

12-1-2018

Calcium- magnesiumbemesting op de veenbodem



Calcium-magnesiumbemesting op de veenbodem

Onderzoek naar de invloed van de calcium-magnesiumbemesting op veenbodemkwaliteitsparameters en de gevolgen voor het grasgewas

Mike Kroes

Agrarisch Ondernemerschap

Dier- en veehouderij

12-01-2018

Opdrachtgever: Louis Bolk Instituut

Afstudeerdocent: Karin Blok

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerwerkstuk dat deel uitmaakt van de afstudeerfase van mijn studie aan Aeres Hogeschool Dronten. Mijn afstudeerstage heb ik gelopen bij PPP Agro Advies, een bedrijf dat technisch en financieel advies verstrekt aan de Nederlandse melkveehouderij. Het bedrijf heeft een kantoor bij KTC Zegveld, waar ik werk. Toen ik op zoek was naar een onderwerp voor mijn afstudeerwerkstuk, kwam ik via mijn werk in aanraking met een calcium-magnesiumproef. Hierbij werd mij verteld dat naast de stikstofbemesting ook de verhouding tussen de mineralen calcium en magnesium van invloed is op de grasgroei. Aangezien ik altijd al interesse heb gehad in zaken die vernieuwend zijn, wekte dit innovatieve gegeven onmiddellijk mijn belangstelling.

Met dit afstudeerwerkstuk lever ik een bijdrage aan het onderzoek naar de invloed van de calcium-magnesiumbemesting op de veenbodems en de grasopbrengst dat nu twee jaar op de proefvelden loopt. Dit heb ik gedaan door middel van literatuuronderzoek, maar ook door de invloed van de verschillende behandelingen op de hoeveelheid en de soorten wormen en op de 480 gewasmonsters die ik genomen heb te vergelijken. Dit is voor mij extra interessant omdat ik in een maatschap met mijn vader een melkveehouderij heb. Binnen ons bedrijf viel het mij drie jaar geleden al op dat de magnesiumtoestand van onze gronden zodanig was dat sprake was van een magnesiumoverschot, terwijl de hoeveelheid magnesium gewonnen in het gewas achterbleef. Dus was het leuk uit te zoeken hoe de relatie van de bodemvoorraad correspondeert met de hoeveelheid magnesium in het gewas.

Zonder de hulp van verschillende mensen had ik dit afstudeerwerkstuk niet uit kunnen voeren. Bij deze wil ik daarom de heer J. Deru, onderzoeker bij het Louis Bolk instituut (LBI) mevrouw K. Blok, mijn begeleidend docent vanuit Aeres Hogeschool Almere, bedanken voor hun ondersteuning bij de totstandkoming van mijn plan van aanpak. Verder wil ik graag mevrouw R. Bruinenberg en de heer H. Dullaert van het LBI dankzeggen voor hun hulp bij het nemen, verwerken en determineren van de wormenmonsters. De heer K. van Houwelingen van KTC Zegveld ben ik erkentelijk voor zijn assistentie bij het prepareren en bemesten van de proefvelden en het nemen van de grasmonsters. Tot slot gaat mijn dank uit naar de melkveehouders de heer A. de Wit, de heer J. Graveland en de heer R. Korrel voor het beschikbaar stellen van de percelen voor het onderzoek.

Mike Kroes
Zegveld, januari 2018

Samenvatting afstudeerwerkstuk

Calcium-magnesiumbemesting op de veenbodem

Onderzoek naar de invloed van de calcium-magnesiumbemesting op veenbodemkwaliteitsparameters en de gevolgen voor het grasgewas

Dit onderzoek richt zich op de calcium- en magnesiumbemesting op de veenbodem. Onderzocht is wat de invloed is van kalk (CaCO_3), gips (CaSO_4), magnesiet (MgCO_3) en kieseriet (MgSO_4) op de calcium-magnesiumverhouding, de pH_{H2O}, de bodemstructuur, de afbraak van organische stof, het aantal en de verschillende soorten regenwormen en op grasopbrengst in kilogrammen (kg) droge stof, ruw eiwit en voedereenheid melk (VEM). De aanleiding hiervoor was de kennishiaat met betrekking tot de calcium-magnesiumverhouding op veen. Wel heeft Deru (2012) een positieve correlatie gevonden tussen grasproductie en de calcium-magnesiumverhouding. Deze bevinding ondersteunt de conclusies van Albrecht (1975) dat de calcium-magnesiumverhouding mogelijk essentiëler is voor de gewasopbrengst dan de bemesting met stikstof.

Dit afstudeerproject bouwt voort op een eerder onderzoek van het LBI, dat nagaat hoe de calcium-magnesiumverhouding het ecosysteem en de bodemkwaliteit van veenweilanden beïnvloedt. Het LBI heeft tijdens dit onderzoek ondersteuning geboden en daarnaast gegevens aangeleverd die hebben bijgedragen aan de conclusies van dit verslag. In hoofdstuk 2, dat de onderzoeksmethode behandelt, staan de onderlinge verhoudingen beschreven. Na literatuuronderzoek naar de calcium-magnesiumverhouding en de invloed hiervan op de verschillende bodemeigenschappen en producties is een plan van aanpak opgesteld. Voorts is gebruikgemaakt van de praktijkonderzoeken die het LBI reeds heeft uitgevoerd, waaraan ook de student had meegewerkt.

Uit de literatuurstudie kwamen de volgende hoofdvraag en zes deelvragen naar voren:

“Wat is het effect van calcium- en magnesiummeststoffen op bodemkwaliteitsparameters en de grasproductie op veenbodems?”

- 1.a. Wat is het effect op de calcium-magnesiumverhouding in veenbodems na bemestingen met verschillende ‘kalkmeststoffen’ zoals CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 en MgSO_4 ?
- 1.b. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de pH-H₂O van de veenbodem?
2. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?
3. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?
4. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal en de verschillende soorten regenwormen?
5. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de voederwaarde van het gras en de grasopbrengst?

Kalk (CaCO_3): kalk verhoogt zowel de calcium-magnesiumverhouding als de pH en versnelt de veenafbraak, zeker wanneer meer dan 750 kg per hectare bemest wordt. Volgens de literatuur zou het aantal wormen bij een bemesting met kalk toe moeten nemen. Het praktijkonderzoek heeft dit echter niet aangetoond. Bemesten met kalk zorgt wel voor een toename in het drogestofgehalte, de VEM en de ruweiwitproductie.

Gips (CaSO_4): gips verhoogt de calcium-magnesiumverhouding, maar laat de pH licht dalen. Het verbetert de structuur en heeft volgens de literatuur een licht negatieve invloed op wormen, maar uit het praktijkonderzoek kwam dit niet eenduidig naar voren. Gips zorgt ook voor een verlaagde drogestofproductie.

Magnesiet (MgCO_3): magnesiet verlaagt de calcium-magnesiumverhouding, maar het verhoogt de pH. Hierdoor werd ook een verlaagde organische stof verwacht, maar dit is in het praktijkonderzoek niet aangetoond. Magnesiet is gunstig voor het aantal wormen, maar niet bij alle bodemsoorten. Ten slotte zorgt magnesiet voor een verhoogde drogestofopbrengst.

Kieseriet (MgSO_4): kieseriet verlaagt de calcium-magnesiumverhouding en heeft geen effect op de pH, al kan het op sommige veenbodems wel voor een verhoogde hoeveelheid organische stof zorgen. Kieseriet lijkt echter geen invloed te hebben op de grasopbrengst in kg droge stof, de hoeveelheid VEM of ruw eiwit.

Abstract

Calcium-magnesium Fertilization on Peat Soils

Research on the influence of calcium-magnesium fertilization on peat meadow parameters and the consequences for the grass crop.

This study considers calcium-magnesium fertilization in peat meadows, emphasizing the influence of chalk (CaCO_3), gypsum (CaSO_4), magnesite (MgCO_3) and kieserite (MgSO_4) on peat soils. After considering the influence of these fertilizers on calcium-magnesium saturation, this study proceeds to consider the $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, the soil structure, the degradation of organic matter, the number of earthworms and the different species of earthworms, the grass production in kilograms dry matter, and the protein and energy content of the grass. This study was conducted because of a knowledge gap concerning the calcium-magnesium ratio of peat meadows. All we knew is that Deru (2012) reports a positive correlation between grass production and the calcium-magnesium ratio of peat soils. These findings support Albrecht (1975) concerning the importance of the calcium-magnesium ratio compared to that of fertilization with nitrogen.

The student tagged along with an existing study by the Louis Bolk Institute (LBI), which looks after the ecosystem and soil quality of peat meadows influenced by changes in soil calcium-magnesium ratio. The student contributed to this research. In addition, the results from the LBI are used to answer a research question from this report. Chapter 2 describes the ratio of work done by the student and information used from the LBI. At first, a plan of action was made after a literature study into the calcium-magnesium ratio and the influence on different soil characteristics and production. In addition, information regarding the research done by the LBI and the student was used. The LBI helped perform different elements of this practical study.

After the literature study was completed, the following sub-questions and research question were formed: What is the influence of these lime fertilizers on the soil parameters and grass production on peat soils?

- 1.a. What is the consequence of different lime fertilizers like CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 and MgSO_4 on the calcium-magnesium ratio?
- 1.b. What are the effects of these lime fertilizers on $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$?
2. What is the influence of these lime fertilizers on the soil structure?
3. What is the influence of these lime fertilizers on the degradation of organic matter in peat soils?
4. What is the influence of these lime fertilizers on the number and different species of earthworms?
5. What is the influence of these lime fertilizers on the production of proteins, energy content, and grass in kilograms of dry matter?

Chalk (CaCO_3): Chalk raises the calcium-magnesium ratio and pH and accelerates peat soil degradation—especially when more than 750 kg per hectare is applied. According to the literature, the number of earthworms should increase; but this was not found in the practical research. Fertilization with chalk leads to a higher production of kilograms of grass dry matter and to greater energy and protein content.

Gypsum (CaSO_4): Gypsum raises the calcium-magnesium ratio but decreases pH. Gypsum improves the soil structure but, according to the literature, has a negative influence on the number of worms. This is not found in the practical research, however. Gypsum decreases dry-matter production.

Magnesite (MgCO_3): Magnesite decreases the calcium-magnesium ratio, but increases pH. This is why the amount of organic matter increases. But the practical research does not confirm this. Magnesite is positive for the number of earthworms, this does not apply to all the locations considered in the practical research. Magnesite does increase the dry matter production.

Kieserite (MgSO_4): Kieserite decreases the calcium-magnesium ratio and does not have any effect on pH, but it can cause a higher amount of organic matter in the peat soil. It seems that kieserite does not have any influence on either dry-matter production or the production of protein and energy in the grass.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	2
Samenvatting afstudeerwerkstuk.....	3
Abstract	4
Inhoudsopgave	5
Begrippen en afkortingenlijst	7
1. Het ontstaan van het onderzoek	8
1.1 Inleiding	8
1.2 Aanleiding	8
1.3 Relevantie	10
1.4 Probleemstelling.....	10
1.5 Doelstelling	12
1.6 De proeflocaties.....	12
1.7 Leeswijzer	13
2. Onderzoeksmethode	14
2.2 Praktijkonderzoek.....	14
2.2.1 Materiaal en methode ‘wormen in kaart brengen’.....	14
2.2.2 Analyse versgrasmonsters	14
2.3 Materiaal en methode hoofdonderzoek door het LBI.....	15
2.3.1 Proefopzet.....	15
2.3.2 Metingen.....	15
3.Resultaten en Analyse	17
3.1 Literatuuronderzoek	17
3.1.1 Wat is het effect op de calcium-magnesiumverhouding in veenbodems na bemestingen met verschillende ‘kalkmeststoffen’ zoals CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 en MgSO_4 ?	17
3.1.2 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de pH- H_2O van de veenbodem?	17
3.1.3 Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?	17
3.1.4 Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?	18
3.1.5 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal en de verschillende soorten regenwormen?	18
3.1.6 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de voederwaarde van het gras en de grasopbrengst?	19
3.2 Praktijkonderzoek.....	19
3.2.1 Wat is het effect op de calcium-magnesiumverhouding en de pH in veenbodems na bemestingen met verschillende ‘kalkmeststoffen’ zoals CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 en MgSO_4 ?	19
3.2.2 Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?	20

3.2.3 Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?	20
3.2.4 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal en de verschillende soorten regenwormen?	21
3.2.5 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de voederwaarde van het gras (VEM en RE) en de grasopbrengst?	23
4. Discussie	25
4.1 Algemene en methode aspecten?	25
4.2 Suggesties voor vervolgonderzoek.	25
1.b. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de pH-H ₂ O van de veenbodem?	25
2. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?	25
3. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?	25
5. Conclusies en Aanbevelingen	27
1.b. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de pH-H ₂ O van de veenbodem?	27
2. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?	27
3. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?	27
4. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal en de verschillende soorten regenwormen?	27
5. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de voederwaarde van het gras en de grasopbrengst?	28
Wat is het effect van calcium- en magnesiummeststoffen op bodemkwaliteitsparameters en de grasproductie op veenbodems?	28
Aanbevelingen	28
Literatuurlijst	29
Bijlagen	32
Bijlage 1 Statistische analyse van de drogestofopbrengst(2016) in spss	32
Oneway Anova	32
Bijlage 2 De statistische vergelijking van de ruw eiwit opbrengsten op de verschillende locaties bij de verschillende behandelingen 2015	35
Bijlage 3 Statistische analyse van de VEM opbrengsten op de verschillende locaties met de verschillende behandelingen 2015.	38

