

# Bodemscans voor precisielandbouw

Vergelijking van sensorsystemen in Slootdorp 2019



Ferry Tigchelhoff  
Corné Kempenaar  
Gilian van Essen  
Guus de Kleijne  
Erwin Russcher  
Sylvan Nysten

Dronten, 10 augustus 2020  
Versie: Definitief



**AERES**  
HOGESCHOOL  
DRONTEN

## Samenvatting

Vanuit de ondernemers van Nationale Proeftuin Precisie Landouw (NPPL) kwam de vraag om verschillende sensorsystemen voor het maken van bodemscans/-kaarten te vergelijken op één en hetzelfde perceel. De vraag speelt met name in op wat de nauwkeurigheid van de bodemscans is en wat mogelijke toepassingen van de verkregen bodeminformatie zijn. Er zijn op het moment diverse leveranciers van bodemscans. Zij gebruiken daarvoor verschillende sensorsystemen, maar wat de precieze mogelijkheden zijn van deze kaarten is niet altijd duidelijk voor de eindgebruikers. Door op één perceel de sensorsystemen te vergelijken, is getracht om dit in een praktijksituatie inzichtelijk te maken. Hierbij zijn de volgende sensorsystemen en leveranciers van bodemscans/-kaarten meegenomen, op een zelfde wijze als in een onderzoek in 2018:

- Passieve Gamma Bodemscanner – Loonstra & van der Weide
- Veris MSP3 – Vantage Agrometius
- BioScope remote sensing – Bioscope
- SoilXplorer – CNH
- Dualem 21 S – Loonwerk GPS (overgegaan naar Soil Masters per 2020)

Om de nauwkeurigheid van de bodemscans te analyseren, zijn er op één perceel met tarwestoppel van een akkerbouwbedrijf in de Wieringenmeer in augustus 2019 een aantal bodemscans uitgevoerd. Daarbij is de leveranciers gevraagd om, indien mogelijk, digitale kaarten van de ruimtelijke variatie in organische stof, lutum en pH op te leveren. In dezelfde periode zijn op het perceel grondmonsters genomen en deze zijn geanalyseerd op organische stof, lutum en pH in een bodemanalyse-laboratorium. De nauwkeurigheid van geleverde kaarten is bepaald met regressieanalyse. De data van de bodemscans is vergeleken met de data van de referentiemonsters. Per kaart zijn twee statistische parameters bepaald: de RMSE en  $R^2$ . Aan de hand van deze parameters plaatsen we de nauwkeurigheid van de bodescan-kaarten in perspectief.

Drie van de vijf sensorsystemen konden pH, lutum en/of organische stof kaarten leveren. De belangrijkste conclusie is dat de absolute fouten, zoals bepaald met de statistische parameter RMSE, klein zijn in de pH, het o.s en het lutum kaarten. Dit betreft met name het Veris sensorsysteem (EC-, NIR en pH sensor) en het systeem van Loonstra & van der Weide (gammastraling-sensor). Het bodemscansysteem van Veris komt als beste uit de analyse, op kleine afstand gevolgd door het systeem van Loonstra & van der Weide. Wat betreft lutum-kaarten scoorden deze twee systemen vergelijkbaar. Opvallend is dat met remote sensing door het bedrijf BioScope ook een redelijk goede lutum-kaart geleverd kan worden. Ook op organische-stof- en pH-kaarten scoorde Veris qua nauwkeurigheid het beste, waarbij aangetekend dat pH-kaarten het minst nauwkeurig waren van de drie bodemparameters die onderzocht werden. Hier is nog een verbeteringslag gewenst.

Loonwerk GPS levert in principe een opbrengstpotentiekaart op basis van geleidbaarheidsmetingen. SoilXplorer levert kaarten die afgeleid zijn van de geleidbaarheidsmeting. Bij deze kaarten is een interpretatieslag door de boer of zijn adviseur nodig.

In het rapport geven we tevens de andere kaarten die de kaartenleveranciers bieden. We hebben deze niet gevalideerd.

## Inhoud

Samenvatting.....	2
1. Inleiding.....	5
1.1. Bodemfactoren & precisielandbouw .....	5
1.2. Bodemscanmethodes & bodemkaarten .....	5
1.3. Onderzoeksvraag.....	7
2. Materiaal en methoden.....	9
2.1. Ligging en bodem van het proefperceel.....	9
2.2. Algemene bodembeschrijving.....	9
2.3. Vergelijkmethode.....	10
3. Resultaten bodemmetingen referentiemonsters .....	13
3.1. Passieve gamma bodemscanner Loonstra & Van der Weide .....	15
3.1.1. De pH.....	16
3.1.2. Organische stof.....	18
3.1.3. Lutum.....	19
3.2. Veris MSP3 bodemscan Vantage Agrometius .....	21
3.2.1. De pH.....	22
3.2.2. Organische stof.....	24
3.2.3. Lutum.....	26
3.3. BioScope .....	29
3.3.1. Lutum-kaart.....	29
3.4. Samenvatting nauwkeurigheid pH, organische stof en lutum kaarten.....	31
4. Overige sensoren.....	33
4.1. SoilXplorer CNH .....	33
4.2. Dualem 21S scan Loonwerk GPS .....	37
5. Discussie .....	46
5.1. Passieve gamma bodemscanner Loonstra & Van der Weide .....	47
5.2. Veris MSP3 bodemscanner Vantage Agrometius.....	48
5.3. BioScope .....	49
5.4. Overige sensoren.....	49
5.4.1. CNH SoilXplorer .....	50
5.4.2. Dualem 21S Loonwerk GPS .....	50
5.5. Opmerkingen van de perceeleigenaar .....	50
5. Conclusies.....	51
6. Referenties .....	52
Bijlagen .....	53

Bijlage 1: BioScope overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters .....	54
Bijlage 2: Loonstra overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters .....	55
Bijlage 3: Veris overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters .....	58
Bijlage 4: Voorbeeld analyse Bemestingswijzer basis bouwland .....	59

## 1. Inleiding

Nederland is de tweede grootste landbouwexporteur van landbouwproducten ter wereld dankzij o.a. een zeer productieve en efficiënte landbouwsector. Het overgrote deel van de productie wordt geëxporteerd. En zo draagt de Nederlandse land- en tuinbouw bij aan wereldwijde voedselzekerheid. Maar er is een keerzijde. Om in de toekomst ook voldoende opbrengst van percelen te kunnen halen, en tegelijkertijd de ongewenste neveneffecten van de productie omlaag te brengen, is het noodzakelijk om o.a. efficiënter om te gaan met de hulpmiddelen, emissies te minimaliseren en biodiversiteit te optimaliseren. Precisielandbouw (PL) is hierbij een belangrijke pijler om te komen tot de gewenste situatie van kringlooplandbouw (KLL). PL is een bedrijfs-managementconcept waarmee zo goed mogelijk op de ruimtelijke en temporele variatie binnen een perceel of gewas gestuurd wordt binnen bedrijfseconomische en maatschappelijke kaders.

Om de variatie in bodems en/of gewassen in kaart te brengen, zijn nauwkeurige en kosteneffectieve sensorsystemen nodig. Een voorbeeld van dergelijke sensorsystemen zijn bodemscansystemen die o.b.v. metingen met sensoren en slim datagebruik bodemkaarten leveren. Al enkele jaren zijn deze systemen op de markt, maar er zijn ook nog veel vragen over de kwaliteit, bruikbaarheid, inpasbaarheid, kosten en baten. Het project Nationale Proeftuin Precisielandbouw (NPPL) heeft in 2018 in een veldproef een eerste vergelijkend warenonderzoek gedaan op zavelachtige grond aan producten van leveranciers van bodemkaarten (Nysten & Kempenaar, 2019). In 2019 is het onderzoek herhaald op een andere grondsoort, te weten kleigrond. Over deze tweede proef wordt in dit rapport gerapporteerd.

### 1.1. Bodemfactoren & precisielandbouw

Om gewasgroei op percelen te optimaliseren, is het belangrijk om alle bodemfactoren ruimtelijk en in de tijd goed in kaart te hebben. Hier kan namelijk op ingespeeld worden met bijvoorbeeld invulling van plantdichtheid, onkruidbestrijding en bemesting. Om inzicht te krijgen in de variatie in de bodem zijn er verschillende meetmethodes c.q. bodemscansystemen op de markt. De oudste en meest gangbare meetmethode is het nemen van grondmonsters van het perceel en deze als mengmonster te laten analyseren met een klassieke chemische analyse-methode in een laboratorium. Hierbij wordt er globaal per 5 ha een grondmonster 'geprik' en als mengmonster geanalyseerd. Het aantal te nemen monsters per ha is situatie- en regelgeving-specifiek. Om een ruimtelijk beeld te krijgen van de bodem van een perceel, kan er gebruik worden gemaakt van grid-bemonstering en sensoren/scanners (Heijting et al., 2010). Hierbij wordt het perceel opgedeeld in kleinere blokken (grids) en wordt er per grid een monster genomen en geanalyseerd. Het nadeel van deze meetmethode is dat de kosten snel kunnen oplopen bij veel grids (> 10) per perceel. Een tussenweg is grondmonsters verzamelen in 3 – 5 homogene eenheden/zones binnen het perceel. Zo kan je met zone-specifieke bemonstering en geo-statistiek in veel gevallen kosten-effectiever een voldoende nauwkeurige bodemkaart maken. Zonering kan met kennis van de boer, maar dat is moeilijk te objectiveren. In plaats daarvan worden steeds vaker de bodemscan-sensoren gebruikt om zonering te doen voor de bemonstering. Ieder bedrijf kiest daar vaak een eigen methode voor.

### 1.2. Bodemscanmethodes & bodemkaarten

Er zijn verschillende bodemscanmethodes op de markt (Kempenaar et al, 2018). Sensorsystemen die over het veld rijden en van dichtbij meten werken over het algemeen op basis van één of meerdere van de volgende meetprincipes: elektrische geleidbaarheidsmetingen, spectrale-reflectiometingen of een zuurgraad-meting (de pH van het bodemvocht). Sensorsystemen die op grotere afstand meten, zoals drone- of satellietwaarnemingen, werken over het algemeen met standaard kleurencamera's of met multi-spectrale camera's die spectrale-reflectie ook buiten het zichtbare gebied meten. Vanuit de

meetwaarden van de sensoren (de ruwe sensordata) kunne via rekenregels kaarten gemaakt die informatie over ruimtelijke variatie van organische stof, lutum of pH geven. Sommige aanbieders bieden andere parameters aan. In dit onderzoek richten we ons op de parameters organische stof, lutum en pH. Als er meer parameters aangeboden worden, dan maken we daar kort melding van in dit rapport.

Vanuit de deelnemers van NPPL kwam in 2018 de vraag om de verschillen tussen en nauwkeurigheid van bodemscansystemen te onderzoeken. Het onderzoek moet een beter beeld geven van de verschillende scanmethodes en welke het beste gebruikt kunnen worden op specifieke grondsoorten. Opvolgend op de in 2018 uitgevoerde proef op een perceel met zavelgrond in Ens (Nysten & Kempenaar, 2019; [https://www.youtube.com/watch?v=kwarCrFV\\_wE](https://www.youtube.com/watch?v=kwarCrFV_wE)), hebben we de proef in 2019 op eenzelfde wijze uitgevoerd op een kleigrondperceel in Slootdorp. Het perceel in Ens was een lichte zavelgrond in de Noordoost Polder. Het onderscheidend vermogen van de proef in Ens was gering omdat er relatief weinig variatie was in de bodemparameters binnen het perceel. De proef wordt daarom herhaald op een kleigrond met meer variatie in de Wieringermeer. In 2019 worden de volgende bodemscansystemen vergeleken (met tussen haakjes de leverancier):

- Passieve gamma-straling bodemscanner (Loonstra & van der Weide)
- Veris MSP3 bodemscanner (Vantage Agrometius)
- BioScope remote sensing (BioScope)
- SoilXplorer (CNH)
- Dualem 21 S bodemscanner (Loonwerk GPS/Soil Masters)

Hieronder worden de verschillende sensorsystemen kort toegelicht.

Voor het inzichtelijk krijgen van de bodem maakt het bedrijf Loonstra & van der Weide gebruik van de **Passieve Gamma sensor**. De resultaten van de sensoren worden gekalibreerd door middel van vier grondmonsters per perceel. Tijdens het scannen meet de bodemscanner de gammastraling van de bodem in het bereik van 0-3 Mega elektron Volt (MeV). Deze methode van scannen is een voortzetting van de scanner “De Mol” zoals die in 2001 door “The Soil Company” is ontwikkeld. Hoe hoger de meetwaarde, hoe hoger het organische-stof en/of lutum-gehalte. De sensor hangt doorgaans in de hef achter van een trekker ca. 30-40 boven het grondoppervlak. De rapportage die geleverd wordt door Loonstra & van der Weide met behulp van de scanner geeft informatie over de hoogteligging van het perceel, de grondsoort en de gemeten gammastraling. Verder bevat de rapportage kaarten van de variatie in nutriënten, de textuur en risico's zoals uitspoelingsgevoeligheid of slempgevoeligheid.

De **Veris MSP3 bodemscanner** is in Nederland geïntroduceerd door Vantage Agrometius. Deze bodemscanner kan in één werkgang via drie verschillende sensoren bodemvariabelen meten en de hoogteligging van een perceel in kaart brengen. De scanner is als het ware een werktuig wat in de hef van de trekker hangt en over het land getrokken wordt. Er kan met een snelheid van 8-10 km/h gereden worden. De bodemtextuur wordt in kaart gebracht door de elektrische geleidbaarheid van de bodem te meten. Dit gebeurt op twee verschillende dieptes, namelijk van 0-30cm en 0-90cm. De geleidbaarheid (EC) van de grond is afhankelijk van een aantal factoren in de bodem. Over het algemeen is de geleidbaarheid hoger naarmate er meer klei, vocht, o.s. en zouten in de grond zitten. Aan de hand van de geleidbaarheid levert Veris een lutumkaart. De Veris MSP3 bodemscan is tevens uitgerust met een sensor die pH kan meten. Hierbij wordt steeds een stuk grond tegen de sensor gehouden voor een bepaalde tijd. De derde sensor is een NIR-sensor waarmee organische stof (o.s.) bepaald kan worden. Op basis van de resultaten van de scan kunnen een aantal kaarten geleverd worden. Voor kleigronden zijn dat kaarten met het o.s. gehalte, lutumgehalte, hoogtekaart, CEC en de

EC van 0-30 cm diepte en van 0-90 cm diepte. Op zandgronden wordt daarnaast de pH kaart geleverd. De variatie wordt geduid via zonekaarten van de betreffende parameters.

Het bedrijf **BioScope** levert een seizoen lang informatiekaarten voor een perceel gebaseerd op satelliet- en dronebeelden. Onderdeel van de BioScope service is een bodemzone kaart. Op basis van een selectie aan winter-satellietbeelden van de kale bodem wordt o.a. met infrarood een analyse van de bodem gemaakt die vervolgens bewerkt worden tot bodemzonekaarten. De bodemzone kaart zoals die geleverd wordt, geeft inzicht in de ruimtelijke variatie in bodemstructuur binnen het perceel en kan daarmee gebruikt worden voor variabele dosering van bodem-gerelateerde behandelingen als bodemherbicide-sputten, compost toedienen of plaats specifiek zaaïen en poten. Ook kan er gekozen worden om met behulp van de bodemzone kaart per zone grondmonsters te nemen of een profielkuil te graven. Door middel van referentiemonsters kunnen bodemkaarten geleverd die informatie geven over ruimtelijke variatie in het klei, organische stof, CEC, Kalium en pH mits deze waarde een duidelijke ruimtelijk structuur kennen.

De **SoilXplorer** van CNH is een scanner die elektromagnetische geleidbaarheid van de bodem meet. De scanner meet de bodem op 4 verschillende dieptes: 0-0.25, 0.15-0.60, 0.55-0.95 en 0.85-1.15 meter. Bij deze scanner wordt er van uitgegaan dat de geleidbaarheid van de bodem hoger wordt naarmate er meer klei, vocht, organische stof (o.s.) en/of zouten in de bodem aanwezig zijn. De scanner hangt ongeveer 30 tot 40 centimeter boven het bodemoppervlak in de hef (voor of achter) en kan daarom bij een bewerking op het land scannen terwijl een andere werkzaamheid wordt uitgevoerd. De SoilXplorer is ISO-bus compatible en daarmee ook in staat om real-time een werktuig aan te sturen. CNH levert geen kaarten die de pH, o.s. of lutumgehalten direct weergeven. De SoilXplorer is alleen in staat om de geleiding in de bodem in kaart te brengen. CNH levert kaarten van geleidingsmeting op de vier genoemde dieptes plus een *Depth to Interface* kaart (aanduiding op welke diepte een verdichting of verandering in de bodemstructuur zit), een *Tillage* kaart, welke de optimale bewerkingsdiepte bepaald, een kaart die het relatieve watergehalte weergeeft en een zoneringskaart, waarbij de gebruiker zelf het aantal zones kan bepalen. CNH levert geen pH, lutum en organische-stofkaarten.

Loonwerk GPS (Soil Masters) maakt gebruik van een **Dualem 21 S systeem**. Dit systeem kan worden gezien als een sensor op een slee die achter een trekkend voertuig door het veld getrokken wordt. De sensor bestaat uit een magneet die geleidbaarheid meet. De geleidbaarheid wordt gemeten op verschillende dieptes, namelijk op 0.25m, 0.50m, 0.75m en 1.50m diepte. Deze scan levert voor kleigrond geen directe pH, organische stof en lutum kaarten (meer). Wel wordt een hoogtekaart van het perceel, een extremen kaart, een histogram met de frequenties van de gemeten geleiding en een EC-bodemkaart geleverd. In 2020 is het product van Loonwerk GPS definitief overgegaan naar het bedrijf Soil Masters welke zich meer op bodemvruchtbaarheid willen richten. De EC-bodemkaart dient als input voor het genereren van de zonekaart bestaande uit vier zones. Per zone wordt één grondmonster gestoken welke wordt geanalyseerd bij Kinsey-Albrecht. De gemeten EC waarden correleren goed met de bodemparameters van de Kinsey-Albrecht analyses. Belangrijk doel is het bodemvruchtbaarheidsniveau en homogeniteit van het perceel te verhogen door correctie van vooral, maar niet alleen, de calcium- en magnesiumbezetting aan het klei-humus complex (CEC).

### 1.3. Onderzoeksvraag

In dit project is, net zoals in de vorige proef in 2018, er voor gekozen om te focussen op beoordeling van hoe goed de bodemscansystemen de variatie binnen een perceel op het gebied van lutum, pH en organische stof in kaart brengen. Het resultaat van ons onderzoek moet als basis kunnen dienen voor het inschatten van de kwaliteit en kosteneffectiviteit van de sensorsystemen.

Doordat dit project een herhaalonderzoek is, is dezelfde onderzoeksvraag als in het vorige onderzoek gebruikt:

❖ **Welk bodemscansysteem levert de meest betrouwbare en bruikbare informatie voor precisielandbouw?**

Bij iedere bodemscanmethode is er geanalyseerd wat de nauwkeurigheid is van de aangeleverde kaarten van pH, organische stof en lutum. Niet alle systemen konden deze kaarten leveren. In dat geval hebben we voor die sensoren een overzicht gegeven van de kaarten die ze wel leveren. Dit betreft de sensorsystemen van Loonstra & van der Weide, Vantage Agrometius en Bioscope (zie voor resultaten hoofdstuk 3). Soil Masters hebben hun pH, lutum en organische stof kaarten op basis van nieuwe bedrijfsstrategie teruggetrokken. En CNH levert deze kaarten niet. De kaarten van Loonwerk GPS/Soil Masters en CNH staan in hoofdstuk 4.

We hebben de analyse-methode zo veel mogelijk gelijk gehouden aan die van de eerste proef. De onderlinge vergelijkbaarheid doen we dus alleen op basis van de nauwkeurigheid van geleverde pH, lutum en organische stof kaarten. Andere aspecten van de sensoren zoals kosten en bruikbaarheid van precisielandbouwtoepassingen worden slechts kort belicht in de discussie.



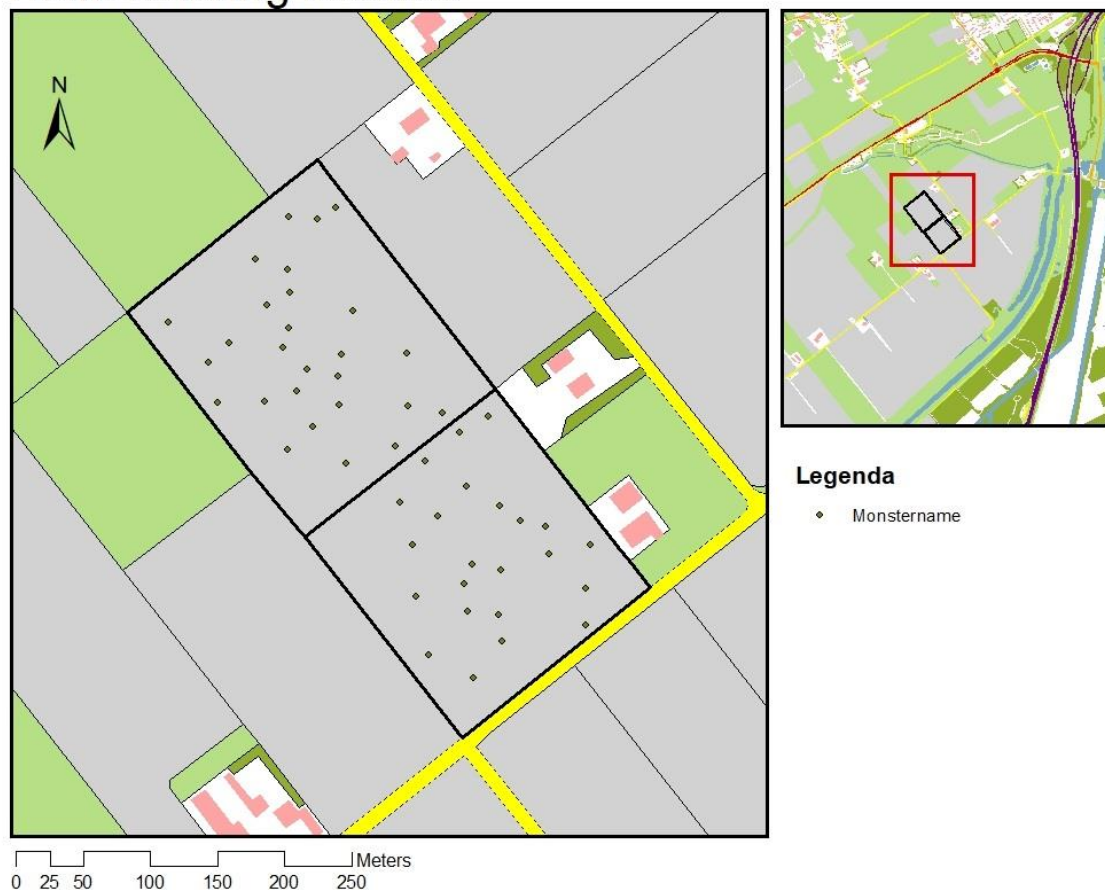
## 2. Materiaal en methoden

In dit hoofdstuk wordt eerst de algemene achtergrondinformatie gegeven van het proefperceel. Daarna wordt ingegaan op de meetmethode en de analyse van de resultaten.

### 2.1. Ligging en bodem van het proefperceel

Voor dit onderzoek zijn data van 5 verschillende sensor-/bodemscansystemen vergeleken met de analyses van bodemmonsters van het Eurofins laboratorium. Om de nauwkeurigheid van de bodemkaarten te analyseren, zijn er in de zomer van 2019 bodemscans uitgevoerd op een perceel van ca. 7 hectare groot. Dit perceel is eigendom van Bart van Loon, akkerbouwer in Slootdorp (Wieringermeer in Noord-Holland) en deelnemer in NPPL. De ligging van het perceel en de locaties van de verschillende monsternames zijn te zien in onderstaand Figuur 1. De monster locaties zijn op basis van simple-random-sampling bepaald en met een RTK-GPS in het veld gelokaliseerd. De monsters zijn in een straal van 1 meter rondom het punt gestoken.

### Bemonstering locaties

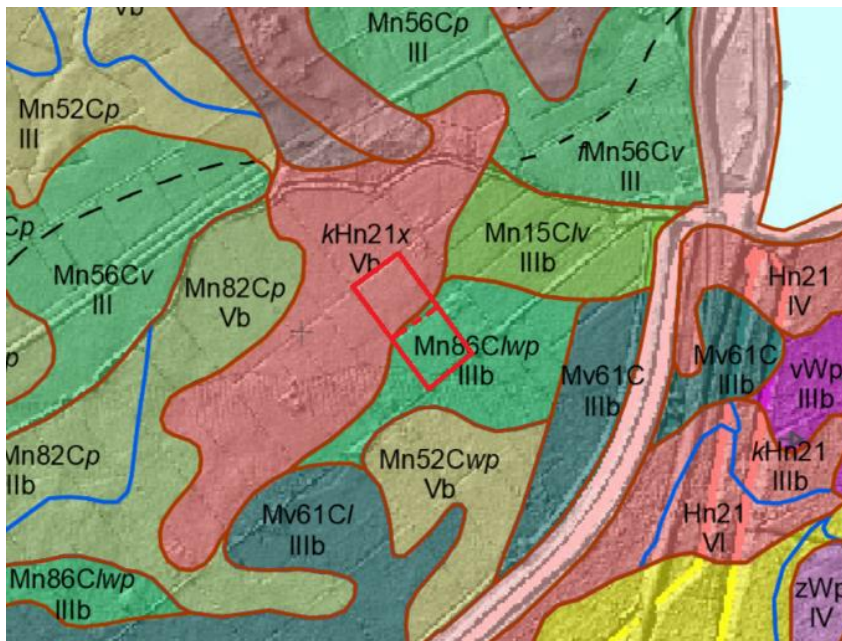


Figuur 1 Bemonstering locaties perceel Bart van Loon, Den Oever, Noord-Holland

### 2.2. Algemene bodembeschrijving

In het gebied waar dit perceel ligt komen twee bodemtypen voor, namelijk een veldpodzolgrond met een zavel- of kleidek van 15 à 40 cm dik en een kalkarme poldervaaggrond bestaande uit klei. Op de bodemkaart in Figuur 2 is met rode lijnen het perceel getekend. Hierin is duidelijk te zien dat er twee

bodemsoorten op het perceel voorkomen. De verschillen in bodemtype kunnen wellicht een invloed hebben op de uitkomsten van de bodemscans.



