

Eindrapport

Evaluatie inzetbaarheid Nabij Infrarood (NIR) spectrometrie bij mesttransport

C. Vanhoof en K. Tirez

Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij
2018/SCT/R/1809

December 2018



VITO NV

Boeretang 200 - 2400 MOL - BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 - Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be - www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 375-1117354-90 ING
BE34 3751 1173 5490 - BBRUBEBB

SAMENVATTING

De inzetbaarheid van Nabije Infrarood (NIR) spectrometrie bij mesttransporten wint meer en meer aan belang. In de monsterbuis van de mesttank wordt de mest door een NIR sensor gemeten, waarbij real time de gehalten in de mest (oa. NPK) vastgesteld kunnen worden. Het grote voordeel van de NIR techniek is de onmiddellijke beschikbaarheid van de NPK resultaten, zodat de waarden per mesttank ter beschikking zijn en bij het uitrijden van de mest met de actuele gehalten kan worden gedoseerd. In Nederland zijn er reeds een aantal pilotprojecten lopende voor de evaluatie van deze techniek. Verschillende machinefabrikanten (Schuitemaker, D-tec, Veenhuis, Eijkelkamp) brengen deze NIR sensortechnologie op de markt. De kritische factor bij deze metingen zijn de gebruikte kalibratiemodellen die de nauwkeurigheid van de gemeten waarden bepalen.

Het doel van deze taak is om de inzetbaarheid van de NIR techniek te beoordelen. In eerste instantie werd een inventarisatie uitgevoerd van de reeds beschikbare resultaten van de Nederlandse pilot studie, met bespreking van de sterke en zwakke punten. Daarnaast werd een lopend project voor de evaluatie van de NIR techniek in Vlaanderen bij het loonbedrijf Van Laethem bekeken. Aandacht zal zeker gaan naar de gebruikte kalibratiemodellen en er zal worden bekeken in hoeverre deze techniek inzetbaar is als screeningstechniek en/of voor toetsing van het wettelijk kader.

De resultaten van de Nederlandse pilot studie laten zien dat de NIRS-apparatuur van geen van de vier deelnemers voldoet aan de nauwkeurigheidseisen die wettelijk worden gesteld aan de bepaling van het stikstof gehalte van een vracht drijfmest. De resultaten tonen dat de relatieve fout van de NIRS metingen afneemt bij stijgende gehalten aan stikstof. Verder blijkt dat NIRS bij lage referentiewaarden de N-concentraties overschat en bij hoge referentiewaarden deze concentraties onderschat. Deze trends worden bij alle NIRS-apparaten waargenomen. Hierin lijkt een mogelijkheid te zitten voor een ijklijncorrectie. Als conclusie werd aangegeven dat het NIRS systeem potentieel heeft, maar dat nader onderzoek en uitwerking nodig is voordat besloten kan worden of dit daadwerkelijk ingevoerd kan worden voor de verantwoording van fosfaat en stikstof zoals dat in de Meststoffenwet is voorgeschreven.

In Vlaanderen werd het NIRS systeem ook geëvalueerd, voornamelijk naar inzetbaarheid bij bemesting. NIRS is toepasbaar en heeft zeker potentieel om ingezet te worden om kwantitatief totaal stikstof en fosfaat online te meten. De techniek is op dit moment nog onvoldoende ontwikkeld om onmiddellijk in te zetten om de mestboekhouding van een bedrijf op te volgen. De grootste limiterende factor blijft de kalibratie. Voor de analyses in Vlaanderen en Nederland is het noodzakelijk dat een kalibratiemodel op punt wordt gesteld met resultaten van mestmonsters gecollecteerd in Vlaanderen. Het is van essentieel belang dat de kalibratie wordt opgesteld met de juiste data. Correctie met het droge stof gehalte bij de online meting kan het uiteindelijke resultaat verbeteren.

Op basis van de huidige stand van zaken van de NIRS techniek kan gesteld worden dat het systeem inzetbaar is om een meer efficiëntere bemesting en precisiebemesting uit te voeren, maar de techniek is momenteel nog niet voldoende op punt om in te zetten voor het opvolgen van de mestboekhouding van een bedrijf.

Indien een volgende stap zou genomen worden in dit proces, zouden de verschillende fabrikanten moeten gecontacteerd worden om te bekijken op welke wijze de kalibratie kan geüniformiseerd worden en gestroomlijnd worden met de Vlaamse meetgegevens.

INHOUD

Samenvatting	I
Inhoud	II
Lijst van figuren	III
HOOFDSTUK 1. Inleiding	1
HOOFDSTUK 2. Analysen van mest in het kader van het mestdecreet	2
HOOFDSTUK 3. Beschrijving nabij infrarood (NIR) spectrometrie	5
3.1. <i>Wat is nabij infrarood spectrometrie?</i>	5
3.2. <i>Toepasbaarheid van NIR voor de bepaling van het nutriëntgehalte in drijfmest</i>	6
3.3. <i>Fabrikanten met NIRS sensortechnologie</i>	6
3.4. <i>Inzetbaarheid van de NIRS technologie bij mesttransporten</i>	8
HOOFDSTUK 4. Bespreking Nederlandse pilot studie NIRS	9
4.1. <i>Opzet van de pilot studie</i>	10
4.2. <i>Resultaten</i>	11
4.2.1. Resultaten bedrijf A	11
4.2.2. Resultaten bedrijf B	12
4.2.3. Resultaten bedrijf C	13
4.2.4. Resultaten bedrijf D	14
4.3. <i>Besluit van deze pilot studie</i>	16
4.4. <i>Vervolg van deze studie</i>	16
HOOFDSTUK 5. Terugkoppeling NIRS in praktijk in Vlaanderen	17
HOOFDSTUK 6. Perspectief van NIRS voor de analyse van mest	19
HOOFDSTUK 7. Besluit	20
Literatuurlijst	21

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1 Spectra van monsters, die variëren in vochtgehalte ³	5
Figuur 2 Links: Schematische weergave NIRS (1: lamp, 2: sensor, 3: drijfmest stroom), Midden: in-line gemonteerd, Rechts: onderzijde sensor ³	6
Figuur 3 Resultaten X/Y analyse (bedrijf A) voor stikstof voor individuele vrachtmonsters, voor mengmonsters en voor alle monsters	11
Figuur 4 Absolute en relatieve verschillen tussen NIRS en Lab-analyse, uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof voor bedrijf A	12
Figuur 5 Resultaten X/Y analyse (bedrijf B) voor stikstof voor individuele vrachtmonsters, voor mengmonsters en voor alle monsters	12
Figuur 6 Absolute en relatieve verschillen tussen NIRS en Lab-analyse, uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof voor bedrijf B	13
Figuur 7 Resultaten X/Y analyse (bedrijf C) voor stikstof voor individuele vrachtmonsters, voor mengmonsters en voor alle monsters	13
Figuur 8 Absolute en relatieve verschillen tussen NIRS en Lab-analyse, uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof voor bedrijf C	14
Figuur 9 Resultaten X/Y analyse (bedrijf D) voor stikstof voor individuele vrachtmonsters	15
Figuur 10 Absolute en relatieve verschillen tussen NIRS en Lab-analyse, uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof voor bedrijf C	15

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

De inzetbaarheid van Nabije Infrarood (NIR) spectrometrie bij mesttransporten wint meer en meer aan belang. In de monsterbuis van de mesttank wordt de mest door een NIR sensor gemeten, waarbij real time de gehalten in de mest (oa. NPK) vastgesteld kunnen worden. Het grote voordeel van de NIR techniek is de onmiddellijke beschikbaarheid van de NPK resultaten, zodat de waarden per mesttank ter beschikking zijn en en bij het uitrijden van de mest met de actuele gehalten kan worden gedoseerd. In Nederland zijn er reeds een aantal pilotprojecten lopende voor de evaluatie van deze techniek. Verschillende machinefabrikanten (Schuitemaker, D-tec, Veenhuis, Eijkelkamp) brengen deze NIR sensortechnologie op de markt. De kritische factor bij deze metingen zijn de gebruikte kalibratiemodellen die de nauwkeurigheid van de gemeten waarden bepalen.

Het doel van deze taak is om de inzetbaarheid van de NIR techniek te beoordelen. In eerste instantie werd een inventarisatie uitgevoerd van de beschikbare resultaten van de Nederlandse studie¹, met bespreking van de sterke en zwakke punten. Daarnaast werd een lopend project voor de evaluatie van de NIR techniek in Vlaanderen bij het loonbedrijf Van Laethem bekeken. Aandacht zal zeker gaan naar de gebruikte kalibratiemodellen en er zal worden bekeken in hoeverre deze techniek inzetbaar is als screeningstechniek en/of voor toetsing van het wettelijk kader.

