



Tussentijdse rapportage Pilot  
Bodemvruchtbaarheid Aldeboarn de  
Deelen

---

## Pilot Bodemvruchtbaarheid Aldeboarn De Deelen

In de pilot hebben we de bodemvruchtbaarheid van graslanden op veen- en klei op veengronden beproeft. De bodemvruchtbaarheid wordt verbeterd door de mineralenbalans te herstellen en het bodemleven te activeren. Wanneer de bodem chemisch, fysisch en biologisch is hersteld is ze in staat om water en nutriënten te bufferen wat veenoxidatie tegen gaat.

Binnen de pilot werken we met acht bedrijven waar we bodemverbeterende maatregelen toepassen en monitoren. De bedrijven zijn individueel en in groepsverband voorgelicht en voorzien van een bemesting- en kringloopadvies. In hoofdstuk 2 is een voorbeeld van een kringloopadvies weergegeven en worden verschillende mogelijke maatregelen toegelicht .

Voor de proef werken we op alle acht bedrijven met een doel en referentieperceel. Op het doelperceel worden bodemverbeterende maatregelen toegepast om o.a. mineralenbalans en biologie te herstellen. Er is gewerkt volgens de SoilSmart analysemethode (zie bijlage voor uitleg). In het eerste hoofdstuk presenteren we de resultaten tot nu toe.

In het laatste jaar zijn er op alle bedrijven, op zowel het doel als referentieperceel plantsapanalyses genomen. Uitleg en de eerste resultaten staan in hoofdstuk 3



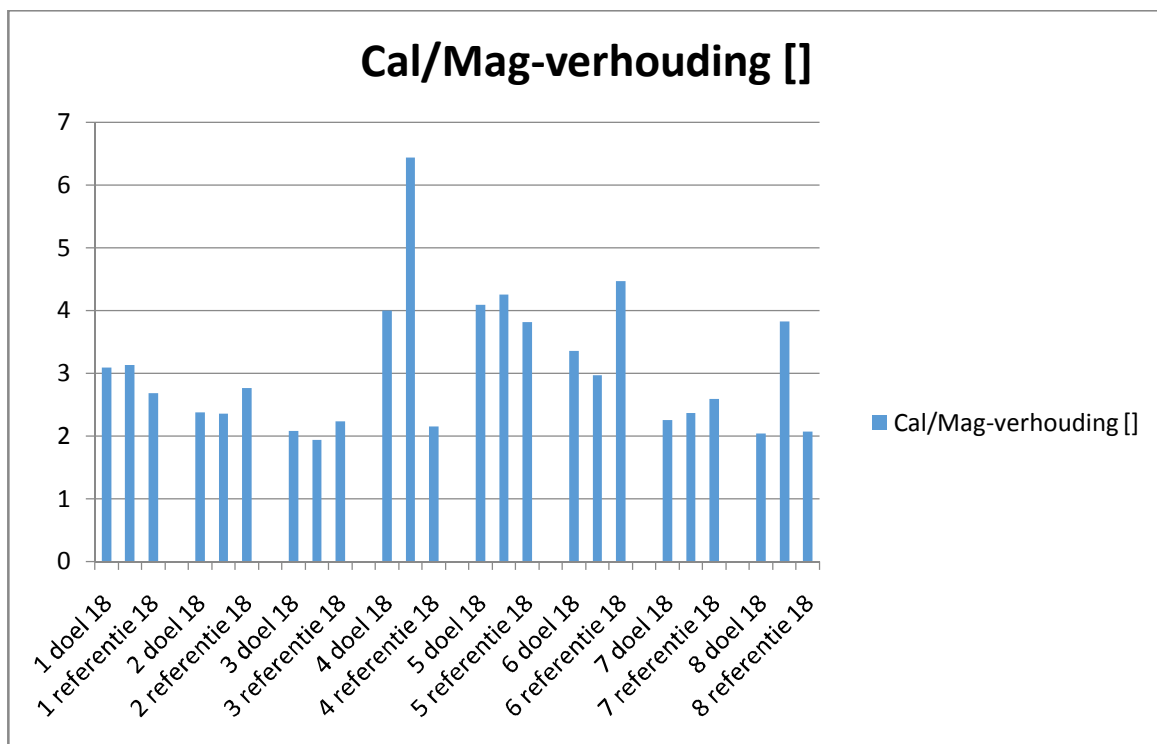
*Foto: muizenschade voorjaar 2020*

## 1 Proef bodemverbeterende maatregelen

In 2018 is er van zowel het doel als het referentieperceel een bodemmonster gestoken volgens de SoilSmart analysemethode. In 2019 zijn de doelpercelen bemonsterd en eind 2020 worden zowel het doel als het referentie perceel opnieuw bemonsterd volgens ditzelfde principe.

Uit de nulmeting blijkt een onbalans in het CEC en dat er een aanvulling aan sporenelementen nodig is. De variatie en de hoeveelheid bodemleven is ondermaats en de kwaliteit van de organische stof moet beter. Door de chemie op orde te brengen en de biologie te stimuleren herstellen we de bodemvruchtbaarheid. Het eerste advies bestaat uit een jaarlijkse gift van 1000 - 2000 kg eierschalen, 100 kg SEA 90 en 5-10 ton bokashi of ruige stalmest. Voor 2020 hebben we voor het proefperceel het advies gegeven om de drijfmest over 4 sneden te verdelen en alleen voor de eerste en de tweede snede beperkt kunstmest op ureum basis te gebruiken. De referentie percelen zijn regulier bemest.

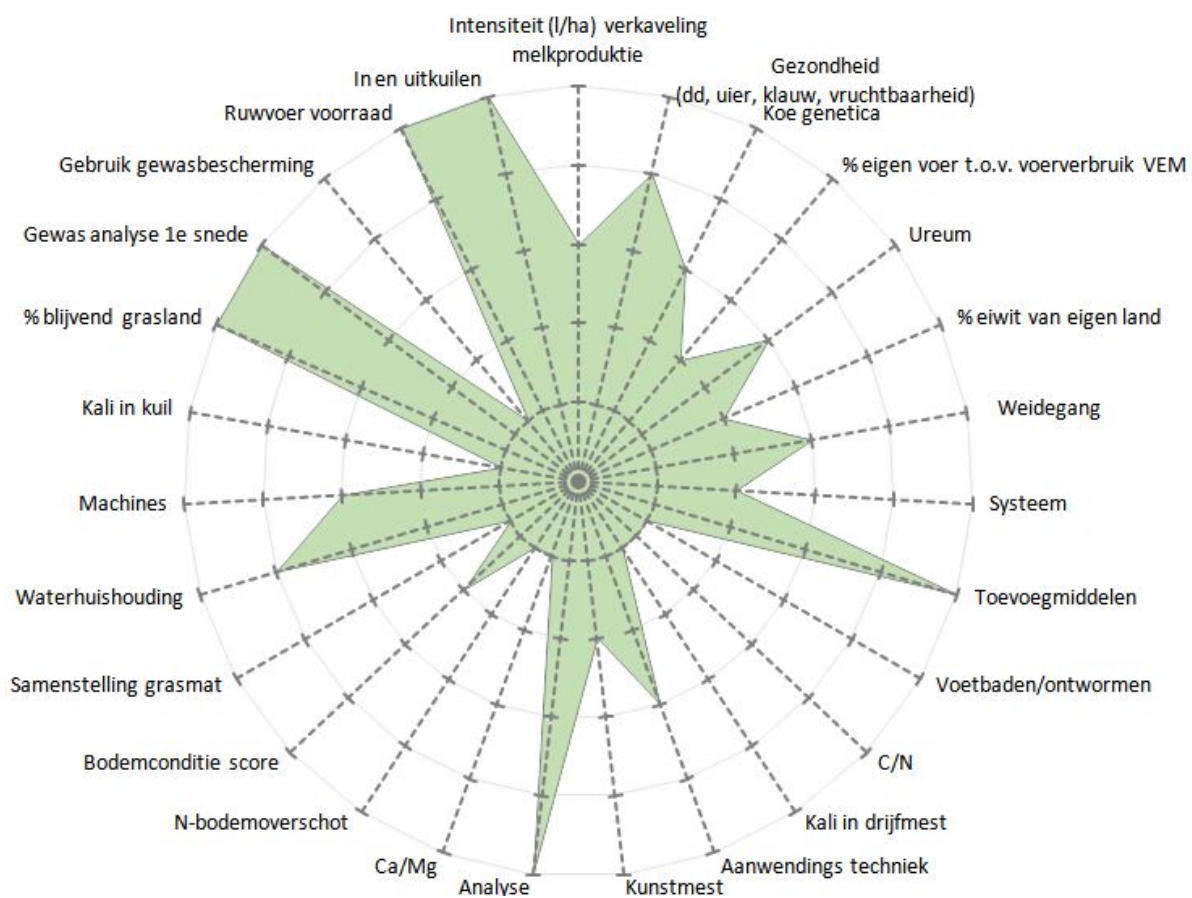
De percelen in de proef hebben last gehad van droogte en muizenschade. Ook moet de eind meting nog plaatsvinden. Daarom is het nu nog te vroeg om een eind conclusie te trekken. Wel zien we dat er op vijf van de acht bedrijven de Ca/Mg verhouding is verbeterd.