Figuur 2 Bodemkaart proefperceel Den Oever, Noord-Holland

Verklaring van de codes Figuur 2:

**kHn21x Vb (rode kleur):** Veldpodzolgronden: leemarm en zwak lemig fijn zand

**k** = zavel- of kleidek 15 à 40 cm dik

**x** = oude klei beginnend tussen 40 en 120 cm en tenminste 20cm dik

**Vb:** Gemiddeld hoogste waterstand in cm beneden maaiveld: 25-40

Gemiddeld laagste waterstand in cm beneden maaiveld : >120 cm

**Mn86Clwp IIIb (groene kleur):** Kalkarme poldervaaggronden; klei, profielverloop 3 of 4

**I:** plaatselijk katteklei beginnend ondieper dan 80 cm en tenminste 10 cm dik

**w:** 15 a 40 cm moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm

**p:** pleistoceen zand beginnend tussen 40 en 120 cm

**IIIb:** Gemiddeld hoogste waterstand in cm beneden maaiveld: 25-40 cm

Gemiddeld laagste waterstand in cm beneden maaiveld: 80-120 cm

### 2.3. Vergelijkingsmethode

De beoordeling van de nauwkeurigheid van de bodemkaarten van de verschillende bodemscansystem is uitgevoerd door middel van een vergelijking van data uit de kaarten met data van de grondreferentiemonsters. De op het proefperceel verzamelde grondreferentiemonsters zijn geanalyseerd door het Eurofins Agro lab in Wageningen. De referentiemonsters werden verzameld op 14 augustus 2019. De analyseresultaten zijn in een Excel-file aangeleverd bij Aeres voor gebruik in de analyse.

De bodemscanbedrijven hebben zo veel mogelijk op dezelfde dag in augustus 2019 hun bodemscans uitgevoerd. Zij hebben vervolgens hun bodemkaarten gemaakt via hun eigen methodieken. De kaarten zijn in het najaar van 2019 als shapefile, *Tagged Image File* Format of ISO-XML file aangeleverd bij Aeres voor gebruik in de analyse.

Vervolgens hebben we in de periode oktober 2019 tot en met februari 2020 de analyse van de data uitgevoerd. De statistiek onder de analyse is gebaseerd op regressie analyse. De relatieve nauwkeurigheid van de bodemscansystemen wordt bepaald door de afwijking van de kaart van het scansysteem te bepalen ten opzichte van de referentiemonsters via de RMSE statistiekparameter (wordt verderop uitgelegd).

We nemen de analysewaarden van de referentiemonsters als de werkelijke waarden in deze vergelijkingsproef. Er zijn op basis van een 'simple random sampling' bepaling vijftig GPS locaties in het proefperceel uitgezet, waarvan 48 monsters zijn meegenomen in de vergelijking. De overige twee locaties zijn verkeerd gelabeld tijdens de monsternamen, waardoor deze na de analyse niet aan het juiste monsterpunt konden worden toegewezen en dus zijn verwijderd uit de analyse. Deze GPS locaties zijn middels een RTK-GPS tijdens de dag van de uitvoering van de bodemscans door de medewerkers van Aeres Hogeschool Dronten opgezocht en bemonsterd. Zie Figuur 1 voor een projectie van de GPS locaties van de referentiemonsters. Het bemonsteren is gebeurd door handmatig 15 goed gevulde gutsen van 25 centimeter lengte in een straal van één meter rondom de GPS locatie te steken. Deze 15 gutssteken zijn in een monsterzak inclusief codering de dag na het steken ter analyse aangeboden aan Eurofins Agro laboratorium.

De analyse van de referentiemonsters is uitgevoerd volgens de 'Bemestingswijzer basis bouwland'. De zuurgraad is bepaald volgens een door Eurofins zelf ontwikkeld protocol genaamd: PHC3 (gelijkwaardig aan de NEN ISO 10390). O.s. en lutum gehalte zijn met een NIRS (TSC) analyse bepaald. Zie voor de overige analysemethoden en een voorbeeld van deze analyse Bijlage 4: Voorbeeld analyse Bemestingswijzer basis bouwland. Deze analysegegevens zijn zowel in PDF als digitaal aangeleverd. De digitaal aangeleverde data is rechtstreeks gebruikt in de gegevensverwerking.

De verwerking van de gegevens wordt gedaan in drie stappen. Na ontvangst worden de bodemscan kaarten ingeladen in ArcGIS (een geografisch verwerking programma) om de kaarten te kunnen bekijken en om de scan kaarten te beoordelen op de locaties waar de referentiemonsters zijn genomen. Onder beoordelen wordt verstaan dat op de locaties van de referentiemonsters handmatig, in ArcGIS, wordt bepaald welke waarde op de locatie van de referentiemonsters door de scan kaarten is opgegeven. De gevonden waarden worden ingevoerd in Excel. Dit geldt voor elke scanwaarde dat door de scanbedrijven wordt aangeleverd.

Als de gevonden resultaten van de scanbedrijven per monsterlocatie zijn gerangschikt, kunnen de scanwaarden worden gecorreleerd met de analysegegevens van de referentiemonsters. De berekening van deze correlaties gebeurt met de R-kwadraat ( $R^2$ ) formule, welke te vinden is als standaard formule in het Excel programma. Met deze berekening wordt bepaald welk percentage van de waarden in de referentiemonsters kan worden verklaard door de gevonden waarden van de scan kaarten. Dit levert een waarde op tussen de 0 en de 1, ofwel tussen de 0 en 100 procent. Hoe hoger de  $R^2$ , des te beter de bodemscan in staat is om de waarden in de referentiemonsters te bepalen. In deze vergelijking wordt uitgegaan van vier ranges in de beoordeling van de correlatie. Een  $R^2$  van lager dan 0,3 betekent dat de scanresultaten niet relevant zijn. Een  $R^2$  van tussen 0,3 en 0,6 betekent dat er een overeenkomst tussen scan en referentiemonsters is, maar dat deze niet of nauwelijks bruikbaar is. Een  $R^2$  tussen 0,6 en 0,8 geeft aan dat er een duidelijke relatie bestaat tussen de bodemscan en de referentiemonsters, maar dat deze nog niet overtuigend kunnen worden

aangetoond. En wanneer de  $R^2$  gelijk is aan of hoger uitvalt dan 0,8 wordt gesteld dat de scan bruikbaar is voor het bepalen van de correlerende bodemwaarde.

Als de correlatie is bepaald, zal ook worden bepaald of de gevonden correlatie significant is. Dit wordt bepaald door middel van een regressieanalyse in het Excel programma. Hierbij wordt een p-waarde berekend die aangeeft welke kans er is dat de waargenomen regressielijn op toeval is gebaseerd. We hanteren een grenswaarde van 5% onzekerheid, oftewel een P-waarde  $< 0,05$ . Als  $P < 0,05$  is in de regressieanalyse, dan benoemen we het als een significante correlatie. Dit betekent dat de waargenomen regressielijn zeer waarschijnlijk niet op toeval berust (de onzekerheid in deze uitspraak is dan  $< 5\%$ ) en daarmee reproduceerbaar zal zijn.

Tot slot beoordelen we de nauwkeurigheid van de data uit de bodemkaarten t.o.v. de referentiemonsters met de Root Mean Square Error methode in Excel. Dit doen we voor de pH, o.s. en lutum-kaarten. De RMSE geeft aan wat de gemiddelde afwijking is van de scan ten opzichte van het referentiemonster. De afwijking wordt weergegeven in de eenheid van het gehalte dat wordt vergeleken (pH=geen eenheid, o.s.=%, Lutum=%). De RMSE is een parameter om de kwaliteit van een bodemkaart te beoordelen in absolute zin en in relatieve zin. Hiermee kunnen we dus de bodemscansystemen ranken in nauwkeurigheid in het leveren van ruimtelijke data voor precisielandbouw.

### 3. Resultaten bodemmetingen referentiemonsters

Voordat er ingegaan wordt op de diverse kaarten van de bodemscansystemen in de paragrafen 3.1 tot en met 3.5, zal hieronder eerst een algemeen beeld gegeven worden van de variatie in de grond binnen het perceel. Vervolgens worden in paragraaf 3.6 de statistische parameters samengevat.

De gegevens in Tabel 1 zijn gebaseerd op de 48 referentiemonsters. Deze grondmonsters zijn geanalyseerd door het Eurofins Agro laboratorium en dienen voor de validatie van de bodemscankaarten. De kengetallen staan in de Tabellen 1 en 2. In Tabel 1 wordt het noordelijke deel van het perceel uitgelicht en in Tabel 2 wordt het zuidelijke deel weergegeven.

Tabel 1 Resultaten van de grondanalyses van het noordelijke perceel

<i>Noord</i>	<i>pH</i>	<i>o.s. (%)</i>	<i>Lutum (%)</i>
<i>Gemiddelde</i>	6,3	2,1	13,9
<i>Standaard deviatie</i>	0,37	0,60	4,71
<i>Mediaan</i>	6,3	2	15
<i>Maximum</i>	7	3,6	20
<i>Minimum</i>	5,5	1,3	4

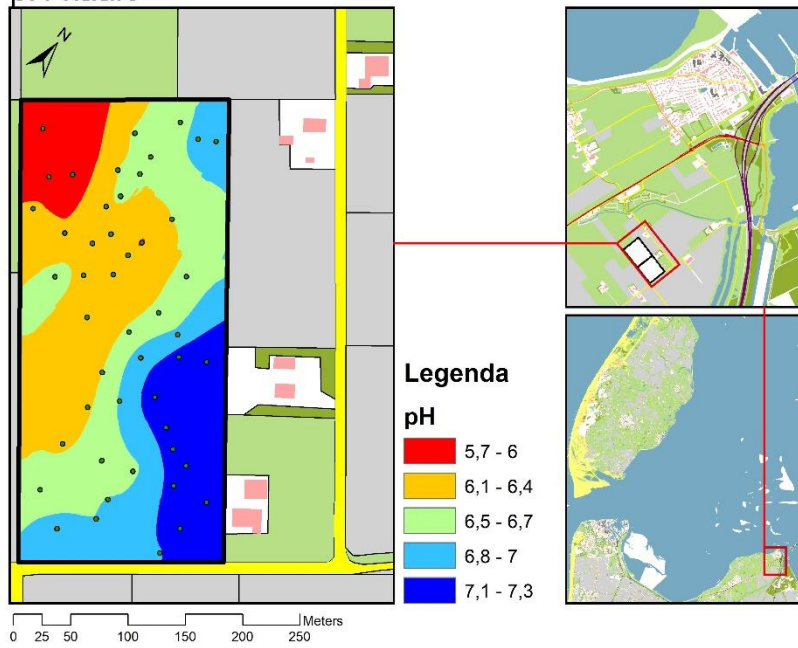
Tabel 2 Resultaten grondanalyses van het zuidelijke perceel

<i>Zuid</i>	<i>pH</i>	<i>o.s. (%)</i>	<i>Lutum (%)</i>
<i>Gemiddelde</i>	6,85	4,31	27,2
<i>Standaard deviatie</i>	0,39	0,55	5,8
<i>Mediaan</i>	6,9	4,1	29
<i>Maximum</i>	7,3	5,5	36
<i>Minimum</i>	6,2	3,5	14

Zoals in Tabel 1 en Tabel 2 is te zien, zijn er betreffende de pH geen grote verschillen te constateren, hoewel het zuidelijke deel een hoger gemiddelde heeft. De o.s. en lutum laten echter wel grote verschillen zien. Zowel de o.s. als het lutum gehalte zijn in het zuidelijke perceel ongeveer twee keer zo hoog als in het noordelijke perceel.

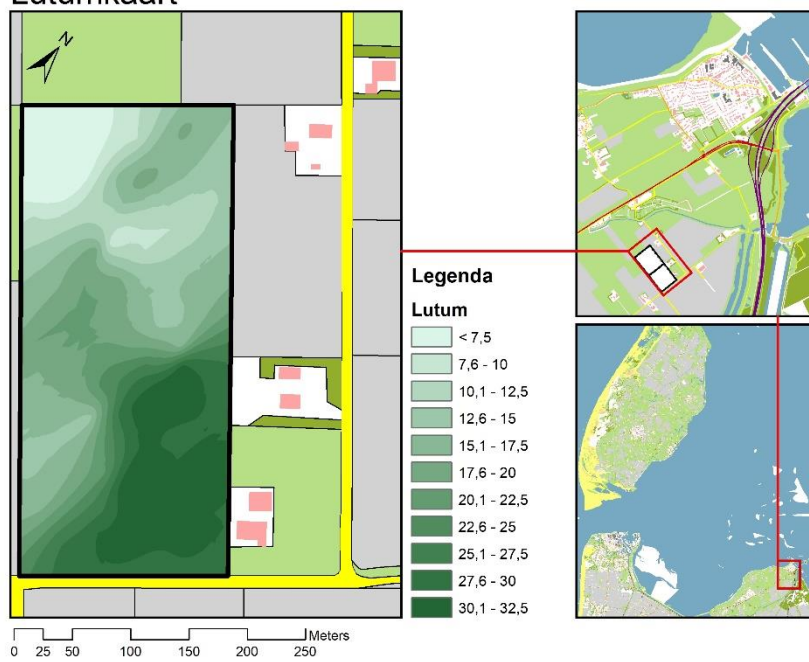
In Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5 zijn de waarden van de referentiemonsters geïnterpoleerd (volgens de standaard Krigging methode) voor de pH-waarde, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte. Deze geïnterpoleerde kaarten geven een middels software bepaalde doorvertaling van de werkelijke waarden binnen het perceel op basis van de 48 referentiemonsters. Naarmate de afstand ten opzichte van de referentiemonsters toeneemt, neemt de nauwkeurigheid van de doorvertaling echter af en bovendien is er altijd sprake van een achtergrondvariatie die onvoorspelbaar is.

### pH-kaart



Figuur 3 Geïnterpoleerde pH-zonekaart op basis van de 48 referentiemonsters

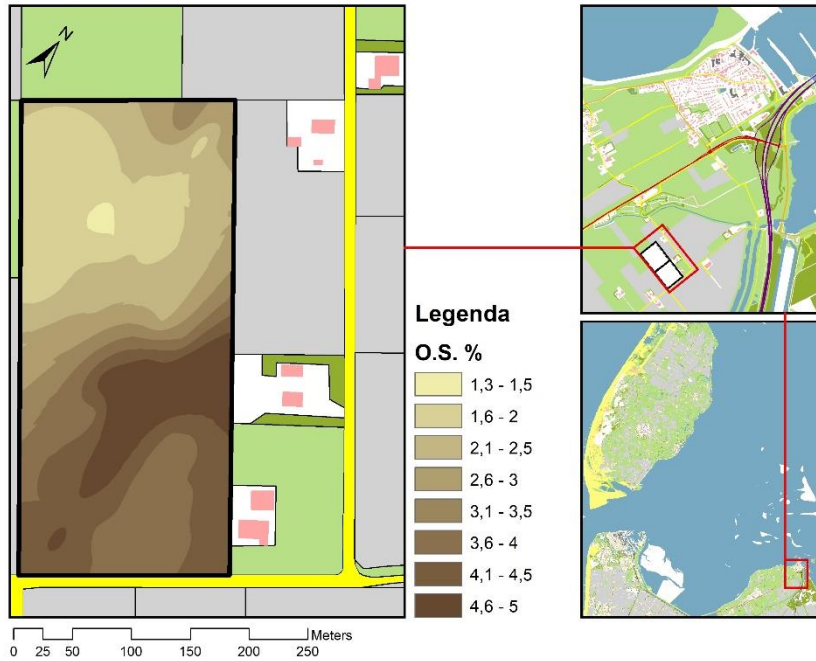
### Lutumkaart



Figuur 4 Geïnterpoleerde lutumkaart op basis van 48 referentiemonsters



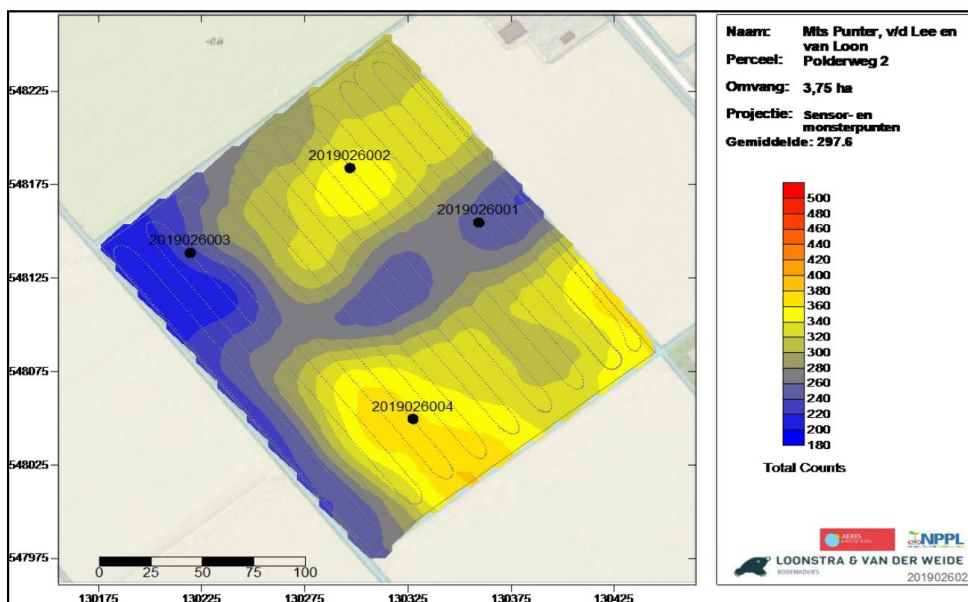
### O.S.-kaart



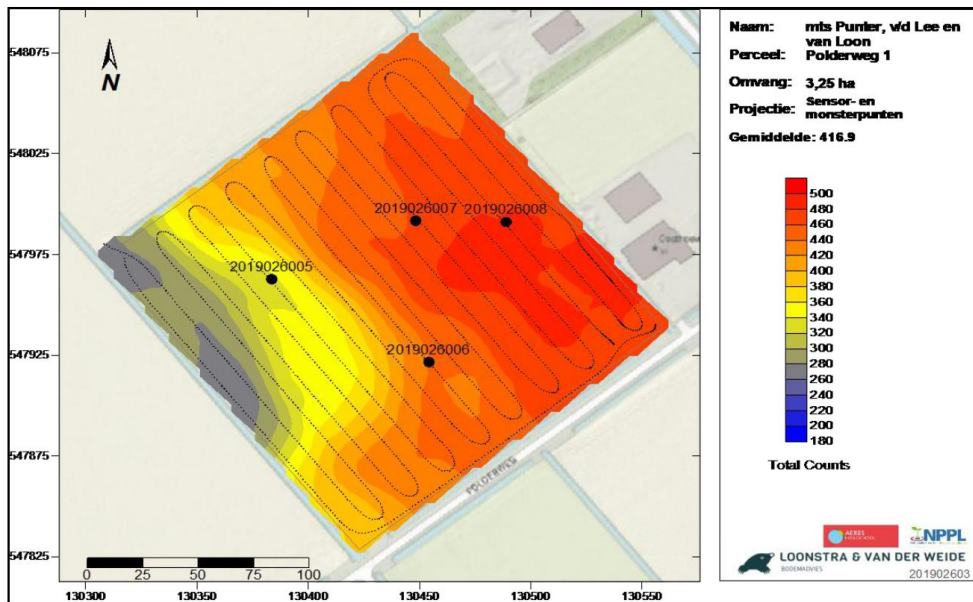
Figuur 5 Geïnterpoleerde o.s.- kaart op basis van 48 referentiemonsters

### 3.1. Passieve gamma bodemscanner Loonstra & Van der Weide

De kaarten met de gemeten gammastraling (weergegeven in MeV) in respectievelijk het noordelijke en zuidelijke perceel zijn weergegeven in Figuur 6 en Figuur 7.



Figuur 6 Kaart van de gemeten gammastraling van het noordelijke perceel met de bijbehorende kalibratiemonsterpunten

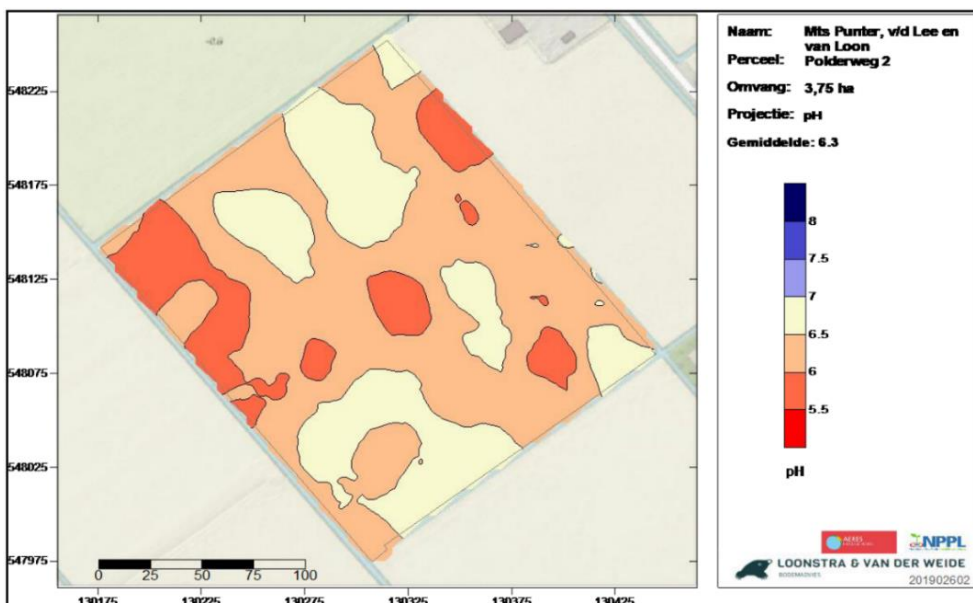


Figuur 7 Kaart van de gemeten gammastraling van het zuidelijke perceel met de plaats van de kalibratiemonsters

### 3.1.1. De pH

In de Figuur 8 en Figuur 9 zijn de pH-kaarten van de bodemscan van Loonstra & van der Weide weergegeven. In Vergelijking 1 en

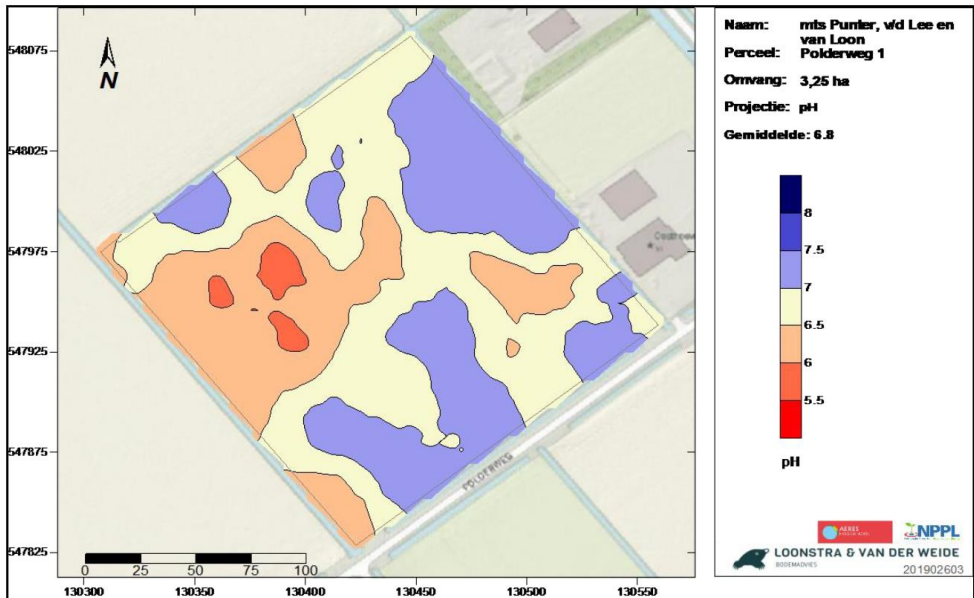
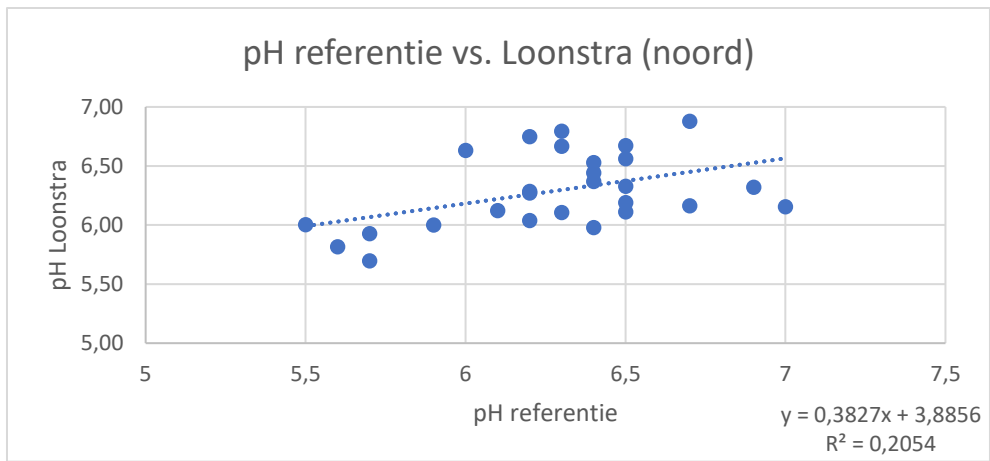
Vergelijking 2 zijn de spreidingsgrafiek en de waarden van de 48 referentiemonsters uitgezet tegen de waarden van de relevante bodemscankaart. De pH-waarden volgens de bodemscan hebben bij het noordelijke perceel (bovenste perceel in de afbeelding) een minimum van 5,70 en een maximum van 6,88 (op basis van de referentiemonsters). Bij het zuidelijk perceel is volgende de scan van Loonstra & van der Weide de pH minimaal 5,82 en maximaal 7,30. De absolute RMSE bij de pH is voor het noordelijke perceel 0,35 en voor het zuidelijke 0,40.



