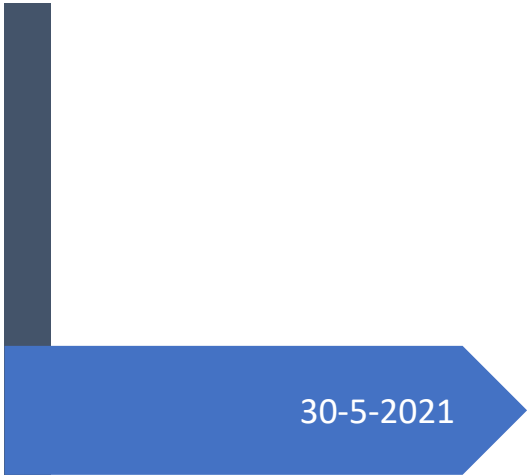
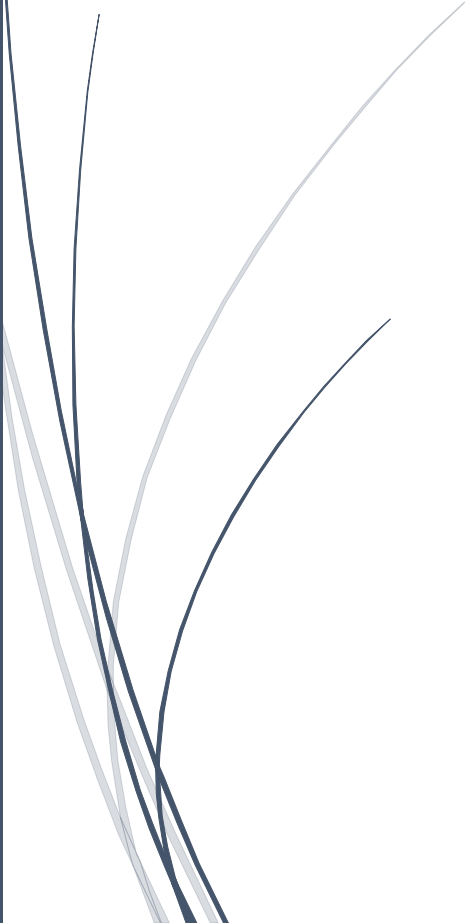


A dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow points to the right from this bar, containing the date.

30-5-2021

NIR-sensoren in de voertehniek

Afstudeerwerkstuk

Several thin, curved lines in dark blue and light grey originate from the bottom left and sweep upwards and to the right.

Sido Hoppinga

AERES HOGESCHOOL DRONTEN

Afstudeerwerkstuk

NIR-sensoren in de voertechneik

Gegevens auteur:

Naam: Sido Hoppinga
Adres: Buorren 4
9038 TE Ingelum
Telefoon: +31 6 39897773
E-mail: 3023215@aeres.nl
Studentnummer: 3023215
Opleiding: Agrotechniek en Management
Major: Bedrijfskunde en Agribusiness
Plaats en datum: Ingelum, 31 mei 2021

Gegevens afstudeerbegeleider:

Naam: Dhr. P. van Honk
E-Mail: p.van.honk@aeres.nl

Gegevens opdrachtgever:

Naam: Aeres Hogeschool Dronten
Adres: De Drieslag 4
8251 JZ Dronten

Voorwoord

Dit afstudeerwerkstuk is onderdeel van het afstuderen voor de opleiding Agrotechniek & management aan de Aeres Hogeschool Dronten.

Tijdens mijn stage ben ik in aanraking gekomen met de NIR-techniek in de precisielandbouw gericht op de mestverwerking. Via deze weg ben ik in contact gekomen met een bedrijf dat zich specialiseert in het gebruik van de NIR-sensor in ruwvoerproductie en -verwerking.

Ik wil graag de personen bedanken die informatie hebben bijgedragen aan het onderzoek. In het bijzonder wil ik dhr. P van Honk van Aeres Hogeschool Dronten bedanken voor het ondersteunen en begeleiden tijdens het afstudeeronderzoek en E. Dahl voor het ondersteunen bij het onderzoek. Daarnaast wil ik dhr. D van der Stelt bedanken voor het op weg helpen met mijn vooronderzoek en mevr. M. Dirksen voor het ondersteunen bij het vinden van een afstudeerbegeleider.

Ingelum (Frl.), mei 2021

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
Summary	5
Hoofdstuk 1 Inleiding.....	6
1.1 Melkveehouderij in Nederland.....	6
1.2 Precisielandbouw in de veehouderij	7
1.3 Ruwvoer.....	8
1.4 Voertechniek	8
1.5 Leeswijzer	10
Hoofdstuk 2 Materiaal en methode	11
2.1 Het onderzoek	11
2.2 Analyseren van de meetgegevens.....	11
2.2.1 Deelvraag 1: <i>Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van drogestof (DS) overeen?</i>	12
2.2.2 Deelvraag 2: <i>Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van het eiwitgehalte overeen?</i>	12
2.2.3 Deelvraag 3: <i>Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van NDF overeen?</i>	12
2.2.4 Hoofdvraag: <i>Zijn de gemeten waarden van een NIR-sensor in ruwvoer net zo betrouwbaar als waarden uit een laboratorium?</i>	12
2.3 Planning	13
Hoofdstuk 3 Resultaten	14
3.1 Onderzoeksresultaten	14
3.2 Drogestof.....	15
3.3 Ruw Eiwit	16
3.4 NDF	17
Hoofdstuk 4 Discussie	18
Hoofdstuk 5 Conclusie en aanbeveling.....	20
5.1 Conclusies	20
5.1.1 Conclusie deelvraag 1.....	20
5.1.2 Conclusie deelvraag 2.....	20
5.1.3 Conclusie deelvraag 3.....	20
5.1.4 Conclusie hoofdvraag.....	21
5.2 Aanbevelingen	21
Bibliografie	22
Bijlagen.....	24
Bijlage 1	24
Bijlage 2	25
Bijlage 3	26

Samenvatting

Het (ruw)voer is één van de belangrijkste onderdelen, en daardoor de motor, van het melkveebedrijf. Goed voeren is de basis voor een gezonde veestapel en hoge melkproductie. Door direct inzicht te krijgen in de voederwaarden van het ruwvoer kan hierop worden gestuurd en kunnen de kosten worden beheerst wat uiteindelijk direct betrekking heeft op het bedrijfsresultaat. Om deze voederwaarden direct inzichtelijk te krijgen kan er een NIR-sensor worden gebruikt. In dit onderzoek is er gekeken of de uitkomsten van de NIR-sensor overeenkomen met de uitkomsten uit het laboratorium. Daarom is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

Zijn de gemeten waarden van een NIR-sensor in ruwvoer net zo betrouwbaar als waarden uit een laboratorium?

Dit onderzoek is in samenwerking met het Deense bedrijf Föderteknik uitgevoerd. Dit onderzoek is hierdoor in Denemarken uitgevoerd, ook omdat de NIR-sensor beschikt over Deense ijklijnen. Hiervoor is bij een groot melkveebedrijf op het Deense eiland Noord-Jutland een voermengwagen uitgerust met een NIR-sensor. Gedurende 7 dagen zijn tijdens het vullen van de voermengwagen metingen verricht met de NIR-sensor en monsters van het ruwvoer genomen voor onderzoek in het laboratorium. Voor dit onderzoek is er gericht op drie belangrijkste nutriënten in het ruwvoer, namelijk: drogestof, ruw eiwit en NDF en is er vooraf gesteld dat de waarden uit de NIR-sensor niet meer dan 5% af mogen wijken van de waarden uit het laboratorium. De gemiddelde waarde voor drogestof uit de NIR-sensor is 31.854 en uit het laboratorium 29.183 (p-waarde: <0.001). Voor ruw eiwit komt het gemiddelde van de NIR-sensor op 2.190 en uit het laboratorium 2.019 (p-waarde: <0.012). De gemiddelde waarde voor NDF komt op 12.221 van de NIR-sensor en 11.089 uit het laboratorium (p-waarde: <0.012). Dit komt er op neer dat de NIR-sensor 9.1% meer drogestof aangeeft dan het laboratorium. Bij het ruw-eiwit geeft de NIR-sensor 8.5% meer aan dan het laboratorium en ook bij het NDF geeft de NIR-sensor 10.2% meer aan dan het laboratorium. Hieruit is geconcludeerd dat de NIR-sensor nog niet geschikt is als volledige vervanger van de laboratoriumanalyse voor het ruwvoer, maar voorlopig enkel als richtlijn. Als vervolg op dit onderzoek specifiek gericht op Nederlandse omstandigheden zal moeten worden gewacht op Nederlandse ijklijnen voor de NIR-sensor. Daarnaast zullen bij een vervolgonderzoek de ruwvoermoesters door meerdere laboratoria onderzocht moeten worden om eventuele afwijkingen te kunnen controleren.

