

# Effecten bodem- en structuurverbeteraars

Onderzoek op klei-, zand- en dalgrond 2012

Resultaten na drie jaar onderzoek

Ing. J.G.M. Paauw, Ing. D. van Balen & Ir. J.J. de Haan (PPO-agv)  
Ir. M.J.G. de Haas, Ing. H. van der Draai & Dr. Ir. D.W. Bussink (NMI)

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Businessunit, Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

**Financiers:**

Productschap Akkerbouw  
Provincie Flevoland  
Provincie Groningen ism Kiemkracht  
Europese Unie  
Arcadis  
De Wulf Agro  
PRP Benelux  
Triferto  
Agrobio  
IRS

Projectnummer: 3250159600

## Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad  
Tel. : 0320-291111  
Fax : 0320-230479  
E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING .....	9
1.1 Aanleiding .....	9
1.2 Doel van onderzoek .....	9
1.2.1 Algemeen.....	9
1.2.2 Bodemstructuur.....	10
1.3 Uitvoerders en financiers.....	10
1.4 Leeswijzer.....	11
2 MATERIAAL EN METHODEN .....	13
2.1 Beschrijving bodemverbeteraars.....	13
2.1.1 Calcium- en/of kalkmeststoffen.....	13
2.1.2 Op basis van micro-organismen .....	15
2.1.3 Overige producten .....	17
2.2 Onderzoek per proeflocatie .....	19
2.2.1 Kollumerwaard.....	20
2.2.2 Lelystad.....	21
2.2.3 Westmaas.....	22
2.2.4 Valthermond.....	23
2.2.5 Vredepeel.....	24
2.3 Waarnemingen.....	25
2.3.1 Bodemonderzoek 2012 .....	25
2.3.2 Teelt (PPO).....	27
3 UITVOERING EN RESULTATEN 2012 .....	29
3.1 Kollumerwaard .....	29
3.1.1 Uitvoering najaar 2011.....	29
3.1.2 Groeiseizoen 2012 .....	30
3.1.3 Bemesting.....	30
3.1.4 Waarnemingen.....	32
3.1.5 Opbrengst.....	33
3.1.6 Na de oogst .....	34
3.2 Lelystad.....	35
3.2.1 Uitvoering najaar 2011.....	35
3.2.2 Groeiseizoen 2012 .....	36
3.2.3 Bemesting.....	37
3.2.4 Waarnemingen.....	39
3.2.5 Opbrengst en kwaliteit.....	40
3.2.6 Na de oogst .....	41
3.3 Westmaas.....	42
3.3.1 Uitvoering najaar 2011.....	42
3.3.2 Groeiseizoen 2011 .....	42
3.3.3 Bemesting.....	43
3.3.4 Waarnemingen.....	45
3.3.5 Opbrengst en kwaliteit.....	46
3.3.6 Na de oogst .....	47
3.4 Valthermond.....	48
3.4.1 Uitvoering .....	48
3.4.2 Bemesting.....	48

3.4.3	Waarnemingen.....	50
3.4.4	Opbrengst en kwaliteit.....	51
3.4.5	Na de oogst .....	52
3.5	Vredepeel .....	53
3.5.1	Uitvoering .....	53
3.5.2	Bemesting.....	53
3.5.3	Waarnemingen.....	55
3.5.4	Opbrengst en kwaliteit.....	57
3.5.5	Na de oogst .....	57
3.6	Gewasresultaten 2012 .....	58
3.7	Gewaswaarnemingen .....	60
4	BODEMONDERZOEK 2012 .....	61
4.1	Resultaten Bodemfysisch.....	61
4.1.1	Granulair .....	61
4.1.2	Doorlatendheid .....	61
4.1.3	Indringingsweerstand .....	64
4.1.4	Aggregaatstabiliteit.....	68
4.1.5	Visuele waarnemingen: de Spadetest .....	70
4.2	Bodemchemische metingen.....	72
4.2.1	Algemeen grondonderzoek: pH.....	72
4.2.2	Grootte van het CEC-complex .....	74
4.2.3	CEC-bezetting.....	74
4.2.4	Ca in bodemvocht.....	79
4.2.5	Fractionering organische stof .....	81
4.3	Bodembiologische metingen.....	85
4.3.1	Schimmel en bacteriehoeveelheid (BFI) .....	85
4.4	Resultaten bodemonderzoek 2012.....	87
5	RESULTATEN .....	89
5.1	Resultaten 2010-2012 .....	89
5.1.1	Grondsoort en bodemverbeteraar .....	89
5.1.2	Interactie tussen bodemverbeteraar en de proeflocaties .....	90
6	COMMUNICATIE.....	93
7	LITERATUUR.....	95
	BIJLAGE 1: ALGEMEEN GRONDONDERZOEK.....	97
	BIJLAGE 2: HET CA-GEHALTE IN BODEMVOCHT EN HWC.....	103
	BIJLAGE 3: RESULTATEN BODEMBIOLOGISCH ONDERZOEK .....	104

# Samenvatting

## Aanleiding voor project

In de praktijk lopen telers steeds vaker tegen problemen aan van een slechte bodemkwaliteit. Intensieve bouwplannen, steeds zwaardere mechanisatie, uitloging (Ca-uitspoeling), piekneerslagen en de schaalvergroting in de landbouw leiden tot vermindering van de fysische bodemvruchtbaarheid en de structuur van de bodem. Dit veroorzaakt:

- Toenemende problemen bij de bewerkbaarheid van de bodem
- Minder efficiënt gebruik van meststoffen
- Verhoogd risico van uit- en afspoeling van nutriënten
- Wateroverlast
- Verlaging van de opbrengst.

Om de bodemstructuur te verbeteren worden door industrie en handel zogeheten bodemverbeteraars en kalkmeststoffen aangeboden. Er is een grote variatie in type producten, de wijze waarop ze werken en de mate waarin ze een directe dan wel indirecte invloed op de bodemvruchtbaarheid hebben. Objectieve informatie over het effect van de aanbevolen producten op gewasopbrengsten en fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid ontbreekt. Uit eerdere proeven blijkt dat de effecten binnen 1 of 2 groeiseizoenen vaak afwezig zijn. Veel fabrikanten geven aan dat pas op langere termijn effecten te verwachten zijn.

## Doel en opzet van project

Om het effect van bodemverbeteraars op opbrengst en bodemeigenschappen op de langere termijn te toetsen, zijn proeven aangelegd op drie kleilocaties (Westmaas, Kollumerwaard en Lelystad), één dalgrond (Valthermond) en één zandlocatie (Vredepeel). In deze proeven worden bouwplannen toegepast die gangbaar zijn voor de betreffende regio. In deze proeven worden de ontwikkeling van de gewasopbrengst, de gewaskwaliteit en de bodemeigenschappen gevolgd over een periode van zes jaar (2010-2015) bij toepassing van de bodemverbeteraars. Deze wordt vergeleken met 3 referenties: alleen kunstmest, drijfmest met kunstmest en groencompost met kunstmest.

De volgende producten worden getest:

- Kalk en calciummeststoffen
  1. Agrigyps (calciummeststof)
  2. Betacal Carbo (kalkmeststof)
  3. Brandkalk (calciummeststof)
  4. PRP-SOL (met sporenelementen verrijkte calciummeststof)
- Bodemverbeteraars met micro-organismen of met bodemleven stimulerende eigenschappen
  5. Condit 7%N (gehydroliseerde eiwitten en zeolieten die bodemleven stimuleren)
  6. Xurian Optimum (micro-organismen die bodemleven stimuleren).
  7. BactoFil (bacteriepreparaat ter verbetering van de bodemstructuur, vanaf 2012)
- Overige producten
  8. Biochar (verkoelde organische stof, van diverse producten/oorsprong)
  9. Steenmeel (gemalen vulkanisch gesteente)

In 2010 is op alle proeflocaties de uitgangssituatie van de bodem bepaald (nulmeting), zowel chemisch, fysisch als biologisch. In 2012 zijn de bodemeigenschappen opnieuw bepaald. Het gaat hierbij om de volgende waarnemingen

- Fysisch
  - Aggregaatstabiliteit
  - Doorlatendheid
  - Indringingsweerstand
  - Visuele waarneming bodemstructuur (Spade test)
- Chemisch
  - Calcium in bodemvocht

- Algemeen chemisch grondonderzoek
- CEC grootte en bezetting, pH, EC
- fractie hydrofoob organische stof en heet water extraheerbaar koolstof (HWC);
- minerale stikstof na de oogst (kleilocaties)
- Biologisch
  - Totale en actieve schimmel- en bacteriehoeveelheid (bodemvoedselweb)

## Resultaten 2010-2012

### Opbrengsten

In tabel 0.1 staan de relatieve opbrengsten van de bodemverbeteraars gemiddeld over alle locaties en gemiddeld over de locaties op kleigrond en zand- en dalgrond. Er zijn verschillen aanwezig maar deze zijn over het algemeen statistisch nog niet betrouwbaar.

Dit is het geval als over alle locaties heen gekeken wordt. Met Agrigyps worden de hoogste opbrengsten gehaald en met Biochar Norit de laagste. Deze zijn statistisch betrouwbaar verschillend van elkaar. Ten opzichte van de andere bodemverbeteraars is er, gekeken over alle locaties, geen statistisch verschil.

Tabel 0.1. **Relatieve opbrengsten van de bodemverbeteraars over 2010-2012 over alle locaties gemiddeld en gemiddeld per grondsoort en gewas. Gemiddelden zonder gemeenschappelijke letter zijn significant verschillend bij onbetrouwbaarheid van 5%.**

Bodemverbeteraar	Alle gronden		Kleigrond		Zand- en dalgrond		Locaties <sup>1</sup>
<i>Kalk en calciummeststoffen</i>							
Agrigyps	103.4	<i>b</i>	104.4	<i>c</i>			LS, KW, WM
Brandkalk	100.8	<i>ab</i>	101.8	<i>abc</i>			LS, KW, WM
Betacal Carbo	100.7	<i>ab</i>	101.6	<i>abc</i>			LS, KW, WM
PRP-SOL	102.1	<i>ab</i>	103.7	<i>bc</i>	100.7	<i>ab</i>	Alle
<i>Bodemverbeteraars met micro-organismen of die bodemleven stimuleren</i>							
Condit7%N	99.8	<i>ab</i>	100.4	<i>ab</i>	99.8	<i>ab</i>	Alle
Xurian Optimum	100.3	<i>ab</i>	102.0	<i>abc</i>	98.7	<i>a</i>	Alle
BactoFil	99.2	<i>ab</i>	100.5	<i>abc</i>			LS, WM
<i>Overige producten: biochars en steenmeel</i>							
Biochar ECN	101.9	<i>ab</i>			101.0	<i>ab</i>	VM
Biochar Edinburgh	100.0	<i>ab</i>			99.1	<i>ab</i>	VM
Biochar Norit	98.4	<i>a</i>	101.1	<i>abc</i>	96.0	<i>a</i>	VM, KW
Biochar hout 2,5 ton	100.0	<i>ab</i>	101.0	<i>abc</i>			LS
Biochar hout 5 ton	100.0	<i>ab</i>	101.7	<i>abc</i>	98.0	<i>a</i>	LS, VM, KW
Steenmeel	100.9	<i>ab</i>			100.4	<i>ab</i>	VM, VP
<i>Referenties</i>							
Groencompost/GFT	100.8	<i>ab</i>	99.9	<i>a</i>	102.9	<i>b</i>	Alle
Varkens-/rundveedm	100.5	<i>ab</i>	102.6	<i>abc</i>	98.4	<i>a</i>	Alle
Kunstmest	99.7	<i>ab</i>	100.0	<i>a</i>	100.5	<i>ab</i>	Alle

<sup>1</sup>LS = Lelystad (klei), KW = Kollumerwaard (klei), WM = Westmaas (klei), VM = Valthermond (dal), VP = Vredepeel (zand)

Op de kleigronden hebben de Agrigyps en PRP-SOL een betrouwbaar hogere opbrengst dan de kunstmest en de groencompost. Ten opzichte van de andere objecten is er geen statistisch betrouwbaar verschil. De kalkmeststoffen doen het gemiddeld genomen vrij goed, maar niet statistisch betrouwbaar. Opvallend is dat de variatie in de opbrengsten op Westmaas erg hoog is. Zo heeft PRP-SOL een 9% hogere opbrengst dan kunstmest maar is dit niet statistisch betrouwbaar. In Lelystad zijn de verschillen juist klein.

Op de zand- en dalgronden heeft de groencompost een betrouwbaar hogere opbrengst dan de Xurian Optimum, Biochar Norit, Biochar hout en de drijfmest. Ten opzichte van de andere objecten is er geen statistisch betrouwbaar verschil. Opvallend is dat op Vredepeel het kunstmest object gemiddeld het beste scoort en het drijfmestobject het slechtste. Op Valthermond heeft Groencompost de hoogste gemiddelde opbrengst en ook steenmeel en Biochar ECN scoren goed.

### **Bodem**

Samengevat laten de bodemmetingen per parameter incidenteel verschillen zien. Geen van de behandelingen vertoont bij meerdere bepalingen een afwijkend gedrag ten opzichte van de referentie. Per parameter zijn de belangrijkste bevindingen weergegeven:

- Bodemfysisch
  - De doorlatendheid verschilt sterk per locatie. Op de kleilocaties lijkt de doorlatendheid bij Agrigyps en PRP-Sol beter te zijn dan de referentie kunstmest. De andere behandelingen verschilden niet van de referentie kunstmest. Op de zandlocaties was er geen duidelijk verschil tussen behandelingen.
  - Op de kleilocaties is de indringingsweerstand bij Betacal Carbo en drijfmest hoger dan bij de referentie kunstmest. De andere behandelingen verschilden niet van de referentie kunstmest. Op de zandlocaties was er geen duidelijk verschil tussen behandelingen.
  - De aggregaatstabiliteit verschilde tussen locaties, waarbij die te Valthermond (dalgrond) het laagst was. Binnen de kleilocaties lijkt de aggregaatstabiliteit Xurian Optimum lager te zijn de referentie kunstmest. De andere behandelingen verschilden niet van de referentie. Op de zandlocaties lijken de behandelingen PRP-SOL, Condit 7%N en Groencompost een lagere aggregaatstabiliteit te hebben dan de referentie kunstmest. De andere behandelingen verschilden niet van de referentie kunstmest.
  - Bij de spatetest lijken de Biocharbehandelingen op klei een meer kruimelige structuur te geven ten opzichte van de overige behandelingen. Op de zandlocaties lieten PRP-SOL en Condit 7%N de minst kruimelige structuur zien.
- Bodemchemisch
  - De pH is licht gestegen sinds 2010. Op de kleilocaties is de pH bij de Betacal Carbo behandeling licht gestegen ten opzichte van de referentie kunstmest. Op de andere behandelingen is deze ongeveer gelijk aan die van de referentie kunstmest. Op de zandlocaties is de pH licht gestegen bij de behandelingen PRP-SOL, Condit 7%N, Xurian Optimum, drijfmest en steenmeel ten opzichte van kunstmest.
  - De CEC-waarden zijn ongeveer gelijk aan die van 2010 en verschillen niet tussen behandelingen binnen een locatie. De Ca-bezetting op de kleilocaties is sterk gedaald bij de behandeling met Brandkalk als gevolg van een groot aandeel MgO in Brandkalk, hetgeen leidde tot een stijging van de Mg-bezetting van 5 naar 10%. De andere behandelingen verschilden niet van elkaar met een Ca-bezetting van 91-92%. Op de zandgronden hadden de behandelingen geen effect op de Ca- en Mg-bezetting.
  - De Hot Water extractable Carbon (HWC) verschilt op de kleilocaties niet duidelijk tussen behandelingen. Op de zandlocaties hebben Condit 7%N, Xurian Optimum en Groencompost een lagere HWC dan het referentieobject kunstmest.
  - Meer hydrofobe organische stof is gunstig voor de bodemstructuur. Zowel op de zand als kleilocaties was er geen consistent verschil tussen behandelingen. De hoeveelheid hydrofiele organische stof was daarentegen op de kleilocaties voor vrijwel alle behandelingen hoger dan van de referentie kunstmest. Op de zandlocaties was er geen duidelijk verschil met de referentie.
- Bodembologisch
  - De schimmel-bacterieverhouding liet geen consistent beeld van verschillen zien tussen behandelingen, zowel op de kleilocaties als op de zandlocaties.

## **Conclusies**

Er zijn verschillen tussen de bodemverbeteraars in hun effecten op opbrengst echter deze zijn over het algemeen nog niet betrouwbaar. De kalkmeststoffen lijken een positief effect op opbrengst te hebben op de kleigronden.

De bodemmetingen laten per bodemparameter incidenteel verschillen zien. Geen van de behandelingen vertoont bij meerdere bepalingen een afwijkend gedrag ten opzichte van de referentie. Daarmee zijn er vooralsnog geen sterke aanwijzingen dat de behandelingen een duidelijk effect hebben op de bodemstructuur.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Intensieve bouwplannen, steeds zwaardere mechanisatie, uitloging (calciumuitspoeling), piekneerslagen en de schaalvergroting in de landbouw leiden tot vermindering van de fysische bodemvruchtbaarheid en de structuur van de bodem. Dit veroorzaakt toenemende problemen bij de bewerkbaarheid van de bodem, een minder efficiënt gebruik van meststoffen, een verhoogd risico op uit- en afspoeling van nutriënten, wateroverlast en uiteindelijk een verlaging van de (financiële) opbrengst.

Om deze problemen aan te pakken, biedt de handel bodemverbeteraars en kalkmeststoffen aan. Objectieve informatie over het effect van de aanbevolen producten op fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengsten ontbreekt. Ook is niet bekend wat de effecten van deze producten zijn op de langere termijn en hoe de werking is ten opzichte van kunstmest, dierlijke mest en compost.

Knelpunten op het gebied van bodemstructuur verschillen per grondsoort: slompgevoeligheid speelt vooral op lichte zavelgronden, een slechte bewerkbaarheid vooral op de zwaardere gronden, terwijl stuifschade op de zand- en dalgrond voorkomt. Bodemverdichting en een slechte waterdoorlatendheid kunnen op alle gronden voorkomen. De bodemverbeteraars worden daarom getoetst op drie kleilocaties, één dal- en één zandlocatie. Door de specifieke problemen per grondsoort en het te verwachten effect van een bodemverbeteraar is er per locatie bekeken welke objecten er aangelegd worden.

Zo zijn het organische stofgehalte, gehalte aan koolzure kalk en het gehalte aan calcium in het bodemvocht factoren die invloed hebben op de bodemstructuur van kleigronden. Vandaar dat de kalkhoudende bodemverbeteraars niet op de zandlocaties te vinden zijn. Steenmeel is daarentegen wel te vinden op de zandlocaties.

Om de effecten te kunnen beoordelen heeft het Productschap Akkerbouw langjarig onderzoek geïnitieerd naar de effecten van bodem- en structuurverbeteraars. Naast Productschap Akkerbouw zijn er nog meer partijen die meewerken en –financieren aan dit langjarig onderzoek (zie 1.3).

## 1.2 Doel van onderzoek

### 1.2.1 Algemeen

Doel van het onderzoek is het vaststellen of bodem- en structuurverbeteraars een positief effect hebben op de bodemstructuur, de gewasopbrengst en het risico van af- en uitspoeling van mineralen. Daarvoor worden in een 6-jarig onderzoek 8 producten onderzocht op 3 kleilocaties (Lelystad, Westmaas en Kollumerwaard), een zandlocatie (Vredepeel) en een zanddalgrond locatie (Valthermond). De volgende producten zijn getest:

1. Xurian Optimum (micro-organismen die bodemleven stimuleren).
2. PRP-SOL (met sporenelementen verrijkte calciummeststof)
3. Condit 7%N (gehydroliseerde eiwitten en zeolieten die bodemleven stimuleren)
4. Brandkalk (calciummeststof)
5. Agrigyps (calciummeststof)
6. Betacal Carbo (kalkmeststof)
7. Biochar (verkoelde organische stof)
8. Steenmeel (gemalen steenachtig product)
9. BactoFil. Dit product is vanaf 2012 opgenomen.

Alle producten claimen de fysische en chemische bodemvruchtbaarheid te verbeteren. De producten worden allen toegepast in een vruchtwisseling met gebruik van (varkens)drijfmest (behalve de Biochar). Ze worden vergeleken met drie “gangbare” bemestingsstrategieën:

10. alleen kunstmest
11. varkens-/rundveedrijfmest + kunstmest
12. groencompost/GFT + kunstmest

### 1.2.2 Bodemstructuur

Bodemstructuur is één van de bepalende eigenschappen in het functioneren van de bodem op een akkerbouwbedrijf. Structuur is een bodemeigenschap die een belangrijke rol speelt bij de productiviteit en duurzaamheid van de akkerbouw (Kay en Munkholm, 2004). Voor de plant is het belangrijk dat er voldoende lucht en vocht in de bodem aanwezig zijn en dat de plant voldoende bij nutriënten kan komen. De bodemstructuur is een bepalende eigenschap bij de wortelontwikkeling van een gewas en het waterbergend vermogen, de doorlatendheid en porositeit van de bodem (Dexter, 1988). De effecten van bodemstructuur kunnen zichtbaar op verschillende schaalniveaus, van lokaal (perceel) tot regionaal (waterkwaliteit en – kwantiteit) en globaal (klimaatverandering).

Er zijn veel verschillende beschrijvingen van structuur beschikbaar (onder andere Hillel, 1998, Dexter, 1988). Structuur kan worden beschreven als de ruimtelijke rangschikking, vorm en grootte van elementaire bodembestanddelen en hun eventuele aggregaten, alsmede de holten die in de bodem voorkomen (Weyting en De Vries, 2000). Kay (1990) beschrijft structuur in drie dynamische eigenschappen:

- stabiliteit van bodemdelen en aggregaten om de verdeling van vaste en andere fase te behouden onder invloed van krachten van buitenaf;
- vorm verwijst naar de totale porositeit, de porieverdeling en de poriecontinuïteit; en
- veerkracht van de structuur waarbij met name gewezen wordt op de mogelijkheid van de bodem om na een versturende werking van een kracht te herstellen tot de oorspronkelijke vorm onder invloed van natuurlijke processen.

Of een bodemstructuur goed is, is afhankelijk van de aanwezigheid van primaire bodemdelen en aggregaten in orde van grootte van 1-10 mm die stabiel blijven als ze vochtig zijn en in een passende onderlinge verhouding in de bodem aanwezig zijn. Aggregaten zijn 'secondaire' delen die zijn gevormd door een combinatie van primaire minerale delen (zoals klei) gemengd met organische en minerale delen (bijvoorbeeld oxiden). Aggregaten komen in verschillende groottes voor worden op verschillende manieren gevormd (Bronick en Lal, 2005). Aggregaten worden vaak in grootteklassen ingedeeld: macroaggregaten groter dan 250 µm en microaggregaten kleiner dan 250 µm. (Edwards en Bremner, 1967). Deze indeling komt onder andere omdat de bindingsmechanismen tussen beide groepen verschillen. Microaggregaten worden gevormd door onderlinge bindingen tussen organische moleculen, kleidelen en kationen. Het neerslaan van ijzer-aluminiumaggregaten, fosfaten en carbonaten stimuleert ook vorming van microaggregaten. Verschillende bindingen tussen organische stoffen, klei en kationen kunnen van micro- tot macroaggregaten leiden. Macroaggregaten ontstaan ook rondom kernen van stabiele organische stof. Wortels en schimmeldraden dragen bij aan aggregaatvorming en bodemstructuur door het uitscheiden van plakkerige slijmstoffen waarmee bodemdelen worden vastgelegd (Bronick en Lal, 2005).

De waarnemingen die zijn verricht in 2012 zijn er op gericht om inzicht te krijgen in verschillende bodemeigenschappen die kunnen leiden tot bodemaggregaten en bodemstructuur.

Aggregaten kunnen in grootte worden verdeeld micro-aggregaten (<250 µm) en macro-aggregaten (>250 µm). Micro-aggregaten worden gevormd door klei en aggregaten die de grootte hebben van klei of silt delen, organische stof, plant en schimmelresten en schimmeldraden. Micro aggregaten dragen bij aan het waterbergend vermogen van de grond en beschermen de organische stof (Omar, 2007). Wortels en bodemleven verbinden micro-aggregaten tot macroaggregaten. Macro-aggregaten dragen bij aan de water- en luchthuishouding en vormen de meer zichtbare bodemstructuur.

## 1.3 Uitvoerders en financiers

Het project bodem- en structuurverbetersaars wordt uitgevoerd door PPO-AGV en NMI met medewerking van SPNA en IRS. Dit in opdracht van Productschap Akkerbouw en leveranciers van bodemverbetersaars (IRS, Pype BVBA, PRP Benelux, Triferto, AgroBio).

De veldproeven worden uitgevoerd door regionale proefbedrijven onder begeleiding van PPO en NMI. Metingen aan het veldgewas vallen onder de verantwoordelijkheid van PPO terwijl bodemmetingen door NMI worden gecoördineerd en uitgevoerd.

Hoofdfinancier is Productschap Akkerbouw. Daarnaast financieren toeleveranciers op verschillende locaties het onderzoek naar een aantal bodem- en structuurverbeteraars. Er wordt in dit project ook aanvullend onderzoek uitgevoerd op een aantal locaties. Deze hebben een aparte financiering.

- Het onderzoek naar Biochar in Lelystad, de nutriëntenverliezen per bodemverbeteraar en de communicatie rondom het project, worden gefinancierd door de provincie Flevoland.
- Het onderzoek naar de effecten van Biochar in Valthermond en Kollumerwaard wordt gefinancierd door provincie Groningen en Kiemkracht.
- Het onderzoek naar de effecten van steenmeel wordt mogelijk gemaakt door Arcadis.

## 1.4 Leeswijzer

Dit rapport geeft de integrale resultaten weer van het onderzoek in 2012 van alle in de proeven opgenomen bodem- en structuurverbeteraars. In hoofdstuk 2 is uitgelegd hoe het onderzoek is vormgegeven: de bodem- en structuurverbeteraars zijn beschreven, evenals de locaties van de proeven met bouwplan, behandelingen en de uitgevoerde waarnemingen aan bodem en gewas. Hoofdstuk 3 behandelt de teeltresultaten van 2012 inclusief de bemesting en opbrengsten. In hoofdstuk 4 is het bodemonderzoek beschreven. De resultaten van zowel gewas als bodem over alle locaties zijn beschreven in hoofdstuk 5. Het rapport sluit af met een korte discussie en conclusie naar aanleiding van de activiteiten in 2012. In de bijlage zijn diverse resultaten in meer detail gepresenteerd en is een overzicht van de communicatie gegeven.



## 2 Materiaal en methoden

Dit hoofdstuk beschrijft de opzet van het onderzoek:

- de beschrijving van de bodemverbeteraars (paragraaf 2.1);
- het bouwplan en uitvoering per proeflocatie (paragraaf 2.2); en
- waarnemingen aan bodem en gewas (paragraaf 2.3).

### 2.1 Beschrijving bodemverbeteraars

Naast de bodemverbeteraars die in deze paragraaf zijn beschreven, zijn ook kunstmest, varkensdrijfmest (of rundveedrijfmest) en groencompost/GFT als bodemverbeteraar ingezet.

Van de onderzochte bodem- en structuurverbeteraars is in dit hoofdstuk een korte omschrijving gegeven. Zo wordt duidelijk wat voor type product het is en op welke manier het bijdraagt aan een goede bodemstructuur. Aan de hand van uitgevoerde grondonderzoeken wordt later geanalyseerd hoe de bodemverbeteraars de bodemstructuur en/of de chemische samenstelling van de bodem hebben beïnvloed. De bodemverbeteraars zijn onder te verdelen in de volgende typen producten:

- calcium- en/of kalkmeststoffen
- micro-organismen
- overige producten (Biochar en steenmeel)

#### 2.1.1 Calcium- en/of kalkmeststoffen

##### 2.1.1.1 Agrigyps

Agrigyps (foto 2.1) is een **calciummeststof** met 29 procent CaO. De calcium is hierbij gebonden aan sulfaat. Deze calciummeststof heeft geen pH-verhogend effect. Het wordt jaarlijks toegediend in een dosering van 500 kg CaO per ha wat neer komt op 1700 kg Agrigyps per ha. Het product bevat veel zwavel. In erg hoge doseringen (oorspronkelijke advies 12 ton Agrigyps/ha) zou de zwavel kunnen uitspoelen en zorgen voor een forse verhoging van het grond- en oppervlaktewater. In de proef is de dosering teruggebracht naar 1,7 ton per ha. Er zijn echter geen metingen verricht tav uitspoeling van zwavel. De maximale dosering van deze calciummeststof zou in de toekomst mede bepaald kunnen worden door maximaal toelaatbare SO<sub>4</sub> gehalte in grond en oppervlaktewater en de ,daarmee samenhangende, maximaal toegelaten zwavelaanvoer. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.



Foto 2.1. **Agrigyps.**

### 2.1.1.2 Betacal Carbo

Betacal Carbo (foto 2.2) is een **kalkmeststof** die de bodemstructuur verbetert en de pH verhoogt. Het is een uiterst fijne neerslag van koolzure kalk gemengd met enige organische stof en is ontstaan bij de zuivering van ruwsap uit bieten. Door de fijne neerslag en de gemakkelijke vertering van de organische stof heeft het een snelle werking. Betacal Carbo bevat tevens nutriënten, zoals stikstof, fosfaat en kalium. In de praktijk wordt een kalkmeststof één keer in de bouwplancycclus toegepast. In dit onderzoek is hiervan afgeweken om deze kalkmeststof vanaf de start zijn werking te laten doen. Om dit te bereiken is in het voorjaar van 2010 1000 kg CaO per ha toegepast en in dat najaar 500 kg CaO per ha. De andere jaren wordt in het voorjaar 500 kg CaO per toegediend en bij de zaai- en pootbedbereiding ingewerkt. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.



Foto 2.2. **Betacal Carbo.**

### 2.1.1.3 Brandkalk

Brandkalk (foto 2.3) is een goed in water oplosbare **calciummeststof** (60% CaO) en bevat daarnaast veel magnesium (tot 35% MgO). Verder bevat het geen andere mineralen. Met Brandkalk wordt de hoeveelheid vrij calcium en de magnesiumvoorziening in de bouwvoor verhoogd. Brandkalk werkt dan tijdelijk licht pH verhogend. Het is daarmee geen kalkmeststof. Door een verhoging van reageerbaar  $\text{CaCO}_3$  wordt de bewerkbaarheid en de aggregaatstabiliteit van de bodem verbeterd. De plant kan daarnaast meer calcium opnemen en dat verbetert de kwaliteit van het product. Calcium is namelijk net als kalium belangrijk voor een goede celwandopbouw van het gewas. Brandkalk wordt jaarlijks in het voorjaar toegepast in een dosering van 500 kg CaO per ha. Bij de zaai- en pootbedbereiding wordt het ingewerkt. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.



Foto 2.3. **Brandkalk.**

#### 2.1.1.4 PRP-SOL

PRP-SOL(bodem) (foto 2.4) is een meststof op basis van mineralen zouten, sporenelementen en extracten van organische oorsprong op basis van **calcium** en magnesiumcarbonaat. Door verhitting wordt een deel van de magnesium vervangen door minerale zouten en spoorelementen. De elementen die worden toegevoegd zijn specifiek bedoeld om micro-organismen te voeden. Het is daarmee geen kalkmeststof. In de bodem stimuleert PRP-SOL de microflora, met de bedoeling op deze wijze de bodemvruchtbaarheid en bodemstructuur te verbeteren. Dit zal uiteindelijk de plantengroei ten goede komen. PRP-SOL wordt in het najaar toegediend in een dosering van 200 kg per ha. De eerste twee jaar was de dosering hoger. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.



Foto 2.4. PRP-SOL.

### 2.1.2 Op basis van micro-organismen

#### 2.1.2.1 Condit 7% N

Condit (foto 2.5) combineert de eigenschappen van een plantenvoedingsmiddel met een bodemverbeteraar. Deze meststof stimuleert de ontwikkeling van goede bacteriën en schimmels in de grond. Het is tevens een bron van organische stof. Condit is een product dat bestaat uit o.a. gehydrolyseerde eiwitten en zeolieten. Condit bevat geen schadelijke stoffen en is vrij van onkruidzaden. Condit7%N bevat 7% stikstof, 1% fosfaat en 2% kalium. Bij een toediening van 1 ton per ha moet rekening worden gehouden met een stikstofwerking van 70 kg per ha. De dosering van Condit is volgens de leverancier gebaseerd op de stikstofbehoefte van het gewas en de vruchtbaarheid van de bodem. Zo krijgen granen 1 ton per ha, aardappelen en suikerbieten 1,5 ton en koolgewassen 2 ton per ha.

In 2010 is in het onderzoek Condit5%N gebruikt. Vanaf 2011 is er Condit7%N gebruikt omdat de leverancier dit product in de markt wil promoten. Omdat de basisproducten en de -werking hetzelfde zijn, is dit geen probleem. Met Condit7%N wordt echter wel meer stikstof gegeven aan het gewas wat bemestingstechnisch tot problemen kan leiden, afhankelijk van het gewas.

Condit wordt in het onderzoek in het voorjaar toegediend en bij de zaai- en pootbedbereiding ingewerkt. In wintertarwe wordt het in het voorjaar over het gewas gestrooid en niet ingewerkt. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.

Voor het groeiseizoen van 2012 is afgesproken met de leverancier dat op alle proeflocaties geen aanvullende bemesting wordt gegeven naast de Conditgift. Dit geldt zowel voor kunstmest als voor dierlijke mest. Zo wordt een zuivere werking van de Condit gemeten.



Foto 2.5. **Condit 7%N.**

### 2.1.2.2 **Xurian Optimum**

Xurian Optimum (foto 2.6) is een meststof met borium, zink en een *Pseudomonas*bacterie voor de omzetting van verse organische stof. Het product wordt toegepast met een veldspuit. Het eerste jaar is de dosering 1,35 kg per ha in het voorjaar. De jaren erna wordt 0,9 kg per ha in zomer of najaar gegeven. De beste werking wordt verkregen als Xurian Optimum gespoten wordt na de oogst van het gewas voor de inzaai van een groenbemester of in het najaar kort voor het ploegen op een groenbemester. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.



Foto 2.6. **Xurian Optimum (spuitpoeder).**

### 2.1.2.3 **BactoFil**

Met ingang van groeiseizoen 2012 is het product BactoFil opgenomen in het onderzoek. Dit product is aangelegd op de proeflocaties Westmaas en Lelystad. BactoFil is een bacteriepreparaat die de bodemstructuur kan verbeteren. Verschillen bacteriën binden stikstof uit de bodemlucht waardoor de stikstofgift omlaag kan. Ook draagt BactoFil bij aan een gemakkelijker opname van kalium en fosfaat uit de bodem. Het gebruik van BactoFil geeft zo een besparing op de bemesting van 80 kg N, 30 kg fosfaat en 30 kg kali per ha.

Er bestaan twee BactoFilproducten. BactoFil A10 is specifiek ontwikkeld voor toepassing in monocotylen en BactoFil B10 voor dicotylen. Beide BactoFilproducten zijn vloeistoffen die verspoten kunnen worden. De bespuiting dient 's morgens vroeg of later in de avond uitgevoerd te worden. Dan is de UV-straling gering. UV-straling doodt namelijk de bacteriën. Na de bespuiting moet de BactoFil direct tot zaai- of pootdiepte worden ingewerkt.

BactoFil moet 7-10 dagen vóór het zaaien of poten worden gespoten. Als er naast de BactoFil kunstmest en/of drijfmest wordt gebruikt, pas dan eerst de BactoFil toe en 7-10 dagen later de kunstmest en/of drijfmest.

Omdat bacteriën erg gevoelig zijn voor gewasbeschermingsmiddelen, moet de spuit zeer schoon zijn. De watertank mag niet van metaal zijn. Er moet zacht water gebruikt worden. Regenwater kan dan ook. Deze



productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.

### 2.1.3 Overige producten

#### 2.1.3.1 Biochar

Biochar ontstaat door verhitting van biomassa onder zuurstofloze omstandigheden. Die biomassa is bijvoorbeeld bermgras of houtsnippers. Maar ook snoeiafval, energiegewassen en reststromen van verwerkende industrieën zijn geschikt als grondstof. Bij de verhitting ontstaat er een gas, die als biobrandstof gebruikt kan worden. Daarnaast blijft er verkoold materiaal achter die Biochar wordt genoemd. Deze Biochar bestaat voor het grootste deel uit koolstof. Omdat er verschillende bronnen van biomassa zijn, ontstaan er ook verschillende soorten Biochar. In het onderzoek zijn de Biochar hout, Biochar norit, Biochar ECN en Biochar Edinburgh (later Romchar) opgenomen. Biochar hout verschilt vrij sterk in de mate van grofheid. Zo zijn er partijen die de grofheid van foto 2.7 hebben, terwijl er ook partijen zijn die poederfijn zijn en bij de toepassing erg stuifgevoelig zijn. Foto 2.8 laat de Biochar norit zien.



