

o+bn

Kennisnetwerk OBN

Dominantie van krul- en ridderzuring in de Eemlandpolder – De bodemsamenstelling

Advies OBN Deskundigenteam Cultuurlandschap



Dominantie van krul- en ridderzuring in de Eemland polder - De bodemsamenstelling

Advies OBN Deskundigenteam Cultuurlandschap

Emiel Brouwer – Onderzoekcentrum B-WARE



ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn



PROVINCIE ■■ UTRECHT



Natuurmonumenten

©2021 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Advies OBN-26-CU
Driebergen, 2021

Deze publicatie is tot stand gekomen met financiële bijdragen van BIJ12, het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, de provincie Utrecht en de Vereniging Natuurmonumenten

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

*Wijze van citeren: Brouwer, E, 2021. **Dominantie van krul- en ridderzuring in de Eemland polder: de bodemsamenstelling.** Advies OBN-26-CU, VBNE, Driebergen.*

Deze uitgave is online gepubliceerd op www.natuurkennis.nl

Samenstelling E. Brouwer – Onderzoekcentrum B-WARE

Foto voorkant Eemlandpolder. Fotograaf: Emiel Brouwer

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

Inhoud

| | |
|---|-----------|
| Samenvatting | 3 |
| Summary | 4 |
| Dankwoord | 5 |
| 1. Inleiding | 6 |
| 1.1 Problemen met krulzuring en ridderzuring in weidevogelgrasland | 6 |
| 1.2 Oorzaken zuringdominantie en mogelijkheden tot bestrijding | 7 |
| 1.3 Standplaatsonderzoek | 8 |
| 2. Veldwerkzaamheden & analysemethoden | 9 |
| 2.1 Veldwerkzaamheden | 9 |
| 2.2 Analysemethoden | 11 |
| 3. Resultaten | 12 |
| 3.1 Ecologie krul- en ridderzuring | 12 |
| 3.2 Samenstelling bodem landelijke standplaatsen | 14 |
| 3.3 Samenstelling bodem Eemland polder | 20 |
| 3.4 Vergelijking data Eurofins 2017 en 2020 | 28 |
| 4. Conclusies | 34 |
| 4.1 Dominantie van zuringen & verschraling van voormalige landbouwgronden | 34 |
| 4.2 Perspectieven voor verschraling | 36 |
| 5. Literatuur | 38 |

Samenvatting

Sterke groei van krul- en ridderzuring (*Rumex crispus & obtusifolius*) vindt plaats op een voedselrijke bodem, zoals die gevonden kan worden in raaigrasweiden en verschrallingsstadia waarin nog weinig plaats is voor kruiden. Bijkomende factoren die de groei van de zuringen bevorderen zijn de kleiige, periodiek natte bodem en de hiermee gepaard gaande slechte doorluchting. Vooral de diepere bodemlagen blijven permanent nat, en hier kunnen fosfaat en ammonium in oplossing gaan en via de diepe penwortel worden opgenomen. Ook is het uitgestelde maaibeheer (tot 15 juni) waarschijnlijk gunstig voor de zuringen, omdat zij dan ongestoord kunnen groeien en omdat na het verwijderen van de hol geworden zode veel open bodem aanwezig is waarop zuringen kunnen kiemen. In de Eemland polder zijn geen verschillen aangetroffen in de bodemsamenstelling van percelen met veel of weinig zuring. De bodem lijkt daarmee over grote oppervlakten geschikt voor de groei van zuringen.

Voor bestrijding van het zuringprobleem lijken minstens twee oplossingsrichtingen aanwezig. De eerste is het aanpassen van het maaibeheer. Hiervoor zullen in het vervolg van het onderzoek experimenten worden uitgevoerd. De tweede is verschralling van de bodem en terugbrengen van de grasproductie tot op het niveau waarin er ruimte gaat komen voor kruiden als pinksterbloem, rode klaver, scherpe boterbloem, brunel, echte koekoeksbloem en smalle weegbree. Hiervoor moet vooral gekeken worden naar de vermindering van de fosfaatbeschikbaarheid; sterke reductie van de mobiele fractie van fosfaat en een aanzienlijke reductie van de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat. Op grond van de totale fosforvoorraad en de diverse fracties waarin deze kan worden verdeeld, wordt geschat dat op veel percelen een dergelijke verschralling bereikt kan worden na 5 tot 10 jaar maaien en afvoeren van twee tot vier snedes. Bij voorkeur worden deze gespreid over het jaar, zodat meer droge stof wordt afgevoerd en het ontstaan van holle zodes en dus kiemingsmogelijkheden voor zuringen worden vermeden. Wanneer er voor het weidevogelbeheer een uitgesteld maaibeheer wordt gehanteerd, moeten de snedes elkaar waarschijnlijk na 15 juni dan sneller opvolgen. Dit wordt in het beheer-experiment verder onderzocht.

In de verschrallingsperiode moet er niet worden bemest. Voor het weidevogelbeheer is het aanbrengen van ruwe stalmest wellicht gewenst. Hiermee kan pas weer worden begonnen als er sprake is van een goed ontwikkelde gras-kruidenmix. Bemesting leidt tot het oplopen van met name de mobiele fosfaatfractie en hiermee bestaat het risico van terugval in een soortenarme vegetatie en/of een zuringprobleem. Een mogelijke richtlijn kan zijn om niet te starten met bemesting, zo lang de vegetatie nog zo productief is dat er zich voor 15 juni een holle zode ontwikkelt. In ieder geval moet er niet meer fosfaat met mest worden aangevoerd, dan er met de vegetatie wordt afgevoerd.

De hydrologie is in deze studie niet onderzocht, maar speelt waarschijnlijk ook een rol. Voor de weidevogels zijn natte omstandigheden gewenst tot ver in het voorjaar. Waarschijnlijk is de afwisseling van natte omstandigheden in het voorjaar en drogere omstandigheden in de zomer gunstig voor de afvoer van stikstof en de vastlegging van fosfaat. Maar langdurig natte omstandigheden kunnen ook gunstig zijn voor het ophopen van ammonium en fosfaat. Het voorjaar met opgezette peilen biedt de zuringen een zeer gunstige groeiperiode zowel door het uitstellen van maaien als door de verhoogde beschikbaarheid van voedingsstoffen dieper in de bodem. Wellicht kan in een periode waarin zuringen bestreden worden de waterstand in het voorjaar wat worden verlaagd. De interactie met de beschikbaarheid van voedingsstoffen zal per locatie verschillen, en vraagt dus maatwerk van de beheerder of agrariër.

Summary

Vigorous growth of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* occurs on nutrient rich soils, present in heavily fertilized and intensively used meadows, also as these meadows were recently converted to nature area. The *Rumex* species also profit from poor soil oxidation on wet soils and heavy clay soils. In particular deeper soil layers remain anoxic, leading to phosphorus mobilisation and this phosphorus is obtained by the deep root system of *Rumex* species. Another factor providing a competitive advantage is the late date of the first mowing of the grasslands. This provides a relatively long period of undisturbed growth. After removal of the high and dense vegetation, a sparsely vegetated soil is present, on which seedling establishment can occur. In the Eemland polder, no differences were found between the soil composition on *Rumex*-infested grasslands and *Rumex*-poor grasslands. Most of the grassland area has suitable soil conditions for abundant growth of *Rumex* species. For the reduction of the *Rumex* infestation, two possible ways are present. The first is an adaptation of the mowing regime. In the coming years, this will be tested and monitored in the field. The other possible solution is the reduction of the soil nutrient availability and the productivity of the vegetation. The aim is the establishment of a more diverse vegetation with herbs such as *Cardamine pratensis*, *Trifolium pratensis*, *Ranunculus acris*, *Prunella vulgaris* and *Plantago lanceolata*. This takes a serious reduction of the phosphorus availability by removing biomass. Based on the present amount of total phosphorus, it is estimated that 5 to 10 years of mowing the grasslands 2-4 times a year is needed. In fact, a kind of "lawn-management" must be installed, ensuring the permanent presence of a low and dense grass carpet that inhibits the establishment of *Rumex* seedlings. If a late first mowing date is still needed (for meadow birds), the frequency of mowing must possibly be enhanced in the rest of the summer season. The effects of changes in mowing regime will be experimentally investigated.

During periods of enhanced removal of phosphorus via biomass, no fertilizer should be applied. However, it may be required to apply farmyard manure. It is best to postpone manure application until the desired herb-rich grass vegetation has established. But due to the still high amount of total phosphorus in the soil, the risk of dominance of tall grasses (and *Rumex* species) is high when fertilization restarts. A possible solution for the field situation is that no fertilization occurs when a high productivity leads to the development of a "hollow" grass layer before mowing.

Although the hydrology was not studied, the water level probably has a profound influence on nutrient availability. The combination of high water levels in spring and lower water levels in summer stimulate nitrogen losses to the air and immobilisation of phosphorus by iron. But prolonged periods of high water levels can also lead to accumulation of ammonium and mobilisation of phosphorus. The current circumstances in spring are favourable for *Rumex* species, as high water levels enhance the nutrient availability and no mowing occurs. Possibly, the spring water levels can be lowered somewhat during the periods of experimental measures. The interaction between grassland management and nutrient availability strongly depend on local soil conditions.

Dankwoord

Het onderzoek waarover hier wordt gerapporteerd is mede voorbereid en opgezet door de Vereniging Natuurmonumenten, de beherende instantie van de Eemland polder. Met name Haije Valkema en Tim van den Broek hebben een goede basis gelegd en hebben met raad en daad ondersteund in de uitvoering. Het onderzoek is vervolgens mogelijk gemaakt door financiële bijdragen van de provincie Utrecht, en vanuit OBN. Een deel van de bodemanalyses is uitgevoerd door Eurofins.

1. Inleiding

1.1 Problemen met krulzuring en ridderzuring in weidevogelgrasland

Met name in het veenweidegebied kwam tot in het midden van de twintigste eeuw een grote diversiteit en dichtheid aan weidevogels voor. Helaas is de weidevogelstand door allerlei oorzaken sterk onder druk komen te staan. Om een deel van de weidevogels te behouden, is een aantal kernen aangewezen als natuurgebied, wat het mogelijk maakte om het agrarisch gebruik weer wat te extensiveren. In de Eemland polder (bij Eemnes) is dat tot nu toe succesvol verlopen. Echter, een probleem dat lijkt samen te hangen met de extensivering van het voormalig intensief agrarisch gebruik is het verdringen van de grasmat door krulzuring (*Rumex crispus*) en ridderzuring (*R. obtusifolius*). De Vereniging Natuurmonumenten heeft een onderzoeksvoorstel opgesteld voor onderzoek dat duidelijk moet maken door welke factoren zo'n dominantie ontstaat en met welke maatregelen deze ook weer kan worden teruggedrongen (Valkema e.a., 2019). Natuurmonumenten heeft onderzoekcentrum B-WARE gevraagd om een vergelijkend standplaatsonderzoek uit te voeren, en de monitoring van de voorgenomen experimentele maatregelen. Het onderzoek wordt mede gefinancierd door het netwerk OBN (Ontwikkeling & Beheer Natuurkwaliteit), en wordt mede begeleid door het deskundigenteam Cultuurlandschap. Het experiment wordt mede mogelijk gemaakt door de Provincie Utrecht.



Foto 1. Langs de Corsrijkse weg in het weidevogelgebied is reeds een soortenrijk bloemrijk grasland aanwezig (foto: Tim van den Broek).

1.2 Oorzaken zuringdominantie en mogelijkheden tot bestrijding

De percelen van Natuurmonumenten waren tot het jaar 2001 in regulier landbouwkundig gebruik. Op deze percelen zijn de afgelopen 10 jaar door de optimalisatie van het weidevogelbeheer en daarmee noodzakelijke vernatting problemen ontstaan in de ontwikkeling van het grasland. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van met name krulzuring, daarnaast in sommige gevallen ook ridderzuring. Deze zuringen zijn ongeschikt als voedergewas, waardoor onvrede ontstaat bij de pachters (agrariërs) uit het gebied. De pachters zijn een essentiële factor voor het succesvol behouden van een goede weidevogelstand.

Het is noodzakelijk om tot een snelle en praktische aanpak te komen waarbij de weidevogelstand niet benadeeld wordt en de krulzuring toch afneemt. Kennis en ervaring ontbreekt op dit vlak, ook in andere Nederlandse weidevogelgebieden wordt dit probleem ervaren. Het uiteindelijke doel van dit project is het leveren van een bijdrage aan geschikte weidevogelgraslanden met minder krulzuring die aantrekkelijker zijn voor de pachter, maar daarnaast ook bloemrijker en minder productief wat aantrekkelijk is voor weidevogels en insecten.



Foto 2. Krulzuring steekt boven de overige kruiden en grassen uit (foto: Tim van den Broek).

Het project is opgeknipt in drie verschillende onderdelen, het eerste onderdeel is met name gericht om beter inzicht te krijgen in de samenhang van het zuringprobleem met de bodemsamenstelling. Er worden bodemonmonsters genomen van verschillende percelen waar ridder- en krulzuring wel en niet een probleem is. Aan de hand van de resultaten zal een uitgebreide vergelijking tussen de percelen worden gedaan. Ook wordt met behulp van landelijke data een vergelijking gemaakt met de bodemsamenstelling van percelen waar dominantie van gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) of pitrus (*Juncus effusus*) een probleem is. Daarnaast zijn er ook percelen in het gebied die drie jaar geleden zijn bemonsterd. Deze worden opnieuw bemonsterd, zodat een vergelijking kan worden gemaakt. Over dit onderdeel wordt in dit schrijven verslag gedaan.

Het tweede onderdeel van het project omvat een experiment. Hierbij zullen meerdere beheervormen en maatregelen vergeleken worden met de ontwikkeling van ridder- en krulzuring. Het beoogde doel is om inzicht te krijgen welke maatregelen wel en niet helpen in het verminderen van krulzuring. Het derde gedeelte omvat ook een experiment dat gericht is op het verbeteren van het bodemleven met behulp van Bokashi; een extract gemaakt van bodems en maaisel van goed ontwikkelde percelen. Er zal worden gekeken naar de effecten op de ontwikkeling van ridder- en krulzuring in relatie tot de toegepaste maatregelen.

Het project is gestart in januari 2020. Er zijn opnieuw bodemmonsters genomen die als startpunt van de proef worden gebruikt. Beide experimenten hebben een looptijd van drie jaar, die starten in 2020. In de jaren 2020, 2021, 2022 zullen de experimenten uitgevoerd worden. In 2023 zal het effect van de experimenten gemeten en gerapporteerd worden.

1.3 Standplaatsonderzoek

Deze rapportage beschrijft de resultaten van het eerste onderdeel van het project, het onderzoek naar de bodemsamenstelling op plaatsen waar krul- en/of ridderzuring een probleem vormt. Aanvullend zal er ook worden aangegeven in hoeverre er al verschraling optreedt in de onderzochte percelen, en wat er voor nodig is om te komen tot minder productieve, bloemrijke vegetatie. In de twee daarop volgende onderdelen ligt de nadruk op de invloed van het beheer op het optreden van zuringproblemen.

Vanuit twee sporen wordt de verschraling onderzocht. Enerzijds vanuit de referentieset van bodemmonsters van B-ware. Anderzijds door een vergelijking van percelen in Eemland waar géén probleem is met ridder- en krulzuring met percelen waar dit wél het geval is. In deze opzet worden beide strategieën gebruikt om een antwoord te krijgen.

In het onderzoeksvoorstel van Natuurmonumenten zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd (Valkema e.a., 2019):

1. Wat zijn de P-concentraties in de toplaag 0-10 cm en 10-20 cm en wat is de verschralingsduur voor de ontwikkeling van P-gelimiteerde soortenrijk grasland vergelijkbaar met gras-kruidenmix op kleigrond met hoge vochttoestand (scherpe boterbloem, veldzuring, echte koekoeksbloem, reukgras, rood zwenkgras)?
2. Hoe sterk is het fosfaat gebonden en wordt dit door het opzetten van het peil (tot circa 0-10 cm onder maaiveld) in het voorjaar losgemaakt?
3. Wat zijn de huidige gehalten van de elementen Fosfor, Stikstof, Kalium, Calcium, Magnesium, Sulfaat en Natrium in de bodem en in hoeverre is hier sprake van een goede balans? Is hier een verband tussen percelen met en zonder ridder- en krulzuring dominantie?
4. Wat is de bezetting van het kation-uitwisselingscomplex in de bodem, hoe wordt deze opgebouwd en is er een verband tussen percelen met en zonder ridder- en krulzuring dominantie?
5. Wat is de pH van de bodem en is er een verband tussen percelen met en zonder ridder- en krulzuring dominantie?
6. Is er een verklaring op basis van de beheergeschiedenis tussen percelen met en zonder ridder- en krulzuring dominantie?
7. Wat zijn de verschillen in de chemische bodemsamenstelling ten opzichte van de bemonstering in 2017 en is er een verband tussen percelen met en zonder ridder- en krulzuring dominantie?
8. Zijn de chemische bodemomstandigheden vergelijkbaar met de omstandigheden waarbij pitrusdominantie optreedt?