Begrippen en afkortingenlijst

In dit hoofdstuk worden de gebruikte begrippen en afkortingen toegelicht

Begrippenlijst

CEC	De CEC is de capaciteit van de bodem om positief geladen ionen uit te wisselen met het bodemvocht
EL-FAME	Een methode om de microbiële biomassa te bepalen
HWC	Een methode om de hoeveelheid koolstof die oplost in heet water te bepalen
Kation-verzadigingspercentage	De mate waarin iets met kationen verzadigd is
Wormdeterminator	Persoon die opgeleid is verschillende soorten wormen te onderscheiden
PLFA	Een manier om de microbiële biomassa te bepalen door de vetzuren van het celmembraan te extraheren en te kwantificeren

Afkortingenlijst

CA	Calcium
CaCO_3	Kalk
CaSO_4	Gips
CEC	Cation exchange capacity
EL-FAME	ester-linked fatty acid methyl ester
HWC	Hot water carbon
K	Kali
LBI	Louis Bolk instituut
LSD	Least significant difference
Mg	Magnesium
MgCO_3	Magnesiet
MgSO_4	Kieseriet
N	Stikstof
P	Fosfaat
PLFA	Phospholipid fatty acids
RE	Ruw eiwit
TEC	Total exchange capacity
VEM	Voeder eenheid melk

1. Het ontstaan van het onderzoek

1.1 Inleiding

KTC Zegveld is actief in het westelijk veengebied in Nederland, deze coöperatie onderzoekt de mogelijkheden van dit gebied in allerlei facetten. Aangezien het LBI dat met KTC Zegveld samenwerkt in een eerder onderzoek achter kwam dat er een verband is tussen de calcium- magnesiumverhouding en de gewasproductie, werd gedacht dat dit ook relevant kon zijn voor de melkveehouderij in het gebied. Het veengebied in westelijk Nederland brengt een aantal specifieke eigenschappen en daarmee samenhangende uitdagingen met zich mee. Van de Riet (2007) zegt hierover: “De bodemdaling in de veenweiden heeft een aantal grote consequenties, zoals een vergroot risico op overstromingen, sterkere verdroging in natuurgebieden en steeds hoger wordende bemalingskosten. Naast de problematiek van bodemdaling moeten in de discussie omtrent de toekomst van de veenweidegebieden ook andere aspecten worden meegenomen zoals de zeespiegelstijging (geschat op 60 centimeter in de komende eeuw) en de tektonische kanteling van West-Nederland. Het dilemma van de Nederlandse veenweidegebieden is dat enerzijds ontwatering noodzakelijk is voor agrarisch gebruik, terwijl anderzijds een hoog peil nodig is om de oxidatie van veen te remmen en het veen (weide) landschap te behouden.”

1.2 Aanleiding

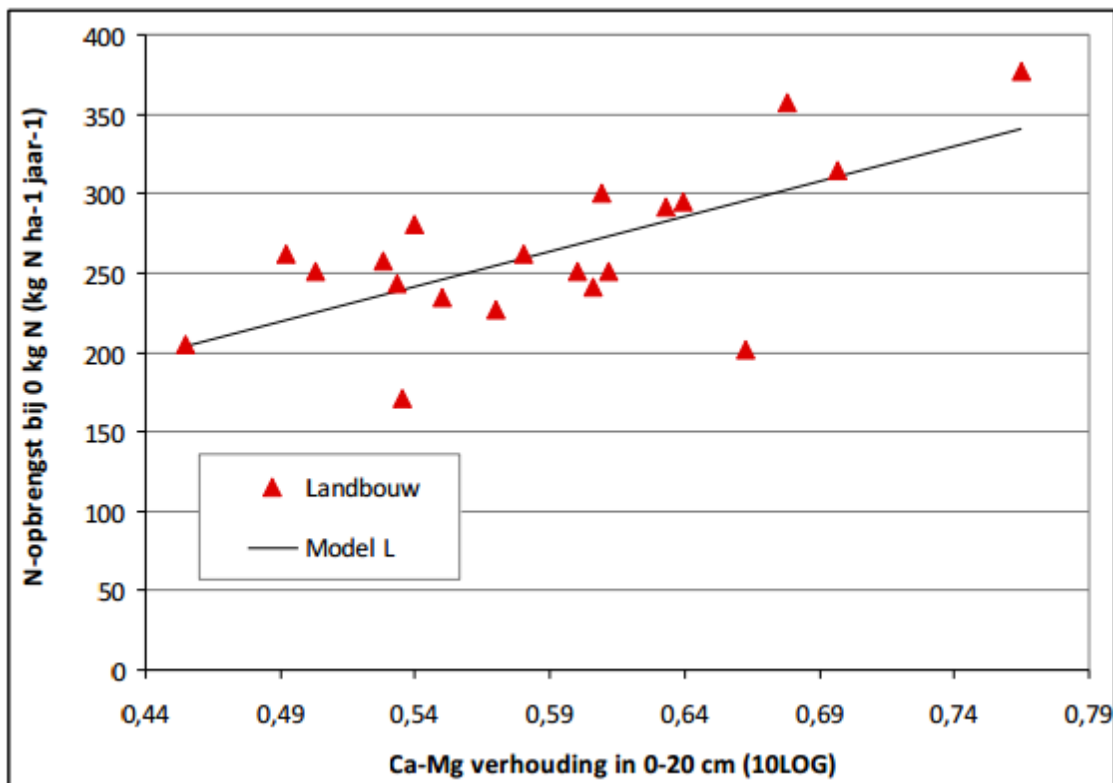
Wat voor de ene grondsoort geldt, is niet per definitie aan de orde voor de andere grondsoort. In dit afstudeerwerkstuk wordt specifiek gekeken naar de gevolgen van calcium-magnesiumbemesting voor veenbodems. Het onderzoek is gericht op agrariërs, adviseurs, natuurorganisaties en regionale bestuurders, waardoor ervoor is gekozen uitsluitend bepaalde bodemparameters te bekijken. Deze parameters hebben allen zowel invloed op de grasproductie voor de agrariërs, op de milieu eisen van de overheid en op de eisen die bepaalde weidevogels en planten hebben. Dit zijn de pH, de calcium-magnesiumverhouding, de bodemstructuur, de hoeveelheid en soorten regenwormen en de afbraak van de organische stof. Ook de grasopbrengst en de voederwaarde hiervan, die een gevolg zijn van deze bodemparameters, worden in het onderzoek meegenomen. Voor de veenbodemecosystemen hebben de auteurs van (Deru et al., 2012) drie hoofddiensten benoemd, namelijk; productie, milieuregulatie en habitat en biodiversiteit. Tabel 1 geeft weer welke parameters bij de verschillende categorieën horen.

Tabel 1 Doel van veenbodemecosystemen

Productie	Milieuregulatie	Habitat en biodiversiteit
Grasproductie	Organischestofopbouw	Behouden van diversiteit in bodemleven
Bodemstructuur behouden	Waterkwaliteit	Behouden van biodiversiteit in flora
Berijdbaarheid	Klimaatmitigatie en -adaptatie	Behouden van biodiversiteit in weidevogels
Loslaten van nutriënten		

De voornoemde parameters zullen de leidraad zijn voor de hoofd- en deelvragen. De nadruk zal daarbij in dit onderzoek liggen op de parameters die vallen onder productie.

Eerder onderzoek (Deru et al., 2012) van het LBI op 40 proefvelden in het westelijk veengebied van Nederland (provincies Utrecht, Zuid-Holland en Noord-Holland) heeft een positieve correlatie aangetoond tussen de calcium-magnesiumverhouding en het stikstofleverend vermogen van deze bodem. Dit is te zien in figuur 1 (Deru et al., 2012, p. 36). Op de Y-as is de stikstof (N) opbrengst te zien zonder bemesting van die element, en op de X-as is de calcium-magnesiumverhouding te zien. Te zien is dat naarmate de calcium-magnesium verhouding hoger wordt de stikstof opbrengst ook toeneemt.



Figuur 1 Het verband tussen de Ca-Mg-verhouding en de N-opbrengst van gras bij een bemesting van 0 kg N

Omdat er bij nul kilogram stikstofbemesting alsnog veel stikstofopbrengst kan zijn, en gras geen stikstof uit de lucht kan halen, kan het alleen zo zijn dat de stikstof, naast de stikstofdepositie van 29 kilogram per hectare (Kooiman, 2012) uit de bodem komt. Het stikstofleverend vermogen van de grond is de stikstof die een plant niet opneemt uit bemesting, maar uit de bodemvoorraad. Omdat in veenbodems organische stof aanwezig is van lang voor landbouwkundig gebruik van de bodem, is de bodemvoorraad stikstof relatief groot vergeleken met andere bodemtypes (Van Kekem, 2004).

In een bodem is een complexe wereld aanwezig die voor de nutriënten van de planten kan zorgen. Een onderdeel hiervan is het bodemleven, waar regenwormen deel van uitmaken. Deze regenwormen kunnen vers organisch materiaal als grasresten verteren, zodat bacteriën en schimmels daar weer beschikbare nutriënten voor de grasplant van kunnen maken. Verder heeft de regenworm een positieve invloed op de structuur van een bodem (Van Eekeren et al., 2014). Jongerius (1957) omschrijft het begrip bodemstructuur als volgt:

“Bodemstructuur is de ruimtelijke rangschikking van de elementaire bestanddelen en hun eventuele aggregaten, alsmede van de holten die in de bodem voorkomen.” Deze structuur kan bepaald worden door het gebruik van een penetrometer, die de doordringingweerstand en het draagvermogen van een bodem kan bepalen. Dit is belangrijk voor onder andere de infiltratie van regenwater in de bodem en het voorkomen van een zuurstofloze bovengrond.

Onderzoek van Deru et al. (2012) heeft een verband tussen grasopbrengst en de calcium-magnesiumverhouding aangetoond. Volgens Albrecht (1975), Bear et al. (1945) en Graham (1959) kan de invloed van de calcium-magnesiumverhouding op gewasgroei veroorzaakt worden door veranderingen in de microstructuur en aan grasgroei gerelateerde fysische bodemeigenschappen in combinatie met een optimale chemische bodemsamenstelling voor gewasgroei. Deze auteurs dragen het concept van de ‘ideale bodem’ waarbij de verhoudingen tussen kationverzadigings-percentages van de Cation Exchange Capacity (CEC) belangrijker zijn dan de absolute hoeveelheden. De ideale verhouding tussen calcium en magnesium zou 6:1 zijn (waarbij calcium 65-85% van de kationverzadiging voor zijn rekening neemt en magnesium tussen de 6% en 12%) (Graham, 1959). Desondanks zijn deze ideeën bekritiseerd op basis van experimenten waarbij sterkere relaties zijn gevonden tussen gewasopbrengst en absolute kationhoeveelheden, in plaats van verhoudingen tussen kationen (Hunter, 1949; Key et al., 1962; Koppitke & Menzies, 2007; Liebhardt, 1981; McLean et al., 1983).

In het Midden-Westen van de Verenigde Staten is het enige onderzoek gedaan door (Dontsova & Norton, 2002) naar de invloed van de calcium-magnesiumverhouding op bodemstructuur en waterdoorlaatbaarheid. Dit

onderzoek vond plaats om het dichtslibben van de bovenste 20 centimeter van de bodem, de lage waterdoorlaatbaarheid en de erosie van mineralen te verklaren. Deze verschijnselen komen veel voor in het gebied in Amerika dat de 'Corn Belt' genoemd wordt. Het onderzoek werd uitgevoerd op vier locaties met verschillende grondsoorten; drie met een leembodem en één met een kleiige leembodem (veenbodems waren dus niet bij dit onderzoek betrokken). Twee van voornoemde locaties hadden een hoge calcium-magnesiumverhouding, de andere twee een lage. Uit de studie van voornoemde auteurs is gebleken dat een lage calcium-magnesiumverhouding in de bodem de structuur en waterdoorlaatbaarheid op kleibodems negatief beïnvloedt, vanwege de lagere calcium- en hogere magnesiumverzadiging van de CEC, omdat kleimineralen minder sterk verbonden zijn met elkaar door magnesium- dan door calciumionen. Deze studie gaat in op de invloed van calcium-magnesiumverhouding op kleibodems, en dit afstudeerwerkstuk gaat in op de invloed van de calcium- magnesiumverhouding op veenbodems.

