

DE INVLOED VAN HET VOCHTGEHALTE OP EEN BODEMANALYSE



DE INVLOED VAN HET VOCHTGEHALTE OP EEN BODEMANALYSE

Auteur:	Klaas Willem van den Berg
Opdrachtgever:	Aeres Hogeschool Dronten in samenwerking met HLB bv.
Datum:	14 januari 2019, Dronten
Module:	AAFW

Voorwoord

Deze scriptie bevat een onderzoek naar de invloed van het vochtgehalte op de uitslag van een bodemanalyse en de droogtijd van bodemonsters. In dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van de technieken Near infrared en Mid Infrared spectroscopie bij het analyseren van de bodemonsters. Dit onderzoek werd gefaciliteerd door Egon Hofstad vanuit HLB bv. Daarnaast heeft de Aeres Hogeschool Dronten de rol van opdrachtgever op zich genomen. De contactpersoon van de Aeres Hogeschool Dronten was Sylvan Nysten en was tevens mijn afstudeerdocent. Ook hebben de eigenaren/beheerders van de bemonsterde percelen bijgedragen aan dit onderzoek. Ik wil deze mensen en bedrijven hartelijk bedanken voor hun bijdrage aan dit onderzoek.

14 januari, Dronten

Klaas Willem van den Berg

Samenvatting

Er is een trend gaande in de Nederlandse landbouw waar de bodem steeds meer aan het licht komt. Er wordt bewuster omgegaan met de bodem om deze, op dit moment en voor de toekomst, niet nadelig te beïnvloeden. Voor agrarisch ondernemers is dit van groot belang. Hierbij ligt de focus op de chemische, fysische en biologische gezondheid van de bodem. Dit onderzoek is afgebakend tot de chemische gesteldheid van de bodem. Voor onderzoek naar de chemische gesteldheid van de bodem zijn diverse analysetechnieken beschikbaar zoals nat-chemisch, Near Infrared Reflectance spectroscopy (NIRS), Mid Infrared Spectroscopy (MIR) en x-ray fluorescence spectroscopy (XRF).

Voor dit onderzoek zijn er twee hoofdvragen opgesteld. Ten eerste, wat is het effect van het vochtgehalte op de NIRS-uitslagen t.o.v. de MIR-uitslag met voorbewerking? Ten tweede wat is de minimale droogtijd van een bodemmonster in een fruitdroger tot het vochtgehalte stabiliseert? Op basis van deze twee hoofdvragen zijn er twee proeven uitgevoerd.

De eerste proef is gericht op de invloed van het vochtgehalte op de pH, organische stof en Cation Exchange Capacity uitslagen van een NIRS-analyse bij een bodemonderzoek voor zand en zware zavel. Ook MIR-analyse is meegenomen in deze proef en gebruikt als referentie voor de NIRS-analyse. Daarnaast is de droogtijd van zand en zware zavel in een fruitdroger onderzocht.

Monsterkeuze voor de eerste proef is gedaan op basis van textuursamenstelling. Hieruit zijn zand en zware zavel geselecteerd. Er zijn 5 vochtgehalten onderzocht met elk 10 herhalingen voor deze twee bodemtypes. Deze bodemmonsters zijn 24 uur lang op 85°C gedroogd onder laboratoriumomstandigheden, hierna is er vocht aan toegevoegd. Voor deze proef is een in situ NIRS-analyse nagebootst door de pH van grondwater over te nemen. De NIRS-analyse op de bodemmonsters is uitgevoerd met de Agrocares Nutriënt Scanner en de MIR-analyse is uitgevoerd met de Brüker Alpha Drift. De resultaten van de metingen met variërende vochtgehalten zijn getoetst tegenover elkaar met Analysis of Variance. Daarnaast is vastgesteld waar de significante verschillen vandaan komen met de Tukey Post Hoc test. De monsterkeuze van de droogtijd proef is ook op basis van de textuursamenstellingen uitgevoerd. Deze monsters zijn ingezet in Stockli 0075 fruitdroger op 40°C. Hierbij is de eerste 4 uur elk half uur een gewicht meting uitgevoerd. Na deze 4 uur is elk uur een gewicht meting uitgevoerd tot en met 7 uur na het inzetten van de monsters.

In dit onderzoek is gebleken dat er een significant verschil is tussen de gemiddelde NIRS-metingen waarbij alleen de vochtgehalten afwijken. Dit significante verschil bestaat voor de parameter pH, organische stof en CEC bij de bodemtypes zand en zware zavel. Er kan geconcludeerd worden dat er effect is aangetoond door het vochtgehalte in het bodemmonster bij een NIRS-analyse. Ook is er een significant verschil aangetoond tussen de NIRS-uitslagen met variërende vochtgehalten en MIR-uitslagen. Hierbij zijn enkele uitzonderingen zoals de pH metingen op zand en zware zavel met een vochtgehalte van 10%. Daarnaast verschilt de organische stof meting op zavel en de CEC meting op zand niet significant van de MIR-uitslag. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de NIRS-analyse het meest overeenkomt bij 10% vocht ten opzichte van de MIR-analyse bij de parameter pH. Ook zijn er aanwijzingen dat de pH NIRS-analyse op zand overeenkomt met de MIR-analyse met meerdere vochtpercentages. Hierbij is 0% vocht NIRS pH meting de uitzondering omdat deze significant verschilt van de MIR-resultaten. De tweede proef heeft als resultaat dat het vochtgehalte stabiliseert na 5 uur drogen bij zand en na 6 uur drogen bij zware zavel. Deze resultaten zijn relevant voor dit type droger. Daarnaast zijn deze resultaten alleen relevant bij het inzetten van zandmonsters met een vochtgehalte van 15,2% en zware zavel monsters met een vochtgehalte van 20,3%.

Abstract

In agriculture is an ongoing trend where the health of the soil gains importance in the current business management. Working with the soil in the future becomes a consciously process to use the soil advantageous instead of disadvantageous like depleting the soil. Especially for farmers this is an important part of the business. Soil health consist of chemical, physical and biological health. This research is limited on the chemical composition of the soil. Various analytical techniques are available for research of the chemical composition of the soil such as wet-chemical, Near Infrared Reflectance spectroscopy (NIRS), Mid Infrared Spectroscopy (MIR) and x-ray fluorescence spectroscopy (XRF).

This research has two main issue's which are split into two main questions. First, what is the effect of moistures content on NIRS-analysis results regarding MIR-analysis results? Second, what is the minimal drying period of a soil sample in a fruit dryer till the moisture content stabilizes? Two scientific experiments are based on the two central questions. This first experiment is focused on the effect of moisture content on pH, soil organic matter and Cation Exchange Capacity of a NIRS-analysis on soil sample testing with two soil types. The MIR-analysis is also included in this experiment and is used as reference for the NIRS-analysis. The second experiment is an answer on the second central question which test the drying time of two soil types. This experiment contains the measuring of weight while the soil samples are drying in a fruit dryer.

Soil sample selection is based on texture composition at the NIRS-analysis experiment. The result of this selection are the soil types sand and sandy clay. Five different moisture content test groups were measured with each 10 repetitions performed on both soil types. These soil samples were dried for 24 hours on 85°C under laboratory conditions. This experiment simulated in situ measurements therefore the average groundwater pH is also used in this experiment. The NIRS-analysis is performed with the Agrocres Nutrient Scanner. The MIR-analysis is performed with the Brüker Alpha Drift. These moisture content group results were tested for a significant difference between each other with the use of Analysis of Variance. After this significant difference was established, these were tested with a Tukey Post Hoc test. The sample selection of the second experiment is also based on the soil texture. These soil samples were dried in a Stockli 0075 fruitdryer on 40°C. The weight is measured every half hour for the first 4 hours, after that the samples were weighted every hour till 7 hours after starting the experiment.

This research proven a significant difference between the means of the NIRS-analysis, where only the moisture content deviates. This significant difference is proved for the parameters pH, organic matter and CEC with the soil types sand and sandy clay. The conclusion is a proved effect of the moisture content in soil samples with NIRS-analysis. Likewise, a significant difference is proved between the NIRS-results with varying moisture content and MIR-results. Hereby were some exceptions like the pH measurements on sand and sandy clay with a moisture content of 10%. Furthermore, the difference of the organic matter measurement on sandy clay and the CEC measurement on sand is not significant compared to the MIR-results. This resulted in a conclusion that the pH NIRS-results with moisture content 10% matches the MIR-results. There are also indications that the pH NIRS-results matches with the MIR-results at all the moisture content levels. An exception is the 0% moisture content pH NIRS-analysis, because this result is significant different compared to the MIR-results. The second experiment resulted in a stabilized moisture content after 5 hours with the sand samples, after 6 hours with the sandy clay samples. These results of the second experiment are only relevant for this type of dryer also with a moisture content of 15,2% with the sand and 20,3% with the sandy clay.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	6
1.1	Bodem en landbouw.....	6
1.2	Chemische, fysische en biologische bodemgezondheid.....	6
1.3	Bodemanalyse technieken.....	7
1.4	Knowledge gap	11
1.5	Doelstelling	13
2.	Aanpak	14
2.1	Effect van het vochtgehalte op de NIRS-uitslag	14
2.2	De minimale droogtijd in een fruitdroger	16
3.	Resultaten	17
3.1	Invloed van het vochtgehalte	17
3.2	Droogtijd.....	20
4.	Conclusie en discussie.....	22
4.1	Conclusie.....	22
4.2	Discussie	23
5.	Bibliografie	25
6.	Bijlagen.....	27-42

1. Inleiding

1.1 Bodem en landbouw

De bodem is van groot belang voor de landbouw het is daarom ook een feit dat de landbouw grotendeels afhankelijk is van de bodem. Een gezonde bodem is het fundament van het voedselsysteem, de uitspraak komt van de Food and Agriculture Organisation (FAO) wat een onderdeel is van de Verenigde Naties. De FAO geeft zo het belang aan van bodemgezondheid (Bot & Benites, 2005). Veel gewassen worden geteeld op de bodem zowel voor consumenten als voor veevoer. Met name de voedselvoorziening is afhankelijk van de bodemgezondheid. Uit het bovenstaande blijkt dat in de landbouw de laatste jaren een trend gaande is, het in stand houden en verbeteren van de bodemgezondheid. Dus op verantwoorde, duurzame wijze omgaan met de grond. Daarnaast groeit de wereldbevolking met meer eisen op het gebied van voedselvoorziening. De groeiende vraag naar vlees door de wereldbevolking is hier een van (Trouw, 2010). De bodem zal dus vruchtbaar moeten blijven zodat de landbouw niet overgaat in rooibouw. Er zijn meerdere initiatieven opgezet in Nederland om duurzaam bodemgebruik te stimuleren om zo de bodemgezondheid te verbeteren. Een voorbeeld hiervan is de vruchtbare kringloop Achterhoek, deze pilot wil agrarisch ondernemers inspireren en faciliteren om verder te verduurzamen in bodemgebruik. De vruchtbare kringloop Achterhoek heeft ook een link met de kringloopwijzer om de achterhoek te positioneren als duurzame regio die vooroploopt in de kringlooplandbouw. Hierin is bodemgebruik inbegrepen, dit toont ook aan dat de trend gaande is om agrarisch ondernemers bewust te maken van bodemgezondheid (Vruchtbare kringloop Achterhoek, 2018). Een tweede initiatief gerelateerd aan de bodem is bewust bodemgebruik. Dit initiatief organiseert bijeenkomsten over het bewust omgaan met grond ook gerelateerd aan de landbouw. Een voorbeeld van een bijeenkomst is soil2meet, dit is een middag met meerdere presentaties en pitches om nieuwe inspiratie op te doen. Daarnaast om kennis te krijgen van de lopende projecten gerelateerd aan bodemgebruik. Zo wil dit initiatief bewust maken aan mensen dat de bodem van grote waarde is (Bewust Bodemgebruik, 2018). Deze trend is niet alleen gaande binnen Nederland maar ook internationaal. De Food and Agriculture Organization (FAO) heeft 2015 uitgeroepen tot International Year of Soils. Deze organisatie organiseerde honderden bodem gerelateerde evenementen over de hele wereld voor een jaar lang. Dus een erkende wereldwijde organisatie besteed veel aandacht aan de bodem in dit geval de FAO (FAO, 2018). Er zijn veel lopende initiatieven om mensen bewust te maken van het behouden van een gezonde en vruchtbare bodem. Om te beginnen met de bewustwording van bodemgezondheid is het nodig om inzicht te krijgen in de bodem dit is mogelijk doormiddel van onderzoek.

1.2 Chemische, fysische en biologische bodemgezondheid

Als het gaat om de gezondheid van de bodem zijn hier drie thema's aan verbonden. De chemische, fysische en biologische gesteldheid van de bodem. Om inzicht te krijgen van de chemische toestand van de bodem laten veel agrarisch ondernemers bodemonsters analyseren. De parameters van de chemische bodemgezondheid zijn bijvoorbeeld stikstofgehalte, fosfaatgehalte en kaligehalte. Dit zijn macronutriënten van de bodem, deze zijn essentieel voor plantengroei. Bij nutriënten in de bodem gaat het al gauw over de wet van het minimum van Justus von Liebig (Janmaat, 2012). Deze wet gaat in op de chemische gesteldheid van de bodem. In dit geval is de plantengroei niet helemaal afhankelijk van de mate waarin de nutriënten zich bevinden maar afhankelijk van de voedingstof die relatief het minst aanwezig is. Dus de wet gaat ervan uit dat de beperkende factor van de gewasopbrengst afhankelijk is van het limiterend nutriënt. Hierin worden andere afhankelijke factoren niet in meegenomen alleen de nutriëntenbehoefte van het gewas. Wanneer het minimum van de bodem is aangetoond, kan er gericht bemest worden. De bemesting kan worden aangepast naar aanleiding van

het bemestingsadvies. Dit advies wordt gebaseerd op de uitslag van het gestoken bodemonmonster welke de chemische gesteldheid aan toont.

Naast de macronutriënten bestaan er een aantal parameters welke gedeeltelijk de chemische bodemtoestand aantonen. Zoals de zuurgraad, dit wordt aangegeven als een pH-waarde wat een maat voor de concentratie vrije H^+ ionen aangeeft. Daarnaast is de Cation Exchange Capacity (CEC) een graadmeter voor het aandeel kationen die gebonden zijn aan de grond. Het gaat hierbij om positief geladen ionen zoals calcium, magnesium en kalium etc. De CEC is een bedoeld om weer te geven wat de capaciteit van de bodem is in het binden van mineralen en ook het vrijgeven van deze mineralen. Dit zijn een aantal parameter welke op de uitslag van een bodemonderzoek komen te staan.