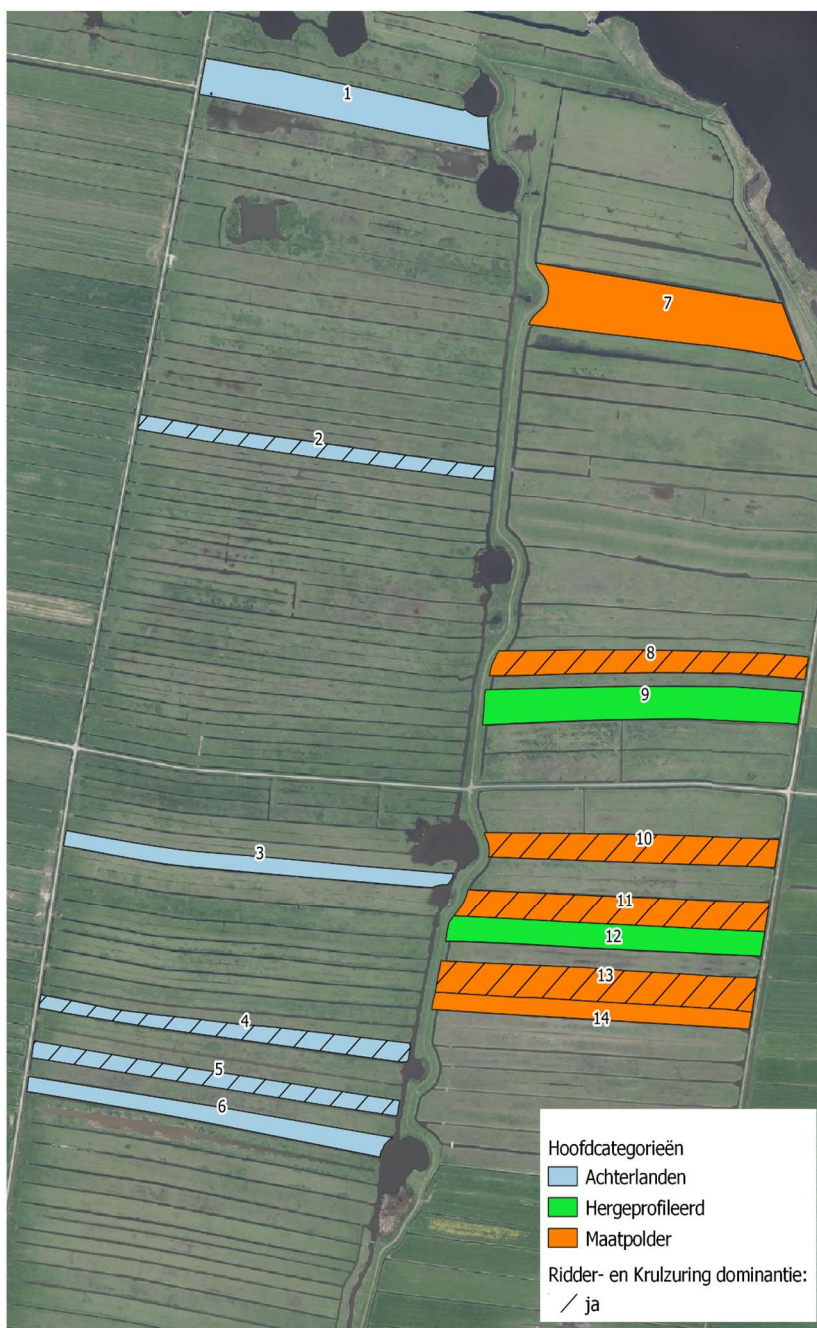
2. Veldwerkzaamheden & analysemethoden

2.1 Veldwerkzaamheden

Samen met de eerste twee auteurs van het onderzoeksvoorstel (Valkema e.a., 2019) zijn op 22 januari 2020 alle percelen bezocht en de bodemmonsters genomen. Deze percelen zijn weergegeven in figuur 2.1. Ten zuiden van perceel 14 is nog een perceel 15 bemonsterd, dat ook bestond uit een afgevlakt en opgehoogd deel. Verder is zowel in de Maatpolder als in de Achterlanden ook een bodemmonster genomen in een al vrij bloemrijke wegberm. Drie percelen zijn dus gesplitst in een afgeschraapt en een opgehoogd deel, zodat er in totaal op 16 plaatsen bodemmonsters zijn verzameld in de percelen.

Op elke plek wordt een monster genomen van de toplaag (0-10 cm), en een monster van de laag daaronder (10-20 cm). Aan de toplaag is de totale samenstelling gemeten, middels een extractie met sterk zuur. Ook is de hoeveelheid plant-beschikbaar fosfaat (middels een extractie met natriumbicarbonaat) gemeten, en de hoeveelheid makkelijk oplosbare voedingsstoffen (middels een extractie met keukenzout). Ook kan met zo'n zoutextract de grootte van het klei-humuscomplex (CEC, oftewel kation-uitwisselings complex) worden bepaald, en welke kationen daar in welke hoeveelheden aan gebonden zijn. Aan de diepere bodemlaag is alleen de totale samenstelling gemeten. Er zijn mengmonsters van 5 steken gemaakt per perceel.

De resultaten worden vergeleken met gegevens uit eerdere onderzoeken van B-WARE. Het gaat dan om standplaatsen met abundant voorkomen van de twee zuringsoorten, maar ook om metingen in graslanden van het type waarin het zuringprobleem zich kan voordoen. Hiervoor zijn dezelfde meetmethoden gebruikt als hierboven beschreven.



Figuur 2.1. Luchtfoto van de Noordpolder bij Eemnes, met in de noordoostpunt het Eemmeer, één van de randmeren van de Flevopolder. Arcering = ridder- krulzuring dominantie, overige percelen geen ridder- krulzuring dominantie. Percelen 8 t/m 14 zijn reeds bemonsterd in 2017, de percelen 9 en 12 zijn geheerprofileerd en bemonsterd op een afgeschoven en een opgehoogd deel. Kaart uit Valkema e.a., 2019.

Figure 2.1. Aerial picture of the Noordpolder near Eemnes. At the northern tip, the Eemmeer lake is visible. Shaded parts: Rumex-dominance. In 2017, soil samples were also gathered in the meadows 8 to 14. In the meadows 9 and 12 the hollow profile was adjusted: soil from the edges was transported to the centre. Map from Valkema e.a., 2019.

2.2 Analysemethoden

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo af te wegen in aluminiumbakjes. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. De fractie organisch stof in de bodem werd via het gloeiverlies bepaald. Hiertoe werd gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem. Alleen in kalkrijke bodems en bodems met een hoog lutumgehalte kunnen afwijkingen ontstaan.

Destructie; bepaling totale gehalten elementen

Door de bodem te destructuren (ontsluiten) is het mogelijk het totale gehalte van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega) werden geplaatst. De monsters werden vervolgens gedgestrueerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie; bepaling plant beschikbaar fosfaat

Aan de hand van een Olsen-extractie kan de concentratie plantbeschikbaar fosfaat worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO₃) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Zoutextractie; bepaling uitwisselbare ionen

Met een water- en zoutextractie kunnen de vrij in de bodem aanwezige ionen of de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextract (0,2 mol l⁻¹ NaCl) of 50 ml demiwater gedurende 2 uur geschud op een schudmachine bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode. De extracten werden gefilterd met behulp van rhizons. Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1%) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analysers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn), alsmede de zware metalen, werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific). De concentraties nitraat (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺) en fosfaat (PO₄³⁻) werden colorimetrisch bepaald met een Seal auto-analyser III met behulp van resp. salicylaatreagens, hydrazinesulfaat en ammoniummolybdaat/ascorbinezuur. Chloride (Cl⁻) werd colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyser III systeem met behulp van mercuritiocyanide. Natrium (Na⁺) en kalium (K⁺) werden vlam-fotometrisch bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer.

3. Resultaten

3.1 Ecologie krul- en ridderzuring

Krulzuring (*Rumex crispus*) en ridderzuring (*R. obtusifolius*) zijn beide overblijvende planten met een goed ontwikkelde penwortel. De driehoekige nootjes zijn vrij zwaar en mede met behulp van de voedselvoorraden uit het zaad kan al in een jong stadium begonnen worden met de ontwikkeling van de penwortel. In dit jonge stadium zijn de twee zuringen gevoelig voor concurrentie van andere gewassen (Pye, 2008). De soorten hebben open bodem nodig om zich te kunnen vestigen. Eenmaal volwassen zijn de planten veel minder gevoelig voor concurrentie. Krulzuring kan dan wortelstelsels maken met een diameter van 1,5 meter breed, dat ook zo diep in de bodem reikt (Cavers & Harper, 1964).

Krulzuring en ridderzuring profiteren volgens een Ierse studie van hogere kaliumgehalten in de bodem (Humphreys e.a., 2002). Echter, in een Nederlands experiment werden deze resultaten niet gevonden (van Eekeren e.a., 2005). Ook Kristalova e.a. (2011) vonden geen effect van kalium. Wel constateren zij dat een hoge fosfaatbeschikbaarheid nodig is voor de groei, en een hoge stikstofbeschikbaarheid vanaf het rozetstadium.

Wortelextracten van krulzuring hebben een sterke antimicrobiële en antimycologische werking (Idris e.a., 2002). Vanwege het hoge gehalte aan oxaalzuur worden de planten weinig gegeten door grazers. Wel worden planten soms geheel kaal gegeten door het groen zuringhaantje (*Gastrophysa viridula*). Er zijn ook al meldingen van massaal optreden van het tweekleurig zuringhaantje (*Gastrophysa polygoni*), een exoot uit Amerika (Hellingman & van Vliet, 2013). Theoretisch ligt hier een mogelijkheid om het zuringprobleem via deze weg aan te pakken, maar deze is nog niet verkend. Ook is het niet ondenkbaar dat andere, wel gewenste zuringen (veldzuring, waterzuring) hiervan de dupe worden.



Foto 3. Krulzuring dominantie in het vroege voorjaar, slechte zode bedekking (foto: Haije Valkema).



Foto 4. *Ridderzuring dominantie (foto: Haije Valkema).*



Foto 5. *Krul- en ridderzuring bedekking begin mei (foto: Haije Valkema).*

3.2 Samenstelling bodem landelijke standplaatsen

In de database van B-WARE (GRIP: Gemeten Referentiewaarden In Plantengemeenschappen) bevinden zich 245 opnamen waarin krulzuring of ridderzuring voorkomt. In het overgrote deel van de gevallen gaat het om slechts één of enkele exemplaren. Om wat meer inzicht te krijgen in de samenstelling van bodems met veel zuring, zijn alleen die opnamen geselecteerd waarin krul- en/of ridderzuring veel in voorkomt. Dat wil zeggen, met grofweg meer dan 20 exemplaren per 25 vierkante meter. Een exacte grens is niet aangegeven, aangezien verschillende opname-methoden zijn gebruikt en de proefvlakken varieerde in grootte. Ook zijn alleen locaties geselecteerd waarvan op zijn minst de totaal-gehalten van de macro-ionen (middels een destructie met sterk zuur) zijn gemeten. De geselecteerde opnamen vallen uiteen in twee grotere groepen: graslanden en akkers (tabel 3.1). Verder is een opname uit een broekbos weggelaten.

De opnamen bevatten vooral locaties met veel ridderzuring. Vooral in graslanden komen krul- en ridderzuring vaak samen voor. Meest abundante begeleiders in graslanden zijn engels raaigras, ruw beemdgras, gestreepte witbol, kweek, fioringras, kruipende boterbloem, witte klaver en paardenbloemen. Dit zijn allen soorten van voedselrijke graslanden. In vegetatiekundige zin behoren de meest eutrafente plantengemeenschappen waarin de zuringen aangetroffen zijn tot de weegbreekklasse (Plantaginetea), zoals de Rompgemeenschap Engels raaigras en Ruw beemdgras en de Rompgemeenschap Fioringras. Verschrallingsstadia worden meestal tot de klasse van de matig voedselrijke graslanden (Molinio-Arrhenateretea) gerekend, zoals de rompgemeenschap gestreepte witbol en engels raaigras, de rompgemeenschap rood zwenkgras en moerasrolklaver en de rompgemeenschap gestreepte witbol en echte koekoeksbloem. Dergelijke verschrallingsstadia worden ook wel samengevat onder de noemer gras-kruidenmix (Bax & Schippers, 1998). Daarnaast zit in de database een aantal opnamen van akkers (met een natuurdoelstelling) op zandgronden, voornamelijk rogge-akkers. Ook hier is frequent voorkomen van met name ridderzuring vrijwel beperkt tot de voedselrijke, in vegetatiekundige zin weinig ontwikkelde akkerkruidengemeenschappen. Op grond van soorten als akkerviooltje, grote windhalm en kleine leeuwenklauw zijn de vegetaties onder te brengen in het windhalm-verbond (Aperion).

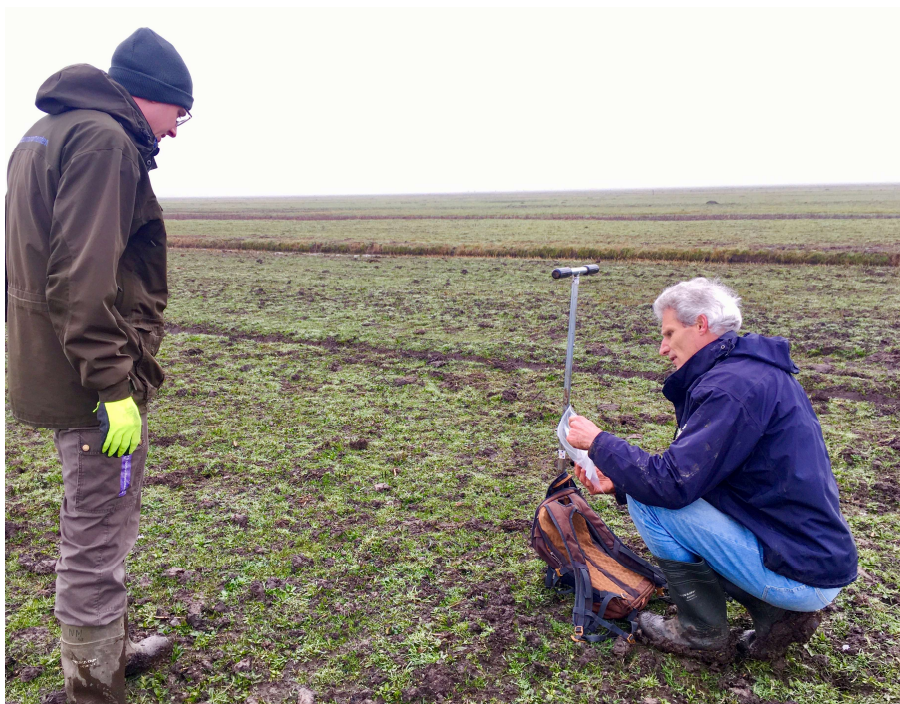


Foto 6. *Monstername ten behoeve van bodemonderzoek (foto: Tim van den Broek).*

Tabel 3.1. Samenstelling van de vegetatie op de locaties waar bodemgegevens van zijn verzameld uit eerdere projecten (GRIP-database B-WARE). Abundanties in verschillende schalen: Braun-Blanquet (r, +, 1, 2m, 2a, 2b, 3, 4, 5), Londo (r, p, a, m, 1 t/m 9) of Tansley (s, r, o, f, a, c, d).