1.3 Relevantie

Bij het LBI en KTC Zegveld is niks bekend over de calcium-magnesiumverhouding op veen. Ook in relevante literatuur waren er geen aanknopingspunten voor de calcium-magnesiumverhouding op veen te vinden, waardoor gesteld kan worden dat sprake is van een 'knowledge gap'. Op grond van voornoemde invloed op veengrond (zie figuur 1) verwacht het LBI dat de verhouding van calcium en magnesium op veenbodems een belangrijke invloed kan hebben op de grasopbrengst. Deze invloed zou zelfs groter kunnen zijn dan die van de hoeveelheid stikstofbemesting (zie figuur 1). Het LBI heeft een onderzoek opgezet dat de invloeden analyseert van bemesting met kalk, gips, magnesiet en kieseriet op de calcium-magnesiumverhouding en de grasopbrengst op veenbodems. Meer informatie over de opzet van het onderzoek volgt in Hoofdstuk 2. Dit onderzoek is een aanvulling op het onderzoek van het LBI.

Tussen het voornoemde afstudeerwerkstuk en de afstudeerstage is een relatie, omdat beide bedrijven (PPP Agro Advies voor de afstudeerstage en het LBI voor het afstudeerwerkstuk) actief zijn op KTC Zegveld, een kennistransfercentrum. Dit is een voormalige proefboerderij van de Wageningen Universiteit. Het feit dat nog weinig bekend is over de relatie tussen de calcium-magnesiumverhouding van de veenbodem en de grasopbrengst in de breedste zin van het woord maakt dat het onderwerp relevant is om te onderzoeken.

Doelgroep

Deze afstudeeropdracht wordt voor en in samenwerking met het LBI uitgevoerd. Dit instituut staat bekend om zijn bodemonderzoek. Het LBI is in eerste instantie dan ook de doelgroep van dit rapport. Ten tweede moet dit onderzoek agrariërs die gras op veen telen, helpen om hierbij verder te kijken dan alleen naar de stikstof- en fosfaatbemesting. Als de hypothese van het onderzoek bevestigd wordt (een betere calcium-magnesiumverhouding geeft een hogere grasopbrengst), dan is dit onderzoek relevant voor de doelgroep. Dat zou namelijk betekenen dat er met minder bemesting van stikstof meer kilogrammen drogestof gras geoogst kunnen worden. Dit heeft weer een positieve invloed op de duurzaamheid van de Nederlandse veehouderij.

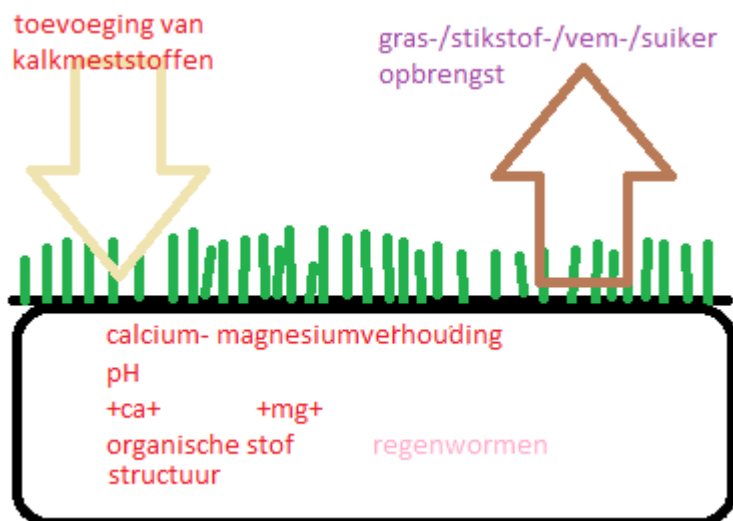
1.4 Probleemstelling

Om erachter te komen wat al bekend is over de calcium-magnesiumverhouding, is literatuuronderzoek nodig. De beschikbare literatuur betreft vooral onderzoek dat gedaan is op andere grondsoorten dan veen. Ook is kennis over dit onderwerp beschikbaar in de vorm van onderzoeken die het LBI al gedaan heeft.

Op basis van de eerder omschreven aanleiding van het onderzoek is de volgende hoofdvraag opgesteld.

Hoofdvraag: 'Wat is het effect van calcium- en magnesiummeststoffen op bodemkwaliteitsparameters en de grasproductie op veenbodems?'

Figuur 2 is een schematische weergave van de verhouding tussen de verschillende aspecten waar de bemesting met calcium- en magnesiummeststoffen invloed op heeft. Te zien is op welke bodemkwaliteitsparameters de toevoeging van kalkmeststoffen invloed heeft. Bij de pijl omhoog is geschreven wat dit te betekenen heeft voor de productie.



Figuur 2 Schematische weergave van de hoofdvraag

Om tot een antwoord op de hoofdvraag te komen, is een aantal deelvragen opgesteld. Hierin komen de bodemkwaliteitsparameters terug die in het verslag behandeld worden. Dit zijn pH, bodemstructuur, regenwormen, het organischestofgehalte en de calcium-magnesiumverhouding.

Deelvraag 1

De verwachting dat bemesting met calcium- en magnesiummeststoffen de calcium-magnesiumverhouding verandert, leidt tot de volgende deelvraag (1a): 'Wat is het effect op de calcium-magnesiumverhouding in veenbodems na bemestingen met verschillende kalkmeststoffen zoals CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 en MgSO_4 ?' Uit het feit dat van kalk bekend is dat het de pH van een bodem verhoogt, is deelvraag 1b afgeleid: 'Wat is het effect van deze meststoffen op de pH- H_2O van de veenbodem?'

Deelvraag 2

Uit het aangetoonde verband tussen gipsbemesting en een verbeterde structuur van kleibodems in Nederland (Malda, 2005) vloeit deelvraag 2 voort: 'Wat is de invloed van de calcium-magnesiumbemesting op de structuur van de veenbodem?'

Deelvraag 3

Aangezien verondersteld wordt dat calcium- of magnesiumbemesting invloed heeft op de grasgroei op de veenbodem, wordt verwacht dat dit ook invloed heeft op de afbraak van organische stof. Op basis van deze verwachting is deelvraag 3 opgesteld: 'Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?'

Deelvraag 4

Het is bekend dat het aantal wormen toeneemt door een hogere pH (Pons, L.J., 1959). Of de pH-waarde ook invloed heeft op bijvoorbeeld de grootte of de soortendiversiteit van regenwormen, is onbekend. Deswege is deelvraag 4: 'Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal regenwormen en de verschillende soorten regenwormen?'

Deelvraag 5

Als een bemesting met calcium of magnesium een positieve invloed heeft op de grasopbrengst, heeft dit dan gevolgen voor de voederwaarde van dit gras?

Verwachte uitkomsten van de hoofd- en deelvragen:

Uit de kennis van het LBI en de besproken literatuur zijn de volgende hypothese opgesteld.

Hoofdvraag.

Hypothese: De verwachting is dat bij een betere calcium-magnesiumverhouding de structuur van de bodem verbetert, en hierdoor ook de grasopbrengst.

1.a.

Hypothese: De verwachting is dat de kalkmeststoffen kalk (CaCO_3) en gips (CaSO_4) een verhogend effect hebben op de calcium-magnesiumverhouding en dat de magnesiummeststoffen magnesiet (MgCO_3) en kieseriet (MgSO_4) een verlagend effect hebben op de calcium-magnesiumverhouding.

1.b.

Hypothese: De verwachting is dat de kalkmeststof (CaCO_3) in ieder geval de pH verhoogt, en dat gips (CaSO_4) een klein verlagend effect heeft op de pH (Malda, 2005). Ook is te verwachten dat magnesiet (MgCO_3) de pH verhoogt en dat kieseriet (MgSO_4) deze verlaagt.

2.

Hypothese: De verwachting is dat de calciummeststoffen de bodemstructuur verbeteren. De verwachting voor de magnesiummeststoffen is dat ze de calcium-magnesiumverhouding verlagen en daardoor een negatief effect hebben op de bodemstructuur.

3.

Hypothese: De verwachting is dat de kalkbemestingen het bodemleven activeren om stikstof af te staan aan het gras dat erop groeit. Deze stikstof komt vrij doordat de organische stof wordt afgebroken.

4.

Hypothese: Te verwachten is dat bij de velden met kalkbemesting meer wormen aanwezig zijn dan bij de andere velden.

5.

Hypothese: Er wordt bemest met kalkmeststoffen; mogelijk zijn van de bemeste stoffen enkele componenten in het gras terug te vinden.

1.5 Doelstelling

Dit afstudeerwerkstuk bestaat uit een onderzoek dat behandelt of de calcium-magnesiumverhouding stuurbaar is op veenbodems, hoe hiermee de grasproductie kan worden beïnvloed en wat daarvan de oorzaak is. Het rapport omvat een literatuurstudie waarbij het literatuuronderzoek zelf op veen wordt toegespitst. Het resultaat moet antwoord geven op de hoofd- en deelvragen en daarnaast informatie opleveren over de praktische toepasbaarheid voor een veehouder. Bij een bevestiging van de hypothese bij de hoofdvraag kan de veehouder de graslandproductie verbeteren door de calcium-magnesiumverhouding van zijn bodem te veranderen. Dit is gunstig voor zijn stikstofefficiëntie, wat ervoor kan zorgen dat hij minder stikstofkunstmest hoeft aan te kopen voor een vergelijkbare grasopbrengst. Ook hoeft hij mogelijk minder voer aan te kopen om zijn koeien van voeding te voorzien.

Dit eindproduct is een onderzoeksrapport, dat een aanvulling is op het rapport van het LBI. Vervolgens kan het gepubliceerd worden in een brochure van het LBI en eventueel in vakbladen voor de melkveehouderij.

1.6 De proeflocaties

Het LBI heeft de proeflocaties uitgezocht op de volgende criteria:

- Het blijvend grasland staat onder gangbaar agrarisch management, om zo de relevantie voor de sector te bewaken.
- Het betreft veenbodems, met minimaal 25% organische stof in de laag 0-10 cm.
- Het land is minimaal vijf jaar grasland.

De proef is op drie percelen uitgevoerd, waarvan een in Utrecht, een in Noord-Holland en een in Zuid-Holland.

Oudewater (Utrecht):

Het proefperceel in Utrecht ligt bij dhr. Graveland te Oudewater. Het perceel is onder normaal agrarisch management en heeft een organischestofpercentage van 44,3% in de bovenste 10 centimeter van de bodem.

Deze gegevens zijn terug te vinden in de tabel 'Gemiddelde chemische grondsamenstelling oktober 2015' in hoofdstuk 3 Resultaten en Analyse, onder de kolom 'GR (Graveland)'.

Oudekerk a/d Amstel (Noord-Holland):

Het proefperceel in Noord-Holland ligt bij dhr. Korrel te Oudekerk a/d Amstel. Het perceel is onder normaal agrarisch management en heeft een organischestofpercentage van 34,2% in de bovenste 10 centimeter van de bodem. Gegevens hierover zijn terug te vinden in de tabel 'Gemiddelde chemische grondsamenstelling oktober 2015' in hoofdstuk 3, onder de kolom 'KO (Korrel)'.

Reeuwijk (Zuid-Holland):

Het proefperceel in Zuid-Holland ligt bij dhr. De Wit te Reeuwijk. Het perceel is onder normaal agrarisch management en heeft een organischestofpercentage van 35,2% in de bovenste 10 centimeter van de bodem. Dit is eveneens terug te vinden in de tabel 'Gemiddelde chemische grondsamenstelling oktober 2015' in hoofdstuk 3, onder de kolom 'DW (De Wit)'.

1.7 Leeswijzer

In dit hoofdstuk is de aanleiding voor het onderzoek, evenals de relevantie en de doelgroep behandeld. In hoofdstuk 2 worden de onderzoeksmethodes toegelicht die voor het literatuuronderzoek gebruikt zijn. Tevens wordt beschreven hoe het praktijkonderzoek uitgevoerd is. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten en de bijbehorende analyse weer. Hoofdstuk 4 bevat de discussie over het uitgevoerde onderzoek, waarbij de resultaten worden vergeleken met de verwachtingen en aanbevelingen worden gedaan voor een eventueel vervolgonderzoek. In hoofdstuk 5 worden de conclusies per deelvraag gepresenteerd en wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag. Dit hoofdstuk bevat eveneens aanbevelingen voor de praktijk. Tot slot komen de literatuurlijst en de bijlagen aan bod.

2. Onderzoeksmethode

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke methode gebruikt is om tot de resultaten te komen. Aan bod komt welke bronnen zijn gebruikt, hoe er onderzoek is verricht en hoe de literatuurstudie is aangepakt. De resultaten van de literatuurstudie en van het praktijkonderzoek komen in het volgende hoofdstuk aan de orde.

2.1 Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek is verricht door wetenschappelijke informatie te zoeken over de bodem en plantgroei in het algemeen. De literatuurstudie heeft betrekking op de vraag of er sprake is van extra grasgroei door een verbeterde calcium-magnesiumverhouding. De andere deelvragen worden beantwoord met behulp van het praktijkgedeelte van dit onderzoek. Dit dient, naast het vooronderzoek ten behoeve van de onderzoeksvragen, als basis voor de beantwoording van de hoofdvraag. Verder worden de onderwerpen pH, organische stof, calcium, magnesium, structuur en regenwormen verder uitgediept. Er is vooral gezocht naar wetenschappelijke bronnen die online staan. Verder is de bibliotheek van Aeres Hogeschool locatie Dronten benut. Ook is gebruikgemaakt van de informatie die door de onderzoeker van het LBI gebruikt is.