Foto 2.7. **Grove Biochar hout.**



Foto 2.8. **Biochar norit.**

Het idee om met Biochar de bodemkwaliteit te verbeteren is afgeleid van Terra Preta, organische stofrijke (tot 16%) vruchtbare, zwarte gronden in het Amazone-bekken in Brazilië.

In het onderzoek is de Biochar toegediend zonder de toepassing van mest. Zo wordt het zuivere effect van de Biochar te meten.

Koolstof is in staat om allerlei stoffen aan zich te binden. Biochar doet in de bodem eigenlijk hetzelfde als norit. Door een groot specifiek oppervlak kan Biochar bijdragen aan een betere structuur en kan Biochar nutriënten vasthouden zodat ze beschikbaar blijven voor de plant. Bovendien houdt elke ton Biochar een ton vocht vast. De bodem wordt daardoor minder gevoelig voor droogte. Biochar kan vele honderden tot duizenden jaren in de bodem aanwezig blijven. Dat maakt het effect op de bodemvruchtbaarheid langdurig. Daarnaast is Biochar een alternatieve manier om CO<sub>2</sub> voor zeer lange tijd in de grond vast te leggen. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.

#### 2.1.3.2 Steenmeel

Steenmeel (foto 2.9) is een gemalen steenachtig product van deeltjes kleiner dan 0,1 mm. Steenmeel wordt gemaakt van vulkanisch gesteenten met een laag silica gehalte en het levert Ca, Mg, K, Na en diverse sporelementen. Op Valthermond en Vredepeel is gekozen voor twee gesteenten afkomstig uit Zuid Duitsland en Noord Noorwegen. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de kaliumlevering. In deze proef wordt steenmeel op de zandgrond toegepast maar biedt wellicht ook perspectieven op kleigrond. Steenmeel bevat geen stikstof en afhankelijk van de oorsprong varieert het fosfaatgehalte van 0,1 tot 2%. Omdat dit fosfaat aanwezig is in het slecht oplosbare mineraal apatiet zal dit fosfaat in de praktijk geen rol spelen.

Kali is aanwezig in silicaatmineralen en lost niet op maar 'verweert' en is daardoor niet afhankelijk van evenwichtsreacties. Uit informatie verkregen in de loop van dit experiment blijkt dat 20% van de kalium in het relatief snel verwerende mineraal nefelien aanwezig is, 80% van de opgebrachte kalium zit in het zeer slecht verwerende mineraal kaliveldspaat. Dat dit laatstgenoemde mineraal een veelvoorkomend resistent

bodemmineraal is, zegt al genoeg over de reactiviteit. Dit betekent dat de Kali voorziening lager zal uitvallen dan vooraf voorzien. Deze productinformatie is gebaseerd op informatie welke door de productleverancier is aangeleverd.



Foto 2.9. **Steenmeel.**

## 2.2 Onderzoek per proeflocatie

Per proeflocatie verschillen de in het onderzoek opgenomen bodemverbeteraars. De leveranciers van de bodemverbeteraars hebben aangegeven op welke grondsoort hun producten een goede werking hebben. Omdat kalkmeststoffen normaal op de zand- en dalgrond worden toegediend voor het verhogen van de pH, zijn ze binnen dit onderzoek alleen op de kleilocaties toegediend.

Voor elke locatie geldt dat de objecten groencompost, varkens-/rundveedrijfmest en kunstmest de referentieobjecten zijn. Dit betekent dat de werking van de bodemverbeteraars wordt vergeleken met deze objecten.

Omdat de praktijk veel varkens-/rundveedrijfmest gebruikt, worden bijna alle bodemverbeteraars gecombineerd met een drijfmestgift. Per locatie is dit aangegeven. Alleen Groencompost, Kunstmest en Biochar krijgen geen mest. Aan de Biochar objecten wordt op Kollumerwaard en Valthermond geen drijfmest gegeven om zo de zuivere werking van dit product te kunnen meten. De Biochar objecten in Lelystad krijgt wel mest om de werking in combinatie met mest te meten. In 2012 is met de leverancier van Condit7%N afgesproken om dit product ook geen drijfmest meer te geven.

Door de giften van de bodemverbeteraars en de dierlijke mest verschilt de mineralenaanvoer per object. Om het zuivere effect van de bodemverbeteraar te meten, wordt de mineralenaanvoer van werkzame stikstof, fosfaat en kali in bijna alle objecten tot een zelfde niveau aangevuld met kunstmest. In 2012 is in afspraak met de leveranciers de werkzame mineralenaanvoer van Condit7%N, Steenmeel en BactoFil lager geweest dan van de andere bodemverbeteraars. Volgens de leveranciers komt de werking van deze bodemverbeteraars dan beter tot uiting.

Voor groencompost/GFT is 0 of 10% N-werking aangehouden afhankelijk van de aard van de organische stof.

Bij de beschrijving van de proeflocaties (2.2.1 t/m 2.2.5) is in een tabel de gift per bodemverbeteraar van de afgelopen drie jaar weergegeven. Sommige bodemverbeteraars kregen in 2010 zowel een voorjaars- als een najaarsgift. Daar is voor gekozen om op zo kort mogelijke termijn binnen dit onderzoek de bodemverbeteraar goed gemengd in de bouwvoor te krijgen. De tijdstippen en hoogte van deze toepassingen is overlegd met de leveranciers van de bodemverbeteraars.

Op de kleilocaties (Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas) wordt onderzoek uitgevoerd naar de invloed van de bodemverbeteraar op de stikstofvoorraad bij de oogst en zes weken na de oogst. De N-min voorraad wordt gemeten in de laag 0-30 en 30-60 cm. Daarnaast worden op de kleilocaties gewasmonsters genomen bij de oogst voor analyse op stikstof en fosfaat. Zo wordt de afvoer van stikstof en fosfaat gemeten per bodemverbeteraar.

Per bodemverbeteraar wordt zo een beeld verkregen van:

- Mate van stikstofefficiëntie
- N-min bij en na de oogst
- De stikstof- en fosfaatafvoer van het gewas

De resultaten m.b.t. de stikstof worden beschreven in de rapportage van het erop volgende jaar. De provincie Flevoland financiert dit aanvullende onderzoek.

## 2.2.1 Kollumerwaard

De proeflocatie Kollumerwaard is een kleigrond met 27% lutum en 3,5% organische stof. Het P-AL getal is 42 (berekend Pw-getal 47) en het K-getal is 22 (voorjaar 2010). In de proefperiode worden de volgende

gewassen geteeld:

2010: zomertarwe

2011: poot aardappelen

2012: wintertarwe

2013: suikerbieten

2014: graan

2015: poot aardappelen

In tabel 2.1 zijn de hoeveelheden bodemverbeters in de objecten weergegeven. Groencompost/GFT, Kunstmest en de bodemverbeters Biochar norit en Biochar hout krijgen geen varkensdrijfmest. Zo zijn de zuivere effecten van deze objecten beter te meten. In de andere objecten wordt, naast de bodemverbeteraar, wel mest gebruikt. Vanaf 2012 krijgt Condit7%N geen drijfmest meer.

Tabel 2.1. **Toepassing bodemverbeters op Kollumerwaard vanaf voorjaar 2010 t/m voorjaar 2012 en de toepassing van varkensdrijfmest.**

Bodemverbeteraar	Eenheid	2010 zomertarwe			2011 poot aard.			2012 wintert.		Totaal gift
		voorjaar	najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	mest voorjaar 1)	
<b>Agri-gyps</b>	kg/ha	1730	0	+	1730	1730		0	+	5190
<b>Betacal Carbo</b>	kg/ha	3570	1790	+	1790	1790		0	+	8940
<b>Brandkalk</b>	kg/ha	1670	840	+	840	840		0	+	4190
<b>PRP-SOL</b>	kg/ha	300	0	+	250	200		0	+	750
<b>Condit7%N 2)</b>	kg/ha	1000	0	+	1500	0		1000		3500
<b>Xurian Optimum</b>	kg/ha	1,35	0,9	+	0	0,9		0	+	3,15
<b>Biochar norit</b>	ton/ha	5	0		5	5		0		15
<b>Biochar hout</b>	ton/ha	5	0		5	5		0		15
<b>Groencompost/GFT</b>	ton/ha	9	9		0	9		0		27
<b>Varkensdrijfmest</b>	m <sup>3</sup> /ha	25	0	+		0		25	+	50
<b>Kunstmest</b>										

1) + => 25 m<sup>3</sup> varkensdrijfmest per ha

2) In 2010 Condit 5%

In 2011 zijn bijna alle bodemverbeters in het najaar toegepast. Omdat in het najaar van 2011 wintertarwe is ingezaaid, zijn de bodemverbeters voor het zaaien toegediend. Alleen Condit7%N is in het voorjaar van 2012 toegediend. Deze bodemverbeteraar kan over de wintertarwe worden gestrooid zonder te worden ingewerkt. Regen zorgt voor inspoeling van de gehydrolyseerde eiwitten en zeolieten uit de Condit. De andere jaren zijn de meeste bodemverbeters in het voorjaar toegediend voor het zaaien en poten van de gewassen.

## 2.2.2 Lelystad

In Lelystad is de proef aangelegd op een kleigrond met 18% lutum en 2% organische stof. Het P-AL getal is 42 (berekend Pw getal 31) en het K-getal is 16. In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: zomergerst

2011: suikerbieten

2012: zaaiuien

2013: winterpeen

2014: zomergraan

2015: consumptieaardappelen

In tabel 2.2 zijn de bodemverbeteraars beschreven die in Lelystad worden ingezet. In Lelystad krijgen de objecten Biochar hout 2,5 en 5 ton per ha wel mest als dat wordt toegediend. Alleen in Lelystad mag mest worden gegeven aan de Biochar om zo het effect van de combinatie met mest te meten.

In Lelystad is in 2012 BactoFil A10 voor de eerste keer ingezet. Dit product wordt gebruikt in monocotylen.

Tabel 2.2. Toepassing bodemverbeteraars in Lelystad vanaf voorjaar 2010 t/m voorjaar 2012 en de toepassing van varkensdrijfmest.

Bodemverbeteraar	Eenheid	2010 zomergerst			2011 suikerbieten			2012 zaaiui		2010-2012
		voorjaar	najaar	mest najaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	mest voorjaar	Totaal gift
Agrigyps	kg/ha	1730	0	+	1730	0		1730		5190
Betacal Carbo	kg/ha	3570	1790	+	1790	0		1790		8940
Brandkalk	kg/ha	1670	840	+	840	0		840		4190
PRP-SOL	kg/ha	300	0	+	250	200		0		750
Condit7%N 2)	kg/ha	1000	0	+	1500	0		1500		4000
Xurian Optimum	kg/ha	1.35	0.9	+	0	0.9		0		3.15
BactoFil A10	L/ha	0	0	+	0	0		1		1
Biochar hout	ton/ha	2.5	0	+	2.5	0		2.5		7.5
Biochar hout	ton/ha	5	0	+	5	0		5		15
Groencompost/GFT	ton/ha	9	9		0	9		0		27
Varkensdrijfmest	m <sup>3</sup> /ha	0	15	+	0	0		0		15
Kunstmest										

1) + = 15 m<sup>3</sup> varkensdrijfmest per ha

2) 2) in 2010 Condit 5%

### 2.2.3 Westmaas

De proeflocatie Westmaas is een kleigrond met 20% lutum en 2,3% organische stof. Het P-AL getal is 49 (berekend Pw-getal 40) en het K-getal is 21. In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: zomergerst

2011: consumptieaardappel

2012: suikerbiet

2013: wintertarwe

2014: zaaiuien

2015: aardappel

In tabel 2.3 staan de bodemverbeteraars die in Westmaas worden ingezet. Per bodemverbeteraar is de gift per ha weergegeven en de eventuele mestgift in het na- of voorjaar. Op Westmaas is in 2012 BactoFil B10 voor de eerste keer ingezet. Dit product is geschikt voor dicotylen.

Tabel 2.3. **Toepassing bodemverbeteraars op Westmaas vanaf voorjaar 2010 t/m voorjaar 2012 en de toepassing van varkensdrijfmest.**

Bodemverbeteraar	Eenheid	2010 zomergerst			2011 cons.aard.			2012 suikerb.		Totaal gift
		voorjaar	najaar	mest voorjaar. 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar	voorjaar	mest voorjaar	
<b>Agrigyps</b>	kg/ha	1730	0	+	1730	0		1730		5190
<b>Betacal Carbo</b>	kg/ha	3570	1790	+	1790	0		1790		8940
<b>Brandkalk</b>	kg/ha	1670	840	+	840	0		840		4190
<b>PRP-SOL</b>	kg/ha	300	0	+	250	200		200		950
<b>Condit7%N 2)</b>	kg/ha	1000	0	+	1500	0		1500		4000
<b>Xurian Optimum</b>	kg/ha	1.35	0.9	+	0	0.9		0		3.15
<b>Groencompost/GFT</b>	ton/ha	9	9		0	9		0		27
<b>Varkensdrijfmest</b>	m <sup>3</sup> /ha	15	0	+	0	0		0		15
<b>Kunstmest</b>										0
<b>BactoFil B10</b>	L/ha	0	0		0	0		1		1

1) + = 15 m<sup>3</sup> varkensdrijfmest per ha

2) In 2010 Condit 5%

Groencompost en kunstmest krijgen geen varkensdrijfmest als er drijfmest gebruikt wordt. Vanaf 2012 geldt dat ook voor Condit7%N. In de andere objecten wordt, naast de bodemverbeteraar, wel mest gebruikt.

## 2.2.4 Valthermond

De proeflocatie Valthermond is een dalgrond met 11,6% organische stof. Het P-AL getal is 30 (berekend Pw-getal 30) en het K-getal is 8.

In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: suikerbieten

2011: zetmeelaardappelen

2012: zomergerst

2013: zetmeelaardappelen

2014: suikerbieten

2015: zetmeelaardappelen

In tabel 2.4 zijn de bodemverbeteraars beschreven die op Valthermond worden ingezet. Groencompost/GFT, de Biochar producten en kunstmest krijgen geen varkensdrijfmest. Romchar is in het najaar van 2011 aangelegd. Het gaat hier om een eenmalige gift. De Biochar ECN is in 2010 toegepast. Omdat er geen product meer beschikbaar was, gaat het hier ook om een eenmalige gift. De beide objecten draaien wel mee in het verdere onderzoek.

Tabel 2.4. **Toepassing bodemverbeteraars op Valthermond vanaf voorjaar 2010 t/m voorjaar 2012 en de toepassing van varkensdrijfmest.**

Bodemverbeteraar	Eenheid	2010 suikerbieten			2011 zetmeelaard.			2012 z.gerst		2010-2012
		voorjaar	najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	mest voorjaar	Totaal gift
PRP-SOL	kg/ha	300	0	+	250	0	+	200		750
Xurian Optimum	kg/ha	1.35	0.9	+	0	0.9	+	0		3.15
Condit7%N	kg/ha	1500	0	+	1500	0	+	1000		4000
Groencompost/GFT	ton/ha	18	0		9	0		9		36
Varkensdrijfmest	m <sup>3</sup> /ha	20	0	+	20	0	+	0		40
Biochar ECN 2)	ton/ha	15	0		0	0				15
Biochar norit	ton/ha	5	0		5	0	5			10
Romchar 3)	ton/ha	0	0		0	24,5		0		24,5
Kunstmest										0
Steenmeel	ton/ha	20	0	+	15	0	+	10		45
Biochar hout	ton/ha	5	0		5	0		5		15

1) + = 20 m<sup>3</sup> varkensdrijfmest per ha

2) is alleen in 2010 toegepast. Daarna is er geen product meer

3) is een eenmalige gift

Groencompost/GFT, Kunstmest en de Biochar bodemverbeteraars krijgen geen varkensdrijfmest als er mest gebruikt wordt. In de andere objecten wordt dan wel mest gebruikt naast de bodemverbeteraar. Vanaf 2012 krijgt Condit7%N geen mest meer.

## 2.2.5 Vredepeel

In Vredepeel ligt de proef op een zandgrond met 3,9% organische stof. Het P-AL getal is 49 (berekend Pw getal 71) en het K-getal is 26.

In de proefperiode worden de volgende gewassen geteeld:

2010: snijmaïs

2011: suikerbiet

2012: zomergerst

2013: snijmaïs

2014: erwt vroeg / stamslaboon nateelt

2015: aardappel

In tabel 2.5 staan de bodemverbeteraars beschreven die op Vredepeel worden ingezet. Groencompost en Kunstmest krijgen geen drijfmest maar de andere objecten krijgen dat wel. Daar wordt de bodemverbeteraar gecombineerd met mest. Op Vredepeel wordt rundveedrijfmest gebruikt omdat dat voldoende beschikbaar is, maar zeugenmest kan ook gebruikt worden. Vanaf 2012 krijgt Condit7%N geen mest meer.

Tabel 2.5. **Toepassing bodemverbeteraars op Vredepeel vanaf voorjaar 2010 t/m voorjaar 2012 en de toepassing van drijfmest.**

Bodemverbeteraar	Eenheid	2010 snijmaïs			2011 suikerbieten			2012 z.gerst		2010-2012
		voorjaar	najaar	mest voorjaar 1)	voorjaar	najaar	mest voorjaar 2)	voorjaar	mest voorjaar	Totaal gift
<b>PRP-SOL</b>	kg/ha	300	0	+	250	0	+	200		750
<b>Xurian Optimum</b>	kg/ha	1.35	0.9	+	0	0.9	+	0		3.15
<b>Condit7%N</b>	kg/ha	1000	0	+	1500	0	+	1000		3500
<b>Groencompost/GFT</b>	ton/ha	18	0		9	0		9		36
<b>Drijfmest</b>	m <sup>3</sup> /ha	40	0	+	40	0	+	0		80
<b>Kunstmest</b>										0
<b>Steenmeel</b>	ton/ha	20	0	+	15	0	+	10		45

1) + = 40 m<sup>3</sup> rundveedrijfmest per ha

2) + = 40 m<sup>3</sup> zeugenmest per ha: Condit7%N 20 m<sup>3</sup>



## 2.3 Waarnemingen

Op de vijf onderzoekslocaties zijn verschillende waarnemingen gedaan aan bodem en gewas en zijn grond- en gewasmonsters verzameld voor verdere analyse. In deze paragraaf is kort beschreven welke bodem- en gewasgerichte waarnemingen zijn uitgevoerd.

### 2.3.1 Bodemonderzoek 2012

In 2012 zijn er per behandeling een aantal metingen aan verschillende structureigenschappen van de bodem gedaan. De gemeten eigenschappen dragen bij aan de structuurvorming of zijn een uiting van de aanwezige bodemstructuur. Er zijn chemische, fysische en biologische eigenschappen gemeten, zoals in Tabel 2.6 is weergegeven. De metingen zijn uitgevoerd op het moment dat verwacht kan worden dat de eigenschappen en verschillen tussen de behandelingen optimaal tot uiting kunnen komen. Dat betekent dat een aantal metingen gedurende het groeiseizoen zijn uitgevoerd (voorjaar) en een aantal eigenschappen kort voor of na de oogst.

Tabel 2.6. **Eigenschappen en meetmoment zoals uitgevoerd in 2012 per locatie.**

Eigenschap	Meetmoment	
	Voorjaar	Najaar
Fysisch	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aggregaat-stabiliteit</li><li>• Visuele waarneming: spadeproef</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• (Verzadigde) doorlatendheid</li><li>• Indringingsweerstand</li></ul>
Chemisch	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calcium in bodemvocht</li><li>• Hot water carbon (HWC)</li><li>• Fractionering organische stof</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Algemeen grondonderzoek zoals pH, lutum, N-tot, S-tot, P-AL, PPAAE, MgPAAE, K,PAAE, Ca-beschikbaar</li><li>• Grootte kationenadsorptiecomplex (CEC) en bezetting</li></ul>
Biologisch	<ul style="list-style-type: none"><li>• Totale en actieve schimmel en bacterie-hoeveelheid (bodemvoedselweb)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bodemleven</li></ul>

De metingen zijn er op gericht om inzicht te krijgen in eventuele verschillen in aggregatie van de bodem en de gevolgen van aggregatie. Bij de aggregatie spelen verschillende chemische, fysische en biologische processen een rol. Microaggregaten worden vaak gevormd en gestabiliseerd door chemische factoren zoals de grootte en bezetting van het adsorptiecomplex en de aard van de organische stof. Macroaggregaten worden veelal gevormd en in stand gehouden door biologische factoren zoals de aanwezigheid van schimmels en wortels en de bijproducten van microbiële opbouw en afbraak van organische stof (Nichols en Toro, 2011).

#### Hot water Carbon (HWC)

HWC is een bepaling van organische stof die vaak in verband wordt gebracht met structuurvorming (Ghani et al, 2003), HWC bestaat voor een groot deel uit polysacchariden uitgescheiden door microbiële bodemleven (onder andere schimmels en bacteriën), De polysacchariden kunnen een bindende rol spelen bij het bij elkaar houden kisten van aggregaten (pers mededeling, J, Bloem WUR-Alterra, 2012), De toegepaste methode is beschreven door Ghani et al. (2003).

#### Fractionering organische stof

Verschillende vormen van organische stof kunnen een verschillende bijdrage aan structuurvorming hebben. Piccolo en Mbagwu (1999) vonden dat hydrofobe organische stof meer aan aggregaatstabiliteit bijdroeg dan hydrofiele organische stof. Shein en Milanovsky (2004) laten zien dat dankzij de hydrofobe componenten van de organische stof aggregaten stabiel zijn. Hydrofobe organische componenten van organische stof kunnen door een netwerk van onderlinge bindingen, minerale delen van de bodem aggregeren tot micro-aggregaten (Shein en Milanovsky, 2004; Bronick en Lal, 2005). Door het hydrofobe karakter van deze organische stoffractie kan bodemvocht veel moeilijker of niet in de microporiën indringen.

Bij de analyse van de fracties hydrofoob en hydrofiel organische stof wordt veldvochtige grond geëxtraheerd met  $\text{CaCl}_2$ . Daarna volgt een procedure om verschillende hydrofobe en hydrofiel organische te extraheren met behulp van een hars. De methode die is gevolgd, is beschreven in door Van Zomeren en Comans (2007).

#### Aggregaatstabiliteit

Bodemverbeteraars kunnen door hun samenstelling en werking een stabiliserende werking hebben op de aggregaten. Een methode om de aggregaatstabiliteit te bepalen is gebruik te maken van de natte zeefmethode (wet sieving)(WUR-LDDG). Luchtdroge grond (<2 mm) wordt zowel in water als in een disperseervloeistof gedompeld. De aggregaten die in het water al uiteenvallen worden geëvalueerd als instabiel. De aggregaten die in een disperseervloeistof uiteenvallen worden geëvalueerd als stabiel. Er wordt een correctie gemaakt voor aanwezige elementaire delen > 250  $\mu\text{m}$  (bijvoorbeeld zand) en plantenresten. De stabiele en instabiele aggregaatfracties tezamen vormen de totale aggregaatfractie. De gewichtsverhoudingen tussen de stabiele aggregaatfractie en de totale aggregaatfractie is een maat voor de aggregaatstabiliteit. Bij een ASI van 1, is er sprake van stabiele aggregaten.

#### Visuele waarneming: de spadeproef

De bodemstructuur is visueel beoordeeld. Er is gebruik gemaakt van het protocol zoals beschreven in de Testkit Bodemkwaliteit (Koopmans en Brands, 2003). Per locatie, per behandeling is op twee velden een visuele waarneming uitgevoerd.

#### Indringingsweerstand

De indringingsweerstand is bepaald met een penetrologger (Eijkelkamp, type conus 1  $\text{cm}^2$  grondoppervlak, tophoek  $60^\circ$ , indringingssnelheid 1  $\text{cm}/\text{sec}$ ). Voor het uitvoeren van de metingen is het protocol gevolgd zoals dat in de gebruiksaanwijzing van de penetrologger is opgenomen (Eijkelkamp, versie 5.08; 2010). Per locatie, per behandeling zijn 10 metingen uitgevoerd. Metingen gingen door tot een diepte van 80 cm beneden maaiveld tenzij de indringingsweerstand te hoog werd.

#### Verzadigde doorlatendheid

De (verzadigde) doorlatendheid is een afgeleide methode van de methode zoals omschreven in de Testkit Bodemkwaliteit (Koopmans en Brands, 2003). Per locatie is er per behandeling op twee van de drie herhalingen op dezelfde dag een meting uitgevoerd. De hoeveelheid geïnfilterd water is over een periode van 900 seconden (15 minuten) gemeten. Het tijdsinterval tussen de metingen was in het begin kort en werd gedurende de meting groter (0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 600 en 900 seconden). Direct na een meting werd het waterniveau aangevuld om droogvallen te voorkomen. De resultaten van de infiltratiemetingen zijn uitgedrukt als de berekende doorlatendheid (infiltratiesnelheid) in het laatste tijdsinterval (10-15 minuten). De doorlatendheid na 15 minuten geeft een indicatie van de verzadigde doorlatendheid van de bodem. De metingen zijn uitgevoerd direct na of vlak voor de oogst van het gewas. In verband met planning van werkzaamheden zijn de metingen in Lelystad en Westmaas vlak voor de oogst uitgevoerd. Alle metingen zijn tussen de rijen uitgevoerd.

In de meting is gebruik gemaakt van een enkele ring. Een enkele ring gebruiken in infiltratiemetingen is geen ongebruikelijke zaak (zie bijvoorbeeld ook <http://www.usyd.edu.au/agric/web04/Single%20ring%20final.htm>). De meetmethode is een compromis tussen de kwaliteit van de verkregen data en wat in het veld werkbaar is.

De indringingsweerstand, de spadeproef en de verzadigde doorlatendheid zijn uitgevoerd in het veld. Alle overige bepalingen zijn uitgevoerd in het laboratorium. De aggregaatstabiliteit is uitgevoerd door Land degradation and development group van de WUR. Het HWC-onderzoek is uitgevoerd door WUR-Alterra Centrum bodem. De fractionering van de organische stof is uitgevoerd door ECN in Petten. Alle andere waarnemingen zijn uitgevoerd door Blgg-AgroXpertus.

### 2.3.2 Teelt (PPO)

In het groeiseizoen is de bodemstructuur en de gewasgroei gevolgd door de betrokken regionale onderzoekers van PPO en SPNA. Bij de bodemstructuur is gekeken naar zichtbare verslumping, korstvorming en verstuiven. Bij de gewasontwikkeling is gekeken naar legering, ziektes, plagen, kleurverschillen en gebreksziekten. Deze factoren kunnen eventuele opbrengstverschillen verklaren.

De kleur en stand van het gewas zijn daarnaast beoordeeld om de stikstofwerking van de bodemverbeteraar en/of een efficiëntere stikstopopname uit de bodem door de bodemverbeteraar te kunnen verklaren.

Bij de oogst is per proeflocatie de opbrengst en kwaliteit van het gewas bepaald. Deze kwaliteitsbepaling is per gewas verschillend en kan bestaan uit uitsplitsing naar sortering of bepalen van inhoudsstoffen. Voor de verschillende gewassen in 2012 werden de volgende aanvullende bepalingen gedaan:

- Suikerbieten: suikergehalte, de grond- en koptarra, het kalium-, natrium-, amino-N gehalte en de winbaarheid. Aan de hand van de opbrengst en de kwaliteit wordt de financiële opbrengst berekend.
- Zomergerst: N-totaal en volgerstpercentage
- Wintertarwe: N-totaal
- Zaaiuien: sortering en uitval

Voor de overige gewassen die binnen de proef geteeld worden zijn de aanvullende bepalingen als volgt:

- Zomertarwe: N-totaal
- Snijmaïs: verse opbrengst en droge stofopbrengst
- Pootaardappelen: stengelaantal, sortering, knolaantal, uitval
- Zetmeelaardappelen: onderwatergewicht en uitbetalingsgewicht
- Consumptieaardappelen: sortering, knolaantallen, onderwatergewicht en uitval
- Winterpeen: sortering en uitval
- Erwt: hardheid
- Stamslaboon: sortering

Op de kleilocaties is van de geteelde gewassen het stikstof- fosfaat- en kaligehalte bepaald in het hoofd- en bij product. In het bijproduct is dat gemeten als deze werd afgevoerd. Zo kon de totale gewasafvoer stikstof en fosfaat berekend worden. Van de zaaiuien is in 2012 tevens het zwavelgehalte bepaald. Zwavel heeft effect op de inwendige kwaliteit van de ui. Omdat er met Agrigyps veel zwavel wordt gegeven, is het van belang of toepassing van Agrigyps invloed heeft op de ui kwaliteit .



## 3 Uitvoering en resultaten 2012

Per proeflocatie is de opzet en uitvoering van 2012 beschreven. De uitvoering begint vanaf oogst 2011. Na de oogst zijn er, afhankelijk van de proeflocatie, bodemverbeteraars toegediend, is er mest uitgereden of is er een groenbemester gezaaid. Op de kleilocaties (Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas) zijn na de oogst en zes weken na de oogst stikstofvoorraden bepaald per bodemverbeteraar. Zo wordt gekeken naar de invloed van de bodemverbeteraar op de hoeveelheid achtergebleven stikstof. De N-min voorraad in het profiel wordt gemeten op 0-30 en 30-60 cm. De gewaswaarnemingen en de resultaten hebben betrekking op groeiseizoen 2012. De objecten zijn per locatie uitgebreid beschreven in hoofdstuk 2.

### 3.1 Kollumerwaard

#### 3.1.1 Uitvoering najaar 2011

Na de oogst van de pootaardappelen in 2011 zijn op 23 augustus de N-min monsters na de oogst genomen. Omdat er in 2012 wintertarwe is geteeld, zijn voor het zaaien van de wintertarwe bijna alle bodemverbeteraars toegediend (tabel 2.1).

Op 1 september is het aardappelperceel bewerkt met een woeler. Deze woeler had 4 tanden met vleugels en daartussen was een ijzerdraad bevestigd om wortelonkruiden te bestrijden. De werkdiepte was circa 20 cm. Op 26 oktober zijn de N-min monsters zes weken na de oogst genomen. De resultaten van beide monsternames staan in tabel 3.1.

Tabel 3.1 **Stikstofvoorraden per object (kg N/ha) in de lagen 0-30 en 30-60 cm op 23 augustus en 26 oktober 2011.**

Bodemverbeteraar	Mest najaar	N-min 23 augustus			N-min 26 oktober		
		0-30	30-60	0-60	0-30	30-60	0-60
<b>Agrigyps</b>	Nee	23	11	34	19	16	35
<b>Betacal Carbo</b>	Nee	34	22	56	17	18	35
<b>Brandkalk</b>	Nee	31	14	45	21	18	39
<b>PRP-SOL</b>	Nee	25	13	38	19	17	36
<b>Condit7%N</b>	Nee	35	15	50	18	22	40
<b>Xurian Optimum</b>	Nee	20	11	31	29	16	35
<b>Biochar norit 5 ton</b>	Nee	24	12	36	19	28	47
<b>Biochar hout 5 ton</b>	Nee	26	16	42	22	17	39
<b>Groencompost/GFT</b>	Nee	22	11	33	17	26	43
<b>Varkensdrijfmest</b>	Nee	8	11	19	23	18	41
<b>Kunstmest</b>	Nee	21	14	35	21	16	37

Tabel 3.1 laat zien dat op 23 augustus de meeste stikstof beschikbaar is in de laag 0-30 cm. In de laag 30-60 cm is de N-min veel lager en is bij de meeste bodemverbeteraars vergelijkbaar. Alleen Betacal Carbo en Groencompost laten een wat hogere voorraad zien in deze laag. In de laag 0-60 cm laten Betacal Carbo en Condit7%N de hoogste voorraad zien. Het is niet duidelijk waardoor deze verschillen veroorzaakt zijn.

Op 26 oktober is vooral de voorraad in de laag 0-30 cm gedaald. Echter, bij Xurian Optimum en varkensdrijfmest is deze gestegen. Het is niet geheel duidelijk wat hiervan de oorzaak is. Een deel van de voorraad in de laag 0-30 cm is uitgespoeld naar de laag 0-60 cm en/of is dieper uitgespoeld. De N-min in de laag 0-60 cm is bij de meeste bodemverbeteraars namelijk lager dan op 23 augustus. Bij Xurian Optimum, Biochar norit, roencompost en varkensdrijfmest is deze iets gestegen. Bij Agrigyps en kunstmest is deze gelijk gebleven.

Op 26 oktober is ook de wintertarwe gezaaid. De grond is eerst bewerkt met een vaste tandcultivator 15-20 cm diep. Het zaaien is in één werkgang uitgevoerd met de combinatie kopeggen en zaaien. Het uitgezaaide

ras is Tabasco en er is 200 kg zaad per ha gezaaid.

### 3.1.2 Groeiseizoen 2012

Op 5 maart is per object de bodemvoorraad stikstof gemeten in de laag 0-100 cm. De resultaten hiervan staan in tabel 3.2.

Tabel 3.2. **Stikstofvoorraden per object (0-100 cm, kg N/ha), Kollumerwaard 05-03-2012.**

<b>Bodemverbeteraar</b>	<b>Kg N per ha</b>
<b>Agrigyps</b>	38
<b>Betacal Carbo</b>	34
<b>Brandkalk</b>	56
<b>PRP-SOL</b>	42
<b>Condit7%N</b>	60
<b>Xurian Optimum</b>	48
<b>Biochar norit 5 ton</b>	70
<b>Biochar hout 5 ton</b>	62
<b>Groencompost/GFT</b>	68
<b>Varkensdrijfmest</b>	44
<b>Kunstmest</b>	52

Tabel 3.2 laat duidelijke verschillen zien tussen de objecten. De hoge voorraad van groencompost is te verklaren uit het feit dat er in groencompost stikstof zit. Maar de vrij hoge voorraad van Biochar norit is opvallend omdat dit een stabiel product is waaruit vrijwel geen stikstof mineraliseert.

De N-min voorraden zijn meegenomen in de berekening van de 1<sup>e</sup> N-gift van de wintertarwe. Uitgangspunt is dat de stikstofvoorziening in alle objecten gelijk is. In 2012 heeft alleen Condit7%N geen stikstof uit kunstmest gekregen. Dit is overlegd met de leverancier.

Op 13 maart is de Condit7%N toegediend. Het is over de wintertarwe gestrooid zonder dat het is ingewerkt. Met een regenbui komen de micro-organismen van de Condit in de bodem terecht en worden daar actief.

### 3.1.3 Bemesting

Het uitgangspunt bij de bemesting is om de mineralenvoorziening (werkzaam) bij alle bodemverbeteraars gelijk te houden. Dan worden opbrengst- en/of kwaliteitsverschillen niet of beperkt beïnvloed door de bemesting. De stikstof, fosfaat en kali in de bodemverbeteraars, de dierlijke mest en de groencompost zijn daarom verrekend in de kunstmestgift.

In tabel 3.3 is de bemesting met stikstof, fosfaat en kali beschreven. Naast de werkzame giften is ook de totaalgift per mineraal vermeld. Door deze jaarlijkse totaalgiften bij elkaar op te tellen, wordt een beeld verkregen van de totale aanvoer van mineralen per bodemverbeteraar gedurende dit project. Bij N-totaal zijn er binnen één jaar al verschillen te zien (tabel 3.3). In deze tabel zijn naast de bemestingen van groeiseizoen 2012 ook de bemestingen van najaar 2011 meegenomen.

Van Biochar norit en Biochar hout zijn geen analysegegevens bekend. Van deze producten kon de mineralenaanvoer dus niet meegenomen worden.

De bemestingen van najaar 2012 worden meegenomen in de rapportage van 2013.

Uit de tabel komt naar voren dat de totale aanvoer van fosfaat en kali iets verschilt per object. Bij het opstellen van het bemestingsplan was de samenstelling van de mest nog niet bekend. Er is toen gerekend met een andere analyse van dezelfde mestsoort. Groencompost geeft de hoogste aanvoer van stikstof, fosfaat en kali.

Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte bodemverbeteraars:

- Condit7%N : 100%
- Groencompost/GFT : 0%
- Betacal Carbo : 0%
- De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars zijn voor 100% meegerekend.

Tabel 3.3. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Kollumerwaard najaar 2011 + voorjaar 2012.