Summary

Forage is one of the most important components of dairy farming. Good forage is the basis for a healthy herd and high milk production. By gaining direct insight into the feed values of the roughage, the roughage can be managed, and costs can be controlled, which ultimately has a direct impact on the operating result. To gain direct insight into the feed values, an NIR-sensor can be used. In this study, examines whether the results of the NIR sensor correspond to the results from the laboratory. Therefore, the following main question was formulated:

Are the measured values of an NIR sensor in forage as reliable as values from a laboratory?

This research has been done in cooperation with the Danish company Föderteknik. The NIR sensor used Danish calibration lines and this research was therefore carried out in Denmark. A feed mixing truck was equipped with an NIR sensor at a large dairy farm on the Danish Island of North Jutland. For 7 days, measurements with the NIR sensor were carried out while filling the mixer wagon and samples of the roughage were taken for analysis in the laboratory. For this study, the three most important nutrients in the roughage, namely dry matter, crude protein and NDF, were focused on, and it was stated beforehand that the values from the NIR sensor should not deviate more than 5% from the values from the laboratory. The average value for dry matter from the NIR sensor is 31.854 and from the laboratory 29.183 (p-value: <0.001). For crude protein, the mean value from the NIR sensor is 2.190 and from the laboratory 2.019 (p-value: <0.012). The mean value for NDF is 12.221 from the NIR sensor and 11.089 from the laboratory (p-value: <0.012). This means that the NIR sensor indicates 9.1% more dry matter than the laboratory. For the crude protein, the NIR sensor indicates 8.5% more than the laboratory and for the NDF the NIR sensor indicates 10.2% more than the laboratory. It is concluded that the NIR sensor is not yet suitable as a complete replacement of the laboratory analysis for roughage, but for the time being should only be used as a guideline. As a follow-up to this study specifically aimed at Dutch conditions, Dutch calibration lines for the NIR sensor will first have to be developed by the manufacturer. In addition, in a follow-up study, the roughage samples will have to be examined by several laboratories to analyse inter-observer variability.

Hoofdstuk 1 Inleiding

Dit onderzoek is uitgevoerd als vervolg op de afstudeerstage bij Mechanisatiebedrijf RosierGreidanus. Hier wordt veel gekeken naar de toekomst en welke systemen en technieken in de precisielandbouw gericht op de veehouderij mogelijk interessant zijn en gebruikt kunnen gaan worden.

Binnen de stage is de auteur in aanraking gekomen met de Near-InfraRed (NIR)-techniek met name gericht op het gebruik in de mestverwerking. Door ook te kijken naar de andere mogelijkheden waar de NIR-sensor binnen de landbouw voor kan worden gebruikt is er terecht gekomen bij het ruwvoer in de melkveehouderij, hierbij kan de NIR-sensor op de voermengwagen worden gemonteerd om de voederwaarden in het ruwvoer meten.

1.1 Melkveehouderij in Nederland

Het (ruw)voer is één van de belangrijkste onderdelen, en daardoor de motor, van het melkveebedrijf. Goed voeren is de basis voor een gezonde veestapel. Door het voer goed te managen kunnen de kosten worden beheerst en de grondstoffen efficiënt worden ingezet wat uiteindelijk direct betrekking heeft op het bedrijfsresultaat. Mede door de huidige strenge regelgeving is het voor de veehouderij interessant en noodzakelijk om zoveel mogelijk en kwalitatief goed ruwvoer van eigen land te halen, zodat er minder krachtvoer hoeft te worden aangekocht. Dit komt onder andere door het afschaffen van het melkquotum in 2015. Doordat het melkquotum, het recht om een bepaalde hoeveelheid koemelk te produceren, op 1 april 2015 is afgeschaft konden melkveehouders meer melk gaan produceren. Hierop hebben veel melkveehouders geïnvesteerd in grote nieuwe stallen voor meer huisvesting (Rienks et al., 2003). Dit omdat grotere melkveebedrijven efficiënter kunnen produceren, in de zin van meer omzet per eenheid input, hierdoor kunnen er betere economische resultaten worden behaald dan kleinere melkveebedrijven (Agrimatie, 2018). Doordat veel melkveebedrijven uitgebreid hebben is de melkproductie binnen twee jaar in Nederland met 14,84% gestegen (Van Zessen, 2017).

Het quotumloos melken heeft echter niet lang geduurd, doordat in juli 2015 het fosfaatrechtenstelsel werd aangekondigd en in 2018 werd ingevoerd (Rijksoverheid, z.d.). Op basis van Europese afspraken heeft Nederland een fosfaatplafond. Het fosfaatrechtenstelsel moet voorkomen dat het fosfaatplafond niet wordt overschreden en er niet meer fosfaat wordt geproduceerd dan wettelijk is toegestaan (Blokland et al., 2015). Doordat de melkveehouderij sterk is gegroeid na het afschaffen van het melkquotum is het productieplafond overschreden en is het fosfaatrechtenstelsel ingevoerd. Melkveebedrijven hebben een bepaalde hoeveelheid fosfaatrechten gekregen voor het aantal melkkoeien dat gemolken werd op peildatum 2 juli 2015. De rechten worden uitgedrukt in kilogrammen fosfaat, 1 recht is 1 kilo fosfaat, en zijn gebaseerd op de hoeveelheid mest dat door melkvee wordt geproduceerd (RVO, z.d.).

Naast de afschaffing van het melkquotum en de invoering van het fosfaatrechtenstelsel speelt de toekomstvisie van onder andere de Commissie Grondgebondenheid mee. De Commissie Grondgebondenheid is eind september 2017 ingesteld door de LTO vakgroep Melkveehouderij en de Nederlandse Zuivel Organisatie (NZO) om met een voorstel te komen over de invulling van de grondgebondenheid voor de melkveehouderij. Hierdoor wil de Commissie Grondgebondenheid dat de melkveehouderij in 2025 minimaal 65% van de eiwitbehoefte van eigen grond haalt. Hierdoor worden de melkveebedrijven meer zelfvoorzienend en zijn minder afhankelijk van andere grondstoffen en hebben hierdoor een betere kringloop binnen het eigen bedrijf (Commissie Grondgebondenheid, 2018).

In de huidige manier van voeren wordt het rantsoen mede bepaald door de voeradviseur, de voeradviseur bepaald daarbij het aantal kilo product en gaat hierbij uit van de voerderwaarden die voortkomen uit metingen(kuilmonsters) door laboratoriumanalyses. Door de variatie binnen de kuil zijn de kuilmonsters slechts een indicatie. Om preciezer te kunnen voeren heeft de veehouder behoefte aan meetapparatuur die direct de voerderwaarden in het ruwvoer kunnen meten. Uit een enquête onder 500 melkveehouders in 2005 is gebleken dat melkveehouders behoefte hebben aan een snelle meetmethode voor het bepalen van de samenstelling en voedingswaarde van kuil (Stienezen et al., 2005). Door het steeds belangrijker worden van precies voeren wat nodig is worden er verschillende technieken ontwikkeld die daarbij helpen. Hierdoor wordt er in dit onderzoek gekeken naar het gebruik van een NIR-sensor die de voerderwaarden in het (kuil)voer meet.

1.2 Precisielandbouw in de veehouderij

Wanneer er wordt gekeken naar de term precisielandbouw komt er naar voren dat er bij de teelt in de tuin- en akkerbouw meer gebruik wordt gemaakt van precisielandbouwtechnieken dan in vergelijking met de ruwvoerteelt in de veehouderij(Hoving et al., 2015). Echter wordt er in de veehouderij al langer gebruik gemaakt van precisielandbouwtechnieken in de stal, dit wordt 'Smart Livestock Management', 'Smart Farming', of 'Precision Livestock Farming' genoemd. Hierbij valt te denken aan onder andere het vroegtijdig signaleren van gezondheidsproblemen, het meten van dierenwelzijn, het vaststellen van specifieke voerbehoeften en het bepalen van het juiste moment voor bevruchting. Hiervoor bestaan al diverse sensorsystemen die worden toegepast op het melkveebedrijf om de productie, gezondheid en de reproductie van de veestapel inzichtelijk te maken (Lokhorst, z.d.). Mede door de opkomst van de melkrobot in begin jaren '90 kunnen gezondheidsproblemen en melkproductie per individuele koe beter in kaart worden gebracht(WUR, 2012), door deze technieken kan de melkveehouder sneller ingrijpen bij problemen en beter sturen op bijvoorbeeld voeding. Melkveehouders met een melkrobot maken veelal ook gebruik van positiebepaling in de stal. Met positiebepaling kunnen koeien individueel worden opgespoord in de stal. Er zijn verschillende systemen voor de positiebepaling, in de praktijk wordt het systeem vooral gebruikt om koeien te vinden in de stal die bijvoorbeeld te lang wegblijven bij de melkrobot. Daarnaast kunnen de positiesensoren worden gebruikt voor het detecteren van drachtige koeien aan de hand van de bewegingen door de stal (Lokhorst, z.d.).