2.2 Praktijkonderzoek

Het praktijkonderzoek, dat betrekking heeft op deelvraag 3, bestond uit regenwormen zoeken in de proefvelden van de verschillende locaties. Deelvraag 4 wordt behandeld naar aanleiding van de versgrasmonsters die zijn genomen van de proefvelden.

2.2.1 Materiaal en methode 'wormen in kaart brengen'

Materiaal:

- staalplaten 20x20cm;
- steekschop;
- vuilniszakken 60 liter;
- nummerstickers;
- lamp om naar wormen in de plaggen te zoeken;
- potten om wormen in te verzamelen;
- weegschaal;
- wormdeterminator (een deskundige die wormsoorten kan herkennen).

Methode:

Per locatie zijn er 2x24 blokken uit de bodem gestoken, zogenaamde plaggen. Deze zijn nauwkeurig in 20x20x20 cm gestoken, omdat het aantal wormen in de omrekening naar kg wormen per vierkante meter kan afwijken van de werkelijkheid. Iedere plag is in een vuilniszak gedaan en gelabeld. In het laboratorium zijn de plaggen stuk voor stuk uit elkaar gehaald om alle wormen te verkrijgen. De wormen zijn per plag in potten gedaan. Vervolgens zijn ze gewogen, waarbij het van belang was dat dit niet lang duurde nadat ze uit de grond verwijderd waren. Als een worm poept, kan namelijk al een aanzienlijk deel van het lichaamsgewicht verloren gaan. De wormen zijn in alcohol bewaard, omdat dit het determineren gemakkelijker maakte. Later zijn ze gedetermineerd en per soort en functiegroep geteld, door bijvoorbeeld het aantal segmenten tot het zadel te tellen. Hiervoor was een medewerkster van het LBI verantwoordelijk, die hierin gespecialiseerd was. De resultaten worden in tabel 7,8,9 en 10 weergegeven in absolute aantallen en kilogram per vierkante meter.

2.2.2 Analyse versgrasmonsters

De versgrasmonsters zijn gedurende het bestaande onderzoek genomen. Nu is de vraag of er, naast de verschillende drogestofgehaltes die de monsters van het onderzoek bevatten, ook verschillen te ontdekken zijn in het effect van de behandelingen op de drogestofopbrengst en de voederwaarde.

Materiaal:

- voederwaardeanalyse grasmonsters BLGG;
- IBM SPSS 24.

Methode:

Van de aangeleverde versgrasmonsters is eerst de VEM berekend. Vervolgens is bekeken of er verschillen zijn tussen de diverse behandelingen van een locatie. Hierbij is vooral gekeken naar de voederwaarde van het gras, met name het gedeelte ruw eiwit (RE) hiervan. Als er verschillen bleken te zijn, is gekeken of ze significant zijn, zodat er ook daadwerkelijk uitspraken over gedaan kunnen worden. Bij deze analyse is nagegaan of een bepaald deel van de voederwaarde afhankelijk is van de bemesting. In SPSS is ANOVA gebruikt, een methode om meerdere groepen op meerdere locaties te vergelijken. Er is een onnauwkeurigheidsgrens van 5% gehanteerd.

2.3 Materiaal en methode hoofdonderzoek door het LBI

De basis van deze deelvraag is gelegd door het LBI. In 2.3.1 volgt uitleg over de methode die dit instituut heeft opgesteld. Hier is voor een deel gebruik van gemaakt voor dit verslag.

2.3.1 Proefopzet

Op drie locaties is een veldonderzoek opgezet met vijf behandelingen. Deze zijn in viervoud door elkaar heen gelegd in plots van 2,8 x 10 meter. Dit gaf twintig proefvelden per locatie.

De behandelingen zijn:

1. Onbehandeld controleplot;
2. Behandeld met CaCO_3 (kalk);
3. Behandeld met CaSO_4 (gips);
4. Behandeld met MgCO_3 (magnesium);
5. Behandeld met MgSO_4 (kieseriet).

De behandelingen zijn in drie gelijke giften in februari, september en december 2014 verricht. In tabel 2 is te zien hoeveel er met de verschillende meststoffen bemest is. Hoeveel totaal toegediend is en hoe de verdeling tussen de elementen onderling is. Er is voor dit onderzoek gebruik gemaakt van hoge doseringen, dit omdat het doel van het LBI niet was om te gaan voor een optimale calcium-magnesiumverhouding maar om de effecten van significante verschillen in de calcium-magnesiumverhouding te meten.

Tabel 2 Toegediende bemesting in kilogrammen per hectare

Behandeling	Totaal Toegediend	Ca	Mg	CO_3	SO_4	S
CaCO_3	8000	2400	-	1870	-	-
CaSO_4	11300	2600	-	-	6230	2080
MgCO_3	2700	-	760	1870	-	-
MgSO_4	5060	-	760	-	3000	1000

Gedurende het jaar 2014 is er normaal beweiden en bemest op de onderzoeksplotten, volgens het management van de ondernemer op het perceel. In 2015 en 2016 zijn de percelen afgesloten voor begrazing en bemesting en zijn er gewas- en bodemmetingen verricht.

2.3.2 Metingen

De keuzes voor de metingen heeft het LBI gebaseerd op onderzoek naar de kwaliteit van veenbodems in 2010 (Deru et al., 2012) en op literatuuronderzoek. Deze metingen zijn gelinkt aan de bodemparameters die in hoofdstuk 1 benoemd worden en vallen onder productie, milieuregulatie en habitat en biodiversiteit. In dit onderzoek is gekeken naar de bodemparameters die onder productie vallen.

Productie:

Voor de productie zijn de drogestofopbrengst en de hoeveelheid stikstofopbrengst per jaar gemeten. Verder is er een meting verricht van de indringingsweerstand, beworteling en regenwormen, om de draagkracht en

bodemstructuur te bepalen. De C:N-ratio bepaalt samen met de P-AL en de pH, de levering van nutriënten door de bodem.

Milieuregulatie:

Om de organischestofontbinding te bepalen is de organische stof van de bodem vastgesteld, alsmede de heetwateroplosbare koolstof, bacteriën en regenwormen. Voor de waterkwaliteitsregulering is de P-AL gebruikt in combinatie met de wortelintensiteit en de waterinfiltratieratio. Alle bovenstaande gegevens zijn gebruikt om de uitstoot van broeikasgassen te bepalen.

Habitat en biodiversiteit:

Als maatstaf voor het behoud van bodembiodiversiteit is onderzoek gedaan naar de soortenrijkheid van regenwormen. Ook is de microbiële gemeenschapsstructuur bepaald. Voor het behoud van weidevogels is gekeken naar de aanwezigheid van regenwormen, de vochtigheid van de bodem, de doordringingsweerstand van de bodem in combinatie met de draagkracht en de grasopbrengst van de eerste en tweede snede.

3.Resultaten en Analyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten en de analyse van het literatuur- en praktijkonderzoek per deelvraag weergegeven. Bij het praktijkonderzoek zijn de gegevens van de regenwormen en de voederwaarde tot stand gekomen met hulp van het LBI. Het onderzoek van het LBI vormde bovendien de basis voor het praktijkonderzoek op de overige bodemparameters, waaraan de auteur van dit afstudeerwerkstuk heeft bijgedragen.

3.1 Literatuuronderzoek

3.1.1 Wat is het effect op de calcium-magnesiumverhouding in veenbodems na bemestingen met verschillende 'kalkmeststoffen' zoals CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 en MgSO_4 ?

Lipman (1916) heeft literatuuronderzoek gedaan naar de ideale calcium-magnesiumverhouding, maar kwam tot de conclusie dat deze niet bestaat. Wel wijst dit onderzoek uit dat een bemesting met calciumcarbonaat leidde tot een hogere calcium-magnesiumverhouding en een hogere pH, maar dit komt waarschijnlijk doordat aluminium en mangaan niet meer vergiftigend zijn en fosfaat mogelijk beter beschikbaar komt. Verder zijn er geen artikelen te vinden over de mate waarin calcium- of magnesiummeststoffen de calcium-magnesiumverhouding veranderen. Dit onderdeel komt bij dit afstudeerwerkstuk in de paragraaf 'Praktijkonderzoek' terug.

3.1.2 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de pH- H_2O van de veenbodem?

Zoals in paragraaf 3.1.1 beschreven staat, heeft Lipman (1916) aangetoond dat de pH verhoogd wordt door bemesting met calciumcarbonaat. Uit proeven die zijn gedaan in het IJperveld blijkt dat door meerjarige bekalking met circa 500 kg/ha/jaar na zeven tot negen jaar een herstel van de zuurgraad mogelijk is. Dit is echter afhankelijk van de mate van verzuring van de bodem. Hoge kalkgiften (>750 kg/ha/jaar) geven een snellere stijging van de pH, maar kunnen leiden tot versnelde oxidatie van veenbodems. Een regelmatige en gedoseerde bekalking kan de mineralisatie beperken (Veer, 2002). In dit onderzoek is gebruikgemaakt van zeewierkalk met een neutraliserende waarde van 52. Verder beschrijft Jonge Poerink (2008) dat een bemesting van de veenbodems met kalk niet onvoorbereid kan gebeuren. Er moet gedacht worden aan de korrelgrootte (Poerink geeft 4-5mm aan) om ervoor te zorgen dat de kalk in de toplaag blijft. Daar bevindt zich het bodemleven dat tevens baat heeft bij een pH-verhoging. Ook beschrijft Poerink (2008) dat voor pH-herstel op de veenbodem magnesiet (MgCO_3) interessanter is, omdat deze geleidelijk opgenomen wordt en er minder kans is op extra oxidatie van veen.

De bodemkrant van Koch bodemtechniek meldt dat de veronderstelling dat Ca de pH verhoogt, onjuist is. De pH kan alleen verhoogd worden door CO_3 gebonden aan calcium of magnesium toe te voegen aan de bodem.

Uit de Spurway-analyses van het onderzoek naar gipstoediening op aardappelpercelen op klei is gebleken dat de beschikbaarheid van calcium en zwavel verbeterd is. Ook deed zich een lichte daling van de pH voor in deze situatie (Malda, 2005). De monsters in dit onderzoek zijn genomen in de bovenste 10 centimeter van de aardappelrug.

Na onderzoek naar de invloed van magnesium op de fosforzuurhuishouding is geconcludeerd dat MgCO_3 de pH hetzelfde verhoogt als CaCO_3 en dat MgSO_4 geen invloed had op de pH (Paauw, 1938).

3.1.3 Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?

CaCO_3 :

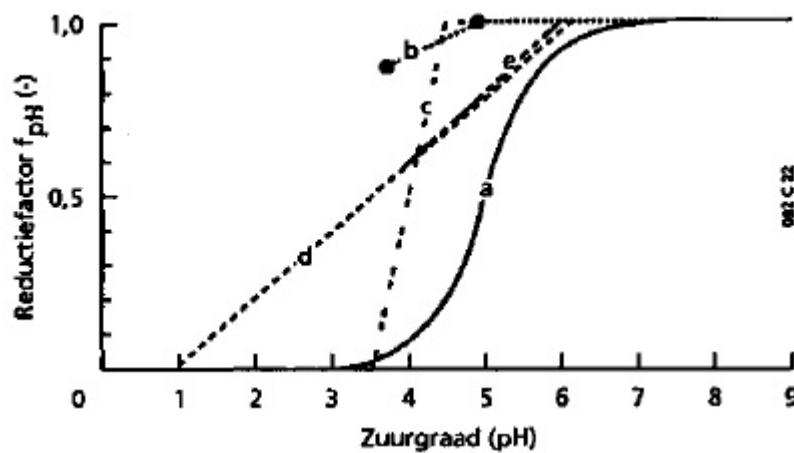
Volgens Nico Dekker wordt de structuur van de toplaag ernstig aangetast als er meer dan 750 kg/ha/jaar kalk bemest wordt (persbericht mededeling Nico Dekker, Landschap Noord-Holland). Excessief bekalken kan tot verminderde gewasopbrengst leiden doordat de bodemstructuur afneemt, de fosforbeschikbaarheid vermindert of een tekort ontstaat aan de beschikbaarheid van meerdere sporenelementen (Kamprath, 1971). Een calciumbeschikbaarheid van 65%, die aangehouden wordt voor een ideale Ca/Mg-verhouding, is voordelig voor het onderhouden en verbeteren van de bodemstructuur (Amezket, 1999).

CaSO₄:

Van gips is bekend dat het de bodemstructuur kan verbeteren, doordat er meer ruimte komt tussen de verschillende bodemdeeltjes. Hierdoor verhogen de waterdoorlaatbaarheid en het aandeel lucht in de bodem. Dit bleek ook uit een onderzoek naar gipstoediening in verschillende hoeveelheden op klei (Malda, 2005).

3.1.4 Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?

