproject naar het herstel van droge heischrale graslanden is in voorjaar-zomer 2011 opgestart, terwijl de eerste effectmetingen zijn uitgevoerd na gemiddeld één jaar. Dit betekent dat er slechts voorlopige aanbevelingen kunnen worden gedaan. Toch kan met dit voorbehoud het volgende gesteld worden:

- Bij herinrichting van voormalige landbouwgronden waarbij de ontwikkeling van droog heischraal grasland beoogd wordt, is vooronderzoek naar nutriëntenconcentraties (met name P) in de bodem onontbeerlijk om ervoor te zorgen dat er voldoende wordt afgegraven om realisatie mogelijk te maken. Uit het onderzoek blijkt dat bij oudere herstelprojecten regelmatig onvoldoende is afgeplagd en de top laag daardoor te rijk is aan fosfaat.
- Bij herinrichting met het doel om droge heischrale graslanden te herontwikkelen is het aanbevelingswaardig om snel na uitvoering vers maaisel van een goedontwikkeld droog heischraal grasland aan te brengen op de ontgronde situatie. Hiermee kan worden voorkomen dat de vegetatie zich sluit voordat hogere planten die karakteristiek zijn voor droge heischrale graslanden zich hebben kunnen vestigen, waardoor in veel gevallen slechts rompgemeenschappen in plaats van de gewenste associatie zouden kunnen ontstaan.
- Indien voor het herinrichtingsgebied Rode-lijstsoorten ontbreken of zeer laagfrequent aanwezig zijn in het donorgebied en deze in het herin te richten terrein wel gewenst zijn, verdient het de voorkeur om deze plantensoorten middels zaden te verspreiden naar het nieuw ingerichte terrein;
- Via het toedienen van bodem middels kruimels lijkt het mogelijk om het verstoorde bodemleven sneller te herstellen. Het toedienen van bodemkruimels is daarmee waarschijnlijk een goede aanvullende maatregel naast het toedienen van maaisel;
- Als blijkt dat na een aantal jaar na herinrichting de vegetatie zich tot een rompgemeenschap ontwikkelt, waarin veel soorten van een goed ontwikkeld droog heischraal grasland ontbreken, kan het lokaal openen van de vegetatie met toevoer van vers maaisel en zaden voor de korte termijn een maatregel zijn om de ontwikkeling te verbeteren.
- Het verdient aanbeveling de praktijkexperimenten in de komende jaren te volgen, zodat ook de meer langetermijnontwikkeling duidelijk wordt en, eventueel, bijsturing van het herstelbeheer mogelijk wordt. Veel effecten waren op de korte termijn van het huidige onderzoek nog niet zichtbaar. Zo is waarschijnlijk nog niet al het aangebrachte zaad gekiemd en ook is nog niet duidelijk of de gekiemde soorten zich definitief kunnen handhaven. Verder hebben de bodembiota zich op deze termijn nog niet over de proefvlakken kunnen verspreiden en ook hun uiteindelijke populatiegrootte nog niet kunnen bereiken. De bodem was na afgraven geheel kaal en vrijwel zonder organisch materiaal: de geleidelijke ontwikkeling van vegetatie heeft effect op de toevoer van organisch materiaal naar de bodem, en beïnvloedt daarmee de beschikbaarheid van plantenvoedingsstoffen en de zuurgraad van de bodem. Al deze effecten zullen pas op langere termijn optreden in het veld.

