

Afstudeerwerkstuk

Een vergelijking tussen de temperatuurmetingen van
CowManager en SmaXtec



Kaylee Wennemars
Aeres Hogeschool Dronten
Agrarisch ondernemerschap
5 juni 2022, Dalfsen

Afstudeerwerkstuk

Een vergelijking tussen de temperatuurmetingen van CowManager en SmaXtec

Auteur:

Kaylee Wennemars
Muldersstraat 2
7722 TA Oudleusen

School:

Aeres Hogeschool Dronten
De Drieslag 4
8251 JZ Dronten

Opleiding:

Agrarisch ondernemerschap

Studentnummer:

3027075

Klas:

DVO 4

afstudeerdocent:

Jan Bloemert

Datum:

5 juni 2022

Plaats:

Dalfsen

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

Dit onderzoeksrapport is een afstudeeropdracht van Aeres Hogeschool Dronten, waar ik vierdejaars student ben aan de opleiding Agrarisch Ondernemerschap Dier- en Veehouderij. Samen met mijn ouders en broer heb ik een melkveebedrijf. De afgelopen jaren hebben wij door middel van de temperatuurmeting van CowManager veel uitval van dieren voorkomen. Hierdoor ontstond de interesse om onderzoek te doen naar verschillende temperatuurmetingen.

De afstudeeropdracht is een vergelijking tussen de temperatuurmetingen van CowManager en SmaXtec. CowManager bestaat uit een oorsensor. SmaXtec heeft een bolus ontwikkeld, die de temperatuur meet in de pens van de koe. Uiteindelijk is het onderzoeksrapport interessant voor adviseurs in de agrarische sector en melkveehouders. Ook voor de betreffende bedrijven zijn de onderzoeksresultaten interessant.

Tijdens het schrijven van het onderzoeksrapport zijn de nodige tegenslagen geweest. Hierdoor is de onderzoeksmethode aangepast. Tijdens het analyseren van de resultaten is gekozen om de gezondheidsgebeurtenissen te koppelen aan de temperatuur in plaats van andersom. Daarnaast is ook meer literatuuronderzoek verricht om ondanks de tegenslagen toch een onderbouwd onderzoek op te stellen.

Tijdens het proces van het onderzoek zijn verschillende personen betrokken geweest. Hierbij wil ik Jan Bloemert bedanken voor de ondersteuning en het coachen van dit rapport. Daarnaast wil ik de praktijkfaciliteit Aeres Farms van stichting Aeres bedanken voor de data die beschikbaar is gesteld. Ook wil ik Michaël Pattiruhu bedanken voor de hulp tijdens het analyseren van de data. Als laatste wil ik Bert van den Assem bedanken voor de hulp bij de vormgeving van dit rapport.

Kaylee Wennemars

Dalfsen, 5 juni 2022

Inhoud

Samenvatting.....	5
Summary	6
1. Inleiding	7
1.1 Ontwikkelingen in de melkveehouderij 2000-2020	7
1.2 Sensortechnologie.....	12
1.3 Onderzoek rondom sensoren.....	13
1.4 Informatie over SmaXtec.....	15
1.5 Informatie over CowManager	17
1.6 Onderzoeksvragen.....	18
1.7 Doelstelling.....	18
1.8 Leeswijzer	19
2. Materiaal en methode.....	20
2.1 Welk systeem reageert het snelst op temperatuurveranderingen?.....	20
2.2 Welke temperatuurmeting is het meest correct	22
3. Resultaten.....	23
3.1 Welk systeem reageert het snelst op temperatuurveranderingen?.....	23
3.1.1 E.coli	23
3.1.2 Afkalven.....	24
3.1.3 Mastitis	26
3.1.4 Melkziekte	27
3.1.5 Slepde melkziekte.....	27
3.1.6 Been- en klauwproblemen	28
3.2 Welk systeem is het meest correct	29
4. Discussie	31
5. Conclusie en aanbevelingen.....	33
5.1 Conclusies.....	33
5.2 Aanbevelingen voor de gebruiker	35
5.3 Aanbevelingen voor SmaXtec.....	35
5.4 Aanbevelingen voor CowManager	35
Literatuurlijst	37
Bijlage I: Checklist schriftelijk rapporteren.....	42

Samenvatting

Deze scriptie staat in het teken van sensortechnologie en geeft antwoord op de vraag welke temperatuurmeting het nauwkeurigst is om ziektes bij melkkoeien vroegtijdig op te sporen. Sensortechnologie heeft zich de laatste jaren ontwikkeld op het gebied van individuele monitoring van koeien. Om ziektes op te sporen zijn verschillende temperatuurmetingen, zoals de oortemperatuur of een bolus in de pens die de temperatuur kan meten. Deze temperatuurmetingen zijn zinvol om ziektes vroegtijdig op te sporen. Hierdoor wordt de melkveehouder eerder geattendeerd op zieke dieren en kan dus beter ingrijpen. Dit zorgt voor minder antibioticagebruik en een gezondere veestapel.

Het onderzoek is uitgevoerd op Aeres Farms in Dronten (NL). Voor het onderzoek zijn 35 koeien gemonitord in een periode van januari 2017 tot januari 2022. De temperatuur is 24 uur per dag gemeten door de sensoren van CowManager (oorsensor) en SmaXtec (bolus). Aan de hand van grenswaarden is gekeken welk systeem eerder reageert op ziektes en welk systeem het nauwkeurigst reageert op basis van de sensitiviteit en specificiteit.

De resultaten laten zien dat SmaXtec sneller is in het detecteren van temperatuursveranderingen. Daarentegen is CowManager correcter in het opsporen van ziektes bij melkvee. Het antwoord op de hoofdvraag: “Welke temperatuurmeting is het nauwkeurigst tijdens het opsporen van ziektes bij melkvee?” kan gezegd worden dat beide systemen gelijkwaardig zijn aan elkaar. CowManager is het nauwkeurigst in het opsporen van stofwisselingsproblemen. SmaXtec is het nauwkeurigst in het opsporen van uierproblemen.

Op basis van dit onderzoek kan een melkveehouder kiezen welk systeem voor zijn of haar bedrijf geschikt is. De betreffende bedrijven kunnen de systemen verbeteren door nauwkeuriger te kijken naar een afkalfdetectie en meer onderzoek uit te voeren met betrekking tot verschillende gezondheidsgebeurtenissen. De resultaten kunnen echter onvoldoende betrouwbaar zijn, omdat gewerkt is met grenswaarden en ziekte heeft geen eenduidige aanwijzing. Een koe kan naast een temperatuurafwijking ook minder actief worden of minder gaan eten of herkauwen. Beide systemen meten deze indicatoren voor ziektes ook, maar deze zijn niet meegenomen in het onderzoek. Hierdoor kunnen de resultaten afwijken van de werkelijkheid.

Summary

This thesis is dedicated to sensor technology and answers the question of which temperature measurement is the most accurate for early detection of disease in dairy cows. Sensor technology has developed a lot in recent years when it comes to individual monitoring of cows. To detect diseases, a variety of methods of temperature measurements, such as the ear temperature or a bolus in the rumen, are available. For the dairy farmer, temperature measurement is useful to detect disease in an early stage. This allows the dairy farmer to take preventive action. This results in less antibiotic use and a healthier livestock.

The research was conducted at Aeres Farms in Dronten (NL). For the study, 35 cows were monitored over a period from January 2017 to January 2022. The temperature was measured 24 hours a day by CowManager (ear) and SmaXtec (bolus) sensors. Limiting values were used to determine which system is more likely to respond to disease and which system responds most accurately, based on sensitivity and specificity.

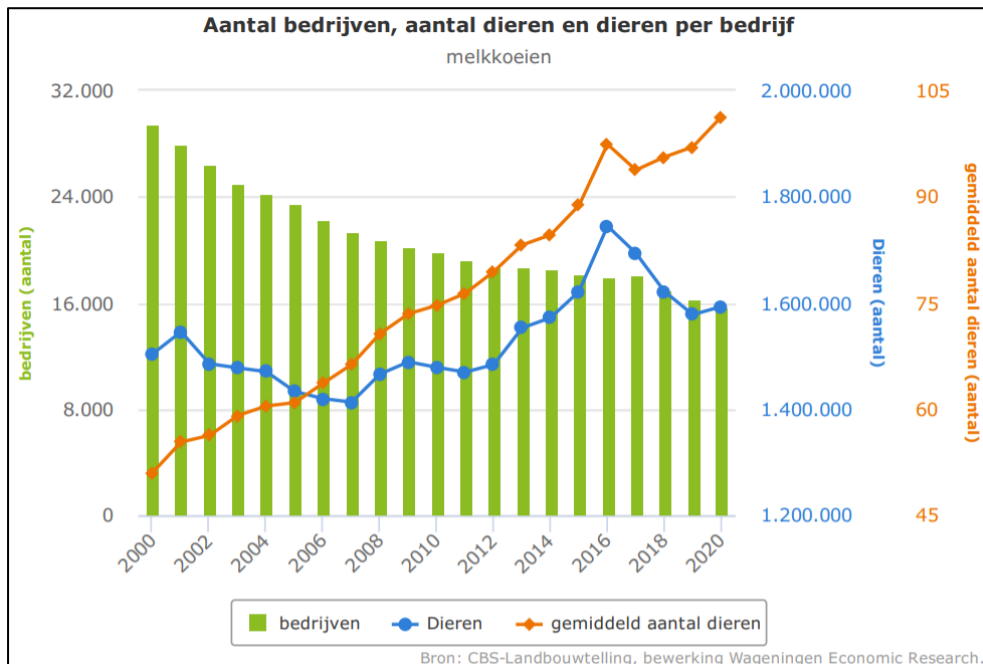
The results show that SmaXtec is faster at detecting temperature changes. On the other hand, CowManager is more accurate in detecting diseases. The answer to the main question, "Which method of temperature measurement is most accurate in detecting diseases in dairy cattle?" is that both systems are equivalent to each other. SmaXtec detects udder health problems earlier and more accurately than CowManager. In contrast, CowManager detects metabolic diseases better and more accurately.