Tabel 3.1. Composition of the vegetation on the locations where the soil was sampled; data from earlier projects (GRIP-database, B-WARE). Species abundance in different scales: Braun=Blanquet (r, +, 1, 2m, 2a, 2b, 3, 4, 5), Londo (r, p, a, m, 1 t/m 9) of Tansley (s, r, o, f, a, c, d).

| Bedekking totaal (%) | 99 | 85 | 75 | 90 | 95 | 60 | 90 | | 95 | 20 | 50 | 90 | 95 | 95 | 99 | 70 | 80 | | |
|----------------------------|------------|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|------------------|----|-----------------------|
| Wetenschappelijke naam | Graslanden | | | | | | | | Akkers op zandgrond | | | | | | | | Nederlandse naam | | |
| Rumex crispus | r | r | r | . | . | . | r | o | o | r | . | . | . | . | . | o | r | . | Krulzuring |
| Rumex obtusifolius | 1 | 1 | + | 1 | 2a | 2b | + | f | f | 1 | 1 | 2a | 2a | a1 | f | r | + | 1 | Ridderzuring |
| Achillea millefolium | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | Gewoon duizendblad |
| Cerastium fontanum | r | 1 | . | . | . | . | . | . | r | . | . | . | . | . | . | o | . | . | Gewone hoornbloem |
| Cirsium arvense | 1 | . | . | . | . | . | + | r | . | lf | . | . | r | . | . | . | . | . | Akkerdistel |
| Dactylis glomerata | 2 | . | 2a | . | . | . | . | 1 | . | r | . | . | . | . | . | . | . | . | Kropaar |
| Holcus lanatus | 2 | 3 | + | + | 2a | . | . | . | cd | lf | . | . | 2b | . | . | o | + | . | Gestrepte witbol |
| Lolium perenne | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2a | 2b | a | . | 4 | . | . | . | . | . | . | + | Engels raaigras |
| Poa trivialis | 1 | 1 | 3 | 2a | . | 2b | 2b | f | o | . | . | . | . | . | o | . | r | . | Ruw beemdgras |
| Ranunculus repens | 2 | 1 | r | + | . | 1 | . | . | d | o | . | . | r | . | r | r | . | . | Kruipende boterbloem |
| Trifolium repens | 1 | 1 | r | 1 | + | 2a | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | Witte klaver |
| Urtica dioica | r | r | . | . | . | . | + | . | f | . | . | . | r | . | o | r | . | . | Grote brandnetel |
| Alopecurus pratensis | . | . | + | + | . | . | 1 | o | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Grote vossenstaart |
| Elytrigia repens | 2 | r | 2a | . | . | . | 2b | . | a | . | . | + | . | . | r | . | 3 | . | Kweek |
| Ranunculus acris | r | r | . | . | . | . | r | . | f | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Scherpe boterbloem |
| Agrostis stolonifera | r | . | 1 | 2a | . | . | . | . | cd | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Fioringras |
| Poa annua | 1 | r | . | . | 1 | 1 | . | . | . | . | . | + | . | . | o | . | . | . | Straatgras |
| Stellaria media | r | 2 | + | . | 1 | + | . | . | . | . | . | 2a | 1 | . | o | . | . | + | Vogelmuur |
| Taraxacum sectie Ruderalia | 1 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Gewone paardebloemen |
| Juncus effusus | . | . | . | . | . | . | . | . | d | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Pitrus |
| Bromus hordeaceus | r | 2 | . | + | . | . | 2b | o | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Zachte dravik s.l. |
| Cardamine pratensis | . | r | . | + | . | . | + | o | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Pinksterbloem |
| Polygonum aviculare | r | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | p1 | . | o | . | + | Gewoon varkensgras |
| Rumex acetosa | r | 1 | . | . | . | . | . | a | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Veldzuring |
| Festuca pratensis | r | r | . | . | 2a | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | Beemdlangbloem |
| Capsella bursa-pastoris | r | r | r | . | . | . | . | . | r | . | . | + | + | . | f | r | + | . | Gewoon herderstasje |
| Taraxacum species | . | . | + | 2a | + | + | 1 | o | . | 2a | . | r | . | . | . | . | . | . | Paardenbloem (G) |
| Rumex acetosella | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | o | . | 1 | . | Schapenzuring |
| Vicia sativa | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | . | . | a2 | . | a | + | . | . | Smalle en Voederwikke |
| Vicia hirsuta | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 3 | o | f | + | . | . | Ringelwikke |
| Viola arvensis | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | a2 | o | f | + | + | . | Akkerviooltje |
| Persicaria maculosa | r | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | o | . | . | 1 | . | Perzikkruid |
| Chenopodium album | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | r | + | . | f | . | . | 2b | . | Melganzenvoet |
| Arabidopsis thaliana | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 | . | . | . | f | 2a | . | . | Zandraket |
| Matricaria recutita | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r | + | . | m4 | r | a | 2b | . | . | Echte kamille |
| Secale cereale | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2a | 3 | . | 7 | a | c | 2b | . | . | Rogge |
| Erodium cicutarium | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2a | r | . | . | . | . | . | . | . | Gewone reigersbek |
| Apera spica-venti | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1+ | . | a | + | . | . | Grote windhalm |
| Conyza canadensis | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 2a | . | cd | r | . | + | . | Canadese fijnstraal |
| Aphanes inexpectata | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | p1 | . | f | 1 | . | . | Kleine leeuwenklauw |
| Hordeum vulgare | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | 2a | Gerst |
| Tripleurospermum maritimum | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | r1 | o | d | . | 2a | . | Reukeloze kamille |
| Raphanus sativus | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | d | . | . | . | Radis |

In totaal zijn er dus 18 opnamen + meetgegevens aanwezig in de GRIP database, waar krul- en/of ridderzuring veel voorkomt in graslanden en akkers. De meetgegevens van deze standplaatsen zijn vervolgens vergeleken met gegevens van voormalige graslanden die in een verschralend graslandbeheer zijn genomen (figuur 3.1). In het hierna volgende wordt een vergelijking gemaakt voor een aantal parameters.

Zand- en kleigehalte, organisch materiaal

Het aluminiumgehalte is een goede maat voor het gehalte aan klei- en leemdeeltjes in de bodem; uit kleideeltjes kan met sterk zuur veel aluminium worden opgelost. Dit gehalte varieert sterk op de plaatsen met veel zuring, de bodem kan zowel uit vrij zuiver zand als uit zware klei bestaan. De meest gemiddelde opnamen bevatten tussen 150 en 900 millimol aluminium per liter, wat overeen komt met licht kleiige bodems tot zware kleibodems. Een kwart van de bodems bevat minder dan 150 millimol aluminium en is min of meer zandig, en een kwart bevat meer dan 900 millimol en bestaat dus uit zware klei. Voor graslanden met dominantie van fioringras en voor raaigrasweiden wordt ongeveer dezelfde range gevonden. De witbolgemeenschappen zitten gemiddeld op zandiger bodems. Maar op zijn minst ridderzuring kan ook zeer zandig groeien, wat blijkt uit de lage aluminiumwaarden voor de akkerstandplaatsen. Verder kijken de akkerstandplaatsen af door het lagere percentage organisch materiaal (tabel 3.2).

De standplaatsen met pitrusdominantie in voormalig agrarisch grasland laten consequent een laag aluminiumgehalte zien en zijn dus zandig.

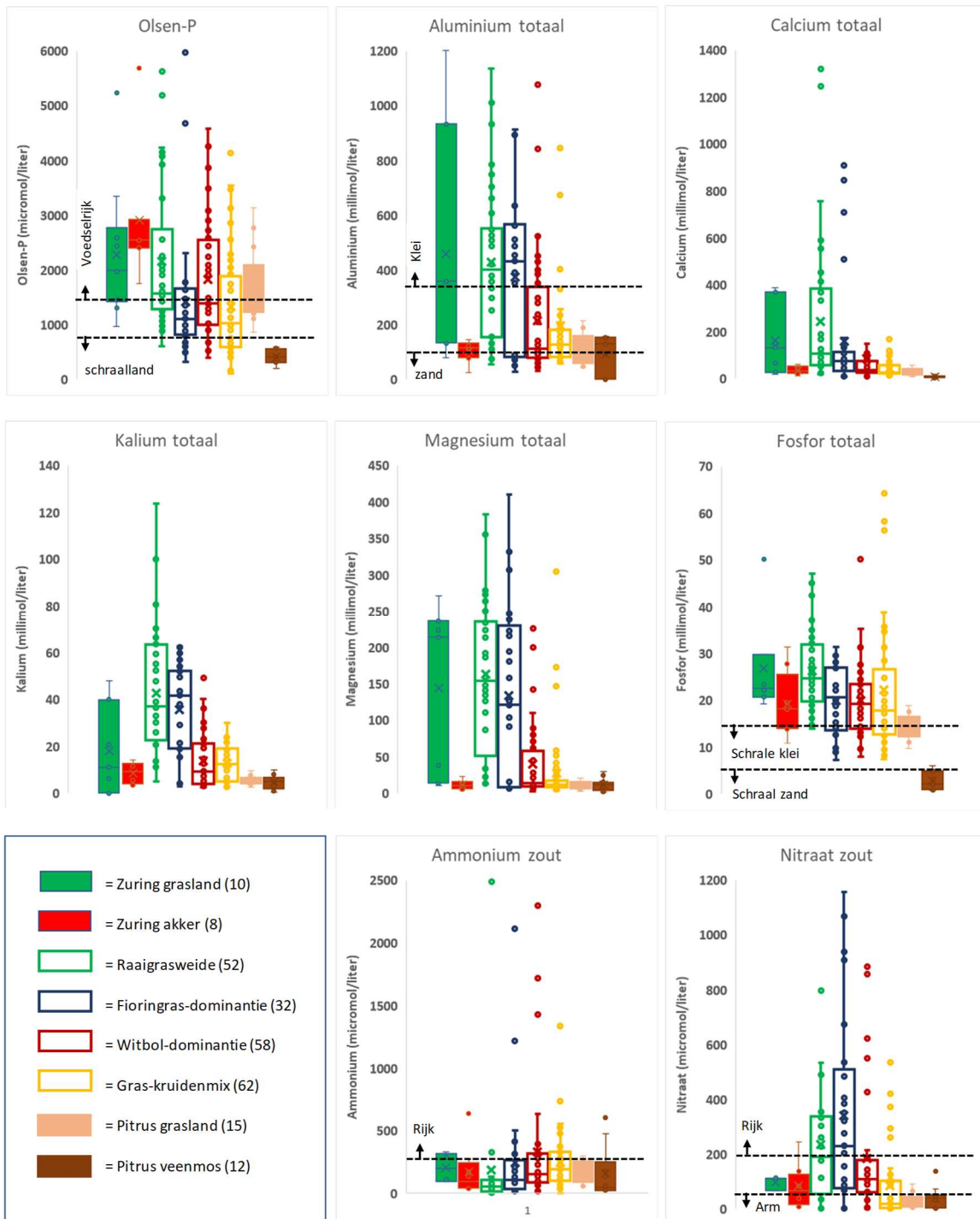
Op zure standplaatsen bevatten bodems met pitrusdominanties, vaak veel organisch materiaal en zijn dus venig. Dit kan ook het geval zijn in voormalige agrarische graslanden.

Calcium, kalium en magnesium

Voor de totale gehalten aan calcium, kalium en magnesium zijn grofweg dezelfde patronen waarneembaar. De gehalten lopen vaak hoog op voor de zuringstandplaatsen in grasland, maar ook in raaigrasweiden en dominanties van fioringras. De gemiddeld zandiger bodems met witbolgemeenschappen hebben lagere gehalten. De laagste gehalten worden dan weer gemeten op zandakkers met veel ridderzuring. Kalium en magnesium zijn vaak net als aluminium onderdeel van de kleimineralen en dat lijkt ook hier het geval. Wel is het aandeel kalium in raaigrasweiden en fioringrasdominanties relatief hoog, mogelijk door de nog vrij recente (kalium-)bemesting. Hoge calciumgehalten duiden eerder op de aanwezigheid van kalk. De calciumgehalten kunnen op zuring standplaatsen oplopen tot 400 millimol per liter, wat overeenkomt met maximaal 4% kalk (calciumcarbonaat). Voor de makkelijk uitwisselbare fractie die aan de buitenkant van de kleimineralen gebonden is, zijn dezelfde patronen zichtbaar (tabel 3.3). De zuurgraad (pH NaCl) op de zuringstandplaatsen zit dicht bij die van de witbolgemeenschappen, maar de overlap tussen alle categorieën is groot. De standplaatsen met pitrusdominantie hebben vrijwel altijd een lager totaal gehalte aan basische kationen (figuur 3.1) en zijn ook duidelijk zuurder (tabel 3.2). Nog duidelijker is het verschil als naar de uitwisselbare fractie van de basische kationen wordt gekeken (tabel 3.3). De zuringen hebben dus een voorkeur voor kleiige bodem, waar makkelijk oplosbaar kalium al grotendeels verdwenen kan zijn. Zuurgraad en kalkgehalte variëren sterk, maar de bodems zijn nooit zuur en de basenverzadiging is altijd goed.

Fosfor en stikstof

De fosforhuishouding is gemeten als plant beschikbaar fosfaat (Olsen-P), als totaal gehalte fosfor, en als uitwisselbare fosfaat. Die laatste is hoog, maar voornamelijk op de akkerstandplaatsen gemeten. De hoeveelheid plant beschikbaar fosfor op de graslandstandplaatsen komt overeen met die in raaigrasweiden en in witboldominanties. Verschrallingsstadia hebben gemiddeld lagere Olsen-P waarden, maar de overlap met zuringgraslanden is aanzienlijk. Voor het totale fosforgehalte is het zelfde patroon zichtbaar, maar hier is de overlap tussen de diverse categorieën nog groter. Ook hier lijken de zuringakkers meer op de witbolgemeenschappen. Dit vooral omdat ze beide op zandige bodems voorkomen, die van nature een lager totaal fosfor gehalte hebben. De pitrusstandplaatsen laten een nog duidelijker tweedeling zien. De graslanden hebben een lager totaal fosforgehalte dan de zuringstandplaatsen, maar voor zandbodems nog altijd een sterk vergrote fosforvoorraad. De pitrusdominanties op zure locaties zonder landbouwverleden (pitrus veenmos) hebben een veel lagere fosforvoorraad dan alle andere categorieën. Dit verschil is echter al minder duidelijk voor plant beschikbaar fosfaat (Olsen-P, figuur 3.1) en voor de hoeveelheid uitwisselbaar fosfaat is geen verschil (tabel 3.3). Voor de zuring standplaatsen in graslanden zijn helaas slecht weinig gegevens bekend over de hoeveelheid makkelijk oplosbare stoffen, gemeten in zout- en waterextracten. Alleen voor stikstof zijn 4 metingen voor ammonium en 3 voor nitraat beschikbaar. Voor ammonium is er zeer veel overlap met de andere graslandgemeenschappen. Voor nitraat is er een tweedeling tussen nog regelmatig bemeste gemeenschappen (raaigrasweide, fioringrasdominantie) en de meest niet meer bemeste witbolgemeenschappen. De laatste hebben gemiddeld duidelijk lagere nitraatgehalten, en dit geldt ook voor de zuring standplaatsen in zowel graslanden als akkers. Zuringdominanties treden dus op op bodems met een grote fosforvoorraad, een grote hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat en veel uitwisselbaar fosfaat. De hoeveelheid uitwisselbaar stikstof daarentegen, kan wel vrij laag zijn. Dit stikstof is vooral aanwezig in de vorm van ammonium, wat op de niet zure bodems duidt op een slechte doorluchting.



Figuur 3.1. Samenstelling van bodems met frequent voorkomen van krulzuring en/of ridderzuring in graslanden, zoals weergegeven in tabel 3.1. Ter vergelijking zijn waarden weergegeven van enkele graslandtypen waarin deze zuringen veel voor kunnen komen. Ook zijn gegevens toegevoegd van graslanden met een pitrusdominantie (15-100% bedekking pitrus), en van pitrusdominanties in zure situaties (hoogvenen, venranden, verzuurde schraallanden). In de legenda is per categorie het aantal waarnemingen weergegeven, voor enkele parameters zijn echter minder waarnemingen (zie tekst).

Figure 3.1. Soil composition on locations with abundant *Rumex crispus* and/or *R. obtusifolius*, according to Table 3.1. Reference values of other grassland types that can contain abundant *Rumex* are given, as well as reference values for sites with dominance of *Juncus effusus* in grasslands and wet, acid ecosystems. In the legenda, between brackets, the number of observations is given.

Tabel 3.2. Samenstelling van bodems met frequent voorkomen van krulzuring en/of ridderzuring. Ter vergelijking zijn waarden weergegeven van enkele graslandtypen die lijken op graslanden waarin deze zuringen veel voor kunnen komen. Olsen-P is uitgedrukt in micromol per liter verse bodem.