5 Literatuur

- Albers, K., Faasen, T., Raemakers, I., 2003. Monitoring OBN flora 2002 en 2003. Ecologica, Maarheeze.
- Bekker, R., 2008. 20 jaar ontgronden voor natuur op zandgronden. Evaluatie van ontgroningen als maatregel ten behoeve van natuurontwikkeling. Rijksuniversiteit Groningen, Haren.
- Bobbink R. & Hettelingh J.P. (eds.), 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships, Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), RIVM report 680359002/2011 (244 pp).
- Bobbink, R., Tomassen, H., Weijters, M. & Hettelingh, J.-P., 2010. Revisie en update van kritische N-depositiewaarden voor Europese natuur. De Levende Natuur 111: 254-258.
- Bobbink, R., 2008. Biodiversiteit in natuureservaten. Landschap 25:109-115.
- Bobbink, R., Brouwer, E., Ten Hoopen, J. & Dorland, E., 2004. Herstelbeheer in het heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: Van Duinen, G-J., Bobbink, R., Van Dam, C., Esselink, H., Hendriks, H., Klein, M., Kooijman, A., Roelofs, J. & Siebel, H., Duurzaam natuurherstel voor behoud biodiversiteit. 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het overlevingsplan bos en natuur, Expertisecentrum LNV, Ede, pp. 33-70.
- Bobbink, R., De Graaf, M.C.C., Verheggen, G.M. & Roelofs, J.G.M., 1998. Heeft het heischrale milieu in Nederland nog toekomst? In: Bobbink, R., Roelofs, J.G.M. & Tomassen, H.B.M. (red.): Effectgerichte maatregelen en behoud van biodiversiteit in Nederland. Proc. Symp. K.U. Nijmegen.
- Bobbink, R., 1991. Effects of nutrient enrichment in Dutch chalk grassland. Journal of Applied Ecology 28: 28-41.
- Decler, K. (red), 2007. Europees beschermde natuur in Vlaanderen en het Belgisch deel van de Noordzee. Habitattypen. Dier- en plantensoorten. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.M.2007.01, Brussel, 584 p.
- De Deyn, G.B., Raaijmakers, C.E., Zoomer, H.R., 2003. Soil invertebrate fauna enhance grassland succession and diversity. Nature 422: 711-713.
- De Graaf, M.C.C., Bobbink, R., Smits, N.A.C., Van Diggelen, R. Roelofs, J.G.M., 2009. Biodiversity, Vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. Biological Conservation 142: 2191-2201.
- De Graaf, M.C.C. , Verbeek, P., Robat, S., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M., De Goeij, S., Scherpenisse, M., 2004. Lange-termijn effecten van herstelbeheer in heide en heischrale graslanden. Rapport EC-LNV nr. 2004/288-O.
- De Graaf, M.C.C., 2000. Exploring the calcicole-calcifuge gradient in heathlands. Dissertatie KUN, Nijmegen, 175 pp.
- De Graaf, M.C.C., Verbeek, P.J.M., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M., 1998. Restoration of species-rich dry heaths: the importance of appropriate soil conditions. Acta Botanica Neerlandica 47: 89-111.

- De Graaf, M.C.C., Bobbink, R., Verbeek, P.J.M. & Roelofs, J.G.M., 1997. Aluminium toxicity and tolerance in three heathland species. *Water, Air & Soil Pollution* 98: 229-241.
- Dorland, E., Bobbink, R., Rotthier, S. & Soons, M.B., 2011. Heischrale graslanden: nu en in de toekomst bedreigd door overmaat aan stikstof! *De Levende Natuur*, 112: 220-224.
- Dorland, E. & Bobbink, R., 2008. Biodiversity of European grasslands – the impact of atmospheric nitrogen deposition. *Samentvatting van het veldwerk verricht in het kader van het BEGIN-project*. Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Dorland, E., Van den Berg, L. J. L., Van de Berg, A. J., Vermeer, M. L., Roelofs, J. G. M., Bobbink, R., 2004. The effects of sod cutting and liming on nitrification in heathland soils. *Plant and Soil* 265: 267-277.
- Dorland E., Van den Berg, L., Bobbink, R., Roelofs, J., 2003. Bekalking bij het herstel van gedegeneerde heiden en heischrale graslanden. *De Levende Natuur* 104: 144-148.
- Dorland, E., Bobbink, R., Meeslink, J.H., Verhoeven, J.T.A., 2003. Soil ammonium accumulation after sod cutting hampers the restoration of degraded heathlands. *Journal of Applied Ecology* 40: 804-814.
- Frouz, J., van Diggelen, R., Pizl, V., Stary, J., Hanel, L., Tajovsky, K., & Kalcik, J., 2009. The effect of top soil removal in restored heathland on soil fauna, topsoil microstructure, and cellulose decomposition: implications for ecosystem restoration. *Biodiversity and Conservation* 18: 3963-3978
- Frouz, J., Prach, K., Pizl, V., 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology* 44: 109-121
- Frouz, J., 1997. Changes in communities of soil dwelling dipteran larvae during secondary succession in abandoned fields. *European Journal of Soil Biology* 33:57-65
- Frouz, J., 1997. The effect of vegetation patterns on oviposition habitat preference: a driving mechanisms in terrestrial Chironomid (Diptera: Chironomidae) succession. *Researches on Population Ecology* 39: 207-213
- Gilbert, J., Gowing, D. & Wallace, H. 2009. Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142: 1074-1083.
- Güsewell, S., Koerselman, W. & Verhoeven, J.T.A., 2003. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands. *Ecological Applications* 13: 372-382.
- Hanel, L., 1995. Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of South Bohemia. *Nematologica* 41: 197-218.
- Harper, D., Brierley, B., Ferguson, A.J.D., & Phillips, G. (eds), 1999. *The ecological basis of lake and reservoir management*. Hydrobiologia 395/396.
- Hendricks, S.B. & Taylorson, R.B., 1972. Promotion of Seed Germination by Nitrates and Cyanides. *Nature* 237: 196-170
- Hölzel, N., 2005. Seedling recruitment in flood-meadow species: The effects of gaps, litter and vegetation matrix. *Applies Vegetation Science* 8: 115-224
- Hölzel, N, Otte, A., 2003. Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. *Applied Vegetation Science* 6: 131-140.
- Janssen, J.A.M., & Schaminee, J.H.J., 2003. *Europese Natuur in Nederland. Habitat typen*. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