Figuur 8 pH-kaart van het noordelijke perceel opgeleverd door Loonstra & Van der Weide

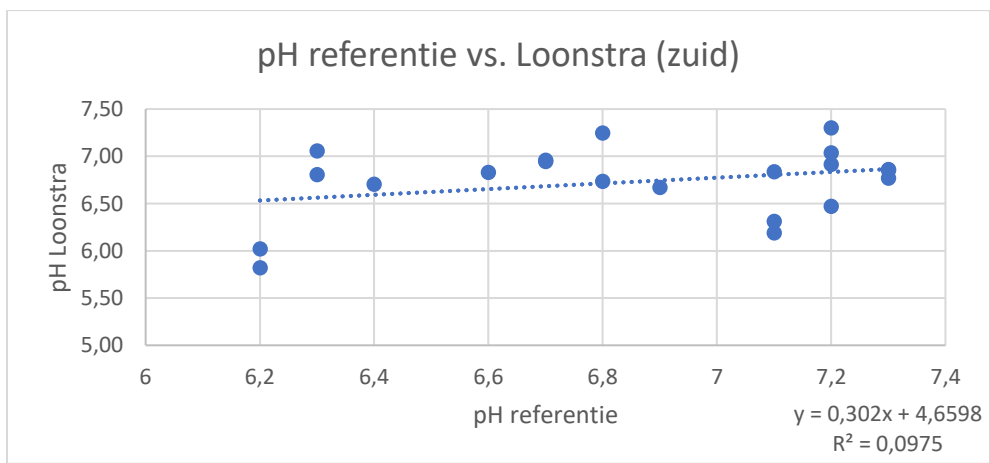


Vergelijking 1 pH in het noordelijke perceel; referentiemonsters vs. Loonstra & Van der Weide



Figuur 9 pH-kaart van het zuidelijke perceel opgeleverd door Loonstra & Van der Weide

Vergelijking 2 pH in het zuidelijke perceel; referentiemonsters vs. Loonstra & Van der Weide



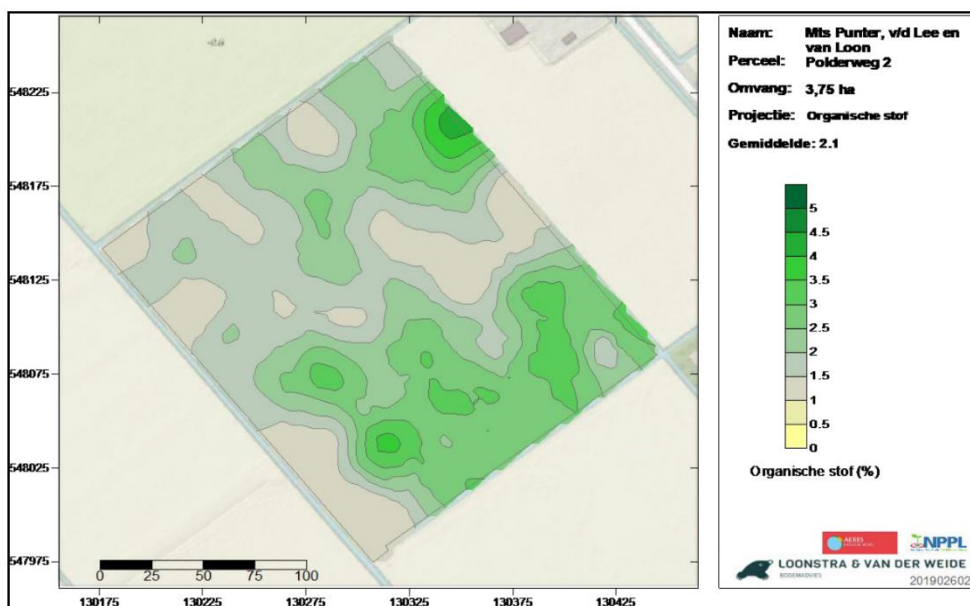
De pH vergelijkingen van de bodemscan van Loonstra & Van der Weide laten zien dat de gammastralingskaarten geen bruikbare relatie laten zien tussen de pH volgens de referentiemonsters in het perceel en de gammastralingskaarten wanneer de referentiemonsters en de pH-kaarten van Loonstra & Van der Weide afzonderlijk voor het noordelijke en zuidelijke perceel worden vergeleken. Echter, wanneer de referentiemonsters met de pH-kaart van Loonstra & Van der Weide als één perceel wordt vergeleken, stijgt de  $R^2$  van maximaal 0,21 voor het noordelijke perceel naar 0,34 ( $P < 0,01$ ). Dit betekent dat 34% van de pH waarden doormiddel van de bodemscan kan worden verklaard. De absolute afwijking in dat geval is 0,4 op een pH waarde van gemiddeld 6,5 op basis van de referentiemonsters. Een totaal overzicht van alle correlaties voor alle door Loonstra & Van der Weide opgeleverde kaarten is te vinden in Bijlage 2: Loonstra overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters.

### 3.1.2. Organische stof

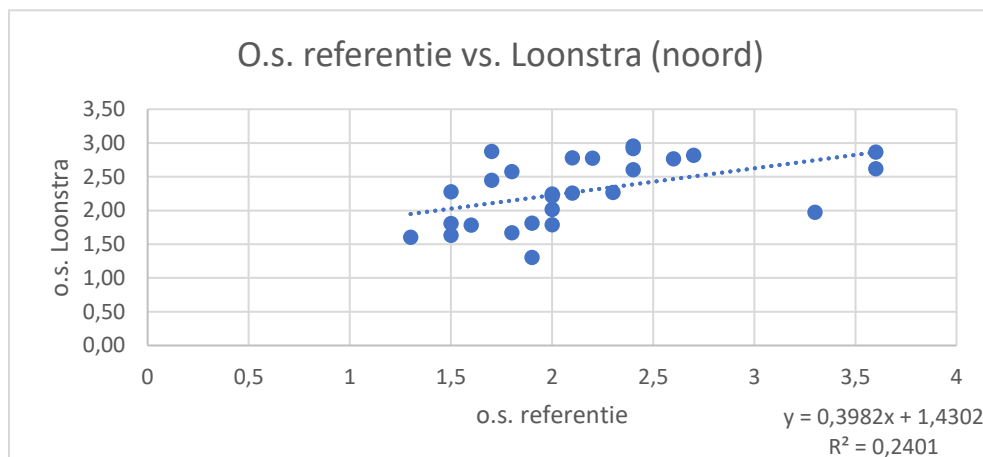
In Figuur 10 en Figuur 11 is de o.s.-kaart van de bodemscan van Loonstra & Van der Weide weergegeven. In

Vergelijking 3 en

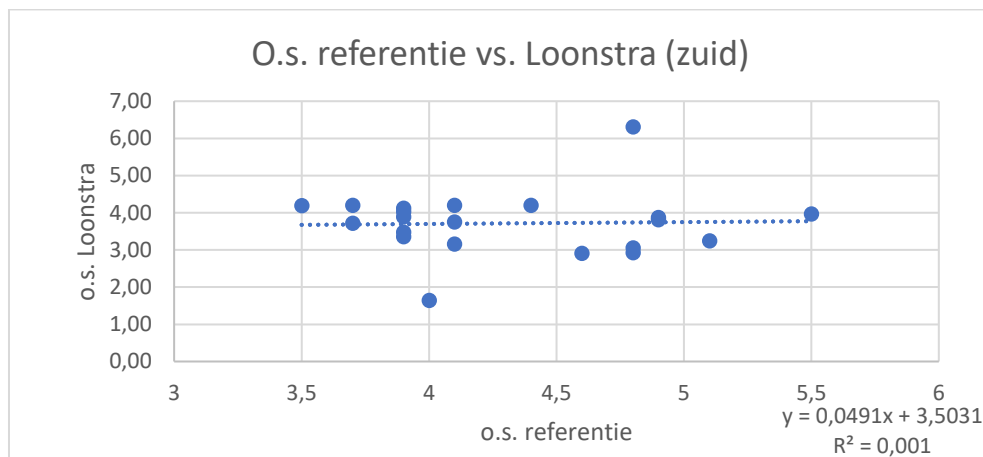
Vergelijking 4 zijn doormiddel van een spreidingsgrafiek de waarden van de 48 referentiemonsters uitgezet tegen de waarden van de kaart van de bodemscan. De o.s.-gehalten hebben volgens de bodemscan in het noordelijke perceel een minimum van 2,96% en een maximum van 1,31% (op de locaties van de referentiemonsters). Voor het zuidelijke perceel geldt volgens de scan een minimaal o.s.-gehalte van 1,64% en een maximum van 6,31%. De absolute RMSE bij het o.s.-gehalte is in dit geval voor het noordelijke perceel 0,57% en voor het zuidelijke perceel 1,01%.



Figuur 10 O.s.-kaart van het noordelijke perceel opgeleverd door Loonstra & Van der Weide



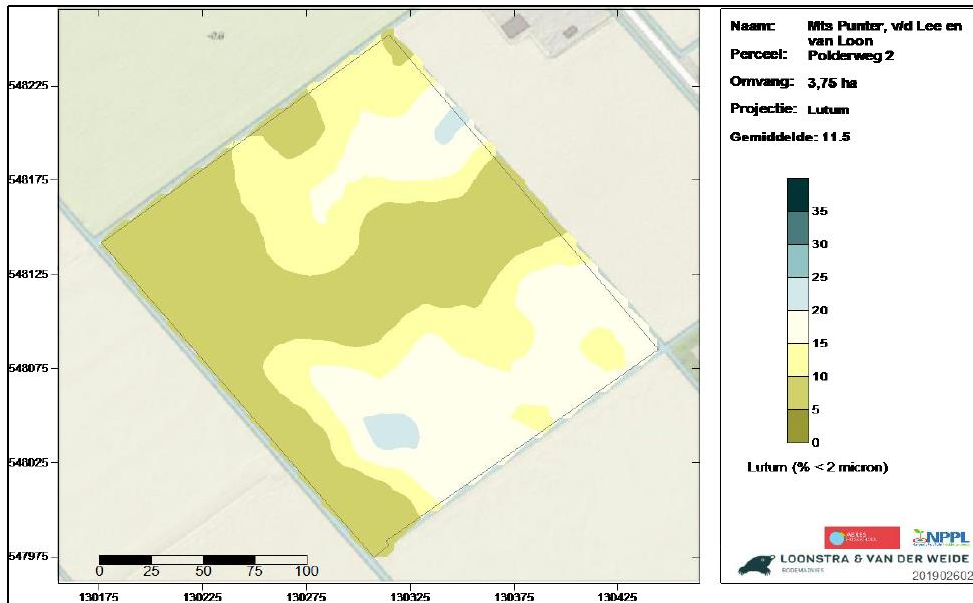
Figuur 11 O.s.-kaart van het zuidelijke perceel opgeleverd door Loonstra & Van der Weide



Wanneer de o.s.-gehalten van de referentiemonsters worden vergeleken met de door de bodemscan opgegeven o.s.-gehalten voor de resultaten van het noordelijk en zuidelijk perceel samen, komt de  $R^2$  uit op 0,52 ( $P < 0,01$ ). Volgens de vergelijking kan dus 52% van de o.s.-gehalten doormiddel van de bodemscan juist worden bepaald. De absolute afwijking van de bodemscan ten opzichte van het o.s.-gehalte volgens de referentiemonsters is 0,87% bij een gemiddeld o.s.-gehalte van 3,1% op het gehele perceel.

### 3.1.3. Lutum

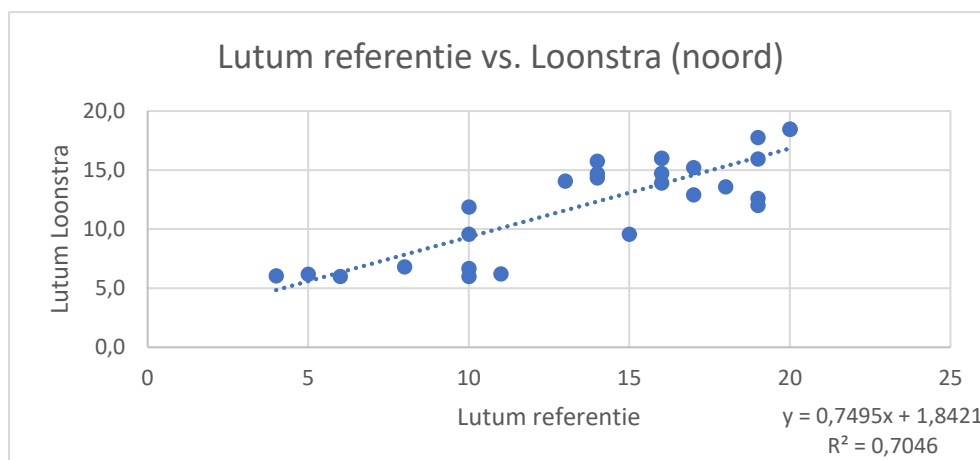
In Figuur 12 en Figuur 13 is de lutumkaart van de bodemscanner van Loonstra & Van der Weide weergegeven. In Vergelijking 5 en Vergelijking 6 zijn de waarden die zijn afgeleid uit deze lutumkaart (op de locatie van de referentiemonsters) uitgezet tegenover de waardes die zijn voortgekomen uit de 48 referentiemonsters.

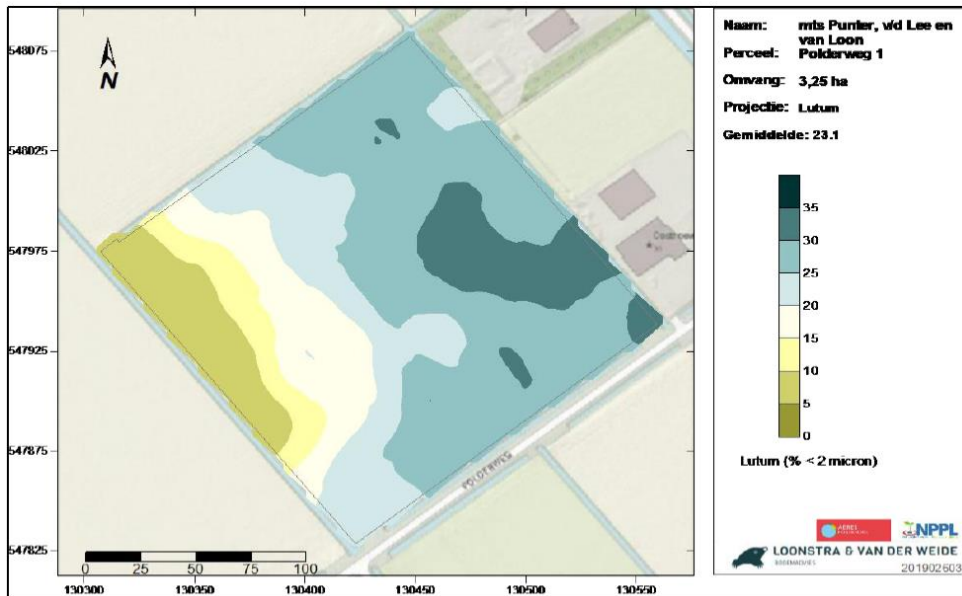


Figuur 12 Lutumkaart van het noordelijke perceel opgeleverd door Loonstra & Van der Weide

De lutum-waarden volgens de bodemscan hebben bij het noordelijke perceel een minimum van 6,0% en een maximum van 18,5%. Bij het zuidelijke perceel hebben de lutumwaardes volgens de scanner een minimum van 11,9% en een maximum van 32,0%. De absolute RMSE is voor lutum bij Loonstra & Van der Weide voor het noordelijke gedeelte 3,02% en voor het zuidelijke perceel 3,24%.

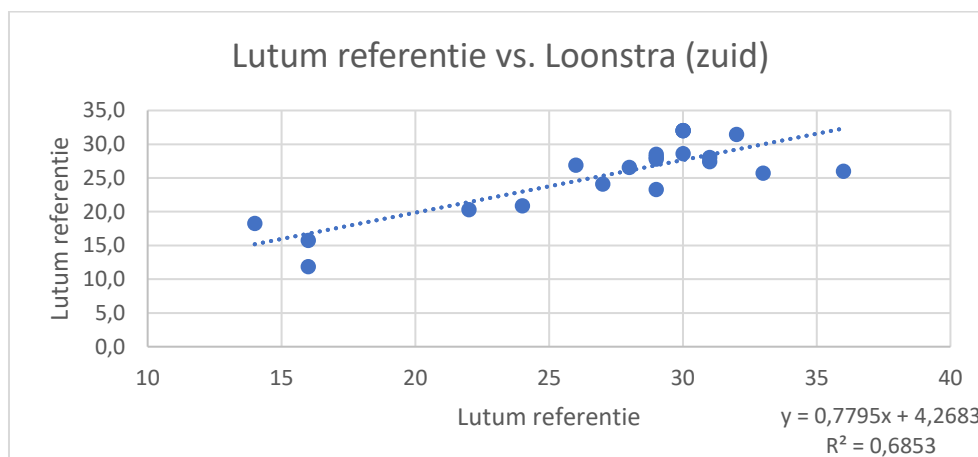
Vergelijking 5 Lutum in het noordelijke perceel; referentiemonsters vs. Loonstra & Van der Weide





Figuur 13 Lutumkaart van het zuidelijke perceel opgeleverd door Loonstra & Van der Weide

Vergelijking 6 Lutum in het zuidelijke perceel; referentiemonsters vs. Loonstra & Van der Weide



Kijkend naar het gehele perceel komt de  $R^2$  uit op 0,88 ( $P < 0,01$ ) voor het lutumgehalte met een absolute afwijking van 3,3% op een gemiddeld lutumgehalte van 19,7%. Daarmee wordt aangetoond dat het lutumgehalte zoals gemeten in de referentiemonsters voor 88% kan worden verklaard door de bodemscan van Loonstra & Van der Weide. Deze uitkomst kan worden beschouwd als betrouwbaar en daarmee kan de bodemscan worden gebruikt voor het bepalen het lutumgehalte. Meer correlaties tussen de analysewaarden van de referentiemonsters en de bodemscan zijn weergegeven in Bijlage 2: Loonstra overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters.

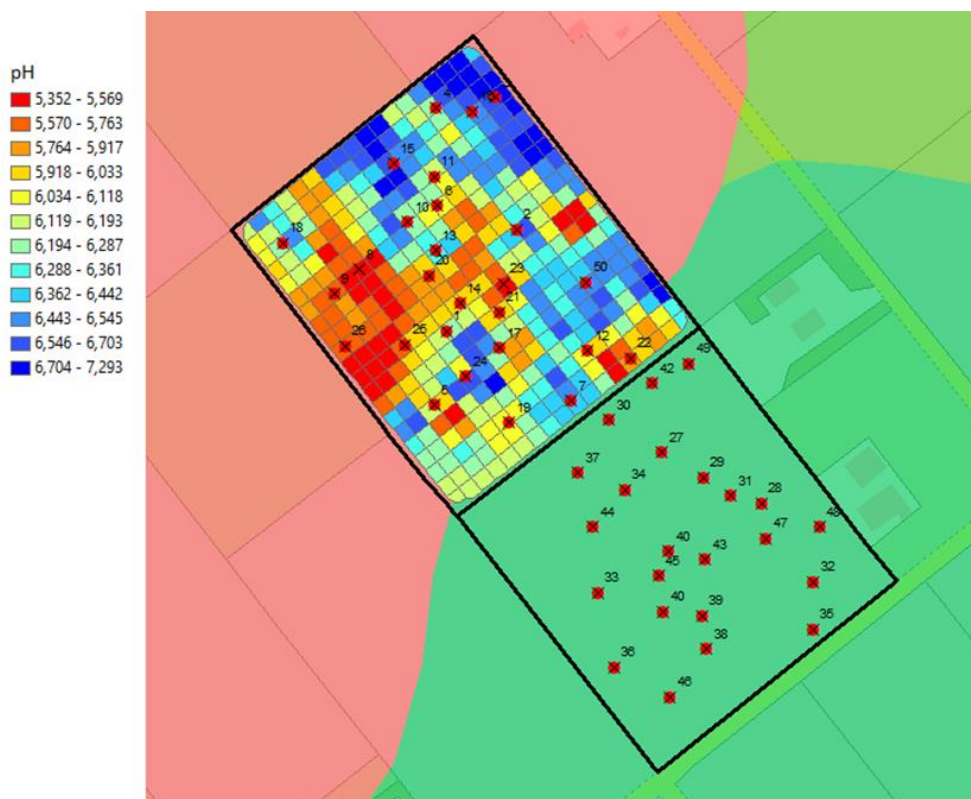
### 3.2. Veris MSP3 bodemscan Vantage Agrometius

Wanneer het noordelijke en zuidelijke perceel samen worden gebruikt in de vergelijking, kunnen de volgende correlaties worden gelegd tussen de door Vantage Agrometius aangeleverde scanwaarden voor pH, o.s.-gehalte en lutum en de door Eurofins opgegeven analysewaarden van de referentiemonsters. De pH kan door de Veris MSP3 bodemscan met een  $R^2$  van 0,63 ( $P < 0,01$ ) in

vergelijking met de referentiemonsters worden bepaald. De absolute afwijking in deze vergelijking bedraagt 0,33 bij een gemiddelde pH volgens de referentiemonsters van 6,5. Het o.s.-gehalte wordt met een  $R^2$  van 0,83 ( $P < 0,01$ ) voor 83% verklaard door de Veris MSP3 bodemscan met een afwijking van absoluut 0,51% bij een gemiddeld o.s.-gehalte van 3,1% over het hele proefperceel gezien. Het lutum percentage kan met een  $R^2$  van 0,85 ( $P < 0,01$ ) worden gecorreleerd met het lutumgehalte van de referentiemonsters met een afwijking van absoluut 3,29% bij een gemiddeld lutumgehalte van 19,8%. Een overzichtstabel met de vergelijking tussen de verschillende scans die pH, o.s. en lutum kaarten opleveren is uitgewerkt in paragraaf 3.4. Samenvatting nauwkeurigheid pH, organische stof en lutum kaarten Voor een overzicht van alle berekende correlaties tussen de door Veris opgegeven bodemwaarden en de bij Eurofins geanalyseerde referentiemonsters zie Bijlage 3: Veris overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters.

### 3.2.1. De pH

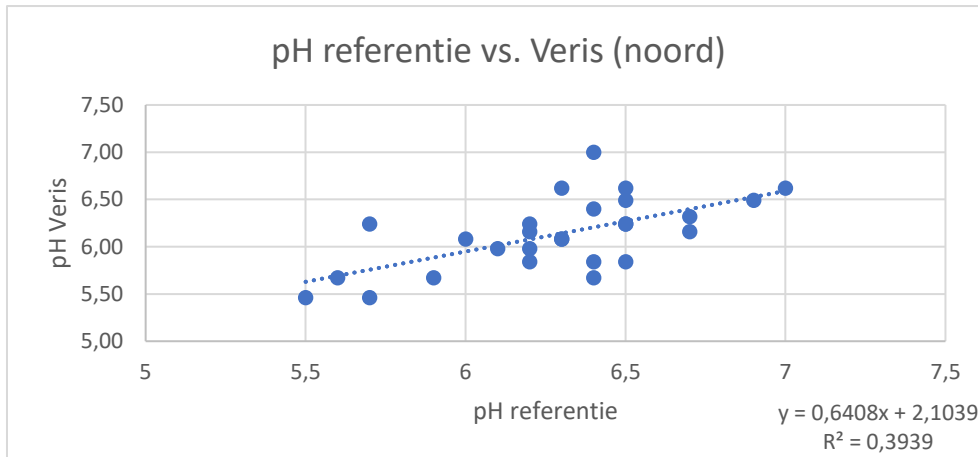
In onderstaande Figuur 14 en Figuur 15 zijn de pH-kaarten weergegeven die het resultaat zijn van de Veris MSP3 bodemscan van Vantage Agrometius. In Vergelijking 7 en Vergelijking 8 zijn door middel van een spreidingsgrafiek de waarden van de 48 referentiemonsters uitgezet tegen de waarden van de kaart van de bodemscan. In het geval van de pH vergelijking voor de Veris MSP3 bodemscan is, anders dan de zonekaart in Figuur 14, gebruik gemaakt van een door Vantage Agrometius opgestelde rasterkaart. De puntenkaart voor de pH geeft te weinig punten om een goede vergelijking uit te voeren. Door de pH puntenkaart om te zetten naar een rasterkaart was het wel mogelijk om de referentiemonsters te koppelen aan de door de Veris MSP3 bodemscan verkregen pH waarden in het perceel. De minimum pH op het noordelijke perceel is volgens de referentiemonsters 5,46 en de maximum pH is 7,0. De gemiddelde absolute RMSE tussen de referentiemonsters en de Veris MSP3 bodemscan is 0,35 voor het noordelijke perceel.



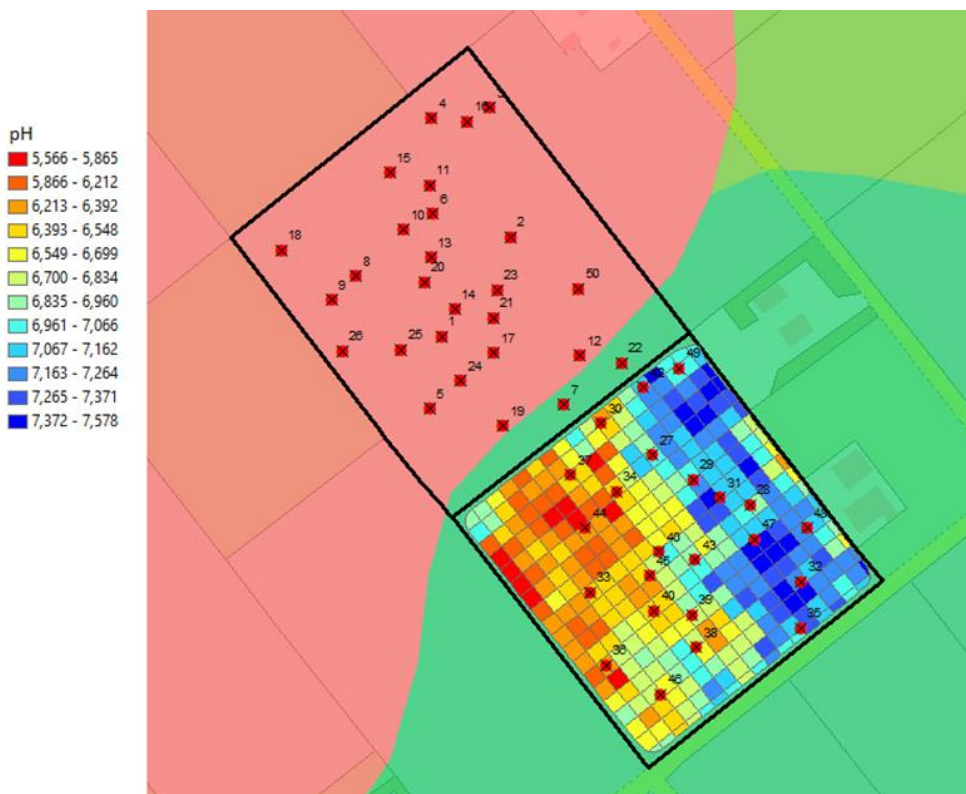
Figuur 14 De pH van het noordelijke perceel opgeleverd door Vantage Agrometius



Vergelijking 7 pH in het noordelijke perceel; referentiemonsters vs. Veris

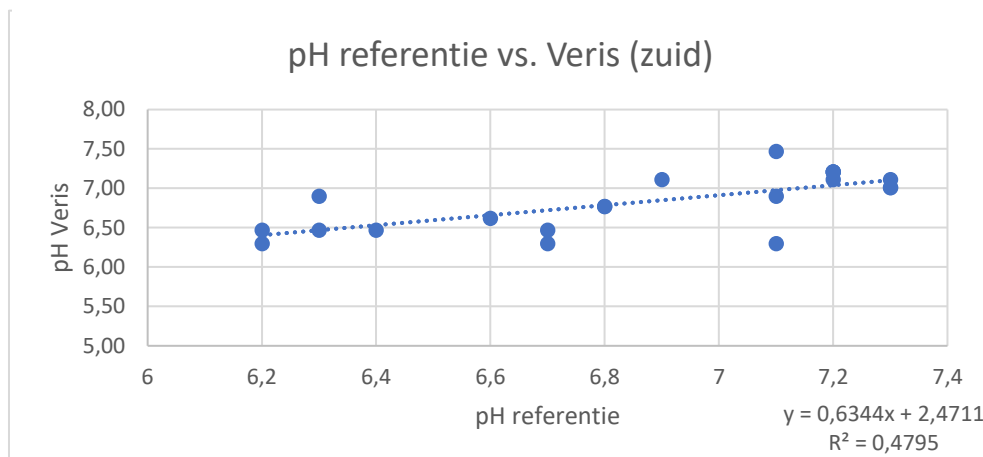


De pH in het zuidelijke perceel heeft volgens de referentiemonsters een minimum van 6,30 en een maximum van 7,47. De absolute RMSE tussen de pH van referentiemonster en de Veris MSP3 bodemscan is in dit geval 0,26.