Tabel 3.2. Soil composition on sites with abundant *Rumex crispus* and/or *R. obtusifolius*. Reference values for a number of grassland types in which abundant *Rumex* can occur, are given. Olsen-P in micromol/litre of fresh soil.

| | | Org.stof (%) | pH- zout | Olsen P | Destructie (millimol/liter verse bodem) | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-----------------|-------------|------------|---|-----|-----|----|-----|-----|----|----|
| | | | | | Al | Ca | Fe | K | Mg | Mn | P | S |
| Zuring gras | 25% percentiel | 5,2 | 4,73 | 1420 | 132 | 26 | 91 | 0 | 13 | 0 | 21 | 9 |
| | 75% percentiel | 13,2 | 5,28 | 2773 | 933 | 369 | 655 | 40 | 236 | 9 | 30 | 19 |
| | Gemiddelde | 9,2 | 4,97 | 2282 | 458 | 163 | 355 | 18 | 144 | 4 | 27 | 15 |
| | Aantal waarnemingen | 10 | 6 | 10 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Zuring akker | 25% percentiel | 3,6 | 4,44 | 2399 | 78 | 22 | 16 | 4 | 6 | 1 | 14 | 5 |
| | 75% percentiel | 5,6 | 5,65 | 2927 | 133 | 53 | 49 | 13 | 16 | 3 | 26 | 10 |
| | Gemiddelde | 4,9 | 5,12 | 2904 | 103 | 35 | 35 | 9 | 11 | 2 | 19 | 7 |
| | Aantal waarnemingen | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Raaigrasweide | 25% percentiel | 7,3 | 4,92 | 1277 | 155 | 55 | 218 | 22 | 51 | 5 | 20 | 13 |
| | 75% percentiel | 13,1 | 6,51 | 2743 | 551 | 382 | 420 | 63 | 235 | 12 | 32 | 20 |
| | Gemiddelde | 10,9 | 5,61 | 2152 | 428 | 244 | 328 | 43 | 163 | 9 | 26 | 17 |
| | Aantal waarnemingen | 52 | 32 | 46 | 40 | 40 | 40 | 36 | 40 | 35 | 40 | 40 |
| Fioringras-dominantie | 25% percentiel | 7,3 | 4,77 | 812 | 82 | 31 | 24 | 19 | 9 | 1 | 14 | 12 |
| | 75% percentiel | 16,2 | 5,85 | 1661 | 567 | 114 | 384 | 52 | 229 | 9 | 27 | 18 |
| | Gemiddelde | 13,5 | 5,44 | 1414 | 372 | 158 | 247 | 35 | 133 | 6 | 20 | 16 |
| | Aantal waarnemingen | 31,0 | 32,00 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| Witbol-dominantie | 25% percentiel | 6,7 | 4,45 | 992 | 78 | 26 | 27 | 4 | 9 | 1 | 14 | 11 |
| | 75% percentiel | 17,0 | 5,15 | 2544 | 338 | 75 | 243 | 21 | 58 | 4 | 23 | 18 |
| | Gemiddelde | 14,4 | 4,88 | 1819 | 215 | 86 | 149 | 14 | 40 | 4 | 20 | 19 |
| | Aantal waarnemingen | 57 | 45 | 45 | 44 | 44 | 44 | 41 | 44 | 41 | 44 | 44 |
| Witbol kruidenrijk | 25% percentiel | 6,6 | 4,57 | 595 | 82 | 21 | 28 | 5 | 8 | 1 | 13 | 12 |
| | 75% percentiel | 17,4 | 5,24 | 1888 | 181 | 57 | 332 | 19 | 17 | 4 | 27 | 22 |
| | Gemiddelde | 17,0 | 4,97 | 1333 | 197 | 42 | 200 | 13 | 27 | 3 | 22 | 17 |
| | Aantal waarnemingen | 61 | 60 | 48 | 45 | 45 | 45 | 41 | 45 | 41 | 45 | 45 |
| Pitrus grasland | 25% percentiel | 6,2 | 4,07 | 1220 | 58 | 17 | 19 | 4 | 6 | 0 | 12 | 10 |
| | 75% percentiel | 10,1 | 4,77 | 2092 | 161 | 42 | 63 | 7 | 16 | 2 | 17 | 27 |
| | Gemiddelde | 8,8 | 4,40 | 1762 | 114 | 28 | 46 | 5 | 11 | 2 | 14 | 19 |
| | Aantal waarnemingen | 14,0 | 15,00 | 14 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Pitrus veenmos | 25% percentiel | 3,1 | 3,73 | 305 | 0 | 3 | 1 | 2 | 3 | 0,1 | 1 | 3 |
| | 75% percentiel | 95,0 | 4,10 | 562 | 154 | 10 | 27 | 7 | 15 | 0,3 | 5 | 15 |
| | Gemiddelde | 38,8 | 3,91 | 412 | 90 | 6 | 18 | 5 | 12 | 0,2 | 3 | 9 |
| | Aantal waarnemingen | 11,0 | 10,00 | 7 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 10 | 11 | 11 |

Uit het overzicht van de bestaande gegevens kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Frequent voorkomen van krul- en/of ridderzuring treedt in graslanden vooral op op lichte tot zware kleibodems. De bodems kunnen kalkrijk tot kalkloos zijn, maar zijn nooit zuur en hebben altijd een hoge basenverzadiging.
- De fosfaathuishouding komt het beste overeen met die van raaigrasweiden of beginnende verschrallingsstadia hiervan waarin bijvoorbeeld fioringras of gestreepte witbol dominant zijn. De hoeveelheid plant-beschikbaar fosfaat is doorgaans boven de 1000 tot 1500 micromol/liter. Zulke standplaatsen zijn te voedselrijk voor bijvoorbeeld glanshaverhooilanden, kamgrasweiden, dotterbloemgraslanden en droge en natte schraallanden.
- De beschikbaarheid van stikstof is relatief laag, wat op veel graslanden in verschrallingsbeheer het geval is. De beschikbare stikstof is vooral als ammonium aanwezig, wat hier op een slechte doorluchting wijst.
- Er is een grote spreiding aanwezig voor veel factoren, die voor een deel samenhangt met de variabele fracties zand en klei. In graslanden zijn de zuringen alleen frequent aangetroffen op bodems met een vrij laag tot hoog kleigehalte. Echter, ook op bemeste akkers op pure zandbodem zijn de zuringen frequent aangetroffen.

- De gehalten aan belangrijke mineralen zoals calcium, magnesium en kalium verschillen op zuring standplaatsen niet van de gehalten die gemeten zijn in graslanden van voedselrijke, vochtige bodem. Dit geldt ook voor de makkelijk oplosbare fractie.
- Dominantie van pitrus treedt voornamelijk op zand- en veenbodems op, maar bovenal op bodems die zuurder zijn en veel minder uitwisselbare basische kationen (calcium, magnesium en kalium) bevatten. De gemeten ranges van standplaatsen met pitrus respectievelijk zuringen sluiten elkaar vrijwel uit.
- Binnen de pitrus dominanties is een duidelijk onderscheid te maken tussen dominanties op voormalige landbouwgronden met een grote fosforvoorraad en overige gronden met slechts een kleine fosforvoorraad. Wel is er altijd veel uitwisselbaar fosfaat aanwezig.

Tabel 3.3. Samenstelling van bodems met frequent voorkomen van krulzuring en/of ridderzuring. Ter vergelijking zijn waarden weergegeven van enkele graslandtypen die lijken op graslanden waarin deze zuringen veel voor kunnen komen.

Tabel 3.3. Soil composition on sites with abundant growth of *Rumex crispus* and/or *R. obtusifolius*. Reference values for a number of grassland types in which abundant *Rumex* can occur, are given.

| | | Zout-extract (micromol/liter verse bodem) | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|---|-------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | Al | Ca | K | Mg | Mn | P | S | Si | NH4 | NO3 |
| Zuring gras | 25% percentiel | 0 | 9235 | | 1345 | | | | | 96 | 66 |
| | 75% percentiel | 93 | 37750 | | 11361 | | | | | 319 | 113 |
| | Gemiddelde | 36 | 23294 | 216 | 6080 | 196 | 21 | 155 | 113 | 204 | 97 |
| | Aantal waarnemingen | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| Zuring akker | 25% percentiel | 12 | 5601 | 1063 | 1469 | 18 | 7 | 64 | 93 | 41 | 17 |
| | 75% percentiel | 147 | 9540 | 2666 | 2590 | 143 | 55 | 130 | 157 | 248 | 127 |
| | Gemiddelde | 74 | 7253 | 1808 | 1892 | 133 | 29 | 115 | 121 | 174 | 84 |
| | Aantal waarnemingen | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Raaigrasweide | 25% percentiel | 3 | 16746 | 134 | 3305 | 1 | 2 | 123 | 179 | 15 | 55 |
| | 75% percentiel | 37 | 30246 | 1714 | 7137 | 39 | 109 | 310 | 662 | 104 | 339 |
| | Gemiddelde | 22 | 25024 | 1424 | 5181 | 19 | 56 | 216 | 438 | 187 | 234 |
| | Aantal waarnemingen | 13 | 20 | 14 | 20 | 15 | 16 | 15 | 15 | 20 | 20 |
| Fioringras-dominantie | 25% percentiel | 8 | 7582 | 90 | 1537 | 5 | 2 | 64 | 132 | 33 | 77 |
| | 75% percentiel | 86 | 27650 | 754 | 6306 | 127 | 6 | 149 | 311 | 264 | 510 |
| | Gemiddelde | 44 | 19199 | 476 | 4537 | 81 | 8 | 168 | 202 | 248 | 340 |
| | Aantal waarnemingen | 28 | 29 | 24 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| Witbol-dominantie | 25% percentiel | 21 | 5357 | 88 | 842 | 24 | 1 | 99 | 54 | 86 | 62 |
| | 75% percentiel | 109 | 9838 | 707 | 2401 | 165 | 7 | 195 | 127 | 315 | 179 |
| | Gemiddelde | 99 | 9138 | 437 | 1890 | 139 | 9 | 162 | 117 | 331 | 186 |
| | Aantal waarnemingen | 31 | 32 | 29 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 | 32 | 32 |
| Witbol kruidrijk | 25% percentiel | 21 | 6088 | 32 | 785 | 50 | 1 | 112 | 76 | 101 | 5 |
| | 75% percentiel | 163 | 15369 | 297 | 1820 | 405 | 8 | 274 | 215 | 332 | 104 |
| | Gemiddelde | 95 | 10895 | 263 | 1780 | 328 | 7 | 370 | 151 | 248 | 84 |
| | Aantal waarnemingen | 43 | 45 | 37 | 45 | 43 | 40 | 43 | 43 | 45 | 43 |
| Pitrus grasland | 25% percentiel | 50 | 4429 | 96 | 424 | 46 | 3 | 14 | 55 | 89 | 5 |
| | 75% percentiel | 1488 | 8318 | 321 | 1176 | 269 | 30 | 329 | 129 | 261 | 45 |
| | Gemiddelde | 678 | 6292 | 222 | 1263 | 202 | 15 | 378 | 88 | 155 | 27 |
| | Aantal waarnemingen | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 |
| Pitrus veenmos | 25% percentiel | 31 | 669 | 205 | 413 | 3 | 10 | 57 | 15 | 24 | 3 |
| | 75% percentiel | 1894 | 2463 | 408 | 2009 | 109 | 38 | 244 | 283 | 251 | 51 |
| | Gemiddelde | 985 | 2017 | 283 | 1243 | 47 | 25 | 206 | 138 | 159 | 40 |
| | Aantal waarnemingen | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 11 | 5 | 10 | 11 |

3.3 Samenstelling bodem Eemland polder

In de Eemland polder zijn op 20 locaties bodemonsters genomen van de toplaag. Deze 20 locaties zijn in 5 categorieën ingedeeld (tabel 3.4). De variatie in de 12 percelen waar veel of juist weinig zuring staat, is gering. In tabel 3.4 worden de gemiddelden vermeld, hier in de tekst de uitersten. Het gaat om bodems met vrij veel organisch materiaal (9-26%), een vrij grote kleifracie (afgeleid uit 325-480 millimol/kg aluminium), een kalkgehalte van 1-3% (afgeleid van het calciumgehalte) en een grote fosforvoorraad (21-42 millimol/kg) waarvan een flink deel ook plant beschikbaar is (1,68-2,99 millimol/liter). De zuurgraad varieert tussen pH-NaCl 5,18 en pH 6,96, en zit hiermee in het neutrale bereik.

Tabel 3.4. Gemiddelde samenstelling van de bodems in de Eemland polder. Er is onderscheid gemaakt tussen de gemiddelden van 2 bermen, 3 opgehoogde perceeldelen, 3 verlaagde perceeldelen, 7 percelen met veel zuring en 5 percelen met weinig zuring. Links staat de totale verweerbare fractie, rechts de met zout uitwisselbare en dus makkelijk opneembare fractie, en de plant beschikbare fosfaatfractie (Olsen-P). DW = Drooggewicht.

Tabel 3.4. Average soil composition of soils in the Eemland polder: berm = road verge, hoog = field centre with added top soil, laag = field verge, topsoil removed, veel = abundant Rumex, weinig = few/no Rumex. On the left the total amounts, in the right the Olsen- and salt extractable fractions. DW = dry weight.

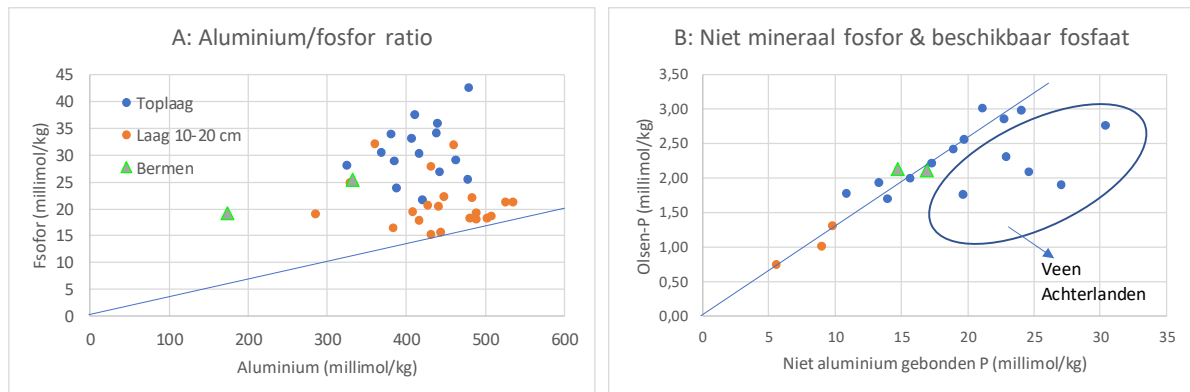
| | berm | hoog | laag | veel | weinig | | berm | hoog | laag | veel | weinig |
|------------------------------|------|------|------|------|--------|--|------|------|------|------|--------|
| Vocht (%) | 28 | 35 | 29 | 39 | 43 | Olsen P mmol/kg DW | | | | | |
| Org.stof (%) | 9 | 15 | 9 | 16 | 17 | | 2,12 | 2,48 | 1,01 | 2,12 | 2,36 |
| Totale gehalten (mmol/kg DW) | | | | | | Uitwisselbare fractie (micromol/kg DW) | | | | | |
| Aluminium | 254 | 419 | 461 | 426 | 403 | Nitraat | 12 | 66 | 35 | 72 | 34 |
| Calcium | 100 | 132 | 186 | 163 | 183 | Ammonium | 139 | 22 | 17 | 49 | 77 |
| Chloride | 5,2 | 5,1 | 5,0 | 5,3 | 5,1 | Aluminium | 3,4 | 3,9 | 5,1 | 10,4 | 11,1 |
| IJzer | 241 | 403 | 440 | 396 | 366 | Calcium | 6808 | 8754 | 9161 | 8797 | 8273 |
| Kalium | 23 | 38 | 40 | 37 | 34 | IJzer | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 1,2 | 8,0 |
| Magnesium | 95 | 187 | 227 | 186 | 176 | Kalium | 235 | 147 | 146 | 96 | 59 |
| Mangaan | 8 | 13 | 17 | 11 | 9 | Magnesium | 1493 | 3834 | 3478 | 3345 | 3054 |
| Natrium | 0,78 | 0,85 | 1,06 | 1,03 | 0,95 | Mangaan | 12 | 44 | 4 | 43 | 98 |
| Fosfor | 22 | 30 | 20 | 31 | 30 | Fosfor | 2,85 | 1,16 | 0,45 | 0,81 | 1,09 |
| Fosfor (niet in klei) | 14 | 17 | 5 | 18 | 18 | Zwavel | 59 | 61 | 60 | 95 | 114 |
| Zwavel | 15 | 20 | 13 | 29 | 35 | Silicium | 123 | 207 | 217 | 177 | 180 |
| Silicium | 10 | 15 | 19 | 17 | 17 | Zink | 0,9 | 0,3 | 0,1 | 0,9 | 1,0 |
| Zink | 1,2 | 1,5 | 1,4 | 1,8 | 1,8 | pH | 6,09 | 6,22 | 6,62 | 6,24 | 6,17 |

Er is vrijwel geen verschil aanwezig in samenstelling tussen de toplaag van de bodem met veel of weinig zuring. Het enige noemenswaardige verschil in het gemiddelde is aanwezig in nitraat. De hoeveelheid nitraat is op plekken met weinig of geen zuring gemiddeld 2x lager dan op plekken met veel zuring. De spreiding is echter vrij groot: 24-185 micromol/kg voor plekken met veel zuring en 3-76 micromol/kg voor de overige plekken. Ook is er gemiddeld meer ammonium aanwezig op de zuring-arme plekken; de som van uitwisselbaar stikstof is voor zuringarme en zuringrijke standplaatsen vrijwel gelijk. Wel zijn er duidelijke verschillen ontstaan door het verplaatsen van een deel van de bouwvoor binnen de percelen. Op drie percelen zijn zowel de afgeschraapte als de opgehoogde delen gemeten. De bouwvoor bevat meer organisch stof en daardoor een lager gehalte aan klei (met o.a. aluminium, ijzer, kalium en magnesium) (tabel 3.4). Ook fosfor en zwavel gehalten zijn lager op de afgeschraapte delen. Meest opvallend is de veel lagere hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat: 1,01 millimol/kg in de afgeschraapte delen tegenover 2,48 millimol/kg in de opgehoogde delen. Deze waarde van 1 millimol/kg komt overeen met waarden die in kamgrasweiden, glanshaverhooilanden en dotterbloemgraslanden wordt gemeten, en valt buiten het bereik dat werd geconstateerd voor locaties met veel krul- en/of ridderzuring.

Overigens heeft het verplaatsen van de bouwvoor ook tijdelijk grote effecten. In het veld viel op dat de greppels en sloten rondom de opgehoogde percelen sterk rood waren gekleurd van het ijzer. Waarschijnlijk heeft dit te maken met het begraven van de bestaande bouwvoor onder de opgehoogde laag. De opgebrachte laag voorkomt dat zuurstof in de afgedekte bodem kan doordringen en zorgt bovendien voor afsterven van plantenwortels die zuurstof in de bodem brengen. Door afbraak van het organisch materiaal in de afgedekte bodem wordt deze zuurstofloos en kan ijzer in oplossing gaan. Dit ijzer spoelt vervolgens deels uit naar de sloten. Dit ijzerverlies is ongewenst, maar mogelijk lossen ook fosfaat en ammonium op en wordt de bodem dus ook wat voedselarmer. Op de wat langere termijn zal deze activering van ijzercyclus leiden tot een betere vastlegging van fosfaat.