	Bodemverbeteraars				Drijfmest 1)				Kunstmest				Totaal			
	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
Agripyps	0	0	0	0	81	163	95	135	102	102	0	0	183	265	95	135
Betacal Carbo	0	6	21	2	81	163	95	135	106	106	0	0	187	275	115	137
Brandkalk	0	0	0	0	81	163	95	135	84	84	0	0	165	247	95	135
PRP-SOL	0	0	0	0	81	163	95	135	98	98	0	0	179	261	95	135
Condit7%N	70	70	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	70	70	10	20
Xurian Optimum	0	0	0	0	81	163	95	135	92	92	0	0	173	255	95	135
Biochar norit	0	0	0	0	0	0	0	0	158	158	0	0	158	158	0	0
Biochar hout 5 ton	0	0	0	0	0	0	0	0	166	166	0	0	166	166	0	0
Groencompost 2)	0	77	33	58	0	0	0	0	160	160	0	0	160	237	33	58
Varkensdrijfmest	0	0	0	0	81	163	95	135	96	96	0	0	177	259	95	135
Kunstmest	0	0	0	0	0	0	0	0	176	176	0	0	176	176	0	0

1) 25 kuub varkensdrijfmest per ha in het voorjaar

2) Van Biochar hout en Biochar norit zijn geen analysegegevens bekend

### 3.1.4 Waarnemingen

In het groeiseizoen zijn diverse waarnemingen aan grond en gewas uitgevoerd om te beoordelen of de bodemverbeteraar invloed heeft gehad op de bodemstructuur en/of de groei van het gewas. Na het zaaien van de wintertarwe zijn er geen bijzonderheden waargenomen aan de bodem ten gevolge van de winter. De neerslag en vorst lieten geen duidelijke verschillen zien in de structuur per object. Wel was er sprake van korstvorming zoals foto 3.1 laat zien. Deze korst is pas na opkomst van het gewas ontstaan.



Foto 3.1. Korstvorming na de winter.

Op verschillende tijdstippen is de stand, de kleur en lengte van het gewas beoordeeld. De resultaten hiervan staan in tabel 3.4.

Tabel 3.4. Waarnemingen in het groeiseizoen, Kollumerwaard 2012.

Bodemverbeteraar	Stand 24 april	Groen 24 april	Stand 11 mei	Groen 11 juni	Stand 17 aug.	Groen 17 aug.	Lengte cm
<b>Agripyps</b>	6.8	6.8	7.2	7.2	7.2	1.2	83
<b>Betacal Carbo</b>	6.8	7.2	7.2	7.3	7.0	1.8	83
<b>Brandkalk</b>	6.8	6.8	7.0	6.7	7.0	1.3	83
<b>PRP-SOL</b>	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	1.3	83
<b>Condit7%N</b>	6.2	6.7	7.0	6.8	7.0	1.3	83
<b>Xurian Optimum</b>	6.7	7.0	7.0	7.3	7.0	1.8	82
<b>Biochar norit</b>	6.3	6.2	7.0	6.8	7.0	1.0	83
<b>Biochar hout 5 ton</b>	6.2	6.2	7.0	7.0	7.0	1.2	82
<b>Groencompost/GFT</b>	6.2	6.2	7.0	6.7	7.0	1.3	85
<b>Varkensdrijfmest</b>	6.5	7.0	7.2	7.0	7.0	1.7	85
<b>Kunstmest</b>	6.5	6.3	7.0	6.8	7.0	1.0	83
<b>Lsd 1)</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.7</b>	<b>0.2</b>	<b>0.5</b>	<b>5</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar.



In april waren er nog kleine verschillen tussen de bodemverbeteraars. Biochar hout, Biochar norit, en groencompost hadden de laagste waardering voor de stand en kleur. Condit7%N had weliswaar een lage stand maar de kleur was nog redelijk.

In juni werden de stand en kleur beter gewaardeerd dan in april. De verschillen tussen de objecten waren nu minimaal. Er waren ook geen betrouwbare verschillen tussen de bodemverbeteraars.

Half augustus, toen het gewas al oogstrijp was, waren de standverschillen minimaal. In kleur waren de verschillen groter en dit leidde dan ook tot betrouwbare verschillen. Xurian Optimum, Betacal Carbo en varkensdrijfmest scoorden betrouwbaar groener dan de andere bodemverbeteraars.

De verschillen in lengte waren niet betrouwbaar.

Het is opvallend dat Condit7%N zo goed scoorde ten opzichte van de andere bodemverbeteraars. In 2012 heeft de wintertarwe bij Condit7%N geen aanvullende stikstof, fosfaat en kali gehad. Dit in overleg met de leverancier. Hoewel fosfaat en kali weinig invloed hebben op de groei van wintertarwe bij een goede bemestingstoestand, heeft stikstof dat juist wel. Via de Condit heeft de wintertarwe circa 70 kg stikstof per ha gekregen. Uiteraard komt er nog stikstof vrij uit mineralisatie van organische stof maar dat geldt ook voor de andere objecten. In de andere bodemverbeteraars varieerde de stikstofgift van 158 tot 187 kg N per ha. Alleen in april was de stand iets minder dan de meeste andere bodemverbeteraars. Verder waren de verschillen minimaal. Zelfs de lengte was vergelijkbaar.

### 3.1.5 Opbrengst

De wintertarwe is op 20 augustus geoogst. Er was geen sprake van legering. Tabel 3.5 laat de opbrengstcijfers zien. De opbrengstcijfers zijn berekend op basis van 15% vocht.

Tabel 3.5. **Opbrengst wintertarwe, Kollumerwaard 2012.**

Bodemverb.	Ton/ha
<b>Agrigyps</b>	13.8
<b>Betacal carbo</b>	13.8
<b>Brandkalk</b>	13.6
<b>PRP-SOL</b>	13.4
<b>Condit7%N</b>	13.0
<b>Xurian Optimum</b>	13.5
<b>Biochar Norit</b>	13.2
<b>Biochar hout</b>	13.2
<b>Groencompost/GFT</b>	13.1
<b>Varkensdrijfmest</b>	13.5
<b>Kunstmest</b>	13.4
<b>Lsd 1)</b>	<b>0.3</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de Lsd zijn de verschillen betrouwbaar

De tabel laat betrouwbare opbrengstverschillen zien tussen de bodemverbeteraars. Agrigyps en Betacal Carbo scoorden betrouwbaar beter dan PRP-SOL, Condit7%N, Biochar norit, Biochar hout, groencompost en kunstmest. De lagere opbrengst van Condit7%N kan veroorzaakt zijn door de lagere stikstofbemesting.

### Gewasanalyse

Bij de oogst zijn per bodemverbeteraar representatieve zaadmonsters genomen en geanalyseerd op stikstof en fosfaat (tabel 3.6). Het fosfaatgehalte verschilt niet veel per bodemverbeteraar. PRP-SOL laat het laagste fosfaatgehalte zien in de korrel. Een verklaring hiervoor is niet te geven.

De fosfaatafvoer is gemiddeld 88-90 kg fosfaat per ha. Dat is een vrij hoge afvoer, maar hier is gerekend met proefveldopbrengsten van 13 ton per ha. Het gaat vooral om de verschillen. PRP-SOL heeft dan de laagste afvoer en Betacal Carbo de hoogste.

Ook de stikstofgehalten verschillen niet veel van elkaar. Alleen het gehalte van Condit7%N is wat lager dan die van de andere bodemverbeteraars. Dat zal mede veroorzaakt zijn door de veel lagere stikstofbemesting in vergelijking met de andere bodemverbeteraars.

Omdat het stro niet is afgevoerd, zijn er van het stro geen analyses uitgevoerd en zijn er geen stro-opbrengsten bepaald.

Tabel 3.6. **Stikstof- en fosfaatgehalten en -afvoer van de wintertarwe, Kollumerwaard 2012.**

	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>N-totaal</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> afvoer</b>	<b>Stikstof- afvoer</b>
<b>Bodemverb.</b>	<b>gr/kg ds</b>	<b>gr/kg ds</b>	<b>kg/ha</b>	<b>kg/ha</b>
<b>Agrigyps</b>	7.6	18.6	89	219
<b>Betacal carbo</b>	8.0	19.0	94	224
<b>Brandkalk</b>	7.6	18.0	88	209
<b>PRP-SOL</b>	7.3	18.0	84	206
<b>Condit7%N</b>	7.8	16.9	87	189
<b>Xurian Optimum</b>	8.0	18.6	93	215
<b>Biochar Norit</b>	7.8	17.3	88	195
<b>Biochar hout</b>	7.6	17.5	86	199
<b>Groencompost/GFT</b>	7.8	17.7	88	200
<b>Varkensdrijfmest</b>	7.8	18.6	90	216
<b>Kunstmest</b>	8.0	17.7	92	204

### 3.1.6 Na de oogst

Bij de oogst is het stro verhakeld voor een goede organische stofvoorziening van de bouwvoor. Het verhakelde stro is ingewerkt. Daarna is er gele mosterd als groenbemester gezaaid. Deze kreeg 60 kg N per ha voor de groei van de groenbemester en de vertering van het stro.

Op 23 augustus zijn er N-min monsters gestoken voor het meten van de stikstofvoorraad bij de oogst. Zo wordt duidelijk of de bodemverbeteraar invloed heeft op de N-min bij de oogst. Op 26 oktober is tweede N-min monsternamen uitgevoerd, ruim 6 weken na de oogst. De resultaten van beide bemonsteringen worden in de rapportage van 2013 beschreven.

## 3.2 Lelystad

### 3.2.1 Uitvoering najaar 2011

Na de oogst van de suikerbieten is de N-min monstername na de oogst uitgevoerd. Zes weken daarna is de tweede monstername uitgevoerd. In tabel 3.7 staan de uitslagen van de monsternames beschreven.

Tabel 3.7 **Stikstofvoorraden per object (kg N/ha) in de lagen 0-30 en 30-60 cm.**

Bodemverbeteraar	Mest najaar	N-min 31 oktober 2011			N-min 12 december		
		0-30	30-60	0-60 cm	0-30	30-60	0-60 cm
<b>Agrigyps</b>	Nee	10	8	18	9	8	7
<b>Betacal Carbo</b>	Nee	7	7	14	8	9	17
<b>Brandkalk</b>	Nee	7	7	14	10	8	18
<b>PRP-SOL</b>	Nee	7	7	14	8	8	16
<b>Condit7%N</b>	Nee	8	7	15	10	16	26
<b>Xurian Optimum</b>	Nee	10	11	21	9	12	21
<b>Biochar hout 2,5 ton 1)</b>	Nee						
<b>Biochar hout 5 ton 1)</b>	Nee						
<b>Groencompost/GFT</b>	Nee	7	7	14	13	8	21
<b>Varkensdrijfmest</b>	Nee	8	11	19	10	23	33
<b>Kunstmest</b>	Nee	10	7	17	7	15	22

1) Van Biochar hout en Biochar norit zijn geen N-min monsters genomen.

Uit tabel 3.7 komt naar voren dat de stikstofvoorraden direct na de oogst relatief laag waren. Na suikerbieten is dat niet vreemd omdat dit gewas de meeste stikstof uit het profiel opneemt. In december waren de voorraden ook niet hoog. In december zien we wat hogere voorraden in de laag 30-60 cm. O.a. bij Condit7%N en Varkensdrijfmest.

Na de eerste N-monstername zijn enkele bodemverbeteraars toegediend (zie ook tabel 2.2):

- PRP-SOL 200 kg per ha
- Xurian Optimum 0,9 kg per ha
- Groencompost/GFT 9 ton per ha

Na de toepassing is het gehele proefperceel bewerkt om de bodemverbeteraars in te werken en de dag erna is er geploegd.

### 3.2.2 Groeiseizoen 2012

Op 22 februari is de bodemstikstofvoorraad in de laag 0-60 cm gemeten. De gemeten stikstofvoorraden staan in tabel 3.8.

Tabel 3.8 **Stikstofvoorraden op 22-02-2012.**

<b>Bodemverbeteraar</b>	<b>0-60 cm</b>
<b>Agrigyps</b>	22
<b>Betacal Carbo</b>	24
<b>Brandkalk</b>	12
<b>PRP-SOL</b>	22
<b>Condit7%N</b>	24
<b>Xurian Optimum</b>	22
<b>Biochar hout 2,5 ton</b>	24
<b>Biochar hout 5 ton</b>	24
<b>Groencompost/GFT</b>	24
<b>Varkensdrijfmest</b>	20
<b>Kunstmest</b>	24
<b>BactoFil A10</b>	24

In bijna alle objecten was de N-min 22-24 kg per ha. Alleen Brandkalk had een duidelijk lagere voorraad. Bij zaaiuien is de stikstofgift niet afhankelijk van de bodemvoorraad stikstof.

Eind februari zijn de overige bodemverbeteraars handmatig toegediend (tabel 2.2). Op 12 maart is de Condit toegediend en op 21 maart is BactoFil A10 gespoten. Deze is direct na het spuiten ondergewerkt omdat de bacteriën gevoelig zijn voor UV-straling (foto 3.2 ).



Foto 3.2. **Onderwerken van BactoFil A10.**

Op 28 maart 2012 zijn de uien gezaaid. Er is in één werkgang gekoeped en gezaaid (foto 3.3). Met voorop de trekker een egalisatiebalk en achterop koeped en zaaimachine. Per werkgang zijn twee bedden van 1,5 meter breed gezaaid. Door de brede trekkerbanden zijn de uien deels in het spoor gezaaid. Het uitgezaaide ras is Crimson, een rose ui.



Foto 3.3. In één werkgang zaaien van de uien.

### 3.2.3 Bemesting

Kort na het zaaien zijn de basisbemesting met stikstof, fosfaat en kali gegeven. In het groeiseizoen zijn aanvullende stikstofgiften gegeven om de stikstofefficiëntie te verhogen.

In tabel 3.9 is de bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object weergegeven. In deze tabel is rekening gehouden met de mineralen in de bodemverbeteraars vanaf oogst 2011, het Pw- en het K-getal van de bouwvoor.

Per object (bodemverbeteraar + kunstmest) is de berekende werkzame en totale hoeveelheid stikstof, fosfaat en kali niet overal gelijk. In 2012 zijn er verschillen omdat Condit7%N geen aanvullende bemesting meer heeft gehad. Bij BactoFil A10 is rekening gehouden met een hogere efficiëntie van stikstof, fosfaat en kali. De besparing bij stikstof was 80 kg/ha, bij fosfaat en kali 30 kg/ha.

Tabel 3.9 laat zien hoe groot die verschillen zijn.

Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte bodemverbeteraars:

- Condit7%N : 100%
- Groencompost/GFT : 0%
- Betacal Carbo : 0%

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars zijn voor 100% meegerekend.

Tabel 3.9. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Lelystad 2012.

	Bodemverbeteraars				Drijfmest				Kunstmest				Totaal			
	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
<b>Agripyps</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	170	170	75	250	170	170	75	250
<b>Betacal Carbo</b>	0	6	21	2	0	0	0	0	170	170	54	248	170	176	75	250
<b>Brandkalk</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	170	170	75	250	170	170	75	250
<b>PRP-SOL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	170	170	75	250	170	170	75	250
<b>Condit7%N</b>	105	105	15	30	0	0	0	0	0	0	0	0	105	105	15	30
<b>Xurian Optimum</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	170	170	75	250	170	170	75	250
<b>Biochar hout 2,5 ton</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	170	170	75	250	170	170	75	250
<b>Biochar hout 5 ton</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	170	170	75	250	170	170	75	250
<b>Groencompost</b>	0	60	28	60	0	0	0	0	170	170	47	190	170	230	75	250
<b>Varkensdrijfmest</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	170	170	75	250	170	170	75	250
<b>Kunstmest</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	170	170	75	250	170	170	75	250
<b>BactoFil A10</b>	80	80	30	30	0	0	0	0	90	90	45	220	170	170	75	250

### 3.2.4 Waarnemingen

Vanaf het zaaien is er gekeken naar verschillen in de bodemstructuur. De bodemverbeteraar zou immers invloed kunnen hebben op de grofheid van het zaai-bed en/of de mate van verslemping ten gevolge van een regenbui. Bij de zaai-bedbereiding zijn geen verschillen in grofheid waargenomen. Alleen bij BactoFil A10 was de toplaag iets droger en had een grovere structuur. Dat is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de grondbewerking op 21 maart om de BactoFil A10 in te werken. Omdat dit voorjaar redelijk droog was, lag het zaad bij het zaaien redelijk droog. Pas op 19 april viel er 5 mm water en op 23 april 14 mm. Daarna viel er regelmatig wat regen waardoor het gekiemde zaad niet verdroogde. Door deze neerslag waren er ook geen opkomstproblemen door een eventuele korst.



Foto 3.4. **Verschillen in Structuur van het zaai-bed eind maart.**

In het groeiseizoen zijn verschillende waarnemingen uitgevoerd. Er is gekeken naar de stand en de kleur van het gewas. Bij de stand gaat het om het gewasvolume en de kleur. Een hoger cijfer betekent een betere stand en kleur. In tabel 3.10 staan de resultaten. Bij de stand valt op dat deze op beide data van waarnemen minder is bij zowel Condit7%N als bij BactoFil A10. Bij de bemesting is al aangegeven dat deze bodemverbeteraars minder stikstof hebben gekregen dan volgens de adviesnorm gewenst zou zijn. Dit lagere stikstofaanbod uitte zich allereerst in een mindere stand en later ook in een minder groene kleur. De verschillen in tabel 3.10 zijn dan ook veroorzaakt door verschillen in het stikstofaanbod.

Tabel 3.10. **Waarnemingen in de zaaiuien, Lelystad 2012.**

<b>Bodemverbeteraar</b>	<b>Stand 10 juli</b>	<b>Stand 8 aug.</b>	<b>Groen 27 aug.</b>
<b>Agri-gyps</b>	8,0	8,0	7
<b>Betacal Carbo</b>	7,8	8,0	7
<b>Brandkalk</b>	8,0	8,0	7
<b>PRP-SOL</b>	8,0	8,0	7
<b>Condit7%N</b>	6,7	6,7	5
<b>Xurian Optimum</b>	8,0	8,0	7
<b>Biochar hout 2,5 ton</b>	8,0	8,0	7
<b>Biochar hout 5 ton</b>	8,0	8,0	7
<b>Groencompost/GFT</b>	8,0	8,0	7
<b>Varkensdrijfmest</b>	8,0	8,0	7
<b>Kunstmest</b>	8,0	8,0	7
<b>BactoFil A10</b>	7,3	7,3	6
<b>Lsd 1)</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>n.s. 2)</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

2) n.s. = niet significant

Later in het groeiseizoen zijn de uien gaan strijken. Het stadium van strijken en de mate waarin zijn waargenomen (tabel 3.11). Een hoger cijfer betekent een geringere mate van strijken.

Tabel 3.11. **Strijken van de uien, Lelystad 2012.**

<b>Bodemverbeteraar</b>	<b>Strijken 15 aug.</b>	<b>Strijken 27 aug.</b>	<b>Strijken 11 sept.</b>
<b>Agri-gyps</b>	7,0	1,7	1,0
<b>Betacal Carbo</b>	7,7	1,5	1,0
<b>Brandkalk</b>	6,7	1,0	1,0
<b>PRP-SOL</b>	7,3	1,2	1,0
<b>Condit7%N</b>	8,0	6,3	3,0
<b>Xurian Optimum</b>	7,3	1,0	1,0
<b>Biochar hout 2,5 ton</b>	7,3	1,5	1,0
<b>Biochar hout 5 ton</b>	7,0	1,3	1,0
<b>Groencompost/GFT</b>	7,3	1,8	1,3
<b>Varkensdrijfmest</b>	7,7	1,8	1,2
<b>Kunstmest</b>	7,0	1,3	1,0
<b>BactoFil A10</b>	8,0	2,8	1,7
<b>Lsd 1)</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de Lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Tabel 3.11 laat zien dat Condit7%N en BactoFil A10 later zijn gaan strijken dan de andere bodemverbeteraars. Zelfs op 11 september waren deze nog niet volledig gestreken. Dit aspect moet toe worden geschreven aan de stikstofvoorziening. Door de beperkte stikstofvoorziening is de gewasontwikkeling van deze bodemverbeteraars vertraagd ten opzichte van de andere bodemverbeteraars. De afrijping, en daarmee het strijken, is dan ook later ingezet. Bovendien was het gewasvolume duidelijk minder zodat het gewas minder gemakkelijk gaat strijken.

### 3.2.5 Opbrengst en kwaliteit

De uien zijn op 27 september gerooid. Na het drogen zijn ze gesorteerd in de maten 0-40, 40-60 en groter dan 60 mm. Bij het sorteren zijn er monsters genomen voor analyse op stikstof- en fosfaatgehalte in de ui. De opbrengsten lagen in Lelystad op een hoog niveau (tabel 3.12). Bij de kg opbrengst waren er alleen betrouwbare verschillen tussen Condit7%N en de andere bodemverbeteraars. Dit is toe te schrijven aan de beperkte stikstofvoorziening bij Condit7%N. Verder waren er geen betrouwbare verschillen. Bij BactoFil A10 zijn er geen betrouwbare verschillen gemeten met de andere bodemverbeteraars (wel met Condit7%N) terwijl dit product 80 kg N/ha minder heeft gekregen. De voorspelde besparing lijkt zich in 2012 te hebben bewezen. De stand was wel iets minder en het strijken zette zich wat later in, in vergelijking met de andere bodemverbeteraars.



Tabel 3.12. **Opbrengst zaaiuien per maatsortering, Lelystad 2012.**

<b>Bodemverbeteraar</b>	<b>0-40 mm ton/ha</b>	<b>40-60 mm ton/ha</b>	<b>&gt; 60 mm ton/ha</b>	<b>Totale Opbrengst ton/ha</b>
<b>Agrigyps</b>	1,7	40,8	40,9	83,6
<b>Betacal Carbo</b>	2,0	42,0	39,1	83,4
<b>Brandkalk</b>	1,9	41,7	41,7	85,7
<b>PRP-SOL</b>	1,4	39,1	43,6	84,3
<b>Condit7%N</b>	1,5	29,8	45,4	77,0
<b>Xurian Optimum</b>	1,8	42,5	40,5	85,1
<b>Biochar hout 2,5 ton</b>	1,7	37,4	44,6	83,9
<b>Biochar hout 5 ton</b>	1,8	39,1	43,2	83,4
<b>Groencompost/GFT</b>	2,0	42,1	38,6	82,8
<b>Varkensdrijfmest</b>	1,4	36,0	45,9	83,5
<b>Kunstmest</b>	1,5	35,8	47,3	85,0
<b>BactoFil A10</b>	1,6	32,1	49,3	83,2
<b>Lsd 1)</b>	<b>0,51</b>	<b>4,8</b>	<b>6,38</b>	<b>4,7</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

### 3.2.6 Na de oogst

Op 5 oktober zijn de stikstofmonsters gestoken en enkele dagen later zijn de groencompost, PRP-SOL en Xurian Optimum voor groeiseizoen 2013 toegediend. Het gehele proefperceel is vervolgens bewerkt met een veertandcultivator om de bodemverbeteraars in te werken en de wateroverlast te beperken. Op 9 november is het perceel geploegd.

De resultaten van het bodemstikstofonderzoek worden besproken in de rapportage van 2013.

## 3.3 Westmaas

### 3.3.1 Uitvoering najaar 2011

Na de oogst van de consumptieaardappelen is op 6 oktober de bodemvoorraad stikstof na de oogst gemeten. Op 15 november vond de monsternamen 6 weken na de oogst plaats. Op dezelfde dag zijn ook de bodemverbeteraars PRP-SOL, Xurian Optimum en groencompost toegediend. Deze zijn ondergewerkt met de Lemken Smaragd. De resultaten van beide monsternamen staan in tabel 3.13.

Tabel 3.13. **Stikstofvoorraden per object (kg N/ha) 0-30 en 30-60 cm, Westmaas najaar 2011.**

Bodemverbeteraar	Varkensdrijfmest Voorjaar 2011	N-min 6 oktober			N-min 15 november		
		0-30	30-60	0-60 cm	0-30	30-60	0-60 cm
<b>Agrigyps</b>	Nee	20	19	39	29	12	41
<b>Betacal Carbo</b>	Nee	26	18	44	13	11	24
<b>Brandkalk</b>	Nee	11	24	35	19	10	29
<b>PRP-SOL</b>	Nee	21	17	38	13	11	24
<b>Condit7%N</b>	Nee	19	22	41	25	12	37
<b>Xurian Optimum</b>	Nee	20	21	41	14	10	24
<b>Groencompost/GFT</b>	Nee	15	29	44	18	15	33
<b>Varkensdrijfmest</b>	Nee	24	22	46	21	14	35
<b>Kunstmest</b>	Nee	25	17	42	16	13	29

Tabel 3.13 laat zien dat op 6 oktober de verschillen tussen de objecten klein zijn. De verschillen zijn niet toe te schrijven aan de bodemverbeteraars. Op 15 november zijn de verschillen wat groter. PRP-SOL en Xurian Optimum hebben de laagste N-min en Agrigyps de hoogste. Een verklaring voor deze verschillen is niet te geven.

### 3.3.2 Groeiseizoen 2011

Op 6 maart is per object de N-min monsternamen uitgevoerd. De stikstofvoorraden staan in tabel 3.14.

Tabel 3.14. **Stikstofvoorraden per object (kg N/ha), Westmaas 03-03-2012.**

Bodemverbeteraar	Varkensdrijfmest voorjaar 2012	Kg N per ha 0-60 cm
<b>Agrigyps</b>	Nee	16
<b>Betacal Carbo</b>	Nee	24
<b>Brandkalk</b>	Nee	19
<b>PRP-SOL</b>	Nee	41
<b>Condit7%N</b>	Nee	30
<b>Xurian Optimum</b>	Nee	29
<b>Groencompost/GFT</b>	Nee	25
<b>Varkensdrijfmest</b>	Nee	34
<b>Kunstmest</b>	Nee	28
<b>BactoFil B10</b>	Nee	14

Tussen de bodemverbeteraars zitten duidelijke verschillen in N-min. BactoFil B10 heeft de laagste stikstofvoorraad, maar dat is niet veroorzaakt door BactoFil B10. Dit product is in 2012 namelijk voor het eerst gebruikt. Agrigyps heeft ook een lage voorraad en PRP-Sol juist de hoogste. Ondanks de neerslag in de herfst en winter van 2011-2012 is de stikstofvoorraad in dit object in maart 2012 hoger dan in november 2011.

Op 21 maart zijn de bodemverbeteraars Brandkalk, Agrigyps, Condit7%N en Betacal Carbo handmatig toegediend. De BactoFil B10 is gespoten. Na de toepassing zijn ze ingewerkt met een sneleg.

Op 22 maart zijn de bieten gezaaid op 19,1 cm. Het uitgezaaide ras is Amalia.  
De bandenspanning van de zowel de voor- als achterbanden van de trekker was 0,6 bar.

### 3.3.3 Bemesting

De stikstofvoorraden uit tabel 3.14 waren de basis voor het stikstofadvies. Bij de bemesting is verder rekening gehouden met de mineralen in de bodemverbeteraars die vanaf oogst 2011 zijn toegediend en het Pw- en K-getal van de bouwvoor. Tussen de objecten zit wat verschil in de berekende hoeveelheid werkzame stikstof. In 2012 zijn er verschillen in werkzame N-gift omdat Condit7%N geen aanvullende bemesting meer heeft gehad en bij BactoFil B10 rekening is gehouden met een hogere efficiëntie van stikstof, fosfaat en kali. De besparing bij stikstof was 80 kg/ha, bij fosfaat en kali 30 kg/ha. Tabel 3.15 laat zien hoe groot de verschillen zijn.

Groencompost/GFT geeft de hoogste aanvoer van stikstof. Dat komt door de najaarsgift van 9 ton per ha die verrekend is met 0% werking.

De N-werkingscoëfficiënt van Betacal Carbo was ook 0% en die van Condit7%N was 100%.

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars zijn voor 100% meegerekend.

De stikstof is in twee giften gegeven. Op 14 mei is de basisbemesting stikstof, fosfaat en kali gegeven en op 14 juni de bijbemesting stikstof.

Tabel 3.15. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Westmaas 2012.

	Bodemverbeteraars				Drijfmest				Kunstmest				Totaal			
	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
<b>Agripyps</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	163	163	40	180	163	163	40	180
<b>Betacal Carbo</b>	0	6	21	2	0	0	0	0	149	149	19	180	149	155	40	182
<b>Brandkalk</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	158	158	40	180	158	158	40	180
<b>PRP-SOL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	120	120	40	180	120	120	40	180
<b>Condit7%N</b>	105	105	15	30	0	0	0	0	0	0	0	0	105	105	15	30
<b>Xurian Optimum</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	141	141	40	180	141	141	40	180
<b>Groencompost/GFT</b>	0	0	33	58	0	0	0	0	148	148	7	120	148	224	40	178
<b>Varkensdrijfmest</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	132	132	40	180	132	132	40	180
<b>Kunstmest</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	142	142	40	180	142	142	40	180
<b>BactoFil B10</b>	80	80	30	30	0	0	0	0	86	86	10	150	166	166	40	180

### 3.3.4 Waarnemingen

Bij de zaaibedbereiding is gekeken naar de grofheid van het zaaibed. Op dat moment zijn er geen verschillen in grofheid waargenomen. Later in het seizoen is ook gekeken naar de mate van korstvorming ten gevolge van neerslag. Begin mei is er veel regen gevallen wat leidde tot korstvorming (foto 3.5).



Foto 3.5 Korstvorming ten gevolge van veel neerslag.

Verschillen in korstvorming waren er niet. Op enkele veldjes bleef op lagere plekken water staan. Dit water is afgelaten door kleine sleufjes te graven. Deze lagere plekken gaven waterplekken op veldjes van Xurian Optimum, Betacal Carbo en Agrigyps. Op één veldje Agrigyps waren de bietenplantjes op 8 mei wat kleiner. Eind mei is het aantal bietenplanten geteld (tabel 3.16). De plantaantallen zijn hoog en alleen het plantaantal van Groencompost is betrouwbaar lager dan van de andere bodemverbeteraars. Hiervoor is geen verklaring.

Tabel 3.16. Aantal planten per ha.

Bodemverbeteraar	planten/ha
Agrigyps	99.100
Betacal Carbo	101.900
Brandkalk	101.300
PRP-SOL	100.800
Condit7%N	100.100
Xurian Optimum	102.600
Groencompost/GFT	95.200
Varkensdrijfmest	100.100
Kunstmest	99.800
BactoFil B10	100.900
Lsd 1)	<b>4.570</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Vanaf juni zijn diverse eigenschappen beoordeeld om verschillen tussen de bodemverbeteraars in beeld te brengen. De resultaten staan beschreven in tabel 3.17. Op 7 juni was alleen de kleur bij BactoFil B10 betrouwbaar minder in vergelijking met de andere bodemverbeteraars. De lagere basisstikstofgift is hiervan misschien de oorzaak. De stand van Condit7%N is vergelijkbaar met die van de andere bodemverbeteraars. Maar Condit7%N had geen aanvullende stikstofgift gehad. De bieten moesten het hier doen met de stikstof in de Condit, 105 kg/ha. En die komt over een langere periode beschikbaar voor het gewas.

Bij de regelmaat waren er wat kleine verschillen tussen de objecten. Tussen Betacal Carbo en Condit7%N was het verschil betrouwbaar. Bij de grondbedekking bleven Betacal Carbo, Groencompost en BactoFil B10 op 7 juni achter. Vooral met Condit7%N waren er betrouwbare verschillen terwijl Condit geen aanvullende stikstof had gehad. Op 20 juni waren de verschillen in grondbedekking kleiner geworden. Alleen BactiFil B10 had betrouwbare verschillen met enkele andere bodemverbeteraars. De lagere stikstofgift zal hiervan de oorzaak zijn, maar ook Condit had een lagere bijbemesting met stikstof. De grondbedekking is hier echter nog goed.

Op 11 juli laat Condit een slechte stand zien. Betrouwbaar slechter dan alle andere bodemverbeteraars. Of stikstof hiervan de oorzaak is, is moeilijk aan te geven. Op 13 augustus is de stand van zowel Condit7%N als van BactoFil B10 slecht.

Tabel 3.17. **Waarnemingen suikerbieten, Westmaas 2012.**

<b>Bodemverbeteraar</b>	<b>kleur 7 juni</b>	<b>regelm. 7 juni</b>	<b>%grondb. 7 jun</b>	<b>%grondb. 20 juni</b>	<b>stand 11 juli</b>	<b>%grondb. 13 aug</b>	<b>Stand 13aug</b>
<b>Agrigyps</b>	8.0	6.7	42	90	8.0	100	8.0
<b>Betacal Carbo</b>	7.7	6.3	30	85	7.5	95	7.0
<b>Brandkalk</b>	7.7	6.8	40	88	7.8		7.7
<b>PRP-SOL</b>	8.0	7.3	45	85	7.7	95	7.0
<b>Condit7%N</b>	8.0	7.7	55	87	5.7	92	5.3
<b>Xurian Optimum</b>	8.0	7.0	38	88	7.3	97	7.0
<b>Groencompost/GFT</b>	8.0	7.0	33	83	7.3	97	7.7
<b>Varkensdrijfmest</b>	8.0	7.3	45	93	7.8	98	7.7
<b>Kunstmest</b>	8.0	7.3	50	93	8.0	98	7.7
<b>BactoFil B10</b>	7.3	6.7	30	75	7.0	90	5.7
<b>Lsd 1)</b>	<b>0.50</b>	<b>1.36</b>	<b>13.1</b>	<b>8.4</b>	<b>0.75</b>		<b>0.95</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de Lsd zijn de verschillen betrouwbaar

### 3.3.5 Opbrengst en kwaliteit

Op 9 november zijn de bieten geoogst. Naast de opbrengst zijn monsters onderzocht op bietkwaliteit. De suikerbieten zijn eveneens geanalyseerd op stikstof- en fosfaatgehalte om de mineralenafvoer per ha te kunnen berekenen.

Alle resultaten van de opbrengst en kwaliteit staan in tabel 3.18. Zowel de opbrengsten als de suikergehaltes waren hoog in 2012. Vooral groencompost had een hoge opbrengst. Ten opzichte van veel bodemverbeteraars betrouwbaar hoger. Bij de suikergehalte had Xurian Optimum een betrouwbaar lager gehalte ten opzichte van Agrigyps, PRP-SOL en varkensdrijfmest. Bij de financiële opbrengst had groencompost de hoogste opbrengst en Brandkalk de laagste.

Tabel 3.18. Opbrengst en kwaliteit van suikerbieten, Westmaas 2012.

Bodemverbeteraar	Ton/ha	Suiker		% tarra	mmol/kg		Amino	WIN	Financ.
		%	Grond	grond	K	Na	N		€ /ha
Agrigyps	97.4	19.4	18.9	22.1	36.1	1.6	7.8	92.8	4430
Betacal Carbo	92.8	19.2	17.8	20.3	37.5	1.5	6.7	92.8	4177
Brandkalk	92.1	19.2	17.7	27.2	37.3	1.4	7.0	92.7	4009
PRP-SOL	93.4	19.4	18.1	23.5	34.5	1.5	9.0	92.8	4229
Condit7%N	98.0	19.2	18.8	20.7	36.0	1.5	4.9	93.1	4460
Xurian Optimum	96.0	19.1	18.4	23.6	37.1	1.4	8.5	92.6	4240
Groencompost/GFT	103.6	19.2	19.9	21.9	35.1	1.6	6.2	93.0	4652
Varkensdrijfmest	96.6	19.4	18.8	26.1	35.0	1.5	6.6	93.1	4333
Kunstmest	95.5	19.3	18.5	23.2	36.6	1.4	5.4	93.0	4318
BactoFil B10	92.1	19.3	17.8	20.6	36.1	1.5	4.8	93.1	4222
Lsd 1)	<b>9.02</b>	<b>0.22</b>	<b>1.82</b>	<b>5.70</b>	<b>1.35</b>	<b>0.15</b>	<b>4.3</b>	<b>0.44</b>	<b>506</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Bij de opbrengst zijn er alleen betrouwbare verschillen in opbrengst van groencompost ten opzichte van Betacal carbo, Brandkalk, PRP sol en Bactofil. Hetzelfde geldt voor het aandeel grond. Mede hierdoor verschilt de financiële opbrengst van de Groencompostbehandeling met de Brandkalkbehandeling.

Tabel 3.19 Stikstof- en fosforafvoer per bodemverbeteraar, Westmaas 2012.