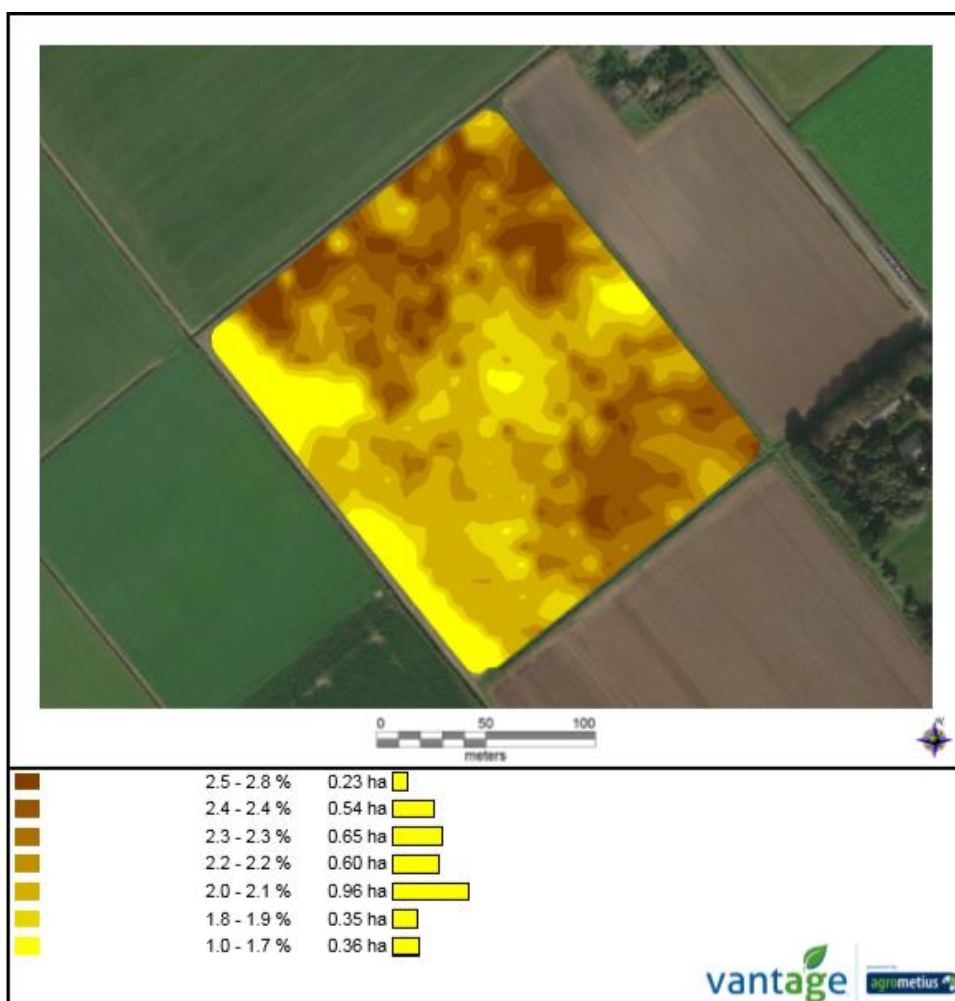
Figuur 15 De pH-kaart van het zuidelijke perceel aangeleverd door Vantage Agrometius

Vergelijking 8 pH in het zuidelijke perceel; referentiemonsters vs. Veris



### 3.2.2. Organische stof

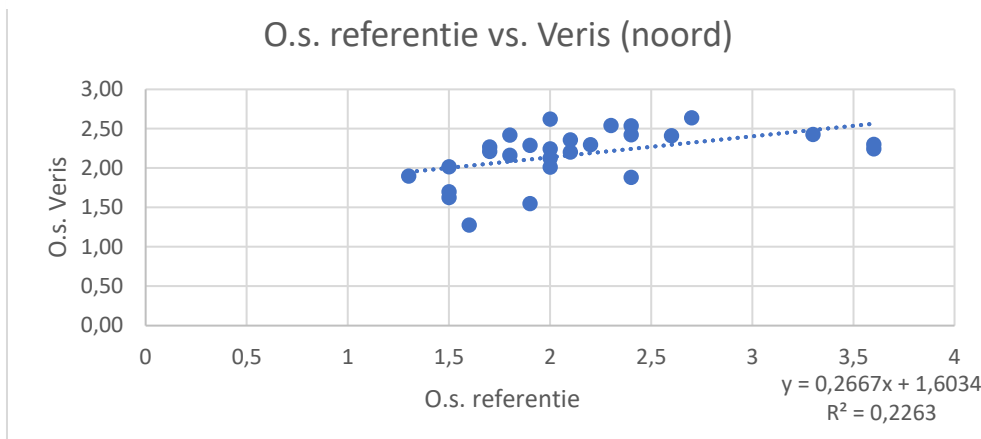
In Figuur 16 en Figuur 17 is de o.s.-kaart van de bodemscan van Veris weergegeven. Vergelijking 9 en Vergelijking 10 geven de spreidingsgrafiek weer waarbij de waarden van de 48 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De o.s.-gehalten volgens de bodemscan in het noordelijke perceel hebben een minimum van 1,28% en een maximum van 2,64% (op de locatie van de referentiemonsters). De absolute RMSE is in dit geval 0,52%.



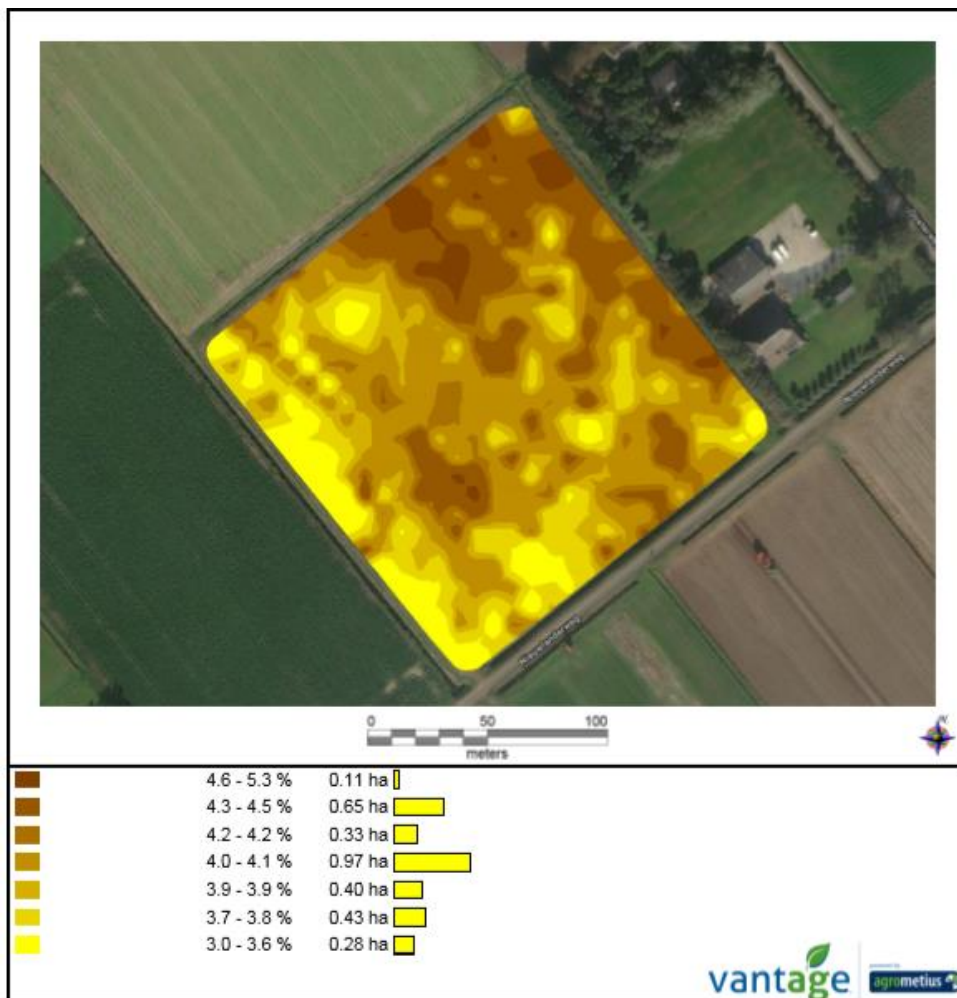
Figuur 16 O.s.-kaart van het noordelijke perceel opgeleverd door Vantage Agrometius



Vergelijking 9 O.s.-gehalten in het noordelijke perceel Veris vs. referentiemonsters Eurofins

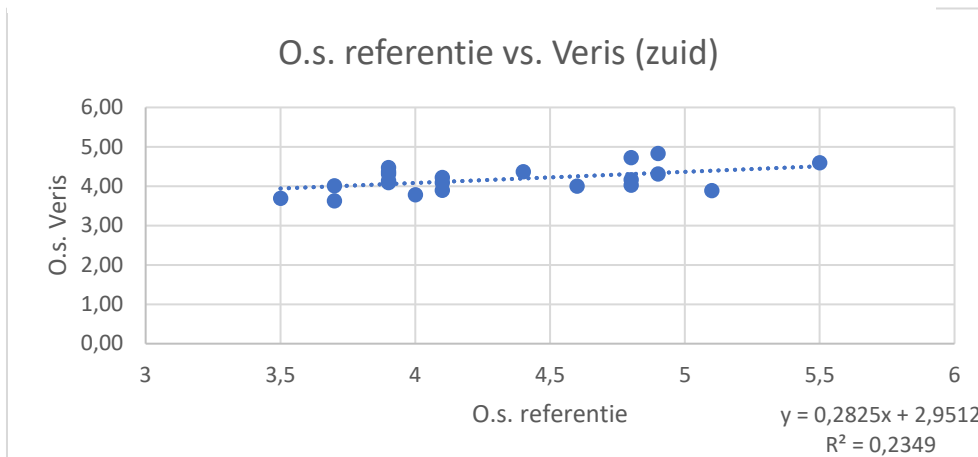


De o.s.-gehalten volgens de Veris bodemscan in het zuidelijke perceel hebben een minimum van 3,62% en een maximum van 4,83% (op de locatie van de referentiemonsters). De absolute RMSE is in dit geval 0,43%.



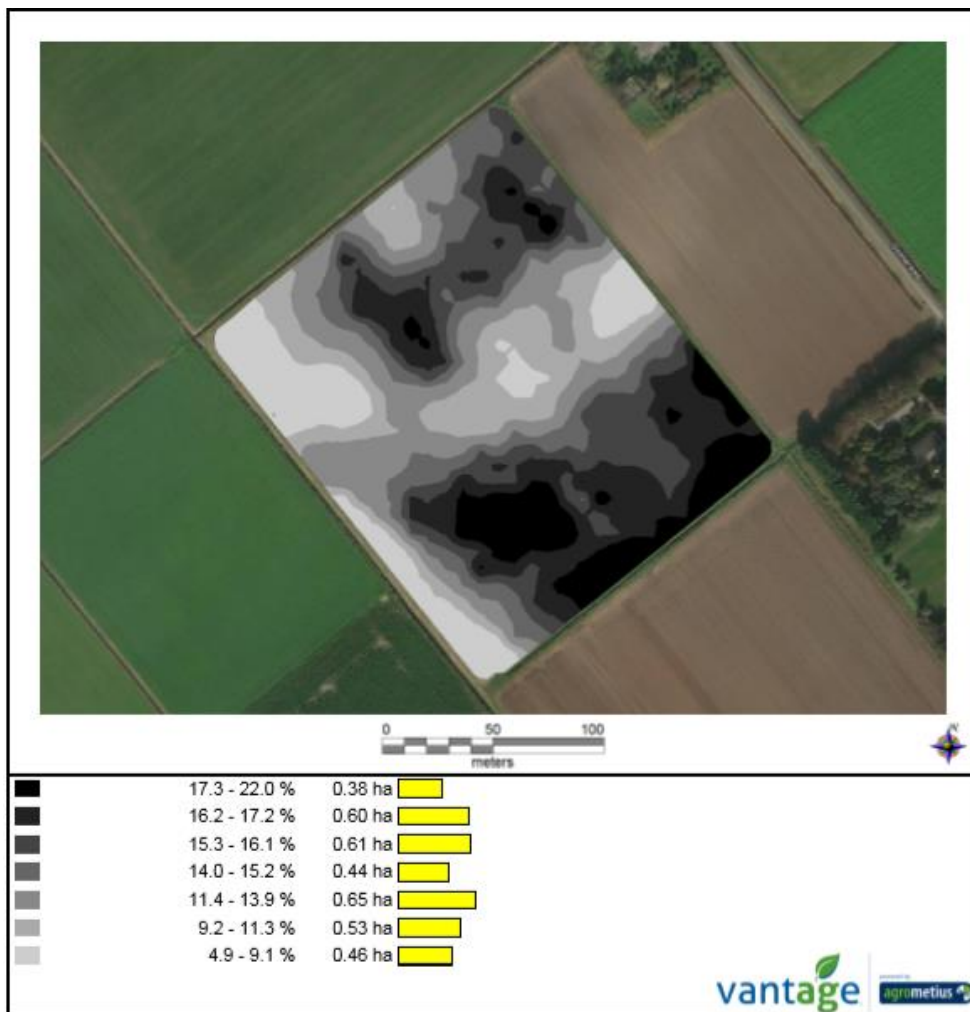
Figuur 17 O.s.-kaart van het zuidelijke perceel opgeleverd door Vantage Agrometius

Vergelijking 10 O.s.-gehalten in het zuidelijke perceel; referentiemonsters vs. Veris



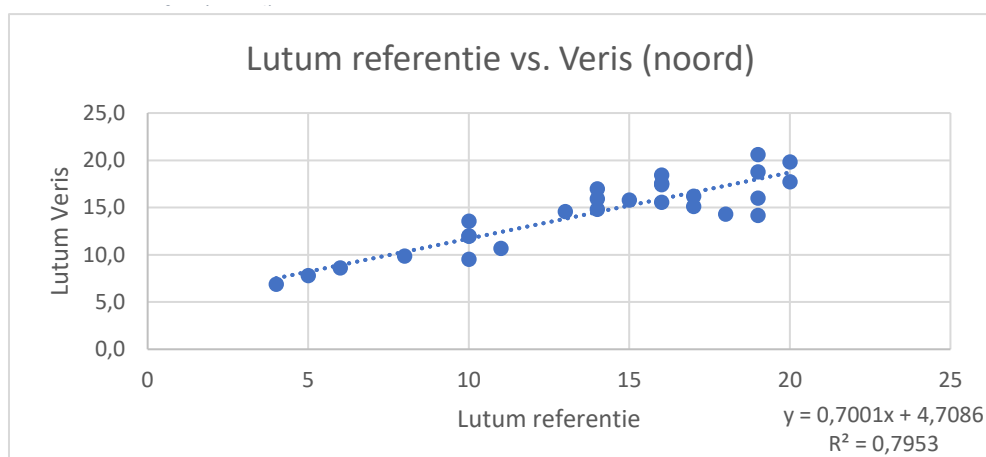
### 3.2.3. Lutum

Hieronder in Figuur 18 en Figuur 19 zijn de lutum-kaarten van het noordelijke en zuidelijke deel van de bodemscan van Veris weergegeven met daaronder in Vergelijking 11 en Vergelijking 12 een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 48. referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De lutum-waarden volgens de bodemscan hebben in het noordelijke deel een minimum van 6,9% en een maximum van 20,6% (op de locatie van de referentiemonsters). De absolute RMSE is in dit geval 2,22%.

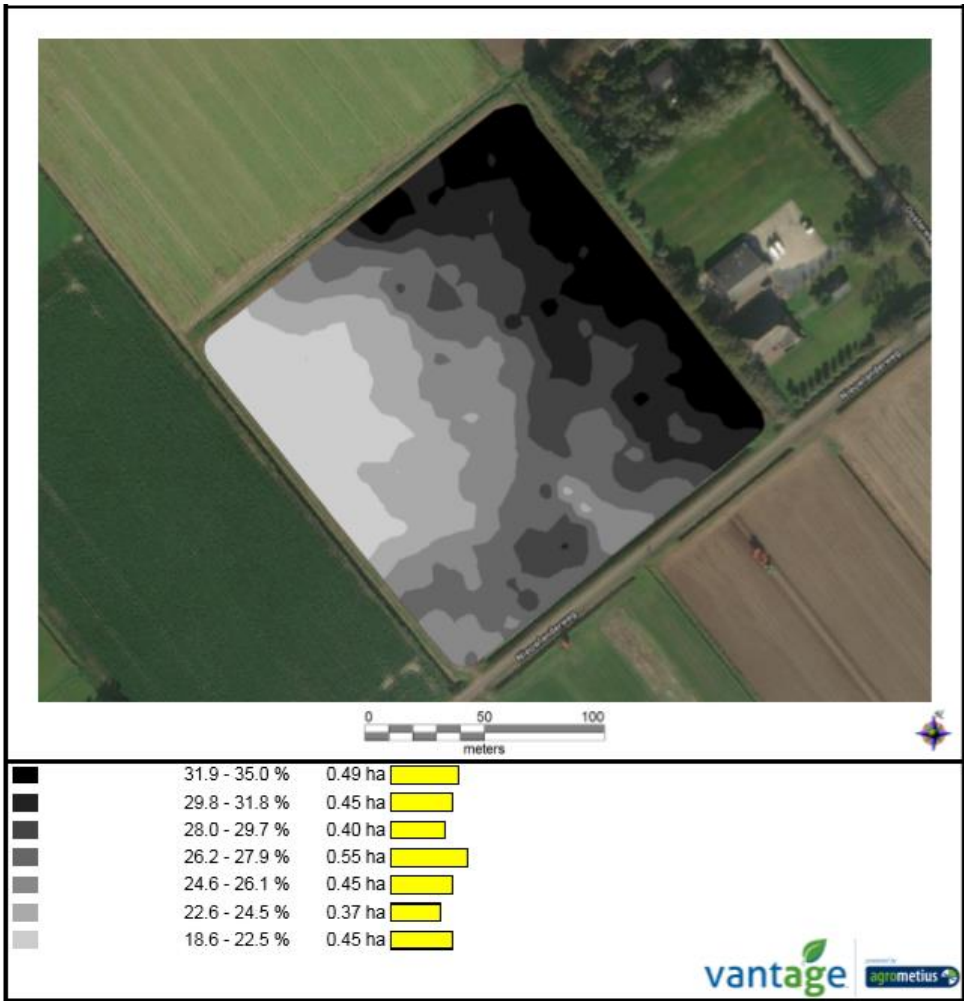


Figuur 18 Lutumkaart van het noordelijke perceel aangeleverd door Vantage Agrometius

Vergelijking 11 Lutum in het noordelijke perceel; referentiemonsters vs. Veris

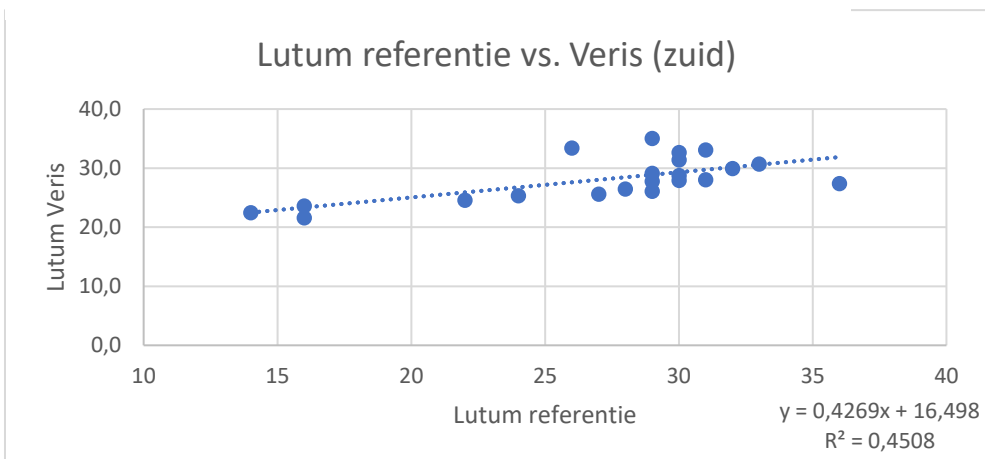


De lutum-waarden volgens de bodemscan hebben in het zuidelijke perceel een minimum van 21,6% en een maximum van 35,0%. (op de locatie van de referentiemonsters). De absolute RMSE is 3,78%.



Figuur 19 Lutumkaart van het zuidelijke perceel opgeleverd door Vantage Agrometius

Vergelijking 12 Lutum in het zuidelijke perceel; referentiemonsters vs. Veris



### 3.3. BioScope

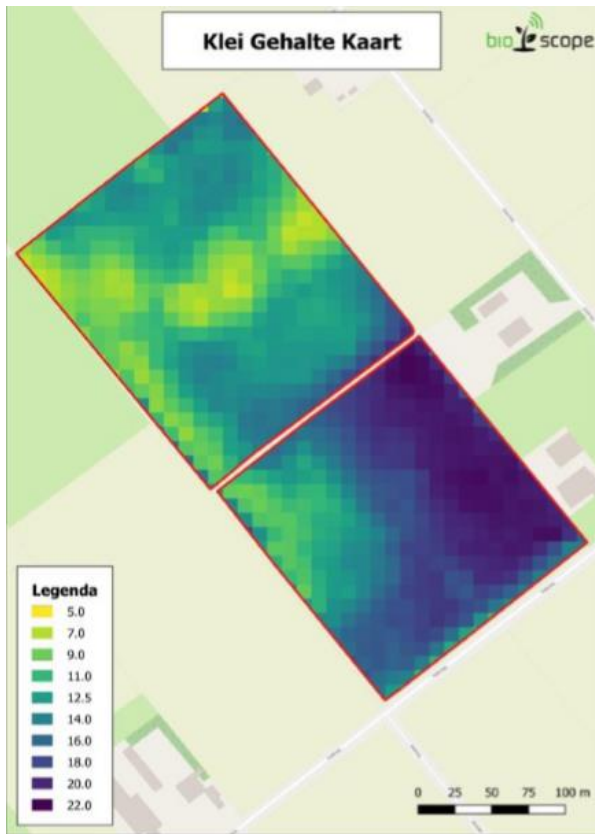
BioScope levert binnen het basis abonnement een bodemzone-kaart zoals te zien in Figuur 20. Deze kaart toont per perceel vijf zones die het verschil in bodemstructuur weergeven, een belangrijke parameter voor de gewasgroei en teelthandelingen. De bodemstructuur hangt af van een aantal zaken zoals: het kleigehalte, zandfractie, o.s.-gehalte en kalkgehalte. Ook heeft het bodemgebruik en de bodembewerking (zowel type als omstandigheden) invloed op de bodemstructuur. Per kavel kan het verschillen welke van boven genoemde parameter meer invloed heeft op de bodemstructuur. In de zeekleigebieden is pH (kalk) en o.s. zelden een belangrijke factor, maar klei / zand en teelthandelingen zijn dat wel.



Figuur 20 Bodemzonekaart BioScope

#### 3.3.1. Lutum-kaart

In figuur 31 is de CEC kaart van het gehele perceel weergegeven. Deze kaart wordt niet behandeld in de resultaten, omdat de CEC geen onderdeel uitmaakt van de vergelijking voor pH, o.s. en lutum. Wel wordt de CEC kaart als één van de resulterende kaarten door BioScope opgeleverd. In Figuur 21 is de klei kaart weergegeven van BioScope van het gehele perceel.



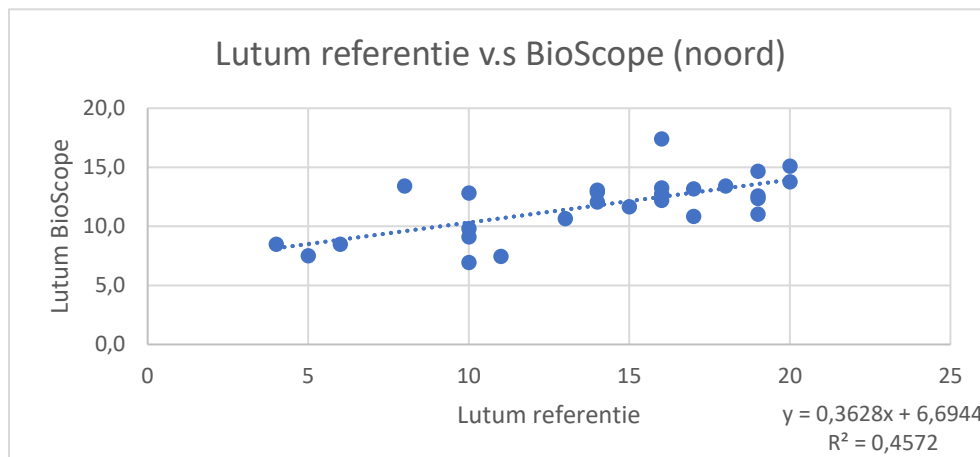
Figuur 21 Klei kaart van het gehele perceel opgeleverd door BioScope



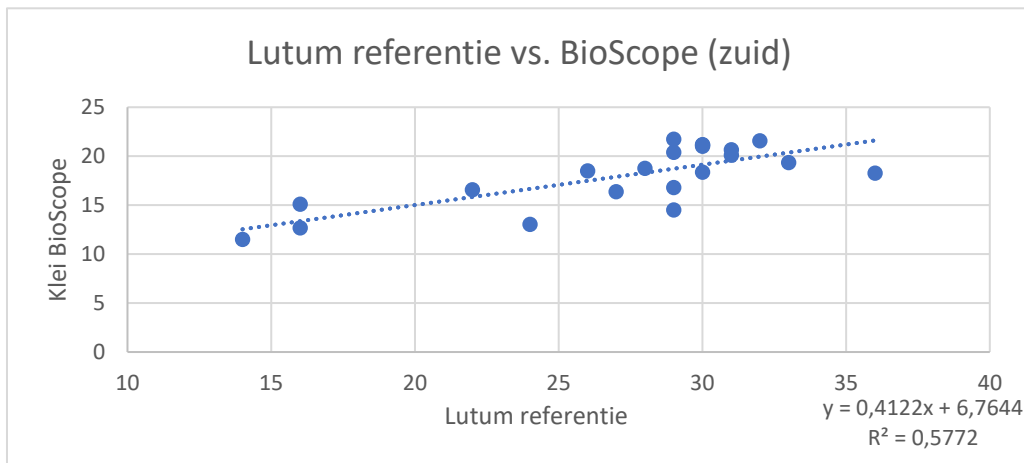
Figuur 22 CEC kaart van het gehele perceel opgeleverd door BioScope

In Vergelijking 13 en Vergelijking 14 zijn de spreidingsgrafieken weergegeven van het noordelijke en zuidelijke perceel volgens de vergelijking tussen de referentiemonsters en de klei gehalten volgens de BioScope klei kaart. Hierbij zijn de waarden van de 48 referentiemonsters uitgezet tegen de klei gehalten op de kaart van BioScope. De klei gehalten in het noordelijke perceel volgens BioScope hebben een minimum van 6,95% en een maximum van 17,42%. De absolute RMSE is in dit geval 3,77%. In het zuidelijke perceel is het minimum 11,5% en het maximum 21,75%. De absolute RMSE is 4,05% in de vergelijking tussen Eurofins referentiemonsters en de door BioScope opgegeven waarden. Over het gehele perceel gezien komt deze vergelijking uit op een  $R^2$  van 0,78 ( $P < 0,01$ ) met een bijbehorende absolute RMSE van 3,89%.