Naast alle 'Smart Farming' technieken die in de stal worden toegepast wordt er steeds meer precisielandbouw toegepast op het land door de melkveehouder. Ook de melkveehouders gaan steeds meer gebruik maken van GPS-technieken op tractoren en machines, terwijl 65% van de akkerbouwers deze systemen al gebruikt. Dit komt doordat de akkerbouwer haar geld moet verdienen met de gewassen die zij van het land halen en melkveehouders zich richten op hun koeien, doordat melk hun inkomstenbron is (Feenstra, 2018). Melkveehouders beginnen steeds meer het belang van precisielandbouwtechnieken in te zien bij de productie van gras. Er wordt meer gebruik gemaakt van opbrengstmetingen die worden gedaan tijdens het oogsten, de data die uit deze opbrengstmetingen voortkomt kan de melkveehouder weer gebruiken bij het uitrijden van mest of het strooien van kunstmest. Voor opbrengstmetingen in gras wordt vaak gebruik gemaakt van een weegsysteem op de ladewagen en voor hakselaars wordt dit bepaald aan de hand van de ruimte tussen de invoerrollen, daarnaast kunnen hakselaars worden uitgerust met een Near-InfraRed-Sensoren (NIRS) voor drogestofbepaling. De opbrengstmetingen op oogstmachines worden nog niet optimaal ingezet doordat de betrouwbaarheid niet volledig is, ten opzichte van de weegbrug en de investeringskosten hoog zijn.(Feenstra, z.d.).

1.3 Ruwvoer

Goede kwaliteit ruwvoer is de basis van elk rantsoen en zorgt voor een goede voeding voor de koe en voor een hoge melkproductie. Het ruwvoer in de veehouderij bestaat voornamelijk uit gras en snijmais wat door de melkveehouder zelf wordt geteeld en opgeslagen (van Duinkerken et al., 2007). Het geoogste gras/mais wordt opgeslagen in een zogenoemde sleufsilos waar het conserveert tot kuil. Om het melkvee van voldoende voedingsstoffen te voorzien wordt er krachtvoer bij het ruwvoer in het rantsoen toegevoegd, hierbij zal door de melkveehouder en de voeradviseur een goede ruwvoer-/krachtvoerverhouding moeten worden gezocht. Hierdoor is het belangrijk de kwaliteit van de ruwvoerkuil te kennen. Uit analyseresultaten van de afgelopen jaren is gebleken dat er grote verschillen in voederwaarde zit, dit heeft te maken met de verschillende en korte tijdsperiodes. Vaak wordt er één analyse per kuil uitgevoerd waardoor er een gemiddelde voederwaarde per kuil ontstaat.

De belangrijkste voederwaarden in de kuil zijn: drogestof (DS), voedereenheid melk (VEM) en darmverteerbaar eiwit (DVE). Wanneer de voederwaarde, zoals VEM, lager uitpakt dan het gemiddelde, zal de gewenste melkproductie niet worden gehaald. Om de gewenste melkproductie toch te kunnen halen wordt er bijgestuurd met krachtvoer. Wanneer de voederwaarde in de kuil hoger uitvalt dan het gemiddelde wordt er dus meer geld uit het eigen ruwvoer gehaald. Dit lijkt positief alleen krijgt het melkvee meer krachtvoer dan werkelijk nodig is, hier had er aanzienlijk op kunnen worden bespaard (Remmelink G et al., 2019).

De betere benutting van het eigen ruwvoer kan leiden tot een goede (ruw)voerefficiëntie.

(Ruw)voerefficiëntie is een kengetal dat aangeeft hoeveel kg meetmelk er kan worden gemaakt van één kg drogestof (ruw)voer (DMS, 2018).

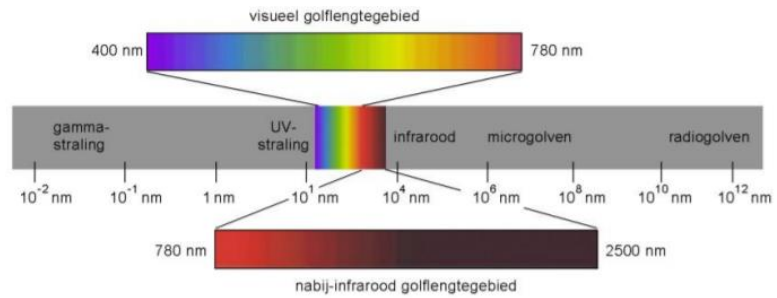
1.4 Voertechniek

Bij het voeren van ruw- en krachtvoer heeft de veehouder veel keuze tussen verschillende technieken en systemen. De laatste decennia is het gemengd voeren een stuk populairder geworden. De meest toegepaste techniek is het voeren met een zogenaamde voermengwagen. Een overzicht uit 2005 laat zien dat 26% van de melkveebedrijven gebruik maakt van een voermengwagen (Hollander et al., 2005), door de schaalvergroting van de melkveehouderij en het gemengd voeren mag worden aangenomen dat het percentage melkveebedrijven dat een voermengwagen gebruikt aanzienlijk hoger ligt.

Om het ruwvoer en krachtvoer zo goed mogelijk te benutten wordt er hedendaags vaak een voermengwagen gebruikt. De meeste voermengwagens zijn voorzien van een weegsysteem. Dit weegsysteem is veelal gemonteerd op de voermengwagen, maar kan daarnaast ook gemonteerd zijn op de voorlader. Voor een weegsysteem zijn er diverse systemen verkrijgbaar, van een simpel systeem dat alleen het totaalgewicht van het product aangeeft tot systemen waarin de gebruiker diverse rantsoenen, componenten en diergroepen in kan stellen. Met dit systeem kunnen de verschillende ingrediënten in het rantsoen exact worden afgewogen, zodat er precies op gewicht kan worden gevoerd aan wat er in het rantsoen is opgesteld (Trioliet, 2017). Echter zijn de voederwaarden in een ruwvoerkuil nooit gelijk en zullen variëren. Om zo exact mogelijk te kunnen voeren kan het weegsysteem worden uitgebreid met een NIR-sensor. De NIR-sensor meet de gehalten van diverse voederwaarden in de ruwvoerkuil, hierdoor kan er worden gestuurd op hoeveelheid voederwaarde in plaats van het totaalgewicht (Dinamica Generale, 2020).

Een NIR-sensor (Near Infrared Reflectance spectroscopy) is een sensor die gebruik maakt van een lichtbron. Deze lichtbron is voor de mens niet zichtbaar doordat deze gebruik maakt van het spectrum in het nabij-infrarood, dit betreft de golflengte van 780 tot 2500 nanometer. Zichtbaar licht voor de mens gaat ongeveer van 400 tot 780 nanometer. De diverse golflengten zijn weergegeven in figuur 1. De infrarode lichtbron wordt gericht op het product, het product weerkaatst een gedeelte

van deze lichtbundel. De lichtweerskaatsingen worden opgevangen door een detector die hieruit de samenstelling van het product kan herleiden. Om de samenstelling te herleiden naar de betreffende stoffen en/of gehalten worden er zogenoemde ijklijnen of kalibraties gebruikt. Deze ijklijnen zijn een referentiekader waar de



Figuur 1 Golflengte NIR (Zedde et al., 2014)

gehalten op worden gebaseerd, in feite een database. Voor elk product zijn passende ijklijnen nodig om tot een nauwkeurig en betrouwbaar resultaat te komen (Koerhuis, 2019). Deze ijklijnen bestaan uit eerder gemaakte laboratoriumuitslagen en zijn regio afhankelijk, doordat regio's/landen verschillende grondsoorten en weertype hebben die invloed hebben op het product. De hoeveelheid ijklijnen dat beschikbaar is voor de NIR-sensor is van belang voor de nauwkeurigheid van de gemeten waarden.