De fysische toestand van de bodem is de opbouw van de grond. Onder andere textuur, structuur, poriën en water geven de fysische kwaliteit van de bodem aan. De fysische toestand van de bodem kan niet geheel worden aangetoond met een bodemonmonster zoals een keileem laag of een ploegzool. Gedeeltelijk is het mogelijk om de fysische toestand aan te tonen omdat het lutum gehalte vrijwel bij alle bodemonmonsteranalysetechnieken wordt onderzocht. Het lutumgehalte geeft een indicatie voor de hoeveelheid gronddeeltjes kleiner dan 2 micrometer (Eurofins Agro, 2018). Daarnaast kan de CEC-bezetting ook een indicatie geven over de bewerkbaarheid van de grond vooral bij zware zavel bodem is dit van belang. Dit is een samenhang tussen het chemische deel en het fysische deel van de bodem.

Biologische bodemvruchtbaarheid is de rol van levende organismen in de bodem. Hierbij gaat het bijvoorbeeld over nematoden, schimmels en bacteriën. Deze dragen bijvoorbeeld bij aan de omzetting van organisch materiaal naar anorganische verbindingen, de mineralisatie. Daarnaast draagt het biologische gedeelte bij aan een goede structuur van de bodem. Hierbij kan er worden gedacht aan wormen in de bodem, zoals de pendelaars ofwel anecische wormen. Deze wormen nemen strooisel mee naar diepere lagen in de bodem. Hierdoor zal de organische stof in de bodem worden verspreid wat gunstig kan zijn bij wortelvorming bij de plant. Ook kunnen de gangen van zorgen voor een verbeterde ontwatering (Pulleman, et al., 2016). De kleinere vormen van de biologische vruchtbaarheid van de bodem dragen ook bij aan productieve percelen. Een voorbeeld hiervan is het Rhizobium geslacht dit omvat de wortelknobbelbacteriën. Deze bacterie familie bindt stikstof uit de lucht en legt dit vast in knobbels in de wortels. Deze bacterie in de bodem leeft in symbiose met vlinderbloemigen zoals rode klaver. Zo kunnen ook bepaalde predator aaltjes de schadelijke aaltjes beperken. Deze voorbeelden geven aan dat de biologische bodemvruchtbaarheid van groot belang is voor een gezonde bodem.

1.3 Bodemanalyse technieken

Om data over de chemische, fysische en biologische gesteldheid van de bodem inzichtelijk te krijgen zal er bodemonderzoek nodig zijn. Voor het analyseren van bodemonsters zijn er verschillende technieken beschikbaar zoals nat-chemisch, Near Infrared Reflectance spectroscopy (NIRS), Mid Infrared Spectroscopy (MIR) en x-ray fluorescence spectroscopy (XRF).

Ten eerste is de traditionele methode de nat-chemische analyse. Nat-chemisch analyseren is het scheiden van de componenten en deze letterlijk meten. De methode wordt nat-chemisch genoemd omdat de analyses veelal gedaan worden in de vloeistoffase. Deze techniek van analyseren is ontwikkeld voordat de technologie zoals NIRS en MIR uitgevonden waren. Voorbeelden van nat-chemische meetmethode zijn observatie, gravimetrische, volumetrische analyse. Er zijn meerdere voor- en nadelen aan de nat-chemische analyse. Het onderzoek van Nocita et al (2015) geeft aan dat er minder reagens nodig is en minimale voorbereiding bij NIRS ten opzichte van nat-chemisch. De voorbereiding van de bodemonsters van de nat-chemische analyse vergt veel arbeid, dit is kostenverhogend vergeleken met de NIRS-analyse in het artikel van Nocita et al. Het gebruik van

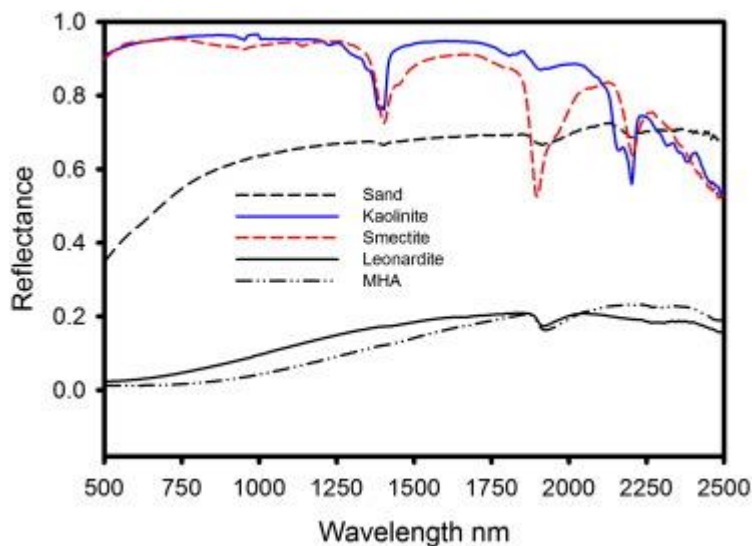
reagens kan verminderd worden bij een andere analysetechniek en kan een besparing opleveren in zowel milieubelasting als analysekosten. Een nat-chemische analyse kan relatief duur zijn vergeleken met andere bodemonster analysetechnieken. Er zijn ook voordelen aan een nat-chemische analyse, want deze methode is zeer betrouwbaar en wordt gebruikt om ijklijnen te maken voor de spectroscopische technieken. De betrouwbaarheid van een nat-chemische analyse is vrij hoog in het onderzoek van Yang, et al, (2017) bij meten van de voederwaarde in Italiaans Raaigras. In dit onderzoek worden kalibratiedatabase gemaakt voor NIRS-metingen. Bij elke parameter wordt een kalibratiedatabase gemaakt met het spectrale beeld van de meting en daarnaast de uitslag van de nat-chemische meting. Hierbij wordt een nat-chemische analysemethode gebruikt omdat deze metingen een goede benadering zijn van de chemische samenstelling van het product. Daarnaast zijn deze metingen reproduceerbaar waardoor er een referentiedatabase kan op worden gesteld. (Yang, et al., 2017).

Ten tweede is er een NIRS-analyse beschikbaar voor het onderzoeken van bodemonsters. NIRS is een bepaald spectrum van elektromagnetische straling, zichtbaar licht is ook elektromagnetische straling maar met een andere golflengte. Met deze elektromagnetische straling kan er kunnen er bepaalde eigenschappen van bodemonsters worden aangetoond, doormiddel van NIRS. Doordat deze straling gedeeltelijk geabsorbeerd en gereflecteerd wordt door het bodemonster komt hier een uniek spectraal beeld uit. Dit spectrale beeld kan inzicht geven over de samenstelling van de bodem.

NIRS is vrij bekend omdat het zeer breed wordt toegepast in meerdere sectoren zoals de medische wereld maar ook in de industrie-, voedsel- en agrarische sector. In dit onderzoek gaat het over NIRS en MIR, vooral NIRS wordt op grote schaal toegepast voor het bedrijfsleven. Enkele toepassingen in onderzoeken naar NIRS-metingen in de medische wereld zijn bijvoorbeeld het aantonen en monitoren van de zuurstofvoorziening in weefsel (Poterman, Scheeren, & Kalmar, 2013). Een compleet andere toepassing van NIRS is bijvoorbeeld de verificatie en identificatie van farmaceutische grondstoffen (Caspers, Vredenbregt, Hoogerbrugge, Riet-Nales, & Barends, 2002). Het scannen van bijvoorbeeld de textuur van de bodem kan ook met behulp van NIRS en MIR, dit wordt op grote schaal toegepast (Curcio, Ciraolo, D'Asaro, & Minacapilli, 2013). De NIRS-analyse kan meerdere bodemparameters meten zoals stikstof, fosfaat en kali (Dongyun, et al., 2018). Daarnaast wordt NIRS gebruikt in de Soilscanner/handscanner en de MIR en XRF wordt gebruikt voor Lab-in-a-Box (LiaB) van Agrocres. Dit wordt gedaan bij de Nederlandse partner HLB bv. Bij de Groene vlieg (onderdeel van de HLB-groep) in Dronten worden bodemonsters verzameld en geanalyseerd doormiddel van de MIR en röntgenanalyse.

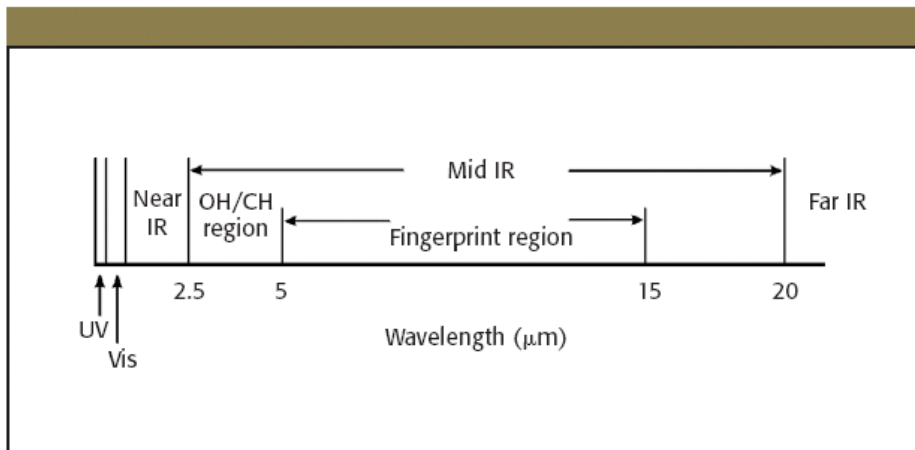
Een NIRS-analyse wordt uitgevoerd doormiddel van spectroscopie. Spectroscopie is een verzamelnaam voor technieken die stoffen kunnen onderzoeken aan de hand van de gereflecteerde en geabsorbeerde elektromagnetische straling. Het spectrum van de NIRS-analyse is 400-2500 nanometer dit is te zien in figuur 2. Bij een NIRS-analyse wordt de reflectie gemeten van de weerkaatste straling. De metingen worden getoetst langs referentiedatabase waaruit een uitslag volgt. Deze referentiedatabase is gebaseerd op nat-chemisch geanalyseerde bodemonsters. De NIRS-meting is een zeer makkelijke, snelle en goedkope manier van bodembemonsteringsonderzoek. Er zitten wel haken en ogen aan deze metingen, want een monster bestaat niet uit een pure stof, dit is altijd een vermenging van meerdere componenten. Doordat monster een mengeling van stoffen bevat ontstaan er overlappende pieken van weerkaatste straling, dit is te zien in figuur 1 (Wight, Ashworth, & Allen, 2016). In figuur 1 zijn verschillende kleimineralen gescand zoals kaoliniet en smectiet met de bijbehorende reflectie van straling. Ook loopt de lijn van zand in figuur 1, hieraan is te zien dat zand vrij veel straling absorbeert ten opzichte van klei. Aan de hand van het spectrale beeld is het dus mogelijk om het aandeel zand en lutum aan te tonen. In deze grafiek is te zien dat de pieken van een

monster over elkaar heen vallen. Het is mogelijk dat hier verkeerde analyseresultaten uitkomen. Hier zijn rekenkundige modellen voor om deze pieken van elkaar te scheiden: Multivariate Calibration (Viscarra Rossel, Cattle, Ortega, & Fouad, 2009). In het onderzoek van Viscarra Rossel, et al. (2009) is de partial least squares regression getoetst op metingen van tien verschillende grondsoorten bij een meting van visible-NIR. Hiervan was de Root Mean Square Error 8,3 procent bij laboratorium, dit betekent dat spreiding van de afwijking tussen gemeten en de berekende curve 8,3 procent is. In dit artikel van Viscarra Rossel, et al. (2009) wordt genoemd dat de RMSE matig is wanneer deze hoger is dan 10%.



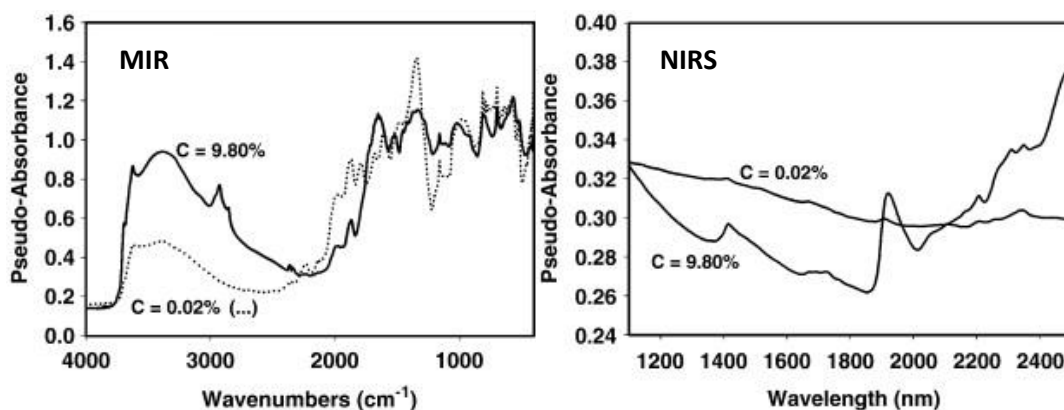
Figuur 1 Spectrum van vijf bodem bestandsdelen

Tenslotte is er de methode Mid Infrared Reflectoscopy(MIR). De spectrale regio van MIR zit tussen de golflengte 2,5 en 20 micrometer in het elektromagnetische spectrum, dit is te zien in figuur 2. NIRS en MIR zijn vergelijkbaar in werking maar een verschil is een andere golflengte. De NIRS zit tussen de 0,4 en 2,5 micrometer terwijl de MIR hier ver boven zit. De spectrale regio van MIR is een stuk groter dan bij NIR. Deze straling wordt uitgezonden naar het bodemonster die bepaalde golflengtes absorbeert en weerkaatst. De weerkaatste straling wordt opgevangen en gemeten. Waardoor hier een karakteristiek patroon van weerkaatste straling uitkomt. Wanneer deze langs een ijklijn met bestaande monsters wordt gelegd dan zullen hieruit verschillende parameters komen. De ijklijn wordt doormiddel van uitslagen van bijvoorbeeld een nat-chemische analyse in combinatie met een MIR-meting vastgelegd. Wanneer hier genoeg referentiemonsters van zijn kan er een betrouwbare referentiedatabase worden opgebouwd.