Grafiek BBA van de pilotbedrijven nummers 1 t/m8, 2018 is nulmeting, 2019 tussentijdsemeting

## 2 Kringloopadvies

Koe, mest, bodem en gewas hebben allemaal invloed op de bodemvruchtbaarheid. Een belangrijk onderdeel van het project was het individueel begeleiden van de deelnemende boeren. Voor elk bedrijf is een radardiagram opgesteld bestaande uit een set van indicatoren waar een score van 1 tot 5 aan is gegeven. 1 is slecht en 5 is goed. De indicatoren zijn zo gekozen dat ze uiteindelijk allemaal een relatie hebben met de bodem. Resultaten uit de kringloopwijzer, kuilanalyse, BBA, bodemconditiescore, drijfmestanalyse en tijdens het bedrijfsbezoek geïnventariseerde gegevens zijn in het diagram verwerkt.



Voorbeeld radardiagram

Uit de ingevulde radardiagrammen blijkt dat de bedrijven vooral op mestkwaliteit, Ca/Mg verhouding (bodem) en de stikstofbodembalans slecht scoren. Tot nu toe is er binnen het project nog geen aandacht besteed aan mestkwaliteit. De mestkwaliteit onderzoeken doormiddel van de VBBM methode zou in een vervolg meegenomen kunnen worden.

	1	2	3	4	5	6	7	8	gem.
<b>Intensiteit (l/ha) verkaveling melkproductie</b>	4	3	5	3	3	5	4	5	4.0
<b>Gezondheid (dd, uier, klauw, vruchtbaarheid)</b>	4	4	2	3	3	4	4	3	3.4
<b>Koe genetica</b>	3	3	4	3	3	4	4	3	3.4
<b>% eigen voer t.o.v. voerverbruik VEM</b>	2	2	3	2	3		2		2.3
<b>Ureum</b>	3	3	3	3	3		3	2	2.9
<b>% eiwit van eigen land</b>	1	2	4	1	4		3	5	2.9
<b>Weidegang</b>	2	3	3	2	4	4	2	4	3.0
<b>Systeem</b>	2	2	2	2	1	4	2	2	2.1
<b>Toevoegmiddelen??</b>	5	5	3	1	1	3	1	5	3.0
<b>Voetbaden</b>	1	1	4	5	3	5	1	5	3.1
<b>C/N</b>		1	2	2			4		2.3
<b>Kali in drijfmest</b>		1	1	1			1		1.0
<b>Aanwendings techniek</b>	3	3	5	1	3	5	3	4	3.4
<b>Kunstmest</b>	1	2	5	2	2	5	5	5	3.4
<b>Analyse</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
<b>Ca/Mg</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0
<b>N-bodemoverschot</b>	1	1	1	1	1		1		1.0
<b>Bodemconditie score</b>	2	2	3	3	3	4	3	4	3.0
<b>Samenstelling grasmat</b>	2	1	3	2	1	4	1	3	2.1
<b>Waterhuishouding</b>	2	4	4	3	1	4	3	3	3.0
<b>Machines</b>	3	3	4	2	4	4	3	4	3.4
<b>Kali in 1e snede</b>	1	1		1	1		1		1.0
<b>% blijvend grasland</b>	3	5	5	5	2	5	5	5	4.4
<b>Gewas analyse 1e snede</b>	5	5	5	5	5		5		5.0
<b>Gebruik gewasbescherming</b>	1	1	5	1	1	5	5	5	3.0
<b>Ruwvoer voorraad</b>	5	5	4	5	4	5	5	3	4.5
<b>In en uitkuilen</b>	2	5	5	5	3	5	4	5	4.3

*Resultaten uit de radardiagrammen van de pilotbedrijven nummers 1 t/m8*

## Voorbeelden kringloopadvies:

Voorbeelden van adviezen die we op de bedrijven hebben gegeven.

### **Koe**

#### *Kringloopkoe fokken*

Past mijn koe wel in mijn systeem (nu en in de toekomst)? De ideale kringloopkoe fokken is 15 jaar vooruitkijken. Wat voor koe ben je dan nodig. Aannemelijk is dat de veehouderij in de veenweide gebieden gaat extensiveren, dus meer gras, minder krachtvoer en de koeien moeten ver kunnen lopen. De ideale kringloopkoe bestaat uit een koe met een sterk beenwerk, niet te zwaar en niet een te groot uier waar vooral dikke liters melk in moet zitten en niet te veel water. Ook moet ze kunnen produceren op een sober rantsoen.

#### *Krachtvoer/ruwvoer verhouding rantsoen aanpassen*

Bij de aankoop van veel krachtvoer wordt er naast veel energie ook veel mineralen aangevoerd. Deze mineralen komen in de mest en vervolgens op het land. In de bodem kunnen deze mineralen vervolgens voor een onbalans zorgen. Met name de aanvoer van Kali en NPN eiwit zorgen voor slechte kwaliteit mest en zijn dus negatief voor de bodemvruchtbaarheid.

#### *Energie/eiwit rantsoen aanpassen*

Door veel eiwit in het rantsoen zal er meer stikstof in de mest terecht komen. Teveel eiwit is niet alleen schadelijk voor de koe (het omzetten van NPN eiwit naar ureum kost veel energie) maar zorgt ook voor slechte mest met een scheve C/N verhouding. Het bodemleven heeft hier hinder van en er zullen meer stikstof verliezen zijn.

#### *Meer weiden*

Weidegang heeft veel voordelen voor de kringloop. Het verse gras komt in de koe zonder inkuil of voederverliezen. De mest komt gescheiden op het land wat zorgt voor minder stikstof verliezen. Ook komen er minder zware machines op het land waardoor de bodem minder wordt verdicht. De keuze van het weidesysteem bepaald het succes.

### **Mest**

#### *Natuurazijn in voetbaden*

De meeste veehouders gebruiken voetbaden om klauwproblemen te voorkomen. Echter worden er vaak chemische middelen als kopersulfaat, zinksulfaat en formaline toegevoegd. Naast de stapeling van de zware metalen is het gebruik hiervan slecht voor de mestkwaliteit en hoogst waarschijnlijk schadelijk voor het bodemleven. Alternatieven voor de chemische middelen zijn natuurazijn of droge voetbaden met bijvoorbeeld gesteentemeel.