De NIR-sensor maakt de laatste jaren langzaam zijn opkomst in de landbouw. De NIR-sensor heeft als grote voordeel dat metingen zeer snel verricht kunnen worden, er geringe monstervoorbereidingen nodig zijn en er schoon gewerkt kan worden (Chen et al., 2013). De NIR-sensor binnen de landbouw wordt voornamelijk ingezet in de mestverwerking. Door de eerder genoemde strengere regelgeving moet er efficiënt worden omgegaan met de beschikbare mineralen, hierdoor is het belangrijk dat de beperkte hoeveelheid beschikbare mineralen op de juiste plaats komen waar het nodig is (Oenema & Rietra, 2017). Om de mineralen nauwkeurig toe te kunnen dienen is het van belang de samenstelling van de mest te weten, dit is mogelijk door het toepassen van de NIR-sensor. De mineralen die worden gemeten zijn: stikstof, fosfaat en kali. Voor NIR-sensoren gericht op de mestverwerking zijn er een aantal fabrikanten/leveranciers, een aantal hiervan die met deze techniek voorop lopen zijn John Deere, Veenhuis en Zunhammer, zij hebben allen een eigen NIR-systeem op de markt gebracht. Daarnaast er zijn diverse merken die NIR-sensoren inkopen bij fabrikanten van NIR-sensoren (Blomsma, 2016). Eén van de fabrikanten van NIR-sensoren is Dinamica Generale.

Het Italiaanse bedrijf Dinamica Generale is koploper in de NIR-techniek in de landbouw, Dinamica Generale produceert en verkoopt NIR-sensoren voor diverse doeleinden in de landbouw waaronder ruwvoer. De NIR-sensoren zijn te verkrijgen als handscanner of mobiellaboratorium als een vast NIR-sensor die gemonteerd kan worden op de voer(meng)wagen. Doordat de NIR-sensoren van Dinamica Generale afkomstig zijn uit Italië, zijn ook de ijklijnen afkomstig uit Italië. Dinamica Generale werkt samen met een bedrijf uit Denemarken, Föderteknik, waardoor er ook Deense ijklijnen zijn te verkrijgen. Daarnaast is Dinamica Generale, samen met Föderteknik, een samenwerking gestart met Agrifirm, zodat er in de toekomst ook Nederlandse ijklijnen beschikbaar zullen komen. Föderteknik is hierbij projectleider in Noord- en West-Europa. Voor nu wordt er voor Nederland gebruik gemaakt van Deense ijklijnen die sterk overeenkomen met Nederlandse waarden (Dahl, 2019). Het gebruik van Deense ijklijnen kan van invloed zijn op het onderzoek, doordat de waarden uit de NIR-sensor een grotere afwijking hebben ten opzichte van de waarden uit een Nederlands laboratorium.

De NIR-sensor met bijbehorende ijklijnen voor (ruw)voer van Dinamica Generale kan diverse nutriënten in het voer meten. De belangrijkste nutriënten die kunnen worden gemeten zijn (Dinamica Generale, 2020):

- Drogestof
- Eiwit
- NDF (Neutral Detergent Fibre)
- ADF (Acid Detergent Fibre)
- Ruwe as
- Vet
- Zetmeel

De vraag waar momenteel tegenaan wordt gelopen bij het gebruik van een NIR-sensor, zowel in de mestverwerking als het gebruik in ruwvoer, is of de waarden uit de NIR-sensor overeenkomen met de waarden uit het laboratorium, oftewel kort gezegd: Hoe betrouwbaar is de NIR-sensor voor landbouwkundig gebruik.

Hierdoor wordt een onderzoek opgesteld om diverse waarden uit de NIR-sensor te vergelijken met de waarden die uit de analyse van het laboratorium komen. Dit geeft als hoofdvraag:

Zijn de gemeten waarden van een NIR-sensor in ruwvoer net zo betrouwbaar als waarden uit een laboratorium?

De waarden die zullen worden onderzocht zijn de belangrijkste waarden in het ruwvoer, dat betreffen: Drogestof, eiwitgehalte en NDF. Dit geeft als deelvragen:

1. *Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van drogestof (DS) overeen?*
2. *Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van het eiwitgehalte overeen?*
3. *Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van NDF overeen?*

1.5 Leeswijzer

Het eerste hoofdstuk is een inleiding gericht op de melkveehouderij in Nederland. In dit hoofdstuk wordt er besproken hoe precisielandbouwtechnieken, met name de NIR-sensor, de melkveehouder kan helpen tijdens het voeren. In het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 2, wordt het materiaal en methode besproken. Hierin zal worden toegelicht hoe het onderzoek zal worden uitgevoerd en hoe de gegevens zullen worden geanalyseerd. In hoofdstuk 3 zal de planning voor het onderzoek worden toegelicht.

Hoofdstuk 2 Materiaal en methode

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek beschreven. Hierin wordt onder andere het materiaal dat gebruikt is en de methode waarop de verkregen data is geanalyseerd toegelicht.

2.1 Het onderzoek

Om de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is er een kwantitatief onderzoek gedaan. Dit onderzoek heeft plaats gevonden in Denemarken. Doordat er in Nederland nog geen NIR-systemen zijn verkocht en er in Denemarken testen worden gedaan met deze NIR-systemen. Voor het uitvoeren van de metingen is er samengewerkt met het Deense bedrijf Föderteknik.

De metingen voor het onderzoek zijn uitgevoerd op een melkveehouderij op het Deense eiland Noord-Jutland, in de omgeving van Aalborg. Dit melkveebedrijf melkt momenteel rond de 600 koeien. Om de data te kunnen verzamelen is de zelfrijdende voermengwagen van de (melk)veehouder uitgerust met een NIR-sensor.

De melkveehouder voert eenmaal per dag en doet dit in de ochtend. Per dag is er één meting verricht. Voor het verkrijgen van zoveel mogelijk data is er zeven dagen achtereen een meting uitgevoerd. De metingen zijn op voorhand gecontroleerd op volledigheid, metingen die niet volledig waren zijn niet meegenomen in het onderzoek. De metingen zijn als volledig wanneer de sensor alle waarden heeft kunnen meten en geen foutmelding heeft aangegeven.

De data is verzameld tijdens het vullen van de voermengwagen. De NIR-sensor is geplaatst op de kuip van de voermengwagen, zodat de waarden van de nutriënten van het ruwvoer in de mengwagen direct inzichtelijk worden tijdens het mengen. De NIR-sensor meet diverse nutriënten, namelijk: Drogestof, ruw eiwit, zetmeel, NDF en ruwe as. Na het vullen van de voermengwagen stuurt de NIR-sensor de gemeten data automatisch en draadloos naar de computer via een internetverbinding. Per geladen voermengwagen is er een monster van het geladen ruwvoer genomen dat in het laboratorium onderzocht is.

De data afkomstig van de NIR-sensor en de waarden uit de analyse van het laboratorium zijn overzichtelijk verwerkt in tabellen. Daarnaast zijn de geanalyseerde gegevens voor het beantwoorden van de deelvragen inzichtelijk gemaakt in diverse tabellen. Voor het beantwoorden van de hoofdvraag is gesteld dat de waarden afkomstig van de NIR-sensor 5% op basis van het betrouwbaarheidsinterval mogen afwijken van de waarden afkomstig van het laboratorium.

2.2 Analyseren van de meetgegevens

Voor het bepalen of er een significant verschil is van de waarden van nutriënten in het ruwvoer tussen de NIR-sensor en het laboratorium is er gebruik gemaakt van statistiek. Doordat twee groepen, in dit geval de NIR-sensor en het laboratorium, afhankelijk zijn van dezelfde meting is er voor alle deelvragen gebruik gemaakt van de afhankelijke T-toets.

De afhankelijke T-toets is gebruikt met behulp van de computerprogramma JASP. JASP is een open-source softwareprogramma voor statistische analyses ontwikkeld voor de Universiteit van Amsterdam.

Voor het beantwoorden van de deelvragen is dezelfde methode gebruikt, alleen zal de methode op verschillende meetgegevens toegepast.

2.2.1 Deelvraag 1: *Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van drogestof (DS) overeen?*

Voor deelvraag 1 is er getoetst met de afhankelijke T-toets of er een significant verschil is in de waarden van het drogestof tussen de NIR-sensor en het laboratorium. De toets is uitgevoerd op het gemiddelde van alle metingen die per dag zijn uitgevoerd. Hierbij is de hoeveelheid kuilvoer de onafhankelijke variabele en de hoeveelheid drogestof de afhankelijke variabele.