Figuur 2 Golflengte van een MIR/NIRS-meting

De spectrale regio van Mid IR is relatief groot in vergelijking met NIRS. Hierdoor kan de gereflecteerde straling op een grotere bandbreedte opgevangen worden. In het onderzoek van Reeves (2010) komt naar voren dat de pieken van MIR meer details bevatten en scherpere pieken laat zien in vergelijking met de NIRS. Terwijl de pieken van NIR veel breder en vager zijn waardoor dit moeilijker wordt om te interpreteren. Ook omdat de spectrale regio van MIR zo groot is kunnen de pieken goed van elkaar worden gescheiden, dit is ook te zien in figuur 2. In figuur 3 bij de MIR-meting is te zien dat er zich op 3000 cm^{-1} golfgetal een piek bevindt, dit is de reflectie van het element koolstof, doordat de CH-binding straling absorbeert op 3000 cm^{-1} golfgetal. Deze piek is zeer goed te zien bij een koolstof percentage van 9,80%. Vanzelfsprekend is bij een zeer klein percentage koolstof deze piek vrijwel niet te zien. Zo is de organische koolstof aantoonbaar door een duidelijke CH-absorptie op de 3000 cm^{-1} . Waardoor een organische stof percentage berekend kan worden wat betrekking heeft op de vruchtbaarheid van de bodem.



Figuur 3 Mid-Infrared(links) en NIRS(rechts) spectrum met laag en hoog organisch KOOLSTOF (c=9.8% en c=0.02%) (reeves, 2010)

Om de betrouwbaarheid te verhogen zijn er algoritmes ontworpen voor zowel NIRS als MIR. Deze algoritmes kalibreren de gegevens van de scan. Er worden twee algoritmes getest en gevalideerd: External Parameter Orthogonalization (EPO) en direct standardisation (DS) (Roudier, Hedley, C.R., Viscarra Rossel, & Leroux, 2017). Toch blijft de het vochtgehalte invloed hebben op de meting van de Soil Organic Carbon (SOC) bij een bodemonderzoek. Dit is op te maken uit een citaat van het onderzoek van Roudier, et al. (2017) "The soil moisture level had an influence on the performance of the SOC prediction for both correction methods: prediction results were generally better for lower levels of soil moisture content ($\theta_g < 20\%$)". Ook geeft dit citaat aan dat de resultaten van de meting beter zijn voor monsters met een laag vochtgehalte namelijk een gravimetrisch vochtgehalte onder de 20%, de

berekening hiervan staat vermeld in bijlage 1. Daarnaast wordt synthetic minority oversampling technique (SMOTE) in een recenter wetenschappelijk artikel onderzocht (Kühnel & Bogner, 2017). Deze algoritmes verminderden de invloed van het watergehalte in de bodem maar dit sluit de invloed van het vochtgehalte niet geheel uit. Hierdoor zijn deze gegevens wel verbeterd en langs de ijklijnen te leggen om zo een conclusie te trekken. Maar zoals in het onderzoek van Roudier, et al. (2017) zal het vochtgehalte invloed blijven hebben op de uitslag van de bodemanalyse.

1.4 Knowledge gap

De knowledge gap is het stuk wat niet bekend is van een onderwerp, in dit geval de invloed van het vochtgehalte van een bodemonmonster op de uitslag bij een NIRS-analyse. In 1.3 staat vermeld dat door vocht in het bodemonmonster pieken over elkaar heen kunnen vallen waardoor de uitslag beïnvloed kan worden.

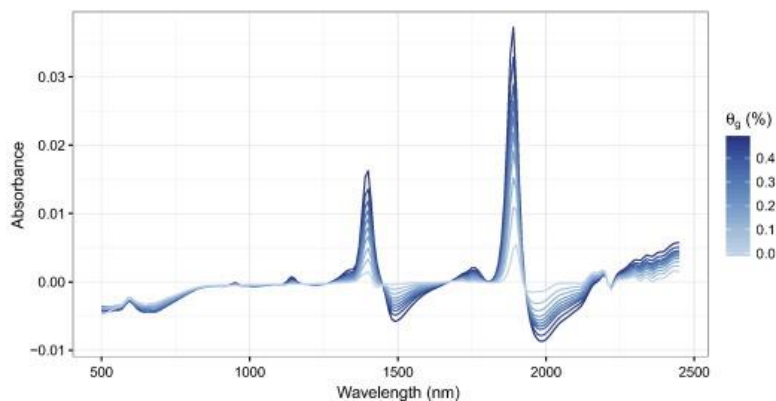
In de praktijk kunnen de vochtgehalten sterk variëren bij de bodemonsters. Hierdoor komen bodemonsters met verschillende vochtgehalten voorbij. De monsters worden gedroogd en voorbereid bij de MIR-analyse om onder andere het vochtgehalte te standaardiseren. Dit in tegenstelling tot de NIRS-analyse waar geen voorbereiding wordt uitgevoerd. Hier zal doormiddel van algoritmes de factor vocht uit het bodemonster moeten halen. Het vochtgehalte blijft een variërende factor bij de NIRS-analyse wat niet compleet valt op te heffen met algoritmes. Hierdoor is het van belang om te weten in welke mate het vochtgehalte invloed heeft op de uitslag van een bodemonderzoek. Er zijn tegenstellingen aanwezig in de literatuur welke vragen opwekken over de betrouwbaarheid van de NIRS-meting door een variërend vochtgehalte.

In een project van de Aeres hogeschool is er onderzoek gedaan naar een NIRS-analyse met de Agrocares Nutrient Scanner. In dit onderzoek kwam naar voren dat het vochtgehalte de NIRS-analyse negatief beïnvloed wat betreft de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid. De pH en organische stof meting worden beïnvloed door het vochtgehalte. Daarnaast komt hieruit voort dat kleigrond een lagere afwijking ondervindt bij de metingen ten opzichte van zandgrond. (Roos, Brenk, & Stouwe, 2018)

In het onderzoek van Roudier, et al.(2017) komt naar voren dat gemaakte modellen voor droge monsters niet toegepast kunnen worden op vochtige bodemonsters bij een NIRS-analyse. Bij dit onderzoek is er wel invloed van vocht op het meten met de NIRS-methode anders zijn deze modellen bij elk vochtgehalte toepasbaar.

Een ander artikel geeft een bewering over de invloed van vochtgehalte (Kuang & Mouazen, 2013). Dit artikel geeft aan dat vochtgehalte invloed heeft op het meten van organische stof en stikstof bij een NIRS-meting. Daarnaast in dit artikel van Kuang & Mouazen (2013) is er een verandering zichtbaar wanneer er vocht aan grond wordt toegevoegd, de grond wordt donkerder. Deze verkleuring in de grond wordt veroorzaakt door een verandering in de brekingsindex. Het water neemt de plaats van lucht in de poriën van de grond. Dit verlaagt het contrast tussen bodemdeeltjes wat meer verstrooiing van straling veroorzaakt. Dit resulteert in een verhoogde kans op absorptie van de elektromagnetische straling (Lobell & Asner, 2002), dus waarschijnlijk ook de NIR-straling.

Het water heeft de grootste significante invloed op de bodemonsters bij on-line sampling wanneer de SOC en Total Nitrogen (TN) worden onderzocht in het artikel van Roudier et al. (2017). On-line sampling gaat met een trekker en een woelpoot waaraan een NIRS-sensor is bevestigd. De sensor meet op 15 cm meter diepte op een gladgestreken ondergrond. In hetzelfde onderzoek worden 150 bodemonsters ingedeeld op verschillende vochtgehalten. De resultaten laten zien dat het θ_g het spectrum significant beïnvloed. Het absorberen van de NIR-straling neigt erna om te stijgen wanneer het watergehalte stijgt, dit is ook te zien in figuur 4. In dit figuur is ook te zien dat de variatie tussen lijnen het grootst is op de pieken ± 1400 en 1900 nanometer. Dit effect geeft aan dat het watergehalte invloed heeft, er is niet een maximum watergehalte vermeld voor een bepaalde betrouwbaarheid.



Figuur 4 variatie in NIRS spectroscopie met verschillende vochtgehalten

Onderzoek van Wight et al. (2016) toont aan dat het water weinig effect heeft op het meten van organische koolstofverbindingen in het monster. In dit onderzoek kwam naar voren dat water en zware zavel type een minimale invloed hebben bij een NIRS-analyse op het meten van Soil Organic Carbon (SOC). Dit terwijl er in verschillende literatuuronderzoeken wel degelijk invloed is van water bij het meten met de NIRS (Roudier, Hedley, C.R., Viscarra Rossel, & Leroux, 2017) (Kuang & Mouazen, 2013). De textuur van het monster heeft de grootste invloed op het meten van de organische stof in het onderzoek van Wight et al. (2016).

Kortom vochtige bodemonsters meten met NIRS is mogelijk. Echter het overgrote deel van de wetenschappelijke literatuur is ervan overtuigd dat vocht zeker invloed heeft op het resultaat, omdat het water in de poriën een andere brekingsindex heeft bij een vochtig monster dan de lucht bij een droog monster. Daarom is er een variatie in de geabsorbeerde straling waardoor de pieken in de golflengte 1400 en 1900 nanometer worden beïnvloed. Om de invloed van water te verlagen zijn er algoritmes beschikbaar. Echter door algoritmes toe te passen op de gegevens kunnen de foutieve gegevens door vocht gedeeltelijk eruit gefilterd worden. Maar aan het toepassen van algoritmes zit ook een limietwaarde van vocht, dit betekent dat er tot een bepaald vochtgehalte gedroogd moet worden. Er wordt een getal genoemd in de literatuur bij $20\% < \theta_g$ zullen de voorspelde resultaten over het algemeen beter zijn dan met een hoger vochtpercentage (Roudier, Hedley, C.R., Viscarra Rossel, & Leroux, 2017). Zo kan wel een beeld worden gevormd wanneer er water aanwezig is in het monster maar de betrouwbaarheid is een discussiepunt in de literatuur. Er is niet een eenduidig verhaal over de beïnvloeding van het aanwezige bodemvocht in de monsters. Het is mogelijk dat de resultaten te veel afwijken om nog betrouwbaar te zijn. De betrouwbaarheid van grondmonsteranalyses in Nederland (Braakman, 2018) is al langer in opspraak. De onduidelijkheid rondom de NIRS-analyse is de aanleiding van dit onderzoek. Door deze onduidelijkheden komen er een aantal probleemstellingen aan het licht voor het opstellen van een onderzoek als het gaat over de analyse van bodemonsters.

Er zijn meerdere probleemstellingen betrokken bij dit onderzoek. Ten eerste is er niet een exact vochtgehalte bekend tot welk percentage vocht dit gedroogd wordt. Wat hierbij nog belangrijker is de droogtijd van de grondsoorten. De droogtijd zal per grondsoort variëren dus dit onderzoek is afgebakend tot de droogtijd van twee verschillende grondsoorten.

De tweede probleemstelling is de betrouwbaarheid van een NIRS-analyse terwijl het vochtgehalte varieert tussen de bodemmonsters. Er zijn aanwijzingen in de literatuur dat het vochtgehalte de NIRS-analyse kan beïnvloeden. De derde en vierde deelvraag zijn dus meer gericht op de betrouwbaarheid van een NIRS-meting met het oog op vochtgehalte. Hierbij zijn de parameters organische stof, pH en CEC genomen, dit zal verder worden toegelicht in hoofdstuk 2.3.

Een knelpunt wat bij de NIRS-analyse ontstaat is dat het monster beïnvloed kan worden, niet alleen door de samenstelling van nutriënten maar ook andere factoren zoals textuur en vochtgehalte. Het komt erop neer dat een nat-chemische analyse betrouwbaarder is maar arbeidsintensief en prijzig. Hoewel een NIRS en MIR-analyse snel, goedkoop en voldoende betrouwbaar voor sommige toepassingen. Om de kennis te verhogen in dit vakgebied is dit onderzoek afgebakend naar het knelpunt: het vochtgehalte in een bodemmonster en de droogtijd van zware zavel en zand.

Hieruit volgen twee hoofdvragen:

Wat is het effect van het vochtgehalte op de NIRS-uitslagen t.o.v. de MIR-uitslag met voorbereiding?

Wat is de minimale droogtijd van een bodemmonster in een fruitdroger tot een vochtgehalte stabiliseert?

1.5 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is meer inzicht krijgen in de relatie tussen het vochtgehalte en de NIRS-analyse. De kwaliteit van de bodemuitslagen kan in het geding komen wanneer externe factoren de analyses van de bodemmonsters beïnvloeden zoals vochtgehalte in de monsters. Dus de doelstelling is bedoeld voor HLB bv. voor de validatie van de NIRS-analyse en de voorbereiding voor de MIR-analyse. De doelgroep van dit onderzoek zijn de teeltadviseurs van HLB bv. want dit is het product vanuit het bedrijf naar de klant. Ook voor de agrarisch ondernemers zijn in dit onderzoek van belang want deze zijn afhankelijk van de grondmonsteranalyse uitslagen. Eventueel horen ook belangstellenden in de analysetechniek van bodembemonstering tot de doelgroep. De tweede doelstelling van dit onderzoek is een beeld creëren van het droogpatroon en bijbehorende droogtijd van verscheidene grondsoorten. Zo komt er meer duidelijkheid op het gebied van vochtgehalte in bodemmonsters waardoor hierop gestuurd kan worden doormiddel van aanpassing van protocollen of apparatuur voor het drogen van de monsters. Dit resulteert in een betere grondmonsteranalyse door een efficiënt verwerkingsproces. Waardoor de agrarische ondernemers beter kunnen sturen op de bemesting en bodemverbetering als gevolg van goede bodemanalyses. Ook zullen klanten meer vertrouwen krijgen in het product (LiaB en AgroCares Nutrient Scanner) wat gunstig is voor HLB bv.

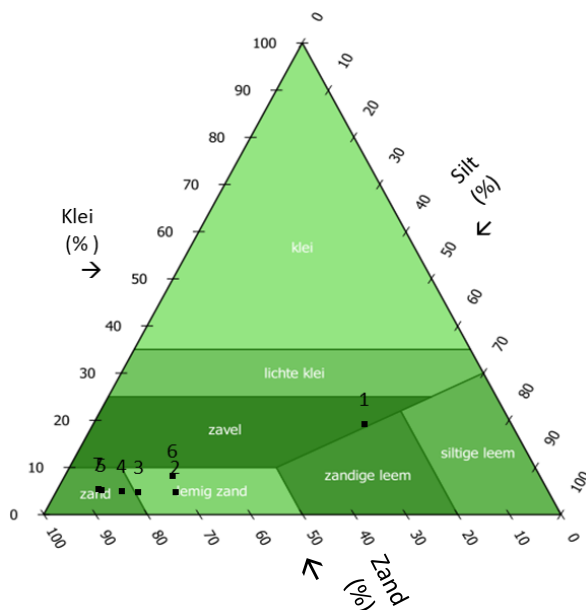
2. Aanpak

In dit hoofdstuk is de aanpak van het onderzoek besproken. Het materiaal en de methode komen naar voren in dit onderzoek op basis van de twee hoofdvragen die besproken zijn in hoofdstuk 1.4.