- Jenkinson, D.S., 1988. The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Silson, J.R. (Ed.), *Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems*. CAB International, Wallingford, pp. 368– 386.
- Kardol, P., 2007. Plant and soil community assembly in secondary succession on ex-arable land. Proefschrift. Wageningen Universiteit, Wageningen.
- Kiehl, K., Thormann, A., Pfadenhauer, J., 2006. Evaluation of Initial Restoration Measures during the Restoration of Calcareous Grasslands on Former Arable Fields. *Restoration Ecology* 14:148-156
- Kleijn, D., Bekker, R.M., Bobbink, R., De Graaf, M.C.C., Roelofs, J.G.M., 2008. In search for key biogeochemical factors affecting plant species persistence in heathland and acidic grasslands: a comparison of common and rare species. *Journal of Applied Ecology* 45: 680-687.
- Klimkowska, A., van Diggelen, R., Bakker, J.P., Grootjans, A.P., 2007. Wet meadow restoration in Western Europe: a quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.
- Koerselman, W. & Meuleman, A.F.M., 1996. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. *Journal of Applied Ecology* 33: 1441-1450.
- Lamers, L., Lucassen, E., Smolders, F. & Roelofs, J., 2005. Fosfaat als adder onder het gras bij ontwikkeling van "nieuwe natte natuur". *H₂O* 38: 28-30.
- Lamers, L., Lucassen, E., Tomassen, H., Smolders, A. & Roelofs J., 2009. Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen *De Levende Natuur* 110: 43-46.
- Loeb, R., Kuijpers, L., Peters, C.J.H., Lamers, L.P.M. & Roelofs, J.G.M., 2009. Nutrient limitation along eutrophic rivers? Roles of N, P and K input in a species-rich floodplain hay meadow. *Applied Vegetation Science* 12: 362-375.
- Londo, G., 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33: pp.61–64.
- Mudrak, O., Uteseny, K. & Frouz, J., 2012. Earthworms drive succession of both plant and *Collembola* communities in post-mining sites. *Applied Soil Ecology* 62: 170–177.
- Olde Venterink, H.G.M., Wassen, M.J., Verkroost, A.W.M. & De Ruiter, P.C., 2003. Species richness-productivity patterns differ between N-, P-, and K-limited wetlands. *Ecology* 84: 2191-2199.
- Olsen S.R., Cole, C.W., Watanabe, R. & Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Dpt. of Agriculture circular 939.
- Roubickova, A., Mudrak, O. & Frouz, J., 2009. Effect of earthworm on growth of late succession plant species in postmining sites under laboratory and field conditions *Biology and Fertility of Soils* 45: 769-774.
- Schaffers, A.J.P., Vesseur, M.P. & Sykora, K.V., 1998. Effects of delayed hay-removal on the nutrient balance of roadside plant communities. *Journal of Applied Ecology* 35: 349-364.
- Schaminee, J.H.J., Stortelder, A.H.F. & Weeda, E.J., 1996. *De vegetatie van Nederland Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en heiden*. Opulus Press, Uppsala/Leiden.
- Schmiede, R., Otte, A., & Donath, T.W., 2012. Enhancing plant biodiversity in species-poor grassland through plant material transfer-the impact of sward disturbance. *Applied Vegetation Science* 15: 290-298
- Smits, N.A.C., Huiskes, H.J.P., Willems, J.H. & Bobbink, R., 2008. Heischraal grasland op Zuid-Limburgse hellingen: mogelijkheden voor versnelde ontwikkeling? *De Levende Natuur* 109: 169-175.
- Smits, N.A.C., van Noordwijk, C.G.E., Bobbink, R., Esselink, H., Huiskes, R., Kuiters, L., Ozinga, W., Schaminee, J.H.J., Sipel, H., Verberk, W.C.E.P.