Based on this research, a dairy farmer can choose which system is right for his or her farm. CowManager and SmaXtec can improve the systems by looking more closely at a calving detection and conduction more research regarding different diseases in dairy cattle. However, the results may deviate because limiting values were used and disease does not have an unequivocal indication: a cow may show different disease indications, for example show inactivity, or start eating and ruminating less. Both systems also measure these indicators of disease, but these were not included in the study.

1. Inleiding

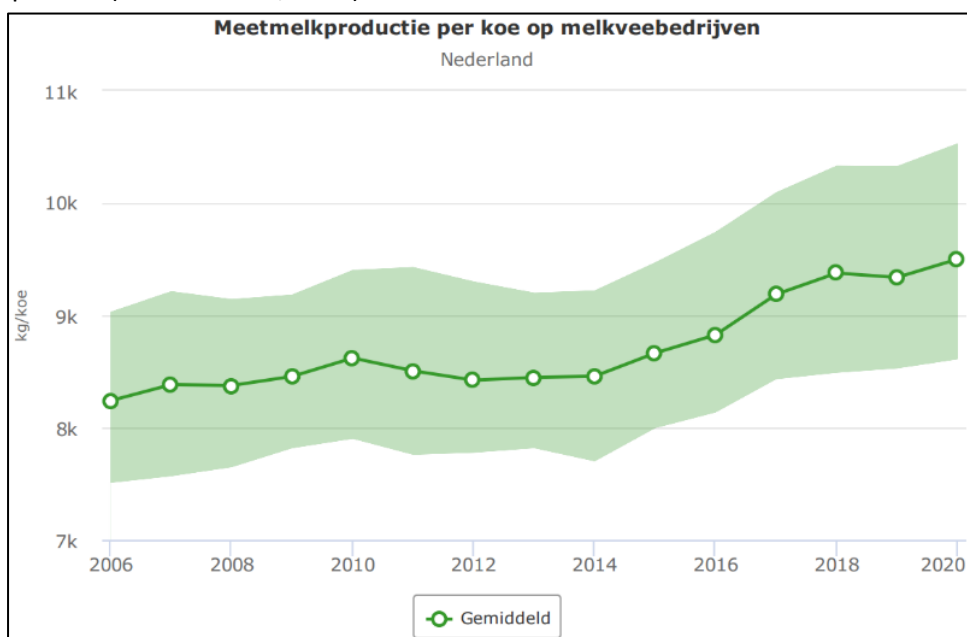
1.1 Ontwikkelingen in de melkveehouderij 2000-2020

De melkveehouderij heeft de laatste jaren te maken met verschillende ontwikkelingen. Om te beginnen met het aantal melkveehouders in Nederland. In figuur 1 is een daling van melkveehouders weergegeven van 53 procent over een periode van 20 jaar. Daarnaast is het aantal dieren per bedrijf toegenomen. In 20 jaar is het aantal dieren per bedrijf met 98 procent toegenomen (figuur 1) (Van der Meulen, 2021c).



Figuur 1 Aantal bedrijven, aantal dieren en dieren per bedrijf (Van der Meulen, 2021c)

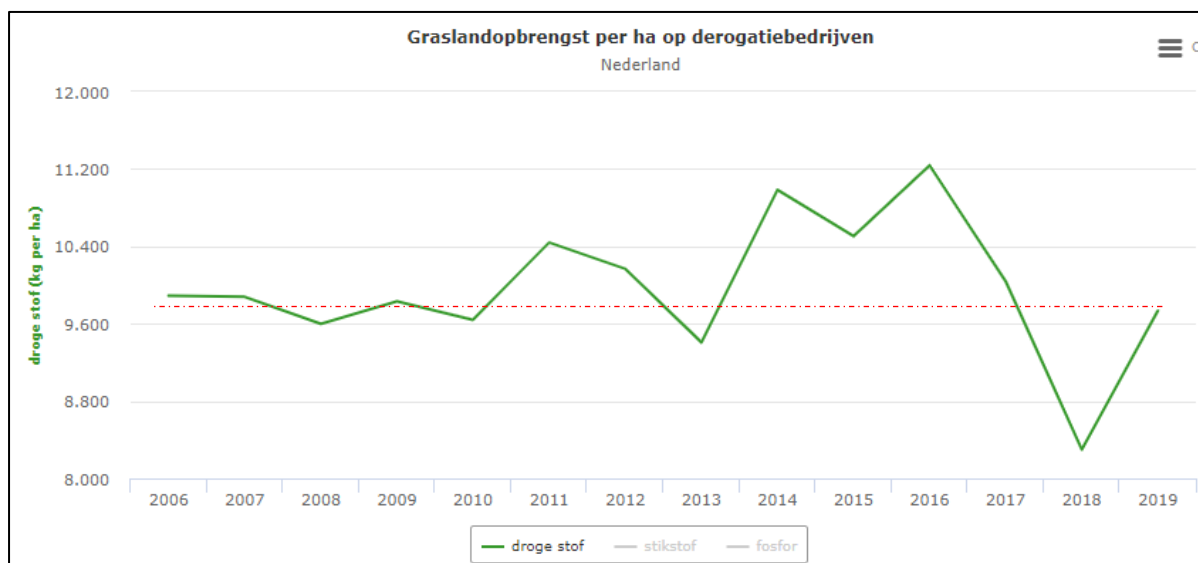
Niet alleen het aantal dieren per bedrijf is gestegen, maar ook de melkproductie per koe. In figuur 2 staat de ontwikkeling van de melkproductie. In een periode van 14 jaar is de melkproductie per koe gemiddeld vijftien procent gestegen. De gemiddelde melkproductie in 2020 is 9.723 kilogram melk per koe (Van Leeuwen, 2021).



Figuur 2 Meetmelkproductie per koe (Van Leeuwen, 2021)

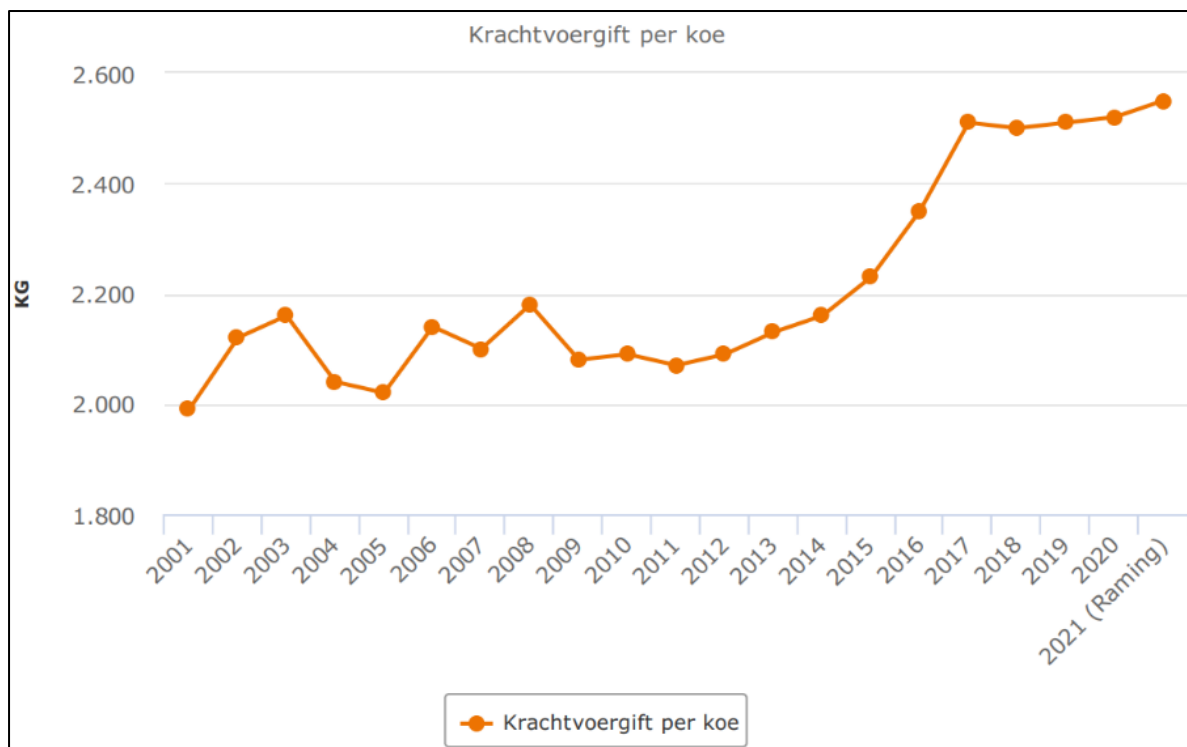
Om de melkproductie in stand te houden of te verhogen is dierenwelzijn en diergezondheid belangrijk. Verschillende factoren zijn hiervoor van belang (Ruis, z.j.). Als eerste is de voeding een factor voor de melkproductie. De voeding bestaat uit ruwvoer en krachtvoer. De intensiteit is een kengetal dat laat zien hoeveel kilogram melk per hectare wordt geproduceerd. De intensiteit geeft een indicatie van het ruwvoer dat gewonnen wordt.