2.1 Effect van het vochtgehalte op de NIRS-uitslag

De invloed van het vochtgehalte op een NIRS-uitslag is onderzocht doormiddel van kwantitatief onderzoek. De proef is uitgevoerd met behulp van een NIRS-analyse. Het doel van deze proef is het aantonen van het effect van het vochtgehalte op een NIRS-uitslag ten opzichte van een MIR-uitslag, daarnaast werden de uitslagen van de NIRS tegenover elkaar getoetst.

Er is op 7 percelen een proefmonstering gedaan om te kijken of deze qua samenstelling in textuur binnen de range van meting vallen. De bodemtypes zand en zware zavel zijn meegenomen in deze proefmeting. Deze 7 proefmonsteringen zijn uitgebeeld in een textuurdriehoek in figuur 4, over deze monsters staat extra informatie in bijlage 3. De bodemonster keuze is gedaan op basis van de textuurdriehoek van HLB bv. In bijlage 4 staat de textuurdriehoek van alle MIR-analyses van HLB bv. De monsters 1 en 7 zijn geselecteerd voor dit onderzoek omdat deze de uitersten waren onder de proefmonsters. De monsters zijn gestoken op perceel 1 en 7 volgens het mengmonster protocol van de Aeres Hogeschool.



Figuur 4 Textuurdriehoek proefmonsters

Na het steken van de bodemonsters zijn deze op een zo laag mogelijk vochtgehalte gebracht. Hierdoor werd vrijwel alle vocht verwijderd behalve het kristal gebonden water.

De eerste stap is het drogen van de grond in een Memmert UF 450 droogstoof. Deze heeft 24 uur lang de grond gedroogd op een temperatuur van 85°C. Na het drogen zijn de zandmonsters gezeefd met een 1 mm zeef, het malen was in dit geval niet nodig. De volgende stap is het mengen van de grond waardoor het een homogeen monster werd. Uit dit homogene monster werden sub monsters genomen voor de MIR-analyse en NIRS-analyse. De bewerking van de zware zavel monsters was vrijwel identiek aan de bewerking van de zand monsters. Een uitzondering was het vermalen van de zware zavel terwijl dit vrijwel niet nodig was bij het zandmonster. Het malen en zeven van dit monster verhoogde de verdelingsgraad waardoor het vocht goed kan doordringen in het gehele monster. Wat resulteert in twee homogene bodemonsters gereed voor de proef.

De sub monsters voor de MIR-analyse zijn 25 ml per stuk. Bij de MIR-analyse zijn 10 herhalingen uitgevoerd. De monsters voor de MIR-analyse zijn gemalen met een Fritsch Pulverisette 7. Deze kogelmaler vermaalt het monster tot 0,1 mm deeltjesgrootte, daarnaast zorgt het malen voor een homogeen monster. Voor het analyseren van de monsters is de Brüker Alpha DRIFT gebruikt. Dit apparaat maakt gebruik van DRIFT-MIR, een spectroscopie techniek op basis van Mid Infrared.

De sub monsters voor de NIRS-analyse waren vijf bakken grond van 5 liter. Het vochtgehalte van de monsters na de droogstoof zijn zo laag mogelijk. Hier zijn 5 verschillende sub monsters uit genomen waarbij het vochtgehalte werd aangepast. Deze monsters zijn aangemengd met demiwater met een pH van 4,5-5. Er werd demiwater gebruikt omdat het grondwater in het veld gemiddeld 4,78% is in 2010 (Boumans, 2013) om een in situ NIRS-analyse na te bootsen. Er werd als richtlijn aangehouden 0%, 10%, 20%, 30%, 40% volumetrisch vocht. Het toedienen van het vocht werd gedaan doormiddel van een plantenspuit zodat het vocht gelijkmatig verdeeld werd. Het monster werd zeer goed gemengd met het vocht en een uur laten inwerken. De volgende stap werd het meten van het vochtgehalte met een W.E.T.-sensor van Eijkelkamp, met een meetnauwkeurigheid van $\pm 5\%$. Er zijn vijf herhalingen gedaan bij de vochtmeting met de W.E.T. sensor, dit is weergegeven in bijlage 5 met de bijbehorende standaardafwijkingen voor elk vochtgehalte. In dit onderzoek zijn de vochtpercentages 0%, 10%, 20%, 30% en 40% aangehouden. Bij het zandmonster was het monster bij $\pm 30\%$ vocht verzadigd, hierdoor kon het laatste monster de 40% vocht niet halen en bleef op een gemiddelde van 37,9% vocht. Dit werd gedaan om water op het monster te voorkomen en het vermijden van een valse meting. Na de inwerktijd werden de monsters geanalyseerd met de Agrocares Nutrient scanner ook wel de handscanner genoemd, deze maakt gebruik van de NIRS-analyse. Er is een nulmeting gedaan bij een vochtpercentage van 0%. Er zijn 10 herhalingen uitgevoerd bij elk monster. Een meting met de handscanner bestaat uit 5 stappen waarbij de grond elke keer gemengd wordt en gescand, uiteindelijk worden deze 5 stappen samengevoegd tot een meting. Bij de MIR-analyse zijn ook 10 herhalingen uitgevoerd. Alle metingen zijn bij kamertemperatuur uitgevoerd. De monsters met vocht zijn allen licht aangedrukt om een goede aansluiting te houden met de scanner.

De handscanner meet meerdere parameters zoals organische stof, pH, CEC, stikstof, fosfaat en kali. Dit onderzoek is afgebakend tot organische stof, pH en CEC. Deze parameters worden op significantie getoetst met Analysis of Variance (ANOVA) en om na te gaan waar deze significante verschillen uit voort komen is er een Tukey Post Hoc test uitgevoerd. In de literatuur is het bekend dat vochtgehalte invloed kan hebben op de uitslag. Dit werd getoetst in met behulp van ANOVA, hiermee werd aangetoond of er een significant verschil bestond tussen de uitslagen van de monsters met een variërend vochtgehalte. Er kan dan met 95% zekerheid worden gesteld dat de gemiddeldes significant van elkaar verschillen, ook wel de betrouwbaarheidsindex (BTHI) genoemd. De volgende stap was het onderzoeken waar het mogelijke significante verschil vandaan kwam. Het mogelijke significante verschil wordt getoetst tussen de groepen met het vochtpercentage 0% tegenover de groepen 10, 20, 30, 40 procent vocht. Daarnaast werd de MIR-analyse vergeleken met de uitslagen van de NIRS met de vochtpercentages. Ook deze zijn op significantie getoetst met 95% BTHI met behulp van de Tukey Post Hoc test.

2.2 De minimale droogtijd in een fruitdroger

De droogtijd van een bodemonster is onderzocht bij deze hoofdvraag. Het doel hierbij is een beeld geven van het drogen van bodemonsters. Er zijn twee verschillende bodemtypes gedroogd in een fruitdroger.

De keuze van de proefpercelen ging tegelijk met de proef in 2.1, hierbij is gekeken naar de textuursamenstelling van de monsters. De textuurdriehoek van de proefpercelen is uitgebeeld in figuur 4. Bijlage 3 en 4 geven informatie over de proefpercelen weer en de textuurdriehoek van HLB bv. Bij de keuze van de proefpercelen waren weer de uitersten geselecteerd ervan uit gaande dat dit de extremen zijn qua droogtijd gebaseerd op textuursamenstelling deze is weergegeven in tabel 1. De droogtijd van de bodem is van zeer veel factoren afhankelijk. In dit onderzoek was de nadruk gelegd op de textuursamenstelling.

Tabel 1 Parameters proefpercelen

	<i>OS</i>	<i>pH</i>	<i>CeC</i>	<i>Zand</i>	<i>Silt</i>	<i>Klei</i>
<i>Gem. perceel 1 zand</i>	7,57	3,73	49	86,85	9,27	3,88
<i>Gem. perceel 7 zware zavel</i>	2,74	7,37	154	26,45	56,57	17,98

Na de monsterkeuze zijn de monsters gestoken op de proefpercelen. Het weer op de dagen dat de monsters zijn gestoken was regenachtig, waardoor de monsters vrij vochtig waren. De monsters zijn gestoken aan de hand van het protocol mengmonsters van de Aeres Hogeschool.

Deze monsters zijn na het monstersteken afgesloten en gekoeld bewaard om de verdamping zo laag mogelijk te houden. Hierna zijn deze bewerkt doormiddel van een wals. De volgende stap is het afwegen van de monsters en het wegen van de bakjes van de droger. De resultaten van de weging staan vermeld in bijlage 8. Er is gewogen met een Ohaus V31X6 gekalibreerde weegschaal. Er zit een verwarmingselement in de droger en een ventilator welke warme lucht door het monster heen blaast. In elke droger staan 3 gaasbakjes in de vorm een derde van een cirkel met een doorsnede van 14,5 cm en een diepte van 2.5 cm. De oppervlakte van de bodem van deze gaasbakjes is 200 cm². Deze gaasbakjes zijn voor de helft gevuld met gewalste grond, dit maakt de inhoud van de gaasbakjes 250 cm³. Er werd grond ingezet met een gemiddeld gewicht van 258 gram per bakje. De richtlijn was bakje plus grond ongeveer 500 gram. De proef startte met 15,2% vocht bij de zandgrond en bij de zware zavel met 20,2% gravimetrisch vochtgehalte. Er zijn 15 herhalingen uitgevoerd voor zand en ook 15 herhalingen voor zware zavel.

De monsters zijn ingezet op 40°C in Stockli 0075 fruitdrogers. Deze monsters zijn niet gemengd of verstoord in de tijd dat de monsters zijn ingezet. De metingen zijn met dezelfde Ohaus V31X6 weegschaal uitgevoerd. De monsters zijn ingezet op 15,2% gravimetrisch vochtgehalte bij de zandmonsters en 20,2% gravimetrisch vochtgehalte bij de zware zavel. De eerste 4 uur van de droogtijd proef was er elke 30 minuten een meting uitgevoerd. Na deze 4 uur was het monster elk uur gemeten tot en met 7 uur na het inzetten van de monsters. De lengte van de proef is 7 uur omdat er hierna geen meetbare veranderingen hebben plaatsgevonden. Deze droogtijd proef geldt specifiek voor deze drogers en zijn niet van toepassing op andere soorten en merken drogers.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van dit onderzoek. Hier worden de uitkomsten van de twee proeven op significant verschil getoetst en uitgebeeld.

3.1 Invloed van het vochtgehalte

De resultaten van de proef over het vochtgehalte met de NIRS-analyse staan vermeld in bijlage 6. Op deze meetresultaten is allereerst ANOVA uitgevoerd op SPSS, de uitkomsten hiervan staan vermeld in bijlage 10. Er is na de ANOVA een Tukey Post Hoc test uitgevoerd. Deze methode is uitgevoerd om een beeld te geven waar de significante verschillen vandaan komen. De resultaten van de MIR-analyse staan vermeld in bijlage 7, de statistische analyse staat vermeld in bijlage 12.

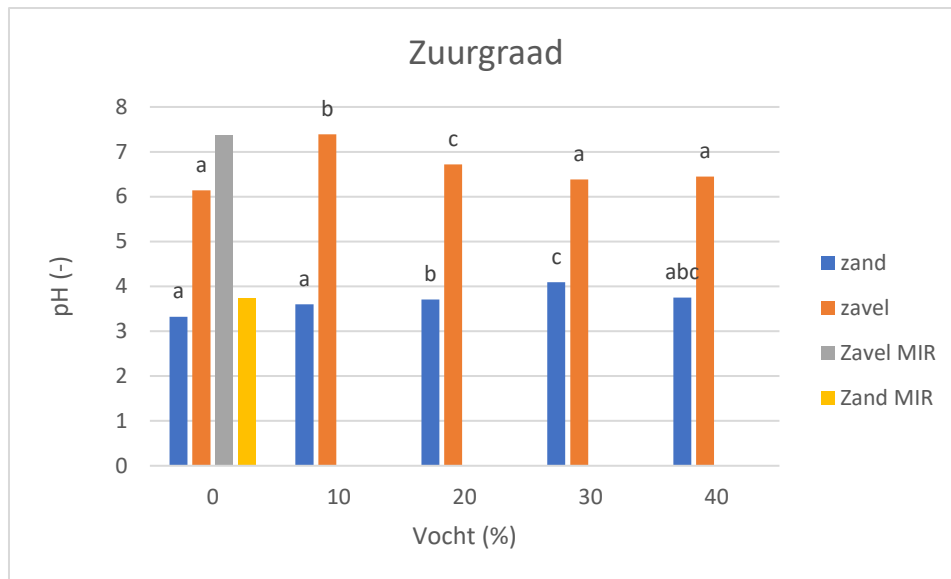
De bevindingen van de proef met gebruik van de NIRS- en MIR-analyse staan uitgebeeld in de figuren 5, 6 en 7. Deze grafieken geven de gemiddeldes van de 10 herhalingen per vochtgehalte weer, de grafieken zijn per parameter ingedeeld. De reeksen zand en zavel in de figuren 5, 6 en 7 bestaan uit NIRS-analyses, de reeksen zand MIR en zavel MIR bestaan uit MIR-analyses.

Ten eerste is gebleken uit de proef dat pH uitslag bij het bodemtype zand significant verschilt tussen de NIRS-metingen waarbij het vochtpercentage varieerde. Hierbij is $p = 0.000$, $p < 0.05$ en dus significant dit is ook te zien in bijlage 10. Tevens is er een significant verschil aangetoond tussen de organische stof NIRS-metingen waarbij het vochtpercentage varieerde $p = 0.034$, $p < 0,05$. Ook tussen uitslagen van de CEC NIRS-metingen is er een significant verschil aangetoond waarbij het vochtgehalte varieerde $p = 0.005$, $p < 0,05$.