Bodemverbeteraar	Fosfor gr/kg ds	N-totaal gr/kg ds	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> afvoer kg/ha	Stikstof- afvoer kg/ha
Agrigyps	1,2	3,7	29,8	91,9
Betacal Carbo	1,3	3,7	31,0	88,2
Brandkalk	1,4	4,0	33,0	94,3
PRP-SOL	1,2	4,4	29,5	108,0
Condit7%N	1,3	3,6	32,6	90,3
Xurian Optimum	1,5	3,8	36,6	92,7
Groencompost/GFT	1,2	4,1	32,2	110,0
Varkensdrijfmest	1,2	4,2	30,5	106,7
Kunstmest	1,2	4,9	30,6	124,9
BactoFil A10	1,2	3,9	28,8	93,7

### 3.3.6 Na de oogst

Kort na de oogst en zes weken daarna zijn N-min metingen uitgevoerd om een beeld te krijgen van de achtergebleven stikstof. Deze resultaten staan in de rapportage van 2013.

## 3.4 Valthermond

### 3.4.1 Uitvoering

Na de oogst van de zetmeelaardappelen in 2011 is alleen Xurian Optimum toegediend. Dit is over het gerooide land gespoten en niet ingewerkt. Verder zijn er in de najaars- en winterperiode geen grondbewerkingen meer uitgevoerd.

Op 23 maart is het proefveld bewerkt met een vastetandcultivator. Daarna zijn de verschillende bodemverbeteraars toegediend (tabel 2.4) en is de stikstofbemesting uitgevoerd.

Op 30 maart is de proef met zomergerst gezaaid. Dit gebeurde in één werkgang waarbij het zaaien gecombineerd is met een bewerking van de vastetandcultivator. Het uitgezaaide ras is Prestige.

### 3.4.2 Bemesting

Eind februari is in alle objecten de N-min bepaald in de laag 0-30 cm. In tabel 3.20 staan de stikstofvoorraden.

Tabel 3.20. **Stikstofvoorraad per object (kg/ha) , Valthermond februari 2012.**

<b>Bodemverbeteraar</b>	<b>N-min 0-30 cm</b>
<b>PRP-SOL</b>	22
<b>Condit7%N</b>	24
<b>Xurian Optimum</b>	26
<b>Biochar ECN</b>	29
<b>Biochar norit</b>	35
<b>Biochar Edinburgh/Romchar</b>	17
<b>Biochar hout</b>	20
<b>Steenmeel</b>	24
<b>Groencompost/GFT</b>	19
<b>Varkensdrijfmest</b>	23
<b>Kunstmest</b>	25

Het stikstofniveau lag op een redelijk niveau. Tussen de bodemverbeteraars zitten een paar duidelijke verschillen in stikstofvoorraad tussen Biochar norit ( hoogste voorraad) en Romchar (laagste voorraad). Een goede verklaring voor dit verschil is niet te geven.

De gemeten stikstofvoorraad per object was de basis voor het stikstofadvies per bodemverbeteraar.

In tabel 3.21 zijn de giften werkzame stikstof, N-totaal, fosfaat en kali per object vermeld. In deze tabel is rekening gehouden met de mineralen in de bodemverbeteraars vanaf oogst 2011, de bodemstikstofvoorraad in februari, het Pw- en het K-getal van de bouwvoor.

Per object (bodemverbeteraar + kunstmest) is de totale aanvoer van stikstof schillend. Hoe groot die verschillen zijn, laat de kolom N-totaal zien (tabel 3.21).

De toepassing van Groencompost/GFT gaf de hoogste aanvoer van N-totaal.

Er is gerekend met verschillende N-werkingscoëfficiënten van de gebruikte bodemverbeteraars:

- Condit7%N : 100%
- Groencompost/GFT : 10%

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars is voor 100% meegerekend.



Tabel 3.21. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object vanaf oogst 2011, Valthermond 2012.

	Bodemverbeteraars				Drijfmest				Kunstmest				Totaal			
	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
PRP-SOL	0	0	0	0	0	0	0	0	88	88	0	201	88	88	0	201
Condit7%N	70	70	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	70	70	10	20
Xurian Optimum	0	0	0	0	0	0	0	0	84	84	0	201	84	84	0	201
Biochar ECN	0	0	0	0	0	0	0	0	81	81	0	180	81	81	0	180
Biochar norit	0	0	0	0	0	0	0	0	75	75	0	180	75	75	0	180
Biochar Edinburgh	0	0	0	0	0	0	0	0	93	93	0	180	93	93	0	180
Biochar hout 5 ton	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	0	180	90	90	0	180
Steenmeel	0	0	0	0	0	0	0	0	86	86	0	0	86	86	0	0
Groencompost/GFT	7	74	30	48	0	0	0	0	84	84	0	132	91	157	30	180
Varkensdrijfmest	0	0	0	0	0	0	0	0	87	87	0	201	87	87	0	201
Kunstmest	0	0	0	0	0	0	0	0	85	85	0	180	85	85	0	180

### 3.4.3 Waarnemingen

Vanaf het zaaien van de zomergerst zijn waarnemingen uitgevoerd aan bodem en gewas. Na het zaaien zijn er bodem technisch geen bijzonderheden waargenomen. In 2011 was er bij de opkomst van de suikerbieten sprake van stuifschade. De gerst heeft daar in 2012 geen last van gehad. De opkomst was per objectgelijkmatic en liet weinig verschillen zien tussen de objecten. In het groeiseizoen zijn wel standverschillen waargenomen (tabel 3.22). Op 11 mei liet PRP-SOL de beste stand zien en Steenmeel de slechtste. Het verschil tussen beide objecten was betrouwbaar. Eind juli liet Steenmeel een iets latere afrijping zien in vergelijking met Drijfmest. Zie foto 3.6.



Foto 3.6 . Links stand Steenmeel, rechts varkendrijfmest.

Op 7 juni had Condit7%N de slechtste stand. Waarschijnlijk is de stikstofvoorziening hier de oorzaak van. Condit7%N heeft namelijk geen aanvullende stikstofbemesting gehad en moest het doen met de 70 kg N/ha die het product zou leveren tijdens de groei. Het is dan de vraag hoe snel deze stikstof beschikbaar komt voor het gewas. Groencompost liet in 2012 een minder goede stand zien. Het is de vraag in hoeverre bij de mineralisatie van de organische stof stikstof is vastgelegd. Bij de N-gift is gerekend met een stikstofwerking van de groencompost van 10%. Deze was misschien te hoog. Naar het einde van de groei lieten de meeste bodemverbeteraars een goede stand zien. Alleen Condit7%N bleef achter.

Tabel 3.22. Waarnemingen stand zomergerst, Valthermond 2012.

Bodemverbeteraar	11 mei	7 juni	27 juni	30 juli
PRP-SOL	7.0	7.5	7.3	8.2
Condit7%N	6.2	5.2	5.3	5.0
Xurian Optimum	6.5	7.2	8.0	8.0
Biochar ECN	6.7	7.5	7.3	8.2
Biochar norit	6.3	7.5	7.2	7.3
Biochar Edinburgh	6.5	6.7	7.0	7.5
Biochar hout	6.5	6.7	7.2	8.0
Steenmeel	5.7	6.2	7.5	7.8
Groencompost/GFT	6.3	6.3	6.8	7.0
Varkendrijfmest	6.5	7.3	7.5	7.8
Kunstmest	6.3	6.8	7.7	8.0
Lsd 1)	<b>0.65</b>	<b>1.71</b>	<b>1.16</b>	<b>1.39</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Tijdens de groei is er ook legering opgetreden. Op 27 juni waren er betrouwbare verschillen tussen enkele bodemverbeteraars. Op 30 juli was in bijna alle bodemverbeteraars sprake van enige legering. Alleen bij Condit7%N was er geen legering. De lagere stikstofvoorziening kan dit veroorzaakt hebben.

Tabel 3.23. **Legering zomergerst, Valthermond 2012 (hoe hoger het cijfer, hoe minder legering)**

Bodemverbeteraar	27 juni	30 juli
PRP-SOL	7.8	7.5
Condit7%N	9.0	9.0
Xurian Optimum	7.0	7.0
Biochar ECN	9.0	8.8
Biochar norit	8.8	8.5
Romchar	9.0	8.3
Biochar hout	7.3	6.7
Steenmeel	9.0	8.8
Groencompost/GFT	9.0	8.8
Varkensdrijfmest	8.7	7.7
Kunstmest	9.0	8.5
<b>Lsd 1)</b>	<b>1.86</b>	<b>2.94</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

#### 3.4.4 Opbrengst en kwaliteit

Bij de oogst is naast de opbrengst ook het eiwitgehalte en volgerstpercentage bepaald. Deze gegevens staan in tabel 3.24. De opbrengstgegevens zijn berekend op basis van 15% vocht.

Tabel 3.24. **Opbrengst en kwaliteit zomergerst, Valthermond 2012.**

Bodemverbeteraar	Ton/ha	Eiwitgehalte in %	Volgerstperc.
PRP-SOL	6.6	12.4	98.6
Condit7%N	5.7	11.8	98.9
Xurian Optimum	7.0	12.6	98.6
Biochar ECN	6.7	12.2	98.8
Biochar norit	7.0	12.1	99.0
Romchar	6.7	12.2	99.1
Biochar hout	6.2	12.5	99.0
Steenmeel	7.0	12.2	98.6
Groencompost/GFT	6.2	12.1	98.9
Varkensdrijfmest	6.5	12.2	99.1
Kunstmest	6.8	12.7	99.0
<b>Lsd 1)</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Bij de opbrengst gaf Condit7%N de laagste opbrengst. Deze opbrengst was betrouwbaar lager dan van de meeste andere bodemverbeteraars. Echter niet van Biochar hout en groencompost. Van Condit7%N is berekend dat deze per ton 70 kg/ha stikstof levert in het groeiseizoen. Misschien kwam de stikstof te laat beschikbaar voor het gewas, waardoor de stand achterbleef. Maar Condit7%N had ook een lagere stikstofvoorziening omdat er geen aanvullende stikstof is gegeven.

Dat de stikstofvoorziening minder optimaal was in vergelijking met de andere bodemverbeteraars, blijkt ook uit het eiwitgehalte. Deze was bij Condit7%N het laagst maar niet overal betrouwbaar lager in vergelijking met de andere bodemverbeteraars.

Bij het volgerstpercentage zijn de verschillen tussen de bodemverbeteraars klein. Ten opzicht van kunstmest scores Xurian en Steenmeel lager in het volgerstpercentage.

### 3.4.5 Na de oogst

Bij de oogst is het stro verhakseld voor een goede organische stofvoorziening van de bouwvoor. Voordat het stro werd ingewerkt, is de Xurian Optimum toegediend. Daarna is er Japanse haver als groenbemester gezaaid. Deze kreeg circa 70 kg N per ha voor de groei van de groenbemester en de vertering van het stro. Door de wat lagere N-gift zal de Japanse haver zich normaal kunnen ontwikkelen waardoor de eventuele verschillen tussen de bodemverbeteraars beter zichtbaar worden.

## 3.5 Vredepeel

### 3.5.1 Uitvoering

In 2011 groeiden er suikerbieten op dit perceel. Na de oogst zijn er geen bewerkingen meer uitgevoerd maar is wel Xurian Optimum toegediend. Na deze toepassing is er geen groenbemester meer gezaaid. De toegediende bodemverbeteraars staan beschreven in tabel 2.5.

Na de toediening zijn deze bodemverbeteraars circa 10 cm diep ingewerkt.

Op 14 maart is het perceel bewerkt met een vastetandcultivator. Dit was de hoofdgrondbewerking. Daarna is de zomergerst gezaaid met een zaaibedcombinatie (rotorkoepel). Het uitgezaaide ras was Quench, waarvan 145 kg zaad per ha is verzaaid.

### 3.5.2 Bemesting

Op 28 februari is de bodemvoorraad stikstof in de laag 0-60 cm bepaald. Zie tabel 3.25.

Tabel 3.25. **Stikstofvoorraden per object, Vredepeel februari 2012.**

Bodemverbeteraar	N-min (kg N/ha) 0-60 cm
PRP-SOL	60
Condit7%N	61
Xurian Optimum	78
Steenmeel	80
Groencompost/GFT	60
Drijfmest	74
Kunstmest	60

De stikstofvoorraad ligt voor een zandgrond op een hoog niveau. De verschillen tussen de bodemverbeteraars zijn niet goed te verklaren. Kunstmest geeft geen extra aanvoer van stikstof via bv organische stof en/of bodemleven dat organische stof mineraliseert. Dat verklaart de laagste voorraad bij Kunstmest. Bij Condit7%N en Groencompost mag je die extra stikstof wel verwachten maar deze voorraden zijn even hoog als bij Kunstmest.

De stikstofvoorraden per bodemverbeteraar waren de basis voor de berekening van het N-advies. Uiteraard is er ook rekening gehouden met de stikstofnalevering van de bodemverbeteraar.

In tabel 3.26 is de bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object weergegeven. Hierbij is rekening gehouden met de mineralen in de bodemverbeteraars vanaf oogst 2011, de stikstofvoorraad in de bodem in februari, het Pw- en het K-getal van de bouwvoor.

Per object (bodemverbeteraar + kunstmest) is de hoeveelheid werkzame stikstof verschillend. Dit is veroorzaakt door de verschillen in voorraad minerale stikstof (Nmin). Naast de werkzame stikstof is ook de totaal aangevoerde hoeveelheid stikstof beschreven. Verschillende bodemverbeteraars bevatten namelijk stikstof, die gedeeltelijk werkzaam zijn voor het gewas. Bij deze bodemverbeteraars stijgt de totale stikstofaanvoer dan. Dat is zichtbaar bij Condit7%N en groencompost.

Er is gerekend met een N-werking van Condit7%N van 100% en van Groencompost van 0%.

De fosfaat en kali in de bodemverbeteraars zijn voor 100% meegerekend. Op de langere termijn komen deze mineralen beschikbaar voor de plant.

Tabel 3.26. Bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object, Vredepeel 2012.

	Bodemverbeteraars				Drijfmest				Kunstmest				Totaal			
	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	N-werkz. kg/ha	N-totaal kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
<b>PRP-SOL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0	40	40	0	0
<b>Condit7%N</b>	70	70	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	70	70	10	20
<b>Xurian Optimum</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22	0	0	22	22	0	0
<b>Steenmeel</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	20	20	0	0
<b>Groencompost</b>	0	77	33	58	0	0	0	0	40	40	0	0	40	117	33	58
<b>Zeugenmest</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	26	26	0	0	26	26	0	0
<b>Kunstmest</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0	40	40	0	0

### 3.5.3 Waarnemingen

In 2012 zijn verschillende waarnemingen uitgevoerd naar de invloed van de bodemverbeteraar op de bodemstructuur en de groei en ontwikkeling van het gewas. Bij de bodemstructuur zijn er geen opvallende eigenschappen waargenomen ten aanzien van verslemping en/of korstvorming. Bij de beginontwikkeling waren er geen verschillen in kleur, stand en grondbedekking die door de bodem veroorzaakt kunnen zijn. Bij de gewasontwikkeling is in een later stadium gekeken naar de grondbedekking, de kleur van het gewas, de stand, de mate van ziekteaantasting, de lengte van het gewas en de afrijping. Een hoger cijfer is een betere waardering voor de eigenschap. Zo betekent een hoger cijfer in de tabel ziekteaantasting dat er minder aantasting gevonden is. Per eigenschap zijn de resultaten beschreven in de tabellen 3.27 t/m 3.31. Voor alle tabellen geldt: Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar.

Tabel 3.27. **Percentage grondbedekking, Vredepeel 2012.**

Bodemverbeteraar	Percentage grondbedekking	
	12 mei	8 juni
PRP-SOL	85	98
Condit7%N	88	100
Xurian Optimum	83	97
Steenmeel	80	95
Groencompost/GFT	87	100
Zeugenmest	83	100
Kunstmest	85	100
Lsd	<b>4.8</b>	<b>2.4</b>

Tabel 3.28. **Kleur van het gewas, Vredepeel 2012.**

Bodemverbeteraar	Kleur gewas	
	12 mei	8 juni
PRP-SOL	7.3	8
Condit7%N	8.0	8
Xurian Optimum	7.0	8
Steenmeel	5.3	8
Groencompost/GFT	7.7	8
Zeugenmest	7.3	8
Kunstmest	8.0	8
Lsd	<b>1.37</b>	<b>n.s.<sup>1)</sup></b>

<sup>1)</sup> niet significant (niet betrouwbaar)

Tabel 3.29. Stand van het gewas Vredepeel 2012.

Bodemverbeteraar	Stand		
	12 mei	8 juni	19 juli
PRP-SOL	7.7	6.3	7.3
Condit7%N	8.3	7.3	7.3
Xurian Optimum	7.0	5.3	7.3
Steenmeel	5.7	4.3	7.0
Groencompost/GFT	8.3	7.3	8.0
Zeugenmest	7.7	6.3	8.0
Kunstmest	7.7	7.0	8.0
Lsd	<b>1.59</b>	<b>1.52</b>	<b>1.33</b>

Tabel 3.30. Mate van ziekteaanastig, Vredepeel 2012.

Bodemverbeteraar	Ziekteaanastig	
	12 mei	8 juni
PRP-SOL	8.3	9.0
Condit7%N	8.7	9.0
Xurian Optimum	7.7	9.0
Steenmeel	7.0	8.3
Groencompost/GFT	9.0	9.0
Zeugenmest	8.3	9.0
Kunstmest	9.0	9.0
Lsd	<b>1.36</b>	<b>0.36</b>

Tabel 3.31. Lengte en afrijping, Vredepeel 2012.

Bodemverbeteraar	Lengte en afrijping		
	Lengte 8 juni	Lengte 19 juli	Afrijping 19 juli
PRP-SOL	71	77	5.3
Condit7%N	76	74	6.3
Xurian Optimum	63	71	6.0
Steenmeel	57	71	4.7
Groencompost/GFT	76	69	6.7
Zeugenmest	72	69	7.0
Kunstmest	76	73	6.7
Lsd	<b>12.1</b>	<b>6.8</b>	<b>1.46</b>

Bij de grondbedekking waren er op beide data betrouwbare verschillen. Vooral Steenmeel bleef achter in zijn ontwikkeling. De leverancier van Steenmeel kon deze waarneming niet goed verklaren. Op 12 mei waren er duidelijke verschillen in de kleur van het gewas. Ook nu had Steenmeel een slechte waardering en deze was betrouwbaar slechter dan de andere bodemverbeteraars. Op 8 juni waren er geen kleurverschillen zichtbaar. De stand op 12 mei liet eenzelfde beeld zien als de kleur op 12 mei. Steenmeel kreeg een onvoldoende waardering en was betrouwbaar slechter dan de andere bodemverbeteraars. Het beeld van 12 mei was ook terug te vinden op 8 juni. Op 19 juli waren de verschillen kleiner en niet betrouwbaar. Hoewel de ziektebestrijding redelijk preventief is, waren er op 12 mei kleine verschillen in de mate van ziekteaanastig. Op 8 juni waren die verschillen nihil. Alleen Steenmeel liet nog wat ziekteaanastig zien.



De minder goede groei van Steenmeel werd op 8 juni ook teruggevonden in een mindere lengtegroei. Bij het afrijpen werden de lengteverschillen kleiner. Waarschijnlijk groeide de Steenmeel wat langer door in vergelijking met de andere bodemverbeteraars.

Bij de afrijping scoorde Steenmeel het slechtst, maar ook PRP-SOL kreeg een onvoldoende. Er waren duidelijk betrouwbare verschillen tussen de bodemverbeteraars.

### 3.5.4 Opbrengst en kwaliteit

De zomergerst is op 31 juli geoogst. Er was geen sprake van legering. Tabel 3.32 laat de opbrengstcijfers zien. De opbrengstcijfers zijn berekend op basis van 15% vocht. Als kwaliteitsaspect is het hectolitergewicht bepaald.

Tabel 3.32. **Opbrengst en kwaliteit van zomergerst, Vredepeel 2012.**

Bodemverbeteraar	Ton/ha	Hectolitergewicht
<b>PRP-SOL</b>	7.4	63
<b>Condit7%N</b>	7.5	62
<b>Xurian Optimum</b>	7.1	61
<b>Steenmeel</b>	6.4	61
<b>Groencompost/GFT</b>	7.2	61
<b>Zeugenmest</b>	6.8	60
<b>Kunstmest</b>	7.0	60
<b>Lsd <sup>1)</sup></b>	<b>1.22</b>	<b>3.6</b>

1) Is het verschil tussen twee resultaten groter of gelijk aan de lsd zijn de verschillen betrouwbaar

Hoewel er opbrengstverschillen zijn, zijn deze niet betrouwbaar. Zelfs de opbrengst van Steenmeel is niet betrouwbaar lager in vergelijking met de andere opbrengsten.

Het hectolitergewicht is een maat voor de grofheid van de korrel. Een hoger hectolitergewicht betekent in de regel een grovere korrel. Als er voor de oogst schot is opgetreden, is die relatie er niet. In 2012 is er geen schot opgetreden. De verschillen in hectolitergewicht tussen de bodemverbeteraars zijn niet betrouwbaar. Dan zijn er ook geen betrouwbare verschillen tussen de volgerstpercentages.

### 3.5.5 Na de oogst

Bij de oogst van de zomergerst is het stro verhakseld voor een goede organische stofvoorziening. Vóór het inwerken van het stro is eerst Xurian Optimum toegediend en is er 80 kg N per ha gestrooid voor de vertering van het stro en de groei van de groenbemester.

Na het inwerken is bladrammenas als groenbemester ingezaaid. Van het ras Contra is 20 kg per ha verzaaid.

## 3.6 Gewasresultaten 2012

Door de resultaten van alle proeflocaties in een tabel te zetten, wordt een totaaloverzicht van de resultaten per bodemverbeteraar verkregen. In tabel 3.33 staan de relatieve opbrengsten van 2012 ten opzichte van het referentieobject kunstmest. Voor suikerbieten is ook de financiële opbrengst weergegeven.

Tabel 3.33. **Relatieve opbrengsten per proeflocatie in 2012.**

Bodemverbeteraar	Kollumerw.	Lelystad	Westmaas		Valthermond	Vredepeel
	winter tarwe	zaaiuien	suiker ton/ha	financieel €/ha	zomergerst	zomer gerst
<b>Kunstmest</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<i>Bodemverbeteraar</i>						
<b>Agrigyps</b>	102.9	98.4	102.5	102.6		
<b>Betacalcarbo</b>	103.1	98.1	96.4	96.7		
<b>Brandkalk</b>	101.4	100.8	95.8	92.8		
<b>PRP-SOL</b>	99.9	99.2	98.3	97.9	97.2	104.8
<b>Condit7%N</b>	97.2	90.6	102.3	103.3	83.2	107.3
<b>Xurian Optimum</b>	100.9	100.1	99.6	98.2	102.6	101.7
<b>Biochar ECN</b>					99.0	
<b>Biochar norit</b>	98.7				102.4	
<b>Biochar hout 2,5 ton</b>		98.7				
<b>Biochar hout 5 ton</b>	98.9	99.3			91.8	
<b>Biochar Edinburgh</b>					98.7	
<b>Steenmeel</b>					103.6	90.4
<b>BactoFil</b>		97.9	96.5	97.8		
<i>Referentie</i>						
<b>Varkens-/Rundvedrijfm.</b>	101.2	98.3	101.7	100.4	95.0	96.3
<b>Groencompost/GFT</b>	98.1	97.4	107.8	107.7	91.7	101.7
<b>Lsd (relatief)</b>	<b>2.49</b>	<b>5.47</b>	<b>9.86</b>	<b>11.86</b>	<b>10.56</b>	<b>17.38</b>
<b>100 = ... ton/ha of €/ha SB</b>	<b>13.4</b>	<b>85</b>	<b>18.45</b>	<b>4318</b>	<b>6.79</b>	<b>7.03</b>

Om een snelle indruk te krijgen van de effecten van de bodemverbeteraars op de opbrengst van het gewas is tabel 3.34 in deze rapportage opgenomen. De kleuren geven een scherper beeld of een bodemverbeteraar betrouwbaar beter was dan kunstmest. Deze tabel laat niet zien of de ene bodemverbeteraar betrouwbaar beter of slechter is dan de andere bodemverbeteraar.

Uit tabel 3.33 en 3.34 komt naar voren dat alleen bij Condit7%N betrouwbaar lagere opbrengsten zijn ten opzichte van kunstmest. Dat kan veroorzaakt zijn door de lagere stikstofvoorziening. Maar in de andere proeven met Condit7%N, waarbij de stikstofvoorziening ook minder was dan van de andere bodemverbeteraars, waren er geen betrouwbare verschillen met kunstmest.

In 2012 was de alleen opbrengst van Agrigyps en Betacal Carbo op Kollumerwaard betrouwbaar hoger dan kunstmest. Verder waren er geen betrouwbare verschillen.

Tabel 3.34. **Vergelijking van de opbrengst van een bodemverbeteraar t.o.v. alleen kunstmest in 2012.**

	Kollumerwaard wintertarwe	Lelystad zaaiuien	Westmaas suikerbieten		Valthermond zomergerst	Vredepeel zomergerst
			suiker ton/ha	€/ha		
<b>Opbrengst kunstmest 1)</b>	13.4	85	18.45	4318	6.79	7.03
<b>Bodemverbeteraar</b>						
Agrigyps						
Betacal carbo						
Brandkalk						
PRP-sol						
Condit 7%						
Xurian Optimum						
Biochar ECN						
Biochar Norit						
Biochar hout 2,5 ton						
Biochar hout 5 ton						
Romchar						
Steenmeel						
Bactofil						
Referentie						
Varkens en runveedrijfmest						
Groencompost/GFT						

**Verklaring van de tabel**

1)	<i>De opbrengst van het object waar alleen kunstmest gegeven is.</i>
	<i>Geen betrouwbaar verschil in opbrengst van de bodemverbeteraar ten opzichte van kunstmest</i>
	<i>Betrouwbaar hogere opbrengst van bodemverbeteraar ten opzichte van kunstmest</i>
	<i>Betrouwbaar lagere opbrengst van bodemverbeteraar ten opzichte van kunstmest</i>
	<i>Bodemverbeteraar is niet getest op deze locatie</i>

In tabel 3.34 staan alle resultaten van groeiseizoen 2012. In deze tabel is aangegeven in hoeverre de opbrengst van een object verschilt ten opzichte van kunstmest.

Kort samengevat:

- Op Kollumerwaard gaven Agrigyps en Betacal Carbo betrouwbaar hogere opbrengsten dan Kunstmest.
- In Lelystad gaf Condit7%N een betrouwbaar lagere opbrengst dan Kunstmest.
- Op Westmaas waren er geen betrouwbare verschillen met Kunstmest.
- Op Valthermond gaf Condit7%N betrouwbaar lagere opbrengsten dan Kunstmest.
- Op Vredepeel waren er geen betrouwbare verschillen met Kunstmest.

## 3.7 Gewaswaarnemingen

Bij de gewaswaarnemingen en bij de oogst zijn van de verschillende proeflocaties de volgende ervaringen naar voren gekomen:

- Structuurverval heeft zich in het voorjaar van 2012 alleen voorgedaan op Westmaas. Ten gevolge van neerslag en ongelijke vlakligging van het perceel ontstonden er waterplekken in het proefperceel. Dit water is afgelaten door sleufjes te graven. Omdat deze waterplekken pleksgewijs optraden, konden de bodemverbeteraars zo niet beoordeeld worden op de mate van structuurverval.
- De beperkte stikstofvoorziening van Condit7%N was in 2012 op twee locaties van invloed op de opbrengst. Op de andere drie locaties gaf de beperkte stikstofvoorziening geen nadelig effect.
- Met mest en groencompost wordt elk jaar meer N-totaal aangevoerd ten opzichte van alleen kunstmest. Deze stikstof is opgeslagen in de organische stof. Deze objecten kunnen dan meer stikstof gaan naleveren in het groeiseizoen. Het inschatten van die extra nalevering is moeilijk omdat het weer (neerslag en temperatuur) er veel invloed op heeft.

## 4 Bodemonderzoek 2012

### 4.1 Resultaten Bodemfysisch

#### 4.1.1 Granulair

In 2010 is er granulair (textuur) onderzoek uitgevoerd. De resultaten zijn in onderstaande tabel 4.1. nogmaals weergegeven. De effecten van de verschillende bodemverbeteraars worden mogelijk beïnvloed door de granulaire samenstelling van de bodem.

Tabel 4.1. **Resultaten granulaaironderzoek 2010 per proeflocatie.**

Locatie	Textuur aanduiding	Lutum	silt	zand	M50	D60/D10	CaCO <sub>3</sub>	organische stof
		%	%	%	µm	-	%	%
Kollumerwaard	lichte klei	25,9	36,4	37,8	79		8,6	6,0
Lelystad	matig lichte zavel	16,9	30,6	52,6	80		6,9	2,0
Westmaas	Zandige zware zavel	21,1	36,3	42,7	82		8,4	4,7
Valthermond	kleiarm zand	2,8	7,2	90,1	116	2,6	0,1	12,0
Vredepeel	kleiarm zand	1,8	7,1	91,2	171	2,8	0,1	4,3

#### 4.1.2 Doorlatendheid

De doorlatendheid is een gevolg van de aggregatie van de bodem en de actuele omstandigheden, zoals het vochtgehalte van de bodem op moment van meten. De doorlatendheid is daarmee een kenmerk van de bodemstructuur en eventuele veranderingen in de bodemstructuur. Met behulp van kleine ringen is de doorlatendheid gemeten.



Foto 4.1 **Meting verzadigde doorlatendheid**

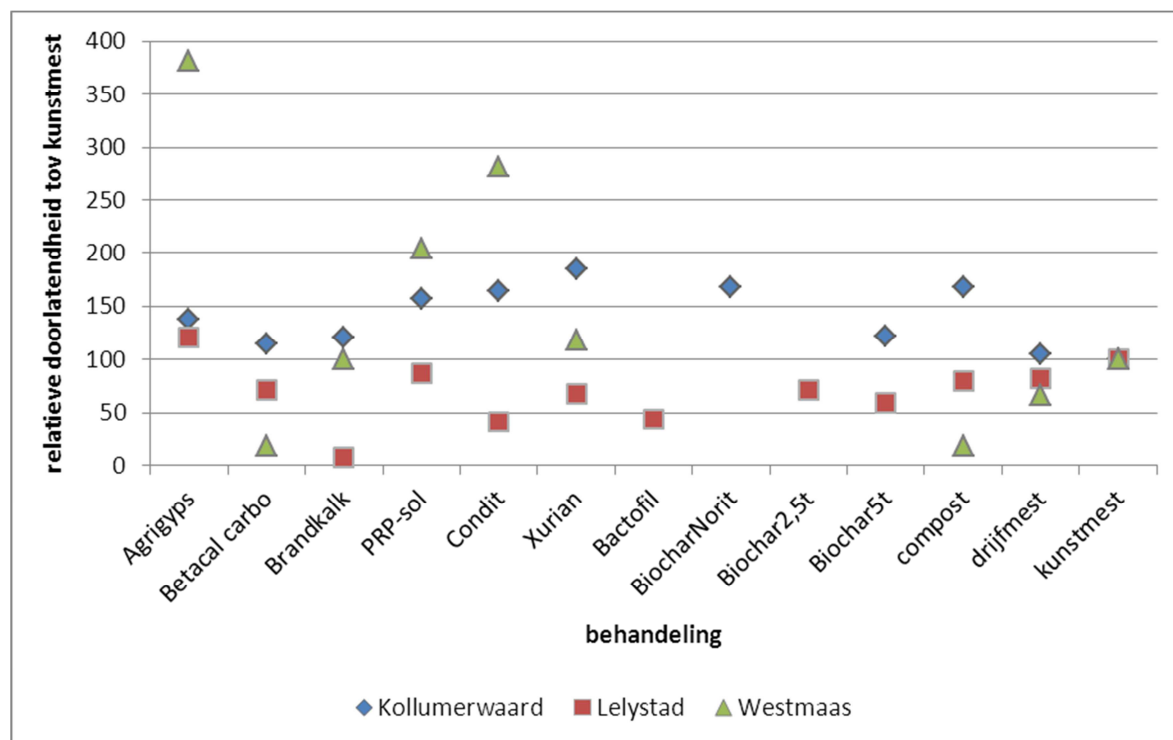
In onderstaande tabel 4.2 zijn de resultaten van de metingen opgenomen. Er heeft tijdens de oogst op één zandlocatie berijding van het netto veld plaatsgevonden. Metingen die in een rijspoor zijn uitgevoerd zijn buiten beschouwing gelaten.

Tabel 4.2. **Gemiddelde berekende verzadigde doorlatendheid per behandeling per locatie, mm /sec.**

Behandeling	Locatie				
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
Agrigyps	0,278	0,208	0,070		
Betacal Carbo	0,232	0,122	0,003		
Brandkalk	0,243	0,013	0,018		
PRP-sol	0,317	0,148	0,037	0,204	0,166
Condit	0,330	0,072	0,052	0,250	0,767
Xurian	0,373	0,117	0,022	0,661	0,127
Bactofil		0,074	0,173		
BiocharECN				0,335	
BiocharNorit	0,338			0,375	
RomChar				0,261	
Biochar2,5t		0,122			
Biochar5t	0,245	0,102		0,204	
Steenmeel				0,409	0,033
compost	0,338	0,137	0,003	0,218	0,167
drijfmest	0,211	0,142	0,012	0,232	0,078
kunstmest	0,201	0,172	0,018	0,254	0,183

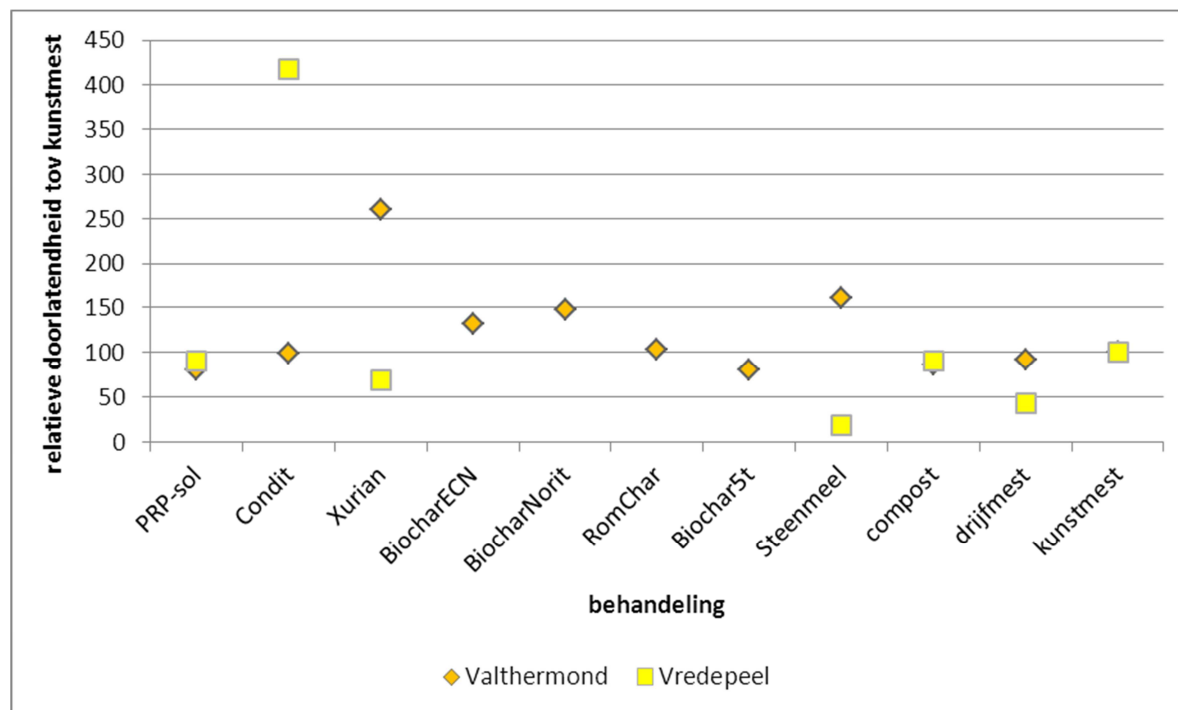
Op de kleilocatie Westmaas is de doorlatendheid veel lager dan op de andere locaties (beneden de 0,01 is de doorlatendheid eigenlijk te laag). Om de behandelingen toch met elkaar te kunnen vergelijken is de doorlatendheid relatief ten opzichte van de referentie kunstmest weergegeven, zie Figuur 4.1 en 4.2. Hierin is voor klei en zand per locatie de gemiddelde waterdoorlatendheid weergegeven.

Figuur 4.1. De gemiddelde doorlatendheid na 15 minuten op de drie kleilocaties, relatief ten opzichte van kunstmest (referentie Kollumerwaard= 0,20, Lelystad=0,172, Westmaas=0,018 mm /sec). NB: Bactofil Westmaas is niet weergegeven. De relatieve waarde van deze meting is 945% ten opzichte van de referentie kunstmest.