De intensiteit op melkveebedrijven is toegenomen. Dit betekent dat er meer melk per hectare is geproduceerd. De intensiteit is in een periode van 14 jaar met 32 procent toegenomen (Van Leeuwen, 2021). Het totale ruwvoer dat de melkveehouder per jaar beschikbaar heeft, is afhankelijk van de opbrengst per hectare. In figuur 3 is de graslandopbrengst per hectare in kilogrammen droge stof te zien. De opbrengsten variëren mede door de weersomstandigheden. Een voorbeeld hiervan is het droge jaar in 2018. De gemiddelde opbrengst was toen 8.300 kilogram droge stof per hectare. De gemiddelde graslandopbrengst over een periode van 14 jaar is 9.330 kilogram droge stof per hectare. In 2019 was de opbrengst 9.700 kilogram droge stof per hectare. In 2006 was de opbrengst gemiddeld 9.888 kilogram droge stof per hectare. Uit deze cijfers is te zien dat de graslandopbrengst nauwelijks is gestegen. De snijmaisopbrengst in 2019 steeg naar 17.000 kilogram droge stof en is daarmee 200 kilogram droge stof opbrengst hoger dan het langjarige gemiddelde (2006-2018) van 16.800 kilogram droge stof per hectare (Hoogeveen, 2021). Deze cijfers laten zien dat de snijmaisopbrengst nauwelijks is gestegen. Kortom, de ruwvoerproductie is gemiddeld gelijk gebleven, terwijl de intensiteit is toegenomen. Voor de melkveehouder is het belangrijk om goede kwaliteit ruwvoer te winnen, om de melkproductie in stand te houden.



Figuur 3 Graslandopbrengsten per ha op derogatiebedrijven (Hoogeveen, 2021)

Krachtvoer is voor de melkveehouder een doeltreffend en eenvoudig hulpmiddel om het rantsoen te optimaliseren. In figuur 4 is de krachtvoergift per koe te zien. De krachtvoergift per koe per jaar is met 18 procent gestegen in 14 jaar. Krachtvoer vult de tekorten in het ruwvoer aan om een optimaal rantsoen te verstrekken aan de melkkoeien. De toename in de krachtvoergift kan ontstaan zijn door een mindere kwaliteit ruwvoer (Van der Meulen, 2021a). Volgens De Wit en Van de Goor (2016) is het voeren van meer krachtvoer aantrekkelijk voor een hogere melkproductie. Daarnaast stijgt de totale voeropname per koe. Dit resulteert in een betere benutting. Deze twee factoren zijn voor de melkveehouder aantrekkelijk om de krachtvoergift te verhogen.



Figuur 4 per koe per jaar (Van der Meulen, 2021a)

Naast de voeding is ook de dierenwelzijn, diergezondheid en normaal gedrag belangrijk. Deze factoren maken deel uit van duurzaamheidsdoelen. Deze doelen zijn opgesteld door de Duurzame Zuivelketen. De Duurzame Zuivelketen bestaat uit verschillende zuivelondernemingen, die doelen hebben opgesteld voor een duurzamere melkveehouderij. Voor de periode 2019 tot en met 2030 zijn de doelen onderverdeeld in zeven thema's. De verbetering van diergezondheid & dierenwelzijn is één van deze thema's (Doornewaard et al, 2020). De doelen die bij dit thema horen zijn levensduur, diergezondheid en dierenwelzijn.

De eerste doelstelling is gericht op de levensduur voor melkvee en luidt: "In 2030 heeft 90 procent van de melkveebedrijven minimaal een levensduur (koeien bij afvoer van het bedrijf) van de gemiddelde levensduur in 2018 (5 jaar, 6 maanden en 20 dagen)" (Duurzame Zuivelketen, z.j.-a). In 2011 was de gemiddelde levensduur 5 jaar, 8 maanden en 11 dagen. Door het fosfaatreductieplan (2017) en de introductie van de fosfaatrechten (2018) bleef de verlenging van de levensduur achter, omdat de fosfaatrechten zorgden voor een hoger afvoerpercentage. In 2019 is de levensduur gestegen met 14 dagen (Doornewaard et al., 2020).

Een hogere levensduur heeft gevolgen voor de diergezondheid volgens de Diergezondheidsdienst (GD) in de Veekijker (oktober 2021). Bedrijven met een hogere levensduur hadden een lager sterftegetal bij kalveren en koeien, maar een slechtere uiergezondheid. Oudere koeien hebben namelijk een hoger celgetal, aldus de GD. Stokkermans (2021) meldt daarnaast in een artikel van de Nieuwe Oogst dat een hogere levensduur leidt tot meer klinische mastitisgevallen. Dit blijkt uit de mastitismonitor van de GD. In 2020 was de Klinische Mastitisincidentie (KMI) 28,6 gevallen per 100 melkkoeien. Het rollende KMI-jaargemiddelde is 27,0 gevallen per 100 melkkoeien. Als laatste laat een artikel uit de Veeteelt (februari 2022) weten dat op basis van cijfers uit de Diergezondheidsmonitor Rundvee van de GD, bedrijven met een hogere levensduur een gunstigere dierziektestatus hebben. Daarnaast hebben deze bedrijven een hoger antibioticagebruik (Veeteelt, 2022).

De volgende doelstelling staat in het teken van diergezondheid: “Verantwoord diergeneesmiddelengebruik in lijn met waarden Autoriteit diergeneesmiddelen SDA en 90% van de melkveebedrijven heeft een KalfOK score hoger dan 75”. (Duurzame Zuivelketen, z.j.-a). Het antibioticagebruik in de melkveehouderij in 2020 is gemiddeld 2,4 DDDA (Defined Daily Dose Animal). DDDA is een indicator voor het gebruik van antibiotica op een bedrijf. Volgens de Autoriteit Diergeneesmiddelen is de DDDA van 2020 een aanvaardbaar antibioticagebruik. Wanneer de melkveehouder boven de 5 DDDA komt, moet actie ondernomen worden (Bonten et al, 2021). De KalfOK score staat voor Kalf Opfok Kwaliteit score. Dit is een scoresysteem dat de melkveehouder elk kwartaal inzicht geeft op de kwaliteit van kalver opfok (Duurzame Zuivelketen, z.j.-a). De KalfOK-score bestaat uit 12 kengetallen, die een indicatie geven van de gezondheid van kalveren en jongvee op het bedrijf. In tabel 1 zijn de kengetallen met de signaalwaarden en streefgebieden te zien (KalfOK, z.j.). De KalfOK-score is bedoeld om het jongvee te monitoren, omdat een goede opstart van belang is voor de gezondheid en productiviteit als koe (Duurzame Zuivelketen, z.j.-a).

	Signaalwaarde		Streefgebied	
Kengetal	Punten bij:	Aantal punten	Punten bij:	Maximale aantal punten
Geboorten en opfok (%/kwartaal)*				
• Levende geboorten	≥ 92,0	10	≥ 95,0	15
• Succesvol gestarte stierkalveren t/m 14 dgn	≥ 92,0	10	≥ 97,0	15
• Succesvol gestarte vaarskalveren t/m 14 dgn	≥ 92,0	10	≥ 97,0	15
• Succesvolle kalveren vanaf 15 tot 56 dgn	≥ 92,0	10	≥ 97,0	15
• Succesvolle vaarskalveren vanaf 56 dgn tot 2 jr	≥ 98,0	10	≥ 98,0	10
Antibioticagebruik bij kalveren (DDDA_F/kwartaal)**				
• Luchtwegproblemen bij kalveren tot 56 dgn	≤ 1,70	5	≤ 1,70	5
• Diarreeproblemen kalveren tot 56 dgn	≤ 3,10	5	≤ 3,10	5
• Overige problemen kalveren tot 56 dgn	≤ 2,90	5	≤ 2,90	5
• Kalveren vanaf 56 dgn tot 1 jaar	≤ 0,10	5	≤ 0,10	5
Bedrijfsgezondheidsstatus				
• Gecertificeerde BVD-status	Vrij	6	Vrij	6
• Gecertificeerde IBR-status	Vrij	2	Vrij	2
• Gecertificeerde Salmonella-status	Niveau 1	2	Niveau 1	2
Totale aantal punten				100
*de opfokkengetallen zijn uitgedrukt in een ratio en weergegeven als percentage				
**DDDA _F =dierdagdosering				

Tabel 1 Kengetallen, signaalwoorden, streefgebieden en aantal punten binnen de KalfOK-score. (KalfOK, z.j.)

De laatste doelstelling gaat over dierenwelzijn: “Op alle melkveebedrijven wordt dierenwelzijn continu gemonitord door de melkveehouder, in samenwerking met de zuivelonderneming wordt dit aantoonbaar gemaakt. Door middel van de WelzijnsMonitor”. (Duurzame Zuivelketen, z.j.-a). Melkveehouders vullen jaarlijks de KoeKompas in. De KoeKompas bestaat uit zeven categorieën: melken, voeding & water, huisvesting, dierenwelzijn, werkrouines, dierziekte-incidentie en jongvee-opfok. Samen met de Welfare Quality-standaard vormt deze de Welzijnsmonitor rundvee (Duurzame zuivelketen, z.j.-a). De Welfare Quality-standaard is gebaseerd op vier principes: goede voeding, goede huisvesting, goede gezondheid en normaal gedrag (Ruis, z.j.).

Een ander thema in de duurzaamheidsdoelen is het behoud van weidegang. De doelen hiervoor luiden als volgt:

- Ten minste behoud van het niveau van weidegang in 2012: 81,2 procent van de bedrijven past een vorm van weidegang toe.
- Streven zo dicht mogelijk te blijven bij de verdeling van 2012: 73,6 procent van de bedrijven volledige weidegang (Duurzame zuivelketen, z.j.-b).