Daarnaast bestaat er een significant verschil tussen de pH uitslagen voor het bodemtype zware zavel waarbij het vochtgehalte varieerde. Hierbij is $p = 0.000$, $p < 0.05$ en dus significant bevonden. Ook heeft het onderzoek uitgewezen dat de uitslagen van de organische stof metingen bij het bodemtype zware zavel significant van elkaar verschillen bij de metingen met variërende vochtgehalte $p = 0.000$, $p < 0.05$. Tenslotte is er een significant verschil geconstateerd tussen de metingen van de Cation Exchange Capacity met variërende vochtgehalten met het bodemtype zware zavel. Hierbij is $p = 0.000$, $p < 0.05$.

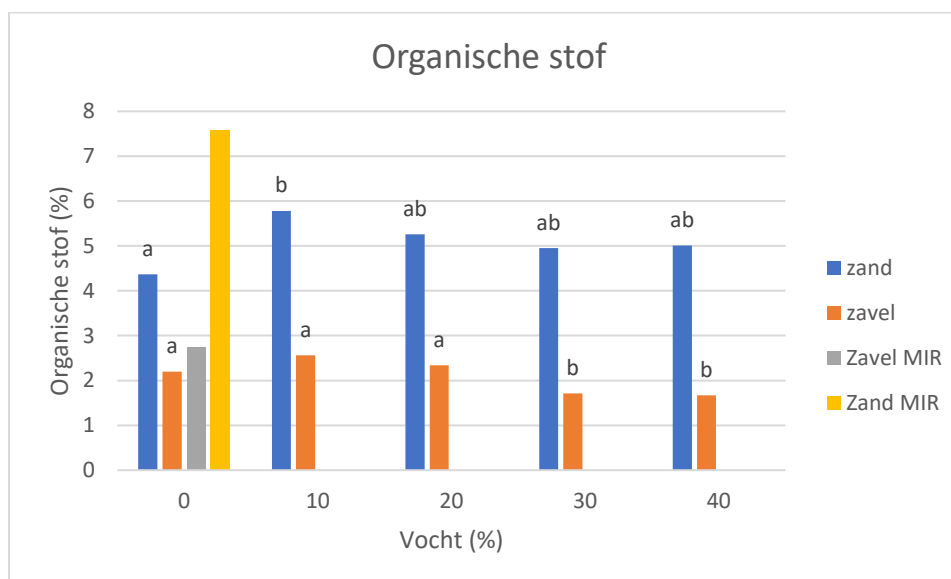
In de figuren 5, 6 en 7 zijn gegevens labels toegevoegd aan de gemiddeldes van de 10 herhalingen. Deze labels geven de significanties weer tussen de groepen vochtgehalten. Bij de ANOVA-toets is er een significant verschil aangetoond tussen meerdere metingen, dit is in de Tukey Post Hoc terug te zien. Deze significanties zijn alfabetisch gecategoriseerd, kortom wanneer dezelfde letter niet in de twee categorieën staat duidt dit op een significant verschil tussen de twee gemiddeldes.

Bij de zuurgraad meting van het bodemtype zand is er een significant verschil aangetoond tussen a en b, a en c daarnaast ook tussen b en c. Dit resulteert in een significant verschil tussen 0% en 20%, 0% en 30%, 10% en 30%, 20% en 30%. Bij de zuurgraad meting met het bodemtype zware zavel is er een significant verschil aangetoond tussen a en b, a en c daarnaast ook tussen b en c. Dit resulteert in een significant verschil tussen 0% en 10%, 0% en 20%, 10% en 20%. Dit is uitgebeeld in figuur 5 en terug te zien in bijlage 11.



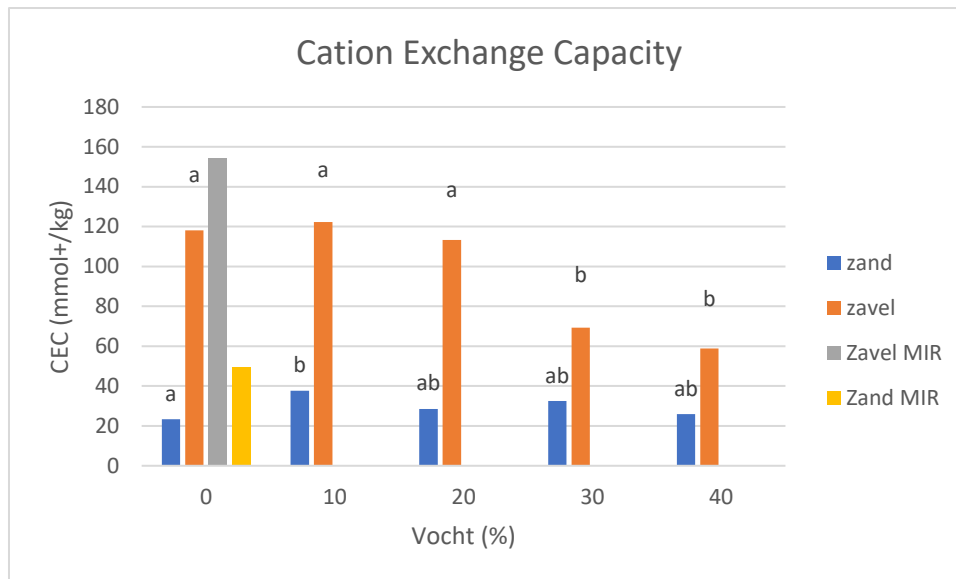
Figuur 5 Resultaten NIRS en MIR-metingen zuurgraad

Bij de organische stof meting van het bodemtype zand is er een significant verschil aangetoond tussen a en b. Dit resulteert in een significant verschil tussen 0% en 10. Bij de organische stof meting van het bodemtype zware zavel is er een significant verschil aangetoond tussen a en b. Dit resulteert in een significant verschil tussen 0% en 30%, 0% en 40%, 10% en 30%, 20% en 30%, 20% en 40%. Dit is uitgebeeld in figuur 6 en terug te zien in bijlage 11.



Figuur 6 Resultaten NIRS en MIR metingen organische stof

Bij de CEC-meting van het bodemtype zand is er een significant verschil aangetoond tussen a en b. Dit resulteert in een significant verschil tussen 0% en 20%, 0% en 30%, 10% en 30%, 20% en 30%. Bij de CEC-meting van het bodemtype zware zavel is er een significant verschil aangetoond tussen a en b. Dit resulteert in een significant verschil tussen 0% en 10%. Dit is uitgebeeld in figuur 7 en terug te zien in bijlage 11.



Figuur 7 Resultaten NIRS en MIR metingen Cation Exchange Capacity

Bij vrij veel gemiddeldes van de metingen van zand en zware zavel met variërende vochtgehaltes is een significant verschil aangetoond $p < 0,05$ ten opzichte van de gemiddelde MIR-uitslagen. Hierbij zijn enkele uitzonderingen vastgesteld waar geen significant verschil is aangetoond. Ten eerste bij de pH NIRS-metingen bij een vochtgehalte van 10% met het bodemtype zavel is geen significant verschil aangetoond met de MIR-uitslag. Daarnaast bij de pH NIRS-metingen bij een vochtgehalte van 10%, 20%, 30% en 40% met het bodemtype zand is geen significant verschil aangetoond met de MIR-uitslag. Ook bij de organische stof NIRS-metingen bij een vochtgehalte van 0%, 10% en 20% met het bodemtype zavel is geen significant verschil aangetoond met de MIR-uitslag. Tenslotte bij de CEC NIRS-metingen bij een vochtgehalte van 10% en 30% met het bodemtype zand is geen significant verschil aangetoond met de MIR-uitslag. De uitslagen van de significante verschillen staan tevens vermeld in bijlage 12. De pH meting van het bodemtype zand met uitzondering van 0% vocht niet significant ten opzichte van de MIR-resultaten. Daarnaast valt het op dat de pH NIRS-meting met een vochtgehalte van 10% bij zand en zware zavel niet significant verschillen ten opzichte van de MIR-uitslag. Daarnaast ook bij de organische stof meting van zavel en de CEC meting van zand bij 10% vocht.

3.2 Droogtijd

De zandmonsters zijn ingezet met een gravimetrisch vochtpercentage van 15,2%. De zware zavel monsters zijn ingezet met een gravimetrisch vochtgehalte 20,2%. Dit vochtgehalte is tot een stabiel niveau gebracht door het drogen. Het vochtgehalte neemt het eerste half uur 5,5% vocht af bij zand en bij zware zavel 4,8%. Dit is weergegeven in tabel 2 en 3.

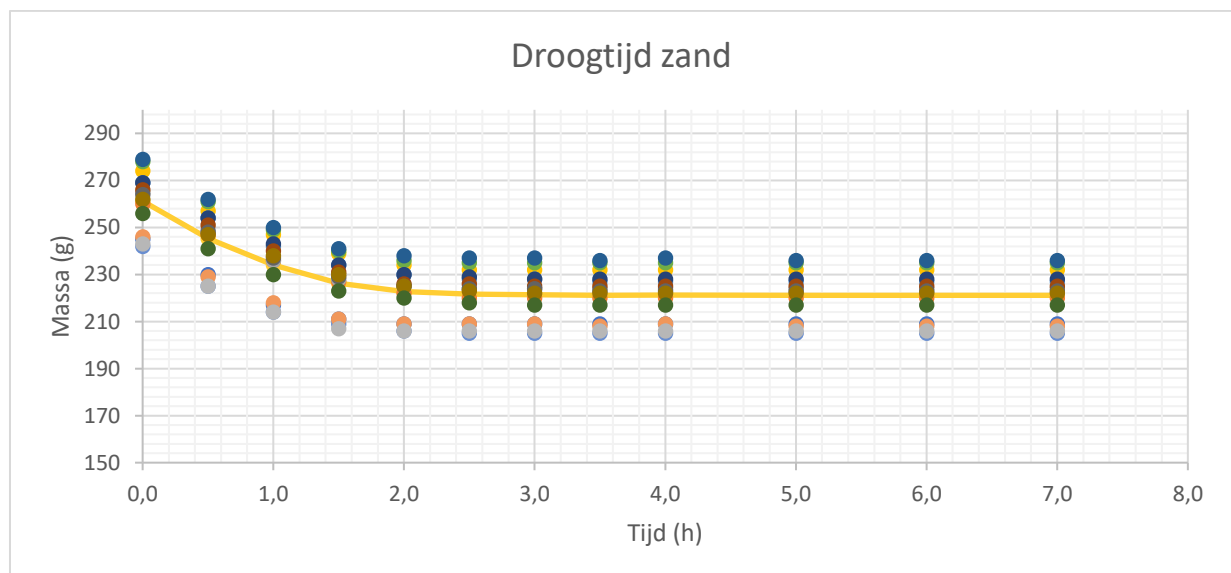
Tabel 2 Afname vochtpercentage zand

<i>Afname vochtpercentage zand</i>												
<i>uren</i>		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7
<i>Percentage vocht</i>		5,5%	4,4%	3,2%	1,5%	0,5%	0,1%	0,1%	-0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

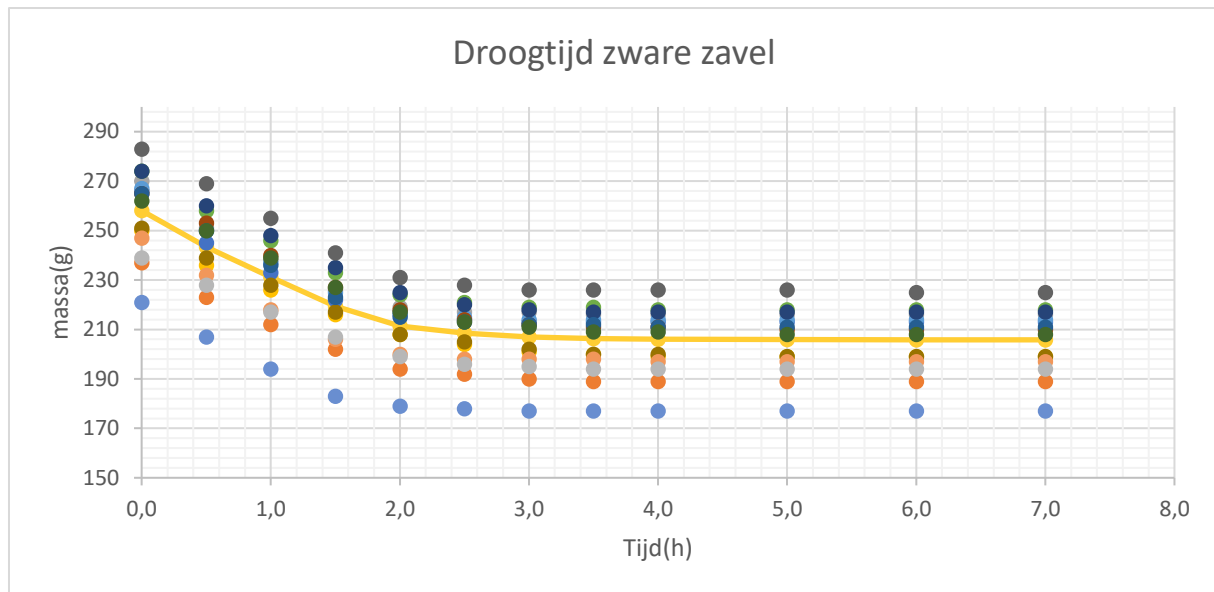
Tabel 3 Afname vochtpercentage zware zavel

<i>Afname vochtpercentage zware zavel</i>												
<i>uren</i>		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7
<i>Percentage vocht</i>		4,8%	4,5%	4,8%	3,5%	1,3%	0,7%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%

Een bodemonmonster bevat verschillende soorten vocht. Het vrije vocht tussen bodemdeeltjes zal als eerste verdampen. In de poriën van bodemonsters zit ook vocht wat zal verdampen, echter dit vocht ervaart een binding met de bodemdeeltjes. Dit is terug te zien in de afname van het vochtpercentage van zware zavel.



Figuur 8 Gewichtsverloop zand droogtijd proef



Figuur 9 Gewichtverloop zware zavel droogtijdproef

Het gewichtsverloop is gemeten over een tijdbestek van 7 uur lang. De proef bevat 15 herhalingen voor de twee bodemtypes. De metingen van de zandgrond hebben een vocht afname van 40,1 gram, bij de zware zavel is dit 52,3 gram vocht afname. Het gewichtsverloop voor de twee bodemtypen is weergegeven in figuur 8 en 9. Het vochtgehalte stabiliseert voor het bodemtype zand na 5 uur drogen, voor het bodemtype zavel stabiliseert dit op 6 uur.

4. Conclusie en discussie

In dit hoofdstuk worden conclusies getrokken aan de hand van de bevindingen van dit onderzoek. In de discussie zijn de resultaten geïnterpreteerd en zijn de mogelijke tekortkomingen beschreven. Ook worden hier aanbevelingen gegeven.