Vergelijking 13 Klei BioScope vs. Lutum referentiemonsters (noord)







### 3.4. Samenvatting nauwkeurigheid pH, organische stof en lutum kaarten

In deze paragraaf bespreken we de nauwkeurigheid en toegevoegde waarde van de sensorsystemen die een pH-, o.s.- of lutumkaart leveren. Om in één overzicht de bodemscans te kunnen vergelijken, wordt in Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5 een vergelijking per pH, o.s. of lutum weergegeven aan de hand van de R<sup>2</sup>, RMSE en P-waarden.

De tabellen behoeven toelichting. Per bodemwaarde-onderwerp wordt een tabel getoond. In de eerste kolom staat eerst het bodemwaarde-onderwerp, vervolgens op welk deel van het proefperceel (Kaart) de statistische parameters in de betreffende rij betrekking heeft (Noord, Zuid of Noord+Zuid samen (=Perceel)) en in de laatste regel van een tabel wordt de P-waarde van de regressieanalyse op proefperceel-niveau vermeldt. N.s. betekent niet significant (P>0,05). De groen gedrukte resultaten geven weer welke bodemscan statistische gezien het beste scoorde voor de betreffende vergelijking (als waarden dicht bij elkaar liggen, dan kunnen meerdere scans groen gekleurd zijn). Mengmonster betekend het gemiddelde van de referentiemonsters om te bepalen in hoeverre een perceelgemiddelde monsternamen afwijkt van de individuele 48 monsterpunten monsternamen.

Tabel 3 Statistische parameters vergelijking referentiemonsters met bodemkaarten van 2 bodemscanleveranciers voor pH. (pH = 6,3, 6,9 en 6,6, resp. Noord, Zuid en Perceel).

pH	Mengmonster	Veris	Loonstra
Kaart	R <sup>2</sup> (RMSE)	R <sup>2</sup> (RMSE)	R <sup>2</sup> (RMSE)
- Noord	n.v.t. (±0,44)	0,39 (±0,35)	0,21 (±0,35)
- Zuid	n.v.t. (±0,50)	0,50 (±0,26)	0,10 (±0,40)
- Perceel	n.v.t. (±0,47)	0,63 (±0,33)	0,34 (±0,40)
P-waarde	n.v.t.	0,00	0,00

Tabel 4 Statistische parameters vergelijking referentiemonsters met bodemkaarten van 2 bodemscanleveranciers voor organische stof. (o.s. = 2,1, 4,3 en 3,2, resp. Noord, Zuid en Perceel)

Organische stof	Mengmonsters	Veris	Loonstra
Kaart	R <sup>2</sup> (RMSE)	R <sup>2</sup> (RMSE)	R <sup>2</sup> (RMSE)
- Noord	n.v.t. (±1,12)	0,23 (±0,52)	0,24 (±0,57)
- Zuid	n.v.t. (±1,33)	0,24 (±0,43)	0,00 (±1,01)
- Perceel	n.v.t. (±1,21)	0,83 (±0,51)	0,52 (±0,87)
<b>P-waarde</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

\*n.s.: niet significant

Tabel 5 Statistische parameters vergelijking referentiemonsters met bodemkaarten van 3 bodemkaartleveranciers voor lutum/klei. (lutum = 13,9, 27,2 en 20,6, resp. Noord, Zuid en Perceel)

Lutum	Mengmonster	Veris	Loonstra	BioScope
Kaart	R <sup>2</sup> (RMSE)	R <sup>2</sup> (RMSE)	R <sup>2</sup> (RMSE)	R <sup>2</sup> (RMSE)
- Noord	n.v.t. (±9,04)	0,80 (±2,22)	0,70 (±3,02)	0,46 (±3,77)
- Zuid	n.v.t. (±7,02)	0,45 (±3,78)	0,69 (±3,24)	0,58 (±4,05)
- Perceel	n.v.t. (±8,22)	0,85 (±3,29)	0,88 (±3,32)	0,78 (±3,89)
<b>P-waarde</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

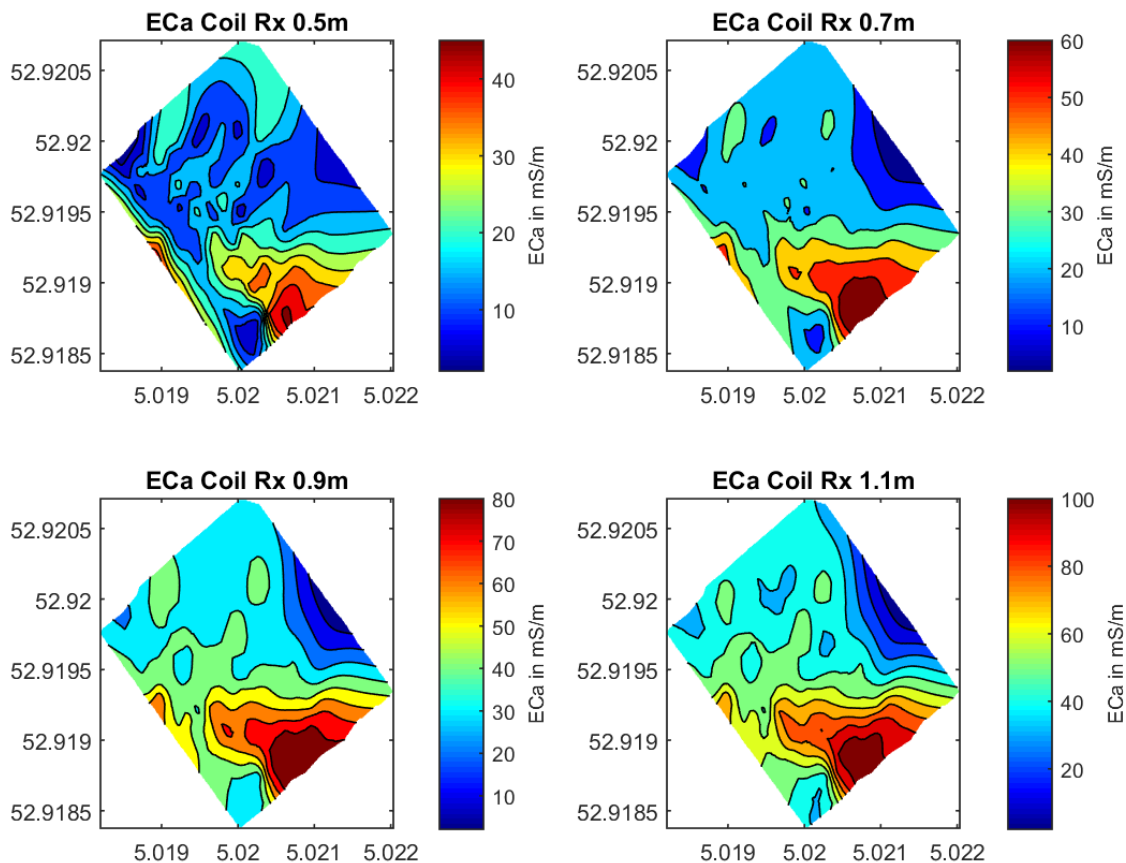


## 4. Overige sensoren

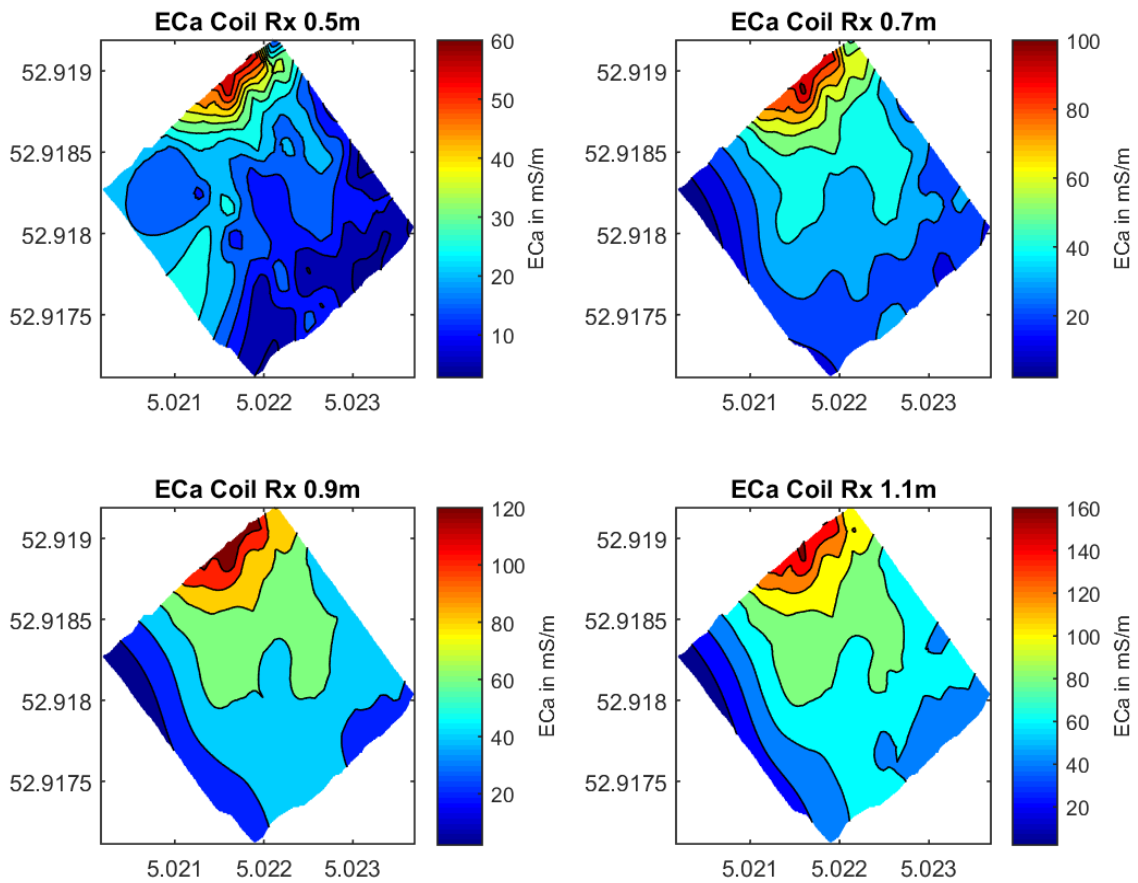
Niet alle sensoren in deze bodemscanvergelijking leveren een pH-, organische stof- of lutumkaart. Om deze sensoren ook zichtbaar te maken in deze bodemscanvergelijking worden in dit hoofdstuk de overige twee bodemscanners uiteengezet. Dit betreft de SoilXplorer van CNH en de Dualem21S van Loonwerk GPS/Soil Masters.

### 4.1. SoilXplorer CNH

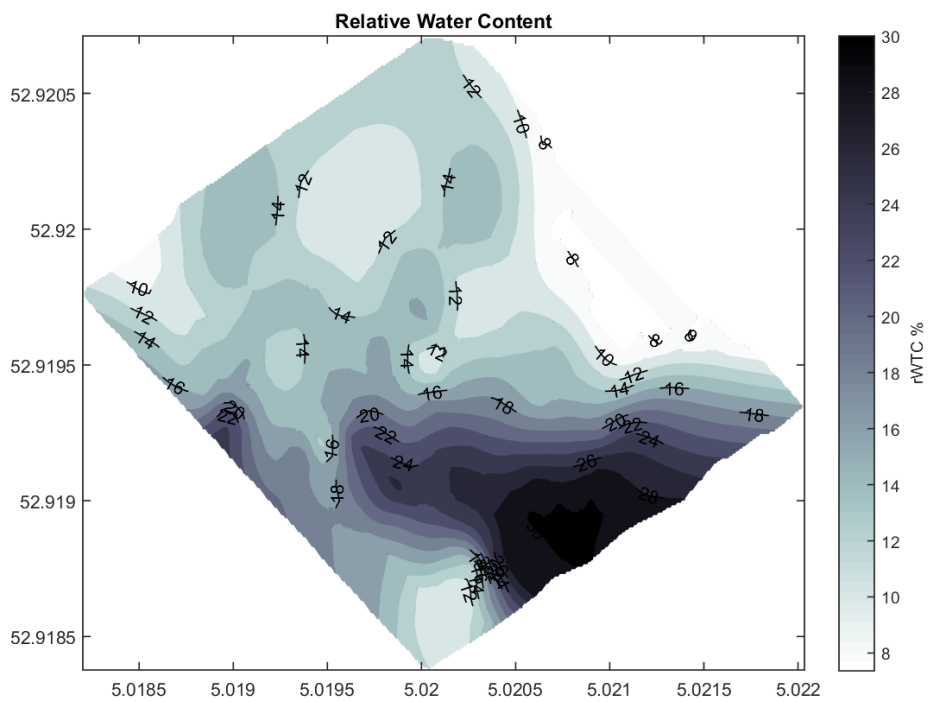
In Figuur 23 zijn de vier verschillende dieptekaarten van het noordelijk gelegen perceel weergegeven. In Figuur 24 zijn de aangeleverde kaarten weergegeven van het zuidelijke gedeelte van het perceel. CNH levert geen kaarten die de pH-, o.s.- of lutumgehalten direct weergeven. De SoilXplorer is in staat om de geleiding (EC) in de bodem in kaart te brengen. Op basis van de EC-kaarten wordt door CNH een Tillage, een Relatieve Water Content en een Depth to Interface kaart opgeleverd. Een voorbeeld van deze kaarten, zoals deze gemaakt zijn voor het noordelijke perceel, worden weergegeven in Figuur 25, Figuur 26 en Figuur 27. De kaarten van het zuidelijke deel van het proefperceel zijn weergegeven in Figuur 28, Figuur 29 en Figuur 30.



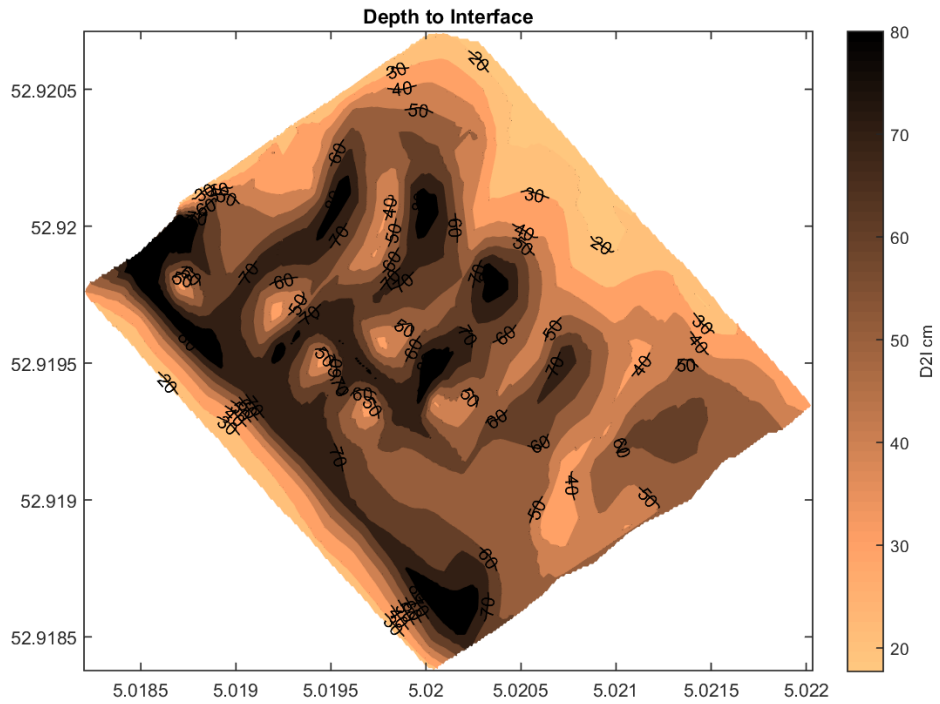
Figuur 23 EC zonekaarten van het noordelijke perceel opgeleverd door CNH industrial



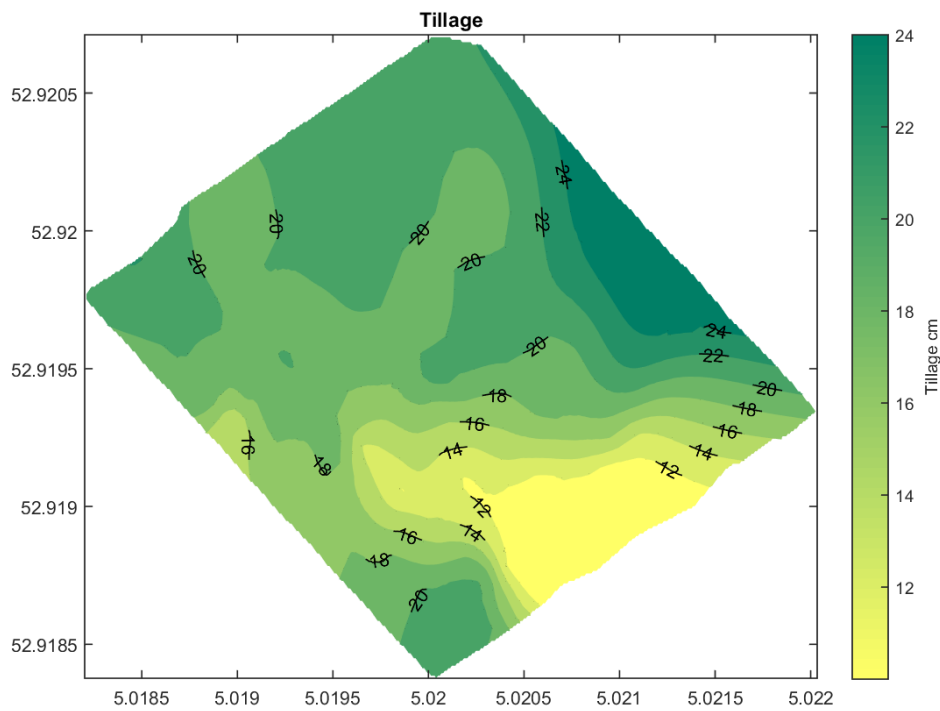
Figuur 24 EC zonekaarten van het zuidelijke perceel opgeleverd door CNH industrial



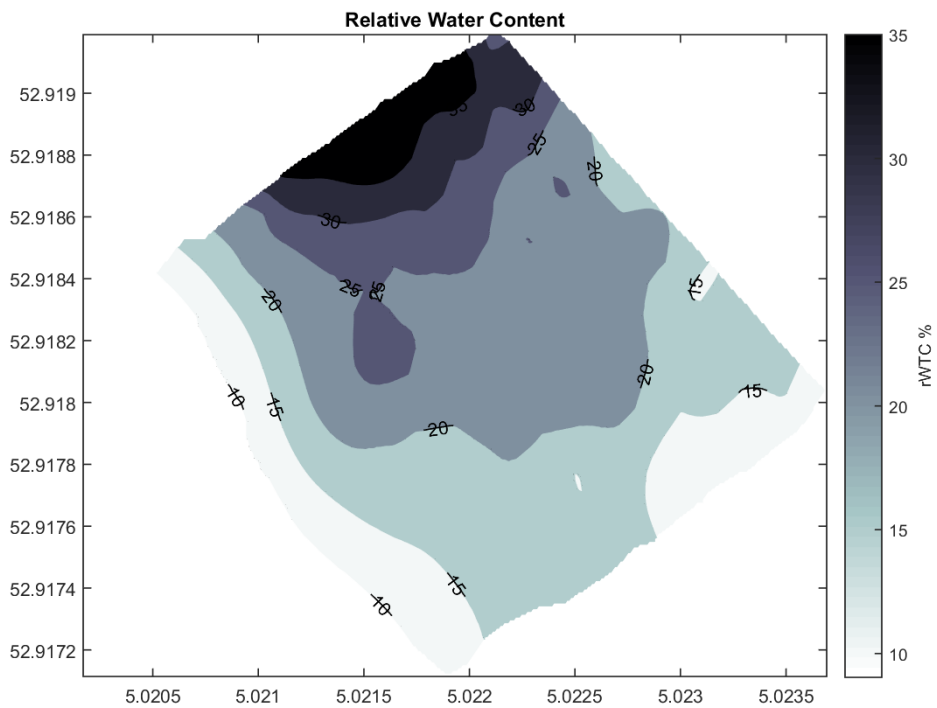
Figuur 25 CNH SoilXplorer Relative Water Content kaart van het noordelijke perceel



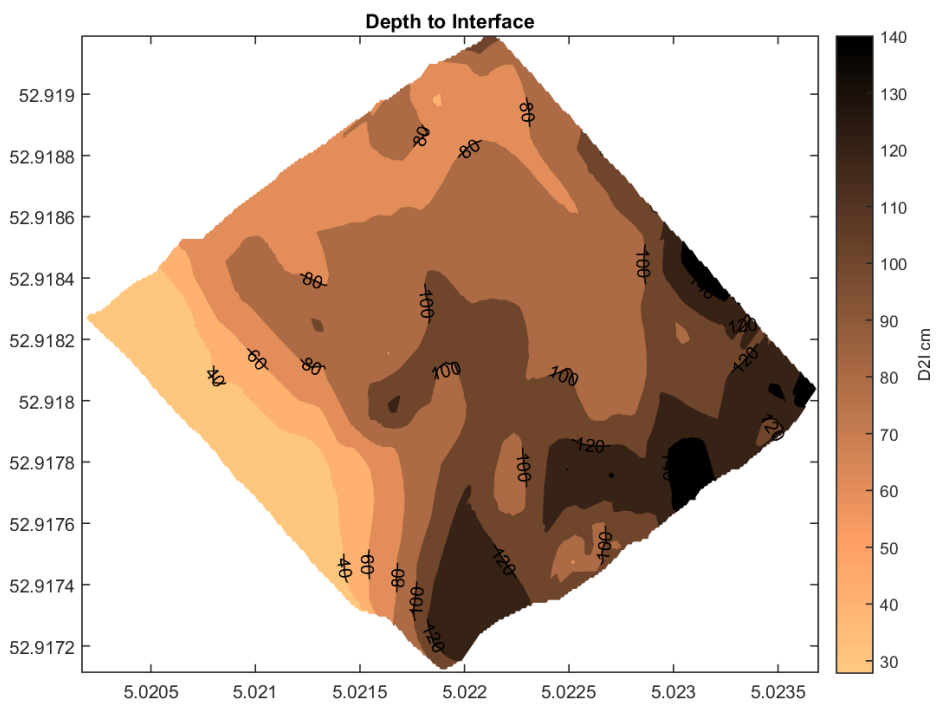
*Figuur 26 CNH SoilXplorer Depth to Interface kaart van het noordelijke perceel*



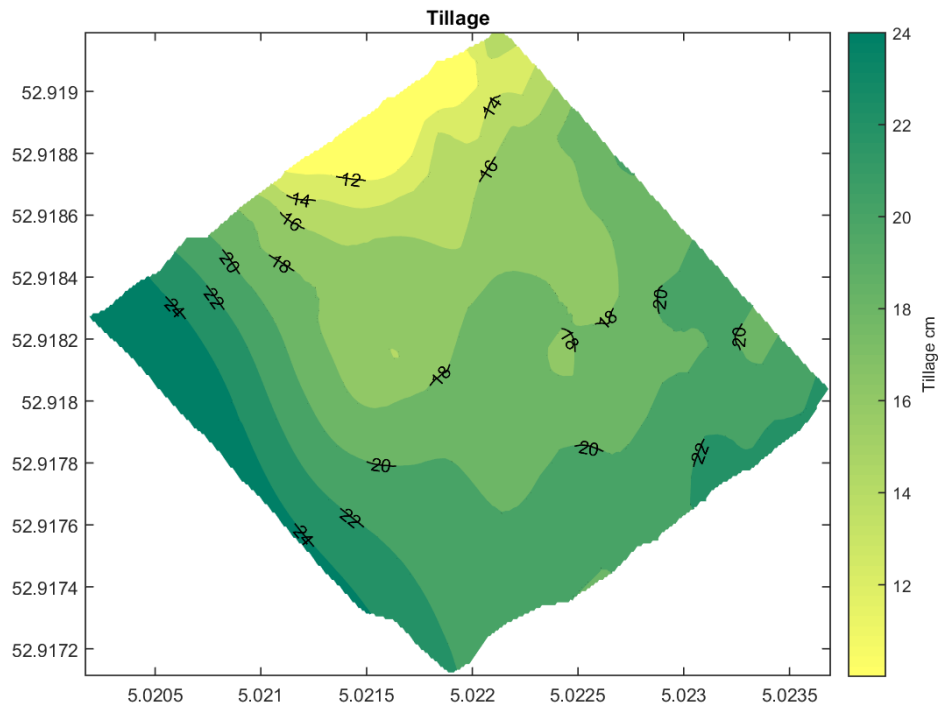
*Figuur 27 CNH SoilXplorer Tillage kaart van het noordelijke perceel*



*Figuur 28 CNH SoilXplorer Relative Water Content kaart van het zuidelijke perceel*



