

VROEGTIJDIGE DETECTIE VAN MASTITIS MET HET COMBINEREN VAN GEZONDHEIDSINDICATOREN

VROEGTIJDIGE DETECTIE VAN MASTITIS MET HET COMBINEREN VAN GEZONDHEIDSINDICATOREN

Afstudeerwerkstuk

Onderzoek naar het realiseren van een vroegtijdige detectie van mastitis bij melkkoeien aan de hand van gezondheidsindicatoren gemeten met verschillende automatische detectiesystemen op melkveebedrijven waarbij de koeien gemolken worden met een melkrobot.

Auteur: Rik Vloedgraven
Studentnummer: 3026151
E-mail: 3026151@aeres.nl
Opleiding: Dier- en veehouderij
School: Aeres Hogeschool Dronten
Plaats en datum: Dronten, juni 2021

Afstudeerdocent: Joanneke Zandvliet
E-mail: j.zandvliet@aeres.nl

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u ligt mijn afstudeerwerkstuk. Dit onderzoek heb ik uitgevoerd als vierdejaars student als onderdeel van de opleiding dier- en veehouderij aan de Aeres Hogeschool in Dronten.

Het bedrijf waar ik in het voorjaar van 2021 mijn afstudeerstage heb mogen doen is BouMatic Robotics B.V. Zij hebben het aanleveren van de benodigde gegevens rondom het managementprogramma van de melkrobot verzorgd.

Ik wil graag mijn afstudeerdocent Joanneke Zandvliet, docent statistiek Sander Lourens, de medewerkers van de afdeling Research & Development van BouMatic Robotics B.V., mijn stagebegeleider Tom Huinink en melkveehouder Jan de Haan bedanken voor hun waardevolle hulp en begeleiding.

Ik wens u veel leesplezier.

Rik Vloedgraven

Dronten, juni 2021

Inhoud

Samenvatting.....	5
Summary	6
1. Inleiding	7
1.1. Vroegtijdige detectie	7
1.2. Automatische melksystemen	7
1.3. Automatisch detecteren van gezondheidsproblemen	8
1.4. Informatieoverdracht melkveehouder.....	9
1.5. Tekortkomingen	9
1.6. Doelstelling en vraagstelling.....	10
2. Materiaal en methode.....	12
2.1. Onderzoeksontwerp.....	12
2.1.1. Onderzoekseenheden	12
2.1.2. Variabelen.....	13
2.2. Verwerking en analyse gegevens	13
2.2.1. Deelvraag 1.....	13
2.2.2. Deelvraag 2.....	14
2.2.3. Deelvraag 3.....	14
2.2.4. Deelvraag 4.....	15
2.2.5. Afwijkende data.....	16
3. Resultaten.....	17
3.1. Deelvraag 1.....	17
3.2. Deelvraag 2.....	17
3.3. Deelvraag 3.....	18
3.4. Deelvraag 4.....	19
3.4.1. Model 1.....	19
3.4.2. Model 2.....	20
3.5. Hoofdvraag	21
3.5.1. Model 1.....	21
3.5.2. Model 2.....	21
4. Discussie	22
4.1. Interpretatie resultaten.....	22
4.2. Reflectie.....	22
4.3. Bereik.....	24
5. Conclusies en aanbevelingen	25
5.1. Conclusies.....	25

5.1.1.	Relevantie	26
5.2.	Aanbevelingen.....	26
5.2.1.	Advies	26
5.2.2.	Vervolgonderzoek	26
	Literatuurlijst	28
	Bijlage A: Checklist Schriftelijk Rapporteren	32

Samenvatting

Het onderwerp van dit onderzoek is het realiseren van een vroegtijdige detectie van mastitis bij melkkoeien op bedrijven waar de koeien gemolken worden met een melkrobot. Vroegtijdige detectie verlaagt de kosten van gezondheidsproblemen en het speelt een belangrijke rol in het vervullen van de behoeftes van een duurzame melkveehouderij. Het combineren van meerdere gezondheidsindicatoren kan helpen bij het realiseren van een efficiënte vroegtijdige detectie.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te verkrijgen in het verband tussen mastitis bij melkkoeien en de volgende gemeten gezondheidsindicatoren: melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot.

Hierbij kan de volgende hoofdvraag gesteld worden:

Wat is het verband tussen het optreden van mastitis bij melkkoeien en de gezondheidsindicatoren melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot op bedrijven waarbij gemolken wordt met een melkrobot?

Voor de gegevensvoorziening is gebruik gemaakt van zowel meetresultaten van de melkrobots op een Nederlands melkveebedrijf met 80 koeien als de behandelmomenten van mastitis op dat bedrijf in de onderzoeksperiode van juni 2017 tot en met maart 2021. Van de gemeten waarden van de verschillende gezondheidsindicatoren zijn per dag per individuele koe gebruikelijke waarden vastgesteld. De positieve en negatieve afwijkingen tussen de gebruikelijke waarden en de daggemiddelden zijn de onafhankelijke variabelen. Na verwerking zijn deze onafhankelijke variabelen gebruikt om twee regressiemodellen te ontwikkelen om het verband tussen de gezondheidsindicatoren en de afhankelijke variabele *ziekte* (wel of geen mastitis) aan te duiden.

Model 1 maakt gebruik van alle gezondheidsindicatoren, heeft zeven onafhankelijke variabelen na achterwaartse verwijdering en voorspelt mastitis met een aangepaste determinatiecoëfficiënt van 0,039. Model 2 maakt gebruik van alle gezondheidsindicatoren behalve de indicator celgetal, heeft uiteindelijk zes onafhankelijke variabelen en voorspelt mastitis met een aangepaste determinatiecoëfficiënt van 0,062. Hoewel dit onderzoek inzicht geeft in het verband heeft het ook zijn beperkingen. Met name de zeer lage aangepaste determinatiecoëfficiënten (<10%) laten zien dat de twee modellen niet direct praktisch toepasbaar zijn.

Ondanks dat de resultaten niet direct praktisch toepasbaar zijn toont dit onderzoek met de significante onafhankelijke variabelen in de modellen aan dat er aanmerkelijke mogelijkheden zijn voor vervolgonderzoek. Het is een waardevolle stap in de goede richting om op de juiste manier waarden van verschillende gezondheidsindicatoren te combineren voor het detecteren van mastitis en andere gezondheidsproblemen.

Het door producenten optimaliseren van managementprogramma's van melkrobots door gebruik te maken van de resultaten van het (vervolg)onderzoek biedt melkveehouders in de toekomst meer hulpmiddelen bij het omgaan met mastitis.

Summary

The subject of this study is the realization of an early detection of mastitis in dairy cows on farms where the cows are milked with a milking robot. Early detection reduces the cost of health problems and plays an important role in fulfilling the needs of sustainable dairy farming. Combining multiple health indicators can help achieve efficient early detection.

The aim of this study is to gain insight into the relationship between bovine mastitis and the measured health indicators: milk yield, conductivity, cell count, concentrate activity and visiting behaviour to the milking robot.

The following question is asked:

What is the relation between the occurrence of mastitis in dairy cows and the health indicators milk yield, conductivity, cell count, concentrate activity and visiting behaviour of the milking robot on farms where milking is done with a milking robot?

For data collection, both measurement results of the milking robots on a Dutch dairy farm with 80 cows and the treatment moments of mastitis on that farm were used during the research period from June 2017 to March 2021. Of the measured values of the different health indicators, standard values per day per individual cow have been established. The positive and negative deviations between the standard values and the daily averages are the independent variables. After processing, these independent variables were used to develop two regression models to indicate the relationship between the health indicators and the dependent variable *disease* (mastitis or not).

Model 1 uses all health indicators, has seven independent variables after backwards elimination and predicts mastitis with an adjusted coefficient of determination of 0.039. Model 2 uses all health indicators except cell count, has six independent variables after backwards elimination and predicts mastitis with an adjusted coefficient of determination of 0.062. Although this study provides insight into the relation, it also has its limitations. In particular, the very low adjusted coefficients of determination (<10%) show that the two models are not directly practically applicable.

Although the results are not directly practically applicable, the significant independent variables in the models show that there are serious possibilities for further research. It is a valuable step in the right direction to properly combine values of different health indicators for detecting mastitis and other health problems.

Using the results of (further) research by manufacturers to optimize management programs of milking robots offers dairy farmers more tools to deal with mastitis in the future.

1. Inleiding

In dit hoofdstuk komen de context, het theoretisch kader, de knowledge gap, de hoofdvraag, de deelvragen en de doelstelling van het onderzoek aan bod.

1.1. Vroegtijdige detectie

Het onderwerp van dit onderzoek is het realiseren van een vroegtijdige detectie van mastitis bij melkkoeien op bedrijven waar de koeien gemolken worden met een melkrobot. Mastitis is een ontsteking van de uier van een koe en is over het algemeen veroorzaakt door een bacteriële infectie (Bradley, 2002). Het vroegtijdig detecteren van mastitis bij koeien is cruciaal bij het runnen van een melkveebedrijf. Mastitis bij de koeien is schadelijk voor het dierwelzijn en voor de melkopbrengsten op het bedrijf vanwege een verminderde melkproductie (Fourichon, Seegers, Bareille & Beaudeau, 1999; Gröhn, Eicker, Ducrocq & Hertl, 1998). Het zorgt ook voor een verminderde vruchtbaarheid (Ribeiro et al., 2013), sterfte en vroegtijdig afvoeren (Gröhn, Eicker, Ducrocq & Hertl, 1998) en verhoogde behandelingskosten (Kaneene & Hurd, 1990; Lam et al., 2013).

Een vroegtijdige detectie van gezondheidsproblemen in het algemeen is belangrijk om snel in te kunnen grijpen. Dit zorgt voor het minimaliseren van de ziekteduur (Urton, Von Keyserlingk & Weary, 2005) voor een hoger genezingspercentage (mede door een effectievere behandeling) (Deluyker, Van Oye & Boucher, 2005; Gonzalez, Tolkamp, Coffey, Ferret & Kyriazakis, 2008) en in het algemeen voor een betere gezondheid en hoger een dierwelzijn (Gonzalez, Tolkamp, Coffey, Ferret & Kyriazakis, 2008). Daarnaast maakt het ruimte voor proactieve bedrijfsstrategieën om daarmee de negatieve gevolgen van ziekte te voorkomen (Fricke, 2002). Vroegtijdige detectie verlaagt dus de kosten van gezondheidsproblemen en het speelt een belangrijke rol in het vervullen van de behoeftes van een duurzame melkveehouderij (Chagunda, Friggens, Rasmussen & Larsen, 2006; Gonzalez, Tolkamp, Coffey, Ferret & Kyriazakis, 2008; Urton, Von Keyserlingk & Weary, 2005).

1.2. Automatische melksystemen

Het vroegtijdig detecteren van gezondheidsproblemen gaat echter steeds moeizamer vanwege de groeiende omvang van melkveebedrijven, zo is sinds 2000 het aantal koeien per bedrijf gestegen van 57 tot 105 stuks in 2020 (Wageningen University & Research, 2020). Dit gaat gepaard met een toename in het aantal koeien per medewerker. Dit resulteert in het besteden van minder tijd en aandacht aan de individuele koe (Lucy, 2002). Daarnaast stijgen de arbeidskosten en het aantal onbetaalde arbeidsjaareenheden (Wageningen University & Research, 2020). Deze ontwikkelingen resulteren in een tendens richting automatisering om arbeid en arbeidskosten te verlagen (De Koning, 2010; Svennersten-Sjaunja & Pettersson, 2008). Een belangrijk onderdeel van deze automatisering is het toenemende gebruik van automatische melksystemen (ook wel melkrobots genoemd) dat de mogelijkheid biedt tot automatische detectie van gezondheidsproblemen om de toenemende moeilijkheid ervan op te heffen.