4.1 Conclusie

Dit onderzoek bevat twee hoofdvragen, om deze te beantwoorden zijn er twee proeven uitgevoerd. De eerste proef is uitgevoerd om het effect van het vochtgehalte op een NIRS-uitslag ten opzichte van een MIR-uitslag te onderzoeken. De tweede proef is uitgevoerd om een beeld te geven van de droogtijden van twee grondsoorten.

De eerste hoofdvraag dit in dit onderzoek naar voren is gekomen is het effect van het vochtgehalte op de NIRS-uitslagen ten opzichte van de MIR-uitslag met voorbereiding.

Er blijkt uit de proeven dat er een significant verschil bestaat tussen de gemiddeldes van de pH, organische stof en CEC-metingen waarbij het vochtpercentage varieert. Dit geldt voor de twee bodemtypes zand en zware zavel. Dit duidt op een verschil tussen de metingen van hetzelfde homogene bodemonster waar alleen het vochtgehalte van is aangepast. Zo kan er worden vastgesteld dat het vochtgehalte effect heeft op een NIRS-analyse.

De literatuur gaat ervan uit dat het vochtgehalte een grote invloed heeft op de betrouwbaarheid van de metingen. Dit is niet geheel terug te zien in deze proeven want er zijn zowel gemiddeldes NIRS-uitslagen van monsters met 0% en 40% vocht waar geen significant verschil is met de gemiddeldes van de MIR-metingen.

In dit onderzoek is er een significant verschil aangetoond tussen de MIR-uitslagen en NIRS-uitslagen van pH, organische stof en CEC metingen voor beide bodemtypes. Echter één vochtpercentage voor de twee bodemtypes valt op bij het meten van de parameters. Er zijn geen significante verschillen tussen de NIRS pH metingen van zandgrond en de MIR-uitslagen bij de vochtgehaltes 10%. Bij het bodemtype zavel is er geen significant verschil aangetoond tussen de NIRS pH met een vochtgehalte van 10% en MIR-uitslagen. Dit was ook het geval bij de organische stof meting van zavel en de CEC meting van zand bij een vochtgehalte van 10%. Er kan gesuggereerd worden dat naar aanleiding van dit onderzoek de NIRS-uitslagen het meest overeenkomen met de MIR-uitslagen bij een vochtgehalte 10%.

Een tweede bevinding in deze proef is de pH meting op zandmonsters. Er is geen significant verschil aangetoond tussen de gemiddeldes van de NIRS-analyse en de gemiddeldes van de MIR-analyse met één uitzondering. Het gemiddelde van het monster met 0% vocht is wel significant bevonden ten opzichte van de MIR-analyse. De 10%, 20%, 30% en 40% vocht zijn niet significant verschillend van de MIR-resultaten. Wat kan suggereren dat de metingen overeenkomen met elkaar.

Er is niet een eenduidig beeld van het effect van het vochtgehalte naar voren gekomen met uitzondering op de metingen 10% vocht en de pH meting van zand. Toch beïnvloedt het vocht over het algemeen de NIRS-metingen nadelig omdat er een significant verschil is aangetoond tussen de NIRS-uitslagen, maar ook tussen NIRS- en MIR-uitslagen. Het effect is minimaal bij een vochtgehalte van 10% specifiek bij de pH meting voor beide bodemtypes. Ook is de NIRS pH meting niet significant verschillend van de MIR-meting.

De conclusie is dat het vochtgehalte een afwijkend beeld geeft van de NIRS-resultaten per vochtgehalte en ten opzichte van de MIR-resultaten. Ook een vochtgehalte van 0% geeft een afwijkend beeld ten opzichte van de andere NIRS-analyses en ook van de MIR-analyse.

De tweede hoofdvraag: Wat is de minimale droogtijd van een bodemonmonster in een fruitdroger tot een vochtgehalte stabiliseert?

Hierbij is de droogtijd proef uitgevoerd met de Stockli fruitdrogers. Hierbij zijn zandgrond en zware zavel ingezet. Er is een gewichtsverloop bijgehouden om een beeld te krijgen van het vochtgehalte. Bij zand stabiliseert het vochtgehalte na 5 uur lang drogen op 40°C in een Stockli 0075 fruitdroger. Bij zware zavel duurt het 6 uur voordat deze stabiliseert in dezelfde drogers. Hierbij was het vochtgehalte van zand 15,2% en het vochtgehalte van zware zavel 20,2%.

4.2 Discussie

Er is een significant verschil aangetoond tussen uitslagen van de NIRS-metingen waarbij het vochtpercentage varieerde. Wat dus resulteert in een effect van het vochtpercentage omdat dit de enige aangepaste factor in deze monsters was.

De NIRS pH meting is niet significant verschillend met de MIR-meting voor alle vochtgehalten bij het bodemtype zand met uitzondering van de 0% vocht. Er kan gesuggereerd worden dat de pH meting niet vochtafhankelijk is. Dit is niet volledig gegrond omdat de 0% vochtmeting wel significant verschilt.

Daarnaast is de conclusie getrokken dat de metingen met 10% vocht het meest overeenkomen met de MIR-analyse. Dit was het geval bij de pH meting bij beide bodemtypes, de organische stof metingen van zavel en de CEC meting van zand. Dit kan dus suggereren dat de Agrocates Nutrient Scanner metingen het meest overeenkomen met de Brüker Alpha DRIFT bij de NIRS-metingen met 10% vocht. Wanneer er vanuit wordt gegaan van de Brüker Alpha DRIFT het meest betrouwbaar is. Doordat hier een voorbewerking is toegepast waardoor de verschillen in vocht en textuur opgeheven worden. Als deze MIR-methode als betrouwbaar wordt gezien kan er worden gesteld dat de Agrocates Nutrient Scanner het meest optimaal meet bij een vochtgehalte van 10%. Er kan hierop een advies gebaseerd worden vanuit HLB bv. dat de scanner het beste werkt bij matig nat weer wanneer het vochtgehalte van de grond op 10% zit. Een aanbeveling voordat dit advies afgegeven wordt is een onderzoek met een grotere steekproef waarbij de correlatie en de causaliteit wordt onderzocht tussen de NIRS-resultaten met 10% vocht en de MIR-resultaten. Ook is dit onderzoek gelimiteerd tot twee bodemtypes terwijl er in de Nederlandse bodem zeer veel variatie zit. Het is daarom van belang om ook meerdere bodemtypes bij dit onderzoek te betrekken.

De tweede proef was gericht op de droogtijd van zandgrond en zware zavel. De conclusie was dat de droogtijd van zand 5 uur betreft totdat er een stabiel vochtpercentage werd bereikt. De zware zavel monsters waren 6 uur nodig om tot een stabiel vochtgehalte te komen. De monsters zijn ingezet met 15.2% vocht bij het zandmonster en 20.3% bij het monster zware zavel. Dit tijdsverschil en dus verschil in vochtgehalte kan veroorzaakt worden door de negatief geladen lutumdeeltjes en poriën volume van zware zavel. Echter omdat het vochtgehalte van zware zavel hoger was dan van zand kan dit niet worden bevestigd. De vochtgehaltes zijn niet aangepast, waardoor de vochtgehaltes verschillen tussen de monster van de bodem zand en zware zavel. Elke bodem kan een andere hoeveelheid vocht vasthouden, dit is ook terug te zien in de monsters. Hierdoor zijn deze vochtgehaltes niet te vergelijken met elkaar. Een aanbeveling om een beter beeld te krijgen van de droogtijd van bodemmonsters is om meerdere bodemtypes te drogen met dezelfde vochtgehaltes. Daarnaast is een mogelijkheid om meerdere vochtgehaltes te meten en om deze met elkaar te kunnen vergelijken. De uitkomsten van deze proef zijn alleen relevant voor deze bodemtypes en voor deze specifieke fruitdrogers.

5. Bibliografie

- Bewust Bodemgebruik. (2018, november 13). *Soils2meet*. Opgehaald van Bewust bodemgebruik: <https://www.bewustbodemgebruik.nl/nieuws/alle-nieuwsberichten/2018/soils2meet-zutphen/>
- Bilskie, J. (2001). Soil water status: content and potential. *Campbell Scientific*.
- Bot, A., & Benites, J. (2005). *The importance of*. Rome: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
- Boumans, W.-k. S. (2013). *Veranderingen in regen- en grondwaterkwaliteit als gevolg van atmosferische emissiereducties*. RIVM.
- Braakman, J. (2018, juli 10). Eurofins moet uitleg geven aan Ministerie. *Boerderij*.
- Caspers, P., Vredenburg, M., Hoogerbrugge, R., Riet-Nales, D. v., & Barends, D. (2002). *Verification of the identity of pharmaceutical substances with near-infrared spectroscopy*. Bilthoven: RIVM.
- Curcio, D., Ciraolo, G., D'Asaro, F., & Minacapilli, A. (2013, juli 24). Prediction of Soil Texture Distributions Using VNIR-SWIR Reflectance Spectroscopy. *Procedia environmental Sciences*, 19, 494-503.
- Dongyun, X., Wanzhu, M., Songchao, C., Qingsong, J., Kang, H., & Zhou, S. (2018, januari). Assessment of important soil properties related to Chinese Soil Taxonomy based on vis-NIR reflectance spectroscopy. *Computers and electronics in agriculture*(104), 1-8.
- Eurofins Agro. (2018, 11 14). *Lutum*. Opgehaald van Eurofins Agro: <http://eurofins-agro.com/nl-nl/wiki/lutum>
- FAO. (2018, november 13). *International Year of Soils 2015*. Opgehaald van FAO: <http://www.fao.org/soils-2015/en/>
- Janmaat, L. (2012, mei). Bemesten met visie en precisie . *Ekoland*, p. 11.
- KNMI. (2017, december 21). *Van lage druk naar hoge druk*. Opgehaald van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: <https://www.knmi.nl/nieuws/nieuws-nieuws-item50>
- Kuang, B., & Mouazen, A. (2013). Non-biased prediction of soil organic carbon and total nitrogen with vis-NIR spectroscopy, as affected by soil moisture content and texture. *Biosystems Engineering*, 249-258.
- Kühnel, A., & Bogner, C. (2017). In-situ prediction of soil organic carbon by vis-NIR spectroscopy: an efficient use of limited field data. *European Journal of soil science*.
- Lobell, D., & Asner, G. (2002). Moisture Effects on Soil Reflectance. *Soil Science Society of America Journal*, 722-727.
- Poterman, M., Scheeren, T. W., & Kalmar, A. F. (2013). Nabij-infrarood spectroscopie (NIRS) in de klinische anesthesiologie. *anesthesiologie* , 24-27.
- Pulleman, M., Frazão, J., J.H., F., Goede, R. d., Groot, J., & Brussaard, L. (2016). Aandacht voor de regenworm. *Landschap*, 23-26.

- Roos, H., Brenk, R., & Stouwe, G. (2018). *Soil scanner*. Dronten: Aeres Hogeschool Dronten.
- Roudier, P., Hedley, C., C.R., L., Viscarra Rossel, R., & Leroux, C. (2017). Evaluation of two methods to eliminate the effect of water from soil vis–NIR spectra for predictions of organic carbon. *Geoderma*, 98-107.
- Trouw. (2010, februari 19). Vraag naar vlees neemt fors toe door bevolkingsgroei. *Trouw*.
- Viscarra Rossel, R., Cattle, S., Ortega, A., & Fouad, Y. (2009). In situ measurements of soil colour, mineral composition and clay content by vis–NIR spectroscopy. *Geoderma*, 253-266.
- Vruchtbare kringloop Achterhoek. (2018, november 13). *Doelstelling en aanleiding vruchtbare krinloop achterhoek*. Opgehaald van Vruchtbare Krinloop Achterhoek en Liemers: <https://vruchtbarekringloopachterhoek.nl/doelstelling-en-aanleiding/>
- Wight, J., Ashworth, A., & Allen, F. (2016). Organic substrate, clay type, texture, and water influence on NIR carbon measurements. *Geoderma*, 36-43.
- Yang, Z., Nie, G., Pan, L., Zhang, Y., Huang, L., & Zhang, X. (2017, October 3). Development and validation of near-infrared spectroscopy for the prediction of forage quality parameters in *Lolium multiflorum*. *Peerj Plant Biology*. doi:10.7717/peerj.3867

6. Bijlagen

Bijlage 1 Gravimetrisch en volumetrisch vochtgehalte bodemmonster

Bron: (Bilskie, 2001)

$$\theta_g = \frac{m_{water}}{m_{soil}} = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}}$$

$$\theta_v = \frac{volume_{water}}{volume_{soil}} = \frac{\frac{m_{water}}{\rho_{water}}}{\frac{m_{soil}}{\rho_{soil}}} = \frac{\theta_g * \rho_{soil}}{\rho_{water}}$$

Hierbij is:

θ_g Gravimetrisch vochtgehalte

M_{water}	$M_{wet} - M_{dry}$
M_{soil}	M_{dry}
M_{wet}	Gewicht bodemmonster
M_{dry}	Gewicht bodem gedroogd

θ_v Volumetrisch vochtgehalte

θ_g Gravimetrisch vochtgehalte

ρ_{soil}	ρ_{bulk}
ρ_{bulk}	$m_{dry}/Volume$
Volume	Sample volume
ρ_{water}	Often ignored, close to 1

Bijlage 2 Materiaal

Het materiaal dat nodig is voor het opzetten van 2 proeven voor dit onderzoek.