Zoals eerder al beschreven geven hoge kalkgiften (>750 kg/ha/jaar) een snellere stijging van de pH, maar kunnen ook leiden tot versnelde oxidatie van veenbodems. Een regelmatige en gedoseerde bekalking in plaats van een grotere hoeveelheid kalk ineens toedienen kan de mineralisatie beperken (Veer, 2002). In figuur 3 is te zien dat een lagere pH voor minder veenafbraak zorgt. Hierbij is een reductiefactor van 1,0 100% van de mogelijke veenafbraak en een reductiefactor van 0,5 50% van de mogelijke veenafbraak (Hendriks, 1991). De figuur is gebaseerd op meerdere onderzoeken, die met aparte letters in een eigen lijn staan weergegeven.



Relatie tussen de reductiefactor voor de invloed van de zuurgraad f_{pH} en de zuurgraad pH:

a ANIMO (Rijtema et al., 1991);

b Jenkinson (1977);

c Bhat et al. (1980);

d Harmsen en Van Schreven (1955);

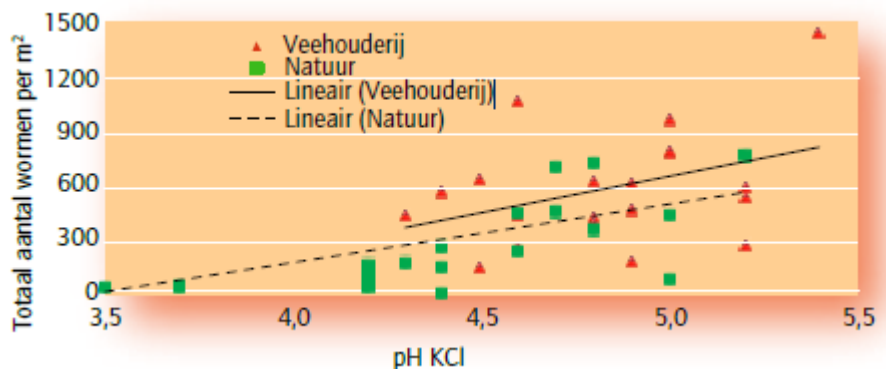
e Hagin en Amberger (1974)

Figuur 3 Relatie tussen de reductiefactor en de zuurgraad op organischestofafbraak

Als de calcium-magnesiummeststoffen de pH verhogen, is er een aanzienlijke kans dat daarbij extra organische stof afgebroken wordt. Na het begraven en het later weer opgraven van plantenresten is er een positieve correlatie gevonden tussen het gewichtsverlies van de organische stof van veertien monsters en het gehalte aan de elementen N, P, K, Ca en Mg. Alleen de relatie met Ca was echter significant gecorreleerd (Schwartz, 1976). Dit onderzoek heeft derhalve aangetoond dat ondergrondse plantenresten (veen) sneller afbraken als de hoeveelheid calcium hoger was.

3.1.5 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal en de verschillende soorten regenwormen?

Onderzoek in het veenweidegebied op veertig percelen, waarvan twintig veehouderij- en twintig natuurpercelen, laat zien dat de veehouderijpercelen gemiddeld twee keer zoveel wormen bevatten. Dit lijkt te komen door de pH. In figuur 4 zijn de verschillende percelen weergegeven, met op de X-as de pH-KCL en op de Y-as het aantal regenwormen per vierkante meter (Van Eekeren, 2014, p. 29).



Figuur 4 Relatie tussen de pH op natuur- en veehouderijpercelen en de wormenaantallen (Deru et.al., 2012).

(Pons, 1959) “regenwormen worden bevorderd door gunstige hoeveelheid klei in de bodem, een hogere pH, een gunstig hydrologisch milieu en een goede bemesting in de breedste zin van het woord”. Uit beide bronnen blijkt dat een hogere pH een positieve invloed heeft op wormen. Naar verwachting toont daarom het praktijkonderzoek aan dat de behandelingen die een pH-verhoging tot gevolg hebben, tot meer wormen leiden.

3.1.6 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de voederwaarde van het gras en de grasopbrengst?

Er is informatie beschikbaar over het bemesten met kieseriet (MgSO_4) om kopziekte tegen te gaan. Hier worden alleen de MgO- en K-gehaltes in het gras onderzocht. Het boek ‘Albrecht’s Foundation Concepts’ (Albrecht, 1975, p. 58) beschrijft dat de verzadigingsgraad van de bodem met calcium bepaalt of de nutriënten vanuit de bodem de plant in trekken of andersom. Dit geldt niet voor nutriënten die in opgeloste vorm de plant binnenkomen. Deze nutriënten lossen op doordat de omgeving van de wortel verzuurt, waardoor bijvoorbeeld fosfaat of ijzer van mineralen die aanwezig zijn in de bodem losgeweekt worden. Deze manier van nutriënten opnemen komt alleen voor bij een wortelsoort die ‘dauciform root’ genoemd wordt. Deze komt alleen voor in nutriëntarme milieus en voor zover bekend niet in agrarische gebieden of gewassen, waardoor deze structureel uitgestorven is (Shane, et al. 2006). Bekalking waarna de pH weer boven de 5 uitkomt zorgt volgens het NMI voor een verhoogde drogestofopbrengst, een verhoogd RE-gehalte en een verhoogde VEM in het grasgewas (Wierda, 1998).

3.2 Praktijkonderzoek

3.2.1 Wat is het effect op de calcium-magnesiumverhouding en de pH in veenbodems na bemestingen met verschillende ‘kalkmeststoffen’ zoals CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 en MgSO_4 ?

In tabel 3 is te zien wat het effect is van de calcium- en magnesiummeststoffen op de calcium-magnesiumverhouding en de pH van de bodem. Bij gebruikte tabellen zijn de cijfers met een dubbele letter erachter significant verschillend ten opzichte van elkaar.

Tabel 3 Het effect van de behandelingen bemonsterd in februari 2015, statistisch getest

Variabele		P-waarde	Controle	CaCO_3	CaSO_4	MgCO_3	MgSO_4
pH- H_2O		<0,001	5,3c	5,8d	5,0a	5,3c	5,1b
Ca/Mg-verhouding		<0,001	4,3c	5,9d	6,2e	3,6b	2,3a

De monsters zijn genomen in de bovenste 20 centimeter van de bodem. De calcium-magnesiumverhouding is na de verschillende behandelingen gemeten, waarbij aan het controlemonster geen calcium- of magnesiummeststof is toegediend. Bij de bemesting met een calciummeststof is de calcium-magnesiumverhouding toegenomen, maar bij de bemesting met een magnesiummeststof is deze afgenomen. Ditzelfde geldt voor de pH- H_2O : ook hiervan is het effect van de behandelingen te zien. Kalk (CaCO_3) heeft een verhogend effect gehad op de pH, maar bij magnesiet (MgCO_3) is geen verschuiving van pH waargenomen. Bij gips (CaSO_4) en kieseriet (MgSO_4) is een afname van de pH zichtbaar.

3.2.2 Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?

Tabel 4 toont de metingen van het LBI die zijn verricht op vijf locaties in november en december 2015. De uitkomsten hiervan bieden inzicht in de invloed van de bemestingen op de structuur van de bodem. Verschillende methodes zijn gebruikt om meerdere aspecten van de bodemstructuur te bepalen.

Tabel 4 Effect van de behandelingen op bodemfysische eigenschappen, gemeten door het LBI in november en december 2015 (0-10cm)

Groep	Variabele	Eenheid	P-waardes		Treatment means (N=12)				
			T	TxL	Controle	CaCO ₃	CaSO ₄	MgCO ₃	MgSO ₄
Penetratie-weerstand	0-10cm	N 2cm ⁻²	0.007	0.402	112 bc	105 ab	118 c	104 a	110 ab
	11-20cm	N 2cm ⁻²	<.001	0.010	141 a	139 a	155 b	139 a	141 a
	21-30cm	N 2cm ⁻²	0.007	0.007	146 bc	141 ab	152 c	138 a	145 ab
Draagkracht		N _{max} 5cm ⁻²	<0.001	0.948	235 bc	211 a	243 c	207 a	217 ab
Drogestof-percentage van de bodem		g 100 g ⁻¹	0.005	0.197	47.9 b	47.5 b	46.9 ab	47.7 b	46.8 a
Waterinfiltratie		Mm min ⁻¹	0.616	0.423	3.5	2.5	3.1	2.9	2.4
Bodemstructuur	Crumb 0-10cm	g 100 g ⁻¹	0.457	0.560	67	61	64	73	69
	Sub-angular 0-10cm	g 100 g ⁻¹	0.457	0.560	33	39	36	27	31
	Crumb 11-25cm	g 100 g ⁻¹	0.476	0.804	10	10	12	15	13
	Sub-angular 11-25cm	g 100 g ⁻¹	0.912	0.727	80	81	81	80	82
	Angular 11-25cm	g 100 g ⁻¹	0.283	0.694	9.2	8.3	7.1	5.8	4.6
Beworteling	Worteldichtheid 0-10cm	Score 0-10	0.573	0.949	7.8	7.3	7.6	7.8	7.5
	Wortelactiviteit 0-10cm	Score 0-10	0.623	0.997	6.5	6.9	6.3	6.6	6.5
	Worteldichtheid 11-25cm	Score 0-10	0.140	0.630	6.6	6.3	6.8	6.7	6.4
	Wortelactiviteit 11-25cm	Score 0-10	0.529	0.434	6.0	6.1	6.1	6.1	5.5

De dikgedrukte P-waardes onder de T laten zien waarin significante verschillen zijn gevonden tussen de behandelingen. De waardes onder TxL laten de mogelijke wisselwerking zien tussen behandeling en locatie. Er kan gezegd worden dat de penetratieweerstand tussen de 0 en 10 centimeter afneemt door het gebruik van kalk en kieseriet (MgSO₄). Dit geldt ook voor de penetratieweerstand tussen 21-30 cm. Verder toonde dit onderzoek dat kieseriet de draagkracht verlaagt en dat gips het drogestofpercentage van de bodem verhoogt. Er is dus geen effect te vinden van de behandelingen op de daadwerkelijke structuur van de bodem, maar wel op de penetratieweerstand, de draagkracht en het drogestofpercentage van de bodem.

3.2.3 Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?

In tabel 5 is de invloed van de behandelingen op heetwateroplosbare koolstof (HWC) te zien. Deze waarden zijn bepaald volgens de methode van Ghani (2003). Het heet water oplosbare koolstof geldt als een indicatie van de hoeveelheid aanwezige organischestof. Een veranderde HWC kan betekenen zowel betekenen dat er een hogere aanvoer is van organische stof of een verminderde afbraak, maar ook een verandering in zowel de aanvoer als afbraak.

Tabel 5 Tabel van het LBI met de invloed van de behandeling op de HWC (microgram koolstof per gram)

Location	Location x Treatment means (n=4)									
	Control		CaCO3		CaSO4		MgCO3		MgSO4	
DW	6963	b	6286	a	7066	b	7047	b	7223	b
GR	7511	ab	7182	a	7380	a	7886	bc	8188	c
KO	6689	ab	7274	c	6382	a	6987	bc	6919	bc

Op de locatie GR (Graveland) en KO (Korrel) zorgde de magnesiëtbemesting significant voor een hogere HWC. Op de andere locatie lijkt dit ook het geval, maar dit resultaat is niet significant. Verder is te zien dat de behandeling met kiesriet (MgSO₄) ook een significant verhoogde HWC veroorzaakt. Dit geldt ook voor de HWC op beide andere locaties, alleen is hier het verschil niet significant. De behandeling met gips lijkt bij DW een verhoogde HWC te veroorzaken, terwijl deze bij GR en KO juist voor een verlaagde HWC zorgt. Verder lijkt de bemesting met kalk een verlaagde HWC te veroorzaken bij DW en GR, terwijl deze bemesting bij KO juist voor een verhoogde HWC lijkt te zorgen. Volgens een andere methode, de phospholipid fatty acidanalyse (PLFA), leverde de grampositieve PLFA een bijna significante uitslag op, namelijk een P-waarde van 0.051. Deze analyse vormt een maatstaf voor de hoeveelheid microbiële biomassa, zoals bacteriën en schimmels, die ook voor de vertering van organische stof zorgen. Kiesriet lijkt een positief effect te hebben op de grampositieve PLFA, terwijl de andere behandelingen hierop een negatief effect hebben.

3.2.4 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal en de verschillende soorten regenwormen?

Deze paragraaf bevat gegevens die het LBI gegenereerd heeft uit de monsters van regenwormen. Tabel 6 toont de locatie-effecten op de regenwormvariabelen. Dit is een weergave van de situatie op de onbehandelde velden. Opvallend is dat De Wit in bijna alle opzichten significant afwijkt van de andere twee locaties, zoals blijkt uit het aantal juveniles. Dit geldt ook voor de juveniles van de epigeic en de endogeic regenwormen. Epigeic regenwormen zijn regenwormen die enkel in de bovenlaag voorkomen en alleen dieper gaan om aan droogte te ontsnappen (strooiselbewoners). Endogeic regenwormen zijn wormen die in de hele bouwvoor leven (bodembewoners).