De doorlatendheid is een eigenschap van bodem die in het veld een grote spreiding kan vertonen, zowel over de tijd als in het veld (Warrick, 1998), hetgeen ook blijkt uit Tabel 4. Het is met name van belang om de behandelingen met elkaar te vergelijken. Dan blijkt dat het beeld van de behandelingen per locatie verschillend is. Te Kollumerwaard is bij alle behandelingen de doorlatendheid hoger dan van de referentie. In Lelystad is het beeld ongeveer het tegenovergestelde. Te Westmaas zijn er behandelingen die hoger en lager zijn dan de kunstmestbehandeling. Alleen Agrigypt en PRP-sol lijken te leiden tot een hogere doorlatendheid ten opzichte van kunstmest. Rekening houdend met de spreiding is het algehele beeld dat er de behandeling niet leiden tot een hogere berekende doorlatendheid na 15 minuten ten opzichte van de behandeling met kunstmest.

Figuur 4.2 De gemiddelde doorlatendheid na 15 minuten op de twee zandlocaties, relatief ten opzichte van kunstmest (referentie kunstmest: Valthermond=0,254, Vredepeel 0,183 mm /sec).



Ook voor de metingen op zandgrond (Figuur 4.2) geldt dat de behandelingen niet verschillen ten opzichte van kunstmest. De hoge waarde bij de Conditbehandeling is mogelijk een meetfout.

#### 4.1.3 Indringingsweerstand

Per locatie is na de oogst de indringingsweerstand gemeten. Uitzonderingen zijn de locaties Lelystad en Westmaas waar de waarnemingen in verband met weeromstandigheden en planning later in het najaar zijn uitgevoerd vlak voor de oogst.

Omdat de effecten van de bodemverbeteraars zich vooral tot de bouwvoor zullen beperken zijn in onderstaande tabel de gemiddelde waarde per 5 cm tot een diepte van 35 cm opgenomen. De bovenste 5 cm zijn buiten beschouwing gelaten omdat er in de bovenste laag altijd sprake is van verstoring.

In Tabel 4.3 is per locatie per behandeling de gemiddelde indringingsweerstand over de bodemlaag 5-35 cm –mv weergegeven. Voor een onbelemmerde wortelgroei wordt als richtlijn aangehouden dat de indringingsweerstand niet hoger dan 3 MPa mag zijn. Gemiddeld over de laag 5-35 cm –mv wordt de waarde van 3 MPa op geen van de locaties overschreden. Vredepeel heeft wel een duidelijk hogere indringingsweerstand dan Valthermond. Op beide locaties heeft het gewas zomergerst gestaan. Het is onbekend of de hogere indringingsweerstand op locatie Vredepeel wordt veroorzaakt door de oogstwerkzaamheden in Vredepeel of door een andere samenstelling van de bodem. Uit Tabel 4.1 blijkt dat qua granulaire samenstelling beide gronden bijna gelijk aan elkaar zijn. Het verschil in het M50-getal lijkt niet voldoende om als verklarende factor te dienen.

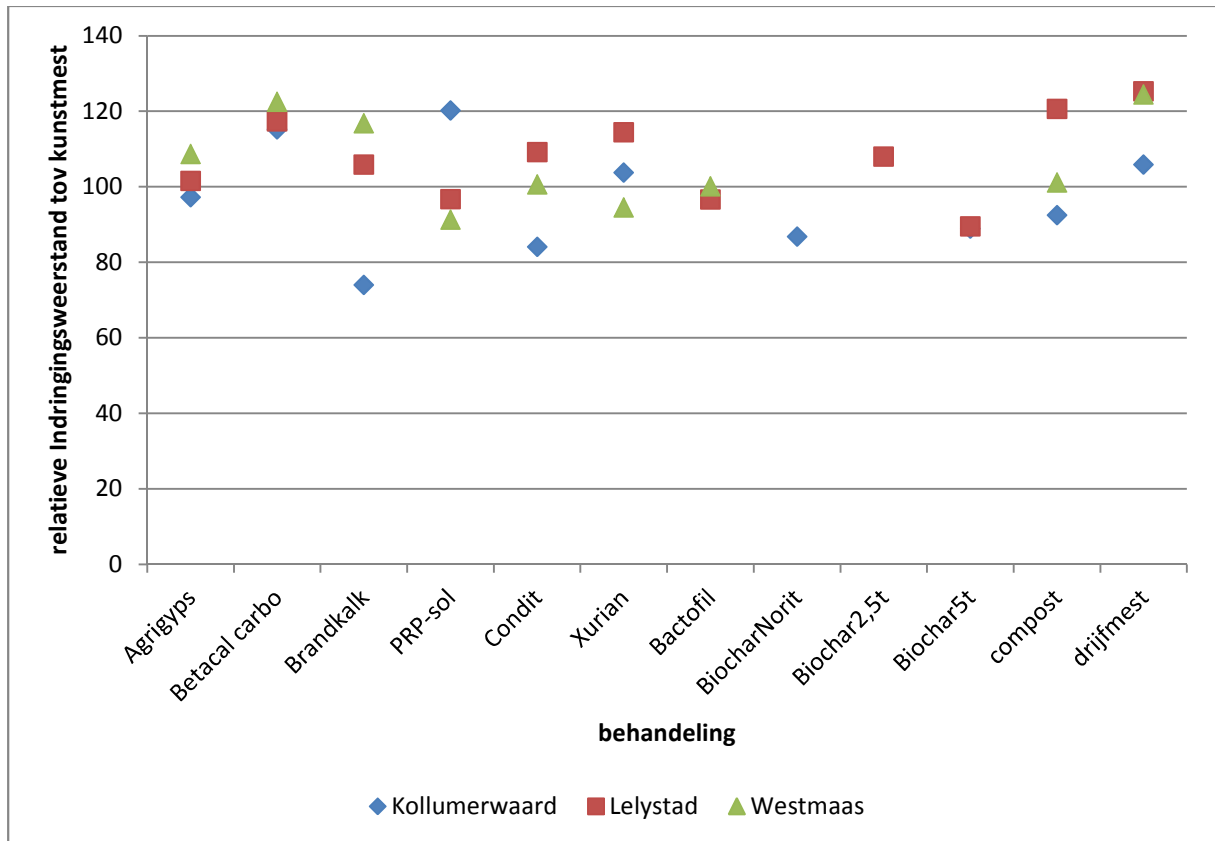


Tabel 4.3 **Gemiddelde indringingsweerstand 5-35 cm per locatie per behandeling, MPa.**

Behandeling	Locatie					Gemiddeld	
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	1,16	0,96	1,40			1,17	
Betacal Carbo	1,37	1,11	1,57			1,35	
Brandkalk	0,88	1,00	1,50			1,13	
PRP-sol	1,43	0,91	1,17	0,65	2,42	1,17	1,53
Condit	1,00	1,03	1,29	0,73	2,38	1,11	1,56
Xurian	1,23	1,08	1,21	0,69	2,74	1,18	1,71
Bactofil		0,91	1,29			1,10	
BiocharECN				0,61			0,61
BiocharNorit	1,03			0,59		1,03	0,59
RomChar				0,71			0,71
Biochar2,5t		1,02				1,02	
Biochar5t	1,06	0,85		0,78		0,95	0,78
Steenmeel				0,69	2,00		1,34
compost	1,10	1,14	1,30	0,90	2,28	1,18	1,59
drijfmest	1,26	1,18	1,60	0,66	1,89	1,35	1,28
kunstmest	1,19	0,95	1,28	0,79	2,11	1,14	1,45
Gemiddeld 2010	0,47	1,38	1,07	1,41	0,66	0,97	1,03

In Figuur 4.3 en 4.4 zijn de verschillen ten opzichte van de referentiebehandeling kunstmest weergegeven.

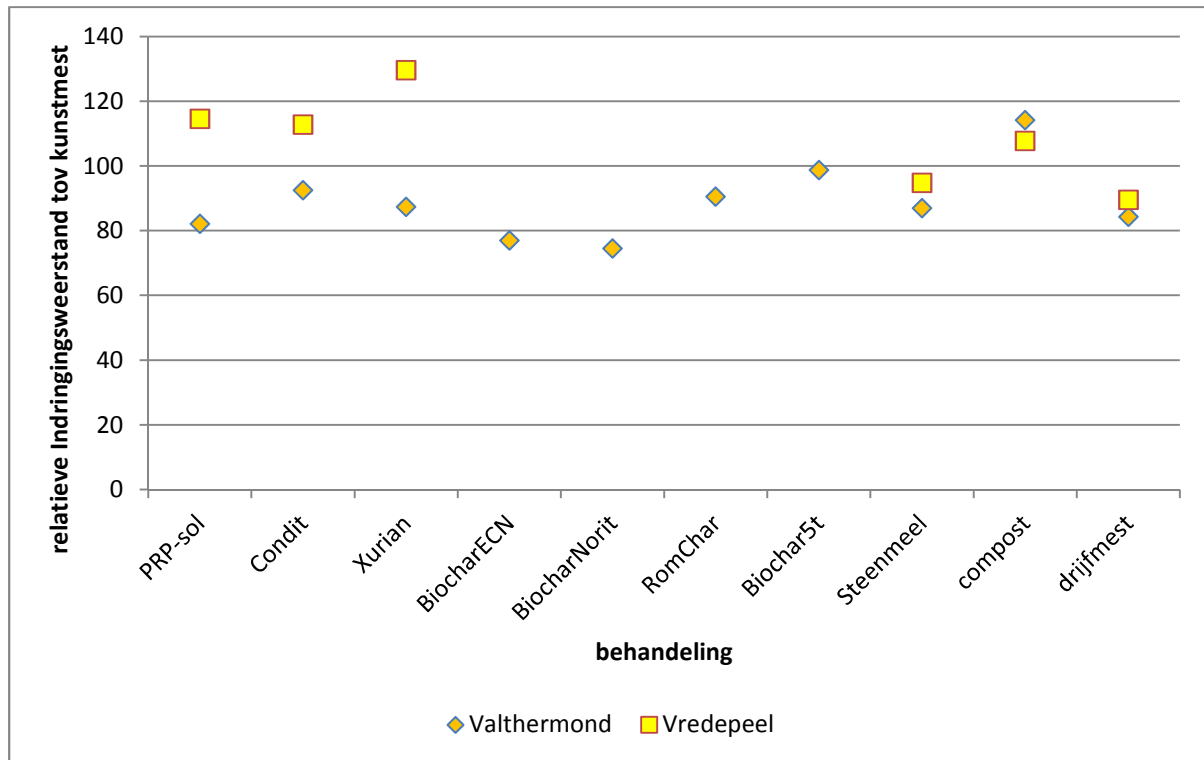
Figuur 4.3 De gemiddelde indringingsweerstand op de drie kleilocaties op de laag 5-35 cm ten opzicht van de referentiebehandeling kunstmest (referentie kunstmest: Kollumerwaard=1,19, Lelystad=0,95, Westmaas=1,28 MPa).



Drijfmest en Betacal carbo hebben een hogere indringingsweerstand dan kunstmest. Voor de andere behandelingen geldt dat er een grote spreiding is. Per behandeling zijn er waarden boven en beneden de 100. Rekening houdend met deze spreiding is het algehele beeld dat de behandelingen niet leiden tot een afwijkende indringingsweerstand ten opzichte van kunstmest.

Figuur 4.4 geeft voor de zandlocaties de procentuele verschillen van de verschillende behandelingen ten opzichte van de referentiebehandeling kunstmest. Drijfmest en steenmeel hebben een iets lagere indringingsweersstand dan kunstmest. De spreiding van de gemeten indringingsweersstanden in de andere behandelingen is groot. Rekening houdend met deze spreiding is het algehele beeld dat de behandelingen niet leiden tot een afwijkende indringingsweersstand ten opzichte van kunstmest.

Figuur 4.4 **De gemiddelde indringingsweersstand op de twee zandlocaties op de laag 5-35 cm ten opzicht van de referentiebehandeling kunstmest (referentie kunstmest: Valthermond=0,79, Vredepeel=2,11 MPa).**



#### 4.1.4 Aggregaatstabiliteit

In het voorjaar zijn grondmonsters uit het netto veld verzameld voor de bepaling van de aggregaatstabiliteit. De aggregaatstabiliteit is een index. Hoe hoger deze is hoe stabiel de aggregatie. De gevolgde methode maakt onderscheid tussen aggregaten groter en kleiner dan 250 µm. De meting sluit daardoor aan bij het onderscheid zoals dit in paragraaf 4.1.1 is beschreven. Het is een relatieve verhouding tussen aggregaten die ondergedompeld in een disperseervloeistof uiteen vallen (stabiele aggregaten) en aggregaten die uiteenvallen als ze zijn ondergedompeld in water (onstabiele aggregaten). Hoe stabiel de aggregaten, hoe hoger de index. Bij een lage index (<0,3) zullen behandelingen eerder structuurverval vertonen, bijvoorbeeld verslemping. De index loopt tot maximaal 1.

De resultaten in Tabel 4.4 laten een grote spreiding in de resultaten zien, waarbij de waarden uiteenlopen tussen 0,13 en 0,66. De aggregaatstabiliteit van de zandlocatie Valthermond is duidelijk lager dan van de zandlocatie Vredepeel. Dit is het gevolg van de bodemstructuur te Valthermond met veel inerte organische stof (dalgrond). Of er duidelijk verschillen zijn tussen behandelingen is duidelijker te zien in Figuur 4.5 en 4.6, waarin per locatie de relatieve waarden ten opzichte van kunstmest zijn weergegeven.

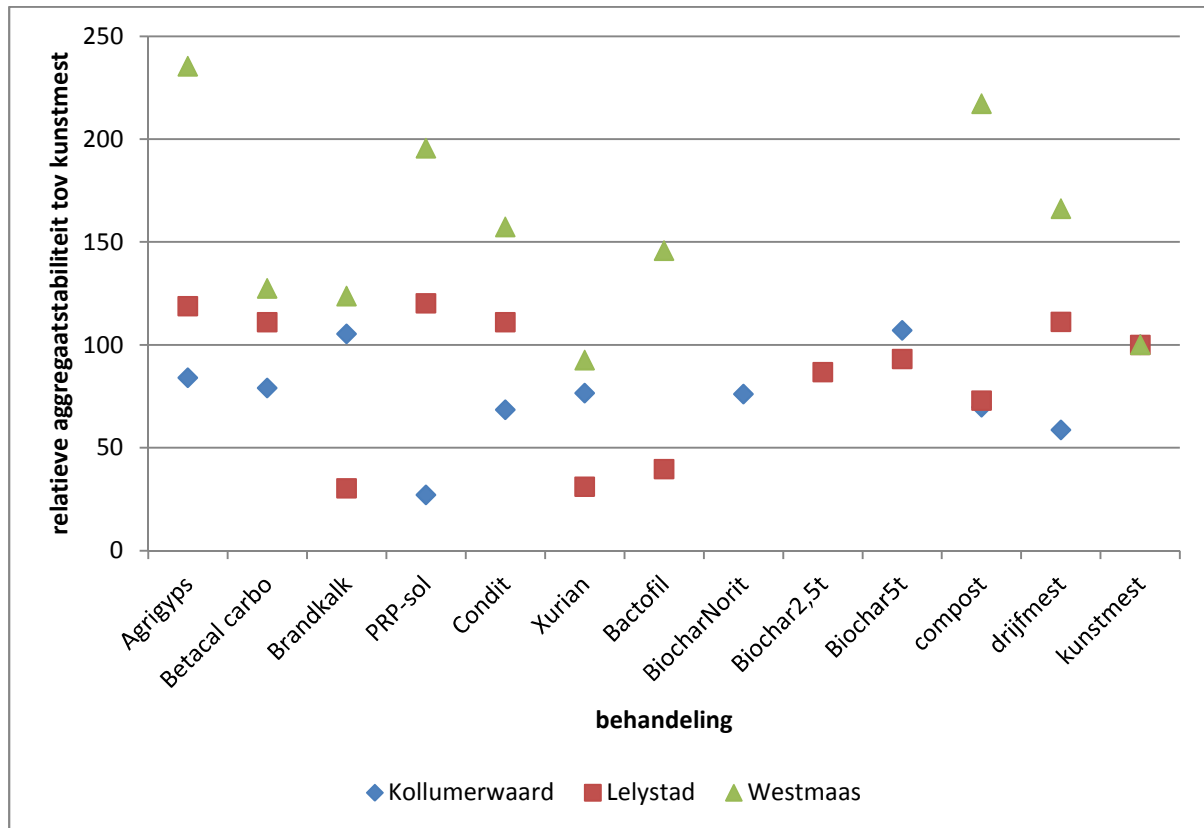
Tabel 4.4 **Gemeten aggregaat-stabiliteitsindex per locatie per behandeling.**

Behandeling	Locatie					Gemiddeld	
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	0,52	0,59	0,51			0,54	
Betacal Carbo	0,49	0,55	0,28			0,44	
Brandkalk	0,66	0,15	0,27			0,36	
PRP-sol	0,17	0,59	0,42	0,19	0,49	0,39	0,34
Condit	0,43	0,55	0,34	0,15	0,52	0,44	0,33
Xurian	0,48	0,15	0,20	0,28	0,52	0,28	0,40
Bactofil		0,20	0,32			0,26	
BiocharECN				0,27		!	0,27
BiocharNorit	0,47			0,32		0,47	0,32
RomChar				0,21			0,21
Biochar2,5t		0,43				0,43	
Biochar5t	0,67	0,46		0,13		0,56	0,13
Steenmeel				0,23	0,51		0,37
Compost	0,43	0,36	0,47	0,18	0,53	0,42	0,36
Drijfmest	0,36	0,55	0,36	0,22	0,56	0,42	0,39
Kunstmest	0,62	0,49	0,22	0,19	0,61	0,44	0,40
Gemiddeld	0,48	0,42	0,34	0,21	0,53	0,42	0,34

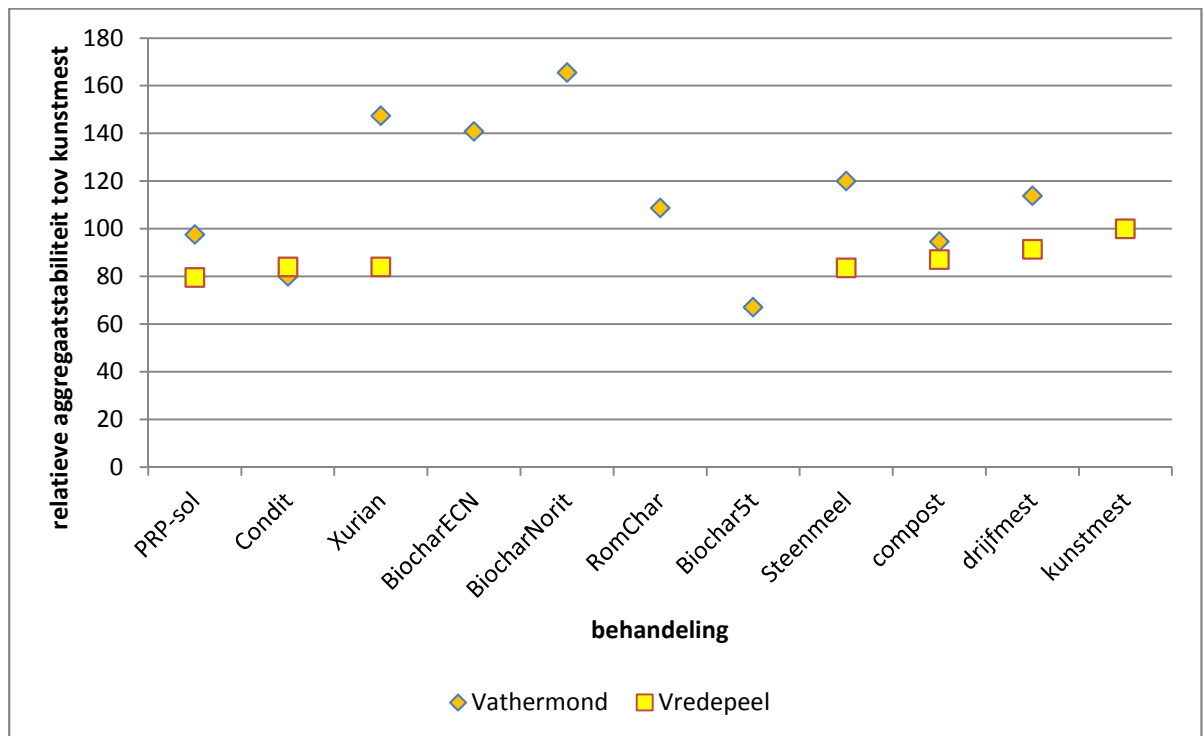
Op de drie kleilocaties wordt voor de behandelingen Xurian een lagere aggregaatstabiliteit gemeten, relatief ten opzichte van kunstmest. Voor de andere behandelingen geldt dat de relatieve aggregaatstabiliteit tussen de locaties ten opzichte van kunstmest wisselt. Per behandeling zijn er waarden boven en beneden de 100 (m.u.v. Xurian). Rekening houdend met deze spreiding is het algehele beeld dat er de behandelingen niet leiden tot een afwijkende aggregaatstabiliteit ten opzichte van kunstmest. In paragraaf 3.7 (pagina 60) is opgemerkt dat structuurverval in de vorm van verslemping zich alleen heeft voorgedaan in Westmaas. Westmaas heeft van de drie kleilocaties ook de laagste gemiddelde aggregaatstabiliteit.

De behandelingen PRP-sol, Condit en compost hebben voor beide zandlocaties een lagere aggregaatstabiliteit dan kunstmest (Figuur 4.6). De aggregaatstabiliteit van de behandelingen Xurian en steenmeel ten opzichte van kunstmest wisselt tussen de zandlocaties. De Biochar behandelingen lijken relatief een hogere stabiliteit te hebben, maar dit is gebaseerd op één locatie. Bij de kleilocaties was het tegenovergestelde het geval. Rekening houdend met de spreiding en het beperkte aantal waarnemingen is het algehele beeld dat hier de behandelingen niet leiden tot een afwijkende aggregaatstabiliteit ten opzichte van kunstmest.

Figuur 4.5 De relatieve aggregaatstabiliteit-index op de drie kleilocaties ten opzichte van kunstmest (referentie kunstmest: Kollumerwaard=0,62, Lelystad=0,49, Westmaas=0,22), %.



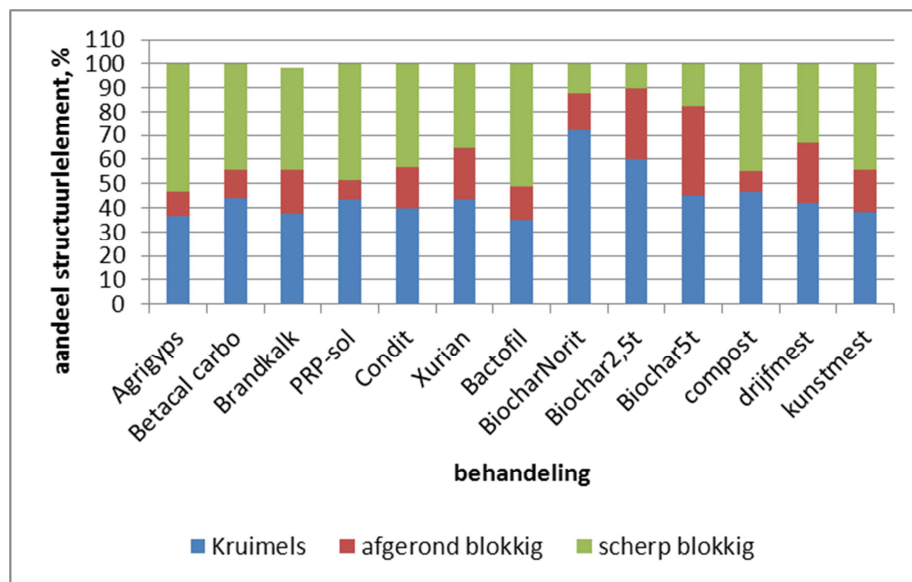
Figuur 4.6 De relatieve aggregaatstabiliteit-index op de twee zandlocaties ten opzichte van kunstmest (referentie kunstmest: Valthermond=0,19, Vredepeel=0,61), %.



#### 4.1.5 Visuele waarnemingen: de Spadetest

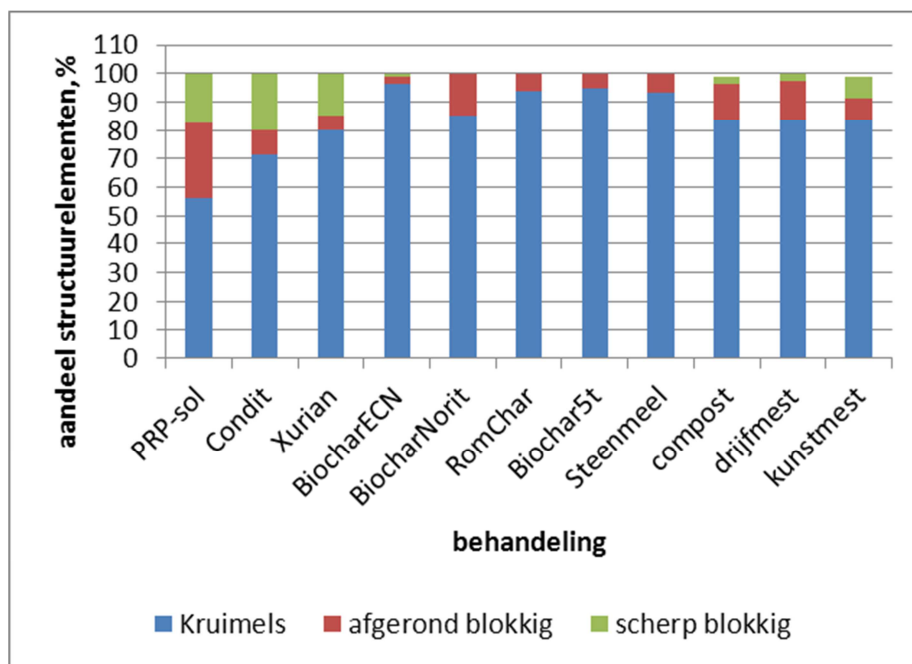
De bodemstructuur van de bouwvoor is visueel beoordeeld op de aanwezigheid van de volgende structurelementen: kruimels, afgerond blokkig en scherp blokkige elementen. In figuren 4.7 en 4.8 zijn de resultaten van de beoordeling weergegeven.

Figuur 4.7 **Het gemiddeld geschatte aandeel van verschillende structurelementen op de drie kleilocaties, %.** N=4 voor Bactofil en Biochar 5ton, n=2 voor Biochar Norit en Biochar 2,5 ton, alle overige n=6.



Ten opzichte van kunstmest hebben BiocharNorit en Biochar hout 2,5t (2,5 ton/ha) een hoger aandeel kruimels. Alle behandelingen hebben een hoog aandeel scherp blokkige elementen. Het aandeel is hoger dan als gunstig wordt aangeduid in het beoordelingskader van Koopmans en Brands (2003) waarin wordt opgemerkt dat er geen scherp blokkige elementen moeten voorkomen.

Figuur 4.8: **Het gemiddeld geschatte aandeel van verschillende structurelementen op de twee zandlocaties, %.** N=2 voor Biochar ECN, Biochar Norit, RomChar en Biochar 5 ton, overige n=4.



Naar verwachting zijn er meer kruimels op de zandlocaties aanwezig. Zand heeft een minder stabiele structuur dan klei. Het hogere aandeel afgerond blokkig en scherp blokkig in de behandelingen Condit en PRP-sol hoeft niet persé nadelig te zijn. Als de elementen niet te sterk zijn verdicht blijven deze elementen nog doorwortelbaar (Koopmans en Brands, 2003). Scherp blokkige elementen kunnen ook gedurende het seizoen worden gevormd, ze hoeven niet het gevolg te zijn van een onjuiste grondbewerking.

Een andere visuele beoordelingsmethode is de 'Visual evaluation of soil structure' (Ball et al.) Volgens de gegeven classificatie komt de bodemstructuur voor de zandgronden uit op een goede structuurkwaliteit en voor de kleigronden op een goede tot matige structuurkwaliteit.

Tabel 4.5 **Gemiddelde beoordeling bodemstructuur per grondsoort per behandeling over alle locaties, %.**

Behandeling	Klei			zand		
	Kruimels	Afgerond blokkig	Scherp blokkig	Kruimels	Afgerond blokkig	Scherp blokkig
Agrigyps	37	10	53			
Betacal Carbo	44	12	44			
Brandkalk	38	18	43			
PRP-sol	43	8	48	56	26	18
Condit	40	17	43	71	9	20
Xurian	43	22	35	80	5	15
Bactofil	35	14	51			
BiocharECN				96	3	1
BiocharNorit	73	15	13	85	15	0
RomChar				94	6	0
Biochar2,5t	60	30	10			
Biochar5t	45	38	18	95	5	0
Steenmeel				93	7	0
compost	47	8	45	84	13	3
drijfmest	42	25	33	84	14	3
kunstmest	38	18	44	84	8	8

## 4.2 Bodemchemische metingen

### 4.2.1 Algemeen grondonderzoek: pH

Op de vijf locaties is na of vlak voor oogst per behandeling een mengmonster genomen voor algemeen grondonderzoek. In bijlage 1 zijn de volledige resultaten van het onderzoek opgenomen. In algemeen grondonderzoek wordt onder andere de directe beschikbaarheid (intensiteit) en totale voorraad (capaciteit) aan nutriënten bepaald.

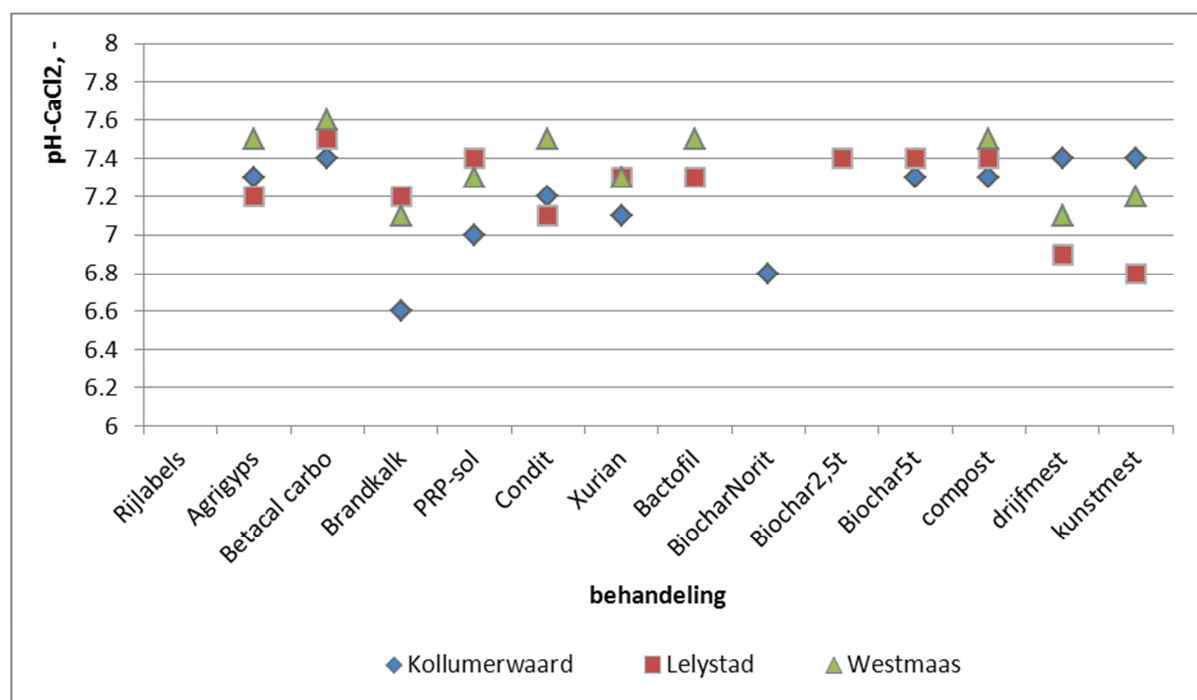
De parameters die vooral van belang zijn vanuit oogpunt van bodemstructuur zijn pH, CEC en CEC-bezetting. Daarnaast zijn er een aantal specifieke bepalingen uitgevoerd die niet algemeen toegepast worden, zoals Ca in bodemvocht, hot water carbon HWC en fractionering organische stof.

De pH bepaalt voor een deel de grootte van het kationenadsorptiecomplex, CEC. Dat geldt vooral voor de zandgronden. Op deze gronden wordt de grootte van de CEC bepaald door de aanwezige organische stof. De negatieve lading van de organische stof, en daarmee de CEC, is groter bij een hogere pH. De CEC op kleigronden is minder gevoelig voor veranderingen in de pH.

De pH is een eigenschap die invloed heeft op het bodemleven. Bij een juiste pH (>5,5) zijn er betere condities voor een goed en actief bodemleven. Daarnaast kan de pH de beschikbaarheid van verschillende nutriënten beïnvloeden.

In onderstaande figuren 4.9 en 4.10 is voor de klei- en zandlocaties per behandeling de pH weergegeven.

Figuur 4.9 De zuurgraad op de drie kleilocaties (pH gemeten in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>).

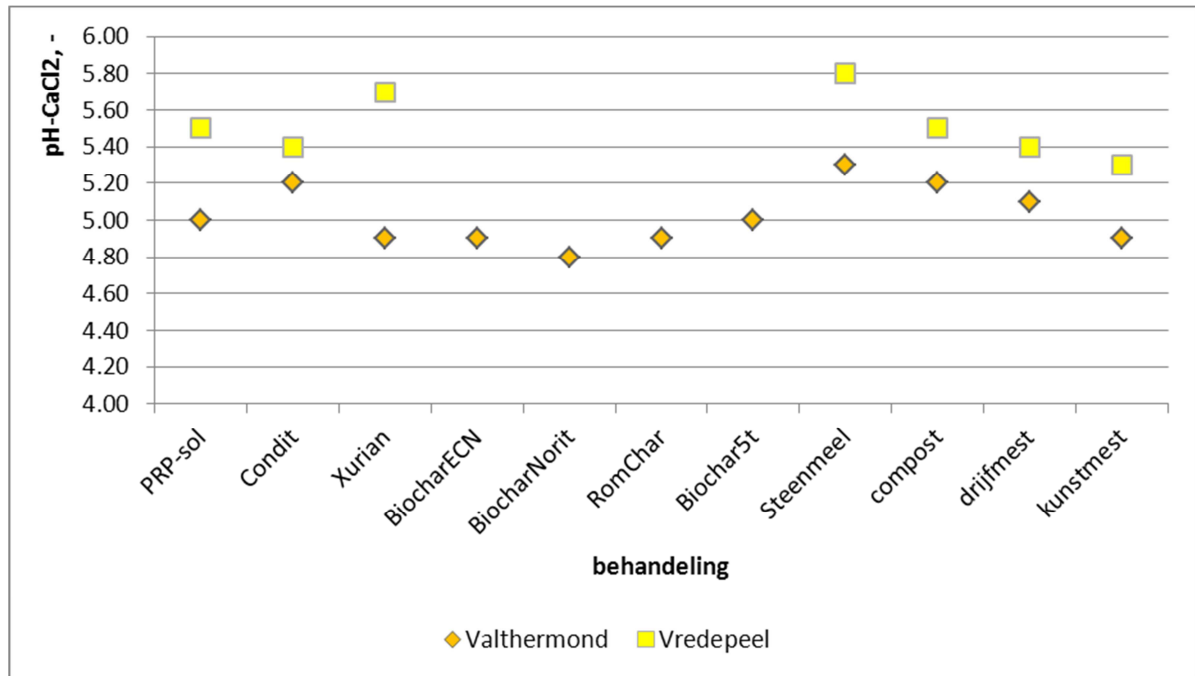


De resultaten uit 2012 laten zien dat Betacal Carbo de hoogste pH heeft. Brandkalk en Biochar-Norit hebben een opvallend lage pH op de locatie Kollumerwaard. Ten opzichte van Betacal Carbo heeft Brandkalk duidelijk lagere pH waarden. Bij toepassing van Brandkalk worden juist hogere pH waarden verwacht, wat ook blijkt uit eerder onderzoek. Het beeld van de behandelingen verschilt per locatie. In Kollumerwaard is bij alle behandelingen de pH lager dan van de referentie. In Lelystad is het beeld het tegenovergestelde. In Westmaas zijn er behandelingen die hoger en lager zijn dan de kunstmestbehandeling. Rekening houdend met de spreiding is het algehele beeld dat er de behandeling niet leiden tot een hogere pH ten opzichte van de behandeling met kunstmest, met uitzondering van Betacal Carbo.