Droogtijd

- 15x bodemmonster zand
- 15x bodemmonster zware zavel
- Wals
- W.E.T. bodemvochtmeter (Eijkelkamp)
- Ohaus V31X6 Weegschaal gekalibreerd
- Stockli 0075 fruitdroger
- Gaasbakjes 500 cm³

Invloed vochtgehalte

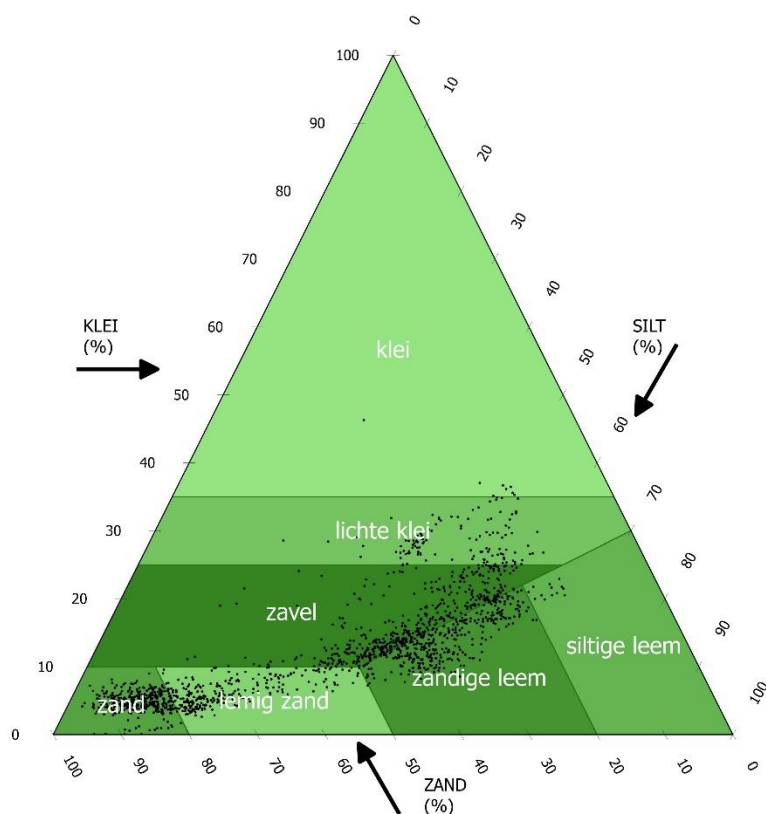
- 5x bodemonsters zand 5 liter
- 5x bodemonsters zware zavel 5 liter
- Gedestilleerd water waarbij pH $\approx$ 4.78
- W.E.T. bodemvochtmeter (Eijkelkamp)
- Memmert UF450 Droogstoof
- Ohaus VX31 weegschaal gekalibreerd
- Plantenspuit
- MIR-meet apparatuur (Bruker Alpha DRIFT MIR spectrometer)
- NIRS-meetapparatuur (Agrocares Nutriënt Scanner)
- Excel
- IBM SPSS Statistic

Bijlage 3 Proefpercelen

Tabel 4 Bemonsterde proefpercelen

Beheerder/Eigenaar	Locatie	Perceel	Bodemcode
J. Rol	52.655482, 5.965102	1	Mn 25A IV
J. Rol	52.656778, 5.966431	2	uZn50A IV
E. Middelveld	52.760927, 6.382875	3	Hn23x/KX sVB en pZn23 sVb
E. Middelveld	52.765022, 6.387532	4	Hn23 x Vb
E. Middelveld	52.781057, 6.413604	5	Hn23c Vb
E. Middelveld	52.781791, 6.439153	6	pZn23 Vb
K. Bouwman	52.668999, 6.248876	7	cHn21 VII

Bijlage 4 Textuurdriehoek HLB bv.



Bijlage 5 Vochtgehalte NIRS t.o.v. MIR

Vochtgehalte bij benadering tussen zand en zavel

Gemeten met de W.E.T. sensor

Benadering vochtgehalte (%)	<i>zand</i> vochtpercentage (%)	<i>Vochtgehalte</i> <i>zand</i> standaarddeviatie	<i>Zavel</i> Vochtpercentage (%)	<i>Vochtgehalte</i> <i>zavel</i> standaarddeviatie
0	0	0	0	0
10	9,6	0,5	10,34	0,3
20	20,2	0,8	20,2	0,9
30	29,6	1,3	29,64	1,4
40	37,9	5,8	39,8	0,8

Bijlage 6 Resultaten invloed vochtgehalte NIRS

	Vochtpercentage	Naam	pH (-)	OS (%)	CEC (mmol+/kg)			
Zand	0%	a1	3,4	4,8	29,1			
		a2	3,4	4,6	30,0			
		a3	3,3	4,5	22,6			
		a4	3,2	3,9	20,9			
		a5	3,4	4,1	23,3			
		a6	3,3	4,4	22,9			
		a7	3,4	4,0	23,1			
		a8	3,3	4,2	19,2			
		a9	3,2	4,4	22,0	Gemiddelde 0%		
		a10	3,3	4,8	20,2	pH	os	CEC
						3,32	4,37	23,33
Zand	10%	b1	3,6	5,3	33,7			
		b2	3,6	6,0	42,7			
		b3	3,5	5,7	26,0			
		b4	3,6	6,0	34,7			
		b5	3,6	5,5	31,1			
		b6	3,5	6,1	39,9			
		b7	3,6	6,1	48,4			
		b8	3,7	5,9	39,9			
		b9	3,6	5,8	41,5	Gemiddelde 10%		
		b10	3,7	5,4	38,2	pH	os	CEC
						3,6	5,78	37,61
Zand	20%	c1	3,4	5,3	11,2			

Zand		c2	3,5	5,7	24,5			
		c2	4,1	5,7	59,0			
		c4	3,8	4,0	29,0			
		c5	3,6	6,7	12,9			
		c6	3,7	5,7	27,6			
		c7	3,4	5,5	17,3			
		c8	3,9	5,0	36,4			
		c9	3,8	5,9	27,7		Gemiddelde 20%	
		c10	3,9	3,1	39,8	pH	os	CEC
						3,71	5,26	28,54
Zand	30%	d1	4,2	5,3	18,7			
		d2	3,3	5,1	20,0			
		d3	4,3	5,2	37,6			
		d4	4,2	5,2	43,1			
		d5	4,6	4,6	43,0			
		d6	4,6	4,1	40,8			
		d7	3,6	6,6	16,3			
		d8	3,7	4,3	30,6			
		d9	4,2	6,0	36,3		Gemiddelde 30%	
		d10	4,2	3,1	38,4	pH	os	CEC
Zand						4,09	4,95	32,48
	40%	e1	4,4	3,3	48,3			
		e2	4,3	4,1	33,9			
		e3	3,8	4,5	38,9			
		e4	3,1	5,4	10,5			
		e5	3,8	4,9	20,2			
		e6	4,0	6,4	12,0			
		e7	3,3	5,7	28,3			
		e8	3,4	5,5	5,3			
		e9	3,6	5,5	25,0		Gemiddelde 40%	
Zware zavel		e10	3,8	4,8	36,0	pH	os	CEC
						3,75	5,01	25,84
	0%	f1	6,2	2,2	112,4			
		f3	6,0	2,2	110,0			
		f2	6,0	2,1	105,7			
		f4	6,1	2,2	121,9			
		f5	6,0	2,3	114,4			
		f6	6,3	2,2	124,1			
		f7	6,2	2,3	134,9			
		f8	6,2	2,2	121,4			
Zware zavel		f9	6,3	2,2	124,6		Gemiddelde 0%	
		f10	6,1	2,1	111,8	pH	os	CEC
						6,14	2,2	118,12
	10%	g1	6,6	2,8	113,7			
		g2	7,2	2,5	134,3			

Zware zavel		g3	7,5	2,6	126,0				
		g4	7,6	2,6	114,3				
		g5	7,5	2,4	127,8				
		g6	7,4	2,5	129,5				
		g7	7,5	2,8	106,6				
		g8	7,7	2,7	128,6				
		g9	7,4	2,2	124,1		Gemiddelde 10%		
		g10	7,5	2,5	117,7	pH	os	CEC	
						7,39	2,56	122,26	
		20%	h1	6,5	2,0	97,9			
Zware zavel		h2	6,7	2,2	102,8				
		h3	6,3	2,1	105,9				
		h4	6,9	2,1	100,4				
		h5	7,4	2,6	114,0				
		h6	7,1	2,1	112,1				
		h7	6,5	2,4	103,0				
		h8	6,4	2,5	164,0				
		h9	6,8	2,7	118,8		Gemiddelde 20%		
		h10	6,6	2,7	113,6	pH	os	CEC	
						6,72	2,34	113,25	
Zware zavel		30%	i1	6,9	2,0	97,2			
		i2	6,2	1,5	52,9				
		i3	6,3	1,8	77,3				
		i4	6,4	1,3	59,2				
		i5	6,6	2,2	81,1				
		i6	6,4	1,7	56,9				
		i7	5,9	1,3	47,0				
		i8	6,4	1,8	68,3				
		i9	6,3	1,6	80,0		Gemiddelde 30%		
		i10	6,4	1,9	72,9	pH	os	CEC	
					6,38	1,71	69,28		
Zware zavel		40%	j1	6,5	1,6	60,1			
		j2	6,2	1,6	46,7				
		j3	6,8	2,4	80,7				
		j4	6,4	1,0	53,8				
		j5	6,4	1,5	54,1				
		j6	6,2	1,2	44,2				
		j7	6,3	1,5	44,9				
		j8	6,6	2,6	81,9				
		j9	6,2	1,9	56,6		Gemiddelde 40%		
		j10	6,9	1,4	66,1	pH	os	CEC	
					6,45	1,67	58,91		

Bijlage 7 MIR-resultaten

	<i>pH (-)</i>	<i>OS(%)</i>	<i>CEC (mmol+/kg)</i>
<i>Zand MIR</i>	3,8	7,19	51
	3,7	7,91	48
	3,7	7,62	49
	3,8	7,68	51
	3,8	7,28	47
	3,7	7,49	50
	3,7	7,73	50
	3,8	7,36	51
	3,6	7,55	49
	3,7	7,88	48
<i>Zavel MIR</i>	7,4	2,54	156
	7,4	2,94	161
	7,3	2,73	146
	7,3	2,55	155
	7,4	2,65	163
	7,4	2,91	159
	7,3	2,83	146
	7,4	2,83	147
	7,4	2,72	149
	7,3	2,59	159

Bijlage 8 Resultaten droogtijd

<i>Zand</i>		<i>Uur</i>											
<i>Monster</i>	<i>nr.</i>	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0
1		245	230	217	211	209	209	209	209	209	209	209	209
2		260	247	236	227	222	220	220	220	220	220	220	220
3		265	249	236	228	225	224	224	224	224	224	224	224
4		274	257	247	239	234	232	232	232	232	232	232	232
5		269	254	242	234	230	228	228	227	227	227	227	227
6		278	261	249	240	236	235	235	235	235	235	235	235
7		269	254	243	234	230	229	228	228	228	228	228	228
8		266	251	240	231	226	226	225	225	225	225	225	225
9		264	248	237	229	225	224	224	223	223	223	223	223
10		262	247	238	230	225	223	222	222	222	222	222	222
11		279	262	250	241	238	237	237	236	237	236	236	236
12		256	241	230	223	220	218	217	217	217	217	217	217
13		242	225	214	209	206	205	205	205	205	205	205	205
14		246	229	218	211	209	209	209	208	209	208	208	208
15		243	225	214	207	206	206	206	206	206	206	206	206

<i>Zware zavel</i>		<i>Uur</i>											
<i>Monster</i>	<i>nr.</i>	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0
1		266	245	233	222	216	214	213	213	213	213	213	213
2		237	223	212	202	194	192	190	189	189	189	189	189
3		270	251	238	226	219	217	217	216	216	216	216	216
4		250	236	226	216	208	204	201	200	199	199	199	199
5		267	250	237	225	217	215	214	214	214	214	214	214
6		274	258	246	233	224	221	219	219	218	218	218	218
7		274	260	248	235	225	220	218	217	217	217	217	217
8		265	253	240	227	218	214	212	211	211	210	210	210
9		283	269	255	241	231	228	226	226	226	226	225	225
10		251	239	228	217	208	205	202	200	200	199	199	199
11		265	250	236	223	215	213	212	212	211	211	211	211
12		262	250	239	227	217	213	211	209	209	208	208	208
13		221	207	194	183	179	178	177	177	177	177	177	177
14		247	232	218	206	200	198	198	198	197	197	197	197
15		239	228	217	207	199	196	195	194	194	194	194	194

Vochtgehalte inzetten zand 15,2%

Vochtgehalte inzetten zavel 20,2%

Bijlage 9 Afname vochtpercentage droogtijdproef

Tabel 5

<i>Afname vochtpercentage zand</i>											
<i>uren</i>	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7
<i>Percentage vocht</i>	5,5%	4,4%	3,2%	1,5%	0,5%	0,1%	0,1%	-0,1%	0,1%	0,0%	0,0%

Tabel 6

<i>Afname vochtpercentage zware zavel</i>											
<i>uren</i>	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7
<i>Percentage vocht</i>	4,8%	4,5%	4,8%	3,5%	1,3%	0,7%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%

Bijlage 10 Statistische analyse NIRS (ANOVA)

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ZandpH	Between Groups	3,089	4	,772	9,196	,000
	Within Groups	3,779	45	,084		
	Total	6,868	49			
ZandCEC	Between Groups	1270,206	4	317,552	2,859	,034
	Within Groups	4998,454	45	111,077		
	Total	6268,660	49			
ZandOS	Between Groups	10,481	4	2,620	4,365	,005
	Within Groups	27,015	45	,600		
	Total	37,496	49			
ZavelpH	Between Groups	9,197	4	2,299	32,640	,000
	Within Groups	3,170	45	,070		
	Total	12,367	49			
ZavelOS	Between Groups	6,161	4	1,540	17,165	,000
	Within Groups	4,038	45	,090		
	Total	10,199	49			
ZavelCEC	Between Groups	35654,085	4	8913,521	47,403	,000
	Within Groups	8461,670	45	188,037		
	Total	44115,755	49			

Bijlage 11 Tukey post hoc

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
ZandpH	0% vocht	10% vocht	-,28000	,12960	,213	-,6482	,0882
		20% vocht	-,39000*	,12960	,033	-,7582	-,0218
		30% vocht	-,77000*	,12960	,000	-1,1382	-,4018
		40% vocht	-,43000*	,12960	,015	-,7982	-,0618
	10% vocht	0% vocht	,28000	,12960	,213	-,0882	,6482
		20% vocht	-,11000	,12960	,914	-,4782	,2582
		30% vocht	-,49000*	,12960	,004	-,8582	-,1218
		40% vocht	-,15000	,12960	,775	-,5182	,2182
	20% vocht	0% vocht	,39000*	,12960	,033	,0218	,7582
		10% vocht	,11000	,12960	,914	-,2582	,4782
		30% vocht	-,38000*	,12960	,040	-,7482	-,0118
		40% vocht	-,04000	,12960	,998	-,4082	,3282
	30% vocht	0% vocht	,77000*	,12960	,000	,4018	1,1382
		10% vocht	,49000*	,12960	,004	,1218	,8582
		20% vocht	,38000*	,12960	,040	,0118	,7482
		40% vocht	,34000	,12960	,083	-,0282	,7082
	40% vocht	0% vocht	,43000*	,12960	,015	,0618	,7982
		10% vocht	,15000	,12960	,775	-,2182	,5182
		20% vocht	,04000	,12960	,998	-,3282	,4082
		30% vocht	-,34000	,12960	,083	-,7082	,0282
ZandOS	0% vocht	10% vocht	-1,41000*	,34651	,002	-2,3946	-,4254