- & Willems, J.H., 2009. Onderzoek naar de ecologische achteruitgang en het herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallandcomplexen. Ede, Ministerie van LNV, Directie Kennis, 2009 (Rapport DKI nr. 2009/dk118-O). 153p.
- Smolders, A.J.P., Lucassen, E.C.H.E.T., van Mullekom, M., Tomassen, H.B.M, Brouwer, E., 2009. Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38
- Snajdr, J., Valaskova, V., Merhautova, V., Cajthaml, T., Baldrian, P., 2008. Activity and spatial distribution of lignocellulose-degrading enzymes during forest soil colonization by saprotrophic basidiomycetes. *Enzyme and Microbial Technology* 43:186-192.
- Stevens, C.J., Duprè, C., Dorland, E., Gaudnik, C., Gowing, D.J.G., Bleeker, A., Diekmann, M., Alard, D., Bobbink, R., Fowler, D., Corcket, E., Mountford, J.O., Vandvik, V., Aarrestad, P. A. , Muller, S., Dise, N.B., 2010. Nitrogen deposition threatens species richness of grasslands across Europe. *Environmental Pollution* 158: 2940-2945.
- Swertz, C.A., Schaminée, J.H.J., & Dijk, E., 1996. De vegetatie van Nederland Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en heiden. Hoofdstuk 19. Nardetea. Opulus Press, Uppsala/Leiden.
- Swift, M.J., Heal, O.W., & Anderson, J.M., 1979. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. University of California Press. Berkeley, California.
- Tansley, A., 1946. Introduction to plant ecology. London: Allen & Unwin.
- Van de Haterd, R., Inberg, H., Leusink, L., Japink, J., 2012. Vegetatie- en plantensoortenkartering Regio Zuid 2012. 851 Keersop en Run. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703- 707.
- Van Dam, D., van Dobben, H.F., ter Braak, C.F.J. & de Wit, T., 1986. Air pollution as a possible cause for the decline of some phanerogamic species in The Netherlands. *Vegetatio* 65: 47-52
- Van den Berg, L. J. L., Dorland, E., Vergeer, P., Hart, M. A. C., Bobbink, R., Roelofs, J. G. M., 2005. Decline of acid-sensitive species in heathland can be attributed to ammonium toxicity in combination with low pH. *New Phytologist* 66: 551-564.
- Vergeer, P., Ouborg, N.J., 2011. Milieu en genetica, twee zijden van dezelfde natuurbeheermedaille. *De Levende Natuur* 112: 84-87.
- Vergeer, P., 2005. Introduction of threatened species in a fragmented and deteriorated landscape. Proefschrift Radbouduniversiteit Nijmegen. 170 p
- Verhagen, R., Van Diggelen, R., Bakker, J.P., 2003. Natuurontwikkeling op minerale gronden. Verandering in de vegetatie en abiotische omstandigheden gedurende de eerste tien jaar na ontgronden. Rapport Rijksuniversiteit Groningen, Laboratorium voor Plantenoecologie/It Fryske Gea.
- Verhoeven, J.T.A., Koerselman, W. & Meuleman, A.F.M., 1996. Nitrogen- and phosphorus-limited growth in herbaceous, wet vegetation: relationship with atmospheric inputs and management regimes. *Trends in Ecology & Evolution* 11: 494-497.
- Weeda, E.J., Schaminée, J.H.J. & Van Duren, L., 2002. Atlas van plantengemeenschappen in Nederland - deel 2. Graslanden, zomen en droge heide. KNNV Uitgeverij, Utrecht
- Williams, E.D., 1973a. Effects of temperature fluctuation, red and far-red light and nitrate on seed germination. *Journal of Applied Ecology* 20: 923-935.

- Williams, E.D., 1973b. Effects of temperature, light, nitrate and pre-chilling on seed germination of grassland plants. *Annals of Applied Biology* 103: 161-172.
- Wolters, M., Garbutt, A., Bakker, J.P., 2005. Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe. *Biological Conservation* 123: 249-268.
- Wu, J., Joergensen, R.G., Pommerening, B., Chaussod, R., Brookes, P.C., 1990. Measurement of soil microbial biomass C by fumigation-extraction—an automated procedure. *Soil Biology and Biochemistry* 22: 1167- 1169.
- Yeates, C.W., 1998. Feeding in free-living soil nematodes a functional approach, in: R.N. Perry, D.J. Wright (Eds.), *The Physiology and Biochemistry of Free-living and Parasitic Nematodes*, CABI publishing, Wallingford, pp. 245-269.