2.2.2 Deelvraag 2: *Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van het eiwitgehalte overeen?*

Voor deelvraag 2 is er getoetst met de afhankelijke T-toets of er een significant verschil is in de waarden van het eiwitgehalte tussen de NIR-sensor en het laboratorium. De toets is uitgevoerd op het gemiddelde van alle metingen die per dag zijn uitgevoerd. Hierbij is de hoeveelheid kuilvoer de onafhankelijke variabele en het eiwitgehalte de afhankelijke variabele.

2.2.3 Deelvraag 3: *Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van NDF overeen?*

Voor deelvraag 3 is er getoetst met de afhankelijke T-toets of er een significant verschil is in de waarden van het NDF tussen de NIR-sensor en het laboratorium. De toets is uitgevoerd op het gemiddelde van alle metingen die per dag zijn uitgevoerd. Hierbij is de hoeveelheid kuilvoer de onafhankelijke variabele en de hoeveelheid NDF de afhankelijke variabele.

2.2.4 Hoofdvraag: *Zijn de gemeten waarden van een NIR-sensor in ruwvoer net zo betrouwbaar als waarden uit een laboratorium?*

Voor het aannemen of verwerpen van de hoofdvraag dienen eerst de deelvragen aangenomen of verworpen worden. Voor het aannemen van de hoofdvraag dienen alle drie de deelvragen aangenomen te zijn, om ervan uit te mogen gaan dat de NIR-sensor even betrouwbaar is als het laboratorium. Wanneer één of meer deelvragen verworpen zijn, kan ook de hoofdvraag worden verworpen.

De deelvragen zijn verworpen wanneer de afwijking tussen de waarden afkomstig uit de NIR-sensor 5% of meer afwijken van de waarden afkomstig uit het laboratorium.

2.3 Planning

In tabel 1 is de planning voor het onderzoek weergegeven. Binnen de planning is er rekening gehouden met de beschikbare tijd en zijn de activiteiten zo efficiënt mogelijk verdeeld. Hierbij is er rekening gehouden met de beschikbaarheid van eventueel benodigde materialen of personele inzet.

Voor het gebruik van materiaal en/of personele inzet zijn kosten aan verbonden. Door mee te werken in een al lopend onderzoek zijn de kosten beperkt gebleven.

Tabel 1 Planning

Planning afstudeerwerkstuk			
Week	Vooronderzoek	Onderzoek	
44	Hoofdstuk 1, Inleiding		
46	Hoofdstuk 2, Materiaal en methode		
48	Hoofdstuk 3, Planning en feedback verwerken H2		
49			
50	Inleveren vooronderzoek		Starten onderzoek
51/52			Verkregen data analyseren en starten hoofdstuk 4, Resultaten
53/1			Kerst/jaarwisseling
2 t/m 5			Hoofdstuk 4, resultaten en starten met hoofdstuk 5+6, Discussie en conclusie
5 t/m 10			Hoofdstuk 5+6, Discussie en conclusie
10/11			Afronding verslag
12/13		Uitloop	
14		Afstudeerwerkstuk inleveren	

Binnen de planning zijn de feedbackmomenten voor het onderzoek meegenomen, hier is er rekening gehouden met de beschikbaarheid van de afstudeerdocent. In de planning zijn er diverse feedbackmomenten ingepland, mocht er één feedbackmoment wegvallen dan komt de planning niet in het geding.

Hoofdstuk 3 Resultaten

In dit hoofdstuk zullen de resultaten van het onderzoek worden beschreven. De resultaten zullen door middel van figuren per deelvraag worden beschreven.

3.1 Onderzoeksresultaten

In tabel 2 en 3 zijn de onderzoeksresultaten weergegeven. In tabel 2 staan de metingen weergegeven van de analyses van het laboratorium, daaronder in tabel 3 zijn de metingen van de NIR-sensor weergegeven. De metingen zijn uitgevoerd in week 50 in 2020, de eerste meting is uitgevoerd op maandag 7 september 2020 en de laatste meting op zondag 13 september 2020. Op deze dagen is er één meting uitgevoerd in de ochtend. Tijdens het vullen van de voermengwagen heeft de NIR-sensor diverse waarden gemeten, deze metingen zijn via internet verzonden naar de computer waarna de metingen in een Excel-bestand zijn geplaatst. Tijdens het vullen is er ook een monster van het ruwvoer genomen voor de analyse in het laboratorium. De metingen zijn gebaseerd op basis van het gewicht van het product in % per kilogram. Onderaan beide tabellen zijn de gemiddelden weergegeven van de verschillende nutriënten over alle metingen.

Tabel 2 Laboratorium resultaten

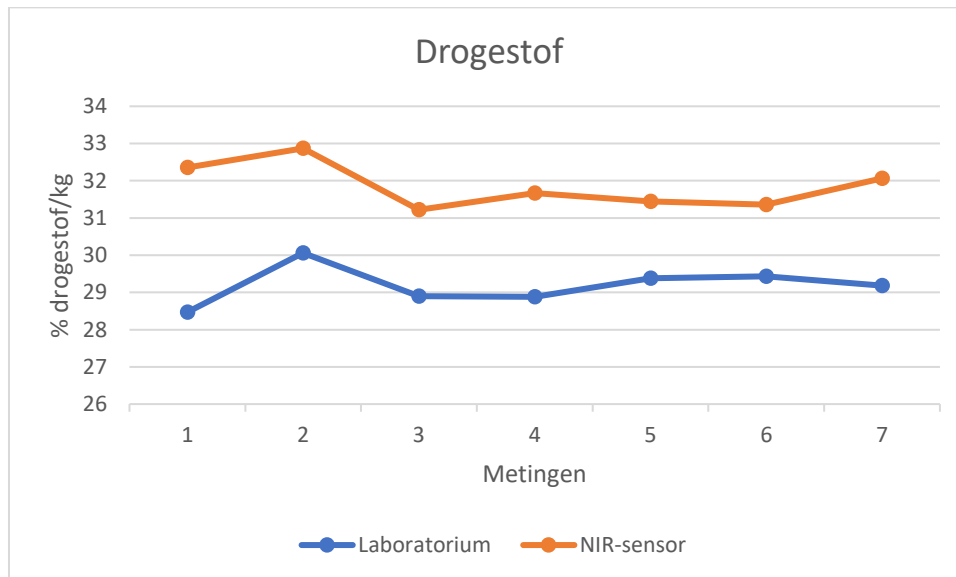
ID	Lab Resultaten				
	Gewichts Basis				
	DS	Zetmeel	Ruw eiwit	NDF	As
1	28.47	7.51	1.97	10.84	0.97
2	30.06	8.16	2.02	11.65	0.95
3	28.90	7.90	2.11	10.46	0.93
4	28.88	8.07	2.04	11.10	0.94
5	29.38	8.37	1.94	11.70	0.94
6	29.43	8.23	2.02	10.87	0.87
7	29.18	7.86	2.03	11.00	0.94
Gemiddelde	29.19	8.01	2.02	11.09	0.93

Tabel 3 NIR-sensor resultaten

ID	Nir-sensor resultaten				
	Gewichts Basis				
	DS	Zetmeel	Ruw eiwit	NDF	As
1	32.36	7.28	2.41	13.41	1.46
2	32.87	6.80	2.23	13.22	1.38
3	31.22	6.50	2.20	12.04	1.27
4	31.67	7.36	2.14	11.48	1.19
5	31.44	6.61	2.10	11.82	1.25
6	31.36	6.96	2.09	11.54	1.20
7	32.06	7.11	2.16	12.04	1.25
Gemiddelde	31.85	6.95	2.19	12.22	1.29

3.2 Drogestof

In figuur 2 zijn de resultaten uit de NIR-sensor en van het laboratorium voor drogestof in een lijndiagram weergegeven.