In 2010 was de pH in Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas respectievelijk, 7,0, 6,8 en 7,0. In 2012 is de pH gemiddeld over alle behandelingen licht gestegen met in Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas een pH van respectievelijk 7,1, 7,2 en 7,4.

Figuur 4.10 De zuurgraad op de twee zandlocaties (pH gemeten in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>).



Voor de zandgronden lijkt de pH voor de behandelingen PRP-sol, Condit, Xurian, steenmeel, compost en drijfmest te zijn toegenomen. Bij de Biochar behandelingen is deze gelijk gebleven. Een hogere pH bij steenmeel en compost mag ook verwacht worden gezien de samenstelling.

De pH te Valthermond is laag en is gedaald ten opzichte van 2010. In 2010 was de gemeten pH voor Valthermond en Vredepeel respectievelijk 5,2 en 5,6. In 2012 is de pH in Valthermond 5,0 en in Vredepeel 5,5.

#### 4.2.2 Grootte van het CEC-complex

De CEC wordt in het algemeen gemeten via NIR (Near Infrared Spectroscopy). Omdat in deze proef allerlei behandelingseffecten binnen een grondsoort met elkaar worden vergeleken is de referentiemethode voor de NIR methode gebruikt, de cohex methode.

In Tabel 4.6 is de gemeten CEC weergegeven. Deze is het hoogst in Westmaas en Kollumerwaard, die een hoger aandeel klei hebben dan Lelystad en ook nog wat meer organische stof bevatten. In Valthermond is de CEC ongeveer 2,5 keer zo hoog als in Vredepeel. Valthermond heeft dan ook 3 keer zoveel organische stof en 1% meer klei dan Vredepeel.

De verschillen tussen behandelingen zijn klein en waarschijnlijk vooral het gevolg van meeton nauwkeurigheden. De gemeten CEC-waarden liggen in dezelfde orde van grootte ten opzichte van de resultaten van 2010, met uitzondering van locatie Lelystad.

Tabel 4.6 **Grootte van kationenuitwisselcomplex, CEC, per locatie en per behandeling, mmol + /kg.**

Behandeling	Locatie				
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel
Agrigyps	180	129	166		
Betacal Carbo	194	124	157		
Brandkalk	185	125	153		
PRP-sol	183	118	155	159	77
Condit	178	131	163	121	70
Xurian	187	129	163	206	82
Bactofil		127	177		
BiocharECN				179	
BiocharNorit	182			213	
RomChar				180	
Biochar2,5t		123			
Biochar5t	194	132		124	
Steenmeel				157	66
compost	194	126	171	140	75
drijfmest	174	124	193	148	70
<b>kunstmest</b>	<b>179</b>	<b>128</b>	<b>179</b>	<b>169</b>	<b>68</b>
Gemiddeld	185	126	168	163	73
Gemiddeld 2010	204	166	187	178	68

#### 4.2.3 CEC-bezetting

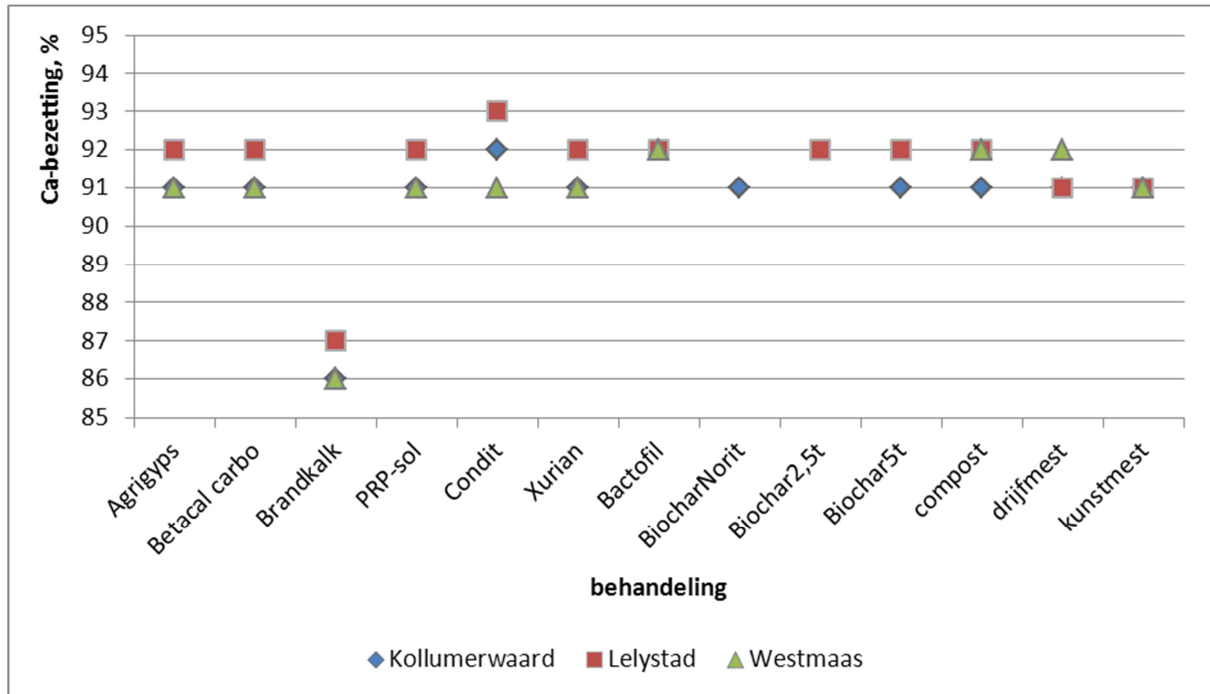
Een aantal bodemverbeteraars hebben een effect op de bezetting van het kationenadsorptiecomplex CEC. De bezetting van het adsorptiecomplex heeft een invloed op de stabiliteit van met name micro-aggregaten. Een bekende negatieve invloed van kationen op de structuurstabiliteit is de ruime aanwezigheid van Na op het CEC dat aanleiding geeft tot dispersie van gronddelen als regenwater infiltreert. Een groot aandeel Ca aan het adsorptiecomplex is daarom gewenst. De hoeveelheid calcium in de bodem bepaalt mede de mogelijkheden voor structuurvorming. Ca kan vanwege zijn iongrootte en tweewaardigheid een brugfunctie hebben tussen de CEC van kleidelen onderling, tussen klei en organische stof en tussen organische stof onderling. Daarmee kan een netwerk in de bodem tot stand worden gebracht op micro-aggregaatniveau. Veel Ca onderdrukt de zweleigenschappen van klei.

In figuur 4.11 en 4.12 zijn voor de kleilocaties per behandeling de resultaten van de Ca-bezetting en Mg-bezetting weergegeven.

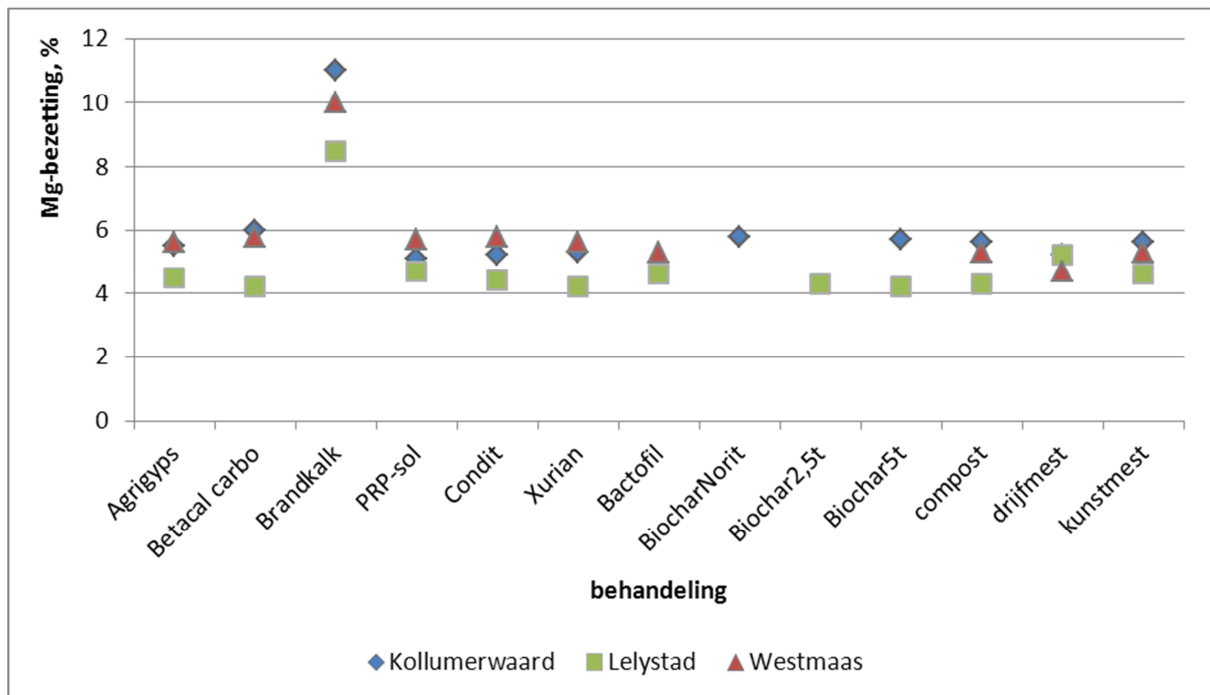
De Ca-bezetting bevindt zich op een goed niveau en verschilt maar heel weinig tussen de locaties en de behandelingen. Opvallend is de significant lagere bezetting bij Brandkalk. De oorzaak hiervoor is dat met Brandkalk ook veel MgO wordt aangevoerd (Brandkalk bevat 60% CaO en 35% MgO). De Mg<sup>2+</sup> die daarmee

wordt aangevoerd verdringt een deel van de  $\text{Ca}^{2+}$  aan het adsorptiecomplex dat ook blijkt uit 4.12. Toepassing van Betacal Carbo of Agrigyps geeft vrijwel geen verhoging van de Ca-bezetting aan het complex, hetgeen bij dit niveau aan bezetting ook te verwachten is. Effecten van deze producten zullen dan ook kortdurend zijn. De aangevoerde Ca zal snel uitspoelen.

Figuur 4.11 De Ca-bezetting van het adsorptiecomplex op de drie kleilocaties, %



Figuur 4.12 De Mg-bezetting van het adsorptiecomplex op de drie kleilocaties, %

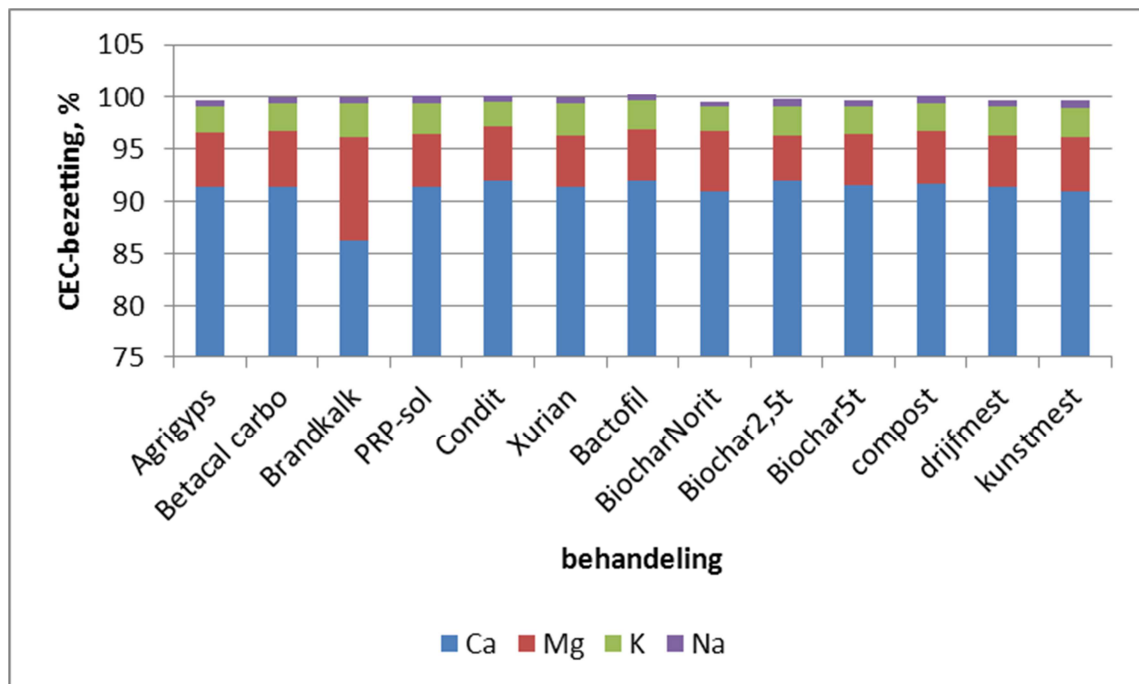


Figuur 4.12 laat zien dat de Mg-bezetting varieert tussen 4 en 6%, met uitzondering van Brandkalk. Hier is het effect van het hoge magnesiumaandeel in Brandkalk duidelijk zichtbaar. Het adsorptiecomplex heeft

een lagere bezetting met Ca en juist een hogere met Mg (8-11%). Veel Mg aan het adsorptiecomplex kan nadelig zijn voor de structuurstabiliteit. Dontsova en Norton (2002) toonden aan dat zavelgronden met veel Mg aan het adsorptiecomplex een hogere dispersie, een lagere doorlatendheid en meer oppervlakkig korstvorming vertonen. De effecten werden verklaard door een ander hydratatiegedrag van Mg ten opzichte van Ca. Bussink et al. (2008) heeft laten zien dat een calciumbezetting van 82-88% van CEC complex op kleigronden de kans op een goede structuur verhoogt.

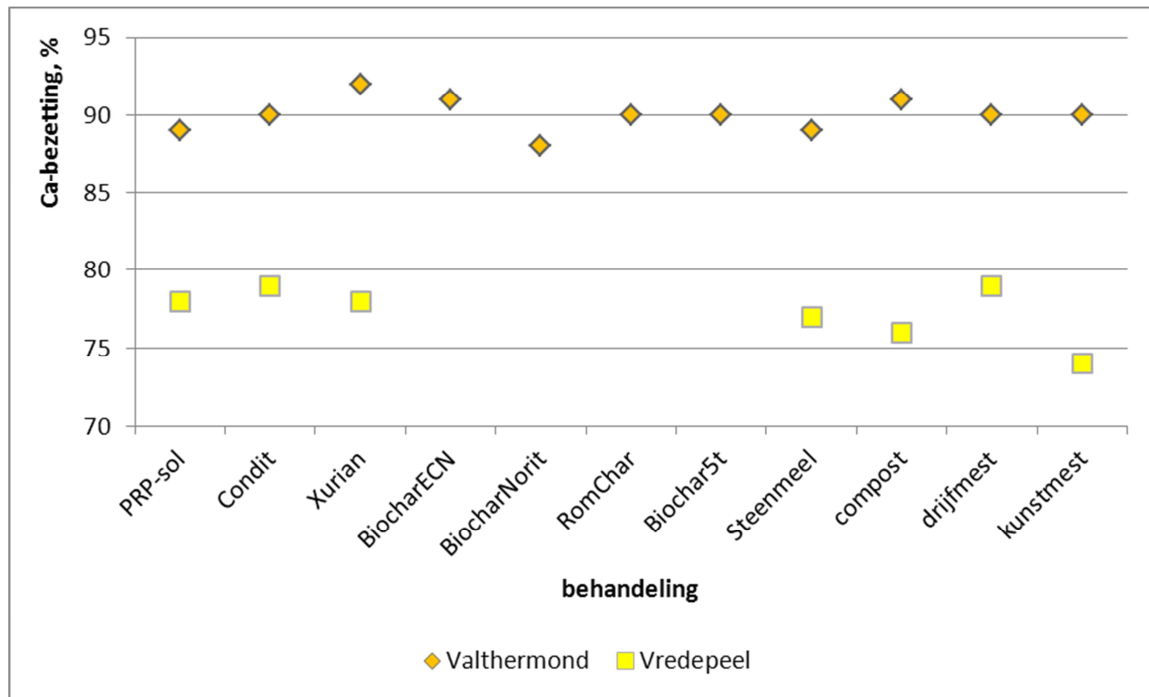
In Figuur 4.13 is voor klei de verdeling van de CEC-bezetting over de kationen Ca, Mg, K en Na weergegeven. Ook hier is het effect van de Mg-rijke kalkmeststof Brandkalk zichtbaar. De extra aanvoer van Mg is ten koste gegaan van de Ca-bezetting, de bezetting met K en Na is voor alle behandelingen min of meer gelijk.

**Figuur 4.13 De gemiddelde bezetting van het adsorptiecomplex op de drie kleigronden met kationen, CEC per behandeling, %. N=2 voor Bactofil en Biochar 5ton, n=1 voor Biochar Norit en Biochar 2,5 ton, alle overige n=3.**



In Figuur 4.14 is voor de behandelingen op de zandlocaties de Ca-bezetting van het kationencomplex weergegeven.

Figuur 4.14 De Ca- bezetting van het adsorptiecomplex op de twee zandgronden, %.

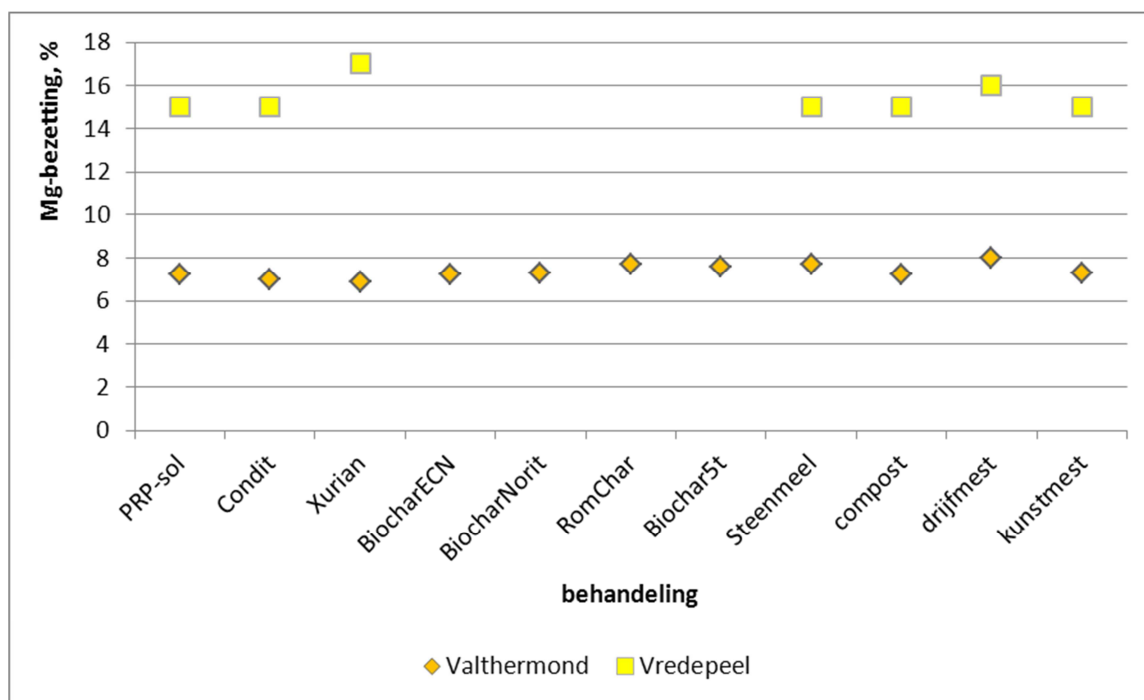


De bezetting van het kationenadsorptiecomplex met Ca is lager dan op de kleilocaties, vooral te Vredepeel. Dat komt onder andere door de kalkrijke ontstaansgeschiedenis van de zeeklei met de aanwezigheid van schelpresten. Gemiddeld bedraagt de Ca-bezetting van de referentiebehandeling in Valthermond en Vredepeel respectievelijk 90 en 74 procent.

Tussen de behandelingen te Valthermond zijn ten opzichte van de referentiebehandeling kunstmest geen verschillen zichtbaar. In Vredepeel hebben alle behandelingen ten opzichte van de referentiebehandeling een hogere Ca-bezetting. De behandelingen zelf zijn vrijwel gelijk. De oorzaak bij de lagere waarde bij kunstmest moet vermoedelijk gezocht worden in de meetfout.

In  
Figuur 4.15 wordt voor de zandlocaties de Mg-bezetting van het adsorptiecomplex gepresenteerd.

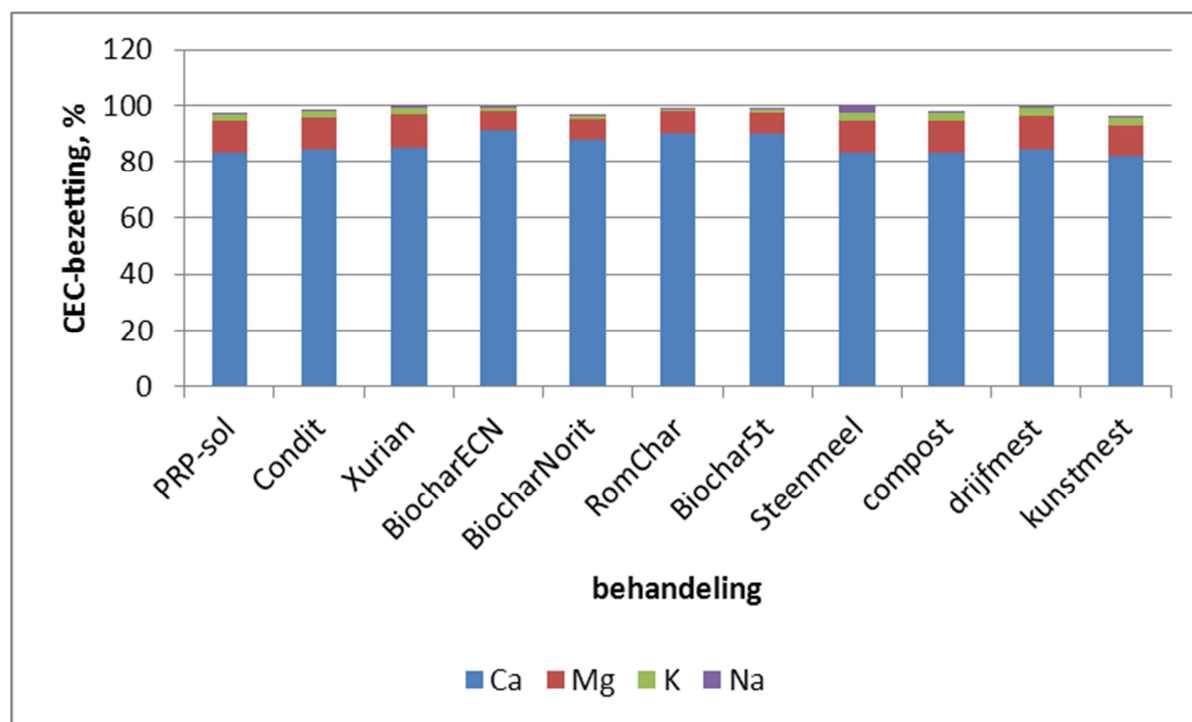
Figuur 4.15 **De Mg-bezetting van het adsorptiecomplex op de twee zandgronden, %.**



Ook voor de magnesiumbezetting zijn er tussen de behandelingen geen verschillen zichtbaar. Ten opzichte van kleilocaties komen er op de zandlocaties relatief hogere Mg-bezettingen voor, wat veroorzaakt wordt door een lagere specifieke affiniteit voor Ca-adsorptie op zandgronden in combinatie met een lagere pH.

In Figuur 4.16 wordt voor de behandelingen op de zandlocaties de bezetting van het adsorptiecomplex met de kationen Ca, Mg, K en Na weergegeven.

Figuur 4.16 De gemiddelde bezetting van het adsorptiecomplex op de twee zandlocaties met kationen, CEC per behandeling, %.



Het adsorptiecomplex van de behandelingen op de zandgronden wordt in mindere gedomineerd door Ca dan op de kleigonden. Er zit meer Mg aan het complex terwijl K en Na in de meeste behandelingen in geringe mate aanwezig zijn. Steenmeel bevat onder andere Ca, Mg, K en Na. Uit de meetresultaten komt naar voren dat er Na beschikbaar komt na toepassing van steenmeel. Gemiddeld over de twee zandlocaties is de CEC-bezetting met Na van de referentiebehandeling 0,95%. In de behandeling met Steenmeel is de Na-bezetting 2,95%. De CEC-bezetting met Na blijft daarmee niet hoog. Omdat de aggregatie op zandgronden vooral door organische stof en microbiel leven tot stand komt en de nog steeds lage Na-bezetting is er geen negatief effect op de aggregatie.

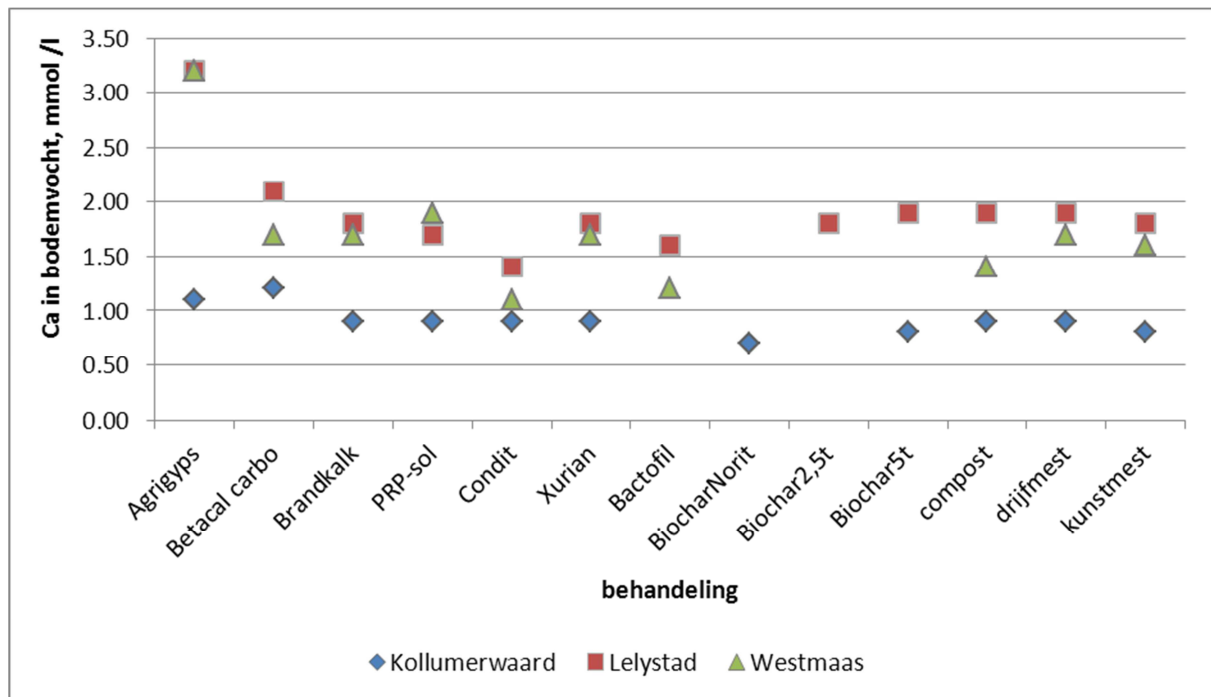
#### 4.2.4 Ca in bodemvocht

Een toenemende bezetting van het kationencomplex met calcium leidt tot een hoger gehalte calcium in het bodemvocht. Een laag gehalte Mg, K en Na in het bodemvocht is vanuit bodemstructuur bekeken gunstig omdat er dan een lage gevoeligheid voor dispersie is. Hogere gehalten in het bodemvocht zal vooral in kleigonden van belang zijn. In onderstaande Figuur 4.17 wordt voor de kleilocaties het gemiddelde gehalte Ca in bodemvocht weergegeven. Figuur 4.17 laat zien dat Agrigyps een duidelijk verhogend effect heeft op het calciumgehalte in het bodemvocht op twee van de drie locaties. Gezien de spreiding van de resultaten is er in het algemeen geen verschil met de referentiebehandeling. Het calciumverhogend effect van de andere kalkmeststoffen is gering of afwezig. Ten opzichte van 2010 zijn de gehalten op de locaties Lelystad en Westmaas in 2012 duidelijk hoger terwijl Kollumerwaard gelijk of bijna gelijk is. De gemeten gehalten zijn niet alleen een locatie-eigenschap maar hangen ook af van het weer. Bij meer neerslag zijn de gehalten in de regel lager. Ter indicatie: 1 mmol Ca in bodemvocht komt ongeveer overeen met 50 kg CaO per ha in de bouwvoor dat in oplossing is.

De gehalten Ca in bodemvocht op de twee zandlocaties zijn laag waarbij het opvallend is dat de waarden in Valthermond hoger zijn dan in Vredepeel, zie bijlage 2.

Er zijn geen duidelijke verschillen tussen behandelingen.

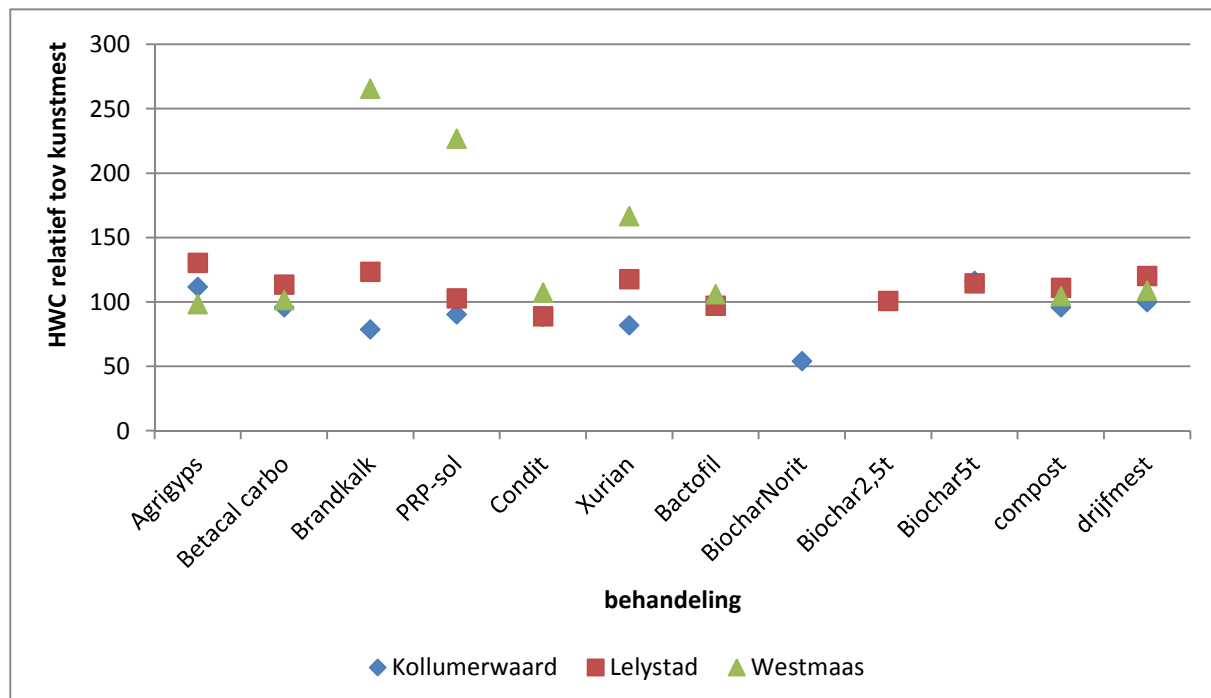
Figuur 4.17 Het gemiddelde Ca-gehalte in bodemvocht voor de drie kleilocaties, mmol /l.



### Hot water Carbon

In onderstaande figuren is het resultaat van de HWC-meting weergegeven. In bijlage 2 zijn de gemeten waarden per locatie per behandeling weergegeven.

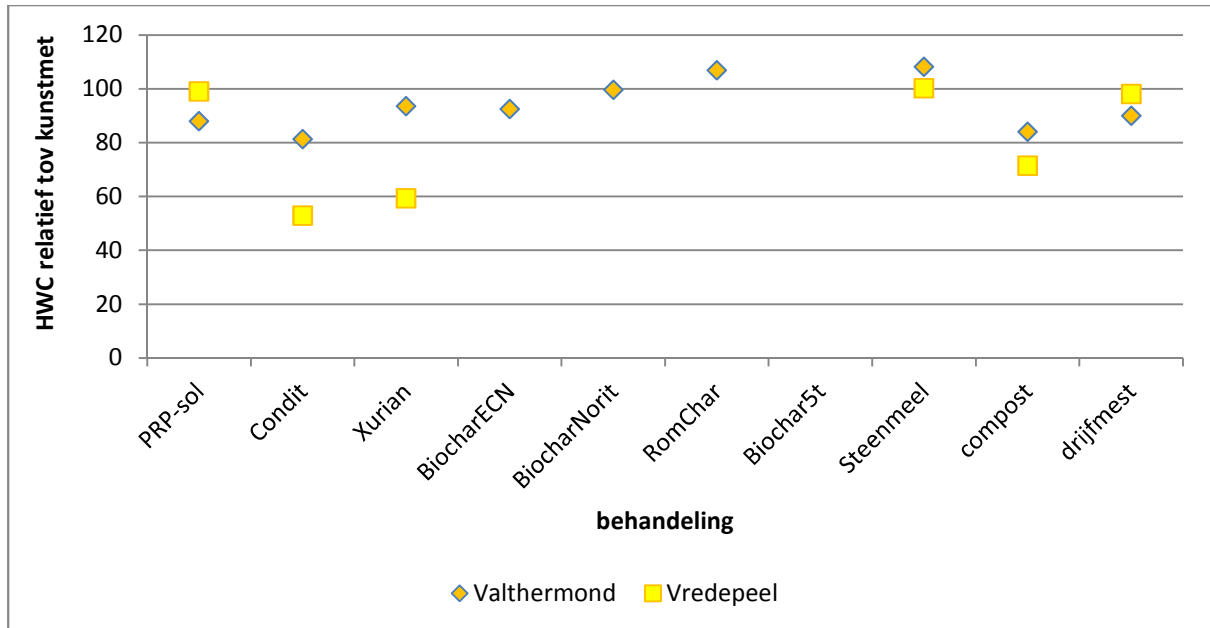
Figuur 4.18 De hoeveelheid HWC op de drie kleilocatie ten opzichte van kunstmest (referentie kunstmest: Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas: 576, 190 en 764  $\mu\text{g C/g}$  grond).



De meeste behandelingen per locatie wijken niet of nauwelijks af van de referentie, kunstmest (Figuur 4.18). Alleen Brandkalk en PRP-sol laten te Westmaas een duidelijk hoge HWC zien. De oorzaak is niet duidelijk.



Figuur 4.19, De hoeveelheid HWC op de twee zandlocaties,  $\mu\text{g C/g grond}$ . De waarde op de referentieobjecten te Valthermond en Vredepeel bedroeg respectievelijk 290 e1894  $\mu\text{g C/g grond}$ . NB Biochar5t te Valthermond bedroeg 1877  $\mu\text{g C/g grond}$ , 646% ten opzichte van de referentie.



De meeste behandelingen wijken niet af van de referentiebehandeling kunstmest. De spreiding in de resultaten is aanzienlijk. Op de beide zandlocaties hebben Condit, Xurian en compost een HWC die lager is dan het referentieobject kunstmest, maar deze behandelingen kennen ook een grote spreiding. Er lijkt geen verband te zijn met het gemeten totale of actieve schimmel- en biomassa, zie bijlage 3.

De polysacchariden die met HWC worden gemeten kunnen een bindende rol spelen bij de aggregaatvorming (pers. mededeling, J. Bloem WUR-Alterra, 2012). Shepherd et al. (2001) vonden een sterke correlatie tussen HWC en aggregaatstabiliteit.