*Figuur 29 CNH SoilXplorer Depth to Interface kaart van het zuidelijke perceel*

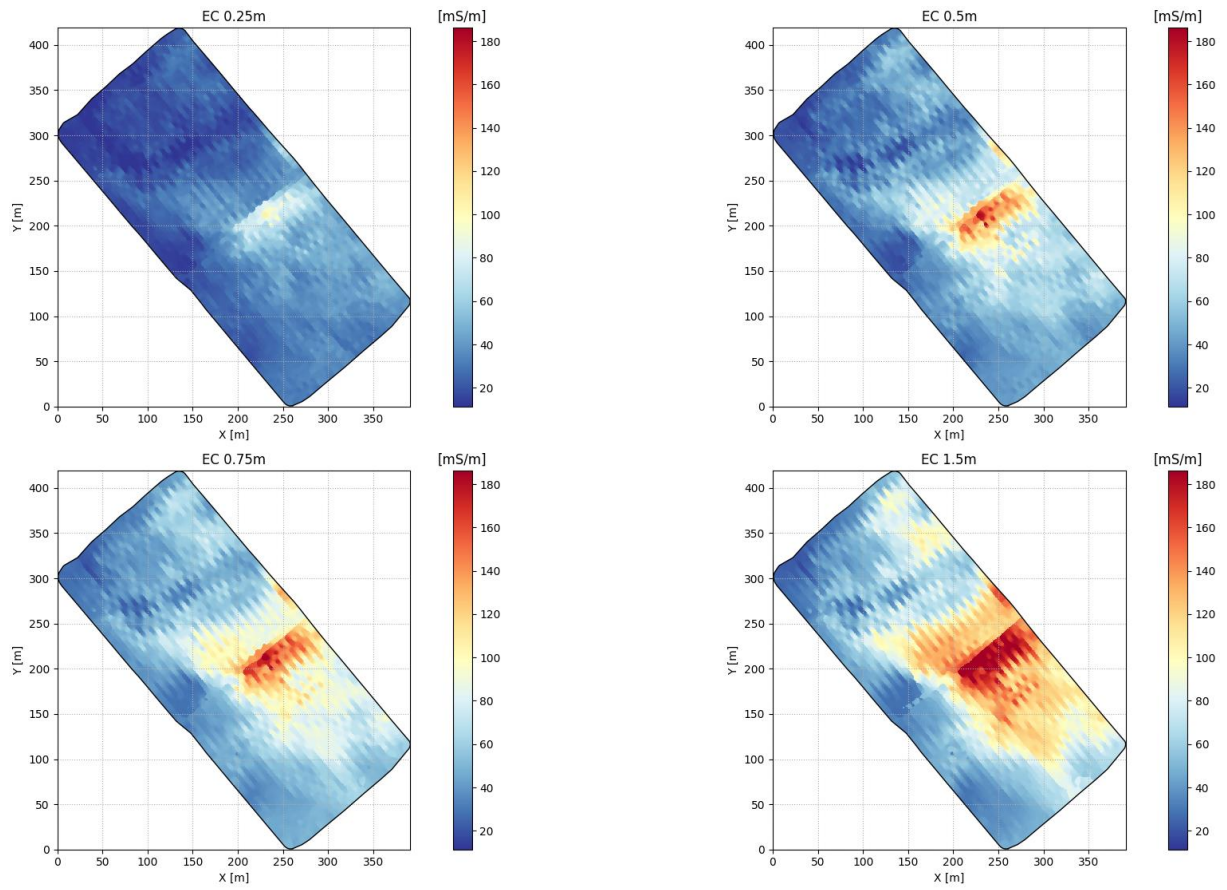


Figuur 30 CNH SoilXplorer Tillage kaart van het zuidelijke perceel

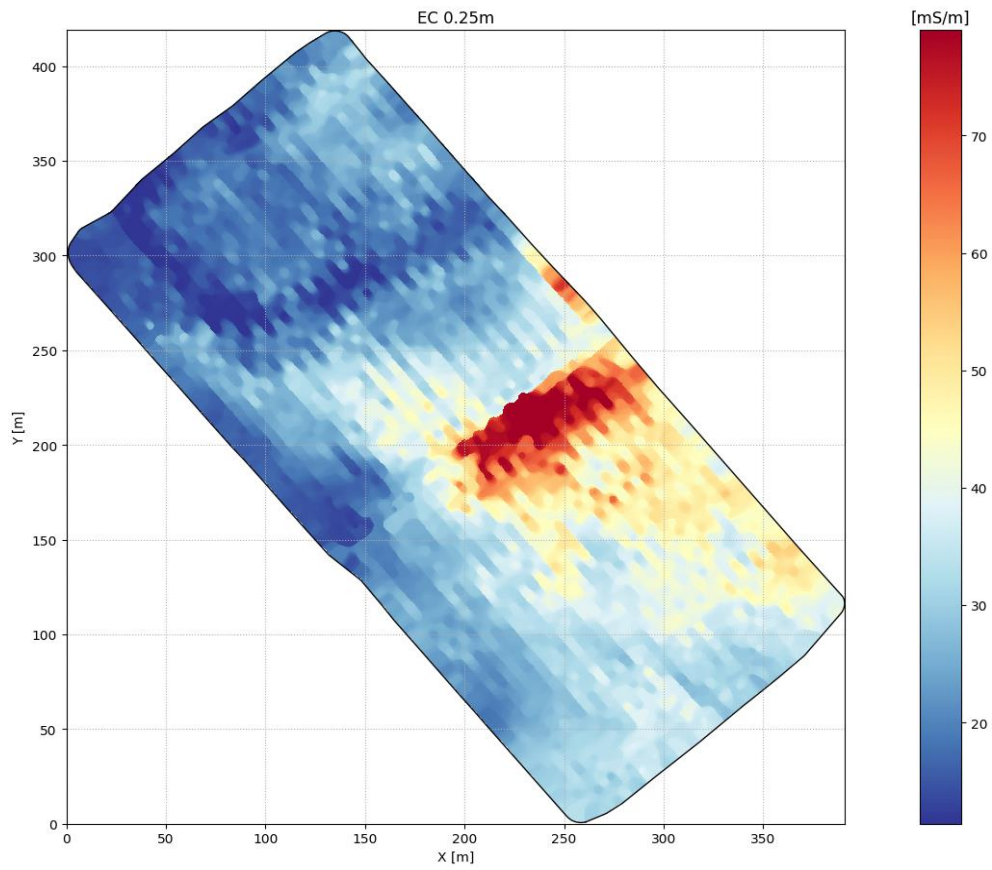
#### 4.2. Dualem 21S scan Loonwerk GPS

In Figuur 31, Figuur 32, Figuur 33, Figuur 34 en Figuur 35 is de output van de Dualem 21S scanner weergegeven. In de kaarten is te zien dat de geleidbaarheid steeds sterker wordt naarmate er dieper gemeten wordt. Loonwerk GPS levert geen pH-, o.s.- of lutumkaarten. Daarnaast werkt Loonwerk GPS volgens de Kinsey-Albrecht methode, welke niet aansluit op de vergelijking die in dit verslag wordt gemaakt. Daarom zullen enkel de resultaten van de scan worden getoond in dit rapport. De analyse van de resultaten wordt niet meegenomen in dit rapport.

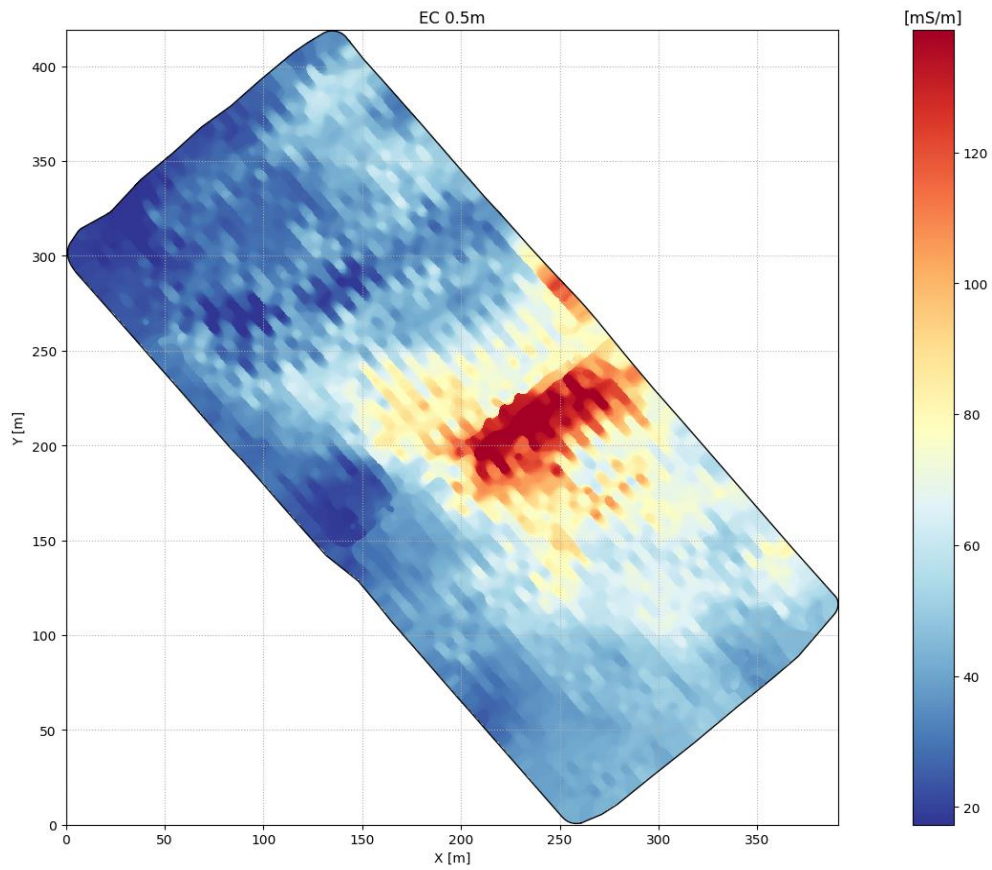
Op basis van de geleidbaarheidskaarten in Figuur 31 wordt een zonekaart opgesteld. Op basis van een aantal kalibratiemonsters binnen de verschillende zones is er een gemiddelde waarde toegekend aan één zone. Op basis van deze zonekaart en de kalibratiemonsters worden strooikaarten opgesteld zoals weergegeven in Figuur 36, Figuur 37, Figuur 38, Figuur 39 en Figuur 40.



Figuur 31 Overzicht ter vergelijking geleidbaarheidskaarten op basis van de Dualem 21S opgeleverd door Loonwerk GPS

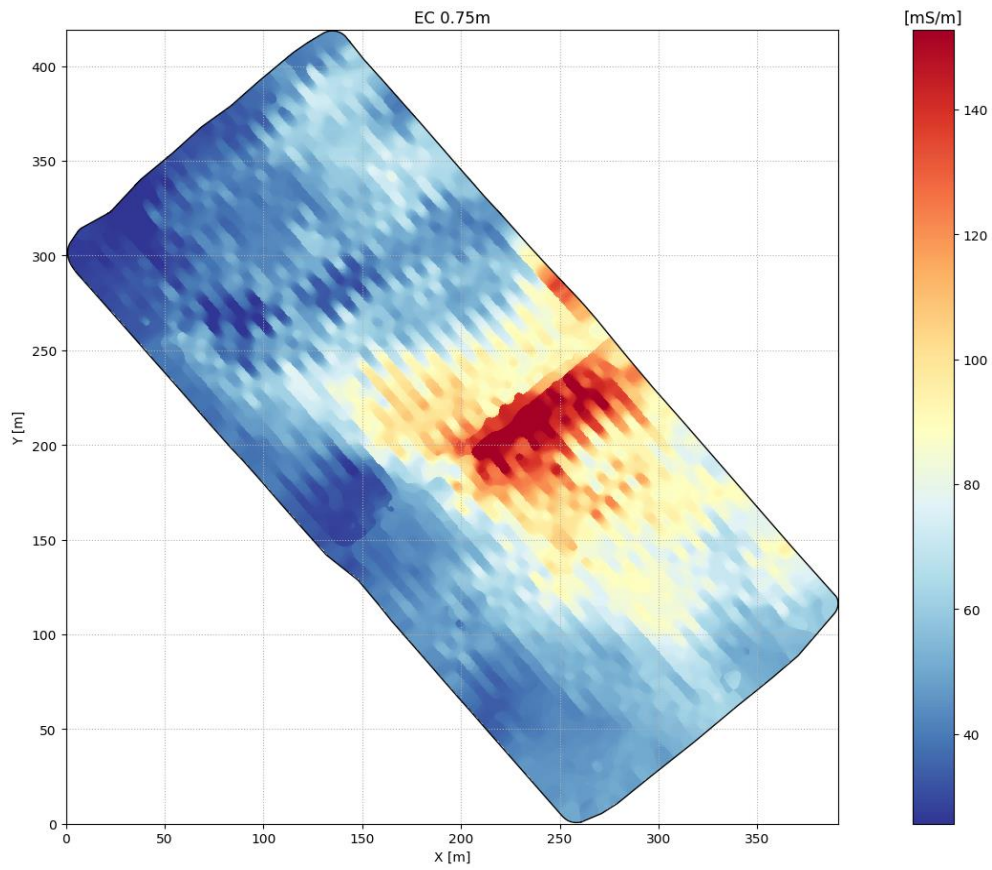


Figuur 32 Geleidbaarheidskaart 0m-0.5m diepte

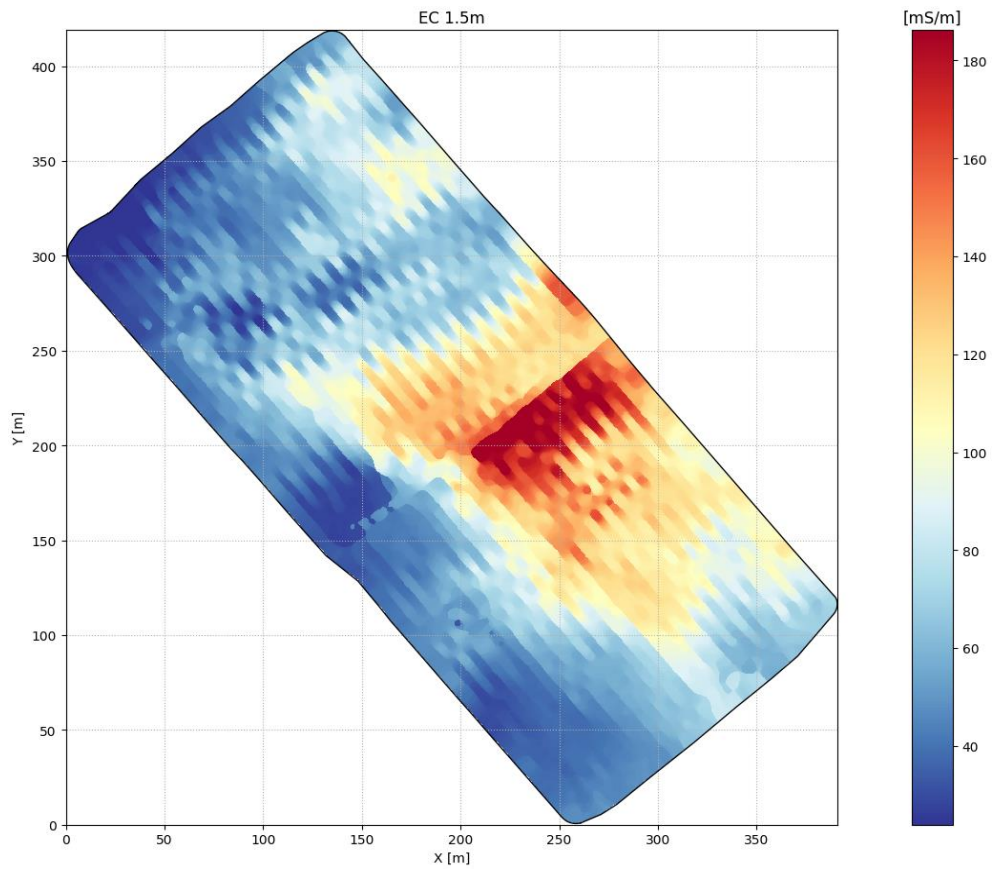


Figuur 33 Geleidbaarheidskaart 0.5m – 1.0m diepte





Figuur 34 Geleidbaarheidsskaart 1.0m -1.5m diepte



Figuur 35 Geleidbaarheidsskaart 1.5m-3.0m diepte



### S-meststof

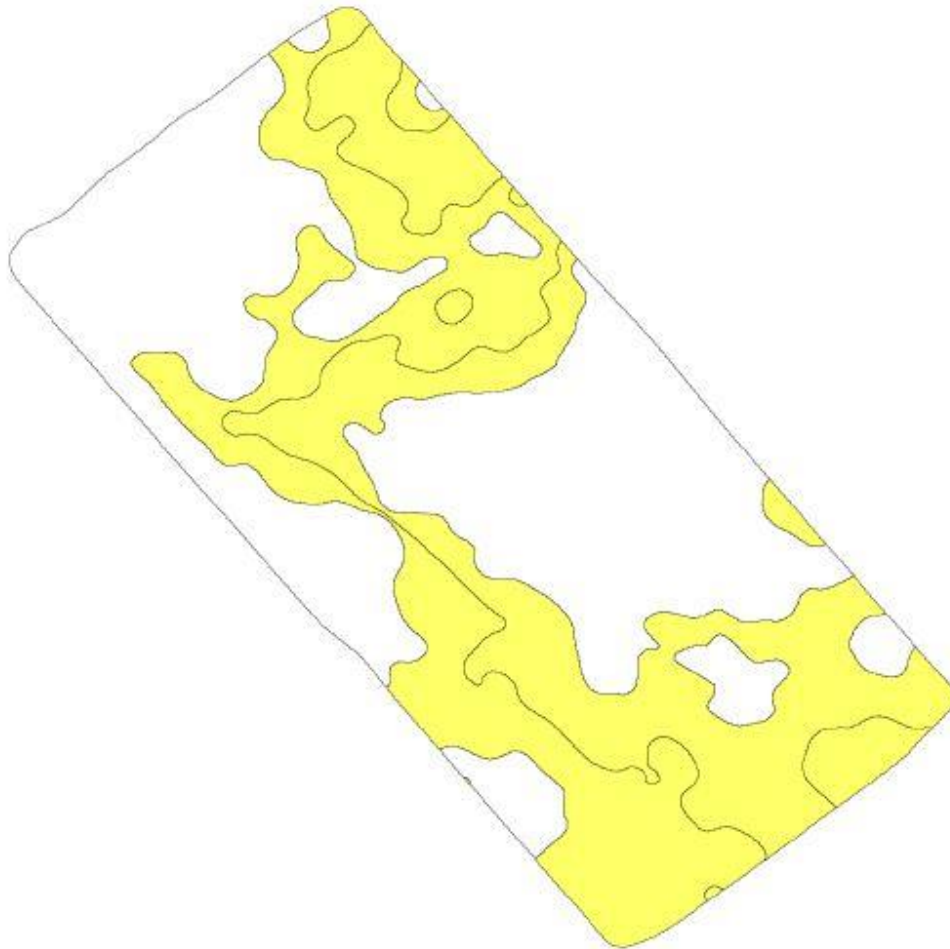
S-meststof	kg/ha	zone	zone kleur
Ferti S, Korrel	0	2	
Ferti S, Korrel	45	3	
Ferti S, Korrel	55	4	
Ferti S, Korrel	130	1	



*Figuur 36 Strooikaart S-meststof op basis van geleidbaarheidskaart en kalibratie grondmonsters*

## P-meststof

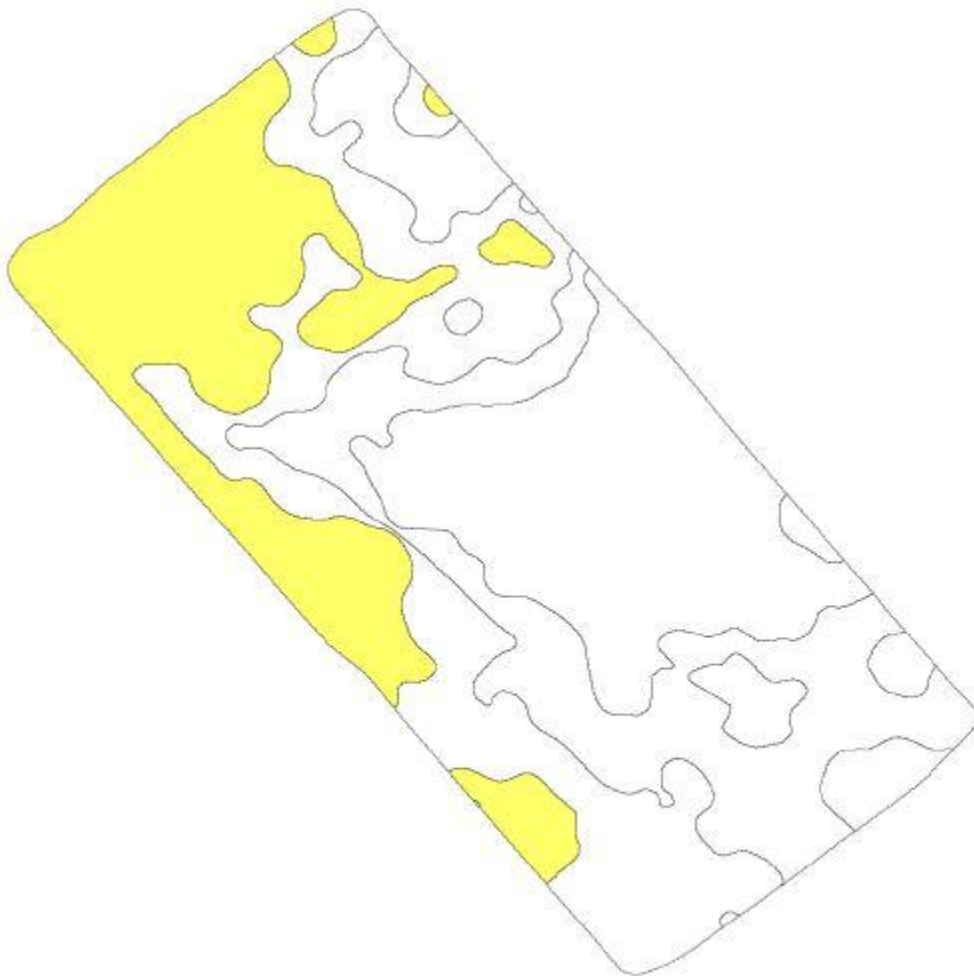
P-meststof	kg/ha	zone	zone kleur
DAP, Korrel	0	1	
DAP, Korrel	0	4	
DAP, Korrel	280	2	geel
DAP, Korrel	280	3	geel



*Figuur 37 Strooikaart P-meststof op basis van geleidbaarheidskaart en kalibratie grondmonsters*





## Ca-Mg-meststof

Ca-Mg-meststof	kg/ha	zone	zone kleur
Ferti korrelkalk 15%, 25kg	0	2	
Ferti korrelkalk 15%, 25kg	0	3	
Ferti korrelkalk 15%, 25kg	0	4	
Ferti korrelkalk 15%, 25kg	740	1	



*Figuur 38 Strooikaart Ca-Mg-meststof op basis van geleidbaarheidskaart en kalibratie grondmonsters*

## Kieseriet

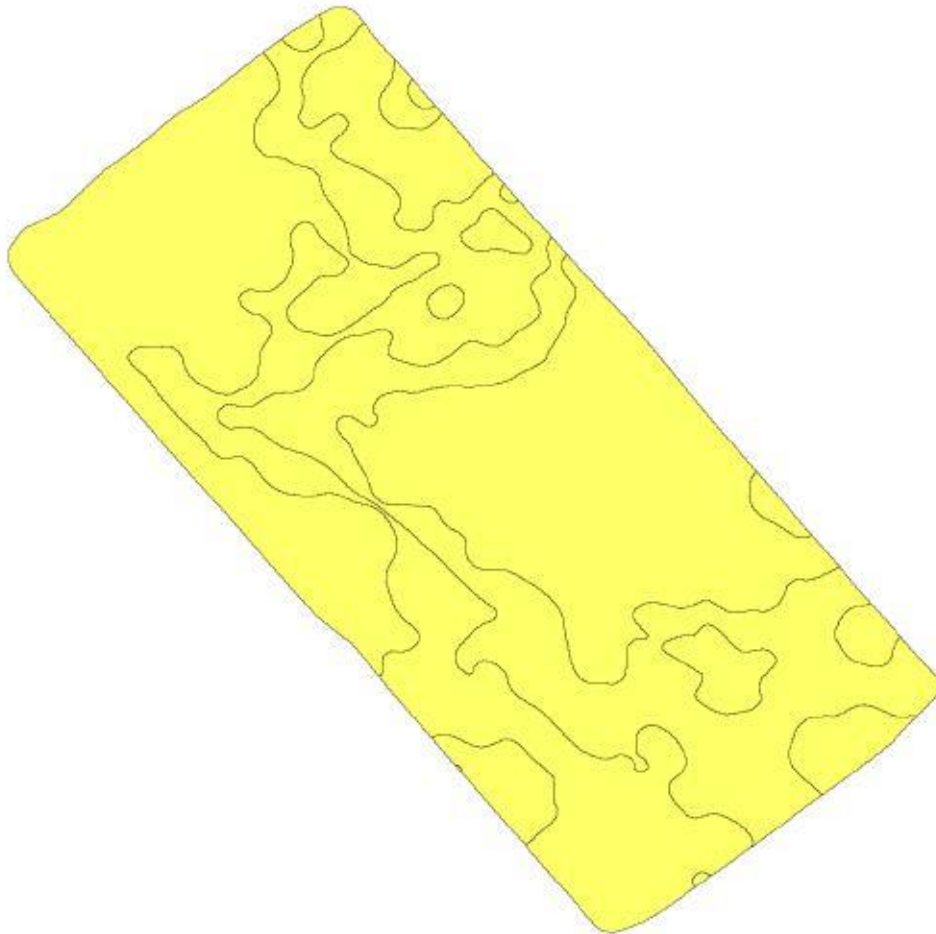
Kieseriet	kg/ha	zone	zone kleur
Kieseriet, BB	250	1	
Kieseriet, BB	300	2	
Kieseriet, BB	420	3	
Kieseriet, BB	500	4	



*Figuur 39 Strooikaart Kieseriet meststof op basis van geleidbaarheidskaart en kalibratie grondmonsters*

## Kaliumsulfaat

Kaliumsulfaat	kg/ha	zone	zone kleur
Kaliumsulfaat, BB	280	1	
Kaliumsulfaat, BB	280	2	
Kaliumsulfaat, BB	280	3	
Kaliumsulfaat, BB	280	4	



*Figuur 40 Strooikaart Kaliumsulfaat op basis van geleidbaarheidskaart en kalibratie grondmonsters*

## 5. Discussie

In dit hoofdstuk bediscussiëren we eerst de vergelijkingsmethode en de algehele trends. Daarna doen we dit per bodemscansysteem.

Onderzoekstechnisch gezien hebben we de lijn in het eerdere onderzoek in 2018 (Nysten & Kempenaar, 2019) herhaald. De kracht van die aanpak is dat we vanuit een soort grid-bemonstering een groot aantal grondmonsters hebben die als basis dienen voor de evaluatie van de bodemkaarten. Het perceel was nu iets groter dan in 2018 en het aantal grondmonsters was afgerond 7 per ha op totaal 7 ha. Door het gemiddelde van alle referentiemonsters per bodemwaarde te nemen, hetzij van pH, organische stof (o.s.) of lutum, en vervolgens de RMSE te berekenen, kan er gekeken worden of de bodemscan een toegevoegde waarde heeft ten opzichte van een standaard mengmonster wanneer de RMSE van het mengmonster wordt vergeleken met de uitslag van de bodemscan. De RMSE bij de kaart van de bodemscans zou kleiner moeten zijn dan wanneer wordt vergeleken naar een mengmonster. De RMSE kan gezien worden als de gemiddelde afwijking tussen twee monsters. Bodemscans die een RMSE waarde dicht bij de 0 hebben scoren beter dan scans die een hoge score hebben. De waarden van zowel de R-kwadraten als de RMSE van de verschillende scans zijn in één overzicht weergegeven in Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5.