Figuur 2 Vergelijking drogestof

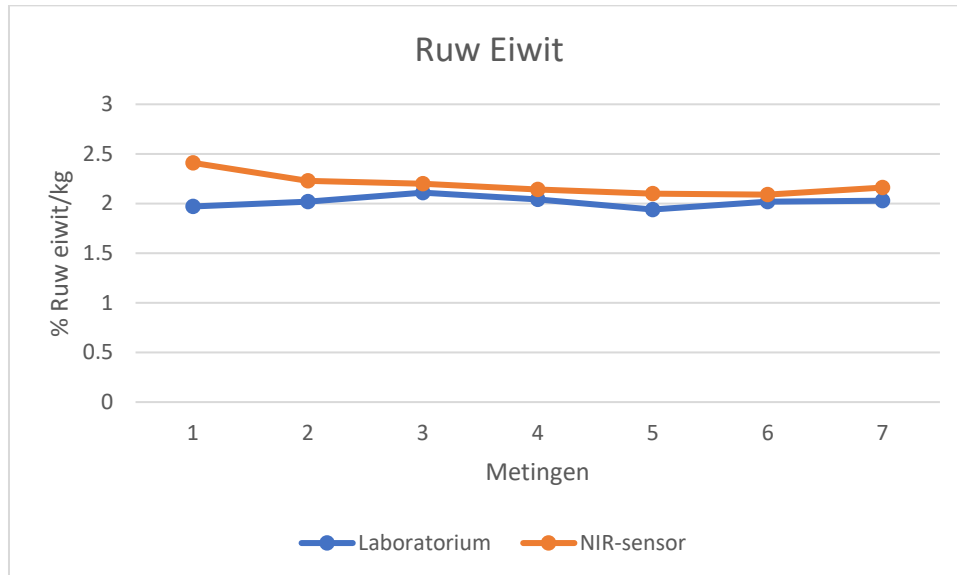
Aan de hand van deze gegevens uit tabel twee en drie berekend JASP eerst het gemiddelde, standaarddeviatie en standaardfout. Hierbij zijn "N" het aantal metingen dan zijn uitgevoerd. Het gemiddelde van de NIR-sensor over alle metingen komt uit op 31.854 tegenover 29.186 bij het laboratorium. Naast het gemiddelde is ook de standaarddeviatie (SD) berekend. De standaarddeviatie geeft de afwijking/spreiding aan ten opzichte van het gemiddelde. De SD van de NIR-sensor betreft 0.603 en van het laboratorium 0.508. Naast het gemiddelde en de standaarddeviatie is de standaardfout berekend. De standaardfout geeft de nauwkeurigheid van het berekende gemiddelde. De standaardfout bij de NIR-sensor is 0.228 en bij het laboratorium 0.192.

De uitkomsten van de uitgevoerde t-toets voor drogestof zijn een t-waarde 10.708, met de bijbehorende vrijheidsgraden van 6(N-1). De p-waarde betreft <0.001. De p-waarde geeft aan of het verschil tussen de uitkomsten uit de NIR-sensor en het laboratorium statistisch significant zijn. De significantie van 0.001 is kleiner dan 0.05 (5%) en kan ervan uit worden gegaan dat de gemiddelde waarden uit de NIR-sensor en het laboratorium significant verschillend zijn.

Voor het eindresultaat is gesteld dat de NIR-sensor niet meer dan 5% mag afwijken van de waarde uit het laboratorium, dit komt neer op plus of minus 1.46 van 29.186.

3.3 Ruw Eiwit

In figuur 3 zijn de resultaten uit de NIR-sensor en van het laboratorium voor drogestof in een lijndiagram weergegeven.



Figuur 3 Vergelijking ruw-eiwit

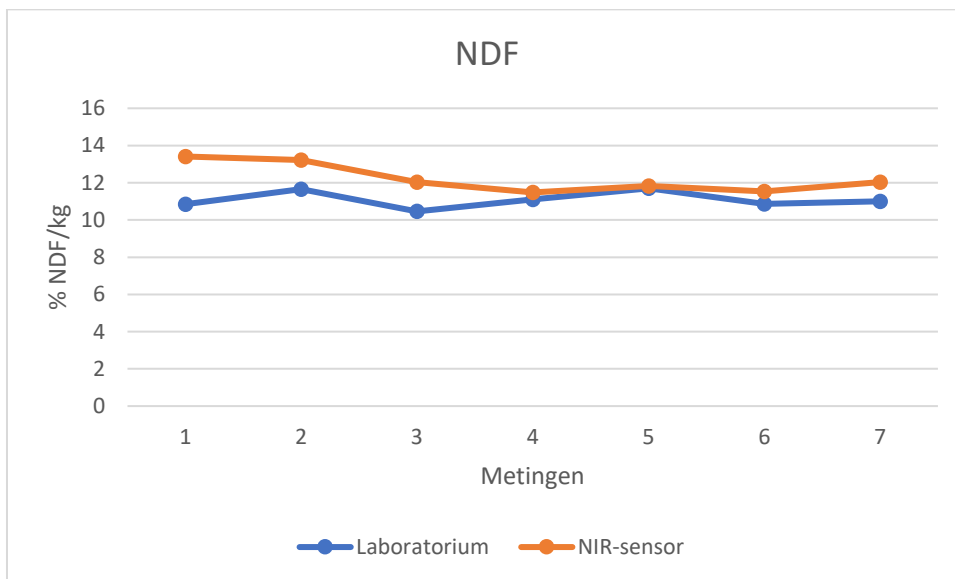
Aan de hand van deze gegevens berekend JASP eerst het gemiddelde, standaarddeviatie en standaardfout. Deze gegevens zijn weergegeven in bijlage 2. Hierbij zijn "N" het aantal metingen dan zijn uitgevoerd. Het gemiddelde van de NIR-sensor over alle metingen komt uit op 2.190 tegenover 2.019 bij het laboratorium. Naast het gemiddelde is ook de standaarddeviatie (SD) berekend. De standaarddeviatie geeft de afwijking/spreiding aan ten opzichte van het gemiddelde. De SD van de NIR-sensor betreft 0.109 en van het laboratorium 0.054. Naast het gemiddelde en de standaarddeviatie is de standaardfout berekend. De standaardfout geeft de nauwkeurigheid van het berekende gemiddelde. De standaardfout bij de NIR-sensor is 0.041 en bij het laboratorium 0.020.

De uitkomsten van de uitgevoerde t-toets voor drogestof zijn een t-waarde 3.558, met de bijbehorende vrijheidsgraden van 6(N-1). De p-waarde betreft 0.012. De p-waarde geeft aan of het verschil tussen de uitkomsten uit de NIR-sensor en het laboratorium statistisch significant zijn. De significantie van 0.012 is kleiner dan 0.05 (5%) en kan ervan uit worden gegaan dat de gemiddelde waarden uit de NIR-sensor en het laboratorium significant verschillend zijn.

Voor het eindresultaat is gesteld dat de NIR-sensor niet meer dan 5% mag afwijken van de waarde uit het laboratorium, dit komt neer op plus of minus 0.10 van 2.019.

3.4 NDF

In figuur 4 zijn de resultaten uit de NIR-sensor en van het laboratorium voor drogestof in een lijndiagram weergegeven.



Figuur 4 Vergelijking Ruw-eiwit

Aan de hand van deze gegevens berekend JASP eerst het gemiddelde, standaarddeviatie en standaardfout. Deze gegevens zijn weergegeven in bijlage 3. Hierbij zijn "N" het aantal metingen dan zijn uitgevoerd. Het gemiddelde van de NIR-sensor over alle metingen komt uit op 12.221 tegenover 11.089 bij het laboratorium. Naast het gemiddelde is ook de standaarddeviatie (SD) berekend. De standaarddeviatie geeft de afwijking/spreiding aan ten opzichte van het gemiddelde. De SD van de NIR-sensor betreft 0.780 en van het laboratorium 0.448. Naast het gemiddelde en de standaarddeviatie is de standaardfout berekend. De standaardfout geeft de nauwkeurigheid van het berekende gemiddelde. De standaardfout bij de NIR-sensor is 0.295 en bij het laboratorium 0.169.

De uitkomsten van de uitgevoerde t-toets voor drogestof zijn een t-waarde 3.552, met de bijbehorende vrijheidsgraden van 6(N-1). De p-waarde betreft 0.012. De p-waarde geeft aan of het verschil tussen de uitkomsten uit de NIR-sensor en het laboratorium statistisch significant zijn. De significantie van 0.012 is kleiner dan 0.05 (5%) en kan ervan uit worden gegaan dat de gemiddelde waarden uit de NIR-sensor en het laboratorium significant verschillend zijn.

Voor het eindresultaat is gesteld dat de NIR-sensor niet meer dan 5% mag afwijken van de waarde uit het laboratorium, dit komt neer op plus of minus 0.55 van 11.089.

Hoofdstuk 4 Discussie

In dit hoofdstuk zullen twee zaken worden gediscussieerd, namelijk de resultaten en de gekozen aanpak.

De doelstelling van dit onderzoek is om te kijken of een NIR-sensor gebruikt kan worden tijdens het voeren van (ruw)voer in de veehouderij in plaats van dat de hoeveelheid (ruw)voer wordt gebaseerd op een monster van het ruwvoer dat is geanalyseerd in het laboratorium. Voor dit onderzoek is er gezocht naar het antwoord voor de hoofdvraag: *“Zijn de gemeten waarden van een NIR-sensor in ruwvoer net zo betrouwbaar als waarden uit een laboratorium?”*.