Bijlage 1 Afkortingen en coördinaten veldlocaties

Table 6.1. Afkortingen en coördinaten van de veldlocaties.
Abbreviations and coordinates of the field locations.

locatie	afkorting	x-coördinaat	y-coördinaat
Banisveld	BV	148426	396592
Blankwatervan	BW	202478	358272
Eifel- referentie (D)	EI-ref	50°19'37.24"N	6°33'34.52"O
Eifel-hersteld (D)	EI-her	50°19'48.73"N	6°33'22.37"O
Groote Heide-Heide	GH-h	213092	375561
Groote Heide-Zweefvliegveld	GH-zw	213159	375030
Harskamp- middelste terrein	HKM	185849	460976
Harskamp- voorste terrein	HKV	185788	460980
Harskamp- achterste terrein	HKM	186033	460964
Kleine Startbaan	KS	211850	535600
Kromhurken	KH	153130	368145
Mantingerveld	MV	237391	534299
Noordenveld	NV	224051	536140
Oude Mirdum	OM	164601	542033
Poortbulten	PB	264554	481100
Staverden	ST	178943	475419
Turnhout (B)	TH	122976	375960
Wekerom	WK	177300	455650
Wisselse Veen	WV	191368	482816
Wolfsven	MD	204549	399667

Bijlage 2 Plantensoortenlijst – Nederlandse en wetenschappelijke namen

Tabel 6.2. Nederlandse en wetenschappelijke namen van aangetroffen plantensoorten.

Dutch and scientific names of present plantspecies.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam
Basterdwederik, Kantige	<i>Epilobium tetragonum</i>
Basterdwederik, Viltige	<i>Epilobium parviflorum</i>
Beemdgras, Ruw	<i>Poa trivialis</i>
Beemdgras, Smal	<i>Poa angustifolia</i>
Beemdgras, Veld-	<i>Poa pratensis</i>
Beenbreek	<i>Narthecium ossifragum</i>
Berenklauw, Gewone	<i>Heracleum sphondylium</i>
Berk, Ruwe	<i>Betula pendula</i>
Berk, Zachte	<i>Betula pubescens</i>
Betonie	<i>Stachys officinalis</i>
Bevernel, Kleine	<i>Pimpinella saxifraga</i>
Bevertjes	<i>Briza media</i>
Bies, Veelstengelige water-	<i>Eleocharis multicaulis</i>
Biggenkruid, Gewoon	<i>Hypochaeris radicata</i>
Bijvoet	<i>Artemisia vulgaris</i>
Borstelgras	<i>Nardus stricta</i>
Bosbes, Blauwe	<i>Vaccinium myrtillus</i>
Boterbloem, Egel-	<i>Ranunculus flammula</i>
Boterbloem, Kruipende	<i>Ranunculus repens</i>
Boterbloem, Scherpe	<i>Ranunculus acris</i>
Braam, Gewone	<i>Rubus fruticosus</i>
Brandnetel, Grote	<i>Urtica dioica</i>
Brem	<i>Cytisus scoparius</i>
Brem, Kruip-	<i>Genista pilosa</i>
Brem, Pijl-	<i>Genista sagittalis</i>
Brem, Stekel-	<i>Genista anglica</i>
Bremraap, Grote	<i>Orobanche rapum-genistae</i>
Brunel, Gewone	<i>Prunella vulgaris</i>
Den, Berg-	<i>Pinus mugo</i>
Den, Grove	<i>Pinus sylvestris</i>
Distel, Akker-	<i>Cirsium arvense</i>