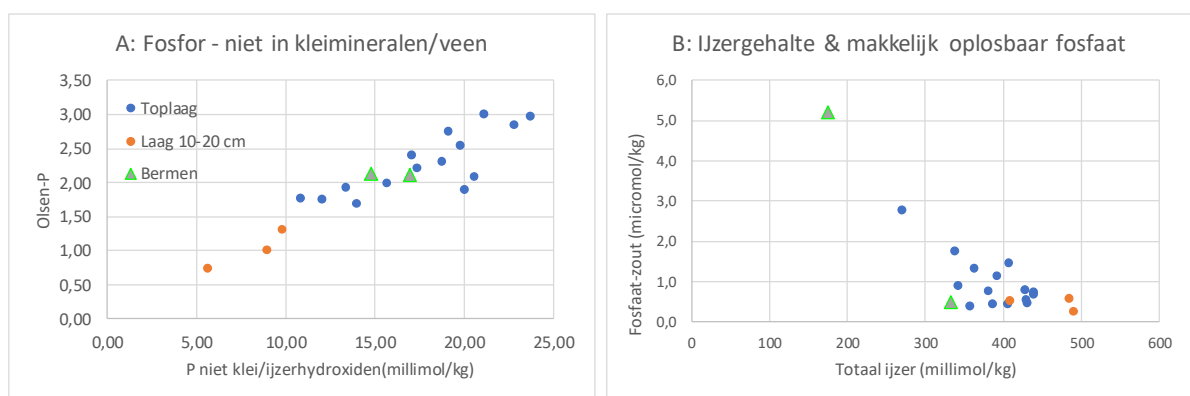
Bodemchemische processen afgeleid uit correlaties

Om wat meer zicht te krijgen op processen die zich in de bodem afspelen, is een aantal correlaties berekend. Om te beginnen is nagegaan aan welke fracties fosfaat in de bodem gebonden is. Daarvoor is eerst het totaal aluminiumgehalte, dat een goede maat is voor de kleifractie, uitgezet tegen het totale fosforgehalte (figuur 3.2a). Dit levert geen goede correlatie op. Wel wordt zichtbaar dat de top laag naar verhouding veel meer fosfaat bevat dan de diepere bodemlaag. Bij deze laatste zijn ook de drie bodems meegerekend die zijn afgeschraapt waardoor een diepere bodemlaag bloot is komen te liggen. Het extra fosfaat in de top laag is waarschijnlijk afkomstig uit bemesting in het verleden. Wanneer we als uitgangspunt hanteren dat de bodems met de gunstigste fosfor/aluminium ratio niet of nauwelijks fosfaat uit mest hebben ontvangen, kunnen we een lijn trekken die dan de Al/P ratio voorstelt van de kleimineralen. Dat is in figuur 3.2a gedaan. Daaruit volgt dat die verhouding 600/20 is, oftewel 30:1. Vervolgens is op grond van deze verhouding voor elke bodem berekend hoeveel fosfor er in kleimineralen vastzit. Deze hoeveelheid is afgetrokken van de totale hoeveelheid fosfor, en het restant is uitgezet tegen de fosfaatbeschikbaarheid. Er ontstaat dan een zeer interessante figuur (figuur 3.2b). Deze bestaat enerzijds uit een bijna rechtlijnig verband tussen deze fosfaatrest en anderzijds uit een vijftal punten die sterk afwijken van dit patroon. Dit blijken 5 punten te zijn die ook afwijken door hun ligging en het hoge gehalte organisch stof (19-26%, tegenover max. 17% in overige punten). Het betreft alle percelen in de Achterlanden waar een 20-40 cm dik kleidek op veen is afgezet (Valkema e.a., 2019). De ligging van de punten onder de lijn van de correlatie suggereert dat hier een extra mechanisme werkt in het binden van fosfor. In veenbodems is fosfor ook aanwezig in ingebouwde vorm in organisch materiaal. Kennelijk geldt dit alleen voor de echt venige bodems, en niet voor de veel mindere hoeveelheid organisch materiaal die nog aanwezig is in de andere bodems. Geschat aan de mate van de afwijking van de correlatielijne in figuur 3.2b, zou er dan voor elke 1% organisch materiaal boven een bepaalde grens 1,5 millimol fosfor in dit veen moeten zitten. Dat is onwaarschijnlijk veel. Vermoedelijk speelt er dus iets anders, en wel het zelfde als op de opgehoogde percelen. Door de aanwezigheid van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal raakt de bodem makkelijk zuurstofloos en kan ijzer oplossen. Dit ijzer kan in drogere of koudere tijden weer neerslaan, waarbij de gevormde ijzerhydroxiden fosfaat binden. Organisch stof werkt in dit geval dus als een aanjager om fosfaat te binden. Van de totale hoeveelheid fosfor is daarom niet alleen de aluminium (=klei) gebonden fractie afgetrokken, maar ook deze door veenafbraak aan ijzer vastgelegde fractie. Deze fractie kan niet uit de gegevens worden afgeleid, maar wel kan worden verondersteld dat voor elke procent organisch materiaal in de bodem er een betere ijzer-fosfaat binding ontstaat. De beste correlatie ontstaat dan als wordt aangenomen dat voor elke procent organisch materiaal 0,81 millimol fosfor wordt vastgelegd. Dan ontstaat figuur 3.3a, hier is een vrij goed rechtlijnig verband te zien tussen de restfractie fosfor en de fosfaatbeschikbaarheid. Deze rest-fractie bestaat waarschijnlijk uit los gebonden fosfaat-ionen die bijvoorbeeld aan de buitenkant van organisch stof binden of aan allerlei kationen. Voor elke 10 millimol restfractie fosfor wordt ongeveer 1,3 millimol Olsen-P gemeten. Hiermee is te voorspellen hoeveel fosfor er moet worden afgevoerd om bijvoorbeeld de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat te bereiken die hoort bij een kamgrasweide of dotterbloemhooiland.



Figuur 3.2. A) Verhouding totaal aluminium/totaal fosfor in de bodem, en B) correlatie tussen het fosfaat dat niet inge-bouwd zit in kleimineralen en de fosfaatbeschikbaarheid.

Figure 3.2. A) Correlation between total aluminium and total phosphorus in the soil, and B) correlation between phosphorus not present in the clay minerals and the Olsen-P phosphate availability.



Figuur 3.3. Correlatie tussen de berekende restfractie fosfor die niet in kleimineralen zit en vermoedelijk niet gebonden is aan ijzerhydroxiden, en de gemeten hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat. B) Correlatie tussen het totaal ijzer gehalte van de bodem en de hoeveelheid makkelijk oplosbaar fosfaat in de bodem.

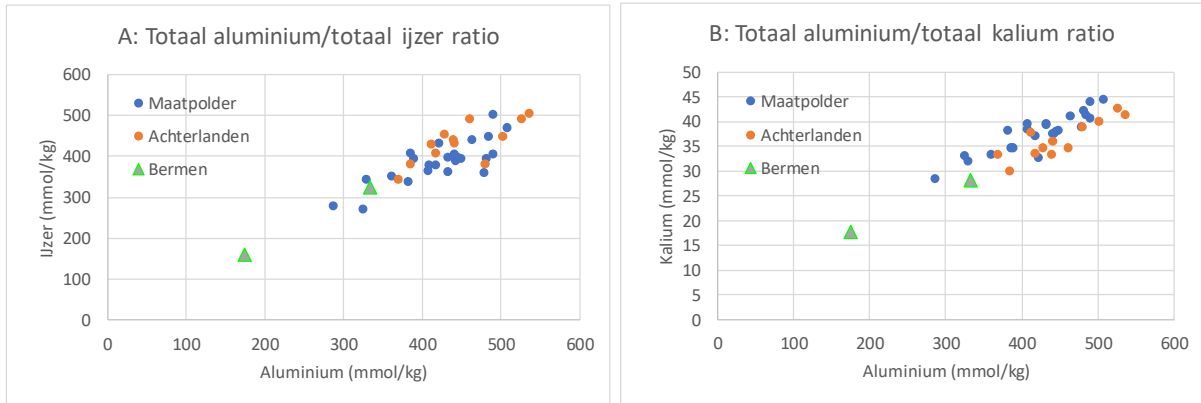
Figure 3.3. A) Correlation between the calculated phosphorus amount not present in clay minerals or iron-hydroxides, and the Olsen-P phosphate availability. B) Correlation between total iron and the salt-extractable amount of phosphate.

Als laatste fosfaat gerelateerde factor is het gehalte makkelijk oplosbaar fosfaat uitgezet tegen het totaal ijzer gehalte van de bodem (figuur 3.3b). Hier wordt een niet heel sterk, maar toch vrij duidelijk negatief verband zichtbaar tussen beiden. Dit bevestigt het beeld dat ijzer in de Eemland polder een belangrijke rol speelt bij de fosfaatbinding. Verder valt op dat de concentraties makkelijk oplosbaar fosfaat laag zijn, meest beneden 2 micromol per liter. Dit betekent een belangrijke rem op de groei van de meest eutrafente plantensoorten in de vrij goed doorluchte toplaag van de bodem, zeker aangezien ook de nitraatbeschikbaarheid aan de lage kant is. In de nattere ondergrond kan veel ammonium aanwezig zijn.

Fosfor is dus in de volgende vormen aanwezig:

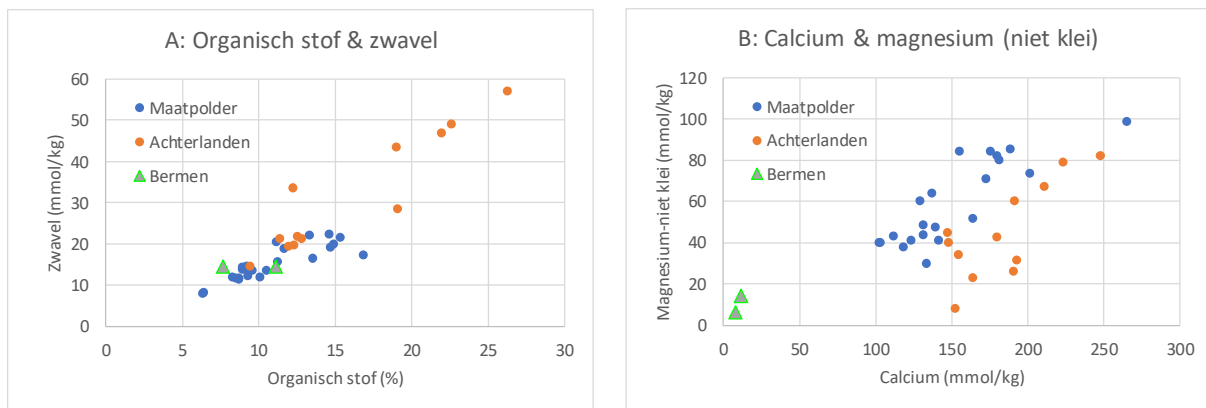
- Als elementair fosfor, onderdeel van kleimineralen (6-17 mmol/liter, figuur 3.2a)
- Als vrij fosfaat dat vooral aanwezig is door bemesting in het verleden, en die in meer of mindere mate gebonden is aan ijzerhydroxiden (5-24 mmol/liter, figuur 3.3a). De mate van binding wordt bepaald door de hoeveelheid ijzer in de bodem, en door de activiteit van de ijzercyclus. Deze activiteit, het oplossen en weer neerslaan van ijzer, wordt in de natte bodem gestimuleerd door organisch materiaal. In de diepere, natte bodem is minder vrij fosfaat aanwezig, maar kan het in de zuurstofloze omstandigheden wel veel beter oplossen

- Hooguit 2 mmol/liter zit waarschijnlijk ook ingebouwd in organisch materiaal, in de meer venige bodems.



Figuur 3.4. Correlatie tussen de totale hoeveelheid aluminium en ijzer (A) of kalium (B) in de bodems van de Eemland polder. Dit voor alle bodemdiepten, maar wel uitgesplitst per polder en voor de twee bermen.

Figure 3.4. Correlation between the total amount of aluminium, and iron (A) or potassium (B) in the soils of the Eemland polder. A distinction is made between two parts of the polder (Maatpolder, Achterlanden) and the road virges (green triangles)



Figuur 3.5. Correlatie tussen het gewichtspercentage organisch stof en het totaal zwavelgehalte in de bodems van de Eemland polder, en B) correlatie tussen het totaal calcium gehalte en het gehalte magnesium waar de vermoedelijke fractie in kleimineralen van afgetrokken is.

Figure 3.5. Correlation between the organic matter content and the total amount of sulphur, and B) correlation between the total amount of calcium and the calculated amount of non clay mineral magnesium.

De hoofdbestanddelen van de bodem zijn, naast het zeer moeilijk oplosbare silicium, vooral aluminium en ijzer. Een zandige bodem bevat meer silicium, kleimineralen zijn rijker aan veel andere elementen. Dit blijkt ook uit figuur 3.4a. Er is een goede correlatie tussen ijzer en aluminium, wat er op duidt dat beide stoffen vooral aanwezig zijn in kleimineralen. De bermen hebben het laagste kleigehalte (beide gehalten zijn vrij laag), de Achterlanden zijn het rijkst aan kleimineralen. Dat laatste is opmerkelijk omdat de bodem in de Achterlanden ook het hoogste percentage organisch materiaal heeft. Dit is alleen te verklaren door aan te nemen dat in de Maatpolder minder zware, meer zandige kleibodems zijn afgezet.

Ook kalium vertoont een sterke correlatie met aluminium en zit dus voor het overgrote deel ingebouwd in de kleimineralen (figuur 3.4b). Daarbij zijn de kleimineralen van de Maatpolder wat kaliumrijker; de blauwe stippen van de Maatpolder liggen bijna allemaal iets boven die van de Achterlanden.

De bodems in de Eemland polder zijn vrij rijk aan zwavel. Dit zwavel is, getuige de goede correlatie met organisch stof, vooral ingebouwd in het organisch stof aanwezig (figuur 3.5a). De meer venige Achterlanden hebben daarom hogere zwavelgehalten. Een element dat in eerste instantie geen enkele goede correlatie vertoont met andere gemeten elementen is calcium. Alleen met magnesium is een matige correlatie aanwezig. Magnesium op zijn beurt, heeft daarnaast ook een iets betere correlatie met aluminium. Het lijkt dus deels als kleimineraal aanwezig, en voor een iets kleiner deel in dezelfde vorm als calcium. Om dit te testen is op dezelfde wijze als voor fosfor berekend wat het aandeel kan zijn dat gebonden is aan aluminium. Dat blijkt een verhouding van 3 (aluminium) staat tot 1 (magnesium) te zijn. Na aftrek van deze kleifraction is opnieuw de correlatie met calcium berekend (figuur 3.5b). Nu ontstaat een vrij goede correlatie, waarbij in de Maatpolder naar verhouding wat meer magnesium aanwezig is. Vermoedelijk gaat het hier om van nature aanwezige calcium- en magnesiumcarbonaten. Calcium komt dan voor het overgrote deel als calciumcarbonaat voor. Afgaande op de absolute hoeveelheden in deze figuur, is het kalkgehalte van de bodem (als calcium- én magnesiumcarbonaat) tussen de 1,5 en 3,5%. Dat geldt niet voor de beide bermen, deze zijn kalkarm.

De vegetatie op de locaties waar de bodemmonsters genomen zijn is niet uitgebreid bestudeerd, bovendien is het terrein tot nu toe slechts éénmaal in de winter bezocht. Vegetatiekundig behoren de meeste percelen tot de rompgemeenschap fioringras. Deze rompgemeenschap ontstaat doorgaans uit het terugbrengen van het bemestingsniveau en de beheerintensiteit van raaigrasweiden op vochtige, niet te zure bodems. Engels raaigras wordt dan minder dominant en naast fioringras vergroten algemene graslandplanten als witte klaver, gewone hoornbloem, kruipende boterbloem, smalle weegbree en veldzuring hun aandeel (tabel 3.5). Ook ontstaat vaak een moslaag met gewoon dikkopmos en fijn laddermos. Vooral op locatie 3 en 13 is een verdere ontwikkeling richting kamgrasweiden of dotterbloemgraslanden gaande. Hier zijn indicatoren van onbemeste tot licht bemeste graslanden aanwezig zoals pinksterbloem, echte koekoeksbloem en gewone brunel. De fosfaatbeschikbaarheid is hier ook iets lager dan gemiddeld (1,7 mmol/kg i.p.v. 2,2), maar nog altijd veel te hoog voor kamgrasweiden of dotterbloemhooilanden. Verder valt behaarde boterbloem op, een in het binnenland zeldzame soort van niet zure graslanden met wisselende waterstanden.

Tabel 3.5. Een winterse impressie van een deel van de locaties waar bodemmonsters genomen zijn. Frequenties weer-gegeven volgens de Braun-Blanquet schaal.