Voor het beantwoorden van de hoofdvraag van dit onderzoek zijn er drie deelvragen opgesteld. De gebruikte methode voor het beantwoorden van de deelvragen is voor elke deelvraag gelijk, alleen wordt er bij elke deelvraag gekeken naar verschillende nutriënten in het (ruw)voer.

Voor de eerste deelvraag is er gekeken naar het drogestof-gehalte. Hierbij zijn de gemeten waarden uit de NIR-sensor vergeleken met de waarden uit het laboratorium. De NIR-sensor heeft gemiddeld 31.854% drogestof gemeten en het laboratorium 29.186%. Uit de gepaarde t-toets is gebleken dat de gemiddelde waarden van de NIR-sensor en het laboratorium significant verschillend zijn.

Bij de tweede deelvraag is gekeken naar het ruw eiwit. Hierbij zijn net zoals bij deelvraag 1 de waarden van de NIR-sensor en het laboratorium vergeleken. De NIR-sensor gaf gemiddeld 2.190% en uit het laboratorium 2.019%. Uit de gepaarde t-toets is gebleken dat ook deze waarden gemiddelde waarden van de NIR-sensor en het laboratorium significant verschillend zijn.

De laatste deelvraag is gekeken naar het percentage NDF. Hierbij zijn net zoals bij deelvraag 1 en 2 de waarden van de NIR-sensor en het laboratorium vergeleken. De NIR-sensor gaf gemiddeld 12.221% en uit het laboratorium 11.089%. Uit de gepaarde t-toets is gebleken dat ook deze waarden gemiddelde waarden van de NIR-sensor en het laboratorium significant verschillend zijn.

Het proces van onderzoeken is goed verlopen ondanks dat het op een aantal punten anders is verlopen dan van tevoren is bedacht. Eén van deze punten is dat de metingen zijn uitgevoerd in Denemarken, doordat deze NIR-sensor van het Deense bedrijf Föderteknik nog in de ontwikkelings-/testfase zit en hierdoor gebruik maakt van Deense ijklijnen. Hierdoor zouden de waarden uit de NIR-sensor een grotere afwijking kunnen geven wanneer deze in Nederland worden gebruikt.

De manier van boeren, met name de manier van inkuilen en voeren, in Denemarken is vergelijkbaar met Nederland, hierdoor kunnen de resultaten uit het onderzoek representatief zijn voor Nederland. Omdat de NIR-sensor Deense ijklijnen gebruikt en de metingen in Denemarken zijn verricht is er gekozen om de kuilmonsters uit de mengwagen door een Deens laboratorium te laten onderzoeken.

Voor het onderzoek zijn er uit meerdere metingen diverse gegevens verzameld, alleen om de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid te waarborgen hadden er meer metingen met de NIR-sensor moeten worden verricht. Het aantal metingen zou minimaal verdubbeld moeten worden. Ook zijn de ruwvoermonters uit de mengwagen maar door één laboratorium onderzocht. Om afwijkingen en verschillen op te vangen zouden de ruwvoermonters door meerdere laboratoria onderzocht moeten worden.

Daarnaast zijn er ook niet beïnvloedbare omstandigheden, zoals het weer, die invloed kunnen hebben op de resultaten. Het onderzoek is uitgevoerd in mooie droge omstandigheden met een buitentemperatuur tussen de 15 en 20 graden. De resultaten hadden anders kunnen zijn wanneer de weersomstandigheden vochtig waren geweest.

De verschillen in de metingen tussen de NIR-sensor en het laboratorium kunnen worden veroorzaakt door de ijklijnen waar de NIR-sensor gebruik van maakt. Zoals in de inleiding wordt besproken, wordt in de literatuur aangeduid dat de NIR-sensor nauwkeuriger wordt naarmate de hoeveelheid ijklijnen dat beschikbaar is. Hoe meer ijklijnen er beschikbaar zijn, hoe nauwkeuriger de NIR-sensor.

Wanneer er terug wordt gekeken op het onderzoek zijn er een aantal punten voor verbetering voor een vervolgonderzoek. Aan de onderzoeksmethode hoeft weinig aan te worden gepast. Voor een volgend onderzoek is het aan te raden om meer metingen uit te voeren dan er voor dit onderzoek zijn uitgevoerd om de nauwkeurigheid te vergroten. Wat sterk is aan dit onderzoek is dat de metingen over een aantal dagen met hetzelfde weersbeeld zijn uitgevoerd, hierdoor zijn er geen valse metingen gedaan die invloed kunnen hebben op de eindresultaten. Een zwakker punt binnen het onderzoek is dat de ruwvoermonsters door één laboratorium zijn onderzocht. Ondanks dat de NIR-sensor en het laboratorium niet geheel overeenkomen is de NIR-sensor prima te gebruiken als indicator wat er aan nutriënten in het ruwvoer in de voermengwagen zit.

Hoofdstuk 5 Conclusie en aanbeveling

In dit laatste hoofdstuk zullen conclusies worden beschreven uit het uitgevoerde onderzoek en zullen er aanbevelingen worden gegeven voor eventueel vervolgonderzoek.

In dit onderzoek zal worden bepaald of het gebruik van de NIR-sensor bij het voeren van (melk)vee overeenkomt met de laboratoriumanalyses die op dit moment worden gebruikt voor het bepalen van de hoeveelheid ruwvoer voor het (melk)vee. Hieronder zijn de conclusies en aanbevelingen weergegeven die uit het onderzoek zijn voortgekomen.

5.1 Conclusies

5.1.1 Conclusie deelvraag 1

Deelvraag 1 luidt als volgt: *“Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van drogestof (DS) overeen?”*

Uit de resultaten blijkt dat de NIR-sensor gemiddeld 31.854% drogestof heeft gemeten en de laboratoriumuitslag 29.186% is. Uit de gepaarde t-toets is gebleken dat de statisch gezien significant zijn. Vooraf is gesteld dat de waarde uit de NIR-sensor niet meer dan 5% mag afwijken van de laboratoriumuitslag, hierdoor zou de NIR-sensor niet meer dan 30.645% aan mogen geven. Echter geeft de NIR-sensor 31.854%, dit is 9.1% meer dan 29.186%. Ondanks dat de waarden uit het laboratorium en uit de NIR-sensor significant zijn, wijkt de waarden uit de NIR-sensor meer dan 5% af van de laboratoriumuitslag en kan worden geconcludeerd dat de waarden uit de NIR-sensor en het laboratorium voor drogestof niet overeenkomen.

5.1.2 Conclusie deelvraag 2

Deelvraag 2 luidt als volgt: *“Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van het eiwitgehalte overeen?”*

Uit de resultaten blijkt dat de NIR-sensor gemiddeld 2.190% eiwit heeft gemeten en de laboratoriumuitslag 2.019% is. Uit de gepaarde t-toets is gebleken dat de statisch gezien significant zijn. Vooraf is gesteld dat de waarde uit de NIR-sensor niet meer dan 5% mag afwijken van de laboratoriumuitslag, hierdoor zou de NIR-sensor niet meer dan 0.10% aan mogen geven. Echter geeft de NIR-sensor 2.190%, dit is 8.5% meer dan 2.019%. Ondanks dat de waarden uit het laboratorium en uit de NIR-sensor significant zijn, wijken de waarden uit de NIR-sensor meer dan 5% af van de laboratoriumuitslag en kan worden geconcludeerd dat de waarden uit de NIR-sensor en het laboratorium voor het eiwitgehalte niet overeenkomen.

5.1.3 Conclusie deelvraag 3

Deelvraag 3 luidt als volgt: *“Komen de NIR- en laboratoriumwaarden van NDF overeen?”*

Uit de resultaten blijkt dat de NIR-sensor gemiddeld 12.221% NDF heeft gemeten en de laboratoriumuitslag 11.089% is. Uit de gepaarde t-toets is gebleken dat de statisch gezien significant zijn. Vooraf is gesteld dat de waarde uit de NIR-sensor niet meer dan 5% mag afwijken van de laboratoriumuitslag, hierdoor zou de NIR-sensor niet meer dan 0.55% aan mogen geven. Echter geeft de NIR-sensor 12.221%, dit is 10.2% meer dan 11.089%. Ondanks dat de waarden uit het laboratorium en uit de NIR-sensor significant zijn, wijken de waarden uit de NIR-sensor meer dan 5% af van de laboratoriumuitslag en kan worden geconcludeerd dat de waarden uit de NIR-sensor en het laboratorium voor NDF niet overeenkomen.