HOOFDSTUK 2. ANALYSEN VAN MEST IN HET KADER VAN HET MESTDECREET

Voor het inventariseren van de mestanalyses wat betreft de parameter stikstof die vereist zijn in het kader van het Mestdecreet, werd de informatie zoals beschreven door VLM, overgenomen in dit rapport. Bron: www.vlm.be (website dd. 10 september 2018)

Vanaf 1 januari 2018 gelden er nieuwe regels voor het bepalen van de mestsamenstelling. Die aanpassing kwam er omdat uit recent onderzoek van de VLM blijkt dat de mestsamenstelling van varkensmest vrij stabiel is op bedrijfsniveau, de huidige forfaitaire samenstellingen te hoog zijn én vrachstalen betrouwbaarder zijn dan putstalen. De meeste wijzigingen hebben betrekking op varkensmest, maar er zijn ook enkele wijzigingen voor andere mestsoorten.

Wijzigingen voor alle mestsoorten (inclusief andere meststoffen):

- **Jaarlijkse keuze tussen analyses of forfait**
Om de mestsamenstellingen van de geproduceerde mest te bepalen, moeten de producenten van dierlijke mest voortaan kiezen tussen een forfaitaire mestsamenstelling of een mestsamenstelling op basis van regelmatige analyses. De landbouwer moet, voordat hij zijn eerste vracht mest afvoert en ten laatste op 15 februari, via het Mestbankloket laten weten met welk systeem hij wilt werken. Hij kan zijn keuze jaarlijks herzien.
- **Mestanalyses: algemene aanmeldings- en rapportageplicht via SMIL**
De voormeldingsplicht, die al bestond voor mest die naar een verwerkingsinstallatie wordt vervoerd en voor mest die wordt geëxporteerd, wordt uitgebreid tot een algemene aanmeldingsplicht voor alle mestsoorten, ongeacht de bestemming. Het laboratorium moet de analyseresultaten via SMIL rapporteren aan de Mestbank.
- **Periode dat analyseresultaten geldig zijn**
Het analyseresultaat van een meststaal, met uitzondering van één individuele vrachanalyse, is drie maanden geldig. Bij vaststelling van oneigenlijk gebruik van analyses, kan de Mestbank de geldigheidstermijn beperken.
- **Geen analyseplicht meer voor verwerking of export**
Omdat de landbouwer voortaan jaarlijks moet kiezen voor een forfaitaire mestsamenstelling of vrachstalen, wordt de analyseplicht voor mest bestemd voor verwerking of export afgeschaft.

Wijzigingen, specifiek voor varkensmest:

- **Nieuwe forfaitaire mestsamenstelling en nieuwe mestsoorten**
De forfaitaire mestsamenstellingen voor varkens worden aangepast. Het aantal verschillende mestsoorten waaruit kan gekozen worden, wordt vereenvoudigd. De nieuwe waarden worden binnenkort gepubliceerd in de Brochure Normen en richtwaarden 2018.

- **Alleen nog vrachtstalen voor vloeibare varkensmest.** Vanaf 1 januari 2018 kan vloeibare varkensmest alleen nog bemonsterd worden door middel van vrachtstalen. Voor het bepalen van de mestsamenstelling, moeten minstens twee vrachtstaalnames worden uitgevoerd. De tijd tussen die vrachten mag maximaal 7 dagen bedragen. Als de mestsamenstelling is bepaald, kan drie maanden met die samenstelling worden gereden.

Vrachtstalen moeten voldoen aan een aantal voorwaarden. Zo moeten ze worden genomen door een bemonsteringsapparaat aan de laadplaats bij het laden van de mest. Het resultaat van één vrachtanalyse kan alleen gebruikt worden voor die vracht. De resultaten van vrachtstalen komen steeds in aanmerking voor de bepaling van de bedrijfsspecifieke mestsamenstelling.

Vrachtstalen kunnen genomen worden door de staalnemers van erkende laboratoria, op voorwaarde dat ze over een bemonsteringsapparaat voor vrachtstalen beschikken. Ook de transporteurs die uitgerust zijn met een bemonsteringsapparaat en bevoegd worden verklaard, mogen vrachtstalen van drijfmest nemen.

Het analyseresultaat van een meststaal, met uitzondering van één individuele vrachtanalyse, is drie maanden geldig. Bij vaststelling van oneigenlijk gebruik van analyses, kan de Mestbank de geldigheidstermijn beperken.

Overgangsmaatregel: put- en opslagstalen die werden genomen in 2017, mogen nog worden gebruikt voor de afzet tot drie maanden na de staalnamedatum. Die stalen komen evenwel niet in aanmerking voor de bepaling van een eventuele bedrijfsspecifieke mestsamenstelling.

- **Bedrijfsspecifieke mestsamenstelling (BSM) voor varkensmest**
Uit onderzoek blijkt dat de samenstelling van varkensmest op een bedrijf stabiel kan zijn. Het is dus mogelijk om een bedrijfsspecifieke mestsamenstelling (BSM) voor varkensmest te bepalen en aan de hand van die waarden op een oordeelkundige manier te bemesten en mest te transporteren. Varkenshouders die aan de hand van minstens 4 vrachtanalyses kunnen aantonen dat de mestsamenstelling stabiel is, kunnen vanaf 2018 de gemiddelde analysewaarde van de mest gebruiken als bedrijfsspecifieke mestsamenstelling voor alle mesttransporten en mestgebruik. De 3-maandelijke analyseplicht verdwijnt dus voor mestsoorten waarvoor een BSM bepaald is. Het al dan niet instappen in het systeem van BSM, is de vrije keuze van de landbouwer.

Als de mestsamenstelling stabiel is en de Mestbank een BSM toekent, werkt de landbouwer vanaf dan met de BSM voor alle bemesting en mesttransporten van die mestsoort. Om de BSM op te volgen, moet de landbouwer opvolgstalen nemen. In het eerste kalenderjaar na het overschakelen op BSM moet hij 2 vrachtmonsters laten nemen. Nadien, als de resultaten oké zijn, moet hij nog 1 vrachtmonster per jaar nemen. BSM is onbeperkt geldig, zolang de opvolgstalen aantonen dat de initieel bepaalde waarde correct is.

- **NER-MVW varkens**
De berekening van de te verwerken hoeveelheid N van de toegekende NER-MVW (Nutriëntenemissierechten – mestverwerking) wijzigt voor de diersoort varkens, met uitzondering van biggen. Het aantal NER-MVW blijft behouden, maar de hoeveelheid te verwerken N wordt bijgestuurd om beter met de werkelijke situatie overeen te komen. Alle

varkenshouders met NER-MVW kunnen hun herrekende hoeveelheid te verwerken N begin 2018 raadplegen op het Mestbankloket.

Staalnames en analyses van mest

Staalnames en analyses van mest in het kader van het Mestdecreet moeten uitgevoerd worden door erkende laboratoria. Die laboratoria beschikken over gepaste staalname- en analyseapparatuur en volgen strikte procedures. De erkenningen van de laboratoria zijn productspecifiek: voor veevoeder, voor mest en voor bodem.

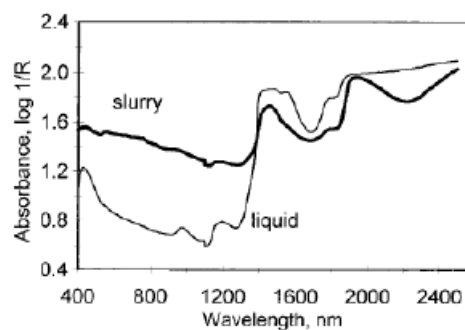
Alle personeelsleden van die laboratoria, ook de staalnemers, zijn opgeleid om zowel de staalnames als de analyses correct en conform het [compendium Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het Mestdecreet](#)² uit te voeren. Bovendien controleert de Mestbank regelmatig de staalnemers en de kwaliteit van de analyses van de erkende laboratoria.

HOOFDSTUK 3. BESCHRIJVING NABIJ INFRAROOD (NIR) SPECTROMETRIE

3.1. WAT IS NABIJ INFRAROOD SPECTROMETRIE?

De techniek voor het meten van nutriënten in mestmonsters is gebaseerd op nabije infrarood spectrometrie (NIRS). Door middel van NIRS kunnen stikstof- en fosfaatgehalten in mest direct op het transportvoertuig worden gemeten³. Ook is het mogelijk om de inhoud van mest te meten op de bemester. Zo kan er plaats specifiek de juiste hoeveelheid mest geïnjecteerd worden. Natuurlijk is dit ook een voordeel voor de landbouwer.