Tabel 3.5. Impression of the composition of the vegetation, made in midwinter. Frequencies according to the Braun-Blanquet scale.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9L | 9H | 11 | 12L | 12H | 13 | Berm Maat. | Berm Acht. | |
|-------------------------|----|----|---|----|----|---|----|----|------|------|----|------|------|----|---------------|---------------|-------------------------|
| Rumex crispus | + | 2a | | 2a | 2b | | | 1 | geen | veel | 2a | geen | veel | 2a | | | Krulzuring |
| Brachythecium rutabulum | 2a | | + | | | | 2a | 2a | | | 2m | | | 2m | veel | | Gewoon dikkopmos |
| Agrostis stolonifera | 2b | 3 | 3 | 3 | | | 3 | 3 | | | 3 | | | 3 | | | Fioringras |
| Poa trivialis | 2b | 2b | | 2b | 2a | | 2a | | veel | | | veel | | 2a | | | Ruw beemdgras |
| Plantago lanceolata | 2a | r | | | 2a | | + | 2m | | | | | | | veel | + | Smalle weegbree |
| Bellis perennis | 1 | + | | | | | 2m | 2m | | | | | | | + | + | Madeliefje |
| Veronica arvensis | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | Veld-ereprijs |
| Cerastium fontanum | + | + | + | + | | | 1 | 1 | | | + | | | 1 | | | Gewone hoornbloem |
| Ranunculus repens | + | | + | + | | | 1 | | | | | | | | | | Kruipende boterbloem |
| Cardamine pratensis | + | | + | + | | | + | | | | | | | 1 | | | Pinksterbloem |
| Rumex acetosa | + | | + | | | | | | | | | | | | | | Veldzuring |
| Kindbergia praelonga | + | | | | | | | | | | | | | | | | Fijn laddermos |
| Ranunculus sardous | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | Behaarde boterbloem |
| Lysimachia nummularia | | + | | | | | | | | | | | | | | | Penningkruid |
| Glechoma hederacea | + | + | | r | | | | + | | | | | | | | | Hondsdrif |
| Vascellum pratense | + | | | | | | | | | | | | | | | | Afgeplatte stuifzwam |
| Lolium perenne | | | + | | | | | | | | | | | | | | Engels raaigras |
| Lychnis flos-cuculi | | | + | | | | | | | | | | | | | | Echte koekoeksbloem |
| Trifolium repens | 1 | | + | 1 | | | 2m | 2m | | | 1 | | | | | | Witte klaver |
| Prunella vulgaris | | | + | | | | | | | | | | | | | | Gewone brunel |
| Juncus articulatus | | | r | | | | | | | | | | | | | | Zomprus |
| Carex spec. | | | r | | | | | | | | | | | | | | Zegge-soort |
| Stellaria media | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | Gewone vogelmuur |
| Myosotis palustris | | | | | r | | | | | | | | | | | | Moeras-vergeetmijnietje |
| Cirsium arvense | | | | | + | | 2m | | | | 2a | | | | | | Akkerdistel |
| Carex acutiformis | | | | | | + | | | | | | | | | veel | | Moeraszegge |
| Cardamine flexuosa | | | | + | | | | 1 | | | | | | | | | Bosveldkers |
| Ranunculus acris | | | | | | | | | | | | | | .+ | | + | Scherpe boterbloem |
| Trifolium pratense | | | | | | | | | | | | | | + | | + | Rode klaver |

Intermezzo: kan het zuringprobleem een gevolg zijn van een verkeerde mineralenbalans?

Met name vanuit de agrarische hoek wordt de rol van een onvoldoende bodemleven en een verstoorde mineralenbalans vaak aangevoerd als reden voor teleurstellende ontwikkelingen in de vegetatie. Er worden experimenten uitgevoerd met het toedienen van steenmeel en andere mineralen en extracten met bodemleven. In het geval van de Eemland polder is gesuggereerd dat een teveel aan magnesium ten opzichte van calcium de oorzaak zou kunnen zijn van het zuringprobleem. Een mogelijk mechanisme is hierbij niet genoemd. Op internet zijn hierover de volgende zinsneden te vinden:

"Eenvoudig gezegd zijn de moleculen van calcium groter dan die van magnesium, hierdoor bevindt er tussen de moleculen van het calcium meer zuurstof dan bij het magnesium. Er kan dus gesteld worden dat er een calcium tekort is of een magnesiumoverschot is. Door het verhogen van het calcium in de bodem kan het probleem gemakkelijk worden aangepakt." (<https://www.boerenverstand.nl/blog/bijeenkomst-duurzaam-bodembeheer-drenthe/>)

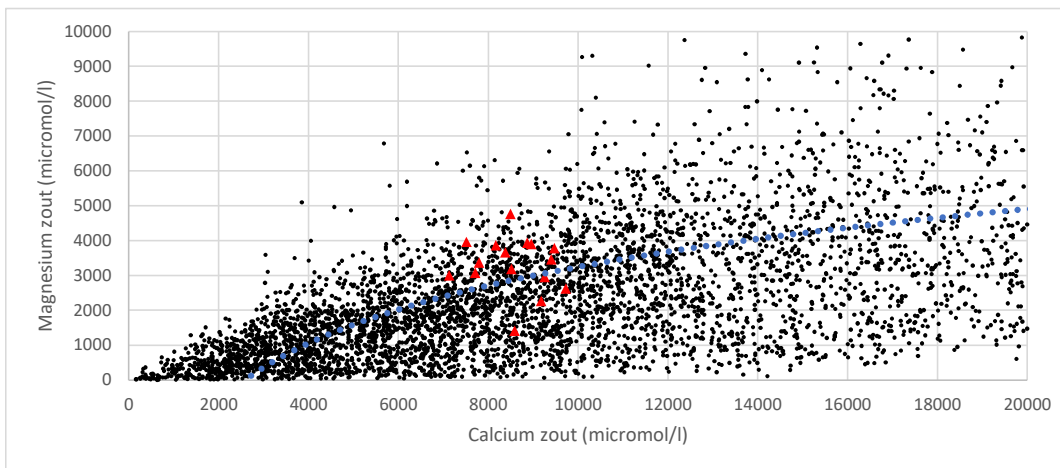
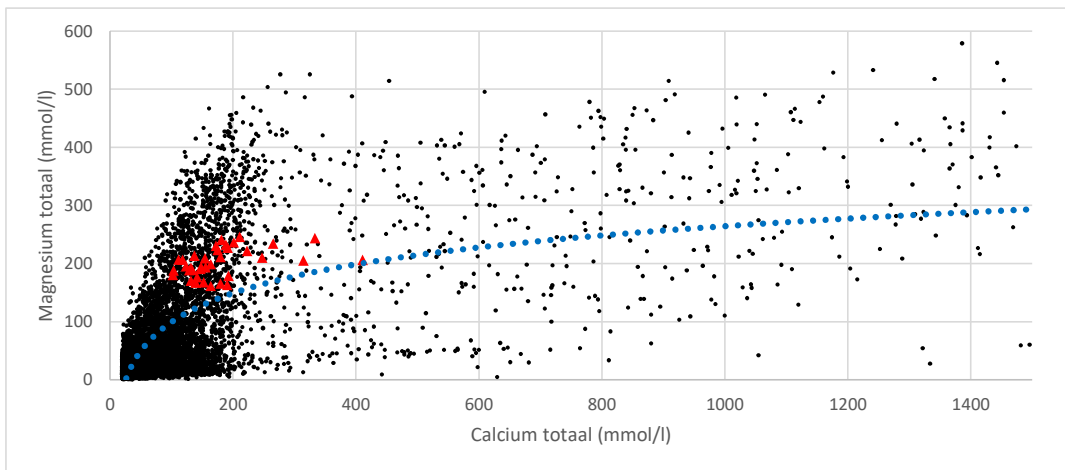
"Verder kan een te hoog kaligehalte leiden tot verdichting van de bodem (door stapeling van kalium en magnesium in de bodem). Een verdichte bodem bevat minder zuurstof. Vooral schimmels in de bodem hebben veel zuurstof nodig. Krijgen die onvoldoende zuurstof, dan verdwijnen ze en kunnen ze niet meer zorgen voor voldoende beschikbaarheid van calcium, magnesium en sporelementen voor het gras." (<http://groeibalans.nl/uploads/Gezonde-bodem-gezonde-dieren.pdf>)

"Schematische weergave van de verdeling van mineralen aan het klei-humuscomplex. Een ideale balans heeft gemiddeld een "bezetting" van 68% Calcium, 12% Magnesium en 3-5% Kalium.... Wanneer een bodem gebalanceerd wordt, zal als eerste de verhouding tussen Calcium en Magnesium aangepakt worden." (<http://www.groeibalans.nl/uploads/BBA.pdf>)

Samengevat wordt gesteld dat een teveel aan kalium en vooral magnesium in de bodem leidt tot een slechtere zuurstofvoorziening en een verminderd bodemleven. Vanuit het oogpunt van gewasproductie is dit wellicht het geval. Maar in het geval van de Eemland polder gaat het om zware, van nature natte bodems met een periodiek slechte zuurstofvoorziening. De levensgemeenschap die hier bij hoort verschilt sterk van die van een optimaal producerend agrarisch perceel.

Niettemin is de bodem van de Eemland polder vrij rijk aan magnesium. Magnesium is deels ingebouwd in kleimineralen, en komt voor als magnesiumcarbonaat. Calcium komt vooral voor als calciumcarbonaat; er is totaal geen correlatie met aluminium (=klei). Gemiddeld komt iets meer magnesium dan calcium voor. Uit een vergelijking met meer dan 10.000 metingen door heel Nederland blijkt weliswaar dat de bodems vrij rijk zijn aan magnesium (omdat het om klei gaat), maar dat de verhouding met calcium heel gangbaar is (zie figuur 3.6, boven).

Daarnaast kan ook alleen naar het uitwisselbare calcium en magnesium worden gekeken. Ook dit is vergeleken met bijna 7000 referentiemetingen (zie figuur 3.6, onder). Ook hier blijkt geen duidelijk afwijkende calcium-magnesium verhouding. Er zijn dus geen aanwijzingen gevonden dat magnesium tot problemen voor de vegetatie leidt.



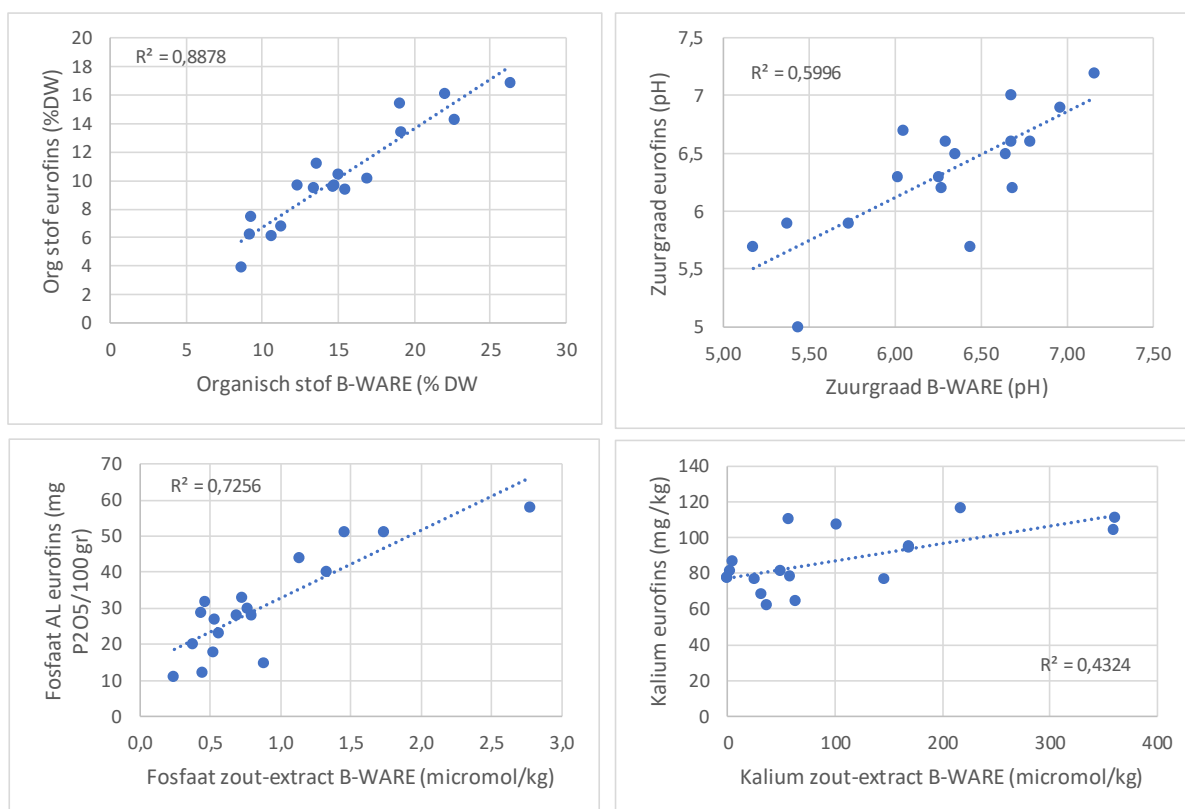
Figuur 3.6. *Vergelijking van de calcium/magnesium ratio in bodems van de Eempolder (rode driehoekjes) met een zeer grote set referentiebodems uit heel Nederland (zwarte stippen). Dit voor het totale gehalte (boven) en voor de uitwisselbare fractie (onder). De blauwe lijn stelt de berekende, gemiddelde verhouding voor. De referentiemonsters zijn door B-WARE met dezelfde technieken verzameld en geanalyseerd.*

Figure 3.6. *Comparison between the calcium/magnesium ration in soils of the Eempolder (red triangles) and a large set of reference data from different Dutch soils (black dots). This is given for the total amount (above) and the salt extractable fraction (below). The blue line is the calculated average ratio. The same type of analysis was used for the Eemland soils and the reference soils.*

3.4 Vergelijking data Eurofins 2017 en 2020

Op een deel van de percelen zijn zowel in 2020 als in 2017 bodemmonsters genomen en op dezelfde manier geanalyseerd door Eurofins. Hieronder wordt een vergelijking gemaakt tussen de beide tijdstippen. Maar eerst is gekeken hoe de resultaten van Eurofins zich verhouden tot de resultaten die gemeten zijn door B-WARE, dit met de resultaten van beide labs van de monsters uit 2020. Een probleem is het grote verschil in methodieken die zijn gebruikt. Daarbij komt dat de details van de door Eurofins gebruikte methoden niet zijn opgenomen in de door hen opgeleverde rapportages. Het is daarom meestal niet mogelijk om de oorzaken van de verschillen tussen de resultaten te duiden. De meeste data die door Eurofins zijn opgeleverd, zijn gegenereerd door bodemmonsters te scannen en de resultaten te vergelijken met een groot aantal referentiemonsters.

Een goede correlatie is gevonden voor het gehalte organisch stof (figuur 3.7 linksboven). Wel is door B-WARE een ruim 50% hoger gehalte aan organisch stof gemeten als door Eurofins. B-WARE meet organisch stof door verbranding van de bodem bij 550 graden. Dit kan leiden tot een overschatting doordat bijvoorbeeld lutum of magnesium deels meebranden. Echter, aangezien het lutum- en magnesiumgehalte tamelijk constant is, zou dit overal tot een zelfde overschatting moeten leiden, in absolute zin. Dit is echter niet zo, de stippelijijn van de gevonden correlatie loopt mooi door het nulpunt. In ieder geval geeft de goede correlatie aan dat alles goed gegaan is met de monsternummering en dataverwerking. Een andere goede correlatie is gevonden voor de zuurgraad (figuur 3.7, rechtsboven). Over het algemeen wijkt de zuurgraad die door beide labs gevonden is hooguit een halve eenheid van elkaar af. De zuurgraad is door B-WARE gemeten in een zoutextract (natriumchloride), waarschijnlijk is dit bij Eurofins ook zo, maar is waarschijnlijk wel een ander zout gebruikt.



Figuur 3.7. Correlaties tussen enkele resultaten van bodems die zowel door Eurofins als door B-WARE zijn gemeten in 2020.

Figure 3.7. Correlation between some soil analysis of Eurofins and B-WARE, measured in 2020.

Fosfaat is door beide labs op verschillende manieren gemeten. Er is echter weinig correlatie tussen de resultaten. Verwacht werd dat het fosfaat extract met acetaat-lactaat (van Eurofins) een mogelijk goede correlatie zou hebben met het totaal fosfaat of de Olsen-P van B-WARE. Dit omdat het qua krachtigheid in het losweken van fosfaat tussen beide methoden in staat. Er is echter alleen een matige correlatie ($R^2 = 0,54$) met Olsen-P. Er is daarentegen wel een vrij goede correlatie met het zoutextract van B-WARE ($r^2 = 0,73$), een veel minder krachtige methode om fosfaat los te weken.

Ook voor andere stoffen is het vaak gissen naar de oorzaken voor de verschillen tussen de gehanteerde methodieken. Voor veel kationen gebruikt Eurofins waarschijnlijk een zoutextract om deze los te weken van het kationuitwisselingscomplex. Dat doet B-WARE in haar zout-extracten ook, maar waarschijnlijk wordt een ander zout in een andere concentratie gebruikt. Dit leidt bijvoorbeeld voor kalium (figuur 7, rechtsonder) en magnesium tot een zwakke correlatie ($r^2 = 0,43$, resp. $0,41$).