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam
Distel, Knikkende	<i>Carduus nutans</i>
Distel, sp.	<i>Carduus sp.</i>
Distel, Speer-	<i>Cirsium vulgare</i>
Donderkruid	<i>Inula conyzae</i>
Dravik, Zachte	<i>Bromus hordaceaceus</i>
Droogbloem, Bleekgele	<i>Gnaphalium luteo-album</i>
Droogbloem, Bos-	<i>Gnaphalium sylvaticum</i>
Droogbloem, Moeras-	<i>Gnaphalium uliginosum</i>
Duinriet	<i>Calamagrostis epigejos</i>
Duizendblad, Gewoon	<i>Achillea millefolium</i>
Duizendguldenkruid, Echt	<i>Centaurium erythraea</i>
Eik, Zomer-	<i>Quercus robur</i>
Eikvaren, Gewone	<i>Polypodium vulgare</i>
Els, Hartbladige	<i>Alnus cordata</i>
Els, Zwarte	<i>Alnus glutinosa</i>
Engelwortel, Gewone	<i>Angelica sylvestris</i>
Ereprijs, Mannetjes-	<i>Veronica officinalis</i>
Ereprijs, Tijn-	<i>Veronica serpyllifolia</i>
Fijnstraal, Canadese	<i>Conyza canadensis</i>
Fioringras	<i>Agrostis stolonifera</i>
Fluitenkruid	<i>Anthriscus sylvestris</i>
Ganzerik, Kruip-	<i>Potentilla anglica</i>
Ganzerik, Middelste	<i>Potentilla intermedia</i>
Geelhartje	<i>Linum catharticum</i>
Gentiaan, Klokjes-	<i>Gentiana pneumonanthe</i>
Grondster	<i>Illecebrum verticillatum</i>
Guichelheil, Teer	<i>Anagallis tenella</i>
Handjesgras	<i>Cynodon dactylon</i>
Haver, Glans-	<i>Arrhenatherum elatius</i>
Haver, Goud-	<i>Trisetum flavescens</i>
Haver, Vroege	<i>Aira praecox</i>
Havikskruid, Dicht	<i>Hieracium lachenalii</i>
Havikskruid, Oranje	<i>Hieracium aurantiacum</i>
Havikskruid, Scherm-	<i>Hieracium umbellatum</i>
Havikskruid, Stijf	<i>Hieracium laevigatum</i>
Hazenpootje	<i>Trifolium arvense</i>
Heelblaadjes	<i>Pulicaria dysenterica</i>
Heermoes	<i>Equisetum arvense</i>
Hei, Gewone dop-	<i>Erica tetralix</i>
Hei, Struik-	<i>Calluna vulgaris</i>
Helmbloem, Rankende	<i>Ceratocarpus claviculata</i>
Hennegras	<i>Calamagrostis canescens</i>
Herderstasje	<i>Capsella bursa-pastoris</i>

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam
Hertshooi, Fraai	<i>Hypericum pulchrum</i>
Hertshooi, Liggend	<i>Hypericum humifusum</i>
Hertshooi, Moeras	<i>Hypericum elodes</i>
Hondsdrif	<i>Glechoma hederacea</i>
Hoornbloem, Gewone	<i>Cerastium fontanum</i>
IJzerhard	<i>Verbena officinalis</i>
Jonker, Kale	<i>Cirsium palustre</i>
Kamgras	<i>Cynosurus cristatus</i>
Kamille, Reukeloze	<i>Tripleurospermum maritimum</i>
Kartelblad, Heide-	<i>Pedicularis sylvatica</i>
Klaver, Gewone rol-	<i>Lotus corniculatus</i>
Klaver, Hop-	<i>Medicago lupulina</i>
Klaver, Kleine	<i>Trifolium dubium</i>
Klaver, Rode	<i>Trifolium pratense</i>
Klaver, Witte	<i>Trifolium repens</i>
Klaverzuring, Gehoornde	<i>Oxalis corniculata</i>
Klokje, Gras-	<i>Campanula rotundifolia</i>
Klokje, Rapunzel-	<i>Campanula rapunculus</i>
Knautia, Berg-	<i>Knautia arvensis</i>
Knoop, Blauwe	<i>Succisa pratensis</i>
Knoopkruid	<i>Centaurea jacea</i>
Knoopkruid, Zwart	<i>Centaurea nigra</i>
Koekoeksbloem, Echte	<i>Lychnis flos-cuculi</i>
Koninginnekruid	<i>Eupatorium cannabinum</i>
Kortsteel, Gevinde	<i>Brachypodium pinnatum</i>
Kropaar	<i>Dactylis glomerata</i>
Kruiskruid, Bezem-	<i>Senecio inaequidens</i>
Kruiskruid, Jakobs-	<i>Senecio jacobaea</i>
Kweek	<i>Elytrigia repens</i>
Langbloem, Beemd-	<i>Festuca pratensis</i>
Larix, Europese	<i>Larix decidua</i>
Larix, Japanse	<i>Larix kaempferi</i>
Leeuwentand, Kleine	<i>Leontodon saxatilis</i>
Leeuwentand, Vertakte	<i>Leontodon autumnalis</i>
Lijsterbes, Wilde	<i>Sorbus aucuparia</i>
Maanvaren, Gelobte	<i>Botrychium lunaria</i>
Margriet, Gewone	<i>Leucanthemum vulgare</i>
Meidoorn, Eenstijlige	<i>Crataegus monogyna</i>
Muizenoor	<i>Hieracium pilosella</i>
Muur, Gras-	<i>Stellaria graminea</i>
Muur, Vogel-	<i>Stellaria media</i>
Muurpeper	<i>Sedum acre</i>
Nachtschade, Zwarte	<i>Solanum nigrum</i>