Automatische melksystemen hebben, met name in West-Europa, een breedvoerige acceptatie gekregen en vormen een manier om arbeid op de melkveehouderij te verminderen, de melkproductie per koe te verhogen en de levenswijze van de melkveehouder en zijn gezin te verbeteren (De Koning, 2010). Sinds de komst van de eerste commerciële systemen in 1992, stijgt het aantal melkrobots steeds sneller. In 2009 maakten wereldwijd meer dan 8000 bedrijven gebruik van één of meerdere melkrobots (De Koning, 2010). Dit aantal is in 2015 meer dan verdrievoudigd tot 25.000 bedrijven (Barkema et al., 2015). Het percentage melkveebedrijven dat gebruik maakt van dit systeem is naast Scandinavië het hoogst in Nederland (Barkema et al., 2015; De Koning, 2010). Rodenburg (2017) geeft aan dat de snelheid van de stijging duidt op een leidende rol van melkrobots in de toekomst van de melkveesector. Dat steeds meer melkveehouders gebruik gaan maken van

melkrobots en deze leidende toekomstige rol geeft het belang aan van een optimale werking en gebruik van het systeem.

Om de voordelen van een automatisch melksysteem optimaal te benutten en de arbeidsintensiviteit te verlagen speelt een adequate bedrijfsvoering een sleutelrol (De Koning, 2011). Het tijdig detecteren van mastitis is hier een onderdeel van, juist op bedrijven met een melkrobot aangezien het namelijk ook zorgt voor een vermindering van het aantal koeien dat de veehouder moet ophalen (Steensels et al., 2016). Bij het gebruik van automatische melksystemen is de veehouder niet aanwezig tijdens het melkproces om de koe met visuele waarnemingen te controleren op eventuele ziektegevallen. In plaats daarvan is hij afhankelijk van alternatieve methoden om mastitis te detecteren.

1.3. Automatisch detecteren van gezondheidsproblemen

Sinds de jaren '80 van de 20^e eeuw heeft automatisch detecteren van gezondheidsproblemen door het meten van gezondheidsindicatoren met behulp van apparatuur een sterke groei doorgemaakt (Hogeveen, Kamphuis, Steeneveld, & Mollenhorst, 2010). Gezondheidsindicatoren komen in verschillende vormen voor en kunnen wijzen op verschillende gezondheidsproblemen bij de koe. Zo kan een verandering in vreetgedrag een indicatie zijn van ziekte. Koeien met ketose en kreupele koeien vertonen bijvoorbeeld een verminderde voeropname (González, Tolkamp, Coffey, Ferret & Kyriazakis, 2008) en koeien met metritis brengen per dag 22 minuten minder door op de vreetplaats (Urton, Von Keyserlingk & Weary, 2005). Daarnaast is lichaamsgewicht een indicator voor gezondheidsproblemen (Maltz, 1997) en uit onderzoek blijkt dat ook herkauwtijd en algemene activiteit een verband hebben met gezondheidsproblemen (Gáspárdy, Efrat, Bajcsy & Fekete, 2014; Liboreiro et al., 2015; Soriani, Trevisi & Calamari, 2012) waarbij er al afwijkingen plaatsvinden in de dagen voorafgaand aan de daadwerkelijke diagnose (Van Hertem et al., 2013). Een andere eenvoudige indicator die waardevolle informatie kan verstrekken over de gezondheid van een individuele koe is haar melkproductie. Melkproductie is gevoelig voor veranderingen in de gezondheidstoestand (Edwards & Tozer, 2004; Lukas, Reneau, Wallace, Hawkins & Munoz-Zanzi, 2009) en het resultaat van een ziekte op de melkproductie is al waarneembaar vóór de klinische diagnose (Lukas, Reneau, Wallace, Hawkins & Munoz-Zanzi, 2009). Algemene activiteit, herkauwactiviteit en melkgift staan naast gezondheidsproblemen in het algemeen alle drie in verband met mastitis (Edwards & Tozer, 2004; Fourichon, Seegers, Bareille & Beaudeau, 1999; Hansen et al., 2003). Het meten van deze indicatoren kan helpen bij de vroegtijdige detectie van mastitis en gezondheidsproblemen in het algemeen.

Met de komst van automatische melksystemen zijn er meer hulpmiddelen gekomen voor het meten van gezondheidsindicatoren van individuele koeien. Automatische sensoren, met name die op het gebied van uiergezondheid, melkproductie, vruchtbaarheid, voeropname en veranderingen in lichaamsgewicht verstrekken gedetailleerde informatie dat bij het gebruik van conventionele melksystemen niet eenvoudig te verkrijgen is (Spahr & Maltz, 1997). Dit resulteert in de mogelijkheid tot het nauwkeuriger controleren van de gezondheid en prestaties van de individuele koe. De automatische sensoren verkrijgen frequent en gedetailleerde informatie rondom de individuele koe en bestaan in een verscheidenheid aan uitvoeringen. Ze kunnen betrekking hebben tot de (eigenschappen van de) melk en ze kunnen betrekking hebben tot de koe (en haar gedrag) zelf.

Eerdergenoemde algemene gezondheidsindicatoren die de melkrobot meet met behulp van sensoren zijn bijvoorbeeld melkgift, lichaamsgewicht en restvoer. Transponders identificeren de koe en daarmee is ook het bezoekgedrag aan de melkrobot geregistreerd. Daarnaast bieden sommige fabrikanten intelligente hals- en pootbanden aan om vreetgedrag, herkauwgedrag en algemene activiteit te meten wat dus een indicatie kan zijn van de algemene gezondheid van de koe. Afzonderlijke gezondheidsproblemen zijn te detecteren door het meten van specifieke

gezondheidsindicatoren met behulp van sensoren. Aangezien mastitis gepaard gaat met een grote verscheidenheid aan kenmerken die men kan meten in de melk (Kitchen, 1981), is het detecteren ervan goed te combineren met een automatisch melksysteem. De voornaamste sensor voor het detecteren van mastitis meet de elektrische geleidbaarheid of conductiviteit (Nielen et al., 1995; Norberg et al., 2004), maar andere sensoren die bijvoorbeeld de kleur van de melk meten (Song, Zhuang & Van der Tol, 2010) en het celgetal meten (Mollenhorst, Van der Tol & Hogeveen, 2010) zijn ook verkrijgbaar. Andere gezondheidsproblemen die detecteerbaar zijn met een automatisch melksysteem zijn bijvoorbeeld kreupelheid en slepende melkziekte. Sommige fabrikanten kunnen kreupelheid detecteren door met behulp van een weeginrichting de gewichtsverdeling van de koe te analyseren (Pastell et al., 2008). Slepende melkziekte is detecteerbaar door het meten van de verhouding tussen het vet- en eiwitgehalte in de melk (Duffield, Kelton, Leslie, Lissemore & Lumsden, 1997).

De sensoren die deze gezondheidsindicatoren meten zijn onderdeel van automatische detectiesystemen die gegevens verzamelen. De steeds ruimere beschikbaarheid van deze automatische detectiesystemen geeft steeds meer mogelijkheden om informatie rondom de gezondheid van koeien te verkrijgen (Hogeveen, Kamphuis, Steeneveld, & Mollenhorst, 2010). Een automatisch detectiesysteem bestaat uit de sensor en de software die de data van de sensor vertaalt naar informatie voor de melkveehouder. Zulke automatische detectiesystemen kunnen de zintuiglijke waarnemingen van de veehouder ondersteunen of zelfs vervangen en hebben bovendien de potentie om deze te overtreffen.

1.4. Informatieoverdracht melkveehouder

De automatische detectiesystemen van melkrobots leggen een rijke hoeveelheid aan gegevens rondom de gezondheidsindicatoren vast en zijn daarnaast vaak gekoppeld aan een controleprogramma om veranderingen in herkauwactiviteit en algemene activiteit vast te leggen. De gegevens van de automatische detectiesystemen vormen de basis voor talrijke gezondheidsrapporten en attentielijsten in het managementprogramma van de melkrobot die de gebruiker kan helpen of, in sommige gevallen, overdonderen met informatie (King, Dancy, LeBlanc, Pajor & DeVries, 2017). Deze rijke hoeveelheid aan informatie kan zorgen voor een verkeerde interpretatie, onjuist gebruik of zelfs het negeren ervan (Neijenhuis, Heinen & Hogeveen, 2009). Daarom moet de melkveehouder zijn eigen vakkennis alsnog voortdurend inzetten om de juiste beslissingen te nemen rondom gezondheidsproblemen. Dit zorgt ervoor dat de autonomie van het automatische melksysteem en de voordelen van een verbeterde levenswijze niet volledig tot zijn recht komen.

Gezondheidsrapporten en attentielijsten in het managementprogramma van de melkrobot tonen koeien met afwijkingen in bijvoorbeeld melkproductie, herkauwtijd of één van de andere gezondheidsindicatoren. Naast dat deze attenties nauwkeurig, efficiënt en gevalideerd moeten zijn (King, Dancy, LeBlanc, Pajor & DeVries, 2017) is het van belang om de gezondheidsrapporten en attentielijsten op een overzichtelijke en intelligente manier op te stellen en te rangschikken naar importantie. De uitdaging is om de grote verscheidenheid en hoeveelheid van gegevens van automatische detectiesystemen om te zetten in bruikbare informatie voor de melkveehouder.

1.5. Tekortkomingen

Hoewel verschillende automatische detectiesystemen gebaseerd op verschillende gezondheidsindicatoren uitvoerige gegevens verstrekken rondom de individuele koe, ontbreekt het aan samenhang en overzicht benodigd voor bruikbare informatie voor de melkveehouder. Het is bijvoorbeeld algemeen geaccepteerd dat geen indicator op zichzelf alle aspecten van mastitis treft (Hamann, 2005). Daarnaast is de stroom aan informatie dus te groot om redelijkerwijs te bestuderen. Ook zijn indicatoren op zichzelf vaak niet gevoelig genoeg voor betrouwbare detectie, vooral bij een

kleine afwijking die van korte duur is (Hamann, 2005; Rutten, Velthuis, Steeneveld & Hogeveen, 2013). Een kleine afwijking van één bepaalde indicator hoeft nog geen reden voor ingrijpen te zijn, maar meerdere kleine afwijkingen van verschillende indicatoren kunnen wel zorgelijk zijn. Daarom is het belangrijk om verschillende gezondheidsindicatoren met elkaar te combineren om zo tot een betrouwbare detectie van mastitis te komen (Khatun et al., 2018; Steeneveld, Van der Gaag, Ouweltjes, Mollenhorst & Hogeveen, 2010). De melkveehouder zal op de juiste manier van een kritieke combinatie van indicatoren op de hoogte gebracht moeten worden.

Tot dusver zijn de aanwezige detectiesystemen niet in staat om te kunnen voldoen aan de hoge nauwkeurigheid benodigd voor praktijkgebruik (Hogeveen, Kamphuis, Steeneveld, & Mollenhorst, 2010). Het combineren van gegevens van meerdere databronnen is in dat onderzoek ook genoemd als suggestie voor verder onderzoek. Het onderzoek van Jensen, Hogeveen en De Vries (2016) draagt een lineair model aan voor het voorspellen van klinische mastitis aan de hand van het combineren van de gegevens van verschillende vormen van sensordata en andere databronnen. Hoewel het model een flexibele methode is om te voorspellen, heeft het toch beperkingen. Zo is het nog niet klaar voor de praktijk en het neemt gezondheidsindicatoren als krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot niet mee in de voorspelling. Modellen uit andere onderzoeken die gezondheidsproblemen vooral voorspellen op basis van juist deze gedragsindicatoren nemen de gezondheidsindicatoren die men kan meten in de melk weer niet mee (King, Dancy, LeBlanc, Pajor & DeVries, 2017; Steensels et al., 2016). Het blijft onduidelijk hoe men de gegevens van verschillende sensoren en andere databronnen (gegevens zowel van de melk als van de koe zelf) het beste kan combineren voor het detecteren van mastitis. Daarnaast is er beperkt onderzoek gedaan naar het analyseren van indicatoren voor vroegtijdige detectie van mastitis specifiek bij automatische melksystemen.

1.6. Doelstelling en vraagstelling

Om onzekerheden weg te nemen is het uitvoeren van een doeltreffend onderzoek noodzakelijk. Hierbij kan de volgende vraag gesteld worden:

Wat is het verband tussen het optreden van mastitis bij melkkoeien en de gezondheidsindicatoren melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot op bedrijven waarbij gemolken wordt met een melkrobot?

Hierbij zijn de volgende deelvragen van belang:

1. Wat zijn de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren bij de individuele koe?
2. Wat zijn de positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren bij de individuele koe?
3. Wanneer heeft de individuele koe mastitis?
4. Wat is het verband tussen de positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarde van elke afzonderlijke gezondheidsindicator en het optreden van mastitis?