Deze korte vergelijking maakt duidelijk dat de vergelijking goed is uitgevoerd, gezien met name de goede correlatie tussen organisch stof van beide labs, maar dat verschillen in analysemethoden een onderlinge vergelijking bijzonder lastig maken. Zo'n vergelijking is alleen zinvol door de details van de methoden van beide labs goed tegen het licht te houden. Waarschijnlijk is dan ook een veel uitgebreidere dataset nodig.

Een vergelijking tussen de resultaten van Eurofins uit 2017 en 2020 is wel goed mogelijk, hier zijn voor vrijwel alle parameters dezelfde methoden gehanteerd. Wel zijn er hier verschillen doordat niet exact dezelfde plekken in het perceel zijn bemonsterd. In beide jaren is een mengmonster gemaakt van een aantal steken van de bovenste 10 centimeter van het perceel. Een naar verwachting constante factor is het lutumgehalte. Deze is in 2020 ook slechts 1% lager dan in 2017 (tabel 3.6). Voor veel andere factoren zijn echter tamelijk grote verschillen geconstateerd. Voor het merendeel van de gepresenteerde parameters is echter een gemiddelde afname van rond de 30% geconstateerd. Dat is een onverwacht groot verschil, aangezien het om dezelfde percelen gaat, die op dezelfde manier zijn bemonsterd en met dezelfde technieken zijn geanalyseerd.

In het hierna volgende wordt hiervoor een verklaring gezocht, maar het is niet uitgesloten dat een deel van de verschillen toch een methodische oorzaak heeft.

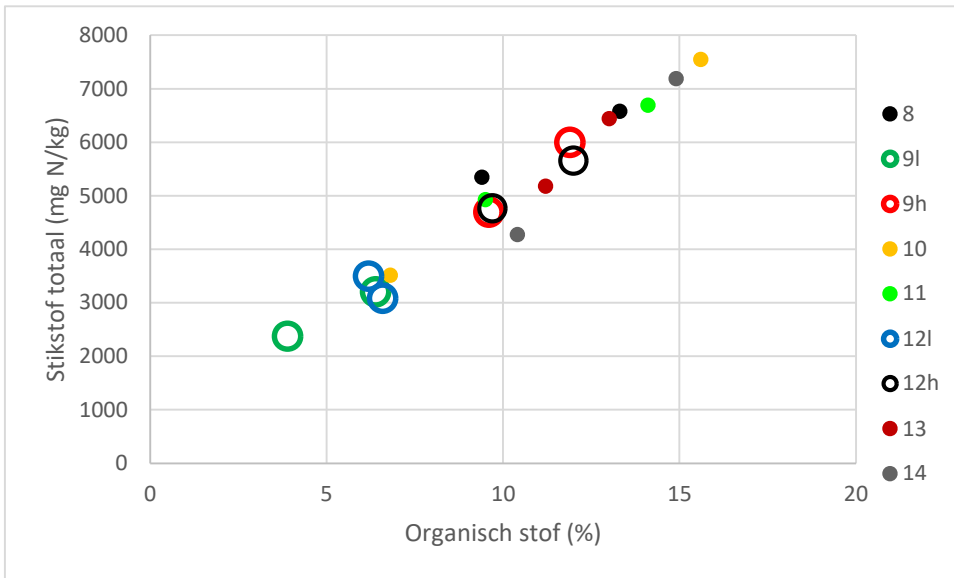
Naast het lutumgehalte en de zuurgraad, is het magnesiumgehalte de enige andere parameter die in beide jaren gemeten is en daarbij tamelijk constant blijft. Calcium is in 2017 wel gemeten, maar in 2020 niet. De in tabel 3.6 gepresenteerde afname is meer in detail in beeld gebracht door de verschillen per perceel weer te geven. Voor organisch stof en stikstof is dit gedaan in figuur 3.8. Onmiddellijk valt op dat er een bijna rechtlijnig verband ontstaat. Dit is min of meer te verwachten, omdat de bulk van de stikstof zich in het organisch materiaal bevindt. Echter, het rechtlijnige verband suggereert een zeer constant stikstofgehalte in het organisch materiaal, maar dat blijkt niet uit de CN-ratio die varieert tussen 7 en 12. Voor alle percelen wordt een afname in gehalte organisch stof geconstateerd (tabel 3.6), en dus ook van de totale stikstofvoorraad. Deze afname is waarschijnlijk het gevolg van de langdurige droogte in 2018 en 2019. Mogelijk neemt dit gehalte weer toe in nattere jaren. Zuurstof dringt onder droge omstandigheden beter de bodem in waardoor organisch materiaal beter afbreekt. De daling van de zwavelvoorraad is in dit licht ook begrijpelijk, omdat dit voornamelijk zit ingebouwd in organisch materiaal. Er moeten ook grote hoeveelheden voedingsstoffen zijn vrijgekomen uit het afbrekende organisch materiaal.

Tabel 3.6. Vergelijking tussen de bodemmonsters die door Eurofins zijn geanalyseerd in 2017 en in 2020. Voor elk perceel is de afname weergegeven in 2020, ten opzichte van 2017. In de onderste regels is de gemiddelde waarde van 2017 en 2020 weergegeven, plus de afname in absolute zin en als percentage van de waarde in 2017. N=tot = totaal stikstof, P-PAE = plant beschikbaar fosfaat, P-AL = bodemvoorraad fosfor, K-vrd = kaliumvoorraad, S-lev.verm. = zwavel leverend vermogen, OS = organisch stof.

Tabel 3.6. Comparison between the soil samples analysed by Eurofins in 2017 and 2020. For every field, the decrease in 2020 compared to 2017 is given. Below, the average values of 2017 and 2020 are given, followed by the absolute and relative (%) decrease. N-tot = total nitrogen, P-PAE = plant available phosphorus, P-AL = phosphorus store in the soil, K-vrd = Potassium store in the soil, S-lev.verm. = calculated sulphur availability, OS = Organic matter.

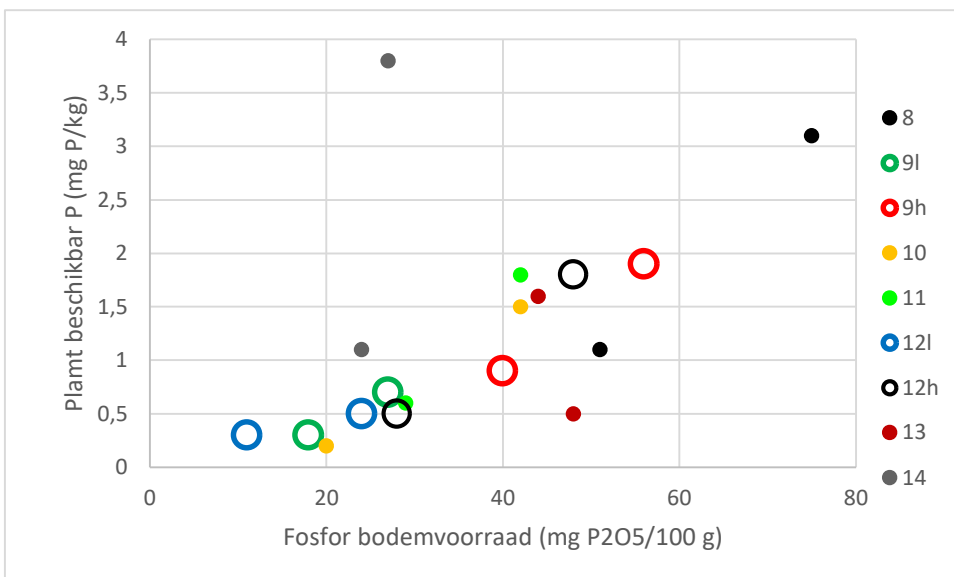
| Perceel | N-Tot | CN-ratio | P-PAE | P-AL | K | K-vrd | S-totaal | S-lev.verm. | Mg | Zuurgraad | OS | Lutum |
|---------------------|-----------|-----------|---------|--|---------|------------|----------|-------------|----------|-----------|-----|-------|
| | mmol N/kg | gram/gram | mg P/kg | mg P ₂ O ₅ /100g | mg K/kg | (mmol+/kg) | mg S/kg | kg S/ha | mg Mg/kg | pH | (%) | (%) |
| 8 | 1230 | -1 | 2 | 24 | 62 | 4 | 90 | -20 | -20 | -0,5 | 3,9 | -2 |
| 9l | 830 | -1 | 0,4 | 9 | 8 | 0,8 | 140 | -14 | 62 | -0,2 | 2,5 | 5 |
| 9h | 1300 | -2 | 1 | 16 | 51 | 3 | 280 | -12 | -20 | -0,4 | 2,3 | 0 |
| 10 | 4040 | -2 | 1,3 | 22 | 69 | 3,9 | 755 | 2 | 2 | -0,9 | 8,8 | 1 |
| 11 | 1760 | -1 | 1,2 | 13 | 59 | 1,1 | 140 | -22 | -18 | -0,8 | 4,6 | -1 |
| 12l | -410 | 0 | 0,2 | 13 | 59 | -0,1 | -115 | -19 | -61 | 0,4 | 0,4 | 4 |
| 12h | 890 | -2 | 1,3 | 20 | 14 | -0,2 | -330 | -22 | -6 | 0,2 | 2,3 | 2 |
| 13 | 1260 | -3 | 0,8 | 4 | 83 | 1,5 | 25 | -22 | 9 | -0,7 | 1,8 | -5 |
| 14 | 2920 | -7 | -2,7 | -3 | 57 | 5,1 | 590 | 7 | 149 | 0,6 | 4,5 | |
| 2017 gemiddeld | 5819 | 8 | 1,6 | 43 | 142 | 9 | 1042 | 23 | 429 | 6,1 | 12 | 38 |
| 2020 gemiddeld | 4283 | 10 | 0,9 | 30 | 90 | 7 | 867 | 36 | 418 | 6,3 | 9 | 29 |
| Afname gemiddeld | 1536 | -2 | 0,6 | 13 | 51 | 2 | 175 | -14 | 11 | -0,3 | 3 | 1 |
| Afname gemiddeld(%) | 26 | -25 | 39 | 31 | 36 | 24 | 17 | -60 | 3 | -4 | 29 | 1 |

Voor de fosforvoorraad in de bodem en de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat zien we eveneens forse dalingen van 31, respectievelijk 39% (tabel 3.6, figuur 3.9). De daling in de bodemvoorraad komt mooi overeen met de daling van het gehalte organisch stof. Echter, dit vrijkomen uit de bodemvoorraad leidt dus niet tot een hogere beschikbaarheid van fosfaat. Het is echter moeilijk om hier conclusies aan te verbinden. De plant beschikbare fractie kan van moment tot moment flink verschillen; temperatuur, waterstand en activiteit van bacteriën, schimmels en planten hebben hier een grote invloed op. Niettemin lijkt het er op dat fosfaat dat is vrijgekomen uit organisch materiaal weer in een andere vorm is vastgelegd, die niet gemeten wordt met de P-AL methode. Meest waarschijnlijk is de binding aan ijzerhydroxiden. De verschillen tussen 2017 en 2020 laten dan vooral een verschil tussen natte jaren (met weinig ijzerhydroxide) en droge jaren (met veel ijzerhydroxide) zien, en dus geen systematische afname van de fosfaatbeschikbaarheid.



Figuur 3.8. Correlatie tussen het gehalte aan organisch stof en het totaal stikstof gehalte in de bodems die in 2017 en 2020 zijn gemeten door Eurofins, uitgesplitst naar de percelen (zie figuur 3.1).

Figure 3.8. Correlation between the organic matter content and total nitrogen in the soils analysed by Eurofins in 2017 en 2020, arranged after field numbers (figure 3.1.).

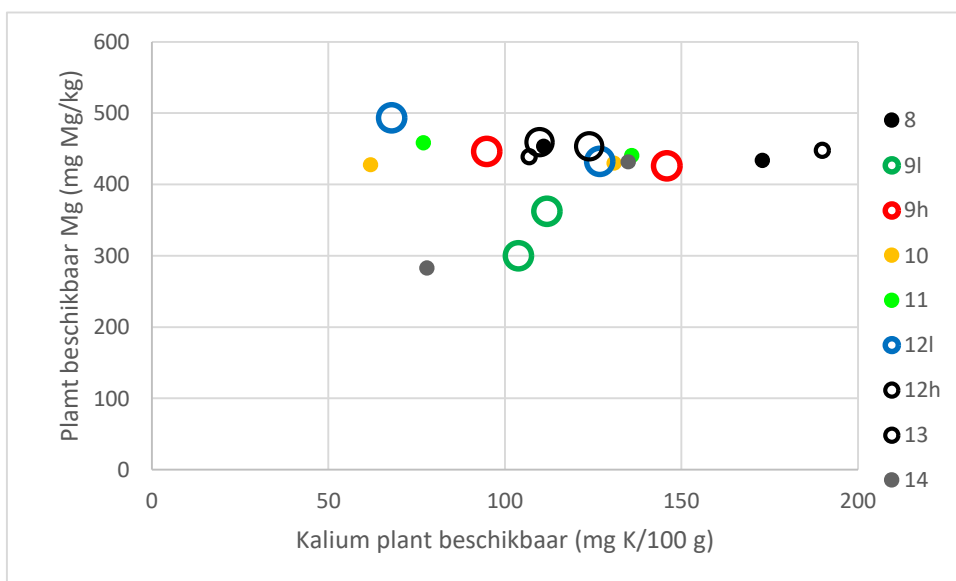


Figuur 3.9. Correlatie tussen de hoeveelheid fosfor in de bodemvoorraad en de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat in de bodems die in 2017 en 2020 zijn gemeten door Eurofins, uitgesplitst naar de percelen (figuur 3.1).

Figure 3.9. Correlation between the total amount of phosphorus in the soil, and plant available phosphorus, measured by Eurofins in the 2017 en 2020 soil samples, arranged after field numbers (figure 3.1).

Ook voor kalium wordt een afname gemeten van gemiddeld 36% (tabel 3.6, figuur 3.10). Deze afname is er niet voor magnesium, althans deze is gemiddeld slechts 3%. Het gaat hier niet om de fractie die is ingebouwd in kleimineralen, deze wordt met de door Eurofins gebruikte methoden niet vrijgemaakt. Wel gaat het om de fractie die is gebonden aan het kation-uitwisselings complex. Kalium wordt makkelijk uitgewisseld tegen bijvoorbeeld zuurdeeltjes die onder de droge condities worden gevormd bij oxidatie van onder meer ammonium, zwavel en ijzer. Na vrijkomen kan het uitspoelen naar de ondergrond.

Ook magnesium kan op die manier worden afgevoerd, maar dit is iets minder makkelijk uitwisselbaar. Ook kan de uitwisselbare magnesiumvoorraad weer zijn aangevuld door het oplossen van magnesiumcarbonaat. Echter, kalk is in de bodem vooral aanwezig als calciumcarbonaat. Het door de verzuring oplossende calcium als gevolg dat relatief meer calcium bindt aan het uitwisselingscomplex, en daarmee met name kalium verdringt. Er zijn dus diverse mechanismen denkbaar die de afname in kalium kunnen verklaren.



Figuur 3.10. Correlatie tussen de hoeveelheid plant beschikbaar kalium en de hoeveelheid plant plant beschikbaar magnesium in bodems die in 2017 en 2020 zijn gemeten door Eurofins, uitgesplitst naar de percelen (zie figuur 3.1).

Figure 3.10. Correlation between plant available potassium and magnesium measured by Eurofins in the 2017 en 2020 soil samples, arranged after field numbers (figure 3.1)

Een lichte verzuring is mogelijk opgetreden tijdens de droge perioden in 2018 en 2019. Omdat zich kalk in de bodem bevindt, leidt dit wel tot het oplossen van enige kalk, maar niet tot een daling van de pH. Deze is in 2020 zelfs iets hoger dan in 2017 (tabel 6). Een factor die in dit verband interessant is, is het zwavelgehalte. Uit de metingen van B-WARE blijkt dat de bodem vrij zwavelrijk is en dat dit zwavel aanwezig is in het organisch materiaal (zwavelhoudend veen). Eurofins meet een afname van de zwavelvoorraad van 17% (tabel 6), wat verband kan houden met de afbraak van dit organisch materiaal. Maar ook wordt een toename van het zwavel leverend vermogen gemeten van maar liefst 60%. Het vrijgekomen zwavel lijkt hiermee dus ook meer beschikbaar te komen voor de plantengroei.

Een voorzichtige conclusie uit de metingen van Eurofins is dat er in de periode 2017-2020 sprake is van afbraak van organisch materiaal in de bovenste 10 centimeter van de bodemlaag, waarbij onder meer fosfaat en sulfaat is vrijgekomen. De afbraak van organisch materiaal is waarschijnlijk ook gepaard gegaan met een tijdelijke, lichte verzuring, die snel is gecompenseerd door het oplossen van in de bodem aanwezige kalk in de vorm van calciumcarbonaat en in veel mindere mate magnesiumcarbonaat. Protonen en calcium-ionen kunnen uitgewisseld zijn tegen uitwisselbaar kalium, dat daarna in versterkte mate is uitgespoeld. De fosfaatbeschikbaarheid is echter afgenomen, waarschijnlijk door een betere binding van fosfor aan ijzer als gevolg van de betere doorluchting. Dit alles zou dan het gevolg zijn van de extreem droge perioden in 2018 en 2019. De afgenomen fractie organisch stof kan een negatief effect hebben op het water leverend vermogen van de bodem en op het bodemleven. Deze conclusie is onder enig voorbehoud omdat slechts twee jaren onderling vergeleken worden, omdat het moeilijk is te schatten is hoeveel ruis er in de data (onnauwkeurigheden, andere monsterplekken e.d.) en in het veld (seizoensfluctuaties, ruimtelijke heterogeniteit e.d.) aanwezig is, en vanwege de onbekendheid met de exacte analysemethoden van Eurofins.