ZandCEC	20% vocht		-,89000	,34651	,094	-1,8746	,0946
	30% vocht		-,58000	,34651	,460	-1,5646	,4046
	40% vocht		-,64000	,34651	,360	-1,6246	,3446
	10% vocht	0% vocht	1,41000*	,34651	,002	,4254	2,3946
	20% vocht		,52000	,34651	,567	-,4646	1,5046
	30% vocht		,83000	,34651	,135	-,1546	1,8146
	40% vocht		,77000	,34651	,190	-,2146	1,7546
	20% vocht	0% vocht	,89000	,34651	,094	-,0946	1,8746
	10% vocht		-,52000	,34651	,567	-1,5046	,4646
	30% vocht		,31000	,34651	,897	-,6746	1,2946
	40% vocht		,25000	,34651	,950	-,7346	1,2346
	30% vocht	0% vocht	,58000	,34651	,460	-,4046	1,5646
	10% vocht		-,83000	,34651	,135	-1,8146	,1546
	20% vocht		-,31000	,34651	,897	-1,2946	,6746
	40% vocht		-,06000	,34651	1,000	-1,0446	,9246
	40% vocht	0% vocht	,64000	,34651	,360	-,3446	1,6246
	10% vocht		-,77000	,34651	,190	-1,7546	,2146
	20% vocht		-,25000	,34651	,950	-1,2346	,7346
	30% vocht		,06000	,34651	1,000	-,9246	1,0446
	0% vocht	10% vocht	-14,28000*	4,71332	,031	-27,6727	-,8873
	20% vocht		-5,21000	4,71332	,803	-18,6027	8,1827
	30% vocht		-9,15000	4,71332	,311	-22,5427	4,2427
	40% vocht		-2,51000	4,71332	,983	-15,9027	10,8827
	10% vocht	0% vocht	14,28000*	4,71332	,031	,8873	27,6727
	20% vocht		9,07000	4,71332	,320	-4,3227	22,4627
	30% vocht		5,13000	4,71332	,812	-8,2627	18,5227
	40% vocht		11,77000	4,71332	,109	-1,6227	25,1627
	20% vocht	0% vocht	5,21000	4,71332	,803	-8,1827	18,6027
	10% vocht		-9,07000	4,71332	,320	-22,4627	4,3227

ZavelpH	30% vocht		-3,94000	4,71332	,918	-17,3327	9,4527
	40% vocht		2,70000	4,71332	,978	-10,6927	16,0927
	30% vocht	0% vocht	9,15000	4,71332	,311	-4,2427	22,5427
	10% vocht		-5,13000	4,71332	,812	-18,5227	8,2627
	20% vocht		3,94000	4,71332	,918	-9,4527	17,3327
	40% vocht		6,64000	4,71332	,625	-6,7527	20,0327
	40% vocht	0% vocht	2,51000	4,71332	,983	-10,8827	15,9027
	10% vocht		-11,77000	4,71332	,109	-25,1627	1,6227
	20% vocht		-2,70000	4,71332	,978	-16,0927	10,6927
	30% vocht		-6,64000	4,71332	,625	-20,0327	6,7527
	0% vocht	10% vocht	-1,25000*	,11870	,000	-1,5873	-,9127
	20% vocht		-,58000*	,11870	,000	-,9173	-,2427
	30% vocht		-,24000	,11870	,272	-,5773	,0973
	40% vocht		-,31000	,11870	,085	-,6473	,0273
	10% vocht	0% vocht	1,25000*	,11870	,000	,9127	1,5873
	20% vocht		,67000*	,11870	,000	,3327	1,0073
	30% vocht		1,01000*	,11870	,000	,6727	1,3473
	40% vocht		,94000*	,11870	,000	,6027	1,2773
	20% vocht	0% vocht	,58000*	,11870	,000	,2427	,9173
	10% vocht		-,67000*	,11870	,000	-1,0073	-,3327
	30% vocht		,34000*	,11870	,047	,0027	,6773
	40% vocht		,27000	,11870	,172	-,0673	,6073
	30% vocht	0% vocht	,24000	,11870	,272	-,0973	,5773
	10% vocht		-1,01000*	,11870	,000	-1,3473	-,6727
	20% vocht		-,34000*	,11870	,047	-,6773	-,0027
	40% vocht		-,07000	,11870	,976	-,4073	,2673
	40% vocht	0% vocht	,31000	,11870	,085	-,0273	,6473
	10% vocht		-,94000*	,11870	,000	-1,2773	-,6027
	20% vocht		-,27000	,11870	,172	-,6073	,0673

ZavelOS		30% vocht	,07000	,11870	,976	-,2673	,4073
	0% vocht	10% vocht	-,36000	,13397	,072	-,7407	,0207
		20% vocht	-,14000	,13397	,833	-,5207	,2407
		30% vocht	,49000*	,13397	,006	,1093	,8707
		40% vocht	,53000*	,13397	,002	,1493	,9107
	10% vocht	0% vocht	,36000	,13397	,072	-,0207	,7407
		20% vocht	,22000	,13397	,479	-,1607	,6007
		30% vocht	,85000*	,13397	,000	,4693	1,2307
		40% vocht	,89000*	,13397	,000	,5093	1,2707
	20% vocht	0% vocht	,14000	,13397	,833	-,2407	,5207
		10% vocht	-,22000	,13397	,479	-,6007	,1607
		30% vocht	,63000*	,13397	,000	,2493	1,0107
		40% vocht	,67000*	,13397	,000	,2893	1,0507
	30% vocht	0% vocht	-,49000*	,13397	,006	-,8707	-,1093
		10% vocht	-,85000*	,13397	,000	-1,2307	-,4693
		20% vocht	-,63000*	,13397	,000	-1,0107	-,2493
		40% vocht	,04000	,13397	,998	-,3407	,4207
	40% vocht	0% vocht	-,53000*	,13397	,002	-,9107	-,1493
		10% vocht	-,89000*	,13397	,000	-1,2707	-,5093
		20% vocht	-,67000*	,13397	,000	-1,0507	-,2893
		30% vocht	-,04000	,13397	,998	-,4207	,3407
	0% vocht	10% vocht	-4,14000	6,13249	,961	-21,5652	13,2852
		20% vocht	4,87000	6,13249	,931	-12,5552	22,2952
		30% vocht	48,84000*	6,13249	,000	31,4148	66,2652
		40% vocht	59,21000*	6,13249	,000	41,7848	76,6352
	10% vocht	0% vocht	4,14000	6,13249	,961	-13,2852	21,5652
		20% vocht	9,01000	6,13249	,587	-8,4152	26,4352
		30% vocht	52,98000*	6,13249	,000	35,5548	70,4052
ZavelCEC							

	40% vocht	63,35000*	6,13249	,000	45,9248	80,7752
20% vocht	0% vocht	-4,87000	6,13249	,931	-22,2952	12,5552
	10% vocht	-9,01000	6,13249	,587	-26,4352	8,4152
	30% vocht	43,97000*	6,13249	,000	26,5448	61,3952
	40% vocht	54,34000*	6,13249	,000	36,9148	71,7652
30% vocht	0% vocht	-48,84000*	6,13249	,000	-66,2652	-31,4148
	10% vocht	-52,98000*	6,13249	,000	-70,4052	-35,5548
	20% vocht	-43,97000*	6,13249	,000	-61,3952	-26,5448
	40% vocht	10,37000	6,13249	,450	-7,0552	27,7952
40% vocht	0% vocht	-59,21000*	6,13249	,000	-76,6352	-41,7848
	10% vocht	-63,35000*	6,13249	,000	-80,7752	-45,9248
	20% vocht	-54,34000*	6,13249	,000	-71,7652	-36,9148
	30% vocht	-10,37000	6,13249	,450	-27,7952	7,0552

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

Bijlage 12 NIRS t.o.v. MIR Tukey post hoc

Dependent Variable	(I) Vochtgehalte1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
MIR zavel pH	0% vocht zavel	1,22000*	,11397	,000	,8392	1,6008
	10% vocht zavel	-,03000	,11397	1,000	-,4108	,3508
	20% vocht zavel	,64000*	,11397	,000	,2592	1,0208
	30% vocht zavel	,98000*	,11397	,000	,5992	1,3608
	40% vocht zavel	,91000*	,11397	,000	,5292	1,2908
MIR Zand pH	0% vocht zand	,41000*	,11397	,023	,0292	,7908
	10% vocht zand	,13000	,11397	,992	-,2508	,5108
	20% vocht zand	,02000	,11397	1,000	-,3608	,4008
	30% vocht zand	-,36000	,11397	,082	-,7408	,0208
	40% vocht zand	-,02000	,11397	1,000	-,4008	,3608
MIR Zavel OS	0% vocht zavel	,52900	,24258	,567	-,2814	1,3394
	10% vocht zavel	,16900	,24258	1,000	-,6414	,9794
	20% vocht zavel	,38900	,24258	,904	-,4214	1,1994
	30% vocht zavel	1,01900*	,24258	,003	,2086	1,8294
	40% vocht zavel	1,05900*	,24258	,002	,2486	1,8694
MIR Zand OS	0% vocht zand	3,19900*	,24258	,000	2,3886	4,0094
	10% vocht zand	1,78900*	,24258	,000	,9786	2,5994
	20% vocht zand	2,30900*	,24258	,000	1,4986	3,1194
	30% vocht zand	2,61900*	,24258	,000	1,8086	3,4294
	40% vocht zand	2,55900*	,24258	,000	1,7486	3,3694
MIR Zavel CEC	0% vocht zavel	35,98000*	5,06722	,000	19,0508	52,9092
	10% vocht zavel	31,84000*	5,06722	,000	14,9108	48,7692
	20% vocht zavel	40,85000*	5,06722	,000	23,9208	57,7792
	30% vocht zavel	84,82000*	5,06722	,000	67,8908	101,7492
	40% vocht zavel	95,19000*	5,06722	,000	78,2608	112,1192
MIR Zand CEC	0% vocht zand	26,07000*	5,06722	,000	9,1408	42,9992
	10% vocht zand	11,79000	5,06722	,465	-5,1392	28,7192
	20% vocht zand	20,86000*	5,06722	,004	3,9308	37,7892
	30% vocht zand	16,92000	5,06722	,050	-,0092	33,8492
	40% vocht zand	23,56000*	5,06722	,001	6,6308	40,4892

Checklist Schriftelijk Rapporteren

Naam: _____

Klas: _____

Datum: _____

Titel verslag/rapport: _____

Nadat jij je verslag/rapport hebt gecontroleerd met behulp van deze checklist, voeg je deze toe als bijlage. Zonder de ingevulde checklist vindt er geen beoordeling plaats. De assessor controleert met deze checklist je rapport/verslag. De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn de zogenaamde '*killing points*'. Indien de assessor meer dan vijf '*killing points*' heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. Voor de herbeoordeling moet je ook de oude versie inleveren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen '*killing points*' toegestaan! AANVINKEN WAT NIET IN ORDE IS!

1. Het taalgebruik:

- ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden*
- Bij meer dan drie fouten per duizend woorden is het rapport/verslag afgekeurd!**
- ☐ Heeft een adequate interpunctie*
- ☐ Is afgestemd op de gekozen doelgroep (juiste stijl)*
- ☐ Laat een zakelijke en actieve schrijfstijl zien*
- ☐ Bevat geen persoonlijke voornaamwoorden*

2. Het rapport/verslag:

- ☐ Is ingebonden (hard copy)*
- ☐ Is vrij van plagiaat* (zie onderwijsexamenregeling)

3. De omslag:

- ☐ Bevat de titel
- ☐ Vermeldt de auteur(s)

4. De titelpagina/het titelblad:

- ☐ Heeft een specifieke titel*
- ☐ Vermeldt de auteur(s)*
- ☐ Vermeldt de plaats en de datum*
- ☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)*

5. Het voorwoord:

- ☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag
- ☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan)

6. De inhoudsopgave:

- ☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag*
- ☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n)
- ☐ Is overzichtelijk
- ☐ Heeft een correcte paginaverwijzing

7. De samenvatting:

- ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag
- ☐ Bevat conclusies
- ☐ Bevat geen persoonlijke mening
- ☐ Is gestructureerd
- ☐ Is zakelijk geschreven
- ☐ Staat direct na de inhoudsopgave

8. De inleiding (toelichting op intranet):

- ☐ Is hoofdstuk 1*
- ☐ Beschrijft het grotere kader en aanleiding
- ☐ Beschrijft inhoudelijke achtergrondinformatie*
- ☐ Formuleert het probleem/de onderzoeksvraag*
- ☐ Vermeldt het doel*
- ☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag*

9. Materiaal en methode:

- ☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Past bij de onderzoeksvraag/vragen*
- ☐ Beschrijft de variabelen/eenheden
- ☐ Beschrijft de methode van data-analyse

10. De (opmaak van de) kern:

- ☐ Bestaat uit genummerde hoofdstukken en (sub)paragrafen (maximaal drie niveaus)*
- ☐ Deze zijn verschillend in opmaak*
- ☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel
- ☐ Een hoofdstuk beslaat ten minste één pagina
- ☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina
- ☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken)
- ☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (onder de figuur)*
- ☐ De tabellen zijn (door) genummerd en hebben een passende titel (boven de tabel)*
- ☐ Tabellen en figuren zijn zelfstandig te begrijpen
- ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen*
- ☐ De tekst bevat verwijzing naar de desbetreffende bijlage(n)
- ☐ De tekst is ook zonder verwijzingen te begrijpen
- ☐ De pagina's zijn genummerd*

11. De discussie:

- ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur
- ☐ Geeft de valide argumentatie weer
- ☐ Evalueert de gebruikte onderzoeksmethode
- ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen (zie toelichting op intranet)

12. De conclusies en aanbevelingen:

- ☐ De conclusies zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ De aanbevelingen zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ Bevatten geen nieuwe informatie*

13. De bronvermelding:

- ☐ In de tekst is conform de geldende APA-normen* (zie intranet Mediatheek)

14. De literatuurlijst:

- ☐ Is opgesteld conform de geldende APA-normen* (zie intranet Mediatheek)

15. De bijlagen:

- ☐ Zijn genummerd
- ☐ Zijn voorzien van een passende titel
- ☐ Bevatten geen eigen analyse