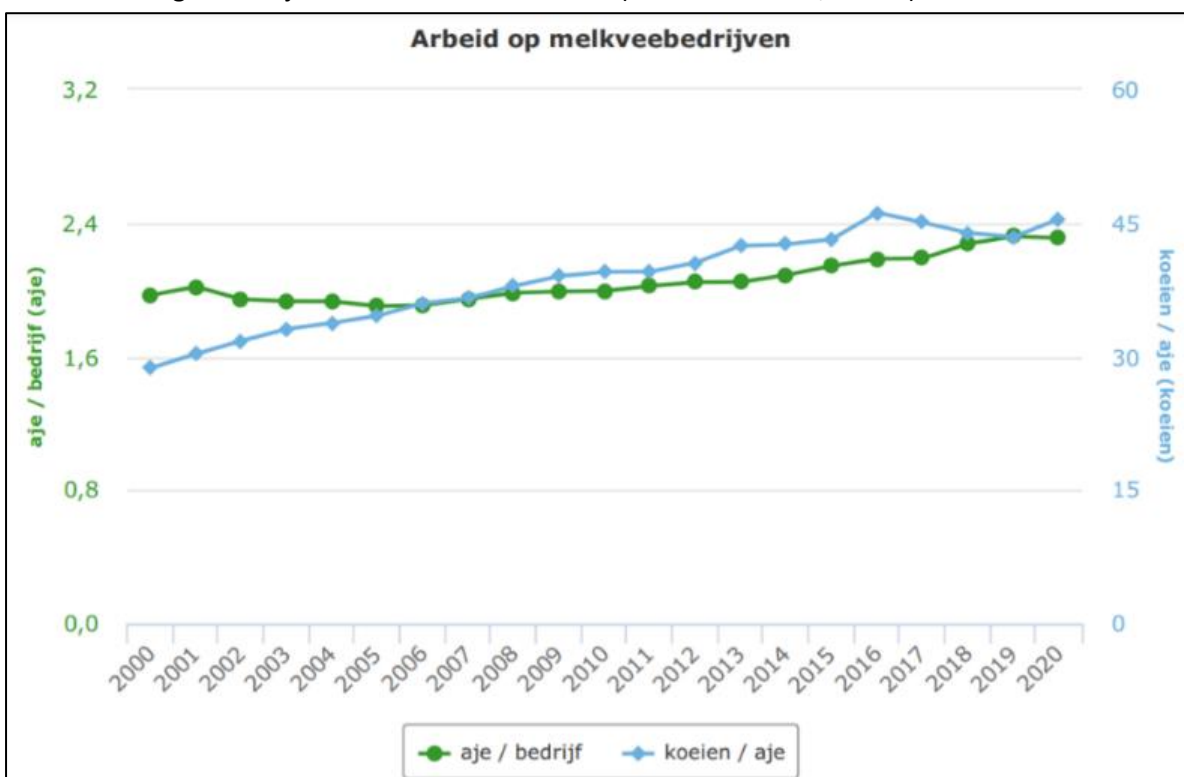
Weidegang bevordert natuurlijk gedrag. Koeien kunnen grazen, herkauwen, comfortabel liggen en rusten. Weidegang draagt bij aan de klauw- en beengezondheid (Ruis, z.j.). Om weidegang te

behouden krijgt de melkveehouder weidepremie. Daarnaast worden de zuivelproducten die gemaakt zijn van weidemelk, herkenbaar gemaakt met het weidemelklogo (Duurzame Zuivelketen, z.j.-b).

Samenvattend, de duurzaamheidsdoelen dragen bij aan een goed dierenwelzijn en goede diergezondheid. Anderzijds zorgen deze doelstellingen voor hogere eisen aan het management en de bedrijfsvoering van de melkveehouder. Dierenwelzijn, diergezondheid en weidegang zijn twee van de zeven thema's waar de melkveehouder in 2030 aan moet voldoen. Door middel van een puntensysteem wordt de melkveehouder gestimuleerd duurzamer te produceren (Duurzame Zuivelketen, 2014; Duurzame Zuivelketen, z.j.-a).

In een artikel van Melkvee (Hiemstra, 2013) is in 2013 een bedrijf uitgelicht met een melkproductie van gemiddelde 8.343 kilo melk per koe. Waarbij de gemiddelde melkproductie bijna 9.000 kilogram melk per koe was (Van Leeuwen, 2021). De melkveehouder beschrijft zichzelf als machineboer. Op het melkveebedrijf moeten de koeien gemakkelijk melk produceren. De dierenarts komt alleen voor periodieke bedrijfsbezoeken. De melkveehouder wil een 'zelfredzame' veestapel (Hiemstra, 2013). Kortom, de melkveehouder hoeft niet de hoogste melkproductie, als de veestapel maar gemakkelijk melk produceert. Volgens dit artikel zouden hoogproductieve bedrijven een minder zelfredzame veestapel hebben. Dit zou betekenen dat hoogproductieve koeien meer aandacht nodig hebben, om een hogere melkproductie te behalen. Dit betekent dat er meer arbeid op deze bedrijven nodig is.

De arbeid op melkveebedrijven is te zien in figuur 5. Het blijkt dat de arbeidsinzet op melkveebedrijven afneemt. In een periode van 20 jaar is het aantal Arbeid Jaar Eenheden (aje) per bedrijf met 600 uur toegenomen. Hierbij is één aje gelijk aan 2.000 uur. Het aantal koeien per aje is in 20 jaar gestegen met 16 koeien per aje. Dit betekent dat een volledige arbeidskracht momenteel 45 koeien verzorgt. In het jaar 2000 was dit 29 koeien (Van der Meulen, 2021b).



Figuur 5 Arbeid op melkveebedrijven (Van der Meulen, 2021b)

In vergelijking met Europese landen hebben Nederlandse melkveehouderijen weinig betaalde arbeid. De Nederlandse melkveehouder geeft gemiddeld 0,65 euro per 100 kilogram melk uit aan betaalde

arbeid. De Deense melkveehouder geeft gemiddeld 4,00 euro uit aan arbeid. Buiten Europa is dit bedrag 2,00 euro per 100 kilogram melk (Verantwoorde Veehouderij, 2018).

De laatste ontwikkeling in de melkveehouderij heeft betrekking op de financiën. Het aantal koeien en de melkproductie per koe zijn per bedrijf gestegen (Van der Meulen, 2021c; Van Leeuwen, 2021). Daarnaast zijn de arbeidskosten laag in vergelijking tot andere landen (Verantwoorde Veehouderij, 2018). Deze ontwikkelingen moeten voor een opbrengststijging zorgen. In 20 jaar is de opbrengst gestegen met 124 procent. De kosten zijn echter gestegen met 168 procent. Dit betekent dat de marge gemiddeld 44 procent is gedaald. Dit komt overeen met gemiddeld 42.300 euro per bedrijf (Van der Meulen, 2021d). Ook het inkomen uit een bedrijf per onbetaalde aje is gedaald. In de periode van 2001 tot en met 2020 is het inkomen uit het bedrijf gedaald met 29 procent (Van der Meulen, 2021d).

1.2 Sensortechnologie

De ontwikkelingen in de melkveehouderij zorgen voor een nieuw concept: Smart Dairy Farming (SDF). Dit concept is de laatste jaren snel ontwikkeld. Met name de informatie- en communicatietechnologie (ICT). Het betreft vooral de digitale apparatuur of diensten die gericht zijn op communicatie. Deze stellen melkveehouders in staat melkkoeien te monitoren. De technologie (SDF) zorgt voor een nieuwe manier van het houden van melkvee (Lokhorst, 2018).

Smart Dairy Farming begon rond 1970 – 1980 in de Verenigde Staten van Amerika. De akkerbouwers maakten gebruik van satellieten om landbouwmachines beter te volgen op het land. De satelliet kon later ook bodemkenmerken observeren. Vervolgens werd het mogelijk preciezer te bemesten of andere bodem-beherende processen toe te passen. Dit stelde de akkerbouwer in staat de bemesting uit te voeren in verschillende zones. Met uniformere percelen als resultaat. Rond 1990 werd deze precisielandbouw ook in Europa toegepast (Lokhorst, 2018).

In Europa zorgde precisielandbouw voor de ontwikkeling van elektrische identificatiesystemen. Dit stelde melkveehouders in staat individueel gedoseerd krachtvoer toe te dienen bij koeien. Dit concept stimuleerde de sensortechnologie en besluitondersteuning bij het melken, voeren en huisvesten. Zo werden gegevens beschikbaar van individuele koeien of kleinere groepen in de stal (Lokhorst, 2018).

Inmiddels zijn verschillende sensoren ontwikkeld voor individuele melkkoeien die continu data verzenden naar de melkveehouder in de vorm van meldingen. Zo kan de melkveehouder vierentwintig uur per dag zijn of haar koeien volgen. Momenteel zijn 15 sensoren op de markt die de temperatuur meten van individuele koeien. 10 sensoren kunnen de herkauwactiviteit meten. 13 sensoren zijn in staat mastitis op te sporen. 27 sensoren kunnen tocht herkennen. Volgens Lokhorst gaan de ontwikkelingen rondom sensortechnologie snel. De technologie voor het opsporen van ziektes blijft echter lastig. Dit komt volgens Lokhorst, doordat de zieke koe geen eenduidige aanwijzingen geeft (Groene kennisnet, 2019). Dit heeft te maken met het ontbreken van een gouden standaard in het systeem (Lokhorst, 2018).

In dit onderzoek staan 15 sensoren die de temperatuur kunnen meten centraal. De temperatuur van een melkkoe ligt gemiddeld tussen de 38 en 39 graden Celsius (Rundveeloket, z.j.). Wanneer de temperatuur verandert, kan dit betekenen dat een koe ziek is. De temperatuur is op verschillende manieren te meten, bijvoorbeeld met een thermometer. Het voelen aan de oren geeft ook een temperatuurindicatie. In figuur 6 zijn de sensoren beschreven. In dit onderzoek zijn de sensoren van CowManager en SmaXtec met elkaar vergeleken.

Temperatuursensoren

Fever Tag: Een bedrijf uit de USA. Het systeem bestaat uit een oorsensor met een temperatuurmeting die in de gehoorgang gaat (Thomson, 2019).