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te verkrijgen in het verband tussen mastitis bij melkkoeien en de volgende gemeten gezondheidsindicatoren: melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot. De gezondheidsindicatoren worden automatisch gemeten met behulp van de verschillende detectiesystemen op melkveebedrijven waarbij de koeien gemolken met een melkrobot. Dit onderzoek beperkt zich tot de genoemde indicatoren omdat deze met behulp van de gangbare melkrobots op de markt meetbaar zijn op melkveebedrijven zonder dat daarvoor een koppeling met andere automatische detectiesystemen voor benodigd is en omdat met deze indicatoren het aantonen van mastitis mogelijk is. Daarnaast beperkt het zich tot de ziekte mastitis vanwege het acute optreden ervan in tegenstelling tot andere gezondheidsproblemen en vanwege de goede detectiemogelijkheden met een automatisch melksysteem.

De bevindingen van dit onderzoek bevorderen producenten van melkrobots en ontwikkelaars van managementprogramma's tot het verbeteren van hun systemen wat melkveehouders helpt bij het realiseren van een efficiënte vroegtijdige detectie van mastitis bij hun koeien. Dit verlaagt de kosten van gezondheidsproblemen en draagt bij aan het vervullen van de behoeftes van een duurzame melkveehouderij.

2. Materiaal en methode

Dit hoofdstuk bevat een verantwoording van de kwaliteit, het verwerken en analyseren van gegevens en van de methodologische keuzes van het onderzoek.

2.1. Onderzoeksontwerp

Dit onderzoek heeft gebruik gemaakt van een kwantitatieve en onderzoeksmethode om antwoord te geven op de vraag wat het verband is tussen het optreden van mastitis bij melkkoeien en de gezondheidsindicatoren melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot op bedrijven waarbij gemolken wordt met een melkrobot. De onderzoeksmethode was niet-experimenteel en geeft de samenhang aan tussen gezondheidsindicatoren en mastitis.

2.1.1. Onderzoekseenheden

Het onderzoek is uitgevoerd op een gangbaar Nederlands melkveebedrijf. Het bedrijf ligt in Luxwoude, één persoon runt het en het heeft 80 Holstein-Friesian koeien. Alle koeien krijgen hetzelfde basisrantsoen dat voornamelijk bestaat uit kuilgras en snijmais. De gemiddelde jaarlijkse melkproductie is 9300 kg/koe. Twee melkrobots (MR-S1, BouMatic Robotics B.V., Emmeloord, Nederland) melken de koeien. De koeien verblijven gedurende het hele jaar in een ligboxenstal met rubberen matten en zaagsel als boxbedekkingsmateriaal en kunnen zich vrij door de stal bewegen. Het basisrantsoen is aangevuld met een krachtvoergift die in hoeveelheid en samenstelling verschilt per individuele koe. De krachtvoerverstrekking vindt plaats in twee losse krachtvoerstations in de stal en in de twee melkrobots. De krachtvoergift is afhankelijk van de melkproductie en het lactatiestadium van de koe. De melkveehouder is de persoon die gaat over de gezondheid van de koeien. Hij registreert de diagnose, behandeling en dosering per ziektegeval in een managementprogramma voor melkkoeien (UNIFORM Professional, UNIFORM-Agri B.V., Assen, Nederland).

De dagelijkse opsporing van mogelijke mastitisgevallen vindt op het bedrijf plaats door attentielijsten in het managementprogramma van de melkrobot te controleren (met name lijsten rondom melkinterval en geleidbaarheid in de melk) en door dagelijks te observeren om afwijkingen aan het gedrag van de koe en afwijkingen aan de koe zelf op te sporen. De melkveehouder onderzoekt deze verdachte dieren verder om mogelijk een aandoening vast te stellen. Hoewel onwaarschijnlijk, is het dus mogelijk dat sommige probleemgevallen onopgemerkt blijven (fout-negatief). Na de diagnose van klinisch ziektegeval behandelt de veehouder direct. Het moment van behandelen is altijd op dezelfde dag als de diagnose.

Het onderzoek heeft gebruik gemaakt van de gegevens van individuele koeien in een periode van 46 maanden van juni 2017 tot en met maart 2021. De onderzoekspopulatie bestaat uit een totaal van 83 koeien.

Alle koeien zijn voorzien van een halsband ter identificatie van het dier in de melkrobot. De gezondheidsindicatoren melkgift en geleidbaarheid worden automatisch gemeten met behulp van de verschillende detectiesystemen van de melkrobot. De systemen registreren de meetgegevens van de gezondheidsindicatoren vervolgens automatisch in het managementprogramma van de melkrobot (OneView, BouMatic Robotics B.V., Emmeloord, Nederland). Dit programma houdt ook het bezoekgedrag aan krachtvoerstations en melkrobots bij. Het bedrijf in Luxwoude is het enige melkveebedrijf in Nederland dat de keuzemogelijkheid van het meten van het celgetal in de melk heeft geïnstalleerd in een melkrobot van BouMatic Robotics B.V.

2.1.2. Variabelen

Dit onderzoek heeft zowel gebruik gemaakt van continue data als van discrete data. De continue data heeft betrekking tot de gezondheidsindicatoren en de discrete data heeft betrekking tot de gezondheid van de melkkoe.

De gezondheidsindicatoren melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot zijn continue data (gemeten op rationiveau). De gezondheidsindicatoren worden automatisch gemeten met behulp van de verschillende detectiesystemen van de melkrobot. De koeien kunnen op vrijwillige basis de melkrobot bezoeken. De melkrobot registreert elk robotbezoek in het managementprogramma. De melkrobot krijgt toestemming om de koe te melken op het moment dat een vooraf ingesteld tijdsinterval is overschreden of de hoogte van de verwachte melkgift boven een drempelwaarde is. Deze criteria zijn afhankelijk van het aantal dagen in lactatie.

De eerste variabelen van het onderzoek zijn de positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren (melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot) bij de individuele koe. Een verdere toelichting van de positieve en negatieve afwijkingen volgt in onderdeel 2.2.2. Melkgift en geleidbaarheid worden elke melkbeurt gemeten. Melkgift is uitgedrukt in kilogrammen (kg). De software van het managementprogramma van de melkrobot geeft per melkbeurt naast de melkgift ook een berekening van de verwachte melkgift (afhankelijk van onder andere de melkproductie en het melkinterval) op dat moment. Geleidbaarheid is uitgedrukt in milliSiemens (mS). Celgetal wordt eens in de twee dagen gemeten (meetinterval is handmatig in te stellen) en is uitgedrukt in cellen/ml. Krachtvoeractiviteit omvat de som van het aantal bezoeken per dag aan de losse krachtvoerstations in de stal en het aantal momenten van krachtvoerverstrekking in de melkrobot per dag. Bezoekgedrag aan de melkrobot omvat de som van het aantal melkbeurten per dag (zowel gelukt als mislukt) en het aantal weigeringen (melkrobot heeft nog geen toestemming om te mogen melken) per dag.

Naast de continue data heeft het onderzoek gebruik gemaakt van discrete data. De discrete data (gemeten op nominaal niveau) heeft betrekking tot de gezondheid van de melkkoe en is opgedeeld in twee categorieën, namelijk ziek en niet ziek. De data is verkregen uit het algemene managementprogramma van de melkveehouder (UNIFORM Professional). Op het moment dat de veehouder een koe behandeld betekent het dat de koe ziek is, wanneer dit niet is gebeurd is de koe niet ziek. De variabele die hierbij hoort is *ziekte* en kan een waarde hebben van *nee* (niet ziek) en *ja* (ziek). *Ziekte* is dus een variabele op binaire schaal.

2.2. Verwerking en analyse gegevens

Om het verband tussen het optreden van mastitis en de gezondheidsindicatoren aan te duiden zijn antwoorden benodigd op de deelvragen. De volgende onderdelen geven een omschrijving van de manier waarop de vragen beantwoord zijn.

2.2.1. Deelvraag 1

Deelvraag 1 luidt: 'Wat zijn de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren bij de individuele koe?' De gebruikelijke waarde van elke indicator is per dag per individuele koe te bepalen. De manier om deze te bepalen is per indicator verschillend.

De gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren geleidbaarheid (vier kwartieren, vier waarden), celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot zijn een rollend gemiddelde. Dit rollend gemiddelde is een stabiele gebruikelijke waarde die nog wel meebeweegt met natuurlijke ontwikkelingen (bijvoorbeeld het lactatiestadium). Het aantal opeenvolgende dagen waaruit het rollend gemiddelde bestaat is afhankelijk van de indicator. Bij geleidbaarheid,

krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot begint het aantal opeenvolgende dagen op de dag van afkalven bij één en loopt in de dagen erna op naar veertien. Dit uiteindelijke aantal blijft vervolgens gelijk gedurende de gehele lactatie. Bij celgetal bestaat het rollend gemiddelde uit tien opeenvolgende meetmomenten aangezien de melkrobot deze indicator niet elke melkbeurt meet. De rollende gemiddelden van geleidbaarheid per kwartier (vier waarden) komen voort uit de daggemiddelden van de gemeten waarden per melkbeurt wanneer de indicator is gemeten. De rollende gemiddelden van krachtvoeractiviteit en van bezoekgedrag aan de melkrobot komen voort uit het totaal aantal krachtvoeropnames en robotbezoeken per dag.

De gebruikelijke waarde van melkgift is het daggemiddelde van de waarden van de verwachte melkgift (berekening door de software van het managementprogramma van de melkrobot) per melkbeurt. De verwachte melkgift heeft de voorkeur over het rollend gemiddelde over veertien dagen aangezien deze ook rekening houdt met het interval tussen twee melkbeurten.

2.2.2. Deelvraag 2

Uit hoofdstuk 1 blijkt dat een afwijking bij de gezondheidsindicatoren kan duiden op mastitis. Daarom is het van belang om er achter te komen wat de afwijking van de gebruikelijke waarden per indicator is. De afwijking van de gebruikelijke waarden zijn uitgedrukt in een positieve afwijking en een negatieve afwijking. Aangezien het per gezondheidsindicator verschilt welke afwijking (positief of negatief) invloed heeft op mastitis is het belangrijk om ze bij elke indicator beide te analyseren. Deelvraag 2 luidt dan ook: 'Wat zijn de positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren bij de individuele koe?' Bij elke indicator geldt dat op het moment dat er een positieve afwijking is ten opzichte van de gebruikelijke waarde dat de negatieve afwijking dan nul is en andersom.

De afwijkingen van de gebruikelijke waarden zijn per dag bepaald. De afwijkingen van melkgift zijn het positieve en negatieve verschil tussen de gebruikelijke waarde en het dagtotaal van de melkbeurten. Bij geleidbaarheid en celgetal gaat het om het positieve en negatieve verschil tussen de gebruikelijke waarde en het daggemiddelde van de melkbeurten. Bij geleidbaarheid gaat hierbij om het grootste positieve en het grootste negatieve verschil van de vier waarden van de kwartieren van de uier van de koe. Het gebruik van de waarde van het meest afwijkende kwartier voorkomt onderscheid tussen kwartieren bij het analyseren. Bij krachtvoeractiviteit en bij bezoekgedrag aan de melkrobot gaat het om het positieve en negatieve verschil tussen de gebruikelijke waarde en het aantal bezoeken per dag.

2.2.3. Deelvraag 3

Om antwoord te kunnen geven op deelvraag 3: 'Wanneer heeft de individuele koe mastitis?' is de data met betrekking tot het behandelen van dieren met mastitis vertaald naar de variabele *ziekte* in de dataset. Deze variabele bevat de dagen dat individuele koeien ziek zijn gedurende de onderzoeksperiode van juni 2017 tot en met maart 2021. Een koe is beschouwd als 'ziek' bij elk behandelingsmoment voor een acuut mastitisgeval en kreeg dan de waarde *ja* bij de variabele *ziekte*. Een mastitisgeval duurt zeven dagen, dus elk ziektegeval zal in de dataset ook hetzelfde aantal dagen omvatten. Een koe is beschouwd als 'niet ziek' op alle dagen waarbij er geen sprake is van een ziektegeval en kreeg dan de waarde *nee* bij de variabele *ziekte*.