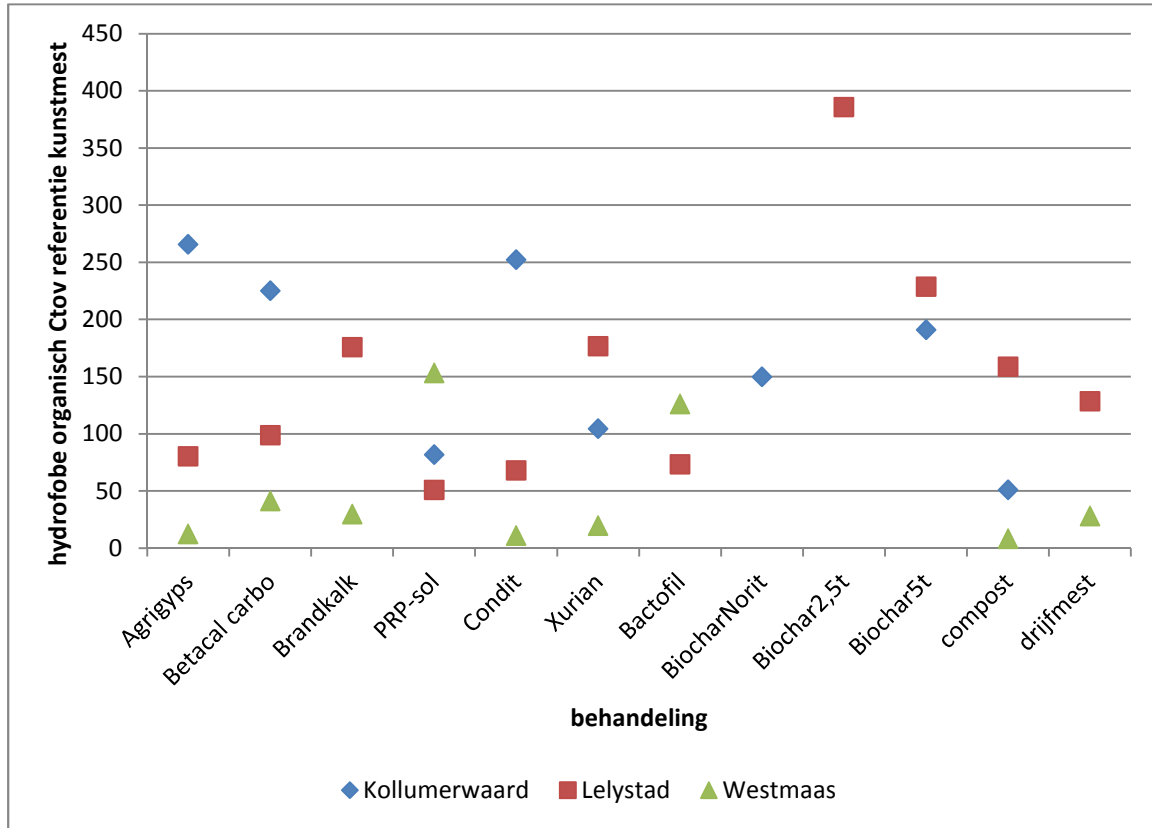
#### 4.2.5 Fractionering organische stof

Verschillende vormen van organische stof kunnen een verschillende bijdrage aan structuurvorming hebben. Per behandeling is er onderzoek uitgevoerd naar de verschillende fracties organische stof. Deze verschillende fracties zijn geaggregeerd tot 2 fracties. De hydrofobe organische stof bestaat uit Fulvic acids (FA), humic acids (HA) en hydrofobic neutral organic matter (HON). De hydrofiele organische stof bestaat uit hydrophilic neutrals (HIN) en hydrophilic acids (Hy).

Hydrofobe organische stof is in verband gebracht met aggregaatstabiliteit. In een onderzoek van Capriel et al (1990, geciteerd door Krull et al., 2004) werden er aanwijzingen gevonden dat hydrofobe organische stof een waterafstotende laag rond aggregaten vormt en daarmee bijdraagt aan de aggregaatstabiliteit.

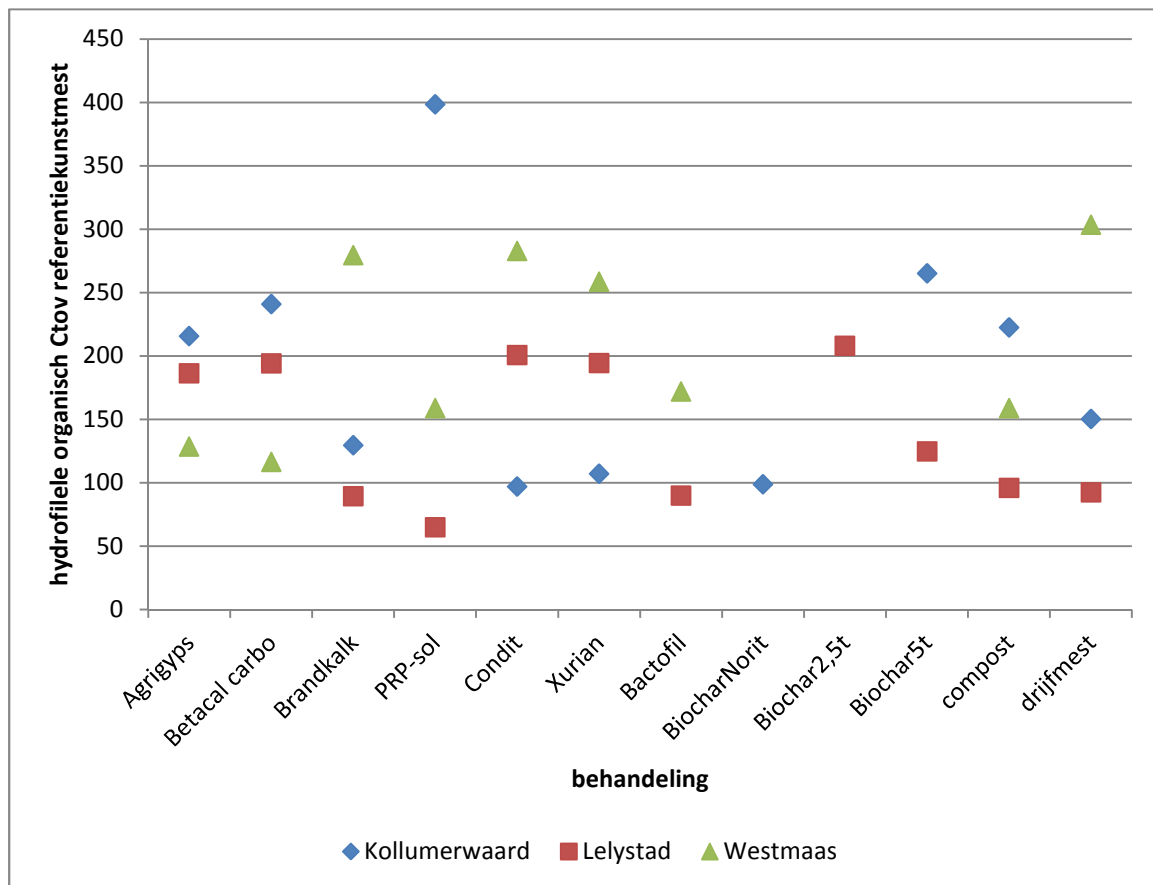
In onderstaande figuren zijn de resultaten voor de klei- en zandlocaties weergegeven.

**Figuur 4.20 De hydrofobe organische stof op de drie kleilocatie. De waarden op de referentieobjecten in Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas bedroegen respectievelijk 0,85, 1,22 en 7,13 mg C /l. NB: Brandkalk en drijfmest in Kollumerwaard bedroegen 975 en 781 mg C /l.**



Meer hydrofobe organische stof is gunstig vanuit oogpunt van bodemstructuur. De resultaten op de kleilocaties (figuur 4.20) laten enorme schommelingen zien en leveren geen consistent beeld op. Op de locatie Kollumerwaard laten bijna alle behandelingen meer hydrofobe organische stof zien dan de referentie. Te Westmaas is het beeld bijna het tegenovergestelde en te Lelystad zijn er behandelingen die duidelijk hoger en duidelijk lager zijn. Niet duidelijk is waar deze grote schommelingen vandaan komen. Methodologisch is bepaling van de C-fractie hydrofoob en hydrofiel een lastige.

Figuur 4.21 De hydrofile organische stof op de drie kleilocaties. De waarden op de referentieobjecten te Kollumerwaard, Lelystad en Westmaas bedroegen respectievelijk 0,81, 0,96 en 7,13, mg C /l,

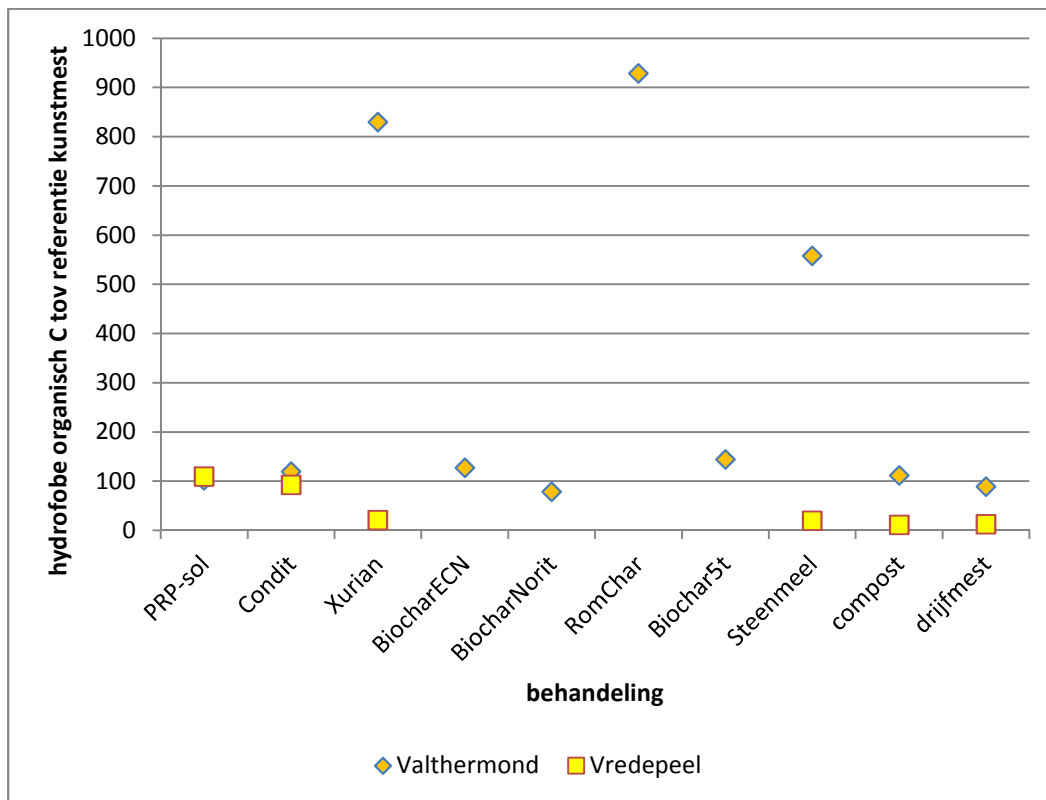


In Figuur 4.21 is bij vrijwel alle behandelingen op alle kleilocaties het aandeel hydrofile organische stof gelijk tot duidelijk hoger dan bij de referentie. Dat zou dus suggereren dat aggregaten op deze behandelingen minder stabiel zijn dan van de referentie. Opvallend is dat de hoeveelheid hydrofiel te Westmaas een factor 8 hoger is dan op de andere locaties.

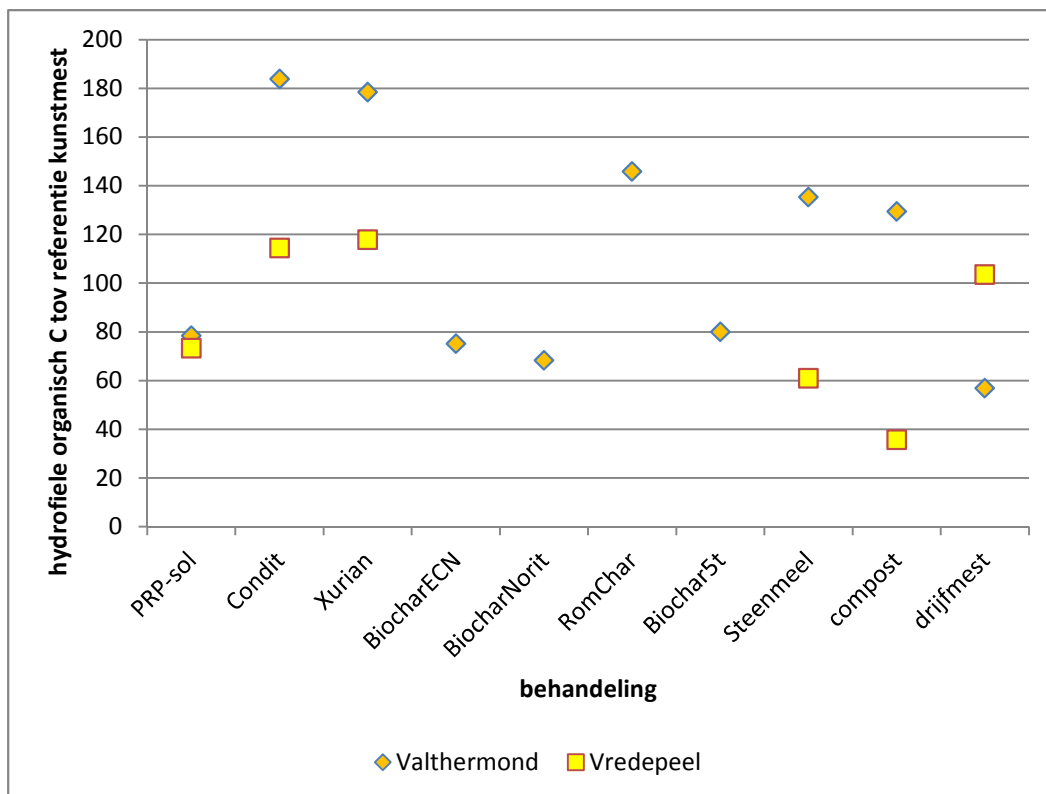
Zowel de hoeveelheid hydrofoob en hydrofiel schommelen sterk op de zandlocaties (Figuur 4.22 en Figuur 4.23). Een duidelijke trend dat een bepaalde behandeling sterk afwijkt van de referentiebehandeling is niet te herkennen.

Hydrofobe en hydrofile organische stof bepalen is relatief nieuw. Een dieper gaande analyse is nodig om de resultaten beter te duiden.

Figuur 4.22 De hydrofobe organische stof op de twee zandlocaties. De waarde op de referentieobjecten te Valthermond en Vredepeel bedroeg respectievelijk 1,33 en 10,04, mg C /l.



Figuur 4.23 De hydrofiële organische stof op de twee zandlocaties. De waarde op de referentieobjecten te Valthermond en Vredepeel bedroeg respectievelijk 1,14 en 1,70, mg C /l.



## 4.3 Bodembioologische metingen

### 4.3.1 Schimmel en bacteriehoeveelheid (BFI)

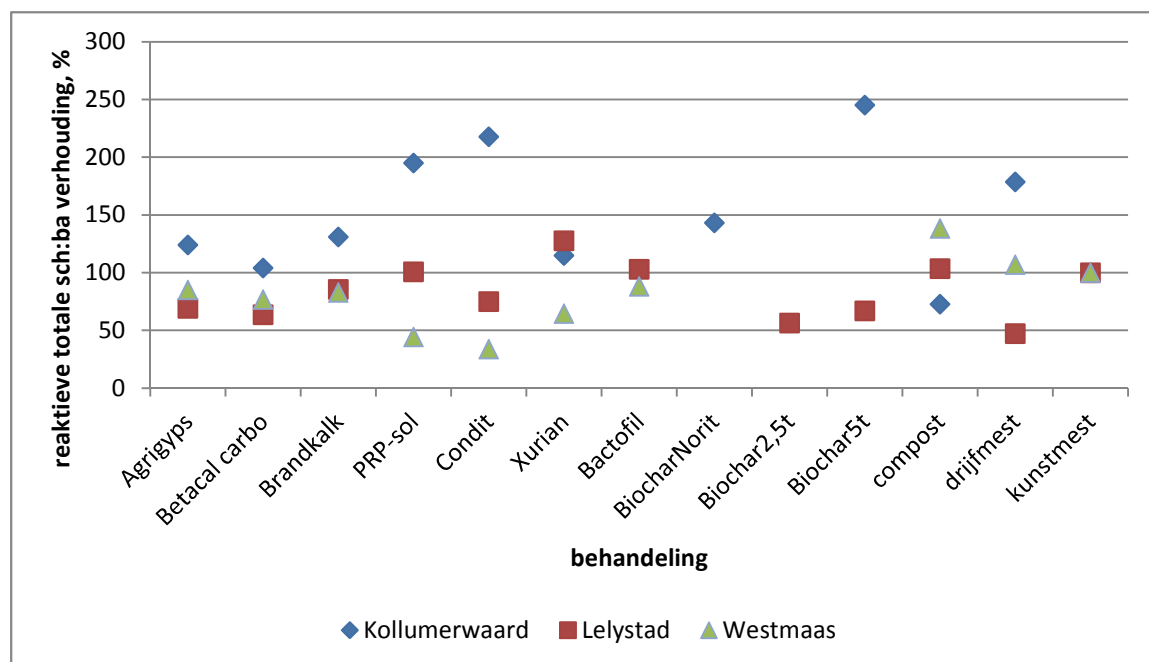
Bacteriën en schimmels kunnen bijdragen aan structuurvorming (Six et al., 2004). Dat gebeurt onder andere door extracellulaire suikers en andere organische stoffen die beide type organismen produceren. In de paragrafen over de HWC en fractionering organische stof is nader naar de aanwezige typen organische stof gekeken.

De hyfendraden van schimmels kunnen ook een zogenaamde 'sticky string bag' vormen waarbij de hyfendraden bodemdelen vasthouden in een netwerk en aan elkaar binden door middel van polysacchariden (Six et al., 2004).

Per locatie en per behandeling zijn er grondmonsters geanalyseerd op de aanwezigheid van bacteriën en schimmels. Er is daarbij onderscheid gemaakt naar de totale en actieve hoeveelheid. De volledige resultaten zijn opgenomen in bijlage 3.

In Figuur 4.24 en 4.25 is voor respectievelijk klei en zand de schimmel:bacterie-verhouding weergegeven ten opzichte van de referentiebehandeling kunstmest. Een lage schimmel:bacterieverhouding duidt op veel gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal zodat de bacteriën domineren. Een hoog verhoudingsgetal duidt juist op een, naar verhouding, veel moeilijker afbreekbaar organisch materiaal zodat juist de schimmels dominant zijn.

Figuur 4.24 **De schimmel-bacterie verhouding op de drie kleilocaties waarbij per locatie kunstmest op 100% is gesteld, % (referentie kunstmest: Kollumerwaard=0,17, Lelystad=0,37, Westmaas=0,32).**

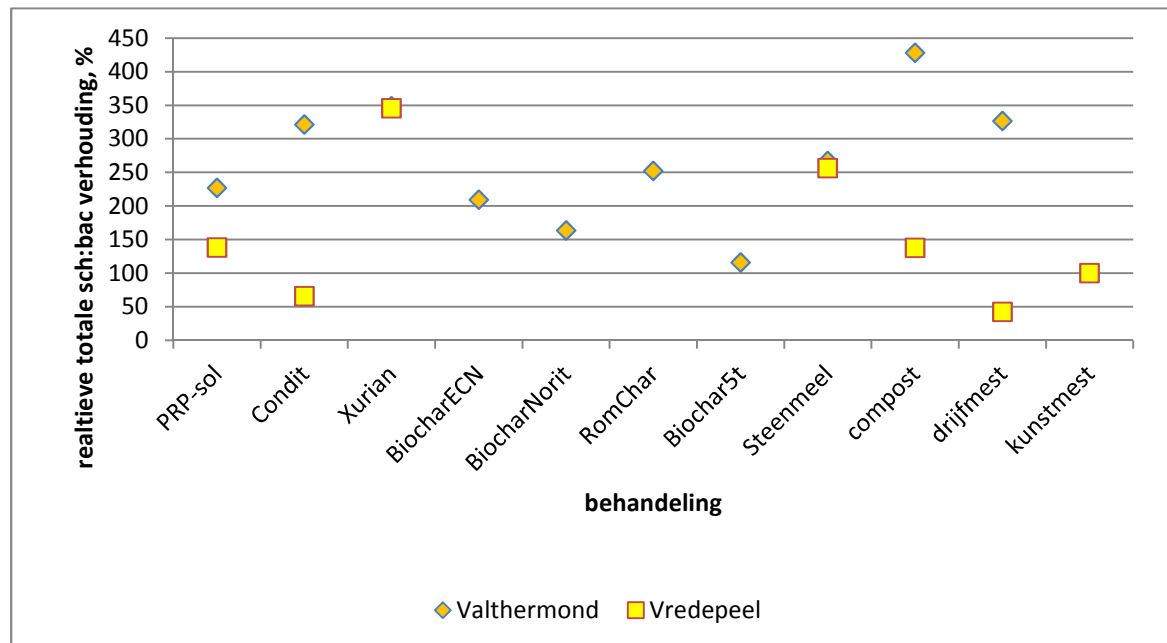


In kleigronden zijn zowel bacteriën als schimmels actief betrokken bij de structuurvorming door zowel het netwerk dat wordt gevormd door de hyfendraden als de polysacchariden die zowel de bacteriën als de schimmels uitscheiden (Six et al., 2004). Bacteriën zijn met name dominant in microaggregaten terwijl schimmels vooral in macroaggregaten dominant zijn (Bronick en Lal, 2005).

De resultaten laten enorme schommelingen zien en leveren geen consistent beeld op. Op de locatie Kollumerwaard laten bijna alle behandelingen een hogere schimmel-bacterie verhouding zien dan de referentie. In Westmaas en Lelystad is het beeld bijna het tegenovergestelde. Niet duidelijk is waar deze grote schommelingen vandaan komen. Het beeld is ongeveer in lijn met dat van de hydrofobe organische stof.

Populaties van met name bacteriën kennen een grote dynamiek. De gemeten hoeveelheden bacteriën liggen voor alle locaties in of net boven het streeftraject van 100-300 µg /g, zoals dat is genoemd in de rapportage van 2010. De bacterie:schimmelverhouding ligt voor de meeste behandelingen in dezelfde orde van grootte als in 2010.

Figuur 4.25 **De totale schimmel-bacterieverhouding voor de twee zandlocaties waarbij per locatie kunstmest op 100% is gesteld, % (referentie kunstmest: Valthermond= 0,15, Vredepeel=0,14).**



In zandgronden is aggregatie matig gecorreleerd met microbiële biomassa. Dat komt omdat in deze gronden vooral het hyfennetwerk in staat is om stabiele verbindingen te vormen tussen de zanddelen.

In zandgronden zijn meer bacteriën in de grond aanwezig dan schimmels, zie bijlage 3. Dat duidt erop dat er meer relatief makkelijk afbreekbare organische stof aanwezig is, aangezien dat de voornaamste voedingsbron is van deze bodemmicroorganismen. De monsters zijn in het groeiseizoen genomen. Omdat de plantenwortels dan actief zijn en ook gemakkelijk afbreekbare organische stof uitscheiden is het voor de hand liggend dat er met name bacteriën worden gevonden.

Overigens zijn er weinig actieve bacteriën en schimmels ten opzichte van de totale aanwezige hoeveelheid bacteriën en schimmels aanwezig. Dat betekent dat er bij de bacteriën veel 'hongerars' in de bodem aanwezig zijn (pers. mededeling, A. Termorshuizen Blgg Research, 2012). Deze bacteriën zullen actief worden zodra er weer een aanbod van vers makkelijk afbreekbaar organische stof is. Naar verhouding waren erop het moment van bemonsteren weinig suikers geproduceerd die konden bijdragen aan structuurvorming.

Op zandgronden is vooral de aanwezigheid van schimmels belangrijk in verband met structuurvorming. Het is met name de behandeling Xurian die een hoger totaalgehalte schimmels heeft (zie bijlage 3) op beide locaties. Dat is opvallend omdat met Xurian pseudomonasbacteriën worden toegediend aan de bodem. Het aandeel actieve schimmels is echter laag en ligt ruim onder de referentiebehandeling. Compost heeft een naar verhouding hoog gehalte actieve schimmels, maar ook bij deze behandeling is er sprake van een duidelijk lagere verhouding actieve:totale schimmelhoeveelheid.

De resultaten van de metingen geven geen duidelijke invloed van de bodemverbeteraars op de hoeveelheden bacteriën en/of schimmels. De metingen zijn uitgevoerd op het moment dat verwacht mocht worden dat het bodemleven in het seizoen actief en ruim aanwezig is. Maar het bodemleven, met name bacteriën, kenmerkt zich door een grote dynamiek, en reageert op wisselende bodemomstandigheden

zoals vocht en aanwezigheid van verse organische stof.

## 4.4 Resultaten bodemonderzoek 2012

In 2012 zijn er een reeks onderzoeken uitgevoerd, zie Tabel 2.6. Van deze bepalingen zijn er een drietal fysisch georiënteerd en die zich hebben gericht op de effecten van behandelingen op macroaggregaten (>250 µm). De spadeproef, de doorlatendheid en de indringingsweerstand meten effecten op macroaggregaatniveau of op bodemprofielniveau. De andere uitgevoerde chemische en biologische bepalingen zijn meer gericht op de microaggregaten in de bodem (<250 µm),

### **Macroaggregaten**

De doorlatendheidsmeting en de visuele beoordeling van de bodemstructuur laten op zowel de kleilocaties als zandlocaties geen verschil zien tussen de behandelingen en de referentiebehandeling kunstmest. De gemiddelde indringingsweerstand op de kleilocaties is ten opzichte van de referentie (alleen kunstmest) hoger voor de Betacal Carbo en de drijfmestbehandeling. De andere behandelingen zijn gelijk aan de referentie. De zandgronden laten een iets gedifferentieerder beeld zien. De behandelingen steenmeel en drijfmest hebben een lagere gemiddelde indringingsweerstand terwijl compost een hogere indringingsweerstand heeft ten opzichte van de referentiebehandeling.

Bodemstructuur op macroaggregaatniveau en daarboven wordt vooral bepaald door teeltmaatregelen als grondbewerking. De verwachte effecten van bodemverbeteraars zijn nog niet zo groot dat ze op macroaggregaatniveau zichtbaar zijn. Een geleidelijk en cumulatief effect van bodemverbeteraars geeft wellicht wel een effect te zien.

### **Microaggregaten**

In 2012 hebben de metingen zich met name gericht op bodemeigenschappen die bijdragen aan de aggregatie op microniveau (< 250µm). Daarvoor is gekozen omdat verwacht mag worden dat eventuele effecten van de bodemverbeteraars op aggregatie en bodemstructuur op dit niveau zichtbaar zullen zijn.

In Tabel 4.7 en Tabel 4.8 is voor respectievelijk de klei- en zandlocaties een overzicht gegeven van de gemiddelde resultaten van het bodemonderzoek. De resultaten zijn relatief ten opzichte van de referentiebehandeling kunstmest.

### **Kleigronden**

Als Agrigyps en PRP-sol (hoge opbrengst) worden vergeleken met compost (lage opbrengst) dan worden er verschillen gesuggereerd in Ca-beschikbaarheid en hydrofiële organische stof. Qualls en Haines (1991) laten zien dat hydrofiële organische stof een hoger gehalte aan N heeft dan hydrofobe organische stof. Omdat hydrofobe organische stof meer gerelateerd is aan aggregaatstabiliteit dan hydrofiële organische stof, zou dat kunnen betekenen dat er sprake is van een bemestingseffect naast of in plaats van een bodemstructureffect.

### **Zandgronden**

Op de zandlocaties is geen trend zichtbaar.

Samengevat laten de bodemmetingen per parameter incidenteel verschillen zien. Geen van de behandelingen vertoont bij meerdere bepalingen een afwijkend gedrag ten opzichte van de referentie. Daarmee zijn er vooralsnog geen sterke aanwijzingen dat de behandelingen een duidelijk effect hebben op de bodemstructuur

Tabel 4.7. Overzicht van resultaten bodemonderzoek 2012 naar verschillende bodemeigenschappen voor de drie kleilocaties, Per bodemeigenschap gemiddeld en relatief ten opzichte van kunstmest, %

behandeling	Bodemeigenschap											
	Fysisch	Chemisch							Organische stof		Biologisch	
	Agg. Stabiliteit	pH	Ca- beschik baar	CEC grootte	CEC bezetting		Ca bodem vocht		HWC	Hydro- foob	Hydro- fiel	BFI
					Ca	Mg						
Agrigyps	122	103	124	98	100	101	179	101	57	145	93	
Betacal Carbo	99	105	36	98	100	103	119	94	195	168	65	
Brandkalk	81	98	91	95	95	190	105	90	83	136	100	
PRP-sol	89	101	111	94	100	100	107	90	147	139	77	
Condit	99	102	91	97	101	99	81	84	90	137	69	
Xurian	62	101	82	99	100	97	105	87	67	184	84	
Bactofil	58	101	90	94	101	96	100	98	92	118	95	
BiocharNorit	107	95	122	112	100	112	50	49	75	105	74	
Biochar2,5t	96	104	68	76	101	83	129	92	70	76	56	
Biochar5t	127	103	66	101	101	96	86	99	53	104	83	
compost	95	104	60	101	101	98	100	96	64	112	105	
drijfmest	96	100	103	101	100	97	107	102	87	107	78	
kunstmest	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

afwijking tov kunstmest

0-5%	
+ 6-10%	- 6 - 10%
> +10%	> - 10%

Tabel 4.8 Overzicht van resultaten bodemonderzoek 2012 naar verschillende bodemeigenschappen voor de twee zandlocaties, Per bodemeigenschap gemiddeld en relatief ten opzichte van kunstmest, %

behandeling	Bodemeigenschap											
	Fysisch	Chemisch							Organische stof		Biologisch	
	Agg. Stabiliteit	pH	Ca- beschik baar	CEC grootte	CEC bezetting		Ca bodem vocht		HWC	Hydro- foob	Hydro- fiel	BFI
					Ca	Mg						
PRP-sol	84	103	123	100	102	100	50	96	84	76	183	
Condit	83	104	107	81	103	99	50	76	76	75	194	
Xurian	99	104	130	122	104	107	67	99	97	76	360	
BiocharECN	67	96	95	151	111	65	100	101	89	75	225	
BiocharNorit	79	94	102	180	107	65	67	103	75	117	164	
RomChar	52	96	108	152	110	69	167	103	89	122	252	
Biochar5t	32	98	82	105	110	68	67	63	81	102	116	
Steenmeel	92	109	120	94	101	102	33	91	73	93	262	
compost	89	105	123	91	102	100	83	75	64	70	299	
drijfmest	97	103	111	92	103	108	50	86	76	80	185	
kunstmest	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

afwijking tov kunstmest

0-5%	
+ 6-10%	- 6 - 10%
> +10%	> - 10%



## 5 Resultaten

### 5.1 Resultaten 2010-2012

Na drie jaar onderzoek komt de vraag naar voren of de bodemverbeteraars effect hebben op de opbrengst en kwaliteit van het gewas. De jaarlijkse resultaten geven daar geen goed beeld. Om daar een beter beeld van te krijgen, zijn de resultaten van drie jaar op verschillende wijzen bewerkt. Hierbij is gekeken naar het grondsoorteffect en het effect per bodemverbeteraar. Tenslotte is er ook gekeken naar de interactie tussen het object en de proef.

#### 5.1.1 Grondsoort en bodemverbeteraar

Om globaal te kunnen aangeven of een bodemverbeteraar werkt zijn de resultaten van de verschillende locaties over de afgelopen jaren met elkaar vergeleken. Het resultaat staat in tabel 5.1

Tabel 5.1. **Vergelijking van bodemverbeteraars per grondsoort en ten opzichte van elkaar (2010-2012).**

Bodemverbeteraar	5 proeven drie jaren; alle objecten		3 Jaar, dai:KP, zand:VP; alle objecten		3 Jaar KP dalgrond; alle objecten		3 Jaar VP zandgrond; alle objecten		3 Jaar KW, LS, ZW klei; alle objecten		3 Jaar KW kleigrond; alle objecten		3 Jaar LS kleigrond; alle objecten		3 Jaar ZW kleigrond; alle objecten	
Brandkalk	100.8	ab							101.8	abc	103.0	de	98.7	ab	103.5	a
PRP-SOL	102.1	ab	100.7	ab	102.8	abcd	97.8	ab	103.7	bc	102.4	cde	99.5	ab	109.1	a
Xurian Optimum	100.3	ab	98.7	a	102.1	abc	94.3	ab	102.0	abc	102.6	cde	99.2	ab	104.2	a
Agrigyps	103.4	b							104.4	c	104.0	e	101.8	b	107.4	a
Condit7%N	99.8	ab	99.8	ab	102.7	abcd	96.1	ab	100.4	ab	98.2	a	98.1	a	105.0	a
Betacal Carbo	100.7	ab							101.6	abc	102.6	cde	101.0	ab	101.3	a
Groencompost/GFT	100.8	ab	102.9	b	107.0	d	97.9	ab	99.9	a	99.2	ab	98.3	a	102.6	a
Varkens-/rundveedm	100.5	ab	98.4	a	103.1	abcd	92.7	a	102.6	abc	103.4	e	99.7	ab	104.5	a
Biochar ECN	101.9	ab	101.0	ab	104.2	bcd										
Biochar norit	98.4	a	96.0	a	99.3	a			101.1	abc	100.9	bcd				
Biochar Edinburgh	100.0	ab	99.1	ab	102.3	abc										
Kunstmest	99.7	ab	100.5	ab	100.0	ab	100.0	b	100.0	a	100.0	ab	100.5	ab	100.0	a
Steenmeel	100.9	ab	100.4	ab	105.1	cd	94.8	ab								
BactoFil	99.2	ab							100.5	abc			99.3	ab	102.0	a
Biochar hout 2,5 ton	100.0	ab							101.0	abc			98.9	ab		
Biochar hout 5 ton	100.0	ab	98.0	a	101.2	abc			101.7	abc	100.6	bc	100.4	ab		
Lsd		1)		1)		1)		1)		1)		1)		1)		1)

1) Gemiddelden zonder gemeenschappelijke letter zijn significant verschillend bij onbetrouwbaarheid van 5%.

Op basis van tabel 5.1 zijn de volgende conclusies te trekken:

#### Na 3 jaar onderzoek op alle locaties:

1. Agrigyps heeft betrouwbaar hogere opbrengsten dan Biochar norit.

#### Na 3 jaar onderzoek op zand- en dalgrond:

2. Groencompost/GFT heeft betrouwbaar hogere opbrengsten dan Xurian Optimum, Varkens-/Rundveedrijfmest/Biochar norit en Biochar hout 5 ton

#### Na 3 jaar onderzoek op dalgrond:

3. Groencompost/GFT heeft betrouwbaar hogere opbrengsten dan Xurian Optimum, Biochar norit, Kunstmest en Biochar hout 5 ton.
4. Biochar norit gaf betrouwbaar lagere opbrengsten dan Groencompost/GFT en Steenmeel.

#### Na 3 jaar onderzoek op zandgrond:

5. Varkens-/rundveedrijfmest geeft betrouwbaar lagere opbrengsten dan Kunstmest.

**Na 3 jaar onderzoek op kleigrond:**

6. Agrigyps heeft betrouwbaar hogere opbrengsten dan Condit7%N, Groencompost/GFT en Kunstmest.

**Na 3 jaar onderzoek op Kollumerwaard:**

7. Agrigyps heeft betrouwbaar hogere opbrengsten dan Condit7%, Groencompost/GFT, Biochat norit, Kunstmest en Biochar hout 5 ton.

8. Brandkalk heeft betrouwbaar hogere opbrengsten dan Condit7%N, Groencompost/GFT, Biochat norit, Kunstmest en Biochat hout 5 ton.