Near Infrared (NIR) spectroscopie⁴ betreft de spectroscopie die gebruik maakt van het nabij infrarood gedeelte van het elektromagnetische spectrum. Dit betreft de golflengtes tussen 800 en 2500 nm. Elke molecuul heeft een specifieke frequentie, waarmee ze draait of vibreert. Deze verschillende resonantiefrequenties hangen af van de moleculaire structuur en de atoommassa. Het NIR spectrum van een stof kan bepaald worden door alle golflengten uit het spectrum via een lichtstraal naar de stof te sturen, en dan registreren welke golflengten teruggekaatst worden. In Figuur 1 is een voorbeeld weergegeven van het weerkaatste spectrum van een bepaald monster. De absorptie kan bepaald worden door te kijken naar de golflengten die niet teruggekaatst worden. Het NIR-spectrum dat door een bepaalde stof geabsorbeerd wordt, is kenmerkend voor de gemeten stof. Water is een van de grootste absorbeers in het NIR-spectrum en absorbeert vooral NIR straling met een golflengte bij 1400 nm en 1900 nm. Dit is ook in Figuur 1 terug te zien, in beide monsters wordt opvallend veel straling geabsorbeerd bij deze twee golflengten, waarbij het monster met het hoogste vochtgehalte (liquid) hier de grootste pieken vertoont. Het monster 'slurry' bevat ook een grotere hoeveelheid vaste delen, wat resulteert in een hogere absorptie tussen 400 en 700 nm. Voor betrouwbare metingen is een absorptie van minder dan 2,0 gewenst, hierdoor is het gebied >1900 nm niet bruikbaar. Een groot voordeel van NIR is, dat het veel dieper in het te meten product doordringt dan bijvoorbeeld midden infrarode straling. Hierdoor wordt de stroom niet alleen aan het oppervlakte gemeten, maar vooral dieper. Dit levert een grotere betrouwbaarheid van de metingen op, omdat dit een representatiever beeld geeft van de te meten stroom. De concentratie aan bepaalde stoffen die aanwezig is in het gemeten monster, kan door middel van kalibratiemethoden berekend worden uit de hoogte van de pieken.



Figuur 1 Spectra van monsters, die variëren in vochtgehalte⁴

3.2. TOEPASBAARHEID VAN NIR VOOR DE BEPALING VAN HET NUTRIËNTGEHALTE IN DRIJFMEST

NIR-technologie werd 30 jaar geleden voor het eerst gebruikt in de agrarische sector bij het meten van vochtgehalte in graan. Sindsdien is deze technologie ontwikkeld en verder verfijnd en is daarom ook aanvaard als vervanging van chemische methodes om een nauwkeurige, betrouwbare analyse van granen uit te voeren.



Figuur 2 Links: Schematische weergave NIRS (1: lamp, 2: sensor, 3: drijfmest stroom), Midden: in-line gemonteerd, Rechts: onderzijde sensor⁴

Een NIRS sensor kan in principe op elke leiding waar mest doorheen gevoerd wordt, gemonteerd worden. De sensor staat in een hoek op de leiding waar mest doorheen stroomt. Door specifieke bandbreedtes te meten wordt er berekend hoeveel N en P_2O_5 er in de mest zit. Er worden zo'n 50 metingen per seconde uitgevoerd.

De afwijkingen van de NIRS sensoren worden door de juiste ijklijnen steeds kleiner gemaakt. Door het verder uitbreiden van het ijkmodel proberen fabrikanten de afwijking van hun NIRS sensortechniek steeds verder te verfijnen. Het NIRS systeem kan, afhankelijk van de mestsoort, idealiter meten met een afwijking van 3 tot 4%. Voornamelijk de gangbare mestsoorten als varkens- en rundveedrijfmest kunnen nauwkeurig gemeten worden. Bij mestsoorten die nog niet zo nauwkeurig gemeten kunnen worden, ontbreekt het vaak nog aan voldoende metingen voor het ijkmodel. Door veel metingen te doen en deze metingen te verwerken in het ijkmodel zullen fabrikanten zorgen voor steeds nauwkeurigere meetgegevens.

Voordelen: Om snel en veel resultaten te verkrijgen is NIR een geschikte optie. Het systeem is zowel toepasbaar voor droge mest als voor de natte fractie. Ook kan het systeem fosfaten, pH, droge stof en C/N ratio meten.

Nadelen: Het systeem is kostbaar (20.000 – 40.000 euro) en voor het opstellen van de kalibraties is het noodzakelijk om over analytische kennis te beschikken. Eénmaal het systeem gekalibreerd is, kan het NIRS systeem ingesteld worden dat de analyses door een operator (na opleiding) kunnen uitgevoerd worden.

3.3. FABRIKANTEN MET NIRS SENSORTECHNOLOGIE

De Duitse firma **Zunhammer** startte in 2005 in samenwerking met een Duitse universiteit met de ontwikkeling van een NIR-sensor. Omdat Zunhammer de elektronische aansturing van de bemesters zelf ontwikkelt, kan het de gegevens van de Tec 5-sensor van M-U-T GmbH relatief eenvoudig in de aansturing integreren. Sinds 2015 is de huidige Van-Control 2.0 leverbaar, die nu ook in de Benelux verkrijgbaar is. In Nederland werkt het bedrijf samen met **Eijkelkamp**. Met de sensortechniek heeft het inmiddels de nodige praktijkervaring opgedaan. De infraroodsensortechniek meet stikstof, fosfaat, kalium, ammonium en het droge stof gehalte in verschillende

vloeibare mestsoorten. Daarvoor zijn ijklijnen beschikbaar. De sensor meet iedere seconde de gehalten en berekent een gemiddelde uit. NIRS kan geplaatst worden zowel op transporttanks als op stationaire tanks. Naast NIRS op transporttanks wordt er ook geïnvesteerd om bemestingstanks met NIRS uit te rusten en zo de mogelijkheden voor precisiebemesting te vergroten. Indien het systeem is gemonteerd op een bemestingstank, kan de afgifte worden gevarieerd, in functie van de bekomen en de gewenste waarden. Deze pompregeling heeft Zunhammer gepatenteerd. De Van-Control 2.0 is te gebruiken op de mesttanks, mobiele pompstations van Zunhammer, sleepslangcombinaties en op zelfrijders met een Zunhammer opbouw.



VAN-Control 2.0 (Bron: www.zunhammer.de)

Een andere fabrikant van deze apparatuur is **Veenhuis**. Naast de toepassing van NIR analyse bij mesttransporten, werkt Veenhuis ook aan andere toepassingen van de NIR analysetechniek. Zo wordt deze ook toegepast voor het plaats specifiek precisie doseren op basis van de NPK gehalten bij het mest uitrijden. Hiervoor heeft Veenhuis haar Nutriflow systeem ontwikkeld. Zij maken hierbij gebruik van een sensor afkomstig van het Duitse Polytec (importeur: B&N Proscan). Veenhuis positioneert zijn NutriFlow systeem als een all-in-one combinatie. Het systeem kan tijdens het uitrijden van drijfmest tegelijkertijd ook vloeibare kunstmest toedienen. Hiertoe hebben de mestuitlopen van de zodenbemester elk een aansluiting voor de toediening van vloeibare kunstmest. Zo kun je drijf- en kunstmest in één werkgang toedienen en de beschikbare stikstofruimte optimaal benutten, onafhankelijk van de drijfmestgift. De gps-sectieschakeling van zowel de drijfmest- als de kunstmestgift gaat per element.

John Deere ontwikkelt de technologie voor het sturen en de verwerking van de gegevens gemeten met de NIR sensoren. John Deere, die zelf geen mesttanks produceert, werkt samen met oa. Joskin, Vervaet, Fliegl en Samson. Naast de NIR analyse bij mesttransporten werd ook de inzetbaarheid van NIR bij precisiebemesting uitgewerkt. Het zogenoemde Manure Sensing project van John Deere resulteerde in de huidige HarvestLab NIR Sensor. De totale investering voor deze uitwisselbare sensor met kalibraties is zo'n 22.000 euro. De John Deere Organic Nutrient Management (Manure Sensing) meet real-time de nutriëntgehalten met de NIRS technologie tijdens het vullen en mestrijden. Doel van de techniek is om heterogene vrachten drijfmest zo homogeen mogelijk uit te rijden op bijvoorbeeld akkerbouwgewassen. Bijkomend voordeel van het systeem is dat de gebruiker precies weet hoeveel mineralen zijn uitgereden en hij kan daarop nauwkeurig zijn bijmest hoeveelheden op afstemmen. Doel is uiteindelijk een efficiënter gebruik van mest en besparing op de kunstmestgift. Bij de dosering kan de bestuurder van de mesttank een streefwaarde voor één nutriënt en een grenswaarde voor de tweede nutriënt ingeven (bijvoorbeeld: N als instelwaarde en grens dosering voor P). Ook is er de mogelijkheid om aanvullende mineralenbemesting uit te voeren op een basis taak-kaart. De NIR-sensor wordt bevestigd op de aanvoerslang tussen de mesttank en de bemester.