Foto 7. Dwars door Eemland loopt de zogenaamde Zomerdijk met aan weerszijden de laaggelegen weidevogelgraslanden (foto: Tim van den Broek).

4. Conclusies

4.1 Dominantie van zuringen & verschraling van voormalige landbouwgronden

Het zuringprobleem op landelijk niveau

Het zuringprobleem in de Eemland polder is een aspect van de onevenwichtigheden in de vegetatie die op kunnen treden als het beheer op voorheen intensief gebruikte en bemeste landbouwpercelen wordt geëxtensiverd. In figuur 4.1 is het zuringprobleem in dat kader geplaatst. In de figuur is de verschralingsreeks weergegeven van een intensief benutte raaigrasweide naar soortenrijke, halfnatuurlijke graslanden. Van links naar rechts worden de volgende stadia onderscheiden op vochtige kleibodem (Bax & Schippers, 1998):

- Raaigrasweide: door frequente bemesting zeer rijk aan stikstof en fosfor. Door de intensieve benutting (maaïen en/of beweiden) kunnen slechts enkele grassen zich handhaven en is engels raaigras (*Lolium perenne*) dominant
- Grassenmix: Kort na het stopzetten/verminderen van de bemesting loopt vooral de concentratie makkelijk uitwisselbaar fosfaat en nitraat terug naar nog altijd hoge waarden. Ook wordt er vaak minder intensief begraasd en/of beweïd. Meerdere snelgroeïende grassen kunnen dominant zijn afhankelijk van de omstandigheden: engels raaigras op betreden plaatsen, ruw beemdgras op goed ontwaterde delen fioringras op zeer vochtige plekken en mannagrass op de natste plekken.
- Dominantiestadia. De concentratie makkelijk uitwisselbaar nitraat en fosfaat loopt zo ver terug dat planten enige aanpassingen moeten hebben om aan voldoende voedingsstoffen te komen. Op klei kunnen dat bijvoorbeeld glanshaver (lichte klei), grote vossenstaart (zware klei) of gestreepte witbol (venige klei) zijn.
- Gras-Kruidenmix: Er is maar heel weinig makkelijk uitwisselbaar nitraat en fosfaat aanwezig. Plantensoorten moeten aanpassingen hebben om fosfaat uit de bodem los te weken, en werken vaak samen met schimmels. De fosforvoorraad is echter nog te hoog voor de natuurlijke situatie, waardoor er geen plek is voor veel soorten die veel investeren in het verkrijgen van voldoende voedingsstoffen.
- Kamgrasweiden & Dotterbloemhooilanden: Als ook de fosforvoorraad op het natuurlijke niveau is beland, ontstaat een soortenrijke gemeenschap. Deze wordt mede bepaald door de sterk uiteenlopende strategieën van soorten om aan voldoende voedingsstoffen te komen.

De evaluatie van de landelijk beschikbare gegevens over de groeiplaatsen van krul- en ridderzuring laat zien dat deze alleen voorkomen in een bodem die qua fosforvoorraad en hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat past bij een raaigrasweide, een grassenmix of een dominantiestadium. Dit kunnen relatief zandige bodems zijn, die dan doorgaans flink worden bemest. Vaak gaat het echter om kleibodems. De nitraatbeschikbaarheid is op de zuringstandplaatsen wat lager, gemiddeld op het niveau van het dominantiestadium. Dominantie van zuringen kan dus als een variant gezien worden van het dominantiestadium, en is dus te vergelijken met dominantie van bijvoorbeeld gestreepte witbol en pitrus. Specifieke bodemomstandigheden die leiden tot de zuringvariant zijn een goede basenverzadiging, een slechte doorluchting (met veel stikstof in de vorm van ammonium) en mogelijk ook een vrij hoog kaliumgehalte.

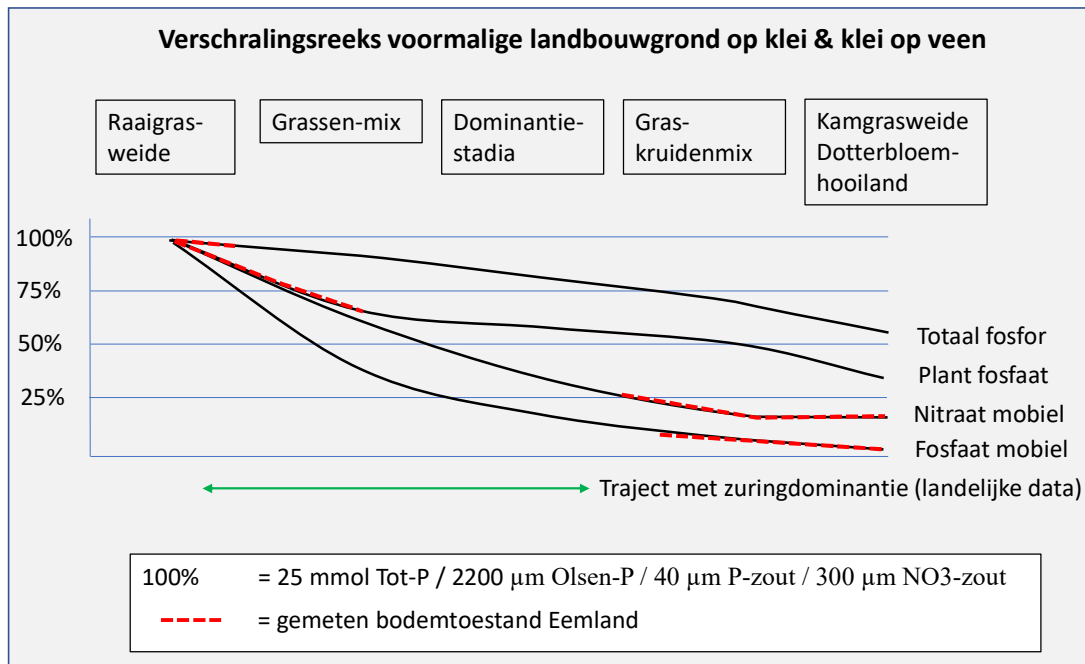
Het zuringprobleem in de Eemland polder

In figuur 4.1 is aangegeven in welke toestand voor stikstof en fosfor de bodems in de Eemland polder zich bevinden. Opvallend is dat de totale fosforvoorraad zich nog op het niveau van een gemiddelde raaigrasweide op klei bevindt en ook de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat hoog is.

Aan de andere kant zijn de hoeveelheden uitwisselbaar (mobiel) nitraat en fosfaat in de toplaag al gedaald tot het niveau van goed ontwikkelde kamgrasweiden en dotterbloemhooilanden. Voor nitraat kan dit verklaard worden door de natte, basenrijke bodem met vrij veel organisch materiaal. Nitraat wordt hier makkelijk omgevormd tot gasvormig stikstof (N₂). Wel is stikstof vrij veel aangetroffen in de vorm van ammonium, en het is zeker niet ondenkbaar dat de ammoniumconcentraties dieper in de bodem nog hoger zijn. Zuringen kunnen deze stikstofbron met hun penwortel goed bereiken. Het tegengestelde beeld voor fosfaat wordt verklaard door de eigenschappen van de hier afgezette kleibodem; deze is van nature rijk aan fosfor en ijzer. Daar bovenop is fosfor uit bemesting gekomen. De totale fosforvoorraad is dus hoog. Aan de andere kant wordt het mobiele fosfaat in de toplaag relatief goed gebonden aan het veel voorkomende ijzer. Ook hier geldt dat de keerzijde is dat in diepere bodemlagen fosfaat waarschijnlijk veel makkelijker vrij komt. Hier is wel veel minder vrij fosfaat aanwezig. De vegetatie laat zien dat de ontwikkeling naar een gras-kruidenmix slechts hier en daar is ingezet; het gros van de percelen laat een grassenmix of dominantiestadia zien. Binnen de Eemland polder zijn er vrijwel geen verschillen gevonden tussen de percelen met weinig of geen krulzuring en percelen met veel krulzuring. De totale voorraad en de beschikbaarheid van belangrijke elementen zoals fosfor, kalium, calcium en magnesium laat geen verschillen zien. Ook voor de Eemland polder kan dus geconcludeerd worden dat het zuringprobleem een variant is van dominantiestadia die op verschralende kleibodems kunnen optreden. Specifiek voor deze polder kan ook het late maaibeheer een rol spelen. Hieruit kunnen twee oplossingsrichtingen worden afgeleid voor het zuringprobleem: 1) verschraling van de bodem tot minimaal het niveau van een gras-kruidenmix en 2) wijziging van het beheer, waardoor een andere variant van het dominantiestadium wordt gestimuleerd. De perspectieven voor verschraling worden in de hierna volgende paragraaf besproken, experimentele wijzigingen in beheer worden in het vervolgonderzoek getest.



Foto 8. Eemland kenmerkt zich onder andere door de hoge waterstanden en open graslandpolders (Foto's: Tim van de Broek).



Figuur 4.1. Schematisch overzicht van de veranderingen in vegetatie en voedselrijkdom die optreden bij het verschrallen van grasland op landbouwgronden op klei. In het rood is aangegeven in welk bereik de bodem in de Eemland polder zich bevindt. Bij aanvang vindt een vrij snelle ontwikkeling plaats doordat mobiel nitraat en fosfaat verdwijnen. Maar een ontwikkeling tot halfnatuurlijke, soortenrijke graslanden vindt alleen plaats indien ook de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat en de totale fosforvoorraad verder dalen.

Figure 4.1. Theoretic changes in nutrient status in heavily fertilized grassland on clay soils that is converted to a less nutrient rich grassland. The red, dotted lines indicate the current status of the soil in the Eemland polder. The mobile fraction of phosphorus and nitrogen quickly declines, but after several years further nutrient limitation is inhibited due to the high amount of total phosphorus and plant available phosphorus (Olsen-P)

4.2 Perspectieven voor verschraling

Verschraling tot een gras-kruidentmix lijkt voldoende om een groot deel van het zuringprobleem op te lossen. Voor een deel zijn de typerende soorten al mondjesmaat aanwezig, zoals pinksterbloem en smalle weegbree. Echter, doelsoorten als veldzuring, echte koekoeksbloem, rood zwenkgras en reukgras ontbreken meestal nog. Wat is er nodig om te komen tot meer bloemrijke graslanden van vochtige kleigronden?

Een positief punt is dat de makkelijk oplosbare fractie van stikstof (nitraat) en fosfor (P-zout) in de toplaag laag is. Dit draagt bij aan het afremmen van normaal dominant wordende soorten als engels raaigras, pitrus en gestreepte witbol. In de Achterlanden is dit effect, vermoedelijk door de actievere ijzercyclus, nog wat sterker. Hier is de productie van de vegetatie ook lager (Valkema e.a., 2019). Grootste probleem is de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat die nog te hoog is. In een gras-kruidentmix is doorgaans 800-1500 micromol Olsen-P/liter aanwezig. Het gemiddelde voor de gepresenteerde referentiegegevens bedraagt 1300 micromol. Echter, op de percelen in de Eemland polder is ongeveer 1700-2500 micromol gemeten. Verder is in de resultaten geconstateerd dat een afname van 5 millimol totale fosforvoorraad leidt tot een afname van de hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat van 650 micromol, waarmee de gemiddelde waarde van 1,3 millimol voor kruidentrijk grasland op veel percelen wel wordt bereikt. Met maaien en afvoeren wordt in een productieve vegetatie ongeveer 20 kg fosfor/hectare/jaar afgevoerd.

Dit komt overeen met jaarlijks 0,7 millimol/liter, wanneer wordt uitgegaan van verschraling van de bovenste 10 centimeter. Dit lijkt een goede aanname, want op 10-20 cm diepte is de totale fosforvoorraad al flink lager. Dit zou betekenen dat 7 jaar maaien en afvoeren voldoende is om op het gewenste plant-beschikbare fosfaat niveau uit te komen voor bloemrijke graslanden. Echter, bij een eenmalige maaibeurt gecombineerd met nabeweiding wordt veel minder fosfaat afgevoerd en kan de verschralingsduur wellicht verdubbelen. De zuringen kunnen met hun diepe penwortel wel profiteren van fosfaat en ammonium dat in de zuurstofloze ondergrond makkelijk oplost. Het kan daarom gunstig zijn om voorafgaande aan en tijdens de bestrijding van zuringen het waterpeil wat lager te zetten. Wanneer grote zuringplanten eenmaal verdwenen zijn, komen deze ook niet makkelijk meer terug omdat de jonge planten niet bij deze mogelijke stikstof- en fosforbron kunnen komen.

Niettemin lijkt het er op dat een beperkt aantal jaren verschraling van de huidige percelen al zou moeten leiden tot een toename van de kruidenrijkdom. Op perceel 3 is deze kruidenrijkdom al aanwezig en is de Olsen-P met 1,75 millimol/kg al dicht bij het gewenste doel. De bodem op 10-20 cm diepte bevat hier slechts slecht 18 millimol totaal-P (tegen 30 millimol in de toplaag) en lijkt al schraal genoeg voor kruidenrijk grasland. De afgeschoven delen kennen nog geen hoge kruidenrijkdom. Wel is de fosfaatbeschikbaarheid er al op een laag niveau, dat zelfs beneden het gemiddelde voor kruidenrijke graslanden ligt. Hier lijkt de ontwikkeling van natte kamgrasweiden of dotterbloemhooilanden haalbaar. Wellicht is het interessant om hier maaisel van dergelijke doelvegetaties te introduceren op experimentele schaal.

Tenslotte is de afname van het organisch stofgehalte dat blijkt uit de resultaten van Eurofins een tamelijk verontrustend signaal. Dit kan via een verminderd bodemleven en een verminderd aantal bindingsplaatsen voor elementen zoals fosfor, kalium en magnesium, uiteindelijk een negatief effect hebben op het voedsel voor de weidevogels. De afname is waarschijnlijk gekoppeld aan de extreem droge zomers van 2018 en 2019. Het is waarschijnlijk dat er weer enig herstel optreedt bij na meerdere natte/normale zomers. Het lijkt er echter op dat de frequentie van droge zomers systematisch toeneemt.



Foto 9. Eemland kenmerkt zich onder andere door de hoge waterstanden en open graslandpolders (Foto's: Tim van de Broek).

5. Literatuur

- Bax, I. & W. Schippers, 1998. Ontwikkeling van botanisch waardevol grasland : veldgids. Publicatie IKC Natuurbeheer.
- Cavers, P.B. & Harper, J.L. (1964) Biological flora of the British Isles: *Rumex obtusifolius* L. and *R. crispus* L. *Journal of Ecology* 52, 737-766.
- Hellingman, S., A. van Vliet, 2013. Miljoenen bladhaantjes rond, op en in huizen Tuk. De Natuurkalender. <https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=18455>
- Idris , O.A., O. A Wintola & A. J. Afolayan, 2019. Evaluation of the Bioactivities of *Rumex crispus* L. Leaves and Root Extracts Using Toxicity, Antimicrobial, and Antiparasitic Assays. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2019(5): 1-13 <https://doi.org/10.1155/2019/6825297>
- HUMPHREYS, T., JANSEN, CULLETON, MACNAEIDHE & STOREY, 2002. Soil potassium supply and *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* abundance in silage and grazed grassland swards. *Weed Research* 39(1) 1-13 <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1999.00123.x>
- Křišťálová V., M. Hejcman K. Červená V. Pavlů, 2011 Effect of nitrogen and phosphorus availability on the emergence, growth and over-wintering of *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius*. *Grass and forage science* 66 (3): 361-369. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00797.x>
- Pye, A., 2008. Ecological Studies of *Rumex crispus* L. Propagation, Competition and Demography. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala
- Valkema, H. T. van den Broek & J. Roodhart, 2019. Onderzoeksvoorstel Ridder- en Krulzuringbestrijding in het Eemland. Natuurmonumenten.
- Van Eekeren N., Fehér L., Smeding F., Prins U. and Jansonius P. J. (2005). Controlling broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius*) in grass clover mixtures. In: *Grassland Science in Europe*, Vol. 11 391-393
- Zaller, J, 2004. Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (*Polygonaceae*): a review. *Weed research* 44(6):414 – 432 <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00416.x>

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

Het Kennisnetwerk Ontwikkeling Beheer Natuurkwaliteit:

- is een onafhankelijk en innovatief platform waarin beheer, beleid en wetenschap op het gebied van natuurherstel en -beheer samenwerken;
- ontwikkelt en verspreidt kennis met als doel het structureel herstel en beheer van natuurkwaliteit.



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

Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren (VBNE)

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

Alle publicaties en
producten van het
OBN Kennisnetwerk
zijn te vinden op
www.natuurkennis.nl

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