**Na 3 jaar onderzoek in Lelystad:**

9. Agrigyps heeft betrouwbaar hogere opbrengsten dan Condit7%N en Groencompost/GFT.

**Na 3 jaar onderzoek op Westmaast:**

10. Er zijn geen betrouwbare verschillen.

### 5.1.2 Interactie tussen bodemverbeteraar en de proeflocaties

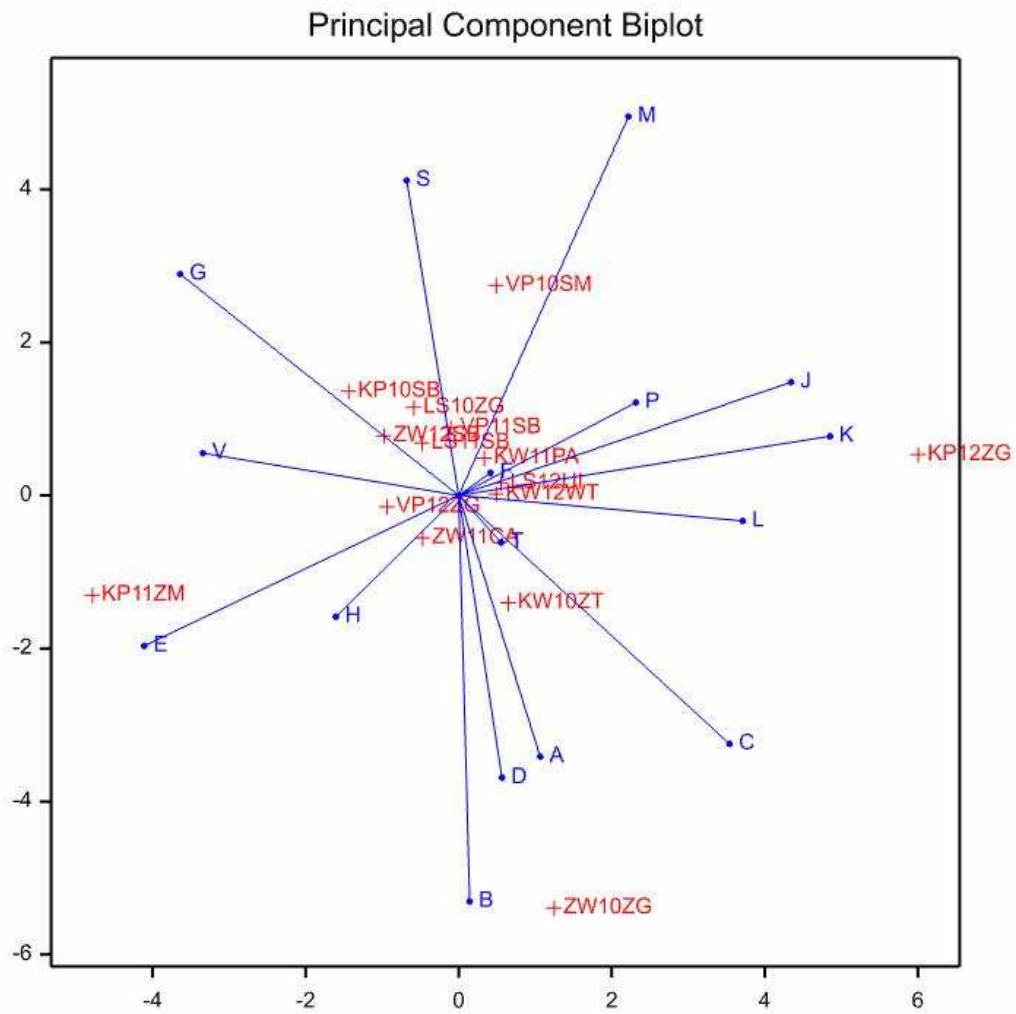
De vraag of het effect van de bodemverbeteraars afhangt van de grondsoort, het gewas of het jaar is niet zo gemakkelijk te beantwoorden omdat op iedere locatie in 2010, 2011 en 2012 verschillende gewassen zijn verbouwd. Jaar en locatie zijn wel orthogonaal (geen enkele correlatie) maar in de interactietabel speelt toch mee dat het geteelde gewas per cel verschilt. Naast de analyse per gewas en grondsoort is ook gekeken naar interactie tussen objecten en proef. Hiervoor is een analyse uitgevoerd op de logaritme van de werkelijke opbrengsten, met een gemengd model met de interactie tussen Jaar, Locatie en Object als random term. Met een gemengd model wordt een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van de lege cellen. Vervolgens is op de interactie-effecten uit deze tabel een principale componenten analyse uitgevoerd en het resultaat is afgedrukt in een biplot (Figuur 5.1). De biplot toont de score van de 16 variabelen op de 1 en 2e principale component. Verder zijn de ladingen van de proeven op de assen weergegeven. De projectie van de lading van de proef op een object is een maat voor de opbrengst van het object op die locatie. Locaties dicht bij elkaar in de biplot lijken op elkaar in hun interactie-effect. Ook objecten dicht bij elkaar in de biplot lijken op elkaar in hun interactie-effect. Locaties en objecten aan de rand van de figuur dragen sterk bij aan de interactie. De horizontale as is altijd belangrijker dan de verticale as.

Uit de biplot blijkt onder andere dat in proef VP10SM (Locatie Vredepeel, 2010, snijmais) de opbrengst van kunstmest hoger was dan van de bodemverbeteraars. Dit blijkt ook uit de relatieve gemiddelden per proef in tabel 5.2. Op KP11ZM (Valthermond, 2011, zetmeelaardappel) was juist de opbrengst van de objecten Condit7%N, Groencompost/GFT en Biochar hout 5 ton hoog. Terwijl op KP12ZG (Valthermond, 2012, zomergerst) juist de biochar objecten Biochat ECN, Biochat norit en Romchar een hoge opbrengst kenden. Op ZW10ZG (Westmaas, 2010, zomergerst) was de opbrengst juist hoog voor de objecten Brandkalk, PRP-SOL, Xurian Optimum en Agrigyps. Omdat bijvoorbeeld ZW10ZG en KP11ZM geprojecteerd op de as van M een negatieve waarde hebben, is de opbrengst van object kunstmest laag op deze locaties. Wanneer objecten op elkaar lijken in hun interactie-effect dan liggen ze bij elkaar. Zijn de objecten Brandkalk, PRP-SOL, Xurian Optimum en Agrigyps kalk en/of calciumhoudende bodemverbeteraars. Even goed zouden de proeven per locatie of grondsoort of gewas bij elkaar liggen als sommige bodemverbeteraars het op bepaalde locaties, grondsoorten of gewassen beter zouden doen. Zo een patroon is niet goed te herkennen. Nu lijkt het er meer op dat VP10SM, KP11ZM, ZW10ZG en KP12ZG de respons van de objecten afwijkt van die op de andere proeven.

Tabel 5.2. **Relatieve opbrengsten per proef 2010-2012.**

Proef *	Brandkalk	PRP-SOL	Xurian Optimum	AgriGyps	Condit7%N	Betacal Carbo	Groencompost/GFT	Varkens-/rundveedr.	Biochar ECN	Biochar Norit	Biochar Edinburgh	Kunstmest	Steenmeel	BactoFil	Biochar hout 2,5 ton	Biochar hout 5 ton
KP 10 SB		94	97		101		102	97	100	94	97	100	100			99
KP 11 ZM		116	107		123		125	116	113	101	112	100	112			112
KP 12 ZG		97	103		83		92	95	99	102	99	100	104			92
KW 10 ZT	107	108	106	108	107	104	98	108		105		100				102
KW 11 PA	101	100	101	102	91	100	101	101		99		100				101
KW 12 WT	101	100	101	103	97	103	98	101		99		100				99
LS 10 ZG	97	98	97	101	101	103	98	101				100		99	98	99
LS 11 SB	98	102	101	105	102	101	98	100				100		104	100	102
LS 12 UI	101	99	100	98	91	98	97	98				100		98	99	99
VP 10 SM		89	84		84		92	83				100	93	92		
VP 11 SB		99	98		98		100	99				100	101	102		
VP 12 ZG		105	102		107		102	96				100	90	106		
ZW 10 ZG	114	121	116	118	112	110	99	108				100		101		
ZW 11 CA	104	108	99	101	100	98	101	106				100				
ZW 12 SB	96	98	100	102	102	96	108	102				100		97		

\*KP = Valthermond, KW = Kollumerwaard, LS = Lelystad, VP = Vredepeel, ZW = Westmaas  
 SB = suikerbiet, ZM = zetmeelaardappel, ZG = zomergerst, ZT = zomertarwe, PA = pootaardappel, WT =  
 wintertarwe, ui = zaaiui, SM = snijmais, CA = consumptieaardappel



Figuur 5.1 Biplot weergave opbrengsten 2010-2012

## 6 Communicatie

In 2012 is er na het eerste jaar van onderzoek op diverse manieren aandacht besteed aan het project bodem- en structuurverbeteraars.

Tabel 6.1 **Overzicht communicatie activiteiten 2012.**

<b>Datum</b>	<b>Activiteit</b>	<b>Opmerking</b>
Februari 2012	info-avonden in Munnekezijl (6 feb) , Swifterbant (13 feb) en Slootdorp (20 feb)	
april 2012	Nieuwsbrief 3	Verzonden door LTO Noord aan 800 akkerbouwers in Flevoland
9 juni 2012	Artikel Nieuwe Oogst	
20 juni 2012	workshop op open dag proefbedrijf Rusthoeve	50 workshop deelnemers
27 juni 2012	Akkervelddag/Biovelddag	350 bezoekers
5 juli 2012	Open dag proefbedrijf Kollumerwaard	
9 juli 2012	Avondexcursie Lelystad	15 bezoekers
17 augustus 2012	Praktijkdag bodem Vredepeel	250 bezoekers
22 augustus 2012	Posterpresentatie op aardappeldemodag	6000 bezoekers
15 september 2012	Nieuwsbrief 4	Verzonden door LTO Noord aan 800 akkerbouwers in Flevoland



## 7 Literatuur

- Ball B, Guimãães R, Batey T & Munkholm L (...). Visual evaluation of soil structure.
- Bronick CJ & Lal R (2005) Soil structure and management: a review. *Geoderma*, vol 124, nr 3 p 3-22.
- Bussink DW, Van Schöll L, Van der Draai H & Van Riemsdijk WH (2008) Beter waterbeheer en – kwaliteitsmanagement begint op de akker. NMI-rapport 1150. pp 53.
- Dexter, AR & Birkas M (2004) Prediction of soil structures produced by tillage. *Soil Till. Res.* 79, 233–238.
- Dexter AR (1988) Advances in characterization of soil structure. *Soil Till. Res.* 11,
- Dontsova KM & Norton, LD (2002). Clay dispersion, Infiltration and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg. *Soil Science*: 167 pp 184-193.
- Edwards AP & Bremner JM (1967) Microaggregates in soils. *J. Soil Sci.* 18, 64–73.
- Ghani A, Dexter M & Perrott KW. 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry* 35, 1231–1243.
- Kay BD (1990) Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Adv. Soil Sci.* 12, 1-52.
- Kay BD & Munkholm LJ (2004) Management-induced Soil Structure Degradation: In Schjøning P, Elmholt S & Christensen BT Eds. *Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture*, chapter 11, page 185-197. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Krull ES, Skjemstad JO & Baldock JA 2004 Functions of soil organic matter and the effect on soil properties. CSIRO Land & Water PMB2.
- Koopmans CJ & Brands L eds. (2003) Testkit bodemkwaliteit. Ondersteuning van duurzaam bodembeheer. Pp 76.
- Nichols KA & Toro M (2011) A whole soil stability index (WSSI) for evaluating soil aggregation. *Soil&Tillage Research* 111, p 99-104.
- Omar AND (2007) Soil structure stability and near-saturated hydraulic characteristics under reduced and conventional tillage. PhD dissertation Environment, Resources and Technology. Dept. Of Agric. Sci. Faculty of Life Sciences Copenhagen University.
- Piccolo A & Mbagwu JSC (1999). Role of Hydrophobic Components of Soil Organic Matter in Soil Aggregate Stability. *Soil Sci. Soc. Am Journal*, vol 63, p1801-1810.
- Qualls RG en Haines BL (1991) Geochemistry of Dissolved Organic Nutrients in Water Percolating through a Forest Ecosystem, *Soil Sci, Soc, Am, J*, 55:1112-1123.
- Shepherd TG, Saggar S, Newman RH, Ross CW & Dando JL (2001) Tillage induced changes to soil structure and carbon fractions in New Zealand soils. *Australian Journal of Soil Research* voll 39, nr. 3, pp 465-489.
- Shein EV & Milanovsky EY (2004) Soil aggregate stability and organic matter. In Wöhrle N, Scheurer (eds) *Eurosoil 2004*, Albert Ludwigs University Freiburg.

Six J, Bossuyt H, Degryze S en Deneef K (2004) A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota and soil organic matter dynamics. *Soil & Tillage Research* vol 79, p 7-31.

Tisdall JM & Oades JM (1982) Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 62, pp. 141-163.

Van Zomeren A & Comans RNJ (2007) Measurement of humic and fulvic acid concentrations and dissolution properties by a rapid batch procedure. *Environ. Sci. Technol.*, vol 41, p 6755-6761.

Warrick AW Spatial variability. In Hillel D (1998) *Environmental soil physics*. Pp 655-675.

Weyting KR & De Vries PO (2000) NOBIS 95-2-02 Verbetering van de positie van de insitu biodegradatievariant door toevoeging van imbibitie en drainage aan bestaande theorie. Fase 2 zonering pp 77.

WUR-LDDG Aggregate stability as a parameter of erodibility. WUR-Land Degradation & Development Group.



# Bijlage 1: Algemeen grondonderzoek

Resultaten algemeen grondonderzoek 2012, locatie Kollumerwaard

Paramater	eenheid	behandeling										
		Agrigyps	Betacal Carbo	Brandkalk	PRP-sol	Condit	Xurian Optimum	Biochar-Norit	Biochar-hout	GFT-compost	drijf-mest	kunst-mest
N-totaal	mg N /kg	1760	1870	1660	1540	1590	1720	1760	1740	1770	1640	1500
C/N	-	10	10	11	11	11	11	11	11	11	10	11
N-Levering	kg N /ha	91	101	81	76	76	84	89	85	84	87	72
P-PAE	mg P /kg	1,4	2,0	2,1	1,3	2,0	1,6	1,3	2,0	1,8	2,0	1,5
P-AL	mg P205 /100g	46	54	48	45	40	48	45	50	51	47	45
Pw	mg P205 /l	38	45	43	36	39	40	36	43	42	42	38
K-PAE	mg K /kg	75	95	94	90	66	91	64	75	82	78	69
K-getal	-	19	24	23	21	18	23	18	19	21	20	19
K-voorraad	mmol+ / kg	6,2	6,3	5,7	4,7	5,4	5,3	5,2	5,6	5,7	5,6	5,8
S-totaal	mg S /kg	950	1210	1080	790	1010	1120	970	910	940	1040	880
S-Leverend vermogen	kg S /ha	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
C/S	-	19	16	17	22	17	17	20	21	20	16	18
S-aanvoer	kg S /ha	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
Mg-PAE	mg Mg /kg	81	96	160	79	79	82	86	87	86	77	80
Na-PAE	mg Na /kg	28	30	27	33	22	31	23	20	27	31	22
pH	-	7,3	7,4	6,6	7,0	7,2	7,1	6,8	7,3	7,3	7,4	7,4
Koolzure kalk	% CaCO3	8,7	7,6	7,9	7,8	7,7	8,1	7,8	8,1	8,1	7,7	8
Ca beschikbaar	kg Ca /ha	1232	340	787	1081	775	771	938	665	544	813	772
Ca totale bodemvoorraad	kg Ca /ha	9330	9570	9900	9305	9430	10090	10085	10480	10200	8875	9205
organische stof	%	3,5	3,9	3,6	3,4	3,4	3,8	4,0	3,8	3,8	3,4	3,2
C-organisch lutum	%	1,8	2,0	1,8	1,7	1,7	1,9	2,0	1,9	1,9	1,7	1,6
CEC	mmol + /kg	182	189	190	179	180	193	194	202	196	172	178
CEC-bezetting	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
bodemleven	mg N /kg	58	69	49	59	45	56	47	53	49	51	44
Ca-bezetting	%	89	88	90	90	91	91	90	90	90	90	90
Mg-bezetting	%	7,1	8,3	6,0	6,6	5,6	6,0	6,5	6,7	6,3	6,6	6,4
K-bezetting	%	3,4	3,3	3,0	2,6	3,0	2,7	2,7	2,8	2,9	3,3	3,3
Na-bezetting	%	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6

## Resultaten algemeen grondonderzoek 2012, locatie Lelystad

Paramater	eenheid	behandeling											
		Agrigyps	Betacal Carbo	Brandkalk	PRP-sol	Condit	Xurian Optimum	Bactofil	Biochar-hout 2,5t	Biochar-hout 5t	Groen-compost	drijf-mest	kunst-mest
N-totaal	mg N /kg	1150	1030	950	1080	1000	1080	1050	980	1080	1030	1240	1100
C/N	-	11	10	11	12	12	12	10	12	12	11	12	10
N-Levering	kg N /ha	59	58	51	52	49	54	59	47	52	56	59	63
P-PAE	mg P /kg	0,9	0,8	1,0	0,7	0,6	1,0	0,7	0,9	1,1	0,7	1,0	0,8
P-AL	mg P205 /100g	42	38	40	37	38	41	39	42	41	37	42	39
AdviesPw	mg P205 /l	32	29	32	28	27	32	28	32	33	28	33	29
K-PAE	mg K /kg	69	75	103	76	59	83	77	75	80	75	83	91
K-getal	-	18	19	24	19	17	20	20	19	20	19	20	22
K-voorraad	mmol+/ kg	4,3	4,0	4,1	3,7	4,2	3,9	3,8	4,3	3,9	4,1	4,2	4,1
S-totaal	mg S /kg	650	550	550	950	780	690	840	780	540	550	900	560
S-Leverend vermogen	kg S /ha	45	40	44	45	45	45	45	45	38	39	45	39
C/S	-	19	19	18	13	15	19	13	14	23	21	17	21
S-aanvoer	kg S /ha	69	64	68	69	69	69	69	69	62	63	69	63
Mg-PAE	mg Mg /kg	41	39	92	39	40	42	44	39	42	38	51	44
Na-PAE	mg Na /kg	17	14	26	24	19	19	18	16	18	16	17	26
pH	-	7,2	7,5	7,2	7,4	7,1	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	6,9	6,8
Koolzure kalk	% CaCO3	7,3	6,5	6,7	7,3	6,8	6,5	6,6	6,5	6,9	6,9	6,5	6,5
Ca beschikbaar	kg Ca /ha	3015	879	2419	1667	2614	1426	1982	1332	841	1562	1748	1963
Ca totale bodemvoorraad	kg Ca /ha	8825	8110	8265	8400	8665	8520	8605	8575	8740	7890	8025	8275
organische stof	%	2,5	2,1	2,0	2,5	2,4	2,6	2,2	2,3	2,5	2,3	3,1	2,3
C-organisch lutum	%	1,2	1,1	1,0	1,3	1,2	1,3	1,1	1,1	1,3	1,2	1,5	1,2
CEC	mmol + /kg	157	143	137	146	152	149	151	151	154	140	152	147
CEC-bezetting	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
bodemleven	mg N /kg	24	10	24	8	9	13	10	12	17	21	12	18
Ca-bezetting	%	92	93	92	94	93	94	93	93	93	92	92	92
Mg-bezetting	%	4,7	3,8	4,5	2,6	3,4	3,3	3,6	3,6	4,0	4,3	4,9	4,5
K-bezetting	%	2,7	2,8	3,0	2,5	2,8	2,6	2,5	2,8	2,5	2,9	2,8	2,8
Na-bezetting	%	0,6	0,6	0,6	0,8	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6

Resultaten algemeen grondonderzoek 2012, locatie Westmaas

Paramater	eenheid	behandeling									
		Agrigyps	Betacal Carbo	Brandkalk	PRP-sol	Condit	Xurian Optimum	Bactofil	Groencom post	drijf-mest	kunst-mest
N-totaal	mg N /kg	1360	1300	1320	1250	1310	1480	1340	1400	1430	1430
C/N	-	8	8	9	9	8	8	8	8	9	9
N-Levering	kg N /ha	101	99	95	87	97	110	102	106	102	94
P-PAE	mg P /kg	0,6	0,7	0,6	0,8	0,6	0,7	0,7	0,6	1,0	0,7
P-AL	mg P205 /100g	50	48	48	46	45	52	50	44	50	49
AdviesPw	mg P205 /l	32	32	31	33	30	34	33	30	36	33
K-PAE	mg K /kg	67	75	81	82	70	89	75	70	84	92
K-getal	-	18	19	20	21	18	22	20	18	21	22
K-voorraad	mmol+ / kg	4,6	4,5	5,1	3,9	4,1	4,6	4,4	4,6	4,7	4,1
S-totaal	mg S /kg	280	200	240	270	220	300	210	250	270	250
S-Leverend vermogen	kg S /ha	20	14	15	19	15	22	14	17	18	17
C/S	-	40	51	52	42	49	40	53	47	49	49
S-aanvoer	kg S /ha	44	38	39	43	39	46	38	41	42	41
Mg-PAE	mg Mg /kg	69	70	135	70	72	74	69	71	68	73
Na-PAE	mg Na /kg	11	13	12	13	19	13	12	15	16	24
pH	-	7,5	7,6	7,1	7,3	7,5	7,3	7,5	7,5	7,1	7,2
Koolzure kalk	% CaCO3	7,3	7,8	8,5	7,3	8,1	8,2	7,7	8	8,3	8,1
Ca beschikbaar	kg Ca /ha	990	347	844	1863	682	1254	807	492	1980	1717
Ca totale bodemvoorraad	kg Ca /ha	12815	12895	12280	11595	12895	13130	12305	13370	13080	12955
organische stof	%	2,2	2,0	2,5	2,3	2,1	2,4	2,2	2,3	2,6	2,4
C-organisch lutum	%	1,1	1,0	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,2
CEC	mmol + /kg	187	176	184	170	187	193	181	195	193	189
CEC-bezetting	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
bodemleven	mg N /kg	16	14	18	24	12	13	6	13	15	15
Ca-bezetting	%	93	93	91	93	94	93	93	93	92	93
Mg-bezetting	%	3,6	4,0	5,8	4,2	3,3	4,4	4,4	3,7	4,7	3,9
K-bezetting	%	2,5	2,6	2,8	2,3	2,2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,2
Na-bezetting	%	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Resultaten algemeen grondonderzoek 2012, locatie Valthermond

Paramater	eenheid	behandeling										
		PRP-sol	Condit	Xurian Optimum	Biochar-ECN	Biochar-Norit	RomChar	Biochar-hout	Steen-meel	GFT-compost	drijf-mest	kunst-mest
N-totaal	mg N /kg	3140	1920	3900	3130	3370	3380	2340	2900	2540	2390	2920
C/N	-	23	26	22	23	29	22	23	24	24	25	26
N-Levering	kg N /ha	50	20	69	50	7	63	42	41	38	30	26
P-PAE	mg P /kg	5,3	4,1	6,0	6,9	6,8	4,4	4,9	2,3	3,5	5,2	6,0
P-AL	mg P205 /100g	28	28	27	25	24	27	25	23	23	26	28
AdviesPw	mg P205 /l	44	41	45	46	45	41	41	33	37	43	46
K-PAE	mg K /kg	46	25	41	44	36	52	39	37	28	43	42
K-getal	-	6	4	5	6	4	7	6	5	5	7	5
K-voorraad	mmol+ / kg	3,2	2,7	3,7	3,0	3,8	3,7	3,1	3,6	3,7	2,7	3,2
S-totaal	mg S /kg	720	520	920	650	880	750	490	720	590	570	690
S-Leverend vermogen	kg S /ha	18	14	22	12	14	17	10	18	13	12	13
C/S	-	98	97	95	109	111	101	110	97	105	106	108
S-aanvoer	kg S /ha	22	18	26	16	18	21	14	22	17	16	17
Mg-PAE	mg Mg /kg	113	103	129	103	110	118	92	109	81	125	133
Na-PAE	mg Na /kg	17	20	24	14	23	19	14	111	14	23	21
pH	-	5,0	5,2	4,9	4,9	4,8	4,9	5,0	5,3	5,2	5,1	4,9
Koolzure kalk	% CaCO3											
Ca beschikbaar	kg Ca /ha	345	307	403	326	350	369	282	388	351	315	342
Ca totale bodemvoorraad	kg Ca /ha	6905	6135	8050	6515	6990	7375	5630	7755	7020	6300	6845
organische stof	%	12,2	8,7	15,1	12,2	16,9	13,0	9,3	12,0	10,7	10,4	12,9
C-organisch	%											
lutum	%	2	2	3	1	2	1	1	1	2	2	2
CEC	mmol + /kg	167	129	213	168	212	185	136	175	160	142	174
CEC-bezetting	%	91	95	89	88	85	89	86	97	94	93	88
bodemleven	mg N /kg	62	48	62	71	72	54	41	57	44	51	63
Ca-bezetting	%	79	83	78	74	71	78	73	85	81	81	77
Mg-bezetting	%	9,3	8,8	8,9	11,0	11,0	8,6	9,6	8,9	10,0	9,2	8,8
K-bezetting	%	1,9	2,1	1,7	1,8	1,8	2,0	2,3	2,1	2,3	1,9	1,8
Na-bezetting	%	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7

Resultaten algemeen grondonderzoek 2012, locatie Vredepeel

Paramater	eenheid	behandeling						
		PRP-sol	Condit	Xurian Optimum	Steen- meel	Groen- compost	drijf- mest	kunst-mest
N-totaal	mg N /kg	1430	1440	1410	1320	1460	1370	1260
C/N	-	20	19	21	20	19	22	22
N-Levering	kg N /ha	42	46	36	39	47	31	29
P-PAE	mg P /kg	7,8	8,8	6,6	4,0	8,4	8,0	7,9
P-AL	mg P205 /100g	110	91	122	94	94	93	115
AdviesPw	mg P205 /l	94	89	95	74	89	87	96
K-PAE	mg K /kg	96	88	116	125	108	90	104
K-getal	-	20	19	23	25	22	18	22
K-voorraad	mmol+ / kg	1,4	2,0	1,6	2,4	2,1	1,7	1,1
S-totaal	mg S /kg	270	240	280	250	250	260	240
S-Leverend vermogen	kg S /ha	7	5	7	6	6	5	5
C/S	-	107	114	106	107	111	116	116
S-aanvoer	kg S /ha	11	9	11	10	10	9	9
Mg-PAE	mg Mg /kg	136	112	170	122	113	121	117
Na-PAE	mg Na /kg	22	18	29	52	17	17	24
pH	-	5,5	5,4	5,7	5,8	5,5	5,4	5,3
Koolzure kalk	% CaCO3							
Ca beschikbaar	kg Ca /ha	179	155	176	156	177	160	124
Ca totale bodemvoorraad	kg Ca /ha	3580	3095	3520	3120	3540	3195	2475
organische stof	%	5,0	4,7	5,1	4,6	4,8	5,2	4,8
C-organisch	%							
lutum	%	1	1	1	1	1	1	1
CEC	mmol + /kg	68	58	66	64	65	61	49
CEC-bezetting	%	96	97	97	91	99	98	90
bodemleven	mg N /kg	40	30	31	38	40	47	28
Ca-bezetting	%	82	82	83	75	84	82	78
Mg-bezetting	%	11,0	11,0	11,0	12,0	11,0	12,0	8,8
K-bezetting	%	2,1	3,4	2,4	3,8	3,2	2,8	2,2
Na-bezetting	%	1,0	1,0	0,9	0,6	0,8	0,8	1,2

## Bijlage 2: Het Ca-gehalte in bodemvocht en HWC.

Het Ca-gehalte in bodemvocht (1:2 volume-extract water), per behandeling per locatie, mmol /l.

Behandeling	Locatie					Gemiddeld	
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	1,1	3,2	3,2			2,5	
Betacal Carbo	1,2	2,1	1,7			1,7	
Brandkalk	0,9	1,8	1,7			1,5	
PRP-sol	0,9	1,7	1,9	0,2	0,1	1,5	0,2
Condit	0,9	1,4	1,1	0,2	0,1	1,1	0,2
Xurian	0,9	1,8	1,7	0,3	0,1	1,5	0,2
Bactofil		1,6	1,2			1,4	
BiocharECN				0,3			0,3
BiocharNorit	0,7			0,2		0,7	0,2
RomChar							
Biochar2,5t		1,8				1,8	
Biochar5t	0,8	1,9		0,2		1,4	0,2
Steenmeel				0,1	0,1		0,1
compost	0,9	1,9	1,4	0,4	0,1	1,4	0,3
drijfmest	0,9	1,9	1,7	0,2	0,1	1,5	0,2
kunstmest	0,8	1,8	1,6	0,5	0,1	1,4	0,3

Hot water extractable C (HWC) per behandeling, per locatie, µg C /g grond,

Behandeling	Locatie					klei	zand
	Kollumer- waard	Lelystad	Westmaas	Valther- mond	Vrede- peel		
Agrigyps	584	224	244			351	
Betacal Carbo	502	195	268			322	
Brandkalk	411	213	255			293	
PRP-sol	473	177	272	1877	683	307	1280
Condit	463	153	261	1122	704	292	913
Xurian	429	203	236	1874	744	289	1309
Bactofil		167	314			241	
BiocharECN				1856			1856
BiocharNorit	282			1894		282	1894
RomChar				1897			1897
Biochar2,5t		174				174	
Biochar5t	609	197		1157		403	1157
Steenmeel				1574	735		1155
Compost	501	191	289	1002	725	327	863
Drijfmest	523	207	310	1352	754	347	1053
Kunstmest	576	190	290	1844	764	352	1304

## Bijlage 3: Resultaten bodembioologisch onderzoek

Totale bacteriële massa ug/g							
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	355	285	211			284	
Betacal Carbo	497	292	296			362	
Brandkalk	327	257	308			297	
PRP-sol	310	239	281	250	370	276	310
Condit	271	228	428	287	625	309	456
Xurian	379	220	340	279	421	313	350
Bactofil		250	314			282	
BiocharECN				278			278
BiocharNorit	405			262		405	262
BiocharRom							
Biochar2,5t		294				294	
Biochar5t	289	266		268		277	268
Steenmeel				212	216		214
compost	386	235	267	232	463	296	348
drijfmest	286	280	213	255	392	260	324
kunstmest	375	252	346	278	308	324	293

Actieve bacteriële massa							
	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	46,0	41,4	56,0				47,8
Betacal Carbo	53,5	44,6	37,7				45,3
Brandkalk	60,8	31,7	64,4				52,3
PRP-sol	41,2	34,4	49,1	32,7	42,8	41,6	37,8
Condit	50,1	22,0	74,8	28,8	66,0	49,0	47,4
Xurian	51,9	33,2	48,6	36,6	50,1	44,6	43,4
Bactofil		23,6	51,6				37,6
BiocharECN				24,8			24,8
BiocharNorit	50,1			24,2		50,1	24,2
BiocharRom							
Biochar2,5t		32,7					32,7
Biochar5t	46,3	41,3		24,1		43,8	24,1
Steenmeel				34,7	49,3		42,0
compost	66,9	39,0	34,4	20,8	39,6	46,7	30,2
drijfmest	52,9	37,8	68,2	33,4	26,3	53,0	29,8
kunstmest	47,1	38,0	55,6	41,6	62,2	46,9	51,9



**actief: totaal bacterie**

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	0,13	0,15	0,27			0,18	
Betacal Carbo	0,11	0,15	0,13			0,13	
Brandkalk	0,19	0,12	0,21			0,17	
PRP-sol	0,13	0,14	0,18	0,13	0,12	0,15	0,12
Condit	0,18	0,10	0,17	0,10	0,11	0,15	0,10
Xurian	0,14	0,15	0,14	0,13	0,12	0,14	0,13
Bactofil		0,09	0,16			0,13	
BiocharECN				0,09			0,09
BiocharNorit	0,12			0,09		0,12	0,09
BiocharRom							
Biochar2,5t		0,11				0,11	
Biochar5t	0,16	0,16		0,09		0,16	0,09
Steenmeel				0,16	0,23		0,20
compost	0,17	0,17	0,13	0,09	0,09	0,16	0,09
drijfmest	0,18	0,14	0,32	0,13	0,07	0,21	0,10
kunstmest	0,13	0,15	0,16	0,15	0,20	0,15	0,18

**Totale schimmel massa, ug/g**

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	73	73	57			68	
Betacal Carbo	85	68	72			75	
Brandkalk	71	81	81			78	
PRP-sol	100	89	40	85	71	76	78
Condit	98	63	46	138	57	69	97
Xurian	72	104	70	145	202	82	173
Bactofil		95	88			92	
BiocharECN				87			87
BiocharNorit	96			64		96	64
BiocharRom							
Biochar2,5t		61				61	
Biochar5t	117	66		46		91	46
Steenmeel				84	77		81
compost	46	90	118	148	89	85	118
drijfmest	84	49	72	124	23	69	74
kunstmest	62	93	110	41	43	88	42

actieve  
schimmel massa

totaal=actief+nietactief

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	17,4	21,9	18,3				19,2
Betacal Carbo	23,6	27,9	12,5				21,4
Brandkalk	20,1	11,2	16,1				15,8
PRP-sol	21,5	18,5	17,7	9,0	13,2		19,2
Condit	16,0	21,7	16,7	7,0	11,0		18,1
Xurian	16,5	21,6	31,7	11,8	16,4		23,3
Bactofil		23,6	21,0				22,3
BiocharECN				8,2			8,2
BiocharNorit	18,6			11,0			18,6
BiocharRom							
Biochar2,5t		20,9					20,9
Biochar5t	18,2	17,2		7,5			17,7
Steenmeel				7,1	18,9		13,0
compost	12,7	24,6	15,5	12,8	22,9		17,6
drijfmest	23,3	23,3	16,1	10,8	5,3		20,9
kunstmest	25,2	25,2	17,8	8,0	19,3		22,8

Actief:totaal schimmel

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	0,24	0,30	0,32				0,29
Betacal Carbo	0,28	0,41	0,17				0,29
Brandkalk	0,28	0,14	0,20				0,21
PRP-sol	0,22	0,21	0,45	0,11	0,19		0,29
Condit	0,16	0,34	0,36	0,05	0,19		0,29
Xurian	0,23	0,21	0,45	0,08	0,08		0,30
Bactofil		0,25	0,24				0,24
BiocharECN				0,09			0,09
BiocharNorit	0,19			0,17			0,19
BiocharRom							
Biochar2,5t		0,34					0,34
Biochar5t	0,16	0,26		0,16			0,21
Steenmeel				0,08	0,25		0,16
compost	0,27	0,27	0,13	0,09	0,26		0,23
drijfmest	0,28	0,48	0,22	0,09	0,23		0,33
kunstmest	0,41	0,27	0,16	0,19	0,45		0,28

totale schimmel: bacterie verhouding 1:....

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigygs	0,21	0,26	0,27				0,24
Betacal Carbo	0,17	0,23	0,24				0,22
Brandkalk	0,22	0,32	0,26				0,27
PRP-sol	0,32	0,37	0,14	0,34	0,19		0,28
Condit	0,36	0,28	0,11	0,48	0,09		0,25
Xurian	0,19	0,47	0,20	0,52	0,48		0,29
Bactofil		0,38	0,28				0,33
BiocharECN				0,31			0,31
BiocharNorit	0,24			0,24			0,24
BiocharRom							
Biochar2,5t		0,21					0,21
Biochar5t	0,41	0,25		0,17			0,33
Steenmeel				0,40	0,36		0,38
compost	0,12	0,38	0,44	0,64	0,19		0,31
drijfmest	0,30	0,17	0,34	0,49	0,06		0,27
kunstmest	0,17	0,37	0,32	0,15	0,14		0,28

actieve schimmel: bacterie verhouding 1:....

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigygs	0,38	0,53	0,33				0,40
Betacal Carbo	0,44	0,63	0,33				0,47
Brandkalk	0,33	0,35	0,25				0,30
PRP-sol	0,52	0,54	0,36	0,28	0,31		0,46
Condit	0,32	0,99	0,22	0,24	0,17		0,37
Xurian	0,32	0,65	0,65	0,32	0,33		0,52
Bactofil		1,00	0,41				0,59
BiocharECN				0,33			0,33
BiocharNorit	0,37			0,45			0,37
BiocharRom							
Biochar2,5t		0,64					0,64
Biochar5t	0,39	0,42		0,31			0,40
Steenmeel				0,20	0,38		0,31
compost	0,19	0,63	0,45	0,61	0,58		0,38
drijfmest	0,44	0,62	0,24	0,32	0,20		0,39
kunstmest	0,54	0,66	0,32	0,19	0,31		0,49

## hyfendiameter, um

	Kollumerwaard	Lelystad	Westmaas	Valthermond	Vredepeel	klei	zand
Agrigyps	1,7	1,7	1,8				1,7
Betacal Carbo	1,9	1,8	1,8				1,8
Brandkalk	1,8	1,9	1,9				1,9
PRP-sol	1,9	1,9	2,1	1,9	1,9		2,0 1,9
Condit	1,8	2,1	2,0	2,0	1,8		2,0 1,9
Xurian	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1		1,9 2,1
Bactofil		1,8	1,9				1,9
BiocharECN				1,9			1,9
BiocharNorit	1,9			2,0			1,9 2,0
BiocharRom							
Biochar2,5t		1,7					1,7
Biochar5t	1,9	1,8		1,9			1,9 1,9
Steenmeel				1,8	2,0		1,9
compost	2,0	1,7	1,9	2,0	2,2		1,9 2,1
drijfmest	1,9	1,8	1,7	2,0	1,9		1,8 2,0
kunstmest	1,8	1,9	1,8	1,7	1,8		1,8 1,8
	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0		1,8 1,9