Tekvet system: Dit systeem bestaat uit een oorsensor die net als de Fever Tag in de gehoorgang gevestigd is. Dit systeem is vooral bedoeld voor melkvee dat voornamelijk buiten loopt (TekVet Technologies, 2008)

Sensor: Ook wel bekend als CowManager is een sensor in het oor van de koe die de temperatuur, vreectijd, herkauwtijd en activiteit continu meet op individueel- en groepsniveau (Roemen & Daandels, 2020).

Temperature bolus: Dit is een bolus gemaakt door Phase IV engineering. Deze bolus wordt ingebracht in de pens om de temperatuur te monitoren (Koesensor, 2022).

Herdstrong: Ook bekend als DVM TempTrack. Dit is een pensbolus die de temperatuur meet (DVM Systems, z.j.).

Sanphone: Dit is een bolus die de temperatuur meet in de pens (Medria, z.j.).

Bella Temperature: Dit is een bolus die de temperatuur meet in de pens van de koe. (Koesenor, 2022).

Bolus: Geen informatie bekend.

Farmbolus: Ook wel Ebolus genoemd. Deze bolus bevindt zich in de pens en meet de pH en temperatuur (Wolfhound Analytics, 2022).

Wellcow bolus: Deze bolus meet temperatuur en pens pH. De bolus is vooral bedoeld om de voeding te optimaliseren en pensverzuring te voorkomen (TTP, z.j.).

SmaXtec: Dit bedrijf ontwikkelt en verkoopt bolussen. De pH en temperatuur worden gemeten in de pens. Daarnaast meet de bolus ook de tocht, afkalfdetectie, herkauwgedrag en drinkgedrag (SmaXtec, 2022 b).

Cowsonweb: Dit is een temperatuurmeting in de vagina van de koe. Met van een thermometer kan het tijdstip van kalven bepaald worden (Cowsonweb, z.j.).

Velphone: De Velphone sensor is een vaginale thermometer die met een appendages in de vagina kan brengen. Wanneer de koe gaat kalven, wordt een sms verzonden (Madria, z.j.).

IVET: Dit is een Duits bedrijf. Ivet is een vaginale thermometer in de vorm van een ankervormige plastic sonde. De sonde is bedoeld als afkalfdetectie en gaat ongeveer twintig geboortes mee (Mons, 2014).

Anemon system: Dit is een vaginale thermometer die gericht is op de tochtdetectie (Koesensor, 2022).

Figuur 6 Temperatuursensoren (Van Zessen, 2018)

1.3 Onderzoek rondom sensoren.

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de temperatuur een indicatie is voor ziektes. Zo is in een onderzoek van Burfeind et al. (2010) het verschil tussen rectale thermometers onderzocht rond het afkalven. Tijdens het onderzoek werden vijf experimenten uitgevoerd. Hierbij ging het om de foutmeldingen van de thermometers en bijkomende factoren zoals frequentie, diepte van temperatuurmeten en de procedure. De foutieve metingen werden onderverdeeld in type 1: Koorts terwijl het dier gezond is en type 2: Geen koorts terwijl het dier ziek is. Uit het onderzoek blijkt dat het meten van de rectale temperatuur haalbaar is. Echter is de procedure, type thermometer en diepte in de anus is bij het meten van belang om goede resultaten te behalen. Wanneer deze drie punten niet gehaald worden, kan dit een hogere of lagere temperatuur van ongeveer 0,5 graden Celsius veroorzaken.

Een ander onderzoek (Adems et al., 2013) onderzocht het gebruik van reticulare bolussen die de temperatuur meten in de koe voor detectie van productieziekten. Reticulaire bolussen zijn gevestigd in de netmaag. Dit onderzoek werd uitgevoerd in mei 2010 tot april 2011 in Colorado. In dit onderzoek werd een temperatuurverhoging geconstateerd wanneer de temperatuur 0,8 graden Celsius boven de basislijn ligt. De basislijn is het gemiddelde van de afgelopen tien dagen. Uit het onderzoek is significant aangetoond dat klinische mastitis 6,7 tot 7,5 keer hogere kansen had bij een

temperatuurverhoging van meer dan 0,8 graden Celsius. De temperatuurverhoging ontstond meestal vier dagen voordat de klinische diagnose werd gesteld. Voor kreupelheid kon geen significant verschil gevonden worden (Adems et al., 2013).

Ammer et al. (2016) onderzocht de vergelijking van verschillende meetmethoden voor lichaamstemperatuur. In dit onderzoek werd de vaginale en rectale temperatuur van 12 lacterende koeien vergeleken met de reticulaire (bolus) temperatuur. Dit onderzoek werd gedaan met gemiddelden en mediane waarden voor de reticulaire temperatuur. De resultaten lieten zien dat de gemiddelde reticulaire temperatuur de meeste correlatie heeft met de vaginale temperatuur (Ammer et al., 2016).

Laing et al. (2013) onderzocht het effect van automatische bewaking van de lichaamstemperatuur met een bolus en de invloed op melkgift, ras, omgevingstemperatuur en tijd. Uit het onderzoek blijkt dat de omgevingstemperatuur invloed heeft op de reticulaire temperatuur. In de zomer was deze temperatuur significant hoger dan in de herfst en winter (Laing et al., 2013).

Antanaitis et al. (2016a) ondernam een vergelijkbaar onderzoek als Laing et al (2013) met SmaXtec-bolussen. Het doel van dit onderzoek was om de invloed van het tijdstip en seizoen op de zuurtegraad en temperatuur in de pens bij melkkoeien te evalueren. Antanaitis et al. (2016a) concludeerde net als Laing et al (2013) dat het tijdstip en seizoeninvloed hebben op de inwendige temperatuur. Daarnaast concludeerde Antanaitis et al. (2016a) dat de pH-graad vergelijkbaar verandert met de temperatuur.

De SmaXtec-bolussen zijn in een ander onderzoek van Antanaitis et al (2016b) gebruikt om het effect van temperatuurmetingen in de pens en lebmaag bij de diagnose voor SARA (subacute pensverzuring) bij melkkoeien. Uit dit onderzoek blijkt dat wanneer de zuurtegraad omhooggaat (verzuring), de temperatuur in de pens en lebmaag stijgt. Concluderend, de temperatuurmeting van de bolus in de pens kan bijdragen aan het vaststellen van SARA.

De Fever Tag (Amerillo, Texas, VS) werd in een ander onderzoek gebruikt (McCorkell et al., 2014). In dit onderzoek werd gekeken naar de werkzaamheid van temperatuurgevoelige oormerken tijdens het detecteren van luchtwegaandoeningen en geïntroduceerde bovine virale diarree-virusinfectie. In dit onderzoek werden vleeskalveren gebruikt waar een Fever Tag in de gehoorgang werd geplaatst. De resultaten van verschillende experimenten lieten zien dat de Fever Tag geen vals-positieve meldingen gaf. Wanneer een kalf een knipperend oormerk had, waren er ook klinische symptomen aanwezig. Het onderzoek wijst echter op de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid met wisselende weersomstandigheden. In dit onderzoek vond de dagelijkse controle plaats in de vroege ochtend. Hierdoor worden verschillende weersomstandigheden niet uitgesloten van vals-positieve meldingen of vals-negatieve meldingen (McCorkell et al., 2014).

Dolecheck et al. (2015) onderzocht gedrags- en fysiologische veranderingen rond de tocht met verschillende sensoren. In dit onderzoek werd onder andere de ooroppervlakte temperatuurmeting van CowManager vergeleken met de DVM-bolus. Tijdens de tocht nam de temperatuur van de DVM-bolus toe met 0,43 graden Celsius. De temperatuur van CowManager nam met 1,20 graden Celsius toe. Hierbij nam de temperatuur van de DVM-bolus wel significant toe, maar de temperatuur van het ooroppervlak gemeten door CowManager niet. Uit een studie van (Mader en Kreikemeier, 2006) wordt de temperatuur van het ooroppervlak beïnvloed door de lichaamstemperatuur en de omgevingstemperatuur. Hierdoor is de variatie tussen de metingen erg groot en wordt de temperatuurmeting van CowManager niet gebruikt voor de tochtdetectie (Dolecheck et al., 2015).

1.4 Informatie over SmaXtec

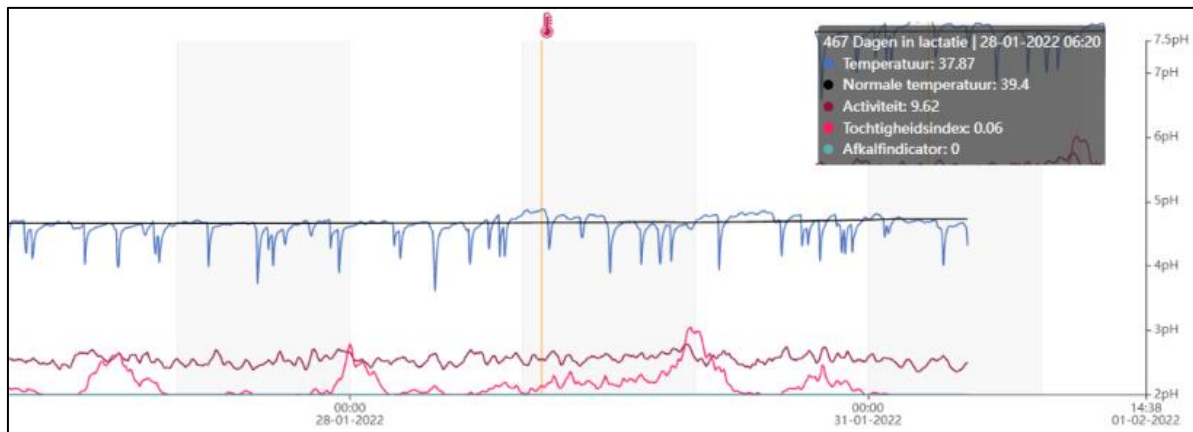
SmaXtec is een Oostenrijks bedrijf opgericht in 2006. De oprichters Stefan Rosenkranz en Mario Fallast waren erg geïnteresseerd in de pH van de pens. Deze gegevens waren volgens de oprichters waardevol voor onderzoek. Later begon de ontwikkeling van het continu meten van data in de pens. SmaXtec heeft twee bolussen ontwikkeld om koeien te monitoren. De bolussen die SmaXtec aanbiedt zijn een Klassieke bolus en een PH plus-bolus. In onderstaande tabel 2 zijn de bolussen vergeleken. In dit afstudeerwerkstuk is de PH plus-bolus gebruikt.