Wat als eerste opvalt, is dat de RMSE waarden van de Veris MSP3 bodemscan bijna altijd het laagst zijn. Alleen ten opzichte van de lutumkaart op perceel Zuid is de RMSE van Veris groter dan die van de gamma straler. Het systeem van Loonstra & Van der Weide komt als tweede best presterende naar voren om de parameters pH, o.s. en lutum in kaart te brengen. Kijkend naar de vergelijking tussen de bodemscans en een mengmonster van de verschillende bodemwaarden, kan worden gesteld dat het nuttig is om een bodemscan te gebruiken bij het in kaart brengen van de variatie van deze bodemwaarden. In het geval van de Veris MSP3 bodemscan, de gamma straling scan van Loonstra en de BioScope scan wordt de variatie beter weergegeven dan wanneer wordt gekozen voor een mengmonster van het perceel.

De  $R^2$  in de vergelijking van de bodemscans ten opzichte van de referentiemonsters komt ook voor de Veris MSP3 bodemscan opnieuw als beste naar voren in vergelijking met de meeste andere scans. Enkel voor de scan van lutum scoort Loonstra & Van der Weide beter. Dit komt vooral door de situatie op perceel Zuid.

Wanneer we specifiek naar pH kijken (Tabel 3), kan worden gesteld dat het maken van een kwalitatief goede pH-kaart voor de meeste systemen een uitdaging is. De Veris MSP3 bodemscan scoort het best, maar de  $R^2$  van 0,63 is slechts redelijk. De RMSE van 0,33 is wel beter dan die van de referentiemonsters (er is dus meerwaarde). De andere twee bodemscansystemen tonen matige tot slechte  $R^2$ . Wat opvallend is, is dat BioScope redelijk scoort met een CEC-kaart die in een regressieanalyse redelijk overeen komt met de pH-kaart op basis van de referentiemonsters ( $R^2 = 0,67$  bij  $P < 0,01$  en  $RMSE = 0,27$ ). Een oorzakelijk verband ligt niet voor de hand. Mogelijk dat deze correlatie voortkomt uit de methode waarop de pH wordt gemeten bij Eurofins. Ditzelfde voorval wordt ook gezien bij de scans van Loonstra en Veris. Loonstra levert meerdere bodemkaarten (twaalf stuks) die een hogere correlatie weergeven tussen de betreffende kaart en de pH van de referentiemonsters. De TC-kaart van Loonstra steekt er met kop en schouders bovenuit met een  $R^2$  van 0,61 ( $P < 0,01$ ) en een RMSE van slechts 0,29. Veris scoort in de reeks van pH metingen met de EC30-kaart een  $R^2$  van 0,69 ( $P < 0,01$ ) en een RMSE van 0,26. Deze uitslagen zouden suggereren dat de pH meting eigenlijk net zo

goed kan worden uitgevoerd met het TC algoritme in het geval van Loonstra en of met de Veris MSP3 bodemscan met het EC30 algoritme. Dit zou verder onderzocht kunnen worden.

Kijken we specifiek naar o.s. (Tabel 4), kan ook worden gesteld dat het maken van een kwalitatief goede organische-stof kaart voor de meeste systemen een moeilijk opgave is. De Veris MSP3 bodemscan scoort ook op o.s. het best. Echter wordt er alleen een goede correlatie gezien als het hele perceel beschouwd wordt (en er dus meer variatie is met hoge en lage waarden in de analyse). De  $R^2$  van 0,8 is dan goed en de absolute RMSE van 0,51% is veel beter dan die van de referentiemonsters. De andere twee bodemscansystemen tonen een slechte  $R^2$ . Andere kaarten van de leveranciers hebben wel een redelijke tot goede correlatie met de organische-stofkaart wanneer deze worden vergeleken met de analyseresultaten van de referentiemonsters. Dit zijn bijzonder genoeg kaarten die ook van de Veris MSP3 bodemscan afkomstig zijn, te weten de CEC en de hoogte kaart met respectievelijk een  $R^2$  van 0,82 en een absolute RMSE van 0,52% ( $P < 0,01$ ), en een  $R^2$  van 0,80 en een absolute RMSE van 0,54% ( $P < 0,01$ ). Deze uitslagen suggereren dat het o.s.-gehalte in een perceel in theorie ook met ca. 80% nauwkeurigheid kan worden bepaald aan de hand van een CEC bepaling of een hoogtekaart. Een hoogtekaart wordt praktisch gezien door elk RTK-GPS systeem geleverd. De kaartenreeks van Loonstra levert met een  $R^2$  van 0,52 een o.s.-kaart op. Ook de door hen geleverde stikstofkaart geeft echter met een  $R^2$  van 0,72 en absolute RMSE van 0,64% ( $P < 0,01$ ) ook een nauwkeurigere benadering van het o.s.-gehalte. Echter is ook dit suggestief en zal per perceel verschillen. Dit voorval kan niet worden ggeneraliseerd en biedt mogelijk opties om de toepassing van een hoogtekaart voor het bepalen van de organische stof in een perceel nader te onderzoeken.

Kijken we tot slot specifiek naar lutum (Tabel 5), dan zien we op de eerste plaats dat alle sensorsystemen hier de hoogste correlaties scores. Kennelijk zijn de systemen het meest gevoelig voor variatie in de zwaarte van de grond voor wat betreft de grondsoort die we beschouwen. Loonstra & Van der Weide scoort hier gemiddeld het best met een  $R^2$  van 0,88 ( $P < 0,01$ ) en een absolute RMSE van 3,3%. De Veris MSP3 bodemscan scoort nagenoeg gelijk, maar door de situatie op perceel Zuid is het resultaat dat door de Veris MSP3 wordt verkregen over hele analyse gezien iets minder (zie eerdere discussie). De Veris MSP3 bodemscan met een  $R^2$  van 0,85 en een absolute RMSE van 3,29% ( $P < 0,01$ ) en Bioscope met  $R^2$  van 0,8 en absolute RMSE van 3,89% ( $P < 0,01$ ) zijn zeker concurrerend met de resultaten van Loonstra & Van der Weide. Als we nog naar andere kaarten van leveranciers kijken, dan zien we hoge correlaties met de TC-kaart en stikstofkaart van Loonstra & Van der Weide en de referentiemonsters. ( $R^2$  van 0,88 TC en stikstof kaart zelfs boven een  $R^2$  van boven de 0,9 voor stikstofkaart). De Veris MSP3 bodemscan heeft met de CEC kaart een  $R^2$  van 0,93 wanneer deze resultaten worden vergeleken met de referentiemonsters.

Bovenstaande discussie geeft aan dat er iets te kiezen valt qua nauwkeurigheid van de sensorsystemen. Tevens is het interessant te zien dat een aantal extra kaarten van aanbieders goed correleren met bodemwaarden waar ze op het oog geen oorzakelijk verband mee hebben. Het is aan te bevelen de oorzaak hiervan verder te onderzoeken. Mogelijk heeft dit te maken met de meetprincipes aan zowel de kant van de leveranciers als aan de kant van het laboratorium.

### 5.1. Passieve gamma bodemscanner Loonstra & Van der Weide

De bodemscan-service levert diverse kaarten aan die gebruikt kunnen worden voor inzicht en voor variabele toepassingen binnen het perceel. Opvallend is dat de gammastraling in het zuidelijke gedeelte van het perceel een stuk hoger is dan in het noordelijke gedeelte van het perceel.

Wat bij de pH-kaarten opvalt, is dat er op het zuidelijke perceel meer plekken zijn met een hogere pH dan op het noordelijke perceel. Verder is de  $R^2$  voor de pH vergelijking op het noordelijke perceel aanzienlijk hoger dan op het zuidelijke perceel. Met deze pH-kaarten kan eventueel een taakkaart



gemaakt worden voor het plaats specifiek bekalken van het perceel. De o.s.-kaarten geven duidelijk weer waar in het perceel er meer of minder o.s. aanwezig is. Deze kaart zou gebruikt kunnen worden om een taakkaart te maken voor plaats specifieke bemesting van compost of een ruigere vorm van mest. De lutum kaart scoort het best van de drie geëvalueerde kaarten van Loonstra & Van der Weide.

De RMSE waarden, te zien in Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5, van de pH-, o.s.- en lutum kaarten zijn laag, wat als positief kan worden aangemerkt. Met name bij de pH metingen lijken de kaarten redelijk nauwkeurig te zijn met een gemiddelde afwijking van 0,35 en 0,40 voor de twee deelpercelen. Bij de o.s. is de afwijking van het noordelijke perceel gemiddeld absoluut 0,57 terwijl dit op het zuidelijke perceel bijna het dubbele is, namelijk absoluut 1,01. Bij de lutum gehalten scoort Loonstra ook redelijk goed met afwijkingen van gemiddeld absoluut 3,02 en 3,24. Voor de R<sup>2</sup>, te zien in Tabel 6 R2 scores voor de vergelijking van meetwaarden van Loonstra versus referentiemonsters, scoort Loonstra bij de lutumgehalten vrij hoog, met een perceel gemiddelde van 0,88. Voor het o.s.-gehalte en de pH waarde scoort Loonstra weer vrij laag.

Mogelijk is het grote verschil tussen de bepaling van de R<sup>2</sup> per perceelhelft en het volledige proefperceel een indicatie dat de sensor goed in staat is om een verschil tussen percelen te bepalen, terwijl een kleine variatie binnen een perceel minder goed door de sensor kan worden bepaald. Tabel 1 en Tabel 2 laten zien dat de variatie in o.s.-gehalte in het zuidelijke perceel groter is dan in het noordelijke perceel. De R<sup>2</sup> voor de o.s. is hierbij voor het noordelijke perceel groter (meer variatie) dan bij het zuidelijke perceel (minder variatie in o.s.). De lutum gehalten zijn mogelijk beter door de scan in beeld te brengen, omdat de variatie in lutumgehalte in beide perceel helften groot is.

*Tabel 6 R2 scores voor de vergelijking van meetwaarden van Loonstra versus referentiemonsters*

<b>Loonstra &amp; Van der Weide</b>	<b>pH</b>	<b>o.s.</b>	<b>Lutum</b>
pH	0,34	0,33	0,57
o.s.	0,41	0,52	0,59
Lutum	0,56	0,62	0,88

## 5.2. Veris MSP3 bodemscanner Vantage Agrometius

Veris levert diverse bodemkaarten die gebruikt kunnen worden voor variabele toepassingen binnen het perceel. De EC-kaarten geven inzicht in de variatie van de bodemopbouw en de CEC kaart geeft weer hoe hoog de natuurlijke bodemvruchtbaarheid is. Een hoge CEC houdt in dat er meer bindingscapaciteit in de grond aanwezig is om voedingsstoffen uit te wisselen met de plant. Een kaart als deze zou gebruikt kunnen worden voor variabel mest of compost strooien. De o.s.- en lutumgehalten van Veris zijn als ruwe data (puntenkaart in ArcGis) vergeleken met de referentiemonsters die onderzocht zijn bij Eurofins. De pH waarden daarentegen zijn vergeleken met behulp van een rasterkaart, omdat van de pH te weinig punt monsters worden genomen om deze te kunnen linken aan de referentiemonster. De pH waarden daarentegen zijn vergeleken met behulp van een rasterkaart. De kaarten worden door Agrometius aangeleverd als zonekaart in een PDF-bestand.

Als er wordt gekeken naar Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5 valt op dat de RMSE bij de Veris MSP3 bodemscan vrijwel overal het laagst is. Dit wil zeggen dat de gemiddelde absolute afwijking van de Veris MSP3 bodemscan in vergelijking met de Eurofins waarden het laagst is. Ook de R<sup>2</sup>, weergegeven in onderstaande Tabel 7 R<sup>2</sup> scores voor de vergelijking van meetwaarden van de Veris MSP3 versus referentiemonstersis voor de Veris MSP3 bodemscan in vergelijking met de andere scanners op perceelniveau het hoogst. Ook is de Veris MSP3, in vergelijking met de scan van Loonstra en van de Weide, per perceelhelft en op perceelniveau beter in staat om variatie in het perceel weer te geven



voor de pH en o.s. De  $R^2$  voor lutum komt voor het noordelijke perceel als beste naar voren voor de Veriscan, terwijl de  $R^2$  voor het zuidelijke deel beter uit valt voor de scan van Loonstra en van de Weide en Bioscope. De lutumbepaling op perceelniveau scoort zowel door de Veriscan als de gamma straler praktisch op gelijke wijze voor zowel de  $R^2$  als de RMSE.

Tabel 7  $R^2$  scores voor de vergelijking van meetwaarden van de Veris MSP3 versus referentiemonsters

Veris	pH	o.s.	Lutum
pH	0,63	0,42	0,59
o.s.	0,52	0,83	0,71
Lutum	0,64	0,80	0,85

### 5.3. BioScope

BioScope levert voor dit perceel geen directe vergelijkbare waarden voor pH en o.s.-gehalte, omdat er in dit geval onvoldoende relatie was met deze waarden. De kaarten die worden opgeleverd door Bioscope, zijn gebaseerd op drone- en satellietbeelden. Elke meetmethode kent een bepaalde nauwkeurigheid of betrouwbaarheid. De onderzochte percelen kennen twee jaar met een winterdekvrucht en 1 jaar met een ongelijk bodem bewerking. Hierdoor kon BioScope deze satelliet-opnamen niet mee nemen in de analyse omdat de bodemkaart van BioScope in principe gebaseerd is op kale grond opnamen. Dit resulteerde er in dat BioScope minder beelden kon gebruiken waardoor een uitspraak over de betrouwbaarheid / consistentie van de kaarten lastig is. Daarom is er vooraf voor gekozen om kaarten voor pH en o.s. niet mee te nemen in de vergelijking. Bij het beschikbaar hebben van meer satellietbeelden is het wel mogelijk om kaarten voor pH en o.s. op te leveren. Desalniettemin is te zien in Tabel 8 dat de  $R^2$  uitslagen voor pH, o.s. en lutum allemaal vrij hoog zijn bij BioScope. Nogmaals, Bioscope heeft voor dit perceel geen pH- of o.s.- kaarten opgeleverd. Enkele de lutumkaart is voor dit perceel aangeleverd en is daarmee één op één te vergelijken met de uitslagen van de referentiemonsters. Bioscope haalt, ondanks de redelijk hoge  $R^2$ , niet de sterke uitkomst zoals de Veriscan en de gamma straler laten zien. Ook op het zuidelijke perceel laat Bioscope een hogere  $R^2$  zien dan de Veriscan. De hogere RMSE zorgt ervoor dat de kaarten van Bioscope niet kunnen tippen aan de kaarten van Veris en Loonstra en van de Weide.

Opvallend is ook de redelijk hoge correlatie tussen de CEC kaart en o.s. en lutum kaarten. De CEC kaart blijkt in deze vergelijking de lutum gehalten goed weer te kunnen geven.

Tabel 8  $R^2$  scores voor de vergelijking van meetwaarden van BioScope versus referentiemonsters

BioScope	pH	o.s.	Lutum
Klei	0,65	0,63	0,78
Kalium	0,64	0,74	0,81
CEC	0,67	0,71	0,78

### 5.4. Overige sensoren

Ondanks dat de SoilXplorer van CNH en den Dualem 21S van Loonwerk GPS geen pH-, organische stof- en lutumkaarten hebben geleverd voor deze bodemscanvergelijking, kan wel worden bediscussieerd hoe de bodemscans in een eventueel vervolg van deze vergelijking kunnen worden meegenomen.

#### 5.4.1. CNH SoilXplorer

Met de SoilXplorer kunnen geen rechtstreekse pH, o.s. of lutum kaarten gemaakt worden. We hebben wel naar correlaties gezocht tussen de kaarten die de SoilXplorer levert en de referentiemonsters pH, o.s. en lutum, maar deze leverden, zoals mag worden verwacht, geen goede correlaties op. Dit is goed te verklaren, omdat, zoals hierboven ook al aangegeven, de SoilXplorer niet is ingericht om pH, o.s. of lutum te bepalen. Het is daarom aan te raden om bij een volgend onderzoek voor de SoilXplorer weerstandsmetingen te verrichten in het proefperceel. Op basis van de weerstandsmeting zou kunnen worden bepaald of de SoilXplorer in staat is om eenzelfde patroon voor de weerstand te bepalen als dat wordt gemeten door de weerstandsmeting. Met behulp van een extra grondboring of een profielkuil kan deze scanner op een andere wijze goed ingezet worden om gewasgroei te verklaren. Hierbij kan worden gedacht aan verdichte lagen of verschillen in vochtlevering voor het gewas in kaart brengen. Verder kunnen de kaarten gebruikt worden om locatie specifieke monsters te nemen.

#### 5.4.2. Dualem 21S Loonwerk GPS

Standaard levert Loonwerk GPS een zonekaart die het beste te gebruiken is als een opbrengstpotentiekaart. De kanttekening die bij de deelname van Loonwerk GPS dient te worden geplaatst, is dat Loonwerk GPS de door de Dualem 21S verkregen EC-kaart samen met de kalibratiemonsters wordt geanalyseerd volgens de Kinsey-Albrecht methode. Deze methode werkt volgens een andere principe dan Eurofins en andere geaccrediteerde laboratoria dit doen. Een juiste vergelijking volgens het correleren van de scanslag en de referentiemonsters is daarmee niet goed mogelijk. Om de bodemscan van Loonwerk GPS wel op een representatieve manier mee te kunnen nemen in deze vergelijking, zal worden geprobeerd om voor de bodemscanvergelijking van 2020 een juiste insteek te formuleren.

#### 5.5. Opmerkingen van de perceeleigenaar

De akkerbouwer kan zich vinden in de patronen in de kaarten die geleverd zijn. De gradiënt in lutumgehalte in de percelen, zoals hij die kent, komen terug in de kaarten van de drie aanbieders die lutumkaarten leveren. Hij kan zich ook vinden in de ranking van de sensorsystemen op nauwkeurigheid. Het verschil in nauwkeurigheid tussen de kaarten van Vantage Agrometius en Loonstra & van der Weide is klein. Het meten van pH is in zijn ogen ook de zwakste schakel. Zo ziet hij waarden in de meetwaarden van Eurofins die groeiremming in suikerbieten moeten geven, maar dat hij dat in zijn praktijk niet ziet. Kortom, een aantal bodemkaarten geeft beter inzicht in de bodemgesteldheid en ze zijn bruikbaar bij bijvoorbeeld plaats specifiek doseren van zaaidichtheid of bodemherbiciden, maar het kan nog beter zowel aan de kant van de scanners als aan de kant van de bodemanalyses.

## 5. Conclusies

De onderzoeksvraag die centraal stond in dit project was: *“Welke bodemscan levert de meest betrouwbare en bruikbare informatie voor precisielandbouw?”*.

In het onderzoek hebben we vijf bodemscan-/sensorsystemen kunnen beoordelen op de bodemkaarten die zij leveren. Drie van deze systemen hebben we kunnen beoordelen op de nauwkeurigheid van de pH, o.s. en/of lutum-kaarten die zij leveren. Het onderzoek is gedaan op een kleigrond in de Wieringermeer. De vijf systemen zijn: De gammastraling-sensor van Loonstra & Van der Weide, de Veris MSP3 bodemscansysteem van Vantage Agrometius, BioScope remote sensing, de SoilXplorer van CNH en de Dualem 21S sensor van Loonwerk GPS,. Als referentie voor de bodemscans gebruikten we 48 bodemmonsters die in een chemische laboratorium geanalyseerd zijn op voorgenoemde eigenschappen.

De belangrijkste conclusie wat betreft de nauwkeurigheid van de kaarten, is dat de absolute fouten, zoals bepaald met de statistische parameter RMSE, in het geval van de goed presterende bodemscanners klein zijn voor de pH, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte. Dit betreft met name het Veris-systeem (EC-, NIR en pH sensor) en het systeem van Loonstra & Van der Weide (gammastraling-sensor). Het bodemscansysteem van Veris komt als beste uit de analyse, op kleine afstand gevolgd door het systeem van Loonstra & Van der Weide. Wat betreft lutum-kaarten scoorden deze twee systemen vergelijkbaar. Op organische-stof- en pH-kaarten scoorde Veris beter. De andere drie systemen scoorden minder goed, wat zeker toe valt te wijzen aan het feit dat deze sensoren niet zijn ontworpen voor het bepalen van pH, o.s. of lutum.

De eigenaar van het proefperceel herkent zich in de uitkomst van de analyse.

Loonwerk GPS levert in principe een opbrengstpotentiekaart op basis van geleidbaarheidsmetingen. SoilXplorer levert ook andere typen kaarten gebaseerd op een geleidbaarheidsmeting. BioScope levert op remote sensing gebaseerde kaarten. Opvallend was dat de klei kaart van BioScope redelijk goed overeen kwam met de lutum waarden van de referentiemonsters.

Overall kan gesteld worden dat uit dit onderzoek de kaarten van Veris als meest nauwkeurig uit de bus komen voor een kleigrondperceel met redelijke variatie in lutum. De kaarten van Loonstra & Van der Weide scoren hier als tweede. Opvallend is dat met remote sensing (BioScope) ook een redelijk goede lutum-kaart geleverd kan worden.

## 6. Referenties

HEITING, S, BREGT, A. & DE BRUIN, S., 2010. De boer als sensor. *Agro informatica juni 2010*: 14-16. <https://edepot.wur.nl/143779>

KEMPENAAR, C., VAN DIJK, C.J., ET AL., 2018. Sensoren en gewasmodellen voor precisielandbouw. Literatuuronderzoek DISAC, deelproject E-Pieper. Rapport 758, Wageningen Plant Research. 40 pp.

NYSTEN, C. & KEMPENAAR, C., 2019. Toepassing van Bodemscans voor Smart Farming. Vergelijking van bodemscans in Ens maakt bodemeigenschappen inzichtelijk. Rapport Aeres Hogeschool Dronten, 28 januari 20219, 37 pp.

## Bijlagen

Om een beeld te geven van de gevonden correlaties waarnaar in het rapport wordt verwezen, zijn alle correlaties weergegeven per scan in de bijlagen 1 tot en met 4.

Bijlage 1 bevat de correlaties van BioScope. Bijlage 2 geeft vervolgens de resultaten van Loonstra weer. Als laatste in de rij van correlaties worden de R-kwadraten van de Veris MSP3 bodemscan weer gegeven in Bijlage 3. Bijlage 4 bevat een voorbeeld het analyserapport van één van de referentiemonsters.

De getoonde kleuren in de correlatietabellen geven een range van de correlatie weer. Wanneer een cel een gele kleur heeft, betekend dit dat de  $R^2$  tussen de 0,3 en 0,6 is. Dit wordt beschouwd als een matige correlatie. Wanneer de correlatie tussen de 0,6 en 0,8 uitkomt kleurt de cel oranje. Een correlatie van hoger dan 0,8 kleurt groen. Zoals ook al uit is gelegd in paragraaf 2.2 betekent een  $R^2$  tussen 0,3 en 0,6 dat er een overeenkomst tussen scan en referentiemonsters is, maar dat deze niet of nauwelijks bruikbaar is. Een  $R^2$  tussen 0,6 en 0,8 geeft aan dat er een duidelijke relatie bestaat tussen de bodemscan en de referentiemonsters, maar dat deze nog niet overtuigend kunnen worden aangetoond. En wanneer de  $R^2$  gelijk is aan of hoger uitvalt dan 0,8 wordt gesteld dat de scan bruikbaar is voor het bepalen van de correlerende bodemwaarde.