Ook **D-TEC** (behorende tot de **Vlastuin Group**), fabrikant van tanktrailers, heeft een aantal trailers uitgerust met een NIR sensor om alzo de nutriënten online te kunnen meten. In de monsterbuis van de tanktrailer meet de NIR-sensor de mest en stelt real time de gehalten in de mest aan stikstof, fosfaat, kalium vast. Dit is belangrijk, omdat de nutriënten-samenstellingen in drijfmest kan verschillen. Zowel tussen mest van verschillende diersoorten, als binnen één partij drijfmest. De D-TEC mesttanktrailer met een NIR-sensor biedt de eindgebruiker de mogelijkheid om real time te anticiperen op de nutriëntensamenstelling van de mest. Nutriënten kunnen bijgemengd worden totdat de juiste NPK-verhouding bereikt is. Zo kan de gebruiker in één bewerkinggang de totale mestbehoefte toedienen.

3.4. INZETBAARHEID VAN DE NIRS TECHNOLOGIE BIJ MESTTRANSPORTEN

Om na te gaan of de bestaande NIRS systemen inzetbaar zijn om stikstof- en fosfaatgehalten van een vracht drijfmest te meten werd in Nederland een pilotstudie uitgevoerd door de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) in opdracht van het ministerie van Economische Zaken. In deze studie (uitvoering in 2015-2016) werd getest of de bepaling met NIRS tot gelijkwaardige stikstof- en fosfaatgehalten van een vracht leidt als meting volgens het huidige systeem van bemonstering en nat-chemische analyses. Een samenvatting van deze studie is beschreven in HOOFDSTUK 4.

HOOFDSTUK 4. BESPREKING NEDERLANDSE PILOT STUDIE NIRS

In Nederland heeft het ministerie van Economische Zaken de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) verzocht om een pilot studie uit te voeren waarin getest wordt of de bepaling met Nabij Infra Rood Spectroscopie (NIRS) tot gelijkwaardige stikstof- en fosfaatgehalten van een vracht drijfmest leidt als meting volgens het huidige systeem van bemonstering en nat-chemische analyse. In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de belangrijkste resultaten. Het volledige rapport is online beschikbaar¹.

Deze pilot studie werd in 2016 uitgevoerd in samenwerking met 4 bedrijven in Nederland. Elk bedrijf had een afzonderlijk type NIRS apparaat. De resultaten werden besproken met de deelnemers aan de pilot studie: Veenhuis, Vlastuin (D-TEC), John Deere en Eijkelkamp. Het advies werd in 2017 opgeleverd. In 2018 werd deze studie online ter beschikking gesteld.

Op basis van een statistische analyse werd bepaald dat minimaal 260 vrachten mest moesten worden bemonsterd voor een statistisch betrouwbare beoordeling van elk afzonderlijk NIRS-apparaat. Het uitgangspunt was dat alle soorten drijfmest met NIRS moeten kunnen worden geanalyseerd. Als doel werd gesteld dat 95% van de NIRS-metingen niet meer dan 15% mocht afwijken van de laboratoriumresultaten

De resultaten van de pilot studie laten zien dat de NIRS-apparatuur van geen van de vier deelnemers voldoet aan de nauwkeurigheidseisen die wettelijk werden gesteld aan de bepaling van het stikstof- en fosfaatgehalte van een vracht drijfmest. Deze conclusie is gebaseerd op de metingen waarbij de NIRS-meting op dezelfde momenten heeft plaatsgevonden als de monsternomenten bij automatische bemonstering volgens het huidige voorgeschreven protocol.

Uit het rapport blijkt dat met name bij lage gehalten aan fosfaat en stikstof de NIRS sensor de waarden overschat, bij hoge gehalten geven de NIRS-metingen juist iets te lage waarden aan. Positief is wel dat bij één van de vier deelnemers de stikstofmetingen in twee van de drie meetperiodes wél aan de maximale afwijking van 15% voldoet. Ook werd vastgesteld dat bij één bedrijf de resultaten gedurende de testperiode nauwkeuriger werden. De onderzoekers stelden voor om de ijklijnen per mestsoort aan te passen, waarbij de NIRS sensor zelf de mestsoort herkent, om dan zelf de juiste ijklijn te kiezen en vervolgens te meten.

Bij de resultaten van de pilot studie dienen ook een aantal kanttekeningen gemaakt te worden. De opzet van de pilot studie was dat de NIRS-sensoren tijdens de proef tegelijk met de automatische monsternamen op de oplegger een meting uitvoerde. Standaard is dit vijf keer per lading. Vermits een NIRS-sensor meerdere keren per seconde een meting kan uitvoeren, kunnen van alle vrachten ook de gehalten bepaald worden op basis van het meten van de hele tank. Dit kan ook een invloed hebben op de nauwkeurigheid/variatie van de gehalten aan stikstof en fosfaat. Verder zijn de

¹ P. Hoeksma, A. Aarnink, *Bepaling van het stikstof- en fosfaatgehalte van een vracht drijfmest door middel van Nabij Infra rood Spectroscopie (NIRS) – Resultaten van een pilot*, Wageningen, Animal Sciences Group, Liverpool Research, 2017, https://www.wur.nl/upload_mm/a/4/c/5c9bacd0-7f55-4bbd-bd96-3500d33d11bf_1719219_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf

metingen van de NIRS-sensoren tijdens de proef vergeleken met de analyse van één laboratorium. Bijgevolg werd de interlaboratorium meetspreiding niet mee in rekening gebracht.

Volgende aanbevelingen werden door de onderzoekers geformuleerd:

- aanvullende analyses uit te voeren van de NIRS-metingen over hele vrachten om vast te stellen of op deze wijze een grotere nauwkeurigheid van NIRS kan worden bereikt;
- een data-analyse uit te voeren per mestsoort, mits voldoende waarnemingen beschikbaar zijn, om vast te stellen of NIRS voor bepaalde mestsoorten wel aan de vereiste nauwkeurigheid kan voldoen.

4.1. OPZET VAN DE PILOT STUDIE

De pilot studie werd uitgevoerd bij 4 bedrijven en was gericht op het analyseren van vrachten drijfmest met NIRS. Vier NIRS-systemen werden vergeleken met de referentiemethoden voor de bepaling van N en P₂O₅ in drijfmest. Het doel was om alle soorten drijfmest met NIRS te analyseren en als eis werd gesteld dat minstens 260 vrachten moesten geanalyseerd worden, verdeeld over zes categorieën drijfmest:

- Code 50. Drijfmest vleesvarkens: minimaal 100 vrachten.
- Code 14. Drijfmest rundvee: minimaal 50 vrachten.
- Code 46. Drijfmest fokzeugen: minimaal 50 vrachten.
- Code 18. Kalveren, witvlees: minimaal 20 vrachten.
- Code 19. Kalveren, rosévlees: minimaal 20 vrachten.
- Minimaal 5 vrachten digestaat en minimaal 4 overige mestsoorten (waaronder dunne fracties, mineralenconcentraten) of mengsels van verschillende mestsoorten: tezamen minimaal 20 vrachten.

De bemonstering heeft vooral plaatsgevonden in het voorjaar en de zomer van 2015. Binnen 12 uur na bemonstering werden de NIRS resultaten gerapporteerd. De nat-chemische laboratorium analyses werden uitgevoerd bij een voor mest geaccrediteerd laboratorium. Er werd een statistische analyse uitgevoerd om de gelijkwaardigheid van de metingen met NIRS ten opzichte van het huidige systeem te toetsen.

De ijklijnen van het NIRS meetsysteem werden beheerd door de deelnemers en maakten geen deel uit van de evaluatie.

Het uitgangspunt in dit vergelijkend onderzoek was dat de relatieve fout van de NIRS-methode kleiner moest zijn dan de eis die in de regelgeving aan de relatieve fout wordt gesteld, namelijk 15% (2 x standaarddeviatie) voor zowel N als P₂O₅. In de analyse werd tevens onderscheid gemaakt tussen systematische en toevallige verschillen. Eerst werd vastgesteld of er geen systematische verschillen waren tussen de NIRS-methode en de referentiemethode. Vervolgens werd getoetst of de relatieve verschillen kleiner waren dan de vereiste 15% in 95% van de waarnemingen. Zeer duidelijke uitbijters werden in de analyse buiten beschouwing gelaten (relevant voor 1 stikstofwaarde en voor 4 fosfaatwaarden).

Bijkomend dient opgemerkt te worden dat bij drie deelnemers de laboratorium metingen niet altijd werden uitgevoerd op de individuele monsters, maar ook op mengmonsters. Bij mengmonsters is een één op één vergelijking tussen NIRS en referentiemethode niet mogelijk omdat NIRS dan op de afzonderlijke vrachten werd uitgevoerd en de nat-chemische analyse op een enkel mengmonster. Bijgevolg werd de evaluatie opgesplitst in 3 niveau's: resultaten van 1) geen mengmonsters, 2) mengmonsters, en 3) alle monsters.