We offer two types of boluses, depending on the functionalities you need. Find the functionalities covered below.		SMAXTEC CLASSIC BOLUS	SMAXTEC PH PLUS BOLUS
Detection of feverish conditions		✓	✓
Detection of metabolic diseases		✓	✓
Heat detection		✓	✓
Calving detection		✓	✓
Rumination measurement		✓	✗
Monitoring of drinking behaviour		✓	✓
Detection of heat stress		✓	✓
Detection of subacute rumen acidosis (SARA)		✗	✓
Detection of feeding issues		✗	✓
Optimisation of rations		✗	✓
Number of boluses to be used		Each cow gets a bolus for individual monitoring.	6 to 10 % of the herd or feeding group are equipped with boluses.
Important information: Our boluses are designed for cattle and cannot be used for any other animal. The minimum weight for bolus administration is 300 kg when applied by vets or trained staff.			

Tabel 2 Vergelijking bolussen aangeboden door SmaXtec (SmaXtec, 2022 b)

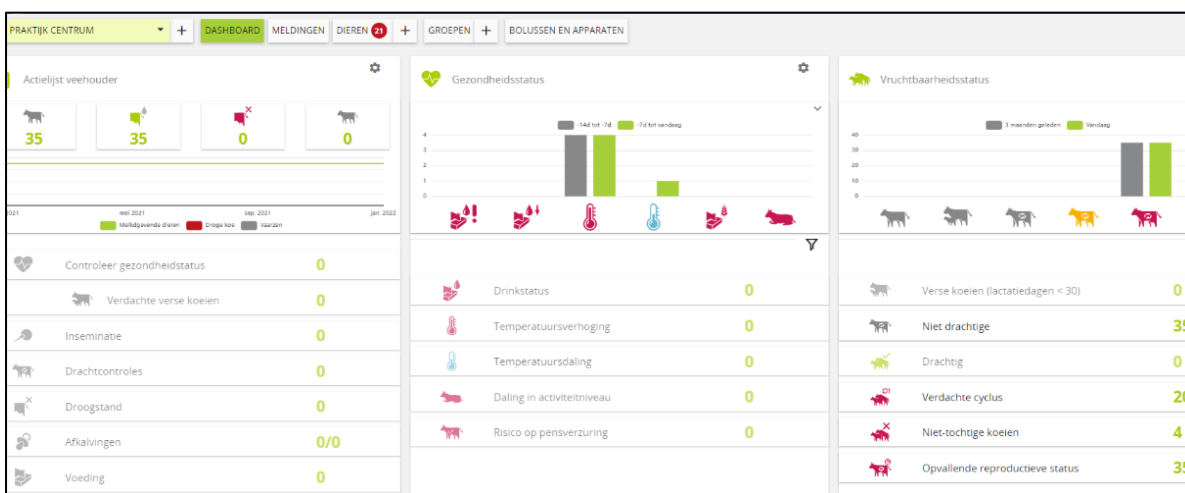
De bolus van SmaXtec bevindt zich in de pens van de koe en monitort de gezondheid met de inwendige temperatuurmeting. Vervolgens detecteert de bolus op mastitis, aandoeningen van luchtwegen & andere infecties, ketose en melkziekte. Daarnaast monitort SmaXtec continu het drinkgedrag. Dit wordt gedaan met een pH meting. Doordat water een neutrale pH-waarde heeft, reageert de pH wanneer water de pens bereikt. De temperatuurmeting reageert ook wanneer een koe water drinkt. De temperatuur gaat dan omlaag (SmaXtec, 2022b).

Naast de temperatuur meet SmaXtec het gedrag van de koe. Dit gebeurt met het herkauwgedrag en de activiteit. Tocht wordt gedetecteerd door veranderingen in herkauwgedrag en activiteit. Ook afkalven kan gemonitord worden. Dit wordt aangegeven wanneer er een verandering van de lichaamstemperatuur optreedt. Volgens SmaXtec geeft het systeem 15 uur voor afkalven een melding aan de melkveehouder. In figuur 7 is een voorbeeld te zien van de afleesbare data op de computer, die de veranderingen in temperatuur, tochtindex en activiteit van de individuele koe weergeeft.

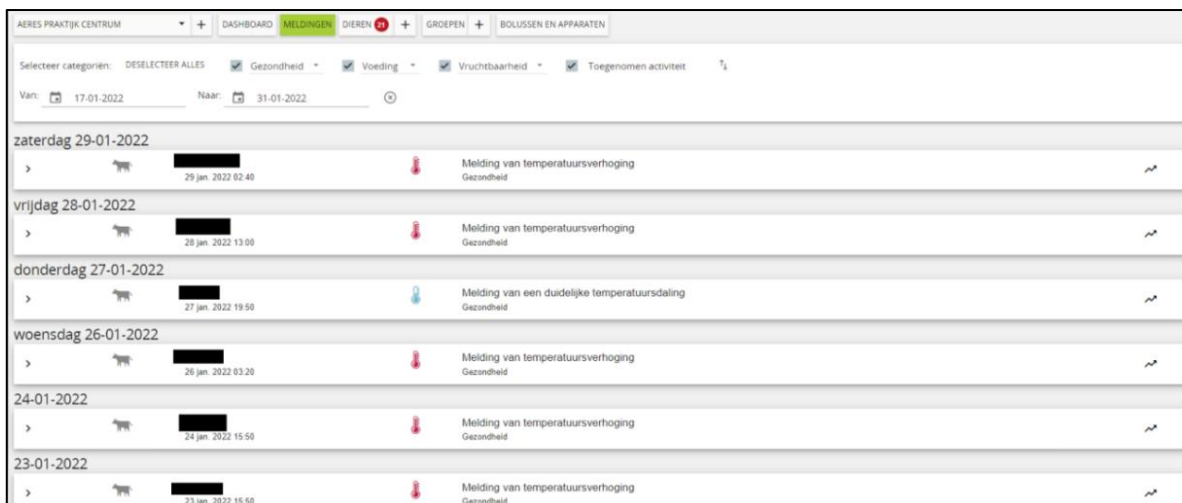


Figuur 7 Grafiek veranderingen in gedrag en temperatuur (Versie v4 5.4; SmaXtec, 2022a)

In figuur 8 is een voorbeeld van het dashboard van SmaXtec weergegeven. Dit dashboard toont de informatie van de veestapel. Het dashboard bestaat uit een meldingenlijst. Hier kan de melkveehouder zien welke koeien geïnsemineerd moeten worden en welke koeien mogelijk ziek zijn. Ook kan de melkveehouder bij gezondheidsstatus zien welke meldingen er zijn en hoeveel. Bij vruchtbaarheidsstatus is een overzicht van de vruchtbaarheid weergegeven. Figuur 9 laat de meldingenpagina van SmaXtec zien. Hier kan de melkveehouder de actuele meldingen volgen (SmaXtec, 2022b).



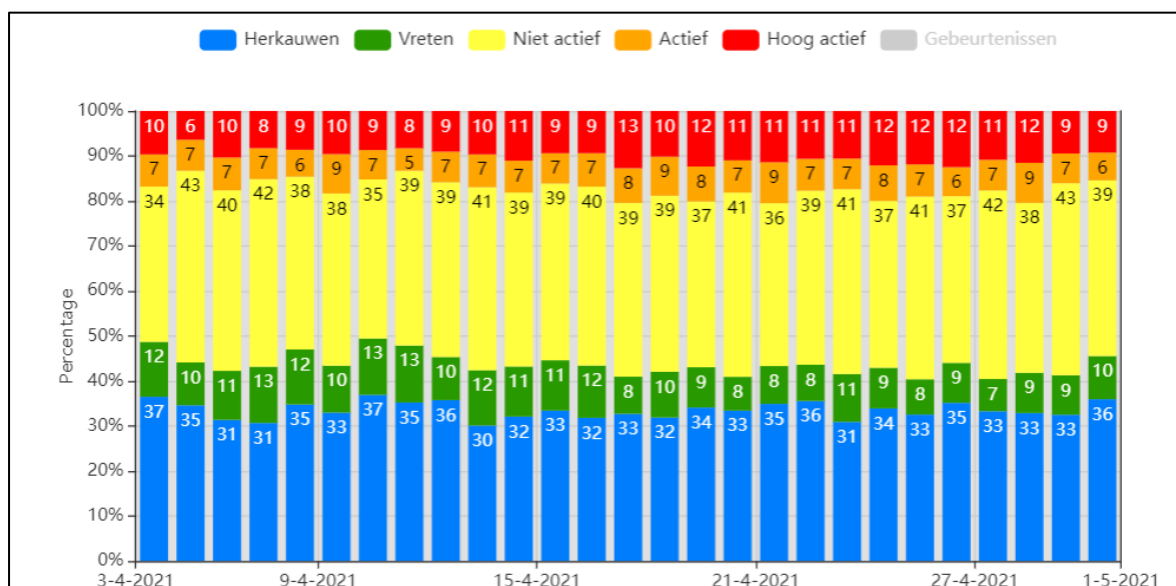
Figuur 8 Dashboard SmaXtec Aeres (Versie V4 5.4; SmaXtec, 2022a)