Tabel 6 Locatie-effecten in de controlebehandelingen op de regenwormvariatie op drie locaties

Variable	Unit	P-value	Location means (n=4)			LSD 5%
			DW	GR	KO	
Total number	n m ⁻²	<.001	260 a	1081 b	841 b	291
- adults	n m ⁻²	0.023	162 a	425 b	294 b	172
- juveniles	n m ⁻²	<.001	78 a	638 b	512 b	148
- n.d.	n m ⁻²	0.285	19	19	35	24
- fraction juv.	n n ⁻¹	0.001	0.31 a	0.59 b	0.61 b	0.14
Total biomass	g m ⁻²	0.015	113 a	236 b	167 b	75
Indiv. biomass	g n ⁻¹	<.001	0.43 b	0.22 a	0.20 a	0.07
Total Epigeic	n m ⁻²	0.007	67 a	162 b	142 b	53
- adults	n m ⁻²	0.731	31	31	44	41
- juveniles	n m ⁻²	0.002	28 a	125 b	97 b	43
- n.d.	n m ⁻²	0.177	7.2	6.1	1.2	7
Total Endogeic	n m ⁻²	<.001	193 a	919 b	699 b	267
- adults	n m ⁻²	0.012	131 a	394 b	250 b	153
- juveniles	n m ⁻²	<.001	50 a	512 b	416 b	133
- n.d.	n m ⁻²	0.096	12	13	34	22
Number of species	n	0.296	3.5	4.0	3.3	1

In tabel 7 is te zien dat er een significant verschil is tussen de behandelingen met betrekking tot de fractie juveniles en de totale hoeveelheid epigeic wormen. Twee waardes met andere letters daarbij zijn significant verschillend van elkaar. Zo is waargenomen dat het aandeel juveniles significant afneemt bij een behandeling met gips, net als het totaal aantal epigeic wormen. Het aandeel juveniles neemt daarentegen significant toe bij de behandeling met magnesiet, net als het totaal aantal epigeic wormen.

Tabel 7 Behandelingseffect op regenwormen: statistische data over drie locaties (95% betrouwbaarheidsdrempel).

Variable	Unit	P-values *		Treatment means (n=12)					LSD 5% T *
		T	TxL	Control	CaCO ₃	CaSO ₄	MgCO ₃	MgSO ₄	
Total number	n m ⁻²	0.146	0.025	728	883	660	745	699	180
- adults	n m ⁻²	0.084	0.142	294	406	308	326	233	120
- juveniles	n m ⁻²	0.040	0.004	409	456	328	393	439	85
- n.d.	n m ⁻²	0.900	0.617	24	21	24	26	27	13
- fraction juv.	n n ⁻¹	<.001	0.596	0.51 b	0.48 ab	0.43 a	0.46 ab	0.61 c	0.08
Total biomass	g m ⁻²	0.200	0.101	172	212	160	179	153	52
Indiv. biomass	g n ⁻¹	0.114	0.475	0.28	0.26	0.30	0.29	0.25	0.04
Total Epigeic	n m ⁻²	0.007	0.132	124 ab	144 bc	98 a	167 c	116 ab	37
- adults	n m ⁻²	0.296	0.668	35	40	32	51	29	22
- juveniles	n m ⁻²	0.026	0.045	83	100	62	113	81	32
- n.d.	n m ⁻²	0.825	0.188	4.8	4.5	3.9	3.5	5.6	3.8
Total Endogeic	n m ⁻²	0.229	0.046	604	739	563	578	583	170
- adults	n m ⁻²	0.101	0.076	258	367	276	275	204	116
- juveniles	n m ⁻²	0.061	0.022	326	356	267	280	357	77
- n.d.	n m ⁻²	0.873	0.567	20	16	20	23	21	13
Species nr	n	0.895	0.855	3.6	3.5	3.4	3.6	3.7	0.5

* T: Treatment; TxL: interaction between Treatment and Location. Interaction means are given in **Appendix B**.

In tabel 8 zijn de locatieafhankelijke behandelingseffecten te zien op het totaal aantal regenwormen per vierkante meter. Bij GR is sprake van een significante afname van het aantal regenwormen bij de behandeling met magnesiet. Bij KO neemt het aantal wormen juist significant toe met dezelfde behandeling. Bij de andere behandelingen zijn wel verschillen waargenomen, maar deze zijn niet significant. Bij DW valt het op dat het aantal regenwormen fors lager is.

Tabel 8 Locatieafhankelijke behandelingseffecten op het totaal aantal regenwormen per vierkante meter

Location	Location x Treatment means (n=4)				
	Control	CaCO ₃	CaSO ₄	MgCO ₃	MgSO ₄
DW	260 a	334 a	191 a	282 a	312 a
GR	1081 bc	1274 c	880 ab	722 a	1038 bc
KO	841 a	1042 ab	910 a	1231 b	746 a

Tabel 9 laat het locatieafhankelijke behandelingseffect zien op de juveniles regenwormen. De behandeling met magnesiet bij GR heeft een significant negatief effect op het aantal jonge regenwormen. Verder zijn geen significante verschillen. Ook hier is te zien dat bij DW er minder jonge regenwormen aanwezig zijn.

Tabel 9 Locatieafhankelijke behandelingseffecten op het aantal jonge regenwormen per vierkante meter

Location	Location x Treatment means (n=4)				
	Control	CaCO ₃	CaSO ₄	MgCO ₃	MgSO ₄
DW	78 a	97 a	53 a	62 a	134 a
GR	638 bc	775 c	500 ab	466 a	719 c
KO	512 ab	497 a	431 a	650 b	462 a

Tabel 10 geeft de locatieafhankelijke behandelingseffecten weer op het aantal jonge *L. rubellus* wormen per vierkante meter. Bij KO is sprake van een significante toename van het aantal wormen van deze specifieke soort bij de behandeling met magnesiet. Deze toename verklaart deels dat er bij KO ook een significante toename is van het totaal aantal regenwormen bij deze behandeling. Verder zijn er geen significante verschillen waarneembaar. Ook weer is te zien dat er op de locatie DW minder regenwormen van dit soort aanwezig zijn.

Tabel 10 Locatieafhankelijke behandelingseffecten op het aantal jonge *L. rubellus* per vierkante meter

Location	Location x Treatment means (n=4)				
	Control	CaCO ₃	CaSO ₄	MgCO ₃	MgSO ₄
DW	28 a	28 a	9 a	28 a	41 a
GR	125 a	150 a	97 a	113 a	113 a
KO	97 a	122 a	78 a	197 b	91 a

3.2.5 Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de voederwaarde van het gras (VEM en RE) en de grasopbrengst?

Deze paragraaf bevat de door de student verwerkte gegevens van de grasopbrengst van 2016. De RE en VEM-opbrengsten zijn gemeten in 2015. Deze gegevens zijn met SPSS verwerkt. Hierop is vervolgens een OneWay Anova-toets uitgevoerd met de LSD-variant, met een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5%.

Tabel 11 De drogestofopbrengsten van vier snedes van de verschillende behandelingen.

behandeling	controle	kalk	gips	kieseriet	magnesiet	gemiddeld
kg drogestof	10516,5	10757,17	9386,42	9862,33	10760,42	10256,57

In tabel 11 zijn de kilogrammen drogestof te zien die geoogst zijn per behandeling. Dit zijn de gemiddelde van de drie locaties waar in 2016 gemonsterd is. Bij de drogestofopbrengst (van vier sneden) is geen significant verschil gevonden tussen de behandelingen met gips en kalk en tussen de behandelingen met gips en magnesiet. Dit is terug te vinden in bijlage 1. Bij kalk is gemiddeld 10.757 kg droge stof gewonnen, bij gips 9386 kg en bij magnesiet 10.760 kg. Gips heeft dus vergeleken met kalk en magnesiet een negatief effect gehad op de grasopbrengst in kg droge stof, ook omdat de controle velden gemiddeld een opbrengst van 10.516 kg droge stof leverden. Wel is het verschil tussen kalk en gips en het verschil tussen gips en magnesiet bijna significant met een P-waarde van 0,028. De rest van deze analyse is terug te vinden in bijlage 1, pagina 33.

Alleen bij de monsters van 2015 is er een VEM- en RE-analyse gedaan vandaar dat deze monsters gebruikt zijn voor het beantwoorden van dit deel van de deelvraag. Omdat er in dit jaar 5 locaties in de proef zijn meegenomen zijn hier ook de monsters van gebruikt. De behandelingen vertonen geen significant effect op het ruweiwitgehalte, maar de behandeling met kalk zorgt wel voor een bijna significante verhoging hiervan: 7,25 gram ten opzichte van de controlebehandeling. Hier hoort een P-waarde bij van 0,088. Ook is er met 7,93 gram kalk bijna een significante verhoging van het ruweiwitgehalte ten opzichte van de behandeling met kieseriet;

hier hoort een P-waarde bij van 0,072. De uitkomsten van de SPSS-berekening van de ruweiwitopbrengsten zijn terug te vinden in bijlage 2, pagina 37 .

In de hoeveelheid VEM die geoogst is in 2015 is geen significant verschil aangetoond in de VEM-opbrengst tussen de behandelingen. De uitkomsten van de statistische analyse van de VEM-opbrengsten zijn te zien in bijlage 3. Op pagina 39 is te zien dat het verschil in VEM tussen kieseriet en magnesiet het dichtst bij een significantie komt . Dit met een P-waarde van 0,157.

4. Discussie

In dit hoofdstuk wordt de gebruikte methodes tegen het licht gehouden en de beperkingen van het onderzoek worden aangegeven. Ook worden er suggesties gedaan voor het vervolgonderzoek.

4.1 Algemene en methode aspecten?

Het doel van dit onderzoek was de invloed van de calcium-magnesium verhouding op de veenbodemparameters en het grasgewas te verklaren. In het praktijkonderzoek de calcium-magnesiumverhouding van een perceel aangepast door gebruik te maken van calcium-magnesiummeststoffen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een bestaand onderzoek en is er samen gewerkt met een professioneel onderzoeksbureau. Er zijn in dit verslag stukken gebruikt en er zijn delen zelf uitgevoerd. In hoofdstuk 2 onderzoeksmethode is uitgelegd welke onderdelen er zelf gedaan zijn en welke stukken overgenomen zijn uit het onderzoek van LBI. Er is bij het bepalen van de hoeveelheid te bemesten kalkmeststoffen gebruik gemaakt van extern advies van Hortinova. Omdat het een complex onderwerp is zijn er naast het uitgevoerde onderzoek geen bronnen te vinden over dit specifieke onderwerp op de specifieke bodem. Wellicht dat hier in andere talen dan het Duits, Engels of Nederlands wel informatie over te vinden is. In meerdere andere onderzoeken zijn wel aanknopingspunten gevonden om de gestelde vragen te beantwoorden. Ook bleek dat veel onderzoek naar de bodem gedateerd is. Wat de relevantie voor dit onderzoek vermindert. Bij het praktijkonderzoek zijn er verschillende methodes gebruikt om de structuur te bepalen. Vanwege deze verschillende methodes is te zeggen dat er op dit onderdeel betrouwbaar onderzoek gedaan is. Om de hoeveelheid wormen te bepalen is er een steekproef gedaan, bij een steekproef is het altijd lastig te bepalen welke monsters representatief zijn voor een groter geheel. Er kan een volgende keer gekozen worden om meerdere keren een steekproef te doen op meerdere momenten in het jaar, dit om weer en seizoensinvloeden uit te sluiten. Om de microbiële biomassa te bepalen is de PLFA methode gebruikt, om deze te controleren is het mogelijk de EL-FAME methode te gebruiken welke een betrouwbare uitkomst heeft onder begrazingsomstandigheden volgens Gass (2011)

4.2 Suggesties voor vervolgonderzoek.

1.a. Wat is het effect op de calcium-magnesiumverhouding in veenbodems na bemestingen met verschillende 'kalkmeststoffen' zoals CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 en MgSO_4 ?

Deze deelvraag zou nogmaals getest kunnen worden om te controleren of er significante verschillen uitkomen. Alleen om het nogmaals te bewijzen, omdat het in dit onderzoek al bewezen is.

1.b. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de pH- H_2O van de veenbodem?

Ook hier geldt dat de literatuurstudie ondersteund wordt door de significante verschillen in het praktijkonderzoek. Mogelijk kan dit nogmaals bewezen worden, maar de noodzaak hiervan is niet erg hoog.

2. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?

Bij deze deelvraag spraken de literatuur en het praktijkonderzoek elkaar tegen, dit omdat ondanks dat er met meer dan 750 kg per hectare per jaar kalk bemest is, de penetratieweerstand niet af maar toe nam. Waardoor dit veroorzaakt is zou nog nader onderzocht kunnen worden. De korrelgrootte van de gebruikte kalk zou hiervan op invloed kunnen zijn. Wellicht kunnen verschillende hoeveelheden kg kalk bemesting met elkaar vergeleken worden om te bekijken wat de juiste maximale hoeveelheid is om te bemesten. Dit kan ook nog gebeuren door meerdere kleine bemestingen per jaar uit te voeren. Wel moet hierbij niet vergeten worden dat het niet de bedoeling is organischestof uit de bodem af te breken.

3. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?