Aangezien de melkveehouder op dezelfde dag behandelt als het moment van diagnose is een koe toegekend als ziek vanaf het eerste moment van behandelen tot en met een bepaald aantal dagen daarna. Het aantal dagen dat een ziektegeval duurt is zeven. De toegepaste ziekteduur is gebaseerd op de gemiddelde werkingsduur van de medicijnen uit het bedrijfsgezondheidsplan van het bedrijf.

2.2.4. Deelvraag 4

Deelvraag 4 luidt: 'Wat is het verband tussen de positieve en negatieve afwijkingen van elke afzonderlijke gezondheidsindicator en het optreden van mastitis?'. Het onderzoek heeft dit verband aangeduid met een meervoudige lineaire regressieanalyse. Bij deze analyse zijn er modellen gemaakt van het verband door gebruik te maken van een dataset met onafhankelijke variabelen en een afhankelijke variabele. De dataset bestaat uit waarden van deze variabelen over de onderzoeksperiode van juni 2017 tot en met maart 2021 en is per individuele koe en per dag weergegeven. Resultaten zijn als statistisch significant beschouwd bij een bijbehorende P-waarde van $\leq 0,05$.

De melkrobot meet celgetal niet elke dag dus ontbreekt het bij deze gemeten indicator aan data. Daarom heeft dit onderzoek het verband aangeduid door het uitvoeren van twee regressies. Eén regressie van de data van het bedrijf met de indicator celgetal en één regressie van de data zonder de indicator celgetal.

Aangezien het per gezondheidsindicator verschilt welke afwijking (positief of negatief) invloed heeft op mastitis is het belangrijk om ze bij elke indicator beide te analyseren. De onafhankelijke variabelen waren per gezondheidsindicator (melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot) de positieve en negatieve afwijking van de gebruikelijke waarde. De analyse heeft dus gebruik gemaakt van tien onafhankelijke variabelen.

De afhankelijke variabele was *ziekte* en geeft aan of een koe mastitis heeft (*ziekte* = ja) of niet (*ziekte* = nee). Om met een model het verband aan te duiden tussen de onafhankelijke variabelen en de afhankelijke variabelen is de afhankelijke variabele *ziekte* eerst omgezet naar een numerieke variabele.

De modellen om het verband tussen de onafhankelijke (verklarende) variabelen en de afhankelijke variabele aan te duiden zien er als volgt uit (acht i.p.v. tien onafhankelijke variabelen bij model 2):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \beta_9 x_9 + \beta_{10} x_{10} + \varepsilon$$

De modellen bestaan uit de volgende elementen:

- Afhankelijke variabele *ziekte* (y).
- Onafhankelijke variabelen ($x_1, \dots, x_{10}$). Dit zijn per gezondheidsindicator de positieve en negatieve afwijking.
- Intercept (β_0) is het startpunt van de regressielijn. Als alle onafhankelijke variabelen nul zijn (geen afwijkingen van de gebruikelijke waarden bij de gezondheidsindicatoren) dan heeft de afhankelijke variabele deze waarde.
- Regressie coëfficiënten ($\beta_1, \dots, \beta_{10}$) geven de gemiddelde toename in *ziekte* (y) aan wanneer de bijbehorende onafhankelijke variabele ($x_1, \dots, x_{10}$) met één eenheid toeneemt en alle andere onafhankelijke variabelen constant blijven.
- Foutterm of residuen (ε). Dit is het deel van de afhankelijke variabele dat niet verklaard kan worden door de onafhankelijke variabelen.

De modelaannamen zijn:

- Er is een lineair verband tussen de y en $x_1, \dots, x_{10}$.
- ε 's zijn onafhankelijk van $x_1, \dots, x_{10}$.
- ε 's zijn normaal verdeeld rond nul.
- ε 's hebben een constante variantie.

Alvorens het fitten van de modelvergelijkingen zijn de modelaannames gecontroleerd met verschillende grafische methoden (Q-Q plot en spreidingsdiagrammen van de residuen). Om uitschieters te detecteren is een histogram gemaakt van iedere variabele. Observaties met uitzonderlijk hoge afwijkingen (> 100 bij melkgift en geleidbaarheid; > 5000 bij celgetal; > 50 bij krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan melkrobot) zijn verwijderd uit de dataset.

Tijdens het uitvoeren van de regressieanalyse is gebruik gemaakt van een handmatige achterwaartse verwijdering. Deze methode begint met het volledige regressiemodel en verwijderd telkens de verklarende variabele met de minste invloed. Bij elke stap vindt er een controle plaats of het verwijderen van de variabele helpt bij het verbeteren van het model. Het criterium voor het bepalen van het beste model is een zo hoog mogelijk R^2_{adj} (aangepaste determinatiecoëfficiënt). Het gereduceerde model is beter in staat de meetresultaten te beschrijven dan het model met alle verklarende variabelen.

Dit onderzoek heeft bij het berekenen en analyseren van de modellen gebruik gemaakt van het statistisch pakket R (The R Foundation, 2020). Voor het verwerken van de data om het te kunnen gebruiken in R zoals beschreven in deelvraag 1, 2 en 3 is gebruik gemaakt van Microsoft Excel (Microsoft, 2021).

2.2.5. Afwijkende data

Door verstoringen of ongeregeldheden tijdens een bezoek aan de melkrobot zijn er in de meetgegevens van de gezondheidsindicatoren afwijkende resultaten. Het gaat hier om mislukte melkbeurten (mislukte aansluiting, geen melkstroom, handmatige annulering etc.) die onterecht voor afwijkende resultaten kunnen zorgen (alle of enkele kwartieren met een geleidbaarheid van 0, verlaagde melkproductie etc.). Om geen verkeerde conclusies te trekken zijn mislukte melkbeurten met een melkproductie lager dan 1 kg uitgesloten bij het berekenen van de variabelen melkgift, geleidbaarheid en celgetal. Daarnaast is een waarde van 0 bij de geleidbaarheid van een kwartier uitgesloten bij het berekenen van de variabele geleidbaarheid (van dat specifieke kwartier met de waarde van 0). Een mislukte melkbeurt bleef wel onderdeel van het totaal aantal bezoeken per dag. Het rollende gemiddelden van bezoekgedrag aan de melkrobot was dus niet gevoelig voor mislukte melkbeurten.

Verder bevinden zich in de onderzoekspopulatie geen koeien die door een sterke afwijking van de andere dieren voor mogelijke problemen bij de analyse gaan zorgen aangezien dit onderzoek ervan uit is gegaan dat de melkveehouder zelf al dieren afscheidt met afwijkende prestaties. Wel zijn er uitschieters bij afzonderlijke meetmomenten aan het licht gekomen tijdens het controleren van de modelaannames. Per geval is beoordeeld of het noodzakelijk was om het te verwijderen uit de dataset of niet.

Daarnaast zijn de eerste dagen van een lactatie niet meegenomen bij de analyse. Het berekenen van de gebruikelijke waarden bij deelvraag 1 maakt gebruik van het rollend gemiddelde over een aantal opeenvolgende dagen oplopend naar veertien. Gezien het lage aantal opeenvolgende dagen aan het begin van de lactatie bestaat er nog geen stabiele gebruikelijke waarde. Daarom is er voor gekozen om de eerste drie dagen van elke lactatie van elke koe uit te sluiten van de dataset.

Als laatste heeft dit onderzoek bij een koe met een ziektegeval alle data van de melkbeurten in de eerste 30 dagen na het ziektegeval verwijderd uit de dataset. Het is onduidelijk op welk moment een dier daadwerkelijk niet meer ziek is en het is onduidelijk of een genezen dier in de periode na een ziektegeval geen afwijkende meetresultaten meer heeft die onterecht voor een verkeerde interpretatie kunnen zorgen. Het verwijderen van de data in dit grijze gebied voorkomt het trekken van onjuiste conclusies.

3. Resultaten

Dit hoofdstuk bevat een weergave van de resultaten van het onderzoek. Gedurende de onderzoeksperiode van juni 2017 tot en met maart 2021 zijn 48814 observaties gedaan. De resultaten van deze observaties zijn weergegeven volgens de deelvragen beschreven in hoofdstuk 2.

3.1. Deelvraag 1

Deelvraag 1 luidt: 'Wat zijn de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren bij de individuele koe?' De gebruikelijke waarde van elke indicator is per dag per individuele koe te bepalen. Tabel 1 is een voorbeeld van de berekening van de gebruikelijke waarden van de indicatoren van één willekeurige koe gedurende een willekeurige periode van veertien dagen. De waarden van de indicatoren zijn de daggemiddelden van de gemeten waarden van de melkbeurten en krachtvoerbezoeken. De manier van berekenen van de gebruikelijke waarde van geleidbaarheid van de melk in één kwartier (linksvoor) zoals weergegeven in de tabel is hetzelfde bij de andere drie kwartieren van de uier van de koe. De manier van berekenen van krachtvoeractiviteit zoals weergegeven in de tabel is hetzelfde als bij bezoekgedrag aan de melkrobot.

Tabel 1. Gemiddelde dagelijkse waarden van gemeten gezondheidsindicatoren met bijbehorende gebruikelijke waarden in de periode van 4-2-2019 t/m 17-2-2019 van koe nummer 392

Koe_nr	Datum	MY	GW_1	COND_LF	GW_2	CC	GW_3	KVA	GW_4
392	4-2-19	32,03	31,65	10,68	11,04	297	1121,53	6	4,93
392	5-2-19	45,34	44,52	11,18	11,06			8	5,43
392	6-2-19	29,57	32,23	11,32	11,11	397	1031,00	8	5,86
392	7-2-19	42,92	43,34	11,03	11,11	616	984,97	10	6,21
392	8-2-19	29,96	30,34	10,73	11,02	1312	1017,68	10	6,64
392	9-2-19	40,12	47,81	10,88	10,95	299	952,37	7	6,71
392	10-2-19	37,57	39,69	10,85	10,90	346	486,78	8	6,71
392	11-2-19	38,36	32,08	10,68	10,90	-	486,78	9	7,07
392	12-2-19	48,63	43,40	11,02	10,89	-	486,78	13	7,71
392	13-2-19	33,77	39,44	11,79	10,93	391	470,87	5	7,57
392	14-2-19	41,30	40,26	10,88	10,94	345	469,58	7	7,64
392	15-2-19	37,71	37,47	10,88	10,94	326	458,62	7	7,86
392	16-2-19	51,93	51,64	10,91	10,95	389	456,67	11	8,21
392	17-2-19	40,72	39,74	11,21	10,97	375	463,22	10	8,50

MY = melkgift (kg); GW_1 = gebruikelijke waarde melkgift (kg); COND_LF = geleidbaarheid linksvoor (mS); GW_2 = gebruikelijke waarde geleidbaarheid linksvoor (mS); CC = celgetal (cellen/ml); GW_3 = gebruikelijke waarde celgetal (cellen/ml); KVA = krachtvoeractiviteit (aantal bezoeken); GW_4 = gebruikelijke waarde krachtvoeractiviteit (aantal bezoeken).

3.2. Deelvraag 2

Deelvraag 2 luidt: 'Wat zijn de positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren bij de individuele koe?'. De afwijkingen van de gebruikelijke waarden zijn per dag bepaald. Tabel 2 is een voorbeeld van de berekening van de afwijkingen van de gebruikelijke waarden van de indicatoren melkgift en krachtvoeractiviteit van de koe uit tabel 1 in dezelfde tijdsperiode. De waarden in de tabel zijn een voorbeeld van de gebruikte methoden uitgelegd in 2.2.2.

Tabel 2. *Positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarden van melkgift en krachtvoeractiviteit in de periode van 4-2-2019 t/m 17-2-2019 van koe nummer 392*

Koe_nr	Datum	P_DEV_MY	N_DEV_MY	P_DEV_KVA	N_DEV_KVA
392	4-2-19	1,19	0,00	1,07	0
392	5-2-19	1,81	0,00	2,57	0
392	6-2-19	0,00	9,00	2,14	0
392	7-2-19	0,00	0,98	3,79	0
392	8-2-19	0,00	1,27	3,36	0
392	9-2-19	0,00	19,17	0,29	0
392	10-2-19	0,00	5,64	1,29	0
392	11-2-19	16,37	0,00	1,93	0
392	12-2-19	10,75	0,00	5,29	0
392	13-2-19	0,00	16,79	0	2,57
392	14-2-19	2,52	0,00	0	0,64
392	15-2-19	0,64	0,00	0	0,86

P_DEV_MY = positieve afwijking melkgift (kg); N_DEV_MY = negatieve afwijking melkgift (kg); P_DEV_KVA = positieve afwijking krachtvoeractiviteit (aantal bezoeken); N_DEV_KVA = negatieve afwijking krachtvoeractiviteit (aantal bezoeken).