Figuur 9 Meldingen overzicht SmaXtec Aeres (VersieV4 5.4; SmaXtec, 2022a)

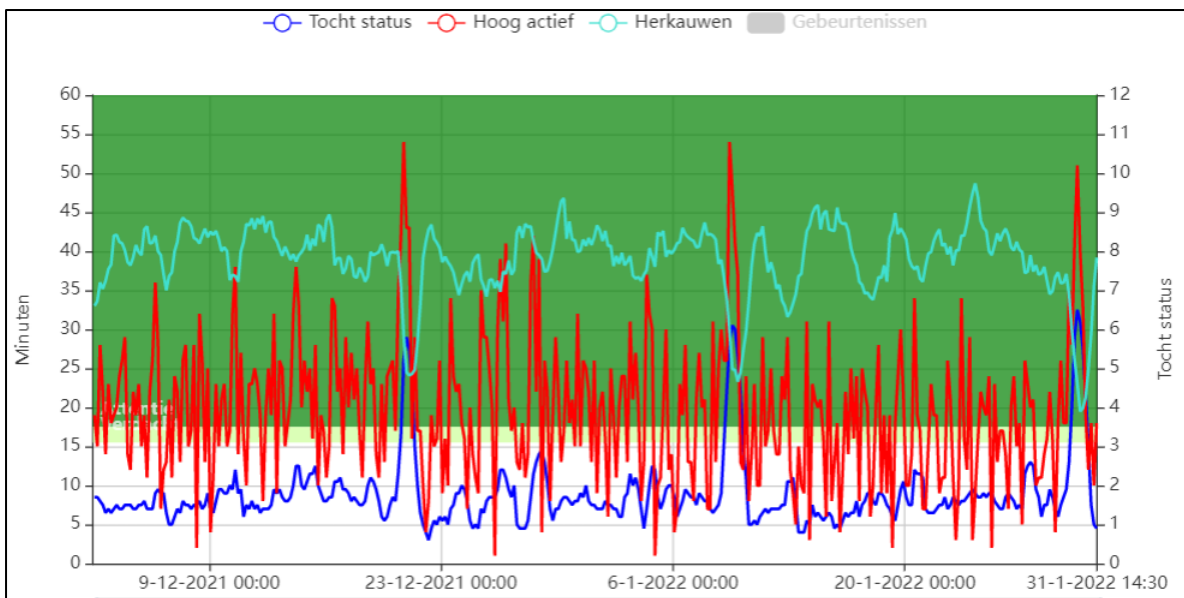
1.5 Informatie over CowManager

CowManager is opgericht in 2004 door Gerard Griffioen in Wisconsin (VS). De sensor is gevestigd in het oor aan een blanco Agis oormerk. De oorsensor monitort de gezondheid, vruchtbaarheid en voeding van de veestapel. De gezondheid is met de oortemperatuur gemonitord. Daarnaast is de activiteitsmeting ook een monitor voor de gezondheid. Het systeem geeft een melding, wanneer de oortemperatuur van een individuele koe 7 graden lager is dan de groepstemperatuur. Een afname van de activiteit geeft ook een gezondheidsmelding. De activiteit wordt gemeten met mechanische signalen in het oor. Ook het herkauwgedrag en vreetgedrag neemt dit mechanische signaal waar. Deze signalen worden vergeleken met de individuele koe. In figuur 10 toont hoe de melkveehouder de data kan aflezen (CowManager, 2022a).



Figuur 10 Overzicht gedrag van individuele koe per dag (Versie v4.44; Cowmanager, 2022 b)

De tochtdetectie wordt weergegeven met een grafiek (figuur 11). Wanneer de herkauwactiviteit daalt en de activiteit stijgt, is de koe tochtig en is het inseminatietijdstip optimaal (CowManager, 2022a).



Figuur 11 Grafiek voor tochtstatus (Versie V4.44; CowManager, 2022b)

Figuur 12 toont het overzicht waar de melkveehouder de actuele melding kan zien.

Dil	Lact. Nr.	Dagen na insemin.	Reproductie status	Fertility Insights	Tijdstip laatste attentie	Tocht status	Gezondheidsstatus (aantal uren)
					dd-mm		
		276	Drachtig sinds 30-4-2021	Drachtig	31-1-2022 13:00	3.6 4u	
6		246	Droog sinds 13-12-2021	Drachtig	31-1-2022 12:00		Verdacht 3u
		21	Gedekt op 10-1-2022	Inseminatie zonder succes	30-1-2022 23:00	6.5 22u/21d	

Figuur 12 Overzicht CowManager (Versie V4.44; CowManager, 2022b)

1.6 Onderzoeksvragen

In eerder onderzoek van Dolecheck et al. (2015) is een temperatuurbolus vergeleken met een oorsensor tijdens de tocht. Dat de temperatuur gemeten in de pens een indicatie is voor ziekte, bleek uit onderzoek van Adems et al. (2013). Het is nog niet onderzocht of er een verschil is tussen de temperatuurmetingen van een oorsensor en bolus tijdens het opsporen van ziektes bij melkkoeien. In dit afstudeerwerkstuk zijn de systemen CowManager en SmaXtec gebruikt om te onderzoeken of er een verschil is in de temperatuurmeting en ziektes.

De hoofdvraag van deze scriptie luidt: "Welke temperatuurmeting is het nauwkeurigst tijdens het opsporen van ziektes bij melkvee?"

De hoofdvraag kan beantwoord worden met twee deelvragen:

1. Welk systeem reageert het snelst op temperatuursveranderingen?
2. Welk systeem is het meest correct?

1.7 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is meer te weten te komen over temperatuurmetingen met sensoren bij melkvee. Sensortechnologie kan bijdragen aan een gezondere veestapel en snellere detectie van ziektes. Dit kan resulteren in minder antibiotica en betere preventie tegen productieziektes. Volgens Lokhorst gaan de ontwikkelingen in sensortechnologie snel. Het opsporen van ziekte is echter nog lastig (Lokhorst, 2018). Dit onderzoek is geschreven voor melkveehouders en adviseurs op het gebied van diergezondheid. Uiteindelijk moeten melkveehouders de keuze maken sensortechnologie toe te passen op hun bedrijf en welk systeem hiervoor geschikt is. Het onderzoeksrapport is ook interessant voor de betreffende bedrijven CowManager en SmaXtec.

1.8 Leeswijzer

Dit hoofdstuk introduceert het onderzoek naar temperatuurmetingen via sensoren. Hoofdstuk 2 beschrijft het materiaal en de methode. In hoofdstuk 3 staan de resultaten van het onderzoek centraal. Ook zijn hier de deelvragen besproken. Hoofdstuk 6 richt zich op de discussie. Hierin zijn de factoren besproken die de resultaten konden beïnvloeden. Tot slot volgen in hoofdstuk 7 de conclusie en aanbevelingen.

2. Materiaal en methode

In dit afstudeerwerkstuk is gebruik gemaakt van data van Aeres Farms. De onderzoekspopulatie bestaat uit 35 lacterende koeien, omdat deze koeien zowel over een SmaXtec pH-plus bolus als oorsensor van CowManager beschikken in dezelfde periode. De data zijn verzameld over een periode van 19 oktober 2017 tot en met 31 januari 2022.

Aeres Farms is gevestigd aan de Wisentweg in Dronten (NL). Aeres Farms valt onder stichting Aeres. Dit is een praktijkfaciliteit binnen het onderwijs van Aeres. Aan de koeien die voor dit onderzoek zijn gebruikt, werd PTMR (Partial Total Mixed Ratio) gevoerd in combinatie met krachtvoerboxen. De koeien werden twee keer daags gemolken in een melkstal of melkrobot. Het bedrijf past geen weidegang toe.

Om de temperatuurmetingen zo nauwkeurig mogelijk te vergelijken zijn de volgende factoren uitgesloten in dit onderzoek. Als eerste is alleen gekeken naar de temperatuurmetingen van beide systemen. Daarnaast maakt het onderzoek gebruik van data over een periode van januari 2017 tot januari 2022. Hierbij is geen rekening gehouden met lactatiedagen, lactatienummer, leeftijd en melkproductie. Daarnaast is geen rekening gehouden met de invloed van veranderingen in de voeding. De drachttoestand is ook niet meegenomen in het onderzoek.

Uit eerdere onderzoeken (Antanaitis et al., 2016a; Laing et al., 2013) is gebleken dat het seizoen invloed heeft op de temperatuurmetingen van de SmaXtec bolus. In de zomer zijn de temperatuurmetingen van de bolus significant hoger dan in de herfst en winter. De temperatuurmeting van CowManager is ook beïnvloed door de omgevingstemperatuur volgens onderzoek van (Mader en Kreikemeier, 2006). In dit afstudeerwerkstuk is geen rekening gehouden met het seizoen en de weersomstandigheden.

Als laatste kunnen verschillende gezondheidsgebeurtenissen bij melkkoeien leiden tot een temperatuursverandering. De volgende gezondheidsgebeurtenissen zijn gebruikt: afkalven, mastitis, ontstoken been, tussenklauwontsteking, ketose en overige aandoeningen. Deze gezondheidsgebeurtenissen zijn per koe geregistreerd in Cowvision van Aeres Farms. In dit onderzoek zijn deze gebeurtenissen aangeduid als gezondheidsgebeurtenis.

Om de hoofd- en deelvragen te beantwoorden, is de temperatuur per uur van beide sensoren geregistreerd in een office-Excel-bestand (versie 2201). Per koe zijn de gezondheidsgebeurtenissen geregistreerd in het Excel bestand. Deze data zijn afkomstig van Cowvision (Flevolandstal) en geregistreerd door medewerkers en studenten van Aeres Farms. In het onderzoek is ervan uitgegaan dat alle ziektegevallen zijn geregistreerd.