Op verschillende locaties zijn bij de kalkbemesting tegenstrijdigheden gevonden, dit kan komen doordat de gebruikte HWC-methode niet kan worden bepaald of er extra aanvoer van organische stof is of minder afbraak. In het vervolg kunnen er fluxmetingen uitgevoerd worden, deze metingen vangen de afgebroken gassen van de veenbodem op. Als dan de afvoer bekend is samen met de hoeveelheid in de bodem kan ook de aanvoer bepaald worden.

4. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal en de verschillende soorten regenwormen?

Bij bemesting met gips en magnesia wordt er een pH invloed waargenomen. Het vreemde hier is dat kalk de pH

wel doet stijgen, maar dat hierdoor het aantal regenwormen niet toeneemt. Ook is het raar dat op één locatie bij magnesiet wel een pH stijging plaatsvindt, maar geen stijging in het aantal wormen. Dat bij de magnesiet behandeling een tegenstrijdigheid heeft plaatsgevonden zou verklaard kunnen worden doordat er maar op één moment plaggen gestoken zijn. Wel is het vreemd dat er bij de bemesting met kalk geen groei is in het aantal regenwormen. In een vervolgonderzoek zou gekeken kunnen worden of dit alleen in een bepaald seizoen het geval is of gedurende het hele jaar.

5. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de voederwaarde van het gras en de grasopbrengst?

In de literatuur is beschreven dat als de pH boven de 5 uitkomt de drogestof, VEM en RE opbrengst toeneemt. Dit komt naar voren uit het onderzoek voor de drogestof opbrengst, maar wordt niet significant bewezen. Gekeken kan worden of bij een verdere pH verhoging dit wel het geval is. Emissies van veen moeten bij dit onderzoek wel meegenomen worden.

5. Conclusies en Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies van het onderzoek weergegeven per deelvraag en van de hoofdvraag, ook worden er aanbevelingen gedaan op basis van de conclusies.

1.a. Wat is het effect op de calcium-magnesiumverhouding in veenbodems na bemestingen met verschillende 'kalkmeststoffen' zoals CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 en MgSO_4 ?

Uit de literatuurstudie is gebleken dat de bemesting met kalk de calcium-magnesiumverhouding verhoogd. Uit het praktijkonderzoek is gebleken dat de calcium-magnesiumverhouding verhoogd wordt door toediening van de calcium meststoffen en verlaagd wordt door de toediening van de magnesium meststoffen. Dit is ook significant aangetoond.

1.b. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de pH- H_2O van de veenbodem?

Uit de literatuurstudie is gebleken dat de bemesting met kalk en magnesiet de pH verhogen, dat gips de pH ligt doet dalen en dat kieseriet geen invloed heeft op de pH. Dit wordt ondersteund door de praktijkstudie waarbij na analyse dit ook significant is aangetoond.

2. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de structuur van de veenbodem?

Uit de literatuurstudie blijkt dat de structuur negatief beïnvloed als er meer dan 750kg kalk per hectare per jaar wordt aangebracht. Dit komt door het verdichten van de bovenlaag en dus een hogere indringingsweerstand. En bij gips valt te verwachten dat de structuur verbeterd wordt. Uit dit praktijkonderzoek blijkt dat de penetratie weerstand afneemt door het gebruik van kalk en kieseriet, dit zou betekenen dat de structuur door deze bemestingen verbeterd is. Ondanks meer bemesting dan in de literatuur aangeraden wordt. Verder neemt de draagkracht van de bodem af bij bemesting met kieseriet wat komt door een afname van zodedichtheid en een toename van de hoeveelheid bodemvocht. De bemesting met gips heeft het droge stof percentage van de bodem verhoogd. Dit is positief voor de structuur.

3. Wat is de invloed van de calcium-magnesiummeststoffen op de afbraak van organische stof uit de veenbodem?

In de literatuur is gevonden dat de bemesting met calcium meststoffen de door het veroorzaken van een pH stijging een vergrote kans geven op een versnelde veenafbraak. Bij het praktijkonderzoek is bij de locatie De Wit een verhoogde hoeveelheid organischestof geconstateerd bij de kalkbemesting, terwijl er bij de locatie Korrel juist een verlaagde hoeveelheid organischestof geconstateerd werd bij dezelfde kalkbemesting. Bij Graveland is een verlaagde hoeveelheid organische stof geconstateerd bij een bemesting met kieseriet. Door de gekozen methode is niet te zeggen of een verhoging van de hoeveelheid organischestof komt door relatief meer opbouw of door een lagere afbraak er van.

4. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op het aantal en de verschillende soorten regenwormen?

Uit de literatuur blijkt dat vooral een pH verhoging op veen zorgt voor meer wormen. Verder worden de wormen ook positief beïnvloed door de hoeveelheid water in de bodem (tot op zekere hoogte) en een goede bemesting. In het praktijkonderzoek is gebleken dat het aantal jonge wormen significant afneemt bij een bemesting met gips en dat de hoeveelheid wormen die vooral in de bovenlaag leven ook significant afneemt bij deze bemesting met gips. Dit is te verklaren doordat bij deelvraag 1.b. bleek dat bij de bemesting met gips de pH afnam. Bij de bemesting met magnesiet neemt het aantal wormen in deze beide categorieën juist significant toe, dit is te verklaren door de pH stijging. Wel is er bij deze bemesting met magnesiet bij één van de locaties juist significant aangetoond dat het aantal wormen afneemt met een behandeling met magnesiet.

5. Wat is het effect van de calcium-magnesiummeststoffen op de voederwaarde van het gras en de grasopbrengst?

Volgens de literatuur komt er bij een bemesting waarbij de pH weer boven de 5 uitkomt een verhoogde droge stof opbrengst en ook een verhoogde RE en VEM opbrengst. Bij de kalk en magnesia bemesting lijkt een verhoogde droge stof productie te zijn, en bij gips lijkt een verlaagde droge stof productie. Deze verschillen zijn niet significant. Er is dus niks bewezen. Kalk heeft de RE productie verhoogd maar ook dit is niet significant aangetoond, maar dit is wel een trend. De VEM lijkt niet beïnvloed te zijn geweest door de verschillende behandelingen.

Wat is het effect van calcium- en magnesiummeststoffen op bodemkwaliteitsparameters en de grasproductie op veenbodems?

Kalk (CaCO_3): kalk verhoogd zowel de calcium-magnesiumverhouding als de pH, het versneld de veenafbraak zeker als er meer dan 750 kg per hectare bemest wordt. Het aantal wormen zou bij een bemesting met kalk toe moeten nemen volgens de literatuur. Dit is in het praktijkonderzoek niet aangetoond. Bemesten met kalk zorgt voor een verhoogde drogestof, VEM en RE productie.

Gips (CaSO_4): gips verhoogd de calcium-magnesiumverhouding maar laat de pH licht dalen. Gips verbetert de structuur, en het heeft volgens de literatuur dus een licht negatieve invloed op de wormen maar uit het praktijkonderzoek komt dit nog niet een duidend naar voren. Gips zorgt ook voor een verlaagde droge stof productie.

Magnesiet (MgCO_3): Magnesiet verlaagt de calcium-magnesiumverhouding, maar het verhoogt de pH. Waardoor er ook een verhoogde veenafbraak verwacht zou kunnen worden, maar dit is in het praktijkonderzoek niet aangetoond. Magnesiet is goed voor het aantal wormen, dit geldt niet voor alle bodems. En als laatste zorgt magnesiet wel voor een verhoogde drogestof opbrengst.

Kieseriet (MgSO_4): Kieseriet verlaagt de calcium-magnesiumverhouding en heeft geen effect op de pH al kan het op bepaalde bodems wel voor verhoogde hoeveelheid organischestof zorgen. Kieseriet lijkt geen invloed te hebben op de grasopbrengst in kg droge stof of de hoeveelheid VEM of RE.

Aanbevelingen

Om de grasproductie te verhogen kan er gekozen worden voor een kalkbemesting met mate dus niet meer dan 750 kg per hectare per jaar. De andere bemestingen hebben volgens dit onderzoek geen bewezen toegevoegde waarde op veen voor de grasproductie of de geoogste hoeveelheid RE of VEM. Ook kan er volgens dit onderzoek Magnesiet bemest worden, dit is positief voor het aandeel wormen en de drogestof opbrengst. De groei van het aantal regenwormen heeft een positieve invloed op de structuur, wat er voor zorgt dat een perceel beter berijdbaar wordt en dat water makkelijker afgevoerd kan worden.

Literatuurlijst

- Albrecht, W.A., 1975. Albrecht, W.A. 1975. The Albrecht papers. Vol. 1: Foundation concepts. Acres USA, Kansas City., The Albrecht Papers. Acres USA, Kansas City.
- Amezketta, E. (1999). Soil aggregate stability: a review. *Journal of sustainable agriculture*, 14(2-3), 83-151.
- Bear, F.E., Prince, A.L., Malcolm, J.L., 1945. Potassium needs of New Jersey soils (Bulletin No. 721). New Jersey Agric. Exp. Stn., New Brunswick.
- Bhat, K. K. S., Flowers, T. H., & O'Callaghan, J. R. (1980). A model for the simulation of the fate of nitrogen in farm wastes on land application. *The Journal of Agricultural Science*, 94(01), 183-193.
- Deru, J., Van Eekeren, N., Kloen, H., Dijkman, W., Van den Akker, J., De Goede, R.G.M., Schouten, T., Rutgers, M., Smits, S., Jagers op Akeershuis, G.A.J., Dimmers, W., Keidel, H., Lenssinck, F., Bloem, J., 2012. Soil indicators for sustainable land use in peat meadow areas: Ecosystem services of agricultural and natural plots in the peat meadow area of the Dutch provinces of North Holland, South Holland and Utrecht. (in Dutch, English smarty). (No. 2012-005 LbD). LBI, Driebergen
- Dontsova, K. M., & Norton, L. D. (2002). Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg. *Soil Science*, 167(3), 184-193.
- Gass, T.M., Binkley, D., 2011. Soil nutrient losses in an altered ecosystem are associated with native ungulate grazing. *J. Appl. Ecol.* 48, 952–960.
- Ghani, A., Dexter, M., & Perrott, K. W. (2003). Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil biology and biochemistry*, 35(9), 1231-1243.
- Graham, E.R., (1959). An explanation of theory and methods of soil testing (Bulletin No. 734). Missiyruru Agric. Exp. Stn., Columbia.
- Hagin, J., & Amberger, A. (1974). Contribution of fertilizers and manures to the N-and P-load of waters.
- Harmsen, G. W., & Van Schreven, D. A. (1955). Mineralization of organic nitrogen in soil. *Advances in agronomy*, 7, 299-398.
- Heal, O.W., G. Howson, D.D., French and J.N.R., Jeffers, 1974. Decomposition of cotton strips in tundra. Stockholm, Tundra Biome Steering Committee: 341-362.
- Hendriks, R. F. A. (1991). *Afbraak en mineralisatie van veen: literatuuronderzoek* (No. 199). DLO-Staring Centrum.
- Hunter, A. S. (1949). Yield and composition of alfalfa as affected by variations in the calcium-magnesium ratio in the soil. *Soil science*, 67(1), 53-62.
- Jenkinson, D. S., & Rayner, J. H. (1977). The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Soil science*, 123(5), 298-305.
- Jonge Poerink, B., 2008. Zuurgraadregulering van de bodem bij weidevogelreservaten op veengrond
- Jongerius, A. (1957). *Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur* (Doctoral dissertation, Staatsdrukkerij).
- Kamprath, E. J. (1971). Potential detrimental effects from liming highly weathered soils to neutrality. In *Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla* (Vol. 31, pp. 200-203).

Key, J. L., Kurtz, L. T., & Tucker, B. B. (1962). Influence of ratio of exchangeable calcium-magnesium on yield and composition of soybeans and corn. *Soil Science*, 93(4), 265-270.

Kooijman, A., Hagen, H., & Noordijk, E. (2012). Stikstof depositie in de duinen: alles in beeld?. *Landschap*, 29(3), 147-154.

Koch bodemtechniek, De Bodemkrant [magazine] (zd) geraadpleegd op 11 januari 2017

http://www.digischool.nl/nlt/nlt1h014/Achtergrondinformatie/bodemlevenkrant_Koch_bodemtechniek.pdf

Kopittke, P. M., & Menzies, N. W. (2007). A review of the use of the basic cation saturation ratio and the "ideal" soil. *Soil Science Society of America Journal*, 71(2), 259-265.

Liebhart, W. C. (1981). The basic cation saturation ratio concept and lime and potassium recommendations on Delaware's coastal plain soils. *Soil Science Society of America Journal*, 45(3), 544-549.

Lipman, C. B. (1916). A critique of the hypothesis of the lime-magnesia ratio. *Plant World*, 19(4), 83-105.

Malda, J.T. (2005). De invloed van gips op de structuur en kleigronden en interne kwaliteit van consumptieaardappelen. Altic, Dronten.

McLean, E. O., Hartwig, R. C., Eckert, D. J., & Triplett, G. B. (1983). Basic cation saturation ratios as a basis for fertilizing and liming agronomic crops. II. field studies. *Agronomy Journal*, 75(4), 635-639.