4.2. RESULTATEN

In dit rapport worden enkel de samenvattende resultaten van totaal stikstof besproken. De resultaten voor fosfaat en de details van de pilot studie zijn beschikbaar in het Nederlandse studie.

Vermits er ook analyses werden uitgevoerd op mengmonsters, werden de vrachten met mengmonsters als volgt behandeld. Per mengmonster is een gemiddelde NIRS-analyse berekend, waarbij rekening is gehouden met de monstergewichten waarvan het mengmonster werd samengesteld. Er is een 'gewogen' gemiddelde NIRS-resultaat berekend door elke NIRS-analyse te vermenigvuldigen met het monstergewicht en vervolgens te delen door de som van de monstergewichten.

De resultaten in dit hoofdstuk zijn overgenomen uit de pilot studie:

P. Hoeksma, A. Aarnink, *Bepaling van het stikstof- en fosfaatgehalte van een vracht drijfmest door middel van Nabij Infra rood Spectroscopie (NIRS) – Resultaten van een pilot*, Wageningen, Animal Sciences Group, Liverpool Research, 2017, https://www.wur.nl/upload_mm/a/4/c/5c9bacd0-7f55-4bbd-bd96-3500d33d11bf_1719219_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf

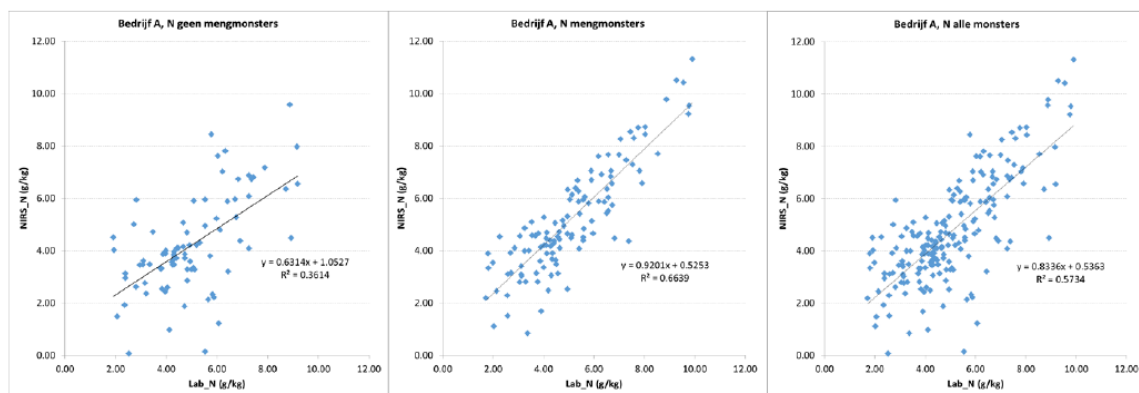
4.2.1. RESULTATEN BEDRIJF A

Van de 320 vrachtmonsters werden er 84 individueel geanalyseerd, terwijl 236 vrachten zijn samengesteld uit monsters van meerdere vrachten.

De resultaten van de vergelijkende lineaire regressie (zie Figuur 3) is als volgt:

- Resultaten individuele monsters: $y = 0.6314x + 1.0527$; $R^2 = 0.3615$
- Resultaten mengmonsters: $y = 0.9201x + 0.5253$; $R^2 = 0.6639$
- Resultaten alle monsters: $y = 0.8336x + 0.5363$; $R^2 = 0.5734$

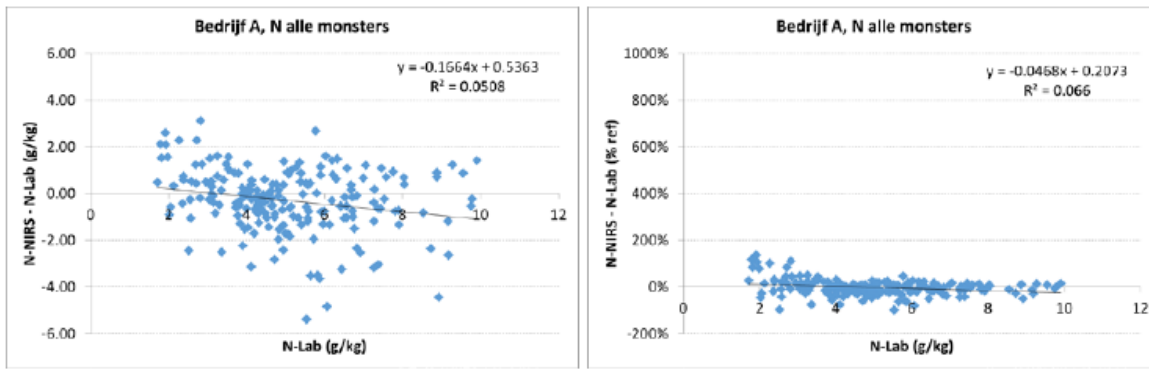
De resultaten tonen aan dat de NIRS analyses systematisch afwijken van de Lab-analyses voor de verschillende monsters.



Figuur 3 Resultaten X/Y analyse (bedrijf A) voor stikstof voor individuele vrachtmonsters, voor mengmonsters en voor alle monsters

In Figuur 4 is het absolute en het relatieve verschil tussen de NIRS-analyse en de Lab-analyse uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof. Bij lage niveaus wordt bij NIRS het stikstof gehalte

overschat en bij hoge niveaus onderschat. Het relatieve verschil tussen NIRS- en Lab-analyse is bij lage niveaus groter dan bij hoge niveaus.



Figuur 4 Absolute en relatieve verschillen tussen NIRS en Lab-analyse, uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof voor bedrijf A

Bij het berekenen van de toevallige fout van NIRS wordt vastgesteld dat deze afneemt met toenemend stikstofgehalte. De relatieve fout van NIRS is in alle N-ranges groter dan de vereiste 15% voor 2 x standaard deviatie; en is gesitueerd gaande van 77% bij stikstofgehaltenes ≤ 4 g/kg tot 39% bij stikstofgehaltenes > 8 g/kg.

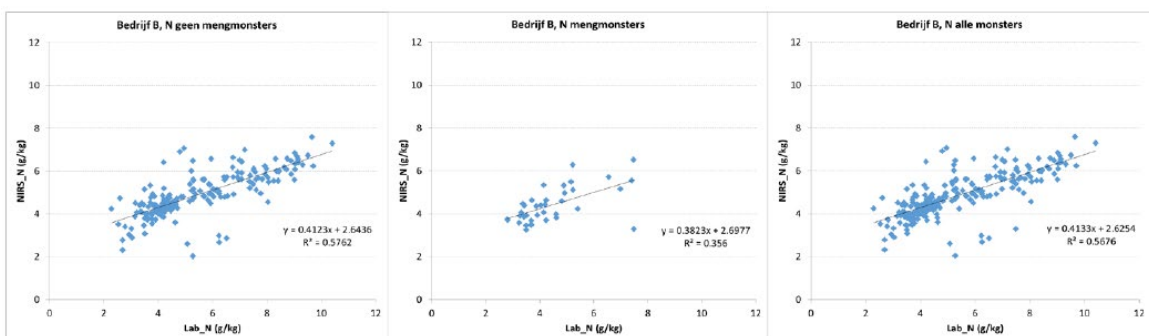
4.2.2. RESULTATEN BEDRIJF B

Van de 310 vrachtmonsters werden er 200 individueel geanalyseerd, terwijl 110 vrachten zijn samengesteld uit monsters van meerdere vrachten.

De resultaten van de vergelijkende lineaire regressie (zie Figuur 5) is als volgt:

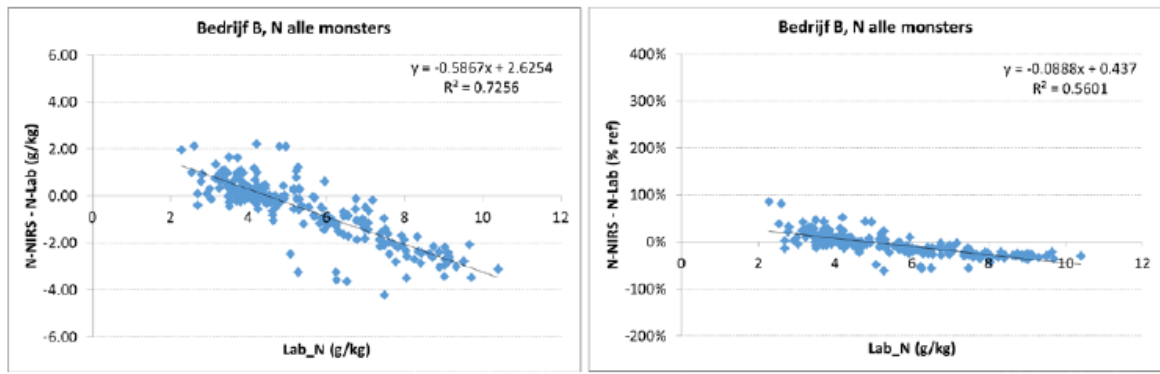
- Resultaten individuele monsters: $y = 0.4123x + 2.6436$; $R^2 = 0.5762$
- Resultaten mengmonsters: $y = 0.3823x + 2.6977$; $R^2 = 0.3560$
- Resultaten alle monsters: $y = 0.4133x + 2.6254$; $R^2 = 0.5676$

De resultaten tonen aan dat de NIRS analyses systematisch afwijken van de Lab-analyses voor de verschillende monsters.