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam
Nagelkruid, Geel	<i>Geum urbanum</i>
Ogentroost, Stijve	<i>Euphrasia stricta</i>
Ooievaarsbek, sp.	<i>Geranium sp.</i>
Orchis, Bergnacht-	<i>Platanthera chlorantha</i>
Orchis, Gevlekte	<i>Dactylorhiza maculata</i>
Orchis, Welriekende nacht-	<i>Platanthera bifolia</i>
Paardenbloem, Gewone	<i>Taraxacum officinale</i>
Peen	<i>Daucus carota</i>
Perzikkruid	<i>Polygonum persicaria</i>
Pijpenstrootje	<i>Molinia caerulea</i>
Pinksterbloem	<i>Cardamine pratensis</i>
Populier, Ratel-	<i>Populus tremula</i>
Populier, sp.	<i>Populus species</i>
Raaigras, Engels	<i>Lolium perenne</i>
Ratelaar, Grote	<i>Rhinanthus angustifolius</i>
Ratelaar, Kleine	<i>Rhinanthus minor</i>
Reukgras, Gewoon	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
Riet	<i>Phragmites australis</i>
Roos, sp.	<i>Rosa sp.</i>
Rozenkransje	<i>Antennaria dioica</i>
Rus, Greppel-	<i>Juncus bufonius</i>
Rus, Knol-	<i>Juncus bulbosus</i>
Rus, Pit-	<i>Juncus effusus</i>
Rus, Tengere	<i>Juncus tenuis</i>
Rus, Trek-	<i>Juncus squarrosus</i>
Rus, Veld-	<i>Juncus acutiflorus</i>
Rus, Zilte greppel-	<i>Juncus ambiguus</i>
Rus, Zomp-	<i>Juncus articulatus</i>
Salie, Valse	<i>Teucrium scorodonia</i>
Schapengras, Fijn	<i>Festuca filiformis</i>
Schapengras, Ruig	<i>Festuca ovina</i>
Schijnspurrie, Rode	<i>Spergularia rubra</i>
Sint-Janskruid	<i>Hypericum perforatum</i>
Smele, Bochtige	<i>Deschampsia flexuosa</i>
Snavelbies, Bruine	<i>Rhynchospora fusca</i>
Spar, sp.	<i>Picea sp.</i>
Sporkehout	<i>Rhamnus frangula</i>
Spurrie, Gewone	<i>Spergula arvensis</i>
Stekelvaren, Brede	<i>Dryopteris dilata</i>
Stekelvaren, Smalle	<i>Dryopteris carthusiana</i>
Stijlloos, Herfst-	<i>Colchicum autumnale</i>
Straatgras	<i>Poa annua</i>
Streepzaad, Groot	<i>Crepis biennis</i>