Otten, W. (1985). Nader onderzoek naar oxydatie van veengronden, literatuuroverzicht en metingen aan veenmonsters (No. 1620, p. 99). ICW.

Paauw, Dr, F. V. D., & Van Itallie, T. H. B. Bijdrage tot de kennis van den invloed van het magnesium op de fosforzuurhouding. (1938) proef gedaan in 1934-1938.

Pauling, L, P. (1944). The nature of the chemical bond. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.

Pons, L.J. (1959). Bodemkunde. p 186.

Rijtema, P. E., & Kroes, J. G. (1991). Some results of nitrogen simulations with the model ANIMO. In Nitrogen Turnover in the Soil-Crop System (pp. 189-198). Springer Netherlands.

Rutgers, M., Mulder, C., Schouten, A. J., Bloem, J., Bogte, J. J., Breure, A. M., ... & Korthals, G. W. (2007). Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit.

Schwartz, W. (1976). AJ Holding, OW Heal, SF MacLean Jr. and PW Flanagan (Editors). Soil Organisms and Decomposition in Tundra. Intern. Biological Programme Tundra Biome (Proc. Microbiol., Decomposition, and Invertebrate Working Groups Fairbanks, Alaska 1973). VII, 398S., 114Abb., 116 Tab., 1 Taf. Stockholm 1974: IBP Tundra Biome Steering Committee. *Zeitschrift für allgemeine Mikrobiologie*, 16(1), 86-86.

Shane, M. W., Cawthray, G. R., Cramer, M. D., Kuo, J., & Lambers, H. (2006). Specialized 'dauciform' roots of Cyperaceae are structurally distinct, but functionally analogous with 'cluster' roots. *Plant, Cell & Environment*, 29(10), 1989-1999.

Van Eekeren, N. J. M., Bokhorst, J., Deru, J., & de Wit, J. (2014). Regenwormen op het melkveebedrijf: handreiking voor herkennen, benutten en managen (No. 2014-004 LbD). LBI.

Van Eekeren, N. J. M., Deru, J., Lenssinck, F. A. J., & Bloem, J. (2016). *Bodemkwaliteit op veengrond*. LBI.

Van de Riet, B. P. (2007). Mogelijkheden voor natuurontwikkeling in de Westelijke Veenweidegebieden: Verdergaande bodemdaling of herstel van veengroei?.

Van Kekem, A. J. (2004). *Veengronden en stikstofleverend vermogen*.

Veer, R. v. (2002). Pitrison ontwikkeling in enkele Noord-Hollandse weidevogelreservaten. Hoorn/Castricum: Agens Raadgevend Buro, Stichting het Noord-Hollands Landschap

Wierda, C. & Evers, M. (1998). *Praktijkgids bemesting*. NMI

Bijlagen

Bijlage 1 Statistische analyse van de drogestofopbrengst(2016) in spss Oneway Anova

Descriptives

dsopbr1234

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum
					Lower Bound	Upper Bound	
controle	12	10516,50	1269,248	366,400	9710,06	11322,94	8710
kalk	12	10757,17	1408,836	406,696	9862,03	11652,30	9352
gips	12	9386,42	634,837	183,262	8983,06	9789,77	8435
kieseriet	12	9862,33	1538,598	444,155	8884,75	10839,91	8499
magnesiet	12	10760,42	2176,463	628,291	9377,56	12143,28	9138
Total	60	10256,57	1540,138	198,831	9858,71	10654,43	8435

Descriptives

dsopbr1234

	Maximum
controle	13223
kalk	13828
gips	10656
kieseriet	14130
magnesiet	16580
Total	16580

ANOVA

dsopbr1234

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17815337,570	4	4453834,392	2,006	,106
Within Groups	122134137,200	55	2220620,676		
Total	139949474,700	59			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: dsopbr1234

LSD

(I) behandeling	(J) behandeling	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
controle	kalk	-240,667	608,361	,694	-1459,85	978,52
	gips	1130,083	608,361	,069	-89,10	2349,27
	kieseriet	654,167	608,361	,287	-565,02	1873,35
	magnesiet	-243,917	608,361	,690	-1463,10	975,27
kalk	controle	240,667	608,361	,694	-978,52	1459,85
	gips	1370,750*	608,361	,028	151,57	2589,93
	kieseriet	894,833	608,361	,147	-324,35	2114,02
	magnesiet	-3,250	608,361	,996	-1222,43	1215,93
gips	controle	-1130,083	608,361	,069	-2349,27	89,10
	kalk	-1370,750*	608,361	,028	-2589,93	-151,57
	kieseriet	-475,917	608,361	,437	-1695,10	743,27
	magnesiet	-1374,000*	608,361	,028	-2593,18	-154,82
kieseriet	controle	-654,167	608,361	,287	-1873,35	565,02
	kalk	-894,833	608,361	,147	-2114,02	324,35
	gips	475,917	608,361	,437	-743,27	1695,10
	magnesiet	-898,083	608,361	,146	-2117,27	321,10
magnesiet	controle	243,917	608,361	,690	-975,27	1463,10
	kalk	3,250	608,361	,996	-1215,93	1222,43
	gips	1374,000*	608,361	,028	154,82	2593,18
	kieseriet	898,083	608,361	,146	-321,10	2117,27

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Estimated Marginal Means

1. Grand Mean

Dependent Variable: dsopbr1234

		95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
Mean	Std. Error		
10256,567	128,988	9997,850	10515,284

2. bedrijf

Dependent Variable: dsopbr1234

			95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
bedrijf	Mean	Std. Error		
korrel oudekerk ad amstel	11742,250	223,414	11294,139	12190,361
de Wit Reeuwijk	9239,500	223,414	8791,389	9687,611
Graveland	9787,950	223,414	9339,839	10236,061
Oudewater				

3. behandeling

Dependent Variable: dsopbr1234

			95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
behandeling	Mean	Std. Error		
controle	10516,500	288,426	9937,991	11095,009
kalk	10757,167	288,426	10178,658	11335,676
gips	9386,417	288,426	8807,908	9964,926
kieseriet	9862,333	288,426	9283,824	10440,842
magnesiet	10760,417	288,426	10181,908	11338,926

Bijlage 2 De statistische vergelijking van de ruw eiwit opbrengsten op de verschillende locaties bij de verschillende behandelingen 2015

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
loc!	De_Wit	96
	Graveland	96
	Kastelein	96
	Korrel	72
	Vergeer	96
beh!	aControle	76
	CaCO ₃	76
	CaSO ₄	76
	MgCO ₃	76
	MgSO ₄	76
	Optimum	76

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: RE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	51139,375 ^a	9	5682,153	7,720	,000
Intercept	9460769,694	1	9460769,694	12853,773	,000
loc	47638,832	4	11909,708	16,181	,000
beh	3500,543	5	700,109	,951	,448
Error	328269,638	446	736,031		
Total	9942754,120	456			
Corrected Total	379409,013	455			

a. R Squared = ,135 (Adjusted R Squared = ,117)

Estimated Marginal Means

1. Grand Mean

Dependent Variable: RE

		95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
Mean	Std. Error		
144,996	1,279	142,483	147,510

2. locatie

Dependent Variable: RE

loc!	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
De_Wit	136,096	2,769	130,654	141,538
Graveland	142,935	2,769	137,494	148,377
Kastelein	135,078	2,769	129,636	140,520
Korrel	148,385	3,197	142,101	154,668
Vergeer	162,487	2,769	157,046	167,929

3. behandeling

Dependent Variable: RE

beh!	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
aControle	142,307	3,115	136,184	148,430
CaCO3	149,823	3,115	143,700	155,946
CaSO4	143,394	3,115	137,271	149,517
MgCO3	146,265	3,115	140,142	152,388
MgSO4	141,889	3,115	135,766	148,012
Optimum	146,299	3,115	140,177	152,422

Homogeneous Subsets behandeling

Multiple Comparisons

Dependent Variable: RE

LSD

(I) beh!	(J) beh!	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
aControle	CaCO3	-7,52	4,401	,088	-16,17	1,13
	CaSO4	-1,09	4,401	,805	-9,74	7,56
	MgCO3	-3,96	4,401	,369	-12,61	4,69
	MgSO4	,42	4,401	,924	-8,23	9,07
	Optimum	-3,99	4,401	,365	-12,64	4,66
CaCO3	aControle	7,52	4,401	,088	-1,13	16,17
	CaSO4	6,43	4,401	,145	-2,22	15,08
	MgCO3	3,56	4,401	,419	-5,09	12,21
	MgSO4	7,93	4,401	,072	-,72	16,58
	Optimum	3,52	4,401	,424	-5,13	12,17
CaSO4	aControle	1,09	4,401	,805	-7,56	9,74
	CaCO3	-6,43	4,401	,145	-15,08	2,22
	MgCO3	-2,87	4,401	,515	-11,52	5,78
	MgSO4	1,51	4,401	,732	-7,14	10,15
	Optimum	-2,91	4,401	,510	-11,55	5,74
MgCO3	aControle	3,96	4,401	,369	-4,69	12,61
	CaCO3	-3,56	4,401	,419	-12,21	5,09
	CaSO4	2,87	4,401	,515	-5,78	11,52
	MgSO4	4,38	4,401	,321	-4,27	13,03
	Optimum	-,03	4,401	,994	-8,68	8,62
MgSO4	aControle	-,42	4,401	,924	-9,07	8,23
	CaCO3	-7,93	4,401	,072	-16,58	,72
	CaSO4	-1,51	4,401	,732	-10,15	7,14
	MgCO3	-4,38	4,401	,321	-13,03	4,27
	Optimum	-4,41	4,401	,317	-13,06	4,24
Optimum	aControle	3,99	4,401	,365	-4,66	12,64
	CaCO3	-3,52	4,401	,424	-12,17	5,13
	CaSO4	2,91	4,401	,510	-5,74	11,55
	MgCO3	,03	4,401	,994	-8,62	8,68
	MgSO4	4,41	4,401	,317	-4,24	13,06

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 736,031.

Bijlage 3 Statistische analyse van de VEM opbrengsten op de verschillende locaties met de verschillende behandelingen 2015.

Estimated Marginal Means

1. Grand Mean

Dependent Variable: VEM

Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
877,132	3,536	870,184	884,080

2. loc!

Dependent Variable: VEM

loc!	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
De_Wit	865,795	7,655	850,751	880,839
Graveland	892,561	7,655	877,517	907,604
Kastelein	868,040	7,655	852,996	883,084
Korrel	881,289	8,839	863,918	898,660
Vergeer	877,976	7,655	862,932	893,019

3. beh!

Dependent Variable: VEM

beh!	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
aControle	878,903	8,613	861,976	895,829
CaCO3	884,240	8,613	867,313	901,166
CaSO4	880,546	8,613	863,620	897,473
MgCO3	884,450	8,613	867,524	901,377
MgSO4	867,200	8,613	850,273	884,126
Optimum	867,453	8,613	850,527	884,380

Homogeneous Subsets behandeling

Multiple Comparisons

Dependent Variable: VEM

LSD

(I) beh!	(J) beh!	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
aControle	CaCO3	-5,34	12,167	,661	-29,25	18,57
	CaSO4	-1,64	12,167	,893	-25,55	22,27
	MgCO3	-5,55	12,167	,649	-29,46	18,36
	MgSO4	11,70	12,167	,337	-12,21	35,61
	Optimum	11,45	12,167	,347	-12,46	35,36
CaCO3	aControle	5,34	12,167	,661	-18,57	29,25
	CaSO4	3,69	12,167	,762	-20,22	27,60
	MgCO3	-,21	12,167	,986	-24,12	23,70
	MgSO4	17,04	12,167	,162	-6,87	40,95
	Optimum	16,79	12,167	,168	-7,12	40,70
CaSO4	aControle	1,64	12,167	,893	-22,27	25,55
	CaCO3	-3,69	12,167	,762	-27,60	20,22
	MgCO3	-3,90	12,167	,748	-27,82	20,01
	MgSO4	13,35	12,167	,273	-10,56	37,26
	Optimum	13,09	12,167	,282	-10,82	37,00
MgCO3	aControle	5,55	12,167	,649	-18,36	29,46
	CaCO3	,21	12,167	,986	-23,70	24,12
	CaSO4	3,90	12,167	,748	-20,01	27,82
	MgSO4	17,25	12,167	,157	-6,66	41,16
	Optimum	17,00	12,167	,163	-6,91	40,91
MgSO4	aControle	-11,70	12,167	,337	-35,61	12,21
	CaCO3	-17,04	12,167	,162	-40,95	6,87
	CaSO4	-13,35	12,167	,273	-37,26	10,56
	MgCO3	-17,25	12,167	,157	-41,16	6,66
	Optimum	-,25	12,167	,983	-24,16	23,66
Optimum	aControle	-11,45	12,167	,347	-35,36	12,46
	CaCO3	-16,79	12,167	,168	-40,70	7,12
	CaSO4	-13,09	12,167	,282	-37,00	10,82
	MgCO3	-17,00	12,167	,163	-40,91	6,91
	MgSO4	,25	12,167	,983	-23,66	24,16

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5625,065.