Figuur 5 Resultaten X/Y analyse (bedrijf B) voor stikstof voor individuele vrachtmonsters, voor mengmonsters en voor alle monsters

In Figuur 6 is het absolute en het relatieve verschil tussen de NIRS-analyse en de Lab-analyse uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof. Bij lage niveaus wordt bij NIRS het stikstof gehalte overschat en bij hoge niveaus onderschat. Het relatieve verschil tussen NIRS- en Lab-analyse is bij lage niveaus groter dan bij hoge niveaus.



Figuur 6 Absolute en relatieve verschillen tussen NIRS en Lab-analyse, uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof voor bedrijf B

De relatieve fout van de NIRS metingen is in alle N-ranges groter dan de vereiste 15% voor 2 x standaard deviatie en varieert tussen 23 en 29% (afhankelijk van het stikstofgehalte).

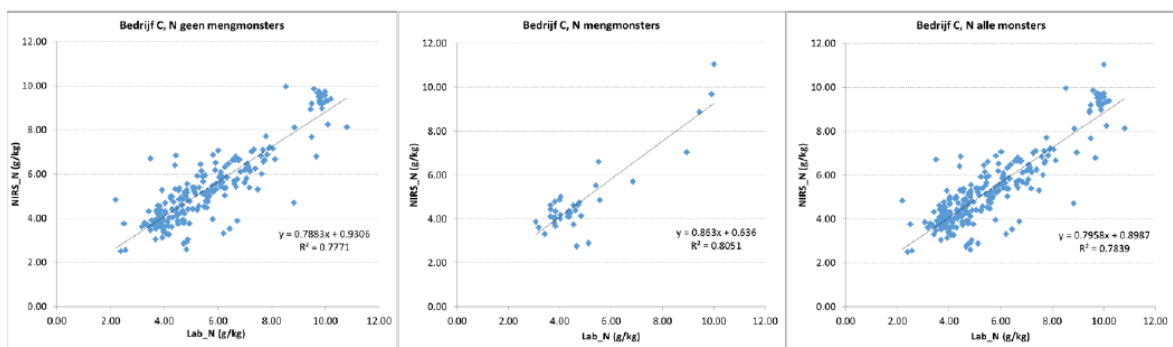
4.2.3. RESULTATEN BEDRIJF C

Van de 335 vrachtmonsters werden er 236 individueel geanalyseerd, terwijl 99 vrachten zijn samengesteld uit monsters van meerdere vrachten.

De resultaten van de vergelijkende lineaire regressie (zie Figuur 7) is als volgt:

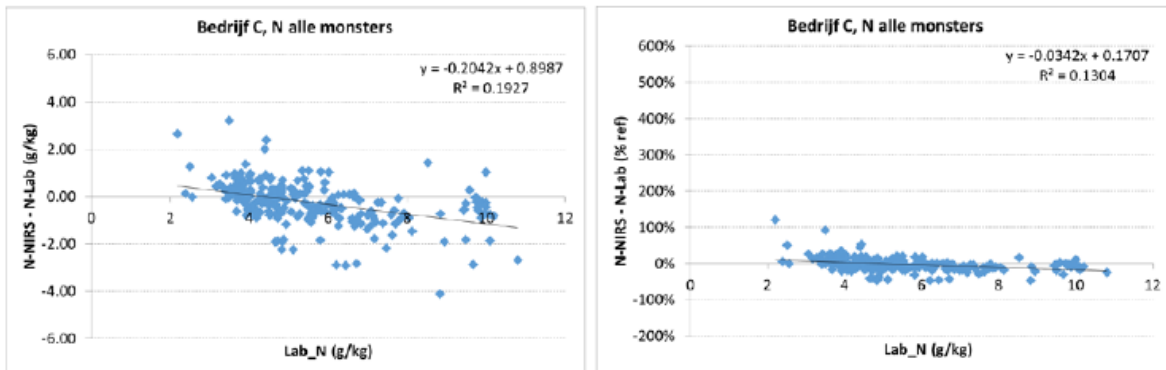
- Resultaten individuele monsters: $y = 0.7883x + 0.9306$; $R^2 = 0.7771$
- Resultaten mengmonsters: $y = 0.863x + 0.636$; $R^2 = 0.8051$
- Resultaten alle monsters: $y = 0.7958x + 0.8987$; $R^2 = 0.7958$

De resultaten tonen aan dat de NIRS analyses systematisch afwijken van de Lab-analyses voor de verschillende monsters.



Figuur 7 Resultaten X/Y analyse (bedrijf C) voor stikstof voor individuele vrachtmonsters, voor mengmonsters en voor alle monsters

In Figuur 8 is het absolute en het relatieve verschil tussen de NIRS-analyse en de Lab-analyse uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof. Bij lage niveaus wordt bij NIRS het stikstof gehalte overschat en bij hoge niveaus onderschat. Het relatieve verschil tussen NIRS- en Lab-analyse is bij lage niveaus groter dan bij hoge niveaus.



Figuur 8 Absolute en relatieve verschillen tussen NIRS en Lab-analyse, uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof voor bedrijf C

Bij het berekenen van de toevallige fout van NIRS wordt vastgesteld dat deze afneemt met toenemend stikstofgehalte. De relatieve fout van de NIRS metingen is in alle N-ranges groter dan de vereiste 15% voor 2 x standaard deviatie; en is gesitueerd gaande van 33% bij stikstofgehaltenes ≤ 4 g/kg tot 19% bij stikstofgehaltenes > 8 g/kg.

Bedrijf D heeft aangegeven dat ze ook een leereffect verwachten tijdens het verloop van de pilot studie. Verwerking van de data ingedeeld in 3 perioden geeft geen duidelijke verlaging van de relatieve fout van de NIRS metingen. Bijna alle 2 x s.d. waarden liggen boven het vereist maximum van 15%.

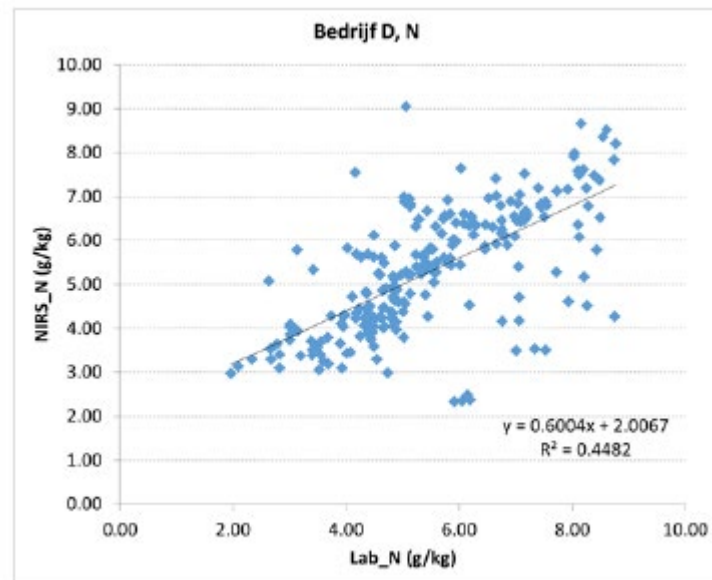
4.2.4. RESULTATEN BEDRIJF D

Bij bedrijf D zijn er 250 vrachten beschikbaar waarbij zowel NIRS analyses als Lab-analyses werden uitgevoerd op individuele monsters.