2.1 Welk systeem reageert het snelst op temperatuurveranderingen?

Deze deelvraag is beantwoord met het rollende gemiddelde van de voorafgaande 10 uur. Voor SmaXtec is een grens voor een temperatuurverhoging aangegeven als het verschil van de temperatuur en het rollende gemiddelde hoger is dan 1 graad Celsius. Voor temperatuurverlagingen is een grens van -2 graden Celsius aangehouden. Mogelijk drinkgedrag kan zorgen voor een tijdelijke temperatuurverlaging van ongeveer 1,5 graden Celsius. De grenswaarde van -2 graden Celsius is daarom gesteld. Kortom, de grenswaarden die gesteld zijn voor een temperatuursverandering zijn 1 graad Celsius hoger of 2 graden Celsius lager dan het rollende gemiddelde van de voorafgaande 10 uur. Tabel 3 toont een voorbeeld van koe 9936 op 20 augustus 2020.

Tabel 3 Voorbeeld koe 9936 SmaXtec

Diernr.	Datum	tijd	Smarxtec	Rgem. Smarxtec	Sensor ind.	Sensor groep	verschil Sensor	gebeurtenis
9936	20-8-2020	00:00:00	39,32	0,23	29,21	32,46	-3,24	E.Coli
9936	20-8-2020	01:00:00	38,73	-0,30	28,68	32,39	-3,71	E.Coli
9936	20-8-2020	02:00:00	38,73	-0,20	27,73	32,07	-4,34	E.Coli
9936	20-8-2020	03:00:00	39,38	0,42	27,65	32,10	-4,45	E.Coli
9936	20-8-2020	04:00:00	40,19	1,19	28,21	31,98	-3,77	E.Coli
9936	20-8-2020	05:00:00	40,26	1,09	29,94	32,20	-2,26	E.Coli
9936	20-8-2020	06:00:00	40,31	1,07	28,39	31,93	-3,54	E.Coli
9936	20-8-2020	07:00:00	39,54	0,24	28,29	31,74	-3,45	E.Coli
9936	20-8-2020	08:00:00	39,84	0,50	27,48	31,21	-3,73	E.Coli
9936	20-8-2020	09:00:00	40,30	0,81	28,17	31,37	-3,20	E.Coli
9936	20-8-2020	10:00:00	40,35	0,69	28,1	30,99	-2,89	E.Coli
9936	20-8-2020	11:00:00	39,15	-0,62	28,94	30,96	-2,02	E.Coli
9936	20-8-2020	12:00:00	39,00	-0,81	29,35	31,92	-2,57	E.Coli
9936	20-8-2020	13:00:00	39,86	0,03	30,11	32,44	-2,33	E.Coli
9936	20-8-2020	14:00:00	40,08	0,20	29,27	32,62	-3,34	E.Coli
9936	20-8-2020	15:00:00	40,14	0,27	29,45	32,95	-3,50	E.Coli
9936	20-8-2020	16:00:00	40,16	0,30	29,41	32,88	-3,47	E.Coli
9936	20-8-2020	17:00:00	40,14	0,30	31,15	32,63	-1,49	E.Coli
9936	20-8-2020	18:00:00	37,91	-1,99	31,82	32,24	-0,42	E.Coli
9936	20-8-2020	19:00:00	37,97	-1,74	28,95	31,94	-2,99	E.Coli
9936	20-8-2020	20:00:00	38,29	-1,18	29,83	31,20	-1,37	E.Coli
9936	20-8-2020	21:00:00	38,62	-0,65	28,27	30,94	-2,67	E.Coli
9936	20-8-2020	22:00:00	39,30	0,08	28	30,92	-2,92	E.Coli
9936	20-8-2020	23:00:00	39,65	0,41	27,78	30,70	-2,92	E.Coli

Tabel 3 laat zien dat drie waarden van het verschil met het rollende gemiddelde hoger zijn dan 1. Koe 9936 krijgt op 20 augustus 2020 een gezondheidsmelding. Het blijkt dat deze koe E. Coli heeft.

Voor CowManager is gebruik gemaakt van het absolute verschil tussen de individuele temperatuur en de groepstemperatuur. CowManager geeft een melding als de individuele koe 7 graden of meer afwijkt van de groepstemperatuur. Tabel 4 laat nogmaals de gegevens zien van koe 9936 op 20 augustus 2020.

Tabel 4 Voorbeeld koe 9936 CowManager

Diernr.	Datum	tijd	Smarxtec	Rgem. Smarxtec	Sensor ind.	Sensor groep	verschil Sensor	gebeurtenis
9936	20-8-2020	00:00:00	39,32	0,23	29,21	32,46	-3,24	E.Coli
9936	20-8-2020	01:00:00	38,73	-0,30	28,68	32,39	-3,71	E.Coli
9936	20-8-2020	02:00:00	38,73	-0,20	27,73	32,07	-4,34	E.Coli
9936	20-8-2020	03:00:00	39,38	0,42	27,65	32,10	-4,45	E.Coli
9936	20-8-2020	04:00:00	40,19	1,19	28,21	31,98	-3,77	E.Coli
9936	20-8-2020	05:00:00	40,26	1,09	29,94	32,20	-2,26	E.Coli
9936	20-8-2020	06:00:00	40,31	1,07	28,39	31,93	-3,54	E.Coli
9936	20-8-2020	07:00:00	39,54	0,24	28,29	31,74	-3,45	E.Coli
9936	20-8-2020	08:00:00	39,84	0,50	27,48	31,21	-3,73	E.Coli
9936	20-8-2020	09:00:00	40,30	0,81	28,17	31,37	-3,20	E.Coli
9936	20-8-2020	10:00:00	40,35	0,69	28,1	30,99	-2,89	E.Coli
9936	20-8-2020	11:00:00	39,15	-0,62	28,94	30,96	-2,02	E.Coli
9936	20-8-2020	12:00:00	39,00	-0,81	29,35	31,92	-2,57	E.Coli
9936	20-8-2020	13:00:00	39,86	0,03	30,11	32,44	-2,33	E.Coli
9936	20-8-2020	14:00:00	40,08	0,20	29,27	32,62	-3,34	E.Coli
9936	20-8-2020	15:00:00	40,14	0,27	29,45	32,95	-3,50	E.Coli
9936	20-8-2020	16:00:00	40,16	0,30	29,41	32,88	-3,47	E.Coli
9936	20-8-2020	17:00:00	40,14	0,30	31,15	32,63	-1,49	E.Coli
9936	20-8-2020	18:00:00	37,91	-1,99	31,82	32,24	-0,42	E.Coli
9936	20-8-2020	19:00:00	37,97	-1,74	28,95	31,94	-2,99	E.Coli
9936	20-8-2020	20:00:00	38,29	-1,18	29,83	31,20	-1,37	E.Coli
9936	20-8-2020	21:00:00	38,62	-0,65	28,27	30,94	-2,67	E.Coli
9936	20-8-2020	22:00:00	39,30	0,08	28	30,92	-2,92	E.Coli
9936	20-8-2020	23:00:00	39,65	0,41	27,78	30,70	-2,92	E.Coli

Het verschil tussen de groepstemperatuur en de temperatuur van koe 9936 is weergegeven met een rood kader. Het verschil tussen koe 9936 en de groepstemperatuur is niet lager dan 7 graden. CowManager geeft geen melding, wanneer SmaXtec wel een melding geeft. Om de deelvraag te beantwoorden welk systeem het snelst een temperatuurmelding geeft, is gekeken naar een aantal dagen vóór de gebeurtenis. Vervolgens is door middel van tijdsintervallen tussen de eerste melding en de klinische verschijnselen gekeken welk systeem eerder reageert.

2.2 Welke temperatuurmeting is het meest correct

Om deze deelvraag te beantwoorden is gekeken naar de sensitiviteit en specificiteit van de systemen. Het onderzoek gaat ervan uit dat alle gezondheidsmeldingen zijn geregistreerd. Wanneer volgens de berekening van deelvraag 1 een melding wordt waargenomen, maar er geen gebeurtenis is op dat moment, is dit een vals-positieve melding. Als wel een ziekte is vastgesteld, maar de systemen geven geen temperatuurmelding, is dit vals-negatief. Elk uur is een waarneming. Eén gebeurtenis duurt 24 uur. Tabel 5 toont de opties.

Tabel 5 Opties voor sensitiviteit en specificiteit

	Ziek	Niet ziek
Temperatuurmelding	A (terecht positief)	B (vals positief)
Geen temperatuurmelding	C (vals negatief)	D (terecht negatief)

Vervolgens wordt per systeem de sensitiviteit en specificiteit berekent:

1. Sensitiviteit: de mate waarin het systeem in staat is een ziekte op te sporen ($A / (A+C)$)
2. Specificiteit: de mate waarin het systeem in staat is een ziekte uit te sluiten ($D / (D+B)$)

Het systeem met de hoogste sensitiviteit en specificiteit heeft de meest correcte temperatuurmeting.

3. Resultaten

Dit hoofdstuk toont de resultaten van de deelvragen. De resultaten zijn weergegeven met bijhorende toelichting.

3.1 Welk systeem reageert het snelst op temperatuurveranderingen?

Voor de ontwikkeling van sensortechnologie is het van belang tijdig te reageren. Hierdoor kunnen sensoren helpen bij een betere diergezondheid en vermindering van antibiotica. In tabel 6 is gekeken welk systeem het snelst reageert als er een gezondheidsgebeurtenis optreedt. Dit is weergegeven in percentages.

In totaal zijn er 41 gezondheidsgebeurtenissen in de onderzoeksperiode. Afkalven is hierbij ook meegenomen. Dit is een risicomoment, maar geen ziekte. Deze risicoperiode kan wel zorgen voor een temperatuurverlaging richting afkalven of temperatuurveranderingen na afkalven.