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam
Streepzaad, Klein	<i>Crepis capillaris</i>
Struisgras, Gewoon-	<i>Agrostis capillaris</i>
Struisgras, Hoog	<i>Agrostis gigantea</i>
Struisgras, Moeras-	<i>Agrostis canina</i>
Tandjesgras	<i>Danthonia decumbens</i>
Tijm, Kleine	<i>Thymus serpyllum</i>
Timoteegras	<i>Phleum pratense</i>
Tormentil	<i>Potentilla erecta</i>
Valkruid	<i>Arnica montana</i>
Varkensgras, Gewoon	<i>Polygonum aviculare</i>
Veldbies, Gewone	<i>Luzula campestris</i>
Veldbies, sp.	<i>Luzula species</i>
Veldkers, Kleine	<i>Cardamine hirsuta</i>
Vetmuur, Liggende	<i>Sagina procumbens</i>
Vijfvingerkruid	<i>Potentilla reptans</i>
Viltkruid, Duits	<i>Filago vulgaris</i>
Viltkruid, Dwerg-	<i>Filago minima</i>
Violtje, Hond-	<i>Viola canina</i>
Vlasbekje	<i>Linaria vulgaris</i>
Vleugeltjesbloem, Liggende	<i>Polygala serpyllifolia</i>
Vogelkers, Amerikaanse	<i>Prunus serotina</i>
Vogelpootje, Klein	<i>Ornithopus perpusillus</i>
Vossenstaart, Geknikte	<i>Alopecurus geniculatus</i>
Vrouwenmantel, Geelgroene	<i>Alchemilla xanthochlora</i>
Walstro, Geel	<i>Galium verum</i>
Walstro, Glad	<i>Galium mollugo</i>
Walstro, Liggend	<i>Galium saxatile</i>
Waternavel, Gewone	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>
Wederik, Grote	<i>Lysimachia vulgaris</i>
Weegbree, Grote	<i>Plantago major</i>
Weegbree, Ruige	<i>Plantago media</i>
Weegbree, Smalle	<i>Plantago lanceolata</i>
Wikke, Smalle	<i>Vicia sativa s. nigra</i>
Wikke, sp.	<i>Vicia sp.</i>
Wikke, Vogel-	<i>Vicia cracca</i>
Wilg, Bos-	<i>Salix caprea</i>
Wilg, Grauwe	<i>Salix cinerea</i>
Wilg, Krui-	<i>Salix repens</i>
Wilg, Schiet-	<i>Salix alba</i>
Wilg, sp.	<i>Salix sp.</i>
Wilgenroosje	<i>Chamerion angustifolium</i>
Winde, Akker-	<i>Convolvulus arvensis</i>
Witbol, Gestreepte	<i>Holcus lanatus</i>

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam
Wolfsklauw, Moeras-	<i>Lycopodiella inundata</i>
Wolfspoot	<i>Lycopus europaeus</i>
Wormkruid, Boeren-	<i>Tanacetum vulgare</i>
Zandblauwtje	<i>Jasione montana</i>
Zegge, Blauwe	<i>Carex panicea</i>
Zegge, Geelgroene	<i>Carex oederi</i>
Zegge, Hoge cyper-	<i>Carex pseudocyperus</i>
Zegge, Pil-	<i>Carex pilulifera</i>
Zegge, Ruige	<i>Carex hirta</i>
Zegge, Voorjaars-	<i>Carex caryophyllea</i>
Zegge, Zand-	<i>Carex arenaria</i>
Zenegroen, Piramide-	<i>Ajuga pyramidalis</i>
Zonnedauw, Kleine	<i>Drosera intermedia</i>
Zonnedauw, Ronde	<i>Drosera rotundifolia</i>
Zuring, Krul-	<i>Rumex crispus</i>
Zuring, Ridder-	<i>Rumex obtusifolius</i>
Zuring, Schapen-	<i>Rumex acetosella</i>
Zuring, Veld-	<i>Rumex acetosa</i>
Zwenkgras, Rood	<i>Festuca rubra</i>

Bijlage 3 Bedekkingsschalen

Tabel 6.3. Opname schaal volgens Londo.

Releve scale according to Londo.

Code	Beschrijving (individuen)	Bedekking (%)
r1	sporadisch (1-3)	<1%
p1	weinig talrijk (4-20)	<1%
a1	talrijk (21-100)	<1%
m1	zeer talrijk (>100)	<1%
r2	sporadisch (1-3)	1-3%
p2	weinig talrijk (4-20)	1-3%
a2	talrijk (21-100)	1-3%
m2	zeer talrijk (>100)	1-3%
r4	sporadisch (1-3)	3-5%
p4	weinig talrijk (4-20)	3-5%
a4	talrijk (21-100)	3-5%
m4	zeer talrijk (>100)	3-5%
1-	willekeurig	5-10%
1+	willekeurig	10-15%
2	willekeurig	15-20%
3	willekeurig	25-35%
4	willekeurig	35-45%
5	willekeurig	45-55%
6	willekeurig	55-65%
7	willekeurig	65-75%
8	willekeurig	75-85%
9	willekeurig	85-95%

Tabel 6.4. Opname schaal van Tansley.

Releve scale according to Tansley.

Code	Beschrijving	Percentage
s	sporadisch	1
r	zeldzaam	1
lo	lokaal verspreid	1
o	verspreid	3
lf	lokaal vrij talrijk	3
f	vrij talrijk	8
la	lokaal veel aanwezig	9
a	veel aanwezig	15
ld	lokaal dominant	22
cd	co-dominant	40
d	dominant	60