De resultaten van de vergelijkende lineaire regressie (zie Figuur 9) is als volgt:

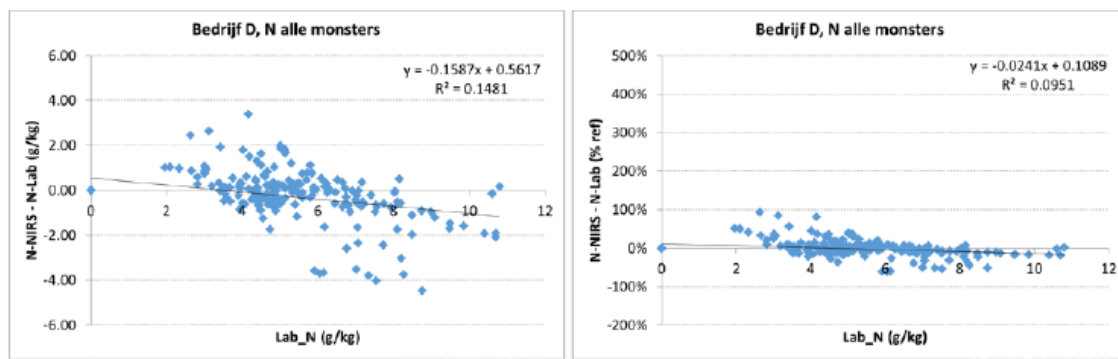
- Resultaten individuele monsters: $y = 0.6004x + 2.0067$; $R^2 = 0.4482$

De resultaten tonen aan dat de NIRS analyses systematisch afwijken van de Lab-analyses voor de individuele monsters.



Figuur 9 Resultaten X/Y analyse (bedrijf D) voor stikstof voor individuele vrachtmonsters

In Figuur 10 is het absolute en het relatieve verschil tussen de NIRS-analyse en de Lab-analyse uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof. Bij lage niveaus wordt bij NIRS het stikstof gehalte overschat en bij hoge niveaus onderschat. Het relatieve verschil tussen NIRS- en Lab-analyse is bij lage niveaus groter dan bij hoge niveaus.



Figuur 10 Absolute en relatieve verschillen tussen NIRS en Lab-analyse, uitgezet tegen de Lab-analyse voor stikstof voor bedrijf C

De relatieve fout van de NIRS metingen is voor alle N-ranges groter dan de vereiste 15% voor 2 x standaard deviatie en is gesitueerd tussen 32 en 38%.

Bedrijf C heeft op 2 momenten in de studie de ijklijn aangepast op basis van de beschikbare resultaten. De resultaten werden bijkomend verwerkt in functie van de 3 perioden. In periode 1 varieerde de relatieve fout tussen 24 en 53%, terwijl deze in periode 2 beduidend lager is en onder het vereiste maximum van 15% ligt. In periode 3 was er opnieuw een verhoging waarneembaar naar 17% (bij N-gehaltenes tussen 4 en 8 g/kg) tot 39% (bij N-gehaltenes \leq 4 g/kg). Dit kan samenhangen met de bemonsterde mestsoort. In perioden 1 en 2 zijn vooral vleesvarkensmest, rundveemest en in wat mindere mate zeugenmest bemonsterd, terwijl in periode 3 ook een aantal

monsters zijn genomen van kalvergier en gemengde mest van pluimveemest (mestband en drijfmest) en vleesvarkensmest.

4.3. BESLUIT VAN DEZE PILOT STUDIE

De resultaten van deze pilot studie laten zien dat de NIRS-apparatuur van geen van de vier deelnemers voldoet aan de nauwkeurigheidseisen die wettelijk worden gesteld aan de bepaling van het stikstof gehalte van een vracht drijfmest.

De resultaten tonen dat de relatieve fout van NIRS afneemt bij stijgende gehalten aan stikstof. Verder blijkt dat NIRS bij lage referentiewaarden de N-concentraties overschat en bij hoge referentiewaarden deze concentraties onderschat. Deze trends worden bij alle NIRS-apparaten waargenomen. Hierin lijkt een mogelijkheid te zitten voor een ijklijncorrectie.

Deze conclusie is gebaseerd op de metingen waarbij de NIRS-meting op dezelfde momenten heeft plaatsgevonden als de monsternomenten bij automatische bemonstering volgens het huidige voorgeschreven protocol.

Volgende aanbevelingen werden gedaan:

- Uitvoeren van aanvullende analyses van de NIRS-metingen over hele vrachten om vast te stellen of op deze wijze een grotere nauwkeurigheid van NIRS kan worden bereikt. Van drie van de vier deelnemers zijn de gegevens daarvoor beschikbaar.
- Uitvoeren van een data-analyse per mestsoort, mits voldoende waarnemingen beschikbaar zijn, om vast te stellen of NIRS voor bepaalde mestsoorten wel aan de vereiste nauwkeurigheid kan voldoen. (Dit werd tot op heden nog niet uitgevoerd)
- Beleggen van een bijeenkomst met de vier deelnemers aan de pilot studie om de toekomstperspectieven van NIRS te bespreken. (Workshop werd georganiseerd)

4.4. VERVOLG VAN DEZE STUDIE

Uit persoonlijke communicatie met de auteur van de Nederlandse studie kan volgende informatie nog meegegeven worden. Op dit moment is er nog geen besluit genomen hoe verder wordt gegaan met deze studie. De auteurs hebben de bovenstaande aanbevelingen gedaan en aangegeven dat de kalibratie van het NIRS systeem verder moet geoptimaliseerd worden.

Er werd met de diverse betrokken partijen een workshop georganiseerd om de bevindingen te bespreken. Uit deze workshop kwam naar voren dat het NIRS systeem interessant is wat betreft de mogelijkheden voor de Nederlandse mestregelgeving, maar dat er nog een probleem is van nauwkeurigheid van deze NIRS metingen.

De deelnemende bedrijven zagen mogelijkheden om de systemen nauwkeuriger te maken en zijn hiermee bezig. Zij dienen een voorstel uit te werken zodat ze kunnen aantonen dat het NIRS systeem voldoende nauwkeurig is om op termijn ingezet te kunnen worden in het kader van de mestregelgeving.

HOOFDSTUK 5. TERUGKOPPELING NIRS IN PRAKTIJK IN VLAANDEREN

In Vlaanderen werd door het loonwerkbedrijf van Werner Van Laethem in 2017 het NIRS systeem geëvalueerd. Voor deze praktijkervaring werd het NIRS meetsysteem van John Deere (NI) uitgetest.

Omdat de samenstelling van mest in de mestput zeer veranderlijk is (verschil tussen begin en einde van de mestput), kan deze afwijken van de forfaitaire inhouden die vermeld staan op de mestafzetdocumenten. Om de kwaliteit van de aangevoerde mest te evalueren en bijgevolg een correctere nutriëntsamenstelling te hebben, is een continue meting met het NIRS systeem een meerwaarde voor deze loonwerker. Zowel bij het aanzuigen van de mest in de tankwagons als bij de bemesting zelf kan het NIRS systeem van nut zijn.

Bij het loonwerkbedrijf werden laboratorium analyses van de mestput afgetoetst aan de NIR metingen. Gedurende 14 dagen werden systematisch analyses uitgevoerd (droge stof, totaal N) met beide methoden en werden deze teruggekoppeld aan de leverancier van het meetsysteem. Bij het opvolgen van de putanalyses met de NIR sensor werd vastgesteld dat de totaal N resultaten in het begin van de put vergelijkbaar zijn met deze op einde van de put, maar wel systematisch te hoge afwijkingen tussen de analyseresultaten van de 2 methoden. Bij fosfaat was er een verloop in de resultaten tussen het begin en het einde, maar werd wel een correcte (vergelijkbare) waarde gemeten.

Er werden voor totaal N systematisch te hoge afwijkingen vastgesteld. Voor fosfaat waren de resultaten beter in overeenstemming. De afwijking voor totaal N was steeds eenzelfde constante afwijking. Bij varkensmest werd te veel totaal N gemeten (± 1 eenheid), bij rundsveemest te weinig totaal N. Bij de NIR metingen werd er een verschil waargenomen tussen varkensmest en zeugmest. Het lijkt zinvol om een formule in te bouwen voor het berekenen van de parameterwaarde die rekening houdt met het droge stofgehalte. Zeugendrijfmest ($\pm 50\%$) heeft immers een lagere droge stof dan varkendrijfmest ($\pm 83\%$).

De meetresultaten werden naar leverancier/constructeur gestuurd en deze heeft de kalibratie van de verschillende parameters bijgestuurd. De laatste update werd bezorgd op de laatste dag van het mestseizoen, waardoor er geen info beschikbaar is over de resultaten met aangepaste kalibratie. Bij de totaal N resultaten werd bijv. schommelingen bekomen tussen 6.8 en 7.2 eenheden, dus schommelingen zijn binnen een aanvaardbare range, maar de meetwaarden lagen te hoog.