5.1.4 Conclusie hoofdvraag

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt: *“Zijn de gemeten waarden van een NIR-sensor in ruwvoer net zo betrouwbaar als waarden uit een laboratorium?”*

Uit de resultaten van de deelvragen is gebleken dat de waarden uit de NIR-sensor over het algemeen net boven de 5% afwijken van de waarden uit het laboratorium. Hierdoor kan worden gesteld dat de NIR-sensor niet nauwkeurig genoeg is om hier volledig op te vertrouwen als vervanger van de laboratoriumanalyse, maar momenteel enkel als richtlijn kan worden gebruikt.

5.2 Aanbevelingen

Aan de hand van de resultaten en conclusies uit het onderzoek kunnen er diverse aanbevelingen worden gegeven voor het gebruik van de NIR-sensor in de praktijk en voor eventuele vervolgonderzoeken.

- Door de onnauwkeurigheid van de NIR-sensor in het aan te bevelen om deze als richtlijn te gebruiken.
- De NIR-sensor maakt momenteel gebruik van Deense ijklijnen, de fabrikant van de NIR-sensor is druk bezig met het uitbreiden van het aantal ijklijnen en er wordt samengewerkt met Agrifirm voor Nederlandse ijklijnen. Bij een vervolgonderzoek is het aan te raden om te testen met zoveel mogelijk ijklijnen.
- Voor gebruik in Nederland kan er beter worden gewacht op Nederlandse ijklijnen.
- Tijdens dit onderzoek zijn er zeven dagen achtereenvolgende metingen uitgevoerd met één meting per dag. Om de betrouwbaarheid te vergroten bij een vervolgonderzoek zouden er meerdere metingen op een dag uitgevoerd moeten worden over een langere periode. Hierdoor zouden eventuele afwijkingen beter aan het licht kunnen komen.
- Voor dit onderzoek zijn de ruwvoerm monsters door één laboratorium onderzocht, in een vervolgonderzoek is het aan te raden de ruwvoerm monsters door meerdere laboratoria te laten onderzoeken om eventuele verschillen tussen laboratoria uit te kunnen sluiten.
- De laatste aanbeveling heeft te maken met de eventuele weersinvloeden. Tijdens dit onderzoek waren de weersomstandigheden optimaal, om uit te sluiten dat weersinvloeden effect hebben op de NIR-sensor zou er een vervolgonderzoek plaats kunnen vinden.

Bibliografie

- Agrimatie. (2018). *Inkomen en bedrijfsomvang - Melkveehouderij*. Agrimatie.
<https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=2525§orID=2245&themaID=7458&indicatorID=7452>
- Blokland, P. W., Luesink, H., Jongeneel, R., Daatselaar, C., & de Koeijer, T. (2015). *Opties voor beperking fosfaatproductie van de Nederlandse melkveestapel : dierrechten versus fosfaatrechten Opties voor beperking fosfaatproductie van de Nederlandse melkveestapel : dierrechten versus fosfaatrechten Een verkennende analyse*.
- Blomsma, A. J. (2016). NIRS komt (maar is er nog niet). *Grondig*, 32–35.
- Chen, L., Xing, L., & Han, L. (2013). Review of the Application of Near-Infrared Spectroscopy Technology to Determine the Chemical Composition of Animal Manure. *Journal of Environmental Quality*, 42(4), 1015–1028. <https://doi.org/10.2134/jeq2013.01.0014>
- Commissie Grondgebondenheid. (2018). *Grondgebondenheid als basis voor een toekomstbestendige melkveehouderij als basis voor een toekomstbestendige melkveehouderij* (Nummer april). <https://edepot.wur.nl/446638>
- Dahl, E. (2019). *Interview E. Dahl, Directeur/eigenaar Foderteknik*.
- Dinamica Generale. (2020). *On-Farm* (p. 26). Dinamica Generale.
- DMS. (2018). *Bijeenkomst voerefficiëntie 2017*. DMS. <https://www.dmsadvies.nl/wp/wp-content/uploads/2018/01/Factsheet-voerefficiëntie-11-1-18.pdf>
- Feenstra, J. (z.d.). Van grashoogtemeter tot ruimtesatelliet. *Veeteelt*, 4–9. Geraadpleegd 29 maart 2020, van <https://edepot.wur.nl/316916>
- Feenstra, J. (2018). Precisielandbouw sluipt het grasland op. *Veeteelt*, 32–40.
- Hollander, C. J., Blanken, K., Gotink, A., van Duinkerken, G., Dijk, G., Lenssinck, F., & de Koning, K. (2005). *Voersystemen in de melkveehouderij*.
- Hoving, I. E., Kempenaar, C., Heijting, S., Been, T. H., Philipsen, A. P., Vlemminx, H. C. A., Roerink, G. J., & Hermans, G. J. F. M. (2015). *Haalbaarheidsstudie naar het genereren van opbrengst-en voederwaardekengetallen met sensoren en modellen voor gras en snijmaïs GrasMaïs-Signaal; adviessysteem precisielandbouw melkveehouderij*.
- Koerhuis, R. (2019). NIR kansrijk mits ijklijn klopt. *Boerderij*, 1–5.
- Lokhorst, K. (z.d.). *Smart Livestock Management; Slimme techniek in de melkveehouderij*.
- Oenema, O., & Rietra, R. P. J. J. (2017). *Bepaling samenstelling van vaste mest met NIRS*.
- Remmelink G, Middelkoop JC van, Ouweltes W, & Wemmenhove H. (2019). *Handboek Melkveehouderij 2019/20*. A0376
- Rienks, W. A., van Eck, W., Elbersen, B. S., Hulsteijn, K., Meulenkamp, W. J. H., & de Poel, K. R. (2003). Melkveehouderij op schaal : nieuwe concepten voor grootschalige melkveehouderij. In *Alterra-rapport;796*.
- Rijksoverheid. (z.d.). *Hoe is het stelsel van fosfaatrechten tot stand gekomen?* Totstandkoming fosfaatrechtenselsel. Geraadpleegd 8 maart 2020, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/mest/fosfaatrechten/totstandkoming-fosfaatrechtenselsel>

- RVO. (z.d.). *Fosfaatrechten - algemeen* | RVO.nl | Rijksdienst. Geraadpleegd 22 maart 2020, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/fosfaatrechten/fosfaatrechten-algemeen>
- Stienezen, M. W. J., Kasper, G. J., Holshof, G., Molema, G. J., Schut, A. G. T., Meuleman, J. J., & Smits, M. C. J. (2005). *Snelle meetmethoden als managementinstrument bij de teelt van ruwvoer*.
- Trioliet. (2017). *TFM Tracker | Feed management system*.
- van Duinkerken, G., André, G., de Haan, M., Hollander, C., & Zom, R. (2007). *De voederconversie van melkvee*.
- Van Zessen, T. (2017). Twee jaar melken. *Veeteelt*, 6–9.
- WUR. (2012). *Melkrobots*. Wageningen UR. <https://library.wur.nl/dps/diensten/dossiers/melkrobots.html>
- Zedde, R. van de, Kekem, K. Van, & Boer, E. (2014). *Rapport - Bemonsteren en analyseren van dierlijke mest op een vrachtauto* (Nummer 1432).

Bijlagen

Bijlage 1

Beschrijvende statistiek

	N	Gemiddelde	SD	Std. Fout
NIR-sensor	7	31.854	0.603	0.228
Laboratorium	7	29.186	0.508	0.192

Gepaarde t-toets

Measure 1	Measure 2	t	vg	p	Gemiddeld Verschil	Std. fout verschil
NIR-sensor	- Laboratorium	10.708	6	< .001	2.669	0.249

Opmerking. Student t-toets.

Bijlage 2

Beschrijvende statistiek

	N	Gemiddelde	SD	Std. Fout
NIR-sensor	7	2.190	0.109	0.041
Laboratorium	7	2.019	0.054	0.020

Gepaarde t-toets

Measure 1	Measure 2	t	vg	p	Gemiddeld Verschil	Std. fout verschil
NIR-sensor	- Laboratorium	3.558	6	0.012	0.171	0.048

Opmerking. Student t-toets.

Bijlage 3

Beschrijvende statistiek

	N	Gemiddelde	SD	Std. Fout
NIR-sensor	7	12.221	0.780	0.295
Laboratorium	7	11.089	0.448	0.169

Gepaarde t-toets

Measure 1	Measure 2	t	vg	p	Gemiddeld Verschil	Std. fout verschil
NIR-sensor	- Laboratorium	3.552	6	0.012	1.133	0.319

Opmerking. Student t-toets.