3.3. Deelvraag 3

Deelvraag 3 luidt: 'Wanneer heeft de individuele koe mastitis?'. Bij het bedrijf zijn in de onderzoeksperiode bij de onderzoekspopulatie in totaal 22 behandelmomenten geweest voor een acuut geval van mastitis. Een koe kreeg bij een behandelmoment de waarde *ja* bij de variabele *ziekte* voor zeven dagen. Tabel 3 is een voorbeeld van een willekeurig behandelmoment van een zieke koe waarbij de waarden van de variabele *ziekte* op dat moment te zien zijn, de afwijkingen van de indicatoren melkgift en geleidbaarheid zijn ook zichtbaar.

Tabel 3. *Positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarden van melkgift en geleidbaarheid en de waarden van de variabele ziekte in de periode van 14-11-2017 t/m 24-12-2017 van koe nummer 437*

Koe_nr	Datum	P_DEV_MY	N_DEV_MY	P_DEV_COND	N_DEV_COND	Ziekte
437	14-11-17	0,00	3,26	0,00	0,49	nee
437	15-11-17	0,00	2,19	0,00	0,85	nee
437	16-11-17	0,00	5,33	2,71	0,32	ja
437	17-11-17	0,00	7,35	2,80	0,06	ja
437	18-11-17	0,00	8,39	9,54	0,00	ja
437	19-11-17	0,00	1,84	2,17	0,00	ja
437	20-11-17	0,00	0,21	4,74	0,00	ja
437	21-11-17	5,55	0,00	2,70	0,00	ja
437	22-11-17	5,09	0,00	2,18	0,00	ja
437	14-11-17	0,00	3,26	0,00	0,49	nee
437	15-11-17	0,00	2,19	0,00	0,85	nee
437	24-12-17	0,00	4,76	0,67	0,77	nee

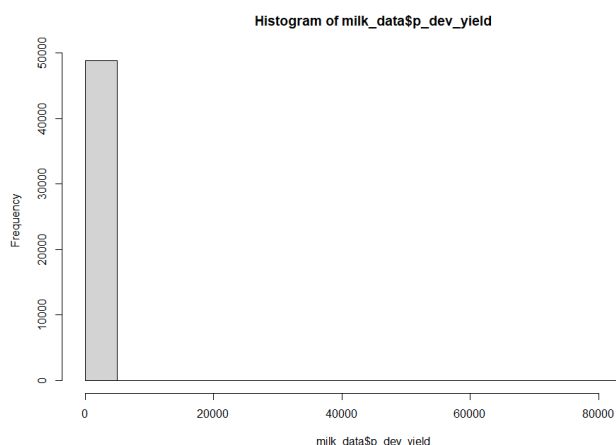
P_DEV_MY = positieve afwijking melkgift (kg); N_DEV_MY = negatieve afwijking melkgift (kg); P_DEV_COND = positieve afwijking geleidbaarheid (mS); N_DEV_COND = negatieve afwijking geleidbaarheid (mS).

3.4. Deelvraag 4

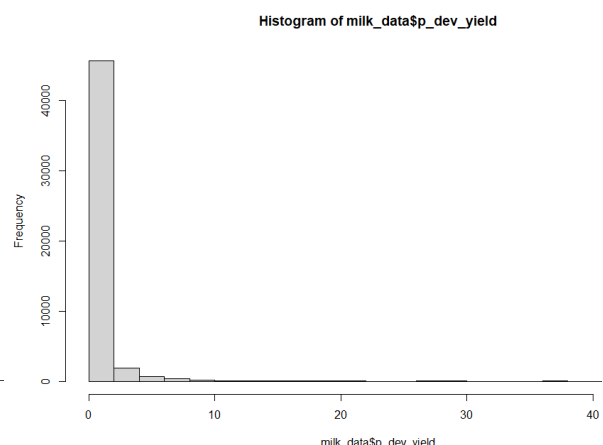
De eerste drie deelvragen vormen de basis voor het beantwoorden van deelvraag 4. Deelvraag 4 luidt: 'Wat is het verband tussen de positieve en negatieve afwijkingen van elke afzonderlijke gezondheidsindicator en het optreden van mastitis?'. Het onderzoek heeft dit verband aangeduid met een meervoudige lineaire regressieanalyse. Hierbij zijn twee regressies uitgevoerd. Eén regressie van de data van met de indicator celgetal en één regressie van de data zonder de indicator celgetal. De dataset heeft op 48814 verschillende dag + koe combinaties in de onderzoeksperiode meetgegevens van alle indicatoren behalve de indicator celgetal. Deze 48814 observaties zijn gebruikt voor model 1. De dataset heeft op 13315 verschillende dag + koe combinaties in de onderzoeksperiode meetgegevens van alle indicatoren inclusief de indicator celgetal. Deze 13315 observaties zijn gebruikt voor model 2. De onafhankelijke variabelen waaruit de modellen zijn opgebouwd zijn hier weergegeven.

3.4.1. Model 1

Model 1 is de regressie zonder de onafhankelijke variabele celgetal en start met acht onafhankelijke variabelen. Bij het analyseren van het histogram van elke onafhankelijke variabele zijn uitschieters aan het licht gekomen bij de variabelen: positieve afwijking melkgift en negatieve afwijking melkgift. Het histogram van de positieve afwijking melkgift is in figuur 1 te zien. Daaruit blijkt dat er uitschieters zijn in de observaties met een positieve afwijking van de gebruikelijke waarde van melkgift tot wel 80.000. De tien observaties met een afwijking > 100 zijn verwijderd uit de dataset. Figuur 2 is een histogram van de variabele zonder de uitschieters, hier zijn geen afwijkingen van > 40.

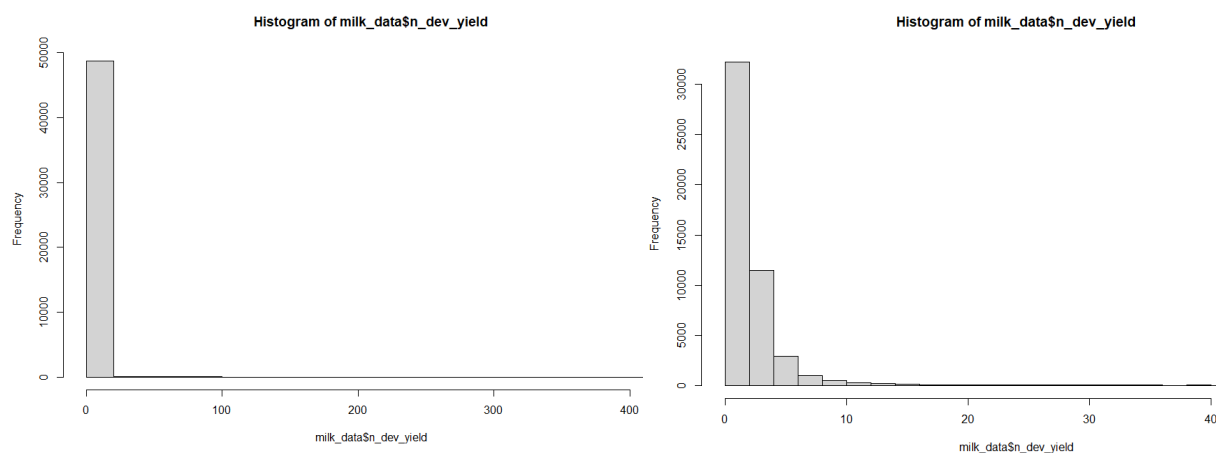


Figuur 1. Histogram van de positieve afwijking melkgift inclusief uitschieters.



Figuur 2. Histogram van de positieve afwijking melkgift zonder uitschieters.

Het histogram van de negatieve afwijking melkgift is in figuur 3 te zien. Daaruit blijkt dat er uitschieters zijn in de observaties met een negatieve afwijking van de gebruikelijke waarde van melkgift tot wel 400. De negentien observaties met een afwijking > 100 zijn verwijderd uit de dataset. Figuur 4 is een histogram van de variabele zonder de uitschieters, hier zijn ook geen afwijkingen van > 40.



Figuur 3. Histogram van de negatieve afwijking melkgift inclusief uitschieters. Figuur 4. Histogram van de negatieve afwijking melkgift zonder uitschieters.

Bij het controleren van de modelaannames is geen aanleiding gevonden om de modelaannames in twijfel te trekken.

Het significantieniveau van de acht onafhankelijke variabelen om de afhankelijke variabele *ziekte* te voorspellen zijn weergegeven in tabel 4. Uit deze acht variabelen blijkt dat zeven hiervan (alle behalve positieve afwijking krachtvoeractiviteit) een verband (P -waarde $\leq 0,05$) hebben met *ziekte*. Dit model heeft een R^2_{adj} van 0,039.

Tabel 4. Significantieniveau van de 8 onafhankelijke variabelen om ziekte te voorspellen met de geschatte waarde en bijbehorende standaardfout (model 1)

Variabele	P-waarde	Schatting	SE
P_DEV_MY	0,002	0,00067	0,00021
N_DEV_MY	<0,001	0,00134	0,00012
P_DEV_COND	<0,001	0,01627	0,00049
N_DEV_COND	<0,001	0,00653	0,00063
P_DEV_KVA	0,413	-0,00016	0,00018
N_DEV_KVA	<0,001	0,00204	0,00023
P_DEV_RB	0,003	0,00295	0,00099
N_DEV_RB	<0,001	0,01145	0,00093

SE = standaardfout; P_DEV_MY = positieve afwijking melkgift; N_DEV_MY = negatieve afwijking melkgift; P_DEV_COND = positieve afwijking geleidbaarheid; N_DEV_COND = negatieve afwijking geleidbaarheid; P_DEV_KVA = positieve afwijking krachtvoeractiviteit; N_DEV_KVA = negatieve afwijking krachtvoeractiviteit; P_DEV_RB = positieve afwijking bezoekgedrag aan de melkrobot; N_DEV_RB = negatieve afwijking bezoekgedrag aan de melkrobot.

3.4.2. Model 2

Model 2 is de regressie met de onafhankelijke variabele celgetal en start met tien onafhankelijke variabelen. De uitschieters in de observaties die bij model 1 aan het licht zijn gekomen zijn ook verwijderd uit de dataset voor dit model. Bij het controleren van de modelaannames is geen aanleiding gevonden om de modelaannames in twijfel te trekken.

Het significantieniveau van de tien onafhankelijke variabelen om de afhankelijke variabele *ziekte* te voorspellen zijn weergegeven in tabel 5. Vanwege de kleine getallen zijn de waarden van model 2 in

de wetenschappelijke notatie weergegeven. Uit deze 10 variabelen blijkt dat zes hiervan een verband (P -waarde $\leq 0,05$) heeft met *ziekte*. Dit model heeft een R^2_{adj} van 0,062.

Tabel 5. Significantienniveau van de 10 onafhankelijke variabelen om ziekte te voorspellen met de geschatte waarde en bijbehorende standaardfout (model 2)

Variabele	P-waarde	Schatting	SE
P_DEV_MY	0,554	1,523e-04	2,572e-04
N_DEV_MY	<0,001	8,808e-04	1,851e-04
P_DEV_COND	<0,001	1,013e-02	8,590e-04
N_DEV_COND	0,126	1,773e-03	1,158e-03
P_DEV_CC	<0,001	2,627e-05	1,310e-06
N_DEV_CC	<0,001	1,885e-05	2,595e-06
P_DEV_KVA	0,872	4,546e-05	2,828e-04
N_DEV_KVA	<0,001	1,259e-03	2,986e-04
P_DEV_RB	0,999	-1,910e-06	1,414e-03
N_DEV_RB	<0,001	4,774e-03	1,422e-03

SE = standaardfout; P_DEV_MY = positieve afwijking melkgift; N_DEV_MY = negatieve afwijking melkgift; P_DEV_COND = positieve afwijking geleidbaarheid; N_DEV_COND = negatieve afwijking geleidbaarheid; P_DEV_CC = positieve afwijking celgetal; N_DEV_CC = negatieve afwijking celgetal; P_DEV_KVA = positieve afwijking krachtvoeractiviteit; N_DEV_KVA = negatieve afwijking krachtvoeractiviteit; P_DEV_RB = positieve afwijking bezoekgedrag aan de melkrobot; N_DEV_RB = negatieve afwijking bezoekgedrag aan de melkrobot.