#### *Minder antibiotica/ontwormen door meer preventie*

Antibiotica en ontwormmiddelen zijn schadelijk voor bodemleven en slecht voor de mestkwaliteit. Zieke dieren zijn daarentegen niet efficiënt en geven extra werk en ergernis. Preventieve maatregelen om aandoeningen te voorkomen zijn daarom gewenst.

### *Minder stikstof kunstmest strooien*

Eén van de grootste aanvoerposten bij gangbare bedrijven op de bodemstikstofbalans is de aanvoer van kunstmest. Bodemleven ondervindt hier hinder van. Daarnaast wordt het gewonnen ruwvoer stikstof rijker wat zorgt voor een grotere belasting op de koe en mest enz. Om de koe in zijn eiwit behoefte te voorzien is de kwaliteit van het eiwit belangrijk. Advies is om niet meer, maar beter eiwit in het gewas te krijgen.

### *Minder Kali in de mest*

Kali is een element wat in grote hoeveelheden voorkomt in de kringloop. Vaak zit er veel Kali in de bodem waar het samen met Magnesium voor verslemping zorgt. Vervolgens komt er veel Kali in het voer en dus in het rantsoen. Kaliarme bijvoeding en krachtvoer helpt om de Kali in de drijfmest te verlagen. Daarnaast geen Kali kunstmest aanvoeren.

### *Ureum stikstof i.p.v. nitraat stikstof*

Om de koe in zijn eiwit voorziening te voorzien is de kwaliteit van het eiwit belangrijk. Nitraat stikstof kan in de plant omgezet worden naar werkelijk eiwit maar de plant krijgt hier vaak onvoldoende de tijd voor. Daarnaast is er vaak een overschot aan nitraat stikstof mede door natuurlijke processen. We zien dit in de praktijk terug aan hoge ureum gehalten in de melk en een scheve OEB/DVE (veel NPN eiwit) verhouding in graskuilen. Daarom is het niet gewenst om extra nitraat kunstmest te strooien maar om bijvoorbeeld ureum als stikstof bron te gebruiken.

### *Meer vaste mest of bokashi*

Bokashi is geschikt als bodemverbeteraar en is een voedingsbron voor het bodemleven. Het verhoogt de microbiële diversiteit in de bodem en voorziet planten van voedingsstoffen, zoals natuurlijke antibiotica, groeihormonen, vitamines en aminozuren. Planten krijgen zo meer energie en een grotere weerbaarheid tegen schadelijke bacteriën en schimmels (zie ook bijlage 3).

### *Toevoegmiddel door de mest*

Goede mest levert goede nutriënten en energie aan het bodemleven. Het is bekend dat toevoegmiddelen door de mest een bijdrage kunnen leveren aan goede mest. Hiervoor moet het uitgangsmateriaal voldoende goed zijn. Denk hierbij aan C/N verhouding en geen chemische middelen in voetbaden.

## **Bodem**

### *Ca/Mg verhouding herstellen*

Een juiste verhouding tussen Calcium en Magnesium is essentieel voor de structuur van de bodem en is de start om de bodem te verbeteren. Een bodem met een goede Ca/Mg verhouding heeft een open structuur, minder verdichting, betere vochthuishouding, betere beworteling en dus een goed huis voor bodemleven.

### *pH herstellen*

Een goede pH is de basis voor een goede bodem. Bij een goede pH komen de nutriënten goed beschikbaar en is er een optimaal klimaat voor bodemleven.

### *Bandenspanning aanpassen*

Rijden met zware machines op te natte grond met een te hoge bandenspanning veroorzaakt bodemverdichting. Meten is weten en vervolgens aanpassen

### *Grotere en zwaardere machines beperken*

Gebruik geen grote zware machines, slim rijden en pas eventueel vaste rijpadenteelt toe.

### *Storende laag opheffen door woelen met woelpoot*

Doormiddel van bijvoorbeeld een graslandwoeler zijn storende lagen tijdelijk op te heffen. Vervolgens is het zaak om nieuwe bodemverdichting te voorkomen door te werken aan de Ca/Mg verhouding, bandenspanning, lichtere machines, ontwatering, bodemleven en diepwortelende gewassen.

### *Waterlopen optimaliseren*

Een te natte bodem is een koude en zuurstofarme bodem die makkelijk verdicht en waar bodemleven niet optimaal kan functioneren. Goede ontwatering is daarom belangrijk voor een goede bodem.

### *Diepwortelende gewassen telen*

Diepwortelende gewassen zijn in staat storende lagen op te heffen en zijn minder droogte gevoelig. Verder vergroten ze de bouwvoor waardoor nutriënten in de diepere grondlagen beschikbaar komen. Ook zorgt het uitgebreide wortelstelsel voor meer en een diverser bodemleven. Voorbeelden van functionele graskruiden en voedergewassen zijn: Smalle weegbree, Cichorei, Wilde peen en Rodeklaver.

## **Gewas**

### *Kali in 1e snede verlagen door drijfmest verdelen*

Veel 1e snede graskuilen bevatten een hoog Kali. Hoog Kali in een rantsoen kost drogestofopname van het vee en is samen met nitraat een enorme belasting voor de koe (kali-nitraat-syndroom). Bij hoge Kali rantsoenen wordt extra magnesium gevoerd om kopziekte te voorkomen. Extra magnesium in de kringloop draagt bij aan de verslechtering van het Ca/Mg verhouding in de bodem.

### *Gewasbescherming alleen pleksgewijs*

Gewasbeschermingsmiddelen zijn over het algemeen slecht voor het bodemleven. Wanneer er toch moet worden ingegrepen kan er gekozen worden om dit pleksgewijs aan te pakken.

### *Voldoende ruwecelstof in gewas*

Bladrijk en dus stengelarm gras geeft een hoge passagesnelheid van het voer door de koe. Hierdoor krijgt de koe onvoldoende tijd om de nutriënten uit het gewas goed te fermenteren en te verteren. Daarnaast geeft meer ruwecelstof meer herkauw activiteit. Een goed herkauwende koe kan stikstof eiwit hergebruiken en in de pens aminozuren aanmaken. Te weinig celwanden maakt dat de C/N verhouding van mest niet optimaal is. Goede mest heeft een C/N verhouding van >10

### *Minder grasland scheuren*

Bij het scheuren van grasland wordt organischestof versneld afgebroken en komt er stikstof vrij. Ook gaat er bodemleven verloren. Blijvend grasland heeft de voorkeur.



### *Droger inkuilen*

Door droger in te kuilen vind er minder fermentatie plaats in de graskuil waardoor er meer restsuiker overblijft voor de koe. De DVE/OEB verhouding in de graskuil zal gunstiger zijn waardoor de stikstofefficiëntie van de koe beter is.

### *Broei voorkomen*

Broei is energie verlies. De energie (snelle koolhydraten eerst) die verloren gaat komt niet beschikbaar voor de koe. Ook is een broeierige kuil minder smakelijk waardoor de drogestof opname tegen zal vallen. In bepaalde omstandigheden wordt bij het broeien van voeders micotoxines gevormd die schadelijk kunnen zijn voor de koe en bodem.

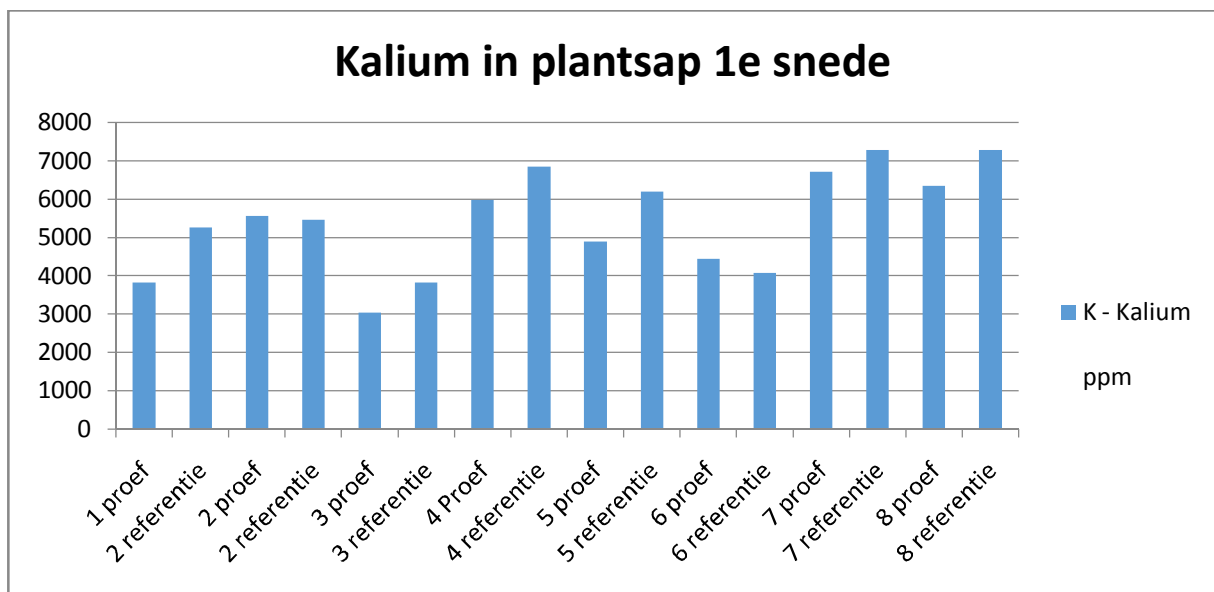
## Plantsapmetingen

Met een plantsapmeting wordt op snelle en nauwkeurige wijze de actuele opname van voedingsstoffen in de plant geanalyseerd. Met de plantsapmetingen zijn we op zoek naar verschillende trends zoals de kwaliteit van het eiwit door aangepaste bemesting tussen doel en referentie perceel. Daarnaast geven bepaalde nutriënten de activiteit van het bodemleven weer. Naast de plantsap meting is de gewasopbrengst bepaald doormiddel van een graslandhoogtemeter en is de deelnemers gevraagd om een graslandgebruikskalender bij te houden.



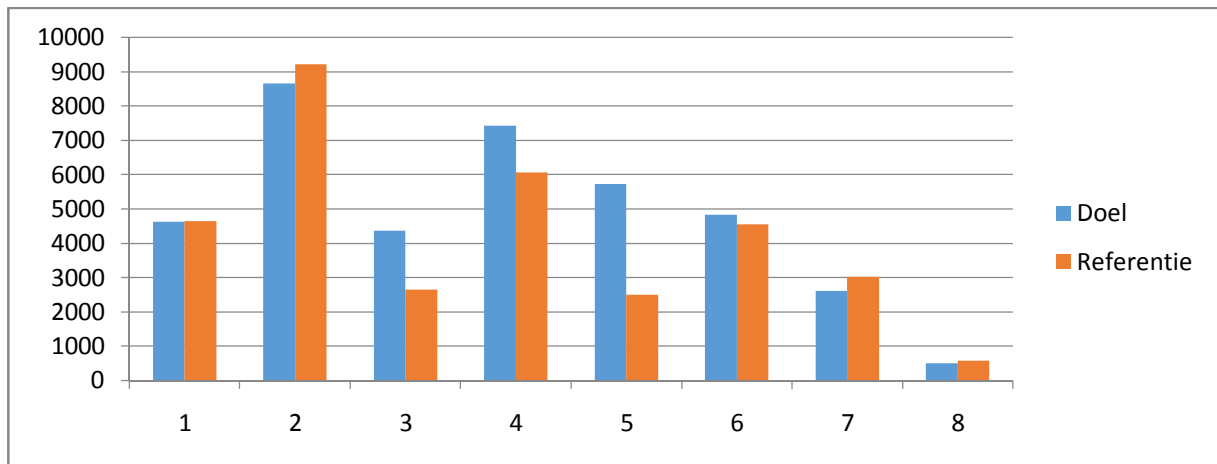
*Graslandhoogtemeter voor opbrengstbepaling*

Uit een eerste verkenning van de data blijkt dat de Kali en Nitraat waarden in het plantsap hoog zijn en dat dit tijdens het groeiseizoen nog oploopt. Ook zijn sporenelementen waaronder Molybdeen laag. Molybdeen is belangrijk voor de omzetting van Nitraat naar eiwit in het gewas. In onderstaande grafiek is duidelijk te zien dat de Kalium gehalten hoog zijn. De deelnemers is gevraagd om de drijfmest over het seizoen te verdelen op het proefperceel en het referentieperceel regulier te bemesten. Op het proefperceel is dus in de meest gevallen voor de 1e snede minder drijfmest uitgereden wat resulteert in gemiddeld 13 procent minder kalium in het plantsap.



*Kalium gehalte in plantsap van de eerste snede periode mei juni. (K-Kalium ppm)*

Dat 2020 een bijzonder groeiseizoen was is te herleiden uit de graslandopbrengsten. De muizenschade van 2019 en de droge zomer van 2020 hebben veel effect gehad. Ook hebben een aantal bedrijven te maken met opbrengstverliezen door ganzen. Een aantal bedrijven hebben weidegang toegepast op het doel- en referentieperceel. Vooral bij standweiden (bedrijf 8) blijkt het lastig om de drogestof opbrengst te meten en is de opbrengst van weiden een schatting. De doelparcelen hebben gemiddeld 17 procent meer grasopbrengst.



*Grafiek met graslandopbrengsten, totaal (2020) kg drogestof per hectare van de 8 pilotbedrijven.*

## Bijlage SoilSmart analysemethode

GroeiBalans maakt voor het bemonsteren van bodems gebruik van de SoilSmart analysemethode. Deze methode bestaat uit drie losse analyses, te weten de Bodem Balans Analyse (BBA), Nova Bioscan en Chroma analyse, die samen een compleet beeld geven van de toestand van de bodem. Nadat het protocol voor het bemonsteren is beschreven, worden in dit hoofdstuk de drie onderdelen van SoilSmart nader toegelicht. Deze toelichting geeft de basisprincipes weer voor de drie analyses zoals deze ook worden toegepast in de landbouw.

### 1.1 Monstername

De bemonstering wordt op een standaardwijze (protocol) uitgevoerd. Van elk perceel wordt met een Eijkelkamp guts van 20 centimeter lang en  $\varnothing 16\text{mm}$ , bodemmateriaal verzameld. Elke steek bevat grond van 0 tot -20 cm ten opzichte van het maaiveld. Er wordt gewerkt met een frequentie van gemiddeld 40 steken per hectare. De op deze manier verzamelde grond wordt gemengd in een emmer (mengmonster) en hiervan worden monsters van 1 liter opgestuurd naar het laboratorium.

Bodemmonsters steken is, vergelijkbaar met een vegetatieopname, een selectief proces waarbij een zo homogeen mogelijk bemonsteringsvlak wordt gekozen afhankelijk van de opdracht en op basis van *expert judgement*.

### 1.2 BodemBalans Analyse

De bodembalans-analyse is gebaseerd op de Albrecht-methode en geeft inzicht in de verhoudingen van mineralen en sporenelementen zoals deze in de bodem voorkomen. William Albrecht, een Amerikaanse bodemdeskundige, heeft in de eerste helft van de 20<sup>e</sup> eeuw een eigen visie op bodemvruchtbaarheid ontwikkeld (Albrecht 1975). De Albrecht-methode kijkt niet alleen naar de absolute hoeveelheden van elementen in de bodem, maar kijkt juist ook naar de verhouding tussen de elementen. Als een bepaald element in hoge concentraties in de bodem voorkomt, kan dat de opname van andere elementen door de plant verhinderen, of juist bevorderen. Er is dan sprake van een onbalans. Een bodem die niet in balans is, kan de plant onvoldoende voeden, mede doordat de opname van sporenelementen wordt bemoeilijkt. Alleen wanneer de verhoudingen van de elementen calcium, magnesium, kalium en fosfor in balans zijn, is de plant in staat goed sporenelementen op te nemen. De balans wordt mede bepaald aan de hand van de CEC en TEC. De CEC, het uitwisselingscomplex, bepaalt de capaciteit van de bodem om voedingsstoffen te binden en vast te houden. De verhouding waarin de belangrijkste kationen op het uitwisselingscomplex voorkomen is bovendien een belangrijke factor voor de bodemstructuur en het zuurbufferend vermogen van de bodem.

In het laboratorium wordt een bodemmonster met behulp van verschillende extractiemethodes geanalyseerd zodat de absolute voorraad aan nutriënten en sporenelementen in de bodem kan worden bepaald. Met de zogenaamde Mehlich-3 extractie worden de concentraties fosfaat, calcium, magnesium, kalium, natrium en de meeste sporenelementen bepaald (Gregorich & Carter 2006). De

Mehlich-3 extractie methode is een gangbare en veel gebruikte zuurextractie waarbij in een keer een groot aantal concentraties van elementen in een bodemonmonster in kaart kan worden gebracht.

Een bodem bestaat uit drie verschillende fracties waarin chemische elementen voorkomen; de inerte, reactieve en beschikbare fractie. De inerte fractie wordt gevormd door elementen die zitten "opgesloten" in kristalroosters, recalcitrante organische stof en sterke adsorbtiecomplexen. De reactieve fractie bestaat voornamelijk uit ionen die zijn geadsorbeerd aan bodemdeeltjes in vaste fase en makkelijk oplosbare zouten en mineralen. De beschikbare fractie bestaat voornamelijk uit elementen die zijn opgelost in het bodemvocht. Chemische extracties, zo ook Mehlich-3 en de overige extracties die bij de bodembalans analyse worden toegepast, zijn ontworpen om een representatieve afspiegeling te geven van de verschillende fracties in de bodem.

De meeste extractiemethodes correleren in meer of mindere mate met elkaar. Mehlich-3 is in verschillende studies vergeleken met andere extractiemethodes (Gregorich & Carter 2006). Voor wat betreft fosfaat is de Mehlich-3 extractie bijvoorbeeld vergeleken met P-Olsen. Uit onderzoek van de Iowa State University komt een sterke correlatie tussen Mehlich-3 en P-Olsen naar voren van  $R = 0,92$  bij een pH-H<sub>2</sub>O lager dan 7,4 (Mallarino 1997).

Mehlich 3 kan niet alle elementen goed bepalen. Daarom worden er aanvullende extracties uitgevoerd. Ook dit zijn gangbare en veel toegepaste extractiemethodes. Met behulp van een KCl oplossing wordt de aluminium concentratie bepaald, met azijnzuur het gehalte silicium en met pentetinezuur (DTPA) de concentraties molybdeen en kobalt.

Naast het vaststellen van de absolute hoeveelheden elementen in de bodem, worden de CEC en TEC bepaald. De CEC (*Cation Exchange Capacity*), oftewel de kationenuitwisselingscapaciteit, is het vermogen van de bodem om positief geladen ionen te adsorberen en uit te wisselen met de bodemoplossing. Kleideeltjes en organische stof hebben negatief geladen oppervlakken die positief geladen ionen (kationen) aantrekken. De kationen die op deze manier in de bodem worden vastgehouden, zijn niet alleen belangrijk als voedingsstof voor de plant maar bepalen ook mede het zuurbufferende vermogen van de bodem, het vermogen van de plant om voedingsstoffen op te nemen en de structuur van de bodem. Er bestaan van nature "zware" en "lichte" bodems, die respectievelijk een grote en kleine CEC bezitten. Bodems met een groot aandeel klei hebben veel oppervlakken waar kationen aan geadsorbeerd kunnen worden en worden daardoor zware bodems genoemd. Zandbodems zijn opgebouwd uit grotere bodemdeeltjes die niet negatief geladen zijn en hebben daardoor veel minder adsorptie capaciteit. Zandbodems worden logischerwijs lichte bodems genoemd. De concentraties van de belangrijkste kationen, calcium, magnesium, kalium, natrium, aluminium en waterstof, worden bij elkaar opgeteld en bepalen samen de CEC. Hiervoor moet wel ook de TEC worden bepaald, zodat bekend wordt hoe groot het aandeel waterstof ionen ophet uitwisselingscomplex is.

De TEC, ook wel gebufferde CEC genoemd, is een maat voor de potentiële hoeveelheid kationen die in de bodem aan het uitwisselingscomplex kunnen worden geadsorbeerd. Calcium, magnesium, kalium, natrium, aluminium en waterstof zijn de belangrijkste kationen in de bodem. Bij de bepaling van de gebufferde CEC wordt de pH van het monster naar 8,1 gebracht en wordt het totaal aantal adsorbtieplaatsen gemeten door eerst het monster te verzadigen met barium en vervolgens een magnesiumsulfaatoplossing toe te voegen. De magnesium adsorbeert aan het uitwisselingscomplex en de sulfaat bindt aan barium. Het concentratieverschil tussen het toegevoegde en teruggevonden

magnesium bepaalt de waarde van de TEC. Door de TEC en de CEC naast elkaar te leggen wordt bepaald hoeveel  $H^+$  op het uitwisselingscomplex vastzit. Een belangrijk onderdeel van de Albrecht methode en de bodembalans analyse is het berekenen van het percentage die de verschillende kationen uitmaken van de totale CEC bezetting. De verhoudingen tussen de kationen zijn belangrijk voor de toestand van de bodem, zoals in hoofdstuk 3 en ook bij de behandeling van de individuele percelen zal blijken.

Tot slot wordt in de bodembalans-analyse ook het organische stof gehalte bepaald door een deel van het monster te verhitten tot 360 graden Celsius na het eerst 24 uur te hebben gedroogd bij 43 graden. Het verschil in gewicht (gloeiverlies) van het monster voor en na verhitting bepaalt de concentratie organische stof. Ook wordt de pH van de bodemoplossing gemeten. De pH is dus pH  $H_2O$ .

Als eenheid wordt kilogram per hectare (kg/ha) aangehouden. Voor de uitvoering van de geadviseerde maatregelen is dit een praktische maatvoering omdat van hieruit de hoeveelheden mineralengiften eenvoudig berekend kunnen worden.

### 1.3 Nova-Bioscan

Met een Nova-Bioscan wordt de toestand van het bodemleven in een bodem bepaald. De Bioscan is gebaseerd op het werk van de Amerikaanse bodembiooloog Elaine Ingham. Ingham heeft in de jaren '80 een techniek ontwikkeld om het bodemleven in kaart te brengen ([www.soilfoodweb.com](http://www.soilfoodweb.com)). De bioscan is op deze techniek gebaseerd en door het bedrijf Horti Nova verder doorontwikkeld.

Van een mengmonster wordt volgens een vast protocol een klein volume bodemmateriaal opgelost in water en gedurende een vaste tijd geschud. Vervolgens worden er zes druppels uit het opgeloste monster op een glaasje geplaatst. Deze worden bij een standaardvergroting onder een microscoop bekeken en geplot. In willekeurige stukjes binnen een druppel wordt de aanwezigheid van 50 parameters vastgelegd. Deze parameters bestaan voor een deel uit soorten die indicatief zijn voor de hoofdgroepen. Van een aantal belangrijke groepen binnen het bodemleven; bacteriën, schimmels, protozoa en nematoden, wordt op deze manier de aanwezigheid en diversiteit bepaald en voorzien van een "score" op een schaal van 0-6. Deze score is een beoordeling van de kwaliteit van de bodem op basis van een vast referentiebeeld.

Het bodemleven speelt een belangrijke rol in de opname van mineralen door de plant, de opbouw van de bodemstructuur en de afbraak en omzetting van organisch materiaal. Het voorkomen en de diversiteit van de verschillende groepen organismen vertelt iets over de kwaliteit van de bodem en de vertering die in de bodem plaatsvindt. De aanwezigheid en diversiteit van de in de bioscan onderzochte soortgroepen, geeft informatie over de vertering en de gezondheid van de bodem (zie hoofdstuk 3). Zo kan een tekort aan nematoden duiden op structuurproblemen van de bodem. Nematoden maken gebruik van de ruimte tussen bodemdeeltjes om zich te kunnen bewegen. In een bodem met onvoldoende structuur, ondervinden de nematoden problemen bij het verplaatsen. Deze bodems bevatten hierdoor weinig van deze bodemorganismen, hetgeen doorwerkt in het hele bodemecosysteem. De aanwezigheid van schimmels zorgt ervoor dat mineralen in de bodem vast worden gehouden en voor planten beschikbaar zijn. Een gebrek aan schimmels leidt tot uitspoeling van mineralen en tekorten voor de plant. Schimmels zijn verantwoordelijk voor de beschikbaarheid

van mineralen voor de plant, doordat de anorganische mineralen worden “ingepakt” in de organische wereld. Bacteriën spelen op hun beurt een belangrijke rol in de omzetting van organische verbindingen. Bacteriën vormen de hoofdgroep voor wat betreft de vertering en zijn daarmee erg belangrijk bij het ontstaan van nieuwe organische verbindingen. Protozoa spelen onder andere een belangrijke rol bij de omzetting van nitraat in eiwit gebonden vormen van stikstof, waaronder ammonium. Over het algemeen kan gesteld worden dat de zuurstofrijke organismen in het bovenste deel van de bioscan de plant ondersteunende organismen zijn die gestimuleerd moeten worden voor een diverse vegetatie. De zuurstofarme groepen in het tweede deel van de bioscan zijn juist de bedreigende, vaak parasitaire en ziekteverwekkende organismen die niet gunstig zijn voor de vegetatieontwikkeling.

## 1.4 Chroma-analyse

Een chroma analyse is een techniek waarbij een fotografisch beeld van de bodem wordt gemaakt met behulp van een filtreerpapier en zilvernitraat (zie Bijlage 5 voor een voorbeeld van een chroma). Een bodemmonster wordt volgens een vast protocol opgelost in een natronloog oplossing en vanuit het middenuitgevoerd over een van te voren met zilvernitraat geprepareerd rond filtreerpapier. Onder de invloed van licht kleurt het zilvernitraat in reactie met de stoffen uit het bodemmonster, vergelijkbaar met een fotoafdruk, in een bepaald patroonvondkere en lichte tinten. Een chroma bestaat uit 4 zones (van buiten naar binnen), waarbij elke zone afzonderlijk, alsook de overgangen en interacties tussen de zones, informatie geeft over de gesteldheid van de bodem. De samenhang en interacties tussen de bodembioïologie, organische stof en mineralen wordt in één beeld gevat. Hieronder volgt een beschrijving van de verschillende zones.

### **Centrale zone:**

De vierde en centrale zone geeft een beeld van de algemene bodemvruchtbaarheid. De centrale zone is wit van kleur wanneer er sprake is van een vruchtbare bodem. Is deze bruin of donker van kleur, dan is de bodemgesteldheid verstoord. Een lichtgekleurde of witte centrale zone laat zien dat het zilvernitraat niet gereageerd heeft met de metalen, sporenelementen en mineralen die vrij in de bodemoplossing zitten. Wanneer de mineralen goed gebonden zitten aan de organische stof dan vloeien de mineralen met het (lichter van gewicht zijnde) organisch materiaal mee naar de buitenkant van het het infiltreerpapier. Het centrum blijft in dit geval licht van kleur. Een donkere centrale zone in een chroma laat zien dat de mineralen niet goed gebonden zijn aan de organische stof waardoor deze dicht bij het uitvloeipunt tot stilstand komen.

### **Binnenste zone:**

De derde of binnenste zone toont de mate van doorluchting en het vochtvasthoudend vermogen van de bodem. Hiermee wordt de structuur bedoeld die door bodemorganismen wordt opgebouwd. In een aerobe bodem, met een voldoende open structuur, zijn duidelijke radiaallijnen aanwezig. Dit zijn lijnen die vanuit het midden van het chroma naar buiten lopen. Als deze lijnen niet aanwezig zijn, is de doorluchting van de grond en het vochtvasthoudend vermogen minder groot en zal de bodem waarschijnlijk verdicht zijn.

**Middelste zone:**

De tweede of middelste zone schetst een beeld van het bodemleven en de activiteit hiervan. De rand van deze tweede zone is bij een gezonde bodem stekelig en breed. Is deze rand smal en zonder scherpe tanden, dan is het bodemleven matig ontwikkeld.

**Buitenste zone:**

De eerste en buitenste zone geeft de toestand van organische stof weer. Wanneer er sprake is van jonge humus, bestaande uit aminozuren, enzymen en eiwitten die recent is gevormd door het bodemleven uit koolstof en mineralen, dan is de rand lichtbruin of beige van kleur en heeft een typische "wolkjes" structuur. Verse, niet omgezette of al geoxideerde organische stof uit zich in een donkerbruine rand in deze zone.



## Bijlage II. Bokashi

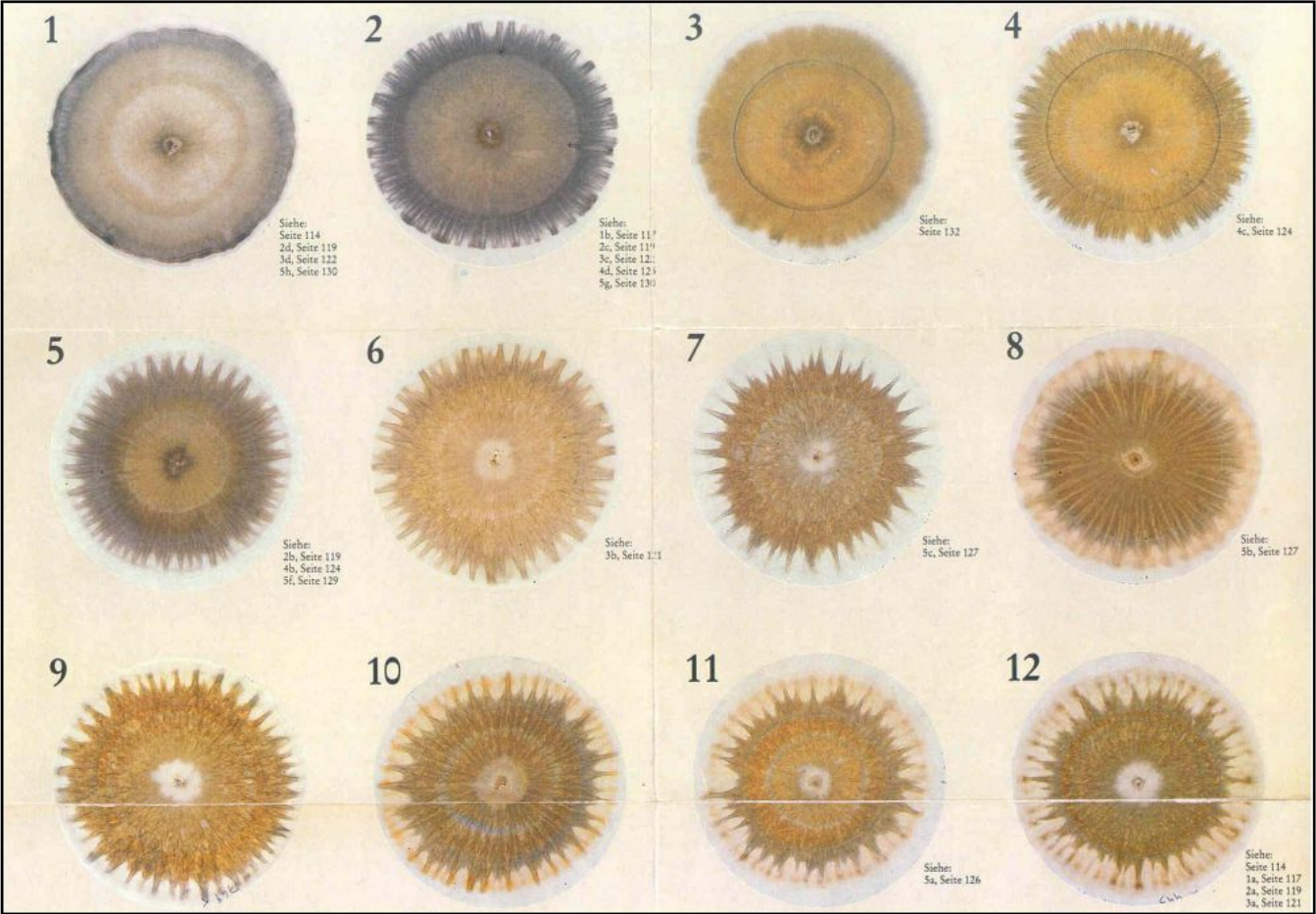
Bokashi is Japans voor “goed gefermenteerd organisch materiaal”. Organisch materiaal, bijvoorbeeld maaisel, wordt op een hoop gelegd en luchtdicht afgesloten. Door toevoeging van micro-organismen komt een fermentatieproces op gang. De organische stof wordt als het ware “voorverteerd”, waarbij nuttige stofwisselingsproducten van de micro-organismen ontstaan.

Bokashi is geschikt als bodemverbeteraar en is een voedingsbron voor het bodemleven. Het verhoogt de microbiële diversiteit in de bodem en voorziet planten van voedingsstoffen, zoals natuurlijke antibiotica, groeihormonen, vitamines en aminozuren. Planten krijgen zo meer energie en een grotere weerbaarheid tegen schadelijke bacteriën en schimmels.

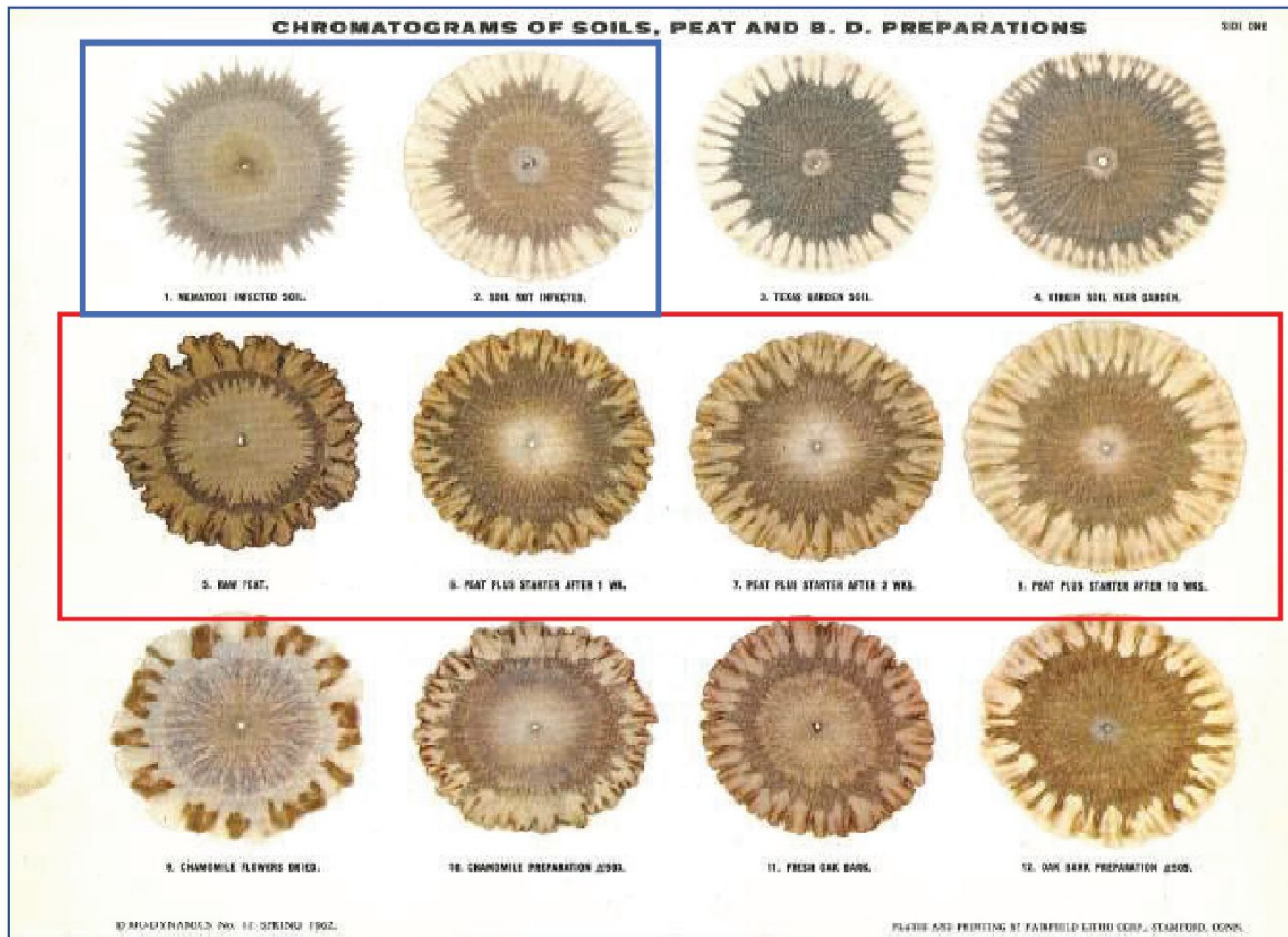
Het advies is om de Bokashi in het najaar toe te passen in voldoende verkleinde vorm, wanneer de bodem vochtig is. Het bodemleven is in het najaar actief en het materiaal zal hierdoor zo snel mogelijk worden verteerd. Door het materiaal voldoende te verkleinen en onder vochtige omstandigheden uit te rijden, wordt het materiaal nog sneller verwerkt en opgenomen in de bodem en wordt voorkomen dat de wind er onder slaat.

Bijlage III. Standaardreeks Chroma's

Standaard reeks chroma's zand



Standaard reeks chroma's veen



## Bijlage IV. Begrippenlijst Adviesloket Bodem & Natuur

BEGRIJF	DEFINITIE
0-meting	Meting van de uitgangssituatie, voordat ingrepen, wijzigingen of verder onderzoek hebben plaatsgevonden.
Albrecht methode	Chemische bodemanalyse waarbij de potentiële productiviteit van een bodem wordt bepaald op basis van het onderscheid tussen direct oplosbare voedingsstoffen en aan organische stof en klei geadsorbeerde voedingsstoffen. De focus ligt hierbij op de balans tussen mineralen in de bodem.
Biologisch plant beschikbaar	Door het bodemleven organisch gebonden voedingsstoffen die in vraag en aanbod mechanismes in bodemnetwerken tussen plant en bodemleven worden uitgewisseld.
Bodem-balans analyse	Methode om de balans tussen mineralen en sporelementen in de bodem te bepalen.
Bodembioïologie	Al het leven in de grond, zoals wormen, larven, bacteriën, aaltjes en schimmels.
Bodemchemie	Chemische samenstelling van de bodem; de verhouding tussen de chemische componenten bestaande uit elementen en de processen hiertussen.
Bodemecosysteem	Het systeem van interacties tussen bodemleven, planten, en de fysische omgeving in de bodem.
Bodemleven	Zie bodembioïologie.
Bodemmineraal	Een bodemmineraal is een vast anorganische bodemdeeltje dat kan bestaan uit een kristallijn primaire mineraal, secundair kleimineraal of zout. In de praktijk worden ook de elementen waaruit het bodemmineraal is opgebouwd aangeduid met de term mineraal.
Bodem-plant-interactie:	De interactie tussen plant, bodembioïologie en bodemchemie.
Bodemstructuur	De bodemstructuur is de rangschikking en samenhang van de vaste gronddeeltjes in verhouding met lucht en water. De vaste gronddeeltjes bestaan uit mineralen en organische stof. De bodemstructuur wordt gecreëerd door het bodemleven.
Bodemvitaliteit	Bodemvitaliteit is de toestand van de weerbaarheid van het bodemecosysteem (zie bodemweerbaarheid).
Bodemvruchtbaarheid	Bodemvruchtbaarheid is het vermogen van de bodem om een vegetatie van water en voedingsstoffen te voorzien. De mate van vruchtbaarheid wordt bepaald door de fysische, chemische en biologische eigenschappen van de bodem en de omgeving.
Bodemweerbaarheid	De bodemweerbaarheid is de natuurlijke weerstand en stabiliteit van het bodemecosysteem tegen interne en externe invloeden, bijvoorbeeld tegen een pathogeen of stikstofdepositie.
Bokashi	Gefementeerd organisch materiaal dat ontstaat door aan een hoop vers organisch materiaal bacteriën, schimmels, ander bodemleven en een basisch mineraal toe te voegen. En deze vervolgens 8 tot 10 weken (langzaam) te laten fermenteren.
CEC	De kationenuiwisselingscapaciteit, afgekort tot CEC (Cation Exchange Capacity), is de capaciteit van de bodem om positief geladen ionen uit te wisselen met de bodemoplossing. Negatief geladen kleimineralen en organische stof deeltjes in de bodem trekken positief geladen ionen (als Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , H <sup>+</sup> en Al <sup>3+</sup> ) aan.
Chroma (chromatografie)	Een bodemextract trekt in een met zilvernitraat voorbehandeld filtreerpapier en geeft dan een beeld, een chroma, van de bodem. Met deze methode wordt de samenhang tussen de bodem, humus en het bodemleven in beeld gebracht.
Compost	Verteerd organisch materiaal dat direct beschikbaar is voor de bodem om op te nemen als nutriënten.
Doelsoort	Een soort waarvan het behoud, herstel, of terugkeer in een bepaald gebied als doelstelling van het beheer wordt gezien.
eDNA Analyse	eDNA staat voor environmental DNA. eDNA is DNA dat in het milieu (bijvoorbeeld in een bodemmonster) aanwezig is. eDNA kan afkomstig zijn van dieren of planten die sporen van DNA achterlaten in het milieu, of van micro-organismen die als geheel in het monster aanwezig zijn. Zonder het organisme waar te nemen of te isoleren, kan de aanwezigheid door middel van eDNA aangetoond worden.

BEGRIJ	DEFINITIE
Humus	Stabiele organische stof geproduceerd door bodemorganismen uit plantaardig materiaal, bestaande uit onder andere humuszuren, aminozuren en complexe koolwaterstoffen. Vaak wordt het woord humus gebruikt als synoniem voor compost, dit is onjuist.
Humuszuur	Humuszuren zijn een klasse van hele stabiele verbindingen in de bodem die gemaakt zijn door het bodemleven uit volledig verteerd organisch materiaal.
Indicatorsoort	Een soort die bepaalde milieumstandigheden aangeeft doordat deze hier karakteristiek op reageert.
Klei-Humus Complex	Het totaal van negatief én positief geladen organische stofdeeltjes en bodemmineralen waaraan kationen en anionen geadsorbeerd zitten.
Natuurdoeltype / -ambitie	Type natuur waar de beheerder naar toe wil.
Nova-bioscan	Onder een microscoop wordt volgens een vast protocol de aanwezigheid van micro-organismen zoals schimmels en bacteriën in een bodemmonster beoordeeld.
N-Totaal	De totale hoeveelheid stikstof, zowel organisch gebonden als anorganisch, in de bodem.
Organische mest	Organische mest die is opgebouwd uit natuurlijke grondstoffen die afkomstig zijn van dierlijk en/of plantaardig materiaal.
Organische stof	Al het levende en dode materiaal in de grond van organische herkomst. Hoofdzakelijk van plantaardige oorsprong en variërend van levend materiaal (wortels, bodemleven) tot plantenresten in verschillende statia van afbraak en omzetting.
pH	pH is een maat voor de zuurgraad. De pH wordt bepaald door de hoeveelheid H <sup>+</sup> ionen in de bodem. Er zijn een aantal manieren om pH te meten.
pH H2O	pH H2O meet de vrije H <sup>+</sup> ionen in de bodem en niet de H <sup>+</sup> gebonden aan het klei-humus complex. De pH H2O is gemiddeld 0,7 (0,3-1,1) hoger dan pH KCl. pH H2O is internationaal de meest gangbare methode.
pH KCl	pH KCl meet alle H <sup>+</sup> ionen in de bodem en is daarmee lager dan pH H2O. In Nederland en Vlaanderen is pH KCl gangbaar.
Plant beschikbaar	Plant beschikbaar betekent de voedingsstoffen die in het bodemwater opgelost zijn en direct door de plant opgenomen kunnen worden.
P-Olsen	P-Olsen is een extractiemethode waarbij een benadering van het plant beschikbare deel van het fosfaat in de bodem wordt bepaald. P-Olsen meet fosfaat opgelost in het bodemwater, fosfaat geadsorbeerd aan het klei-humuscomplex en een deel van het organisch gebonden fosfaat.
Potentieel natuurlijke vegetatie (PNV)	De PNV beschrijft hoe de vegetatie eruit zou zien op basis van standplaats, biotische en abiotische factoren, zonder menselijke tussenkomst en grote verstoringen.
Referentiegebied	Gebied in de omgeving van het projectgebied met overeenkomstige abiotische omstandigheden, maar een beter ontwikkelde flora en/of fauna dat gebruikt kan worden als voorbeeld voor het projectgebied.
TEC	CEC inclusief H <sup>+</sup> ionen.
Vitale bodem	zie bodemvitaliteit.
Waterbergend vermogen van de bodem	Capaciteit van de bodem om water te absorberen tot het niveau waarop het op maaiveld blijft liggen en plasvorming optreedt.
Weerbaarheid	zie bodemweerbaarheid.

Bron: Adviesloket Bodem & Natuur