Het systeem werd ook gebruikt voor de bemesting, maar de instellingen werden dan in functie van de bekomen laboresultaten bijgestuurd. De bemesting kan uitgevoerd worden per tonnage of per inhoud. Bijsturing door inhoud gebeurt door de mest continue te meten en bij te sturen wanneer nodig. De dosering gebeurt via een pomp en dit i.f.v. de snelheid van de traktor en de inhoud. Het NIRS meetsysteem is in staat om kleurkaarten af te printen voor de parameters N, P, K en droge stof. Dit dient nog wel verder geoptimaliseerd te worden.

De testen van bemesting werden uitgevoerd op verschillende teelten oa. suikerbieten, granen, gras, maïs. Bij suikerbieten werd het beste resultaat bekomen. Suikerbiet is de beste plant om uit te testen. De teelt van suikerbieten is zeer gevoelig aan de bemesting en dit is visueel zichtbaar. Bij bemesting met NIR systeem werden zeer homogene suikerbieten bekomen (visueel zichtbaar), met zeer homogene kleur. Indien bemesting niet in optimaal is, krijgt de suikerbiet een donkergroene

strook. Bij overbemesting gaat bovendien de suikergehalte achteruit, dus het NIRS meetsysteem heeft voor deze applicatie een zeer grote meerwaarde.

Bij granen is het resultaat visueel minder zichtbaar. Bij maïs heeft het naar de teelt toe slechts een beperkte invloed. Bij maïs moet er voldoende mest zijn, maar overbemesting heeft weinig invloed op het uiteindelijke resultaat van de teelt. Bij maïs is bijbemesting met rijbemesting nodig, maar dat resulteert in een verschil in de fosfaatkaart. Maïs is niet zo stikstof gevoelig, maar wel fosfaat gevoelig. Bijbemesting kan dan leiden tot problemen. Met behulp van het NIRS meetsysteem kan de bijbemesting bijgestuurd worden zodat de fosfaatkaart sterk verbetert.

Volgende voordelen van het NIRS meetsysteem worden door de loonwerker erkend:

- Betere teelten
- Economisch rendabeler
- Milieuvriendelijker

Voor de laboratorium analyses van de monsters werden deze bezorgd aan 2 verschillende laboratoria. Door het loonwerkbedrijf werd aangekaart dat er een verschil in resultaat van totaal stikstof en fosfaat waarneembaar is tussen de verschillende laboratoria. Voor het op punt stellen van de kalibratielijnen van het NIRS meetsysteem kan dit leiden tot verschillen, afhankelijk van welke meetwaarden worden weerhouden. Een aandachtspunt voor het op punt stellen van de kalibratielijnen is dat betrouwbare totaal N en fosfaat resultaten hiervoor worden gebruikt.

Belangrijke aspecten voor dit loonwerkbedrijf voor het inzetten van het NIRS meetsysteem:

- Controle uitvoeren op de aangevoerde mest, zodat een meer representatieve samenstelling van de mest gekend is (en niet de forfaitaire waarde)
- Mbv de bekomen resultaten van de NIR sensor signalen geven aan VLM wanneer er zaken niet kloppen

Op basis van deze praktijktesten is dit loonwerkbedrijf overtuigd van de meerwaarde van het NIRS meetsysteem, en voornamelijk om in te zetten bij de precisiebemesting. De NIRS-techniek laat toe om plaats specifiek te gaan bemesten waarbij niet meer in kuubs mest per ha wordt gedacht, maar in kilogrammen stikstof en fosfor. Dit kan door op de bemesters continu de inhoud van de drijfmest te analyseren en zo de dosering aan te passen.

HOOFDSTUK 6. PERSPECTIEF VAN NIRS VOOR DE ANALYSE VAN MEST

Verdere ontwikkeling van de NIRS techniek wordt mede mogelijk gemaakt door de Europese Unie. Het project *'NIRS technologie om mestgebruik en milieubelasting drastisch te verminderen'* ontvangt subsidie van het operationeel programma (OP) EFRO Oost-Nederland. Het programma zet zich onder andere in voor innovatiestimulering en koolstofarme economie. De looptijd van dit project is van 1 november 2017 tot 31 oktober 2019. Dit project houdt in dat in het kader van optimalisatie van de precisiebemesting Veenhuis Machines B.V. een real-time mobiel mestanalyse apparaat gaat ontwikkelen. Het apparaat moet in staat zijn om een snelle en betrouwbare mestanalyse te maken. Door middel van het integreren van NIR (Near Infra Red) Spectrometrie, kan het apparaat voor mesttransport de laboratoriumtesten op termijn vervangen. Zodoende zorgt het voor een efficiëntere en betrouwbare basis voor de mestboekhouding. Er hoeft niet gewacht te worden op uitslagen van laboratoriumtesten. Met dat voordeel kan de mest ook eerder worden aangewend. Een ander voordeel wordt gevormd doordat bij het uitrijden van de mest het nutriëntengehalte van de mest direct beschikbaar is. NIRS kan tevens bij het uitrijden automatisch plaats specifiek gedoseerd worden in kg stikstof of fosfaat wat precisiebemesting optimaliseert. Om dit te realiseren is het doel van dit project onder meer het integreren van NIRS op mesttanks en -voertuigen.

De NIRS-analyse meet de afzonderlijke waarden van stikstof, fosfaat, kalium, ammonium en droge stof voor en tijdens de aanwending van de organische mest. Door deze techniek te integreren op een mobiel apparaat, wordt het mogelijk om bodem en gewas op een plaats specifieke manier te voorzien van de juiste nutriëntenbehoeftes. Zo wordt precisielandbouw optimaal benut en haalbaar voor iedereen.

HOOFDSTUK 7. BESLUIT

De resultaten van de Nederlandse pilot studie laten zien dat de NIRS-apparatuur van geen van de vier deelnemers voldoet aan de nauwkeurigheidseisen die wettelijk worden gesteld aan de bepaling van het stikstof gehalte van een vracht drijfmest. De resultaten tonen dat de relatieve fout van de NIRS metingen afneemt bij stijgende gehalten aan stikstof. Verder blijkt dat NIRS bij lage referentiewaarden de N-concentraties overschat en bij hoge referentiewaarden deze concentraties onderschat. Deze trends worden bij alle NIRS-apparaten waargenomen. Hierin lijkt een mogelijkheid te zitten voor een ijklijncorrectie. Als conclusie werd aangegeven dat het NIRS systeem potentieel heeft, maar dat nader onderzoek en uitwerking nodig is voordat besloten kan worden of dit daadwerkelijk ingevoerd kan worden voor de verantwoording van fosfaat en stikstof zoals dat in de Meststoffenwet is voorgeschreven.

In Vlaanderen werd het NIRS systeem ook geëvalueerd, voornamelijk naar inzetbaarheid bij bemesting. NIRS is toepasbaar en heeft zeker potentieel om ingezet te worden om kwantitatief totaal stikstof en fosfaat online te meten. De techniek is op dit moment nog onvoldoende ontwikkeld om onmiddellijk in te zetten om de mestboekhouding van een bedrijf op te volgen. De grootste limiterende factor blijft de kalibratie. Voor de analyses in Vlaanderen en Nederland is het noodzakelijk dat een kalibratiemodel op punt wordt gesteld met resultaten van mestmonsters gecollecteerd in Vlaanderen. Het is van essentieel belang dat de kalibratie wordt opgesteld met de juiste data. Correctie met het droge stof gehalte bij de online meting kan het uiteindelijke resultaat verbeteren.

Op basis van de huidige stand van zaken van de NIRS techniek kan gesteld worden dat het systeem inzetbaar is om een meer efficiëntere bemesting en precisiebemesting uit te voeren, maar de techniek is momenteel nog niet voldoende op punt om in te zetten voor het opvolgen van de mestboekhouding van een bedrijf.

Indien een volgende stap zou genomen worden in dit proces, zouden de verschillende fabrikanten moeten gecontacteerd worden om te bekijken op welke wijze de kalibratie kan geüniformiseerd worden en gestroomlijnd worden met de Vlaamse meetgegevens.

LITERATUURLIJST

-
- ¹ P. Hoeksma, A. Aarnink, *Bepaling van het stikstof- en fosfaatgehalte van een vracht drijfmest door middel van Nabij Infra rood Spectroscopie (NIRS) – Resultaten van een pilot*, Wageningen, Animal Sciences Group, Livestock Research, 2017, https://www.wur.nl/upload_mm/a/4/c/5c9bacd0-7f55-4bbd-bd96-3500d33d11bf_1719219_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf
- ² Compendium Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het Mestdecreet, <https://emis.vito.be/nl/referentielabo-vlm>
- ³ W. Veenhuis, <http://precisielandbouw.groenkennisnet.nl/NIRS%20Mestgehalten%20bepalen.ashx>
- ⁴ Teus van Laar, *Bemesting op maat*, Scriptie bachelorafsluiting agrotechnologie (FTE-80812), Agrarische Bedrijfstechnologie (FTE), februari 2010.