3.5. Hoofdvraag

De hoofdvraag luidt: 'Wat is het verband tussen het optreden van mastitis bij melkkoeien en de gezondheidsindicatoren melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot op bedrijven waarbij gemolken wordt met een melkrobot?' Na de regressie met de volledige modellen (alle onafhankelijke variabelen aanwezig) is achterwaartse verwijdering toegepast om tot de uiteindelijke modellen te komen.

3.5.1. Model 1

Na achterwaartse verwijdering bestaat model 1 nog steeds uit de zeven variabelen die een verband hebben met *ziekte* (alle P -waarden $< 0,01$). Het intercept, $\beta_0 \pm SE$ van het uiteindelijke model is: $-0,01231 \pm 0,00058$. De geschatte regressie coëfficiënten, $\beta \pm SE$ van de zeven onafhankelijke variabelen van het uiteindelijke model zijn: positieve afwijking melkgift ($0,00065 \pm 0,00021$), negatieve afwijking melkgift ($0,00134 \pm 0,00012$), positieve afwijking geleidbaarheid ($0,01628 \pm 0,00049$), negatieve afwijking geleidbaarheid ($0,00653 \pm 0,00063$), negatieve afwijking krachtvoeractiviteit ($0,00209 \pm 0,00022$), positieve afwijking bezoekgedrag aan de melkrobot ($0,00283 \pm 0,00098$) en negatieve afwijking bezoekgedrag aan de melkrobot ($0,01144 \pm 0,00093$). Dit model heeft ook een R^2_{adj} van 0,039.

3.5.2. Model 2

Na achterwaartse verwijdering bestaat model 2 nog steeds uit die zes variabelen die een verband hebben met *ziekte* (alle P -waarden $< 0,001$). Het intercept, $\beta_0 \pm SE$ van het uiteindelijke model is: $-7,910e-03 \pm 6,761e-04$. De geschatte regressie coëfficiënten, $\beta \pm SE$ van de zes onafhankelijke variabelen van het uiteindelijke model zijn: negatieve afwijking melkgift ($9,175e-04 \pm 1,776e-04$), positieve afwijking geleidbaarheid ($9,994e-03 \pm 8,448e-04$), positieve afwijking celgetal ($2,642e-05 \pm 1,306e-06$), negatieve afwijking celgetal ($1,966e-05 \pm 2,547e-06$), negatieve afwijking krachtvoeractiviteit ($1,241e-03 \pm 2,859e-04$) en negatieve afwijking bezoekgedrag aan de melkrobot ($4,803e-03 \pm 1,300e-03$). Dit model heeft ook een R^2_{adj} van 0,062.

4. Discussie

Dit hoofdstuk bediscussieert de gekozen aanpak en de resultaten.

4.1. Interpretatie resultaten

Dit onderzoek is opgezet om inzicht te krijgen in het verband tussen het optreden van mastitis melkkoeien en de gezondheidsindicatoren melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot. Door gebruik te maken van de ziektediagnose van een Nederlandse melkveehouder met bijbehorende behandeling voor het vaststellen van mastitis als referentie zijn twee modellen ontworpen om het verband uit te drukken tussen de gezondheidsindicatoren en mastitis. De verkregen resultaten komen overeen met de literatuur uit de inleiding. Daar blijkt dat afwijkingen aan de afzonderlijke gezondheidsindicatoren kunnen wijzen op mastitis bij melkkoeien. De significante variabelen in de modellen van dit onderzoek geven wederom aan dat dit verband bestaat. Daarnaast is ook het aandeel dat elke individuele indicator bijdraagt aan de voorspelling van een ziektegeval beschreven. Uit eerder onderzoek blijkt ook dat het combineren van verschillende gezondheidsindicatoren een reële manier is om mastitis te voorspellen.

Met de positieve en negatieve afwijkingen per indicator en de ziektegevallen zijn namelijk twee modellen gemaakt om het verband aan te duiden tussen de gezondheidsindicatoren en mastitis. Eén model van alle indicatoren inclusief de indicator celgetal en één model van alle indicatoren zonder de indicator celgetal. Uit deze twee modellen blijkt dat negen hiervan (alle behalve positieve afwijking krachtvoeractiviteit) een verband hebben met *ziekte* in ieder geval één van de twee modellen. Het eerste model bestaat uiteindelijk uit zeven onafhankelijke variabelen om de afhankelijke variabele *ziekte* te voorspellen. Dit eerste model heeft een R^2_{adj} van 0,039; 3,9% van de variantie in *ziekte* wordt dus verklaard door de onafhankelijke variabelen. Het tweede model bestaat uiteindelijk uit zes onafhankelijke variabelen om de afhankelijke variabele *ziekte* te voorspellen. Dit tweede model heeft een R^2_{adj} van 0,062; 6,2% van de variantie in *ziekte* wordt dus verklaard door de onafhankelijke variabelen.

4.2. Reflectie

Hoewel dit onderzoek inzicht geeft in het verband heeft het ook zijn beperkingen. Hier volgt een kritische reflectie van het uitgevoerde onderzoek.

Het onderzoek is in grote lijnen verlopen zoals gepland, maar sommige onderdelen verliepen gedurende het proces ook anders. Via melkrobotproducent BouMatic Robotics B.V. zijn zoals gepland de meetgegevens van de melkrobot in de onderzoeksperiode verkregen. Vervolgens zijn de meetgegevens verwerkt om te kunnen gebruiken in het statistische programma. Dit verwerken heeft meer tijd en moeite gekost dan van tevoren was voorzien. Het blijkt dat het samenvoegen van meerdere bestanden, het toepassen van formules, het berekenen van rollende gemiddelden en daggemiddelden, het verwijderen van afwijkende data en het onderscheid maken tussen verschillende koeien en lactaties in Microsoft Excel minder eenvoudig is dan gedacht. Daarnaast is er gerekend op data van een tweede bedrijf, maar deze heeft uiteindelijk vanwege het beschermen van gevoelige bedrijfsinformatie besloten om geen data meer te verstrekken aan dit onderzoek.

Een belangrijk aandachtspunt van dit onderzoek zijn de lage waarden van de R^2_{adj} of aangepaste determinatiecoëfficiënt van de twee modellen. Met model 1 zal slechts 3,9% van de variantie in *ziekte* verklaard worden door de onafhankelijke variabelen model 2 is dit 6,2%. De lage waarden laten een zeer zwak verband zien tussen de modellen en de praktijksituatie waardoor de modellen niet direct inzetbaar zijn voor praktijkgebruik.

Tevens ontbreekt het bij de data van het bedrijf bij de meetgegevens van de gezondheidsindicator celgetal aan meetresultaten gedurende de onderzoeksperiode. De meetinstallatie voor het meten van het celgetal in de melkrobot maakt gebruik van cartridges. De veehouder moet deze cartridges vervangen op het moment dat ze leeg zijn om het celgetal in de melk te blijven kunnen meten. Op het moment dat de veehouder de cartridges bijtijds vervangt is er geen probleem, maar wanneer dit langere tijd duurt dan ontstaat er een gat in de data. Gedurende de onderzoeksperiode is het verschillende keren voorgekomen dat de veehouder de cartridges nog niet heeft vervangen na enkele dagen tot meerdere weken. Dit heeft een nadelig effect op de omvang van het aantal metingen. Daarnaast bemoeilijkt het de berekening van de gebruikelijke waarde van deze indicator. Bij een volgend onderzoek is het belangrijk om de werknemers van meewerkende melkveebedrijven te voorzien van duidelijke werkinstructies om het probleem van lege cartridges te voorkomen.

Ook neemt dit onderzoek alleen acute ziektegevallen mee bij het analyseren van het verband tussen mastitis en de gezondheidsindicatoren. Chronische ziektegevallen zijn niet te analyseren. Aangezien chronische gevallen invloed hebben op de gebruikelijke waarden (deze beweegt mee met het chronische ziekteverloop) zijn deze gevallen niet te detecteren met de afwijkingen van de gebruikelijke waarden.

Verder weet dit onderzoek wel exact op welke dag de diagnose van een mastitisgeval heeft plaatsgevonden, maar is er toch onduidelijkheid over wanneer het exacte moment is geweest wanneer het in het dier zelf is begonnen. Het is mogelijk dat het probleem al eerder is ontstaan zonder dat het dier ziekteverschijnselen toont of dat de diagnose op een subklinisch niveau heeft plaatsgevonden waardoor de gezondheidsindicatoren misschien niet afwijken van de gebruikelijke waarden.

Daarnaast is er een grijs gebied na elk ziektegeval. Dit onderzoek heeft de data in de eerste 30 dagen na een ziektegeval verwijderd uit de dataset om het trekken van onjuiste conclusies te voorkomen. Toch is onduidelijk op welk moment een dier daadwerkelijk niet meer ziek is en het is onduidelijk of een genezen dier in de periode na een ziektegeval geen afwijkende meetresultaten meer heeft die onterecht voor een verkeerde interpretatie kunnen zorgen. Een langere periode dan 30 dagen verkleint de omvang van het aantal metingen en een kortere periode vergroot het risico op het trekken van onjuiste conclusies. Er is gekozen voor een periode van 30 dagen, maar dit had ook anders kunnen zijn (bijvoorbeeld de gehele resterende lactatie). Ook is de ziekteduur in de werkelijkheid per koe per ziektegeval verschillend in plaats van de standaard gehanteerde ziekteduur van zeven dagen.

Een ander punt is het beantwoorden van deelvraag 3 over het vaststellen van een ziektegeval. Dit onderzoek heeft bij het vaststellen van een ziektegeval gebruik gemaakt van de momenten wanneer de veehouder probleemdieren heeft behandeld. Het onderzoek beperkt zich dus tot het oordeel van de veehouder zelf en biedt geen garantie dat alle ziektegevallen op de juiste manier zijn opgevat. Het is dus bijvoorbeeld mogelijk dat sommige ziektegevallen onopgemerkt blijven en dus niet als *ziek* zijn toegekend bij de variabele *ziekte*. De modellen zijn daarnaast misschien beter bruikbaar op andere bedrijven na een kalibratie om verschillen tussen de onderzoeksbedrijven en bedrijven in de praktijk op te vangen.

Bovendien is het aantal gevallen van melkziekte, baarmoederontsteking en stofwisselingsproblemen beperkt bij het bedrijf. Bij het bedrijf zijn in de onderzoeksperiode in totaal 150 behandelingsmomenten geweest voor een acuut geval van mastitis, melkziekte, baarmoederontsteking of een stofwisselingsprobleem. Uiteindelijk bevat de data slechts 22 behandelingsmomenten binnen de onderzoekspopulatie. Omdat de meetgegevens van de dieren van de overige gevallen na het afvoeren van het dier niet meer beschikbaar zijn in het managementprogramma zijn deze dieren niet meegenomen in de onderzoekspopulatie. De 22

gevallen bevatten geen geval van baarmoederontsteking, melkziekte of een stofwisselingsprobleem terwijl dit in het totaal van 150 gevallen wel is voorgekomen.

Ondanks bovengenoemde aandachtspunten heeft het onderzoek ook een sterke kant. Het combineren van verschillende gezondheidsindicatoren is een zeer waardevol onderdeel van het model. Doordat het combineren kan helpen bij het eerder en nauwkeuriger detecteren van gezondheidsproblemen kan het in de toekomst een belangrijke bijdrage leveren aan de ontwikkeling van managementprogramma's van melkrobots. Ook geven de significante variabelen in de regressiemodellen aan dat, ondanks het zeer zwakke verband, er toch mogelijkheden bestaan om bij vervolgonderzoek dezelfde onderzoeksmethode te gebruiken om daarmee het verband tussen de gezondheidsindicatoren en mastitis (en mogelijk ook andere gezondheidsproblemen) aan te duiden.

Aanvankelijk is het onderzoek opgezet om het verband tussen (nog) meer gezondheidsindicatoren en meerdere gezondheidsproblemen uit te zoeken. Uiteindelijk zijn alleen de indicatoren melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot gebruikt. Indicatoren als vet/eiwit verhouding in de melk, melktemperatuur, melkkleur, lichaamsgewicht, vreetactiviteit, herkauwactiviteit en algemene activiteit zijn, ondanks dat dit wel gewenst was, niet gebruikt vanwege de beperkte detectiemogelijkheden bij de gebruikte melkrobots (geen mogelijkheid om vet/eiwit verhouding, temperatuur, melkkleur en lichaamsgewicht te meten). Wat betreft de gezondheidsproblemen is uiteindelijk alleen mastitis meegenomen omdat deze dierziekte als enige op de juiste manier voorkomt in de registratie van de behandelingen van de veehouder. Om een veelzijdiger model te verkrijgen kan er bij een volgend onderzoek voor gekozen worden om meer gezondheidsindicatoren en meer gezondheidsproblemen te onderzoeken.

4.3. Bereik

De bevindingen van dit onderzoek bevorderen producenten van melkrobots en ontwikkelaars van managementprogramma's tot het verbeteren van hun systemen. Wel is eerst vervolgonderzoek benodigd. Betere, maar vergelijkbare regressiemodellen kunnen mogelijk een onderdeel vormen bij de opbouw van (nieuwe) gezondheidsrapporten en attentielijsten in de programma's. Afwijkingen in één of meerdere van de onderzochte gezondheidsindicatoren kunnen efficiënt ingezet worden bij het tonen van mastitis door de rapporten en lijsten op een meer overzichtelijke en meer intelligente manier op te stellen en te rangschikken; de modellen bieden hierin een voorspellende factor. Dit kan zorgen voor meer samenhang en overzicht bij de informatieoverdracht aan de gebruiker, wat de mogelijkheid geeft tot het waardevol gebruik maken van de rijke hoeveelheid aan gegevens die de automatische detectiesystemen van melkrobots vastleggen. Niet langer blijven kostbare meetgegevens ongebruikt.

Het door de producenten daadwerkelijk optimaliseren van managementprogramma's van melkrobots door gebruik te maken van de resultaten van dit onderzoek biedt melkveehouders meer hulpmiddelen bij het omgaan met mastitis bij hun koeien.

5. Conclusies en aanbevelingen

Dit hoofdstuk bevat de conclusies van het onderzoek en hier wordt beschreven wat met de verkregen antwoorden kan worden gedaan.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te verkrijgen in het verband tussen mastitis bij melkkoeien en de volgende gemeten gezondheidsindicatoren: melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot. De gezondheidsindicatoren worden automatisch gemeten met behulp van de verschillende detectiesystemen op melkveebedrijven waarbij de koeien gemolken met een melkrobot.

Voor de gegevensvoorziening is gebruik gemaakt van zowel meetresultaten van de melkrobots op een Nederlands melkveebedrijf met 80 koeien als de behandelmomenten van mastitis op dat bedrijf in de onderzoeksperiode van juni 2017 tot en met maart 2021. Na verwerking zijn deze gegevens gebruikt om twee regressiemodellen te ontwikkelen om het verband tussen de gezondheidsindicatoren en mastitis aan te duiden.

5.1. Conclusies

Dit onderdeel bevat een antwoord op de vragen uit de inleiding met vervolgens de relevantie van de verkregen resultaten.

In de inleiding is de volgende hoofdvraag gesteld:

Wat is het verband tussen het optreden van mastitis bij melkkoeien en de gezondheidsindicatoren melkgift, geleidbaarheid, celgetal, krachtvoeractiviteit en bezoekgedrag aan de melkrobot op bedrijven waarbij gemolken wordt met een melkrobot?

Hierbij zijn de volgende deelvragen gesteld:

1. Wat zijn de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren bij de individuele koe?
2. Wat zijn de positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarden van de gezondheidsindicatoren bij de individuele koe?
3. Wanneer heeft de individuele koe mastitis?
4. Wat is het verband tussen de positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarde van elke afzonderlijke gezondheidsindicator en het optreden van mastitis?

Uit de hoofdstukken resultaten en discussie zijn de volgende antwoorden op de vier deelvragen voortgekomen:

1. De gebruikelijke waarde van elke gezondheidsindicator is per dag per individuele koe bepaald. Dit is mogelijk door met de daggemiddelden van de gemeten waarden van elke indicator van de melkbeurten en krachtvoerbezoeken een rollend gemiddelde van een bepaald aantal dagen (afhankelijk per indicator) te berekenen.
2. De afwijkingen van de gebruikelijke waarden zijn ook per dag en per koe bepaald. De afwijkingen zijn per indicator onderverdeeld in een positieve en een negatieve afwijking. De afwijking is het verschil tussen de gebruikelijke waarde en het daggemiddelde van een bepaalde dag.
3. Bij een behandelmomenten voor een acuut geval van mastitis in de onderzoeksperiode zal de koe op de dag van behandelen en de zes dagen erna gezien worden als ziek. Buiten deze zeven dagen zal de koe niet gezien worden als ziek.
4. Uit de tien positieve en negatieve afwijkingen van de gebruikelijke waarde van de gezondheidsindicatoren blijkt dat negen hiervan (alle behalve positieve afwijking krachtvoeractiviteit) een significant verband hebben met *ziekte*.

Het antwoord op de hoofdvraag:

Twee regressiemodellen duiden het verband aan tussen de gezondheidsindicatoren en mastitis. Eén model van alle indicatoren inclusief de indicator celgetal en één model van alle indicatoren zonder de indicator celgetal. Het eerste model bestaat uiteindelijk uit zeven onafhankelijke variabelen om de afhankelijke variabele *ziekte* te voorspellen. Het tweede model bestaat uiteindelijk uit zes onafhankelijke variabelen om de afhankelijke variabele ziekte te voorspellen.

5.1.1. Relevantie

Dit onderzoek toont met de significante onafhankelijke variabelen aan dat er mogelijkheden zijn om bij vervolgonderzoek dezelfde onderzoeksmethode te gebruiken om daarmee het verband tussen de gezondheidsindicatoren en mastitis (en mogelijk ook andere gezondheidsproblemen) aan te duiden. Het is een waardevolle stap in de goede richting om op de juiste manier waarden van gezondheidsindicatoren te combineren voor het detecteren van mastitis en andere gezondheidsproblemen, maar is nog niet genoeg. Het door de producenten daadwerkelijk optimaliseren van managementprogramma's van melkrobots door gebruik te maken van de resultaten van (eigen) vervolgonderzoek biedt melkveehouders meer hulpmiddelen bij het omgaan met mastitis. De verbeteringen in de programma's geven mogelijk meer mogelijkheden bij het realiseren van een efficiënte vroegtijdige detectie van mastitis bij hun koeien. Dit verlaagt uiteindelijk de kosten van gezondheidsproblemen en draagt bij aan het vervullen van de behoeftes van een duurzame melkveehouderij.

5.2. Aanbevelingen

Dit onderdeel bevat de aanbevelingen voor eventuele vervolgstappen.

5.2.1. Advies

Om de conclusies van dit onderzoek volledig tot hun recht te laten komen is het op de korte termijn de aanbeveling aan producenten van melkrobots en ontwikkelaars van managementprogramma's voor melkkoeien om de bevindingen van dit onderzoek in overweging te nemen. Hierbij is het noodzakelijk om eerst vervolgonderzoek (vergelijkbare methode) uit te voeren om nauwkeurigere modellen te ontwikkelen om gezondheidsproblemen te detecteren. Mogelijk bevorderen de bevindingen van vervolgonderzoek hen tot het verbeteren van hun systemen. Nieuwe regressiemodellen kunnen een onderdeel vormen bij de opbouw van (nieuwe) gezondheidsrapporten en attentielijsten in de programma's.

Daarnaast is het binnen de managementprogramma's van de melkrobots in Nederland mogelijk een waardevolle toevoeging om op de lange termijn een koppeling te ontwikkelen tussen de meetgegevens van de activiteitsmetingen (denk aan herkauwactiviteit, vreetactiviteit en algemene activiteit) van andere bedrijven zodat er meer gezondheidsindicatoren per melkbeurt en/of dag aanwezig zijn om te analyseren.

5.2.2. Vervolgonderzoek

De regressiemodellen die in dit onderzoek zijn ontwikkeld hebben een zeer lage aangepaste determinatiecoëfficiënt (<10%) waardoor ze niet direct praktisch toepasbaar zijn.

Voor het verkrijgen van uitgebreidere en betere resultaten rondom het detecteren van gezondheidsproblemen bij melkkoeien met het combineren van gezondheidsindicatoren gemeten met melkrobots is vervolgonderzoek een waardevolle optie. Het is verstandig om hier zo snel mogelijk mee te starten (korte termijn) om zo de vroegtijdige detectie van mastitis en andere gezondheidsproblemen bij melkkoeien te verbeteren en daarmee de voordelen van vroegtijdige detectie optimaal te kunnen benutten.

Allereerst is bij vervolgonderzoek dat dezelfde onderzoeksmethode gebruikt als dit onderzoek het noodzakelijk om meer data te verzamelen van behandelmomenten. Dit geeft modellen met hogere nauwkeurigheid. Dit onderzoek gebruikt slechts 22 behandelmomenten om de modellen te maken, dat aantal moet omhoog.

Ten tweede kan er bij vervolgonderzoek voor gekozen worden om tijdens de onderzoeksperiode de ziektediagnose door de dierenarts uit te laten voeren. Op deze manier kan met meer zekerheid gesteld worden dat een koe op een bepaald moment ziek is of niet. Het is dan ook mogelijk om een ziektescore op een bepaalde schaal toe te kennen aan het dier om onderscheid te kunnen maken tussen verschillende niveaus van ziektegevallen.

Ten derde is het mogelijk om bij vervolgonderzoek ook melkrobots van andere producenten te gebruiken waarbij het mogelijk is om nieuwe gezondheidsindicatoren toe te voegen (melktemperatuur, vet- en eiwitgehalte, melkkleur, lichaamsgewicht et cetera).

Ten vierde kan ervoor gekozen worden om meerdere bedrijven te gebruiken die het celgetal in de melk meten. In tegenstelling tot dit onderzoek dat gebruik heeft gemaakt van het enige melkveebedrijf in Nederland dat de keuzemogelijkheid van het meten van het celgetal in de melk heeft geïnstalleerd in een melkrobot van BouMatic Robotics B.V. kan een vervolgonderzoek bedrijven in het buitenland gebruiken of bedrijven in Nederland met melkrobots van een andere producent.

Ten vijfde is het mogelijk om bij vervolgonderzoek de data van meerdere bedrijven te verzamelen. Dit zorgt voor een grotere omvang van de onderzoekspopulatie en het neemt onderlinge verschillen tussen bedrijven zoals mogelijke verschillen in omgang met gezondheidsproblemen weg.

Ten slotte is het mogelijk om bij vervolgonderzoek meer gezondheidsproblemen (bijvoorbeeld baarmoederontsteking, melkziekte, slepende melkziekte, klauwproblemen et cetera) mee te nemen dan bij dit onderzoek is gedaan.

Literatuurlijst

Barkema, H.W., Von Keyserlingk, M.A.G., Kastelic, J.P., Lam, T.J.G.M., Luby, C., Roy, J.P., LeBlanc, S.J., Keefe, G.P., Kelton, D.F. (2015). Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 98, 7426-7445. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9377>

Bradley, A. (2002). Bovine mastitis: An evolving disease. *The Veterinary Journal*, 164, 116-128. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2002.0724>

Chagunda, M.G.G., Friggens, N.C., Rasmussen, M.D., Larsen, T. (2006). A model for detection of individual cow mastitis based on an indicator measured in milk. *Journal of Dairy Science*, 89, 2980-2998. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72571-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72571-1)

De Koning, C.J.A.M. (2010). Automatic milking—Common practice on dairy farms. *Proceedings of the First North American Conference on Precision Dairy Management* (pp. 52-67). Toronto: Progressive Dairy Operators.

De Koning, C.J.A.M. (2011). Milking Machines | Robotic Milking. In J. W. Fuquay (Red.). *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)* (pp. 952-958). San Diego: Elsevier Science Publishing Co Inc.

Deluyker, H.A., Van Oye, S.N., Boucher, J.F. (2005). Factors affecting cure and somatic cell count after Pirlimycin treatment of subclinical mastitis in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 604-614. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72724-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72724-7)

Duffield, T.F., Kelton, D.F., Leslie, K.E., Lissemore, K.D., Lumsden, J.H. (1997). Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *The Canadian Veterinary Journal*, 38(11), 713-718.

Edwards, J.L., Tozer, P.R. (2004). Using activity and milk yield as predictors of fresh cow disorders. *Journal of Dairy Science*, 87, 524-531. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73192-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73192-6)

Fourichon, C., Seegers, H., Bareille, N., Beaudeau, F. (1999). Effects of disease on milk production in the dairy cow: a review. *Preventive Veterinary Medicine*, 41, 1-35. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(99\)00035-5](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(99)00035-5)

Fricke, P.M. (2002). Scanning the future—Ultrasonology as a reproductive management tool in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 85, 1918-1926. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74268-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74268-9)

Gáspárdy, A., Efrat, G., Bajcsy, A.C., Fekete, S.G. (2014). Electronic monitoring of rumination activity as an indicator of health status and production traits in high-yielding dairy cows. *Acta Veterinaria Hungarica*, 62, 452-462. <https://doi.org/10.1556/avet.2014.026>

Gonzalez, L.A., Tolkamp, B.J., Coffey, M.P., Ferret, A., Kyriazakis, I. (2008). Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 1017-1028. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0530>

Gröhn, Y.T., Eicker, S.W., Ducrocq, V., Hertl, J.A. (1998). Effect of diseases on the culling of Holstein dairy cows in New York State. *Journal of Dairy Research*, 81, 966-978. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75657-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75657-7)

Hamann, J. (2005). Diagnosis of mastitis and indicators of milk quality. In H. Hogeveen (Red.). *Mastitis in dairy production: Current knowledge and future solutions* (pp. 82-90). Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Hansen, S.W., Norgaard, P., Pedersen, L.J., Jorgensen, R.J., Mellau, L.S.B., Enemark, J.D.(2003). The effect of subclinical hypocalcaemia induced by Na₂EDTA on the feed intake and chewing activity of dairy cows. *Veterinary Research Communications*, 27, 193-205. doi:10.1023/a:1023340506782

Hogeveen, H., Kamphuis, C., Steeneveld, W., Mollenhorst, H. (2010). Sensors and Clinical Mastitis—The Quest for the Perfect Alert. *Sensors*, 10(9), 7991-8009. <https://doi.org/10.3390/s100907991>

Jensen, D.B., Hogeveen, H., De Vries, A. (2016). Bayesian integration of sensor information and a multivariate dynamic linear model for prediction of dairy cow mastitis. *Journal of Dairy Science*, 99, 7344-7361. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10060>

Khatun, M., Thomson, P.C., Kerrisk, K.L., Lyons, N.A., Clark, C.E.F., Molfino, J., Garcia, S.C. (2018). Development of a new clinical mastitis detection method for automatic milking systems. *Journal of Animal Science*, 101, 9385-9395. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14310>

Kaneene, J.B., Hurd, H.S. (1990). The national animal health monitoring system in Michigan. III. Cost estimates of selected dairy cattle diseases. *Preventive Veterinary Medicine*, 8, 127-140. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(90\)90006-4](https://doi.org/10.1016/0167-5877(90)90006-4)

King, M., Dancy, K., LeBlanc, S., Pajor, E., DeVries, T. (2017). Deviations in behavior and productivity data before diagnosis of health disorders in cows milked with an automated system. *Journal of Dairy Science*, 100, 8358-8371. doi:10.3168/jds.2017-12723

Kitchen, B.J. (1981). Review of the progress of dairy science: Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. *Journal of Dairy Research*, 48, 167-188. <https://doi.org/10.1017/S0022029900021580>

Lam, T.J.G.M., Van den Borne, B.H.P., Jansen, J., Huijps, K., Van Veersen, J.C.L., Van Schaik, G., Hogeveen H. (2013). Improving bovine udder health: A national mastitis control program in the Netherlands. *Journal of Dairy Science*, 96, 1301-1311. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5958>

Liboreiro, D.N., Machado, K.S., Silva, P.R., Maturana, M.M., Nishimura, T.K., Brandao, A.P., Endres, M.I., Chebel, R.C. (2015). Characterization of peripartum rumination and activity of cows diagnosed with metabolic and uterine diseases. *Journal of Dairy Science*, 98, 6812-6827. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8947>

Lucy, M.C. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end?. *Journal of Dairy Science*, 84, 1277-1293. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0)

Lukas, J.M., Reneau, J.K., Wallace, R., Hawkins, D., Munoz-Zanzi, C. (2009). A novel method of analyzing daily milk production and electrical conductivity to predict disease onset. *Journal of Dairy Science*, 92, 5964-5976. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2066>

Maltz, E. (1997). The body weight of the dairy cow: III. Use for on-line management of individual cows. *Livestock Production Science*, 48, 187-200. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00026-2)

- Mollenhorst, H., Van der Tol, P.P.J., Hogeveen, H. (2010). Somatic cell count assessment at the quarter or cow milking level. *Journal of Dairy Science*, 93, 3358-3364. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2842>
- Neijenhuis, F., Heinen, J., Hogeveen, H. (2009). Automatic Milking Systems: A Dutch Study on Risk Factors for Udder Health. *First North American Conference on Precision Dairy Management*, rapport 257. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Nielen, M., Spigt, M.H., Schukken, Y.H., Deluyker, H.A., Maatje, K., Brand, A. (1995). Application of a neural network to analyse on-line milking parlour data for the detection of clinical mastitis in dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 22, 15-28. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(94\)00405-8](https://doi.org/10.1016/0167-5877(94)00405-8)
- Norberg, E. Hogeveen, H. Korsgaard, I.R., Friggens, N.C., Sloth, K.H.M.N., Lovendahl, P. (2004). Electrical Conductivity of Milk: Ability to Predict Mastitis Status. *Journal of Dairy Science*, 87, 1099-1107. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73256-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73256-7)
- Pastell, M., Kujala, M., Aisla, A.M., Hautala, M., Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I., Ahokas, J. (2008). Detecting cow's lameness using force sensors. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64, 34-38. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.05.007>
- Ribeiro, E.S., Lima, F., Greco, L., Bisinotto, R., Monteiro, A., Favoreto, M., Ayres, H., Marsola, R., Martinez, N., Thatcher, W. (2013). Prevalence of periparturient diseases and effects on fertility of seasonally calving grazing dairy cows supplemented with concentrates. *Journal of Dairy Science*, 96, 5682-5697. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6335>
- Rutten, C.J., Velthuis, A.G.J., Steeneveld, W., Hogeveen, H. (2013) Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96, 1928-1952. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>
- Song, X., Zhuang, S., Van der Tol, P.P.J. (2010). New model to detect clinical mastitis in Astronaut A3 next milking robot. *Proceedings of the First North American Conference on Precision Dairy Management* (pp. 2689-2693). Toronto: Progressive Dairy Operators.
- Soriani, N., Trevisi, E., Calamari, L. (2012). Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science* 90, 4544-4554. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-5064>
- Spahr, S.L., Maltz, E. (1997). Herd management for robot milking. *Computers and Electronics in Agriculture*, 17, 53-62. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(96\)01225-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(96)01225-2)
- Steeneveld, W., Van der Gaag, L.C., Ouweltjes, W. Mollenhorst, H. Hogeveen, H. (2010). Discriminating between true-positive and false-positive clinical mastitis alerts from automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 93, 2559-2568. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-3020>
- Steensels, M., Antler, A., Bahr, C., Berckmans, D., Maltz, E., Halachmi, I. (2016). A decision-tree model to detect post-calving diseases based on rumination, activity, milk yield, BW and voluntary visits to the milking robot. *Animal*, 10, 1493-1500. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000744>
- Svennersten-Sjaunja, K.M., Pettersson, G. (2008). Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science*, 86, 37-46. doi:10.2527/jas.2007-0527

Urton, G., Von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M. (2005). Feeding Behavior Identifies Dairy Cows at Risk for Metritis. *Journal of Dairy Science*, 88, 2843-2849. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72965-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72965-9)

Van Hertem, T., Maltz, E., Antler, A., Romanini, C.E.B., Viazzi, S., Bahr, C., Schlageter-Tello, A., Lokhorst, C., Berckmans, D. (2013). Lameness detection based on multivariate continuous sensing of milk yield, rumination, and neck activity. *Journal of Dairy Science*, 96, 4286-4298. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6188>

Wageningen University & Research. (2020, 17 december). *Gemiddeld 105 melkkoeien per bedrijf*. Geraadpleegd op 29 januari 2021, van <https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2272&indicatorID=2100§orID=2245>

Bijlage A: Checklist Schriftelijk Rapporteren

Checklist Schriftelijk Rapporteren

Naam: Rik Vloedgraven

Klas: 4DV

Datum: Juni 2021

Titel verslag/rapport: Vroegtijdige detectie van mastitis met het combineren van gezondheidsindicatoren

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

- | | |
|--|---|
| <p>1. Het taalgebruik:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typfouten per duizend woorden*Bij meer dan drie fouten per duizend woorden is het rapport/verslag afgekeurd!☐ Heeft een adequate interpunctie*☐ Is afgestemd op de gekozen doelgroep (juiste stijl)*☐ Laat een zakelijke en actieve schrijfstijl zien*☐ Bevat geen persoonlijke voornaamwoorden* <p>2. Het rapport/verslag:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Is ingebonden (hard copy)*☐ Is vrij van plagiaat* (zie onderwijsexamenregeling) <p>3. De omslag:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Bevat de titel☐ Vermeldt de auteur(s) <p>4. De titelpagina/het titelblad:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Heeft een specifieke titel*☐ Vermeldt de auteur(s)*☐ Vermeldt de plaats en de datum*☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)* <p>5. Het voorwoord:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan) <p>6. De inhoudsopgave:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag*☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n)☐ Is overzichtelijk☐ Heeft een correcte paginaverwijzing <p>7. De samenvatting:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag☐ Bevat conclusies☐ Bevat geen persoonlijke mening☐ Is gestructureerd☐ Is zakelijk geschreven☐ Staat direct na de inhoudsopgave <p>8. De inleiding (toelichting op intranet):</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Is hoofdstuk 1*☐ Beschrijft het grotere kader en aanleiding☐ Beschrijft inhoudelijke achtergrondinformatie*☐ Formuleert het probleem/de onderzoeksvraag*☐ Vermeldt het doel*☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag* | <p>9. Materiaal en methode:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode☐ Past bij de onderzoeksvraag/vragen*☐ Beschrijft de variabelen/eenheden☐ Beschrijft de methode van data-analyse <p>10. De (opmaak van de) kern:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Bestaat uit genummerde hoofdstukken en (sub)paragrafen (maximaal drie niveaus)*☐ Deze zijn verschillend in opmaak*☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel☐ Een hoofdstuk beslaat ten minste één pagina☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken)☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (onder de figuur)*☐ De tabellen zijn (door) genummerd en hebben een passende titel (boven de tabel)*☐ Tabellen en figuren zijn zelfstandig te begrijpen☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen*☐ De tekst bevat verwijzing naar de desbetreffende bijlage(n)☐ De tekst is ook zonder verwijzingen te begrijpen☐ De pagina's zijn genummerd* <p>11. De discussie:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur☐ Geeft de valide argumentatie weer☐ Evalueert de gebruikte onderzoeksmethode☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen (zie toelichting op intranet) <p>12. De conclusies en aanbevelingen:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ De conclusies zijn gebaseerd op relevante feiten☐ De aanbevelingen zijn gebaseerd op relevante feiten☐ Bevatten geen nieuwe informatie* <p>13. De bronvermelding:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ In de tekst is conform de geldende APA-normen* (zie intranet Mediatheek) <p>14. De literatuurlijst:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Is opgesteld conform de geldende APA-normen* (zie intranet Mediatheek) <p>15. De bijlagen:</p> <ul style="list-style-type: none">☐ Zijn genummerd☐ Zijn voorzien van een passende titel☐ Bevatten geen eigen analyse |
|--|---|