## Bijlage 1: BioScope overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters

### Correlatie Eurofins (alle analyse waarden) vs. Bioscope alle opgegeven waarden

#### Eurofins referentiemonster

Bioscope	Vocht	N-Tot	CN	N-Levering	P-PAE	AdviesPw	P-AL	K	K-vrd	K-getal	S-totaal	SLV	Saanv	Mg	Na	pH	KZK
Bioscope Klei	0,84	0,71	0,01	0,72	0,00	0,05	0,16	0,48	0,58	0,55	0,22	0,23	0,23	0,69	0,24	0,65	0,21
Bioscope K	0,88	0,83	0,00	0,80	0,00	0,02	0,12	0,57	0,71	0,64	0,33	0,35	0,35	0,78	0,23	0,64	0,29
Bioscope CEC	0,85	0,78	0,00	0,76	0,00	0,04	0,15	0,55	0,65	0,61	0,27	0,27	0,27	0,68	0,22	0,67	0,29

Figuur 41 Overige correlaties BioScope kaarten vs. referentiemonsters waarden 1/3

#### Eurofins referentiemonster

Bioscope	OS	Lutum	CEC	CEC-Bez.	S-PAE	Bodemleven	C/S	Ca-vrd	Mg-vrd	Na-vrd	H-bez	Al-bez	verkr.bh	verslomp	micro.bm	bact.bm
Bioscope Klei	0,63	0,78	0,81	0,01	0,39	0,19	0,01	0,83	0,63	0,66	0,00	0,00	0,71	0,35	0,49	0,44
Bioscope K	0,74	0,81	0,88	0,01	0,38	0,26	0,02	0,89	0,73	0,70	0,00	0,00	0,74	0,26	0,55	0,50
Bioscope CEC	0,71	0,78	0,84	0,01	0,39	0,21	0,01	0,86	0,66	0,71	0,00	0,00	0,68	0,35	0,59	0,54

Figuur 42 Overige correlaties BioScope kaarten vs. referentiemonsters waarden 2/3

#### Eurofins referentiemonster

Bioscope	schim.bm	Ca-bez	Mg-bez	K-bez	Na-bez	schim/bact	pH-CaCl2	Ca-besch	Ca-voorr	C-org	C-anorg	Ca-besch (mn C/OS	Silt	Zand	
Bioscope Klei	0,22	0,00	0,03	0,29	0,30	0,01	0,61	0,18	0,82	0,56	0,30	0,22	0,17	0,75	0,82
Bioscope K	0,27	0,01	0,05	0,24	0,42	0,01	0,61	0,18	0,87	0,70	0,41	0,23	0,16	0,74	0,85
Bioscope CEC	0,31	0,00	0,03	0,24	0,36	0,01	0,63	0,15	0,84	0,64	0,39	0,19	0,24	0,72	0,81

Figuur 43 Overige correlaties BioScope kaarten vs. referentiemonsters waarden 3/3

## Bijlage 2: Loonstra overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters

E.H. Loonstra	Eurofins referentiemonster																
	Vocht	N-Tot	CN	N-Levering	P-PAE	AdviesPw	P-AL	K	K-vrd	K-getal	S-totaal	SLV	Saanv	Mg	Na	pH	KZK
TC	0,95	0,76	0,02	0,78	0,00	0,01	0,09	0,55	0,66	0,61	0,32	0,32	0,32	0,79	0,19	0,61	0,30
Bulkdichth	0,85	0,70	0,03	0,74	0,00	0,04	0,12	0,49	0,52	0,53	0,29	0,30	0,30	0,62	0,16	0,50	0,33
CaCO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bulkdich_1	0,85	0,70	0,03	0,74	0,00	0,04	0,12	0,49	0,52	0,53	0,29	0,30	0,30	0,62	0,16	0,50	0,33
CaCO3_D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K_getal	0,92	0,74	0,02	0,76	0,00	0,03	0,13	0,55	0,60	0,59	0,29	0,30	0,30	0,73	0,18	0,59	0,28
Ligging	0,35	0,50	0,09	0,38	0,00	0,00	0,01	0,37	0,37	0,41	0,48	0,46	0,46	0,38	0,04	0,10	0,45
K_getal_D	0,92	0,74	0,02	0,76	0,00	0,03	0,13	0,55	0,60	0,59	0,29	0,30	0,30	0,73	0,18	0,59	0,28
Ligging_D	0,35	0,50	0,09	0,38	0,00	0,00	0,01	0,37	0,37	0,41	0,48	0,46	0,46	0,38	0,04	0,10	0,45
Lutum	0,92	0,73	0,02	0,74	0,00	0,04	0,14	0,55	0,60	0,60	0,28	0,28	0,28	0,74	0,19	0,56	0,31
M0	0,29	0,13	0,10	0,16	0,09	0,02	0,01	0,21	0,27	0,24	0,00	0,00	0,00	0,30	0,40	0,26	0,00
M0_D	0,11	0,03	0,02	0,04	0,00	0,01	0,03	0,12	0,08	0,15	0,01	0,01	0,01	0,09	0,16	0,08	0,00
Mg	0,81	0,66	0,04	0,68	0,04	0,00	0,05	0,45	0,62	0,49	0,28	0,29	0,29	0,73	0,23	0,58	0,24
OS	0,65	0,58	0,02	0,61	0,00	0,01	0,07	0,46	0,36	0,46	0,32	0,31	0,31	0,45	0,27	0,41	0,39
pH	0,52	0,40	0,00	0,35	0,01	0,00	0,02	0,28	0,49	0,33	0,15	0,12	0,12	0,54	0,11	0,34	0,11
PW	0,15	0,16	0,00	0,17	0,20	0,24	0,22	0,09	0,08	0,10	0,04	0,03	0,03	0,10	0,00	0,08	0,13
Slemp	0,88	0,69	0,03	0,71	0,00	0,01	0,08	0,51	0,58	0,55	0,28	0,29	0,29	0,72	0,21	0,54	0,31
Stikstof	0,95	0,81	0,00	0,77	0,00	0,01	0,09	0,52	0,69	0,58	0,38	0,37	0,37	0,82	0,15	0,57	0,35
Uitspoelin	0,89	0,72	0,03	0,75	0,00	0,03	0,11	0,53	0,57	0,57	0,29	0,30	0,30	0,69	0,19	0,55	0,31
Waterdoorl	0,81	0,68	0,02	0,70	0,00	0,03	0,09	0,44	0,51	0,49	0,29	0,28	0,28	0,60	0,12	0,44	0,35
Waterreten	0,56	0,48	0,01	0,46	0,05	0,00	0,02	0,36	0,51	0,40	0,23	0,25	0,25	0,60	0,30	0,36	0,15
Waterdoo_1	0,81	0,68	0,02	0,70	0,00	0,03	0,09	0,44	0,51	0,49	0,29	0,28	0,28	0,60	0,12	0,44	0,35
Waterret_1	0,56	0,48	0,01	0,46	0,05	0,00	0,02	0,36	0,51	0,40	0,23	0,25	0,25	0,60	0,30	0,36	0,15
Zandfrac	0,92	0,74	0,03	0,76	0,00	0,02	0,11	0,54	0,62	0,59	0,30	0,30	0,30	0,74	0,21	0,57	0,31
Zandfrac_1	0,83	0,07	0,44	0,22	0,01	0,06	0,14	0,28	0,06	0,38	0,22	0,34	0,34	0,15	0,20	0,50	0,01
Slemp_D	0,34	0,00	0,09	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,05	0,08	0,22	0,22	0,03	0,06	0,16	0,02
Stikstof_D	0,31	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,05	0,07	0,20	0,20	0,04	0,05	0,13	0,01
Uitspoel_1	0,75	0,04	0,44	0,19	0,01	0,06	0,14	0,25	0,03	0,32	0,22	0,31	0,31	0,09	0,20	0,46	0,00

Figuur 44 Overige correlaties E.H. Loonstra kaarten vs. referentiemonsters waarden 1/3



E.H. Loonstra	Eurofins referentiemonster					Bodemleven	C/S	Ca-vrd	Mg-vrd	Na-vrd	H-bez	Al-bez	verkr.bh	verslemp	micro.bm	bact.bm
	OS	Lutum	CEC	CEC-Bez.	S-PAE											
TC	0,65	0,94	0,91	0,00	0,38	0,22	0,03	0,90	0,69	0,72	0,00	0,00	0,89	0,31	0,42	0,37
Bulkdichth	0,61	0,79	0,79	0,00	0,38	0,16	0,04	0,79	0,59	0,71	0,00	0,00	0,71	0,39	0,44	0,39
CaCO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bulkdich_1	0,61	0,79	0,79	0,00	0,38	0,16	0,04	0,79	0,59	0,71	0,00	0,00	0,71	0,39	0,44	0,39
CaCO3_D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K_getal	0,64	0,87	0,86	0,01	0,40	0,20	0,03	0,87	0,65	0,70	0,00	0,00	0,81	0,33	0,42	0,36
Ligging	0,53	0,31	0,43	0,00	0,18	0,21	0,17	0,37	0,41	0,50	0,00	0,00	0,27	0,33	0,38	0,40
K_getal_D	0,64	0,87	0,86	0,01	0,40	0,20	0,03	0,87	0,65	0,70	0,00	0,00	0,81	0,33	0,42	0,36
Ligging_D	0,53	0,31	0,43	0,00	0,18	0,21	0,17	0,37	0,41	0,50	0,00	0,00	0,27	0,33	0,38	0,40
Lutum	0,62	0,88	0,85	0,00	0,41	0,18	0,02	0,86	0,65	0,73	0,00	0,00	0,83	0,36	0,42	0,36
M0	0,06	0,36	0,22	0,00	0,07	0,10	0,01	0,23	0,14	0,09	0,00	0,00	0,41	0,00	0,02	0,01
M0_D	0,01	0,15	0,06	0,01	0,04	0,01	0,04	0,07	0,04	0,04	0,00	0,00	0,18	0,08	0,02	0,00
Mg	0,53	0,81	0,79	0,00	0,29	0,24	0,04	0,79	0,60	0,56	0,00	0,00	0,79	0,12	0,29	0,26
OS	0,52	0,59	0,63	0,01	0,28	0,09	0,07	0,67	0,45	0,57	0,00	0,00	0,52	0,24	0,34	0,32
pH	0,33	0,57	0,52	0,02	0,12	0,18	0,00	0,48	0,40	0,36	0,00	0,00	0,58	0,13	0,21	0,15
PW	0,15	0,13	0,17	0,01	0,01	0,01	0,00	0,17	0,07	0,20	0,00	0,00	0,10	0,18	0,24	0,19
Slemp	0,59	0,87	0,84	0,00	0,36	0,18	0,04	0,84	0,59	0,69	0,00	0,00	0,83	0,28	0,37	0,31
Stikstof	0,72	0,91	0,93	0,00	0,35	0,25	0,04	0,91	0,73	0,75	0,00	0,00	0,86	0,33	0,47	0,40
Uitspoelin	0,62	0,84	0,83	0,01	0,39	0,18	0,04	0,84	0,62	0,70	0,00	0,00	0,78	0,34	0,42	0,37
Waterdoorl	0,60	0,75	0,75	0,00	0,37	0,18	0,03	0,73	0,59	0,74	0,00	0,00	0,68	0,46	0,45	0,40
Waterreten	0,39	0,59	0,55	0,04	0,17	0,17	0,04	0,58	0,43	0,32	0,00	0,00	0,59	0,04	0,21	0,18
Waterdoo_1	0,60	0,75	0,75	0,00	0,37	0,18	0,03	0,73	0,59	0,74	0,00	0,00	0,68	0,46	0,45	0,40
Waterret_1	0,39	0,59	0,55	0,04	0,17	0,17	0,04	0,58	0,43	0,32	0,00	0,00	0,59	0,04	0,21	0,18
Zandfracti	0,63	0,88	0,86	0,00	0,38	0,20	0,03	0,87	0,65	0,71	0,00	0,00	0,83	0,33	0,42	0,36
Zandfrac_1	0,00	0,70	0,48	0,00	0,15	0,01	0,24	0,54	0,03	0,29	0,00	0,00	0,59	0,68	0,01	0,00
Slemp_D	0,00	0,23	0,15	0,00	0,26	0,00	0,17	0,14	0,26	0,04	0,00	0,00	0,22	0,22	0,00	0,00
Stikstof_D	0,00	0,22	0,14	0,00	0,24	0,00	0,15	0,12	0,28	0,03	0,00	0,00	0,21	0,20	0,00	0,00
Uitspoel_1	0,01	0,60	0,39	0,00	0,14	0,02	0,21	0,48	0,02	0,24	0,00	0,00	0,50	0,61	0,01	0,00

Figuur 45 Overige correlaties E.H. Loonstra kaarten vs. referentiemonsters waarden 2/3

Eurofins referentiemonster																
E.H. Loonstra	schim.bm	Ca-bez	Mg-bez	K-bez	Na-bez	schim/bact	pH-CaCl2	Ca-besch	Ca-voorr	C-org	C-anorg	Ca-besch (mm C/OS	Silt	Zand		
TC	0,15	0,00	0,01	0,33	0,28	0,04	0,60	0,16	0,93	0,61	0,41	0,20	0,13	0,81	0,94	
Bulkdichth	0,17	0,00	0,01	0,32	0,26	0,04	0,45	0,15	0,80	0,53	0,40	0,19	0,22	0,72	0,82	
CaCO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Bulkdich_1	0,17	0,00	0,01	0,32	0,26	0,04	0,45	0,15	0,80	0,53	0,40	0,19	0,22	0,72	0,82	
CaCO3_D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
K_getal	0,14	0,00	0,01	0,33	0,28	0,04	0,56	0,18	0,88	0,58	0,38	0,22	0,18	0,80	0,90	
Ligging	0,36	0,07	0,07	0,07	0,20	0,04	0,04	0,01	0,38	0,55	0,48	0,03	0,06	0,13	0,27	
K_getal_D	0,14	0,00	0,01	0,33	0,28	0,04	0,56	0,18	0,88	0,58	0,38	0,22	0,18	0,80	0,90	
Ligging_D	0,36	0,07	0,07	0,07	0,20	0,04	0,04	0,01	0,38	0,55	0,48	0,03	0,06	0,13	0,27	
Lutum	0,13	0,00	0,01	0,32	0,29	0,05	0,53	0,18	0,87	0,56	0,40	0,22	0,18	0,81	0,91	
M0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,13	0,27	0,09	0,25	0,06	0,03	0,09	0,00	0,47	0,40	
M0_D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,08	0,03	0,08	0,01	0,00	0,03	0,00	0,15	0,14	
Mg	0,08	0,00	0,00	0,26	0,28	0,07	0,57	0,15	0,81	0,51	0,35	0,18	0,07	0,79	0,85	
OS	0,14	0,00	0,01	0,31	0,23	0,02	0,39	0,11	0,64	0,46	0,44	0,14	0,18	0,60	0,66	
pH	0,05	0,00	0,00	0,12	0,12	0,02	0,36	0,04	0,53	0,35	0,18	0,05	0,00	0,42	0,52	
PW	0,15	0,02	0,00	0,08	0,00	0,03	0,02	0,01	0,18	0,14	0,10	0,01	0,03	0,09	0,13	
Slemp	0,13	0,00	0,00	0,33	0,24	0,03	0,51	0,16	0,86	0,54	0,40	0,20	0,16	0,79	0,89	
Stikstof	0,17	0,00	0,02	0,34	0,29	0,03	0,55	0,14	0,93	0,69	0,46	0,18	0,12	0,75	0,90	
Uitspoelin	0,15	0,00	0,01	0,31	0,28	0,04	0,51	0,18	0,84	0,55	0,40	0,22	0,20	0,78	0,88	
Waterdoorl	0,18	0,01	0,02	0,29	0,25	0,04	0,39	0,09	0,74	0,53	0,39	0,13	0,18	0,65	0,76	
Waterreten	0,07	0,00	0,01	0,12	0,21	0,03	0,36	0,16	0,58	0,39	0,27	0,19	0,06	0,57	0,61	
Waterdoo_1	0,18	0,01	0,02	0,29	0,25	0,04	0,39	0,09	0,74	0,53	0,39	0,13	0,18	0,65	0,76	
Waterret_1	0,07	0,00	0,01	0,12	0,21	0,03	0,36	0,16	0,58	0,39	0,27	0,19	0,06	0,57	0,61	
Zandfracti	0,14	0,00	0,01	0,31	0,28	0,05	0,54	0,17	0,88	0,57	0,40	0,21	0,18	0,82	0,91	
Zandfrac_1	0,04	0,21	0,15	0,19	0,01	0,26	0,48	0,12	0,59	0,12	0,01	0,12	0,40	0,87	0,86	
Slemp_D	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,06	0,11	0,21	0,13	0,02	0,03	0,21	0,12	0,22	0,24	
Stikstof_D	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,06	0,10	0,21	0,11	0,02	0,03	0,21	0,11	0,20	0,23	
Uitspoel_1	0,04	0,22	0,15	0,22	0,01	0,24	0,43	0,13	0,50	0,14	0,01	0,13	0,41	0,82	0,78	

Figuur 46 Overige correlaties E.H. Loonstra kaarten vs. referentiemonsters waarden 3/3

### Bijlage 3: Veris overige correlaties bodemscan vs. referentiemonsters

Correlatie Eurofins (alle analyse waarden) vs. Veris alle waarden																			
Referentiemonsters																			
Veris	Vocht	N-Tot	CN	N-Levering	P-PAE	AdviesPw	P-AL	K	K-vrd	K-getal	S-totaal	SLV	Saanv	Mg	Na	pH	KZK		
CEC	0,87	0,87	0,00	0,80	0,01	0,00	0,06	0,57	0,69	0,63	0,51	0,49	0,49	0,74	0,25	0,62	0,51		
EC30	0,78	0,67	0,01	0,66	0,03	0,00	0,08	0,56	0,63	0,63	0,26	0,26	0,26	0,64	0,42	0,69	0,35		
EC90	0,72	0,71	0,00	0,66	0,05	0,00	0,04	0,57	0,59	0,62	0,40	0,37	0,37	0,58	0,45	0,60	0,46		
Hoogte	0,49	0,75	0,12	0,55	0,01	0,00	0,00	0,38	0,58	0,43	0,72	0,70	0,70	0,53	0,10	0,22	0,56		
Lutum	0,91	0,86	0,00	0,81	0,00	0,01	0,09	0,58	0,69	0,65	0,45	0,44	0,44	0,76	0,21	0,64	0,46		
OS	0,81	0,84	0,00	0,79	0,00	0,01	0,06	0,39	0,57	0,44	0,53	0,50	0,50	0,66	0,07	0,52	0,51		
pH	0,62	0,47	0,01	0,48	0,02	0,07	0,14	0,27	0,35	0,33	0,13	0,14	0,14	0,45	0,06	0,63	0,13		

Figuur 47 Overige correlaties Veris MSP3 bodemscan kaarten vs. referentiemonsters waarden 1/3

Referentiemonsters																	
Veris	OS	Lutum	CEC	CEC-Bez.	S-PAE	Bodemleven	C/S	Ca-vrd	Mg-vrd	Na-vrd	H-bez	Al-bez	verkr.bh	verslemp	micro.bm	bact.bm	
CEC	0,82	0,80	0,93	0,00	0,41	0,29	0,07	0,93	0,72	0,77	0,00	0,00	0,72	0,28	0,56	0,52	
EC30	0,58	0,77	0,78	0,00	0,35	0,22	0,02	0,81	0,53	0,62	0,00	0,00	0,69	0,21	0,46	0,40	
EC90	0,66	0,67	0,76	0,00	0,39	0,26	0,06	0,78	0,56	0,62	0,00	0,00	0,59	0,21	0,44	0,44	
Hoogte	0,80	0,40	0,61	0,00	0,22	0,34	0,17	0,58	0,65	0,58	0,00	0,00	0,35	0,22	0,57	0,60	
Lutum	0,80	0,85	0,94	0,00	0,41	0,26	0,05	0,94	0,72	0,79	0,00	0,00	0,77	0,32	0,57	0,51	
OS	0,83	0,71	0,87	0,00	0,34	0,21	0,07	0,86	0,72	0,76	0,00	0,00	0,62	0,29	0,54	0,52	
pH	0,42	0,59	0,60	0,01	0,29	0,08	0,00	0,61	0,44	0,47	0,00	0,00	0,53	0,25	0,28	0,22	

Figuur 48 Overige correlaties Veris MSP3 bodemscan kaarten vs. referentiemonsters waarden 2/3

Referentiemonsters																	
Monster	schim.bm	Ca-bez	Mg-bez	K-bez	Na-bez	schim/bact	pH-CaCl2	Ca-besch	Ca-voorr	C-org	C-anorg	Ca-besch (mn)	C/OS	Silt	Zand		
Veris cec	0,30	0,00	0,02	0,32	0,30	0,00	0,60	0,12	0,92	0,80	0,62	0,16	0,12	0,70	0,84		
Veris ec30	0,21	0,00	0,00	0,21	0,24	0,02	0,66	0,11	0,81	0,55	0,44	0,14	0,08	0,79	0,84		
Veris ec90	0,26	0,00	0,01	0,21	0,27	0,00	0,58	0,08	0,76	0,63	0,55	0,11	0,11	0,66	0,74		
Veris hoogte	0,47	0,11	0,14	0,11	0,37	0,02	0,17	0,04	0,55	0,84	0,63	0,06	0,10	0,23	0,39		
Veris Lutum	0,28	0,00	0,02	0,33	0,30	0,01	0,61	0,13	0,94	0,77	0,56	0,17	0,13	0,74	0,88		
Veris OS	0,29	0,00	0,03	0,40	0,28	0,00	0,49	0,11	0,85	0,80	0,56	0,16	0,15	0,52	0,70		
Veris pH	0,08	0,01	0,01	0,40	0,19	0,01	0,65	0,13	0,62	0,37	0,18	0,16	0,11	0,53	0,59		

Figuur 49 Overige correlaties Veris MSP3 bodemscan kaarten vs. referentiemonsters waarden 3/3

# Bijlage 4: Voorbeeld analyse Bemestingswijzer basis bouwland



Rapport

BemestingsWijzer  
Akker-/tuinbouw  
13

Eurofins Agro  
Postbus 170  
NL - 6700 AD Wageningen

T monstername: Bram Jansen: 0652002137  
T klantenservice: 088 876 1010  
E klantenservice@eurofins-agro.com  
I www.eurofins-agro.com

Uw klantnummer: 8624496

CAH Vilentum  
Sylvan Nysten  
De Drieslag 24  
8251 JZ DRONTEN

**Onderzoek**      Onderzoek-/ordernr:      Datum monstername:      Datum verslag:  
777057/004802308      23-08-2019      04-09-2019  
  
NPPL O4663

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	3520	4550 - 7220	[Bar chart: 3520 vs 4550-7220]			
	C/N-ratio		11	13 - 17	[Bar chart: 11 vs 13-17]			
	N-leverend vermogen	kg N/ha	60	95 - 145	[Bar chart: 60 vs 95-145]			
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	31	20 - 30	[Bar chart: 31 vs 20-30]			
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	800	740 - 1255	[Bar chart: 800 vs 740-1255]			
	C/S-ratio		49	50 - 75	[Bar chart: 49 vs 50-75]			
	S-leverend vermogen	kg S/ha	14	20 - 30	[Bar chart: 14 vs 20-30]			
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	3,1	5,6 - 9,4	[Bar chart: 3,1 vs 5,6-9,4]			
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	495	330 - 505	[Bar chart: 495 vs 330-505]			
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	195	220 - 345	[Bar chart: 195 vs 220-345]			
K-bodemvoorraad	kg K/ha	640	390 - 540	[Bar chart: 640 vs 390-540]				
Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	505	225 - 530	[Bar chart: 505 vs 225-530]				
Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	8050	5645 - 8470	[Bar chart: 8050 vs 5645-8470]				
Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	235	155 - 265	[Bar chart: 235 vs 155-265]				
Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	330	270 - 565	[Bar chart: 330 vs 270-565]				
Fysisch	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	70	110 - 155	[Bar chart: 70 vs 110-155]			
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	80	70 - 110	[Bar chart: 80 vs 70-110]			
	Zuurgraad (pH)		6,7	6,4 - 6,7	[Bar chart: 6,7 vs 6,4-6,7]			
	C-organisch	%	1,2		[Bar chart: 1,2 vs target]			
	Organische stof	%	2,0		[Bar chart: 2,0 vs target]			
	C/OS-ratio		0,60	0,45 - 0,55	[Bar chart: 0,60 vs 0,45-0,55]			
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	[Bar chart: < 0,2 vs 2,0-3,0]			
	Klei (<2 µm)	%	15		[Bar chart: 15 vs target]			
	Silt (2-50 µm)	%	29		[Bar chart: 29 vs target]			
	Zand (>50 µm)	%	54		[Bar chart: 54 vs target]			
	Slib (<16 µm)	%	24		[Bar chart: 24 vs target]			
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	142	> 109	[Bar chart: 142 vs > 109]			
	CEC-bezetting	%	100	> 95	[Bar chart: 100 vs > 95]			
	Ca-bezetting	%	90	80 - 90	[Bar chart: 90 vs 80-90]			
	Mg-bezetting	%	6,1	6,0 - 10	[Bar chart: 6,1 vs 6,0-10]			
K-bezetting	%	3,7	2,0 - 5,0	[Bar chart: 3,7 vs 2,0-5,0]				
Na-bezetting	%	< 0,1	1,0 - 1,5	[Bar chart: < 0,1 vs 1,0-1,5]				
H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	[Bar chart: < 0,1 vs < 1,0]				
Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	[Bar chart: < 0,1 vs < 1,0]				
	<b>Eenheid</b>	<b>Resultaat</b>	<b>Streeftraject</b>	<b>laag</b>	<b>vrij laag</b>	<b>goed</b>	<b>zeer goed</b>	
Verkruijmelbaarheid	rapportcijfer	7,9	6,0 - 8,0	[Bar chart: 7,9 vs 6,0-8,0]				
Verslemping	rapportcijfer	3,8	6,0 - 8,0	[Bar chart: 3,8 vs 6,0-8,0]				

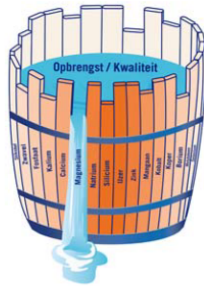
Pagina: 1  
Totaal aantal pagina's: 3  
777057, 04-09-2019



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. J. van Benthum, Business Unit Manager. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RVA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternamings- en/of de analysemethoden.

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch								
Microbiële biomassa	mg C/kg	24	100 - 300	■				
Microbiële activiteit	mg N/kg	26	60 - 80	■				
Schimmel/bacterie-ratio		0,6	0,6 - 0,9	■				



#### Essentiële nutriënten

Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

#### Bemestingsadviezen en wetgeving

De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

**Wetgeving** Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op [www.rvo.nl/aangifte](http://www.rvo.nl/aangifte). Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:  
 P-Al = 36 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g  
 Pw = 24 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l

**Advies** Er is door u geen bemestingsadvies aangevraagd!

**Toelichting Kali:**  
 Het K-getal is voor dit perceel 16

#### Bodemleven:

De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio.

Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

#### Organische stof Figuur: Kwaliteit van de organische stof



Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabiel. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de nulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

**Pagina: 2**  
 Totaal aantal pagina's: 3

777057, 04-09-2019

Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (µm), siltdeeltjes zijn 2-50 µm en zanddeeltjes groter dan 50 µm. De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

**Contact & info** Bemonsterde laag: 0 - 25 cm  
 Grondsoort: Zavel  
 Monster genomen door: Derden  
 Contactpersoon monstername: Bram Jansen: 0652002137

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse	N-totale bodemvoorraad	1120	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)
resultaten	S-plantbeschikbaar	10,0	mg S/kg	Em: CCL3(PAE®)
	S-totale bodemvoorraad	255	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)
	P-plantbeschikbaar	1,0	mg P/kg	Em: CCL3(PAE®)
	P-bodemvoorraad	36	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	Em: NIRS (TSC®)
	K-plantbeschikbaar	62	mg K/kg	Em: CCL3(PAE®)
	K-bodemvoorraad	5,2	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)
	Ca-plantbeschikbaar	2,0	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)
	Ca-bodemvoorraad	135	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)
	Mg-plantbeschikbaar	75	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE®)
	Mg-bodemvoorraad	8,6	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)
	Na-plantbeschikbaar	22	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE®)
	Na-bodemvoorraad	< 1,1	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)
	Zuurgraad (pH)	6,7		Em:PHC3(Gw NEN ISO 10390)
	C-organisch	1,2	%	Em: NIRS (TSC®)
	Organische stof	2,0	%	Em: NIRS (TSC®)
	C-anorganisch	0,07	%	Em: NIRS (TSC®)
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)
	Klei (<2 µm)	15	%	Em: NIRS (TSC®)
	Klei-humus (CEC)	142	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)
	Microbiële biomassa	24	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)
	Microbiële activiteit	26	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)
	Schimmel biomassa	7	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)
	Bacteriële biomassa	11	mg C/kg	Em: NIRS (TSC®)

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analysesresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA  
 Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.  
 Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidsstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.  
 De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 23-08-2019

Pagina: 3  
 Totaal aantal pagina's: 3

777057, 04-09-2019



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. J. van Benthum, Business Unit Manager. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

© Copyright 2016, Stichting Aeres Groep.  
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze  
uitgave mag worden verveelvoudigd,  
opgeslagen in een geautomatiseerd  
gegevensbestand, en/of openbaar gemaakt  
in enige vorm of op enige wijze, hetzij  
elektronisch, mechanisch, door  
fotokopieën, opnamen, of enige andere  
manier, zonder voorafgaande schriftelijke  
toestemming van Aeres.



Postbus 374, 8250 AJ Dronten  
De Drieslag 4, 8251 JZ Dronten  
088 020 6000  
[www.areshogeschool.nl/dronten](http://www.areshogeschool.nl/dronten)  
[info.hogeschool.dronten@aeres.nl](mailto:info.hogeschool.dronten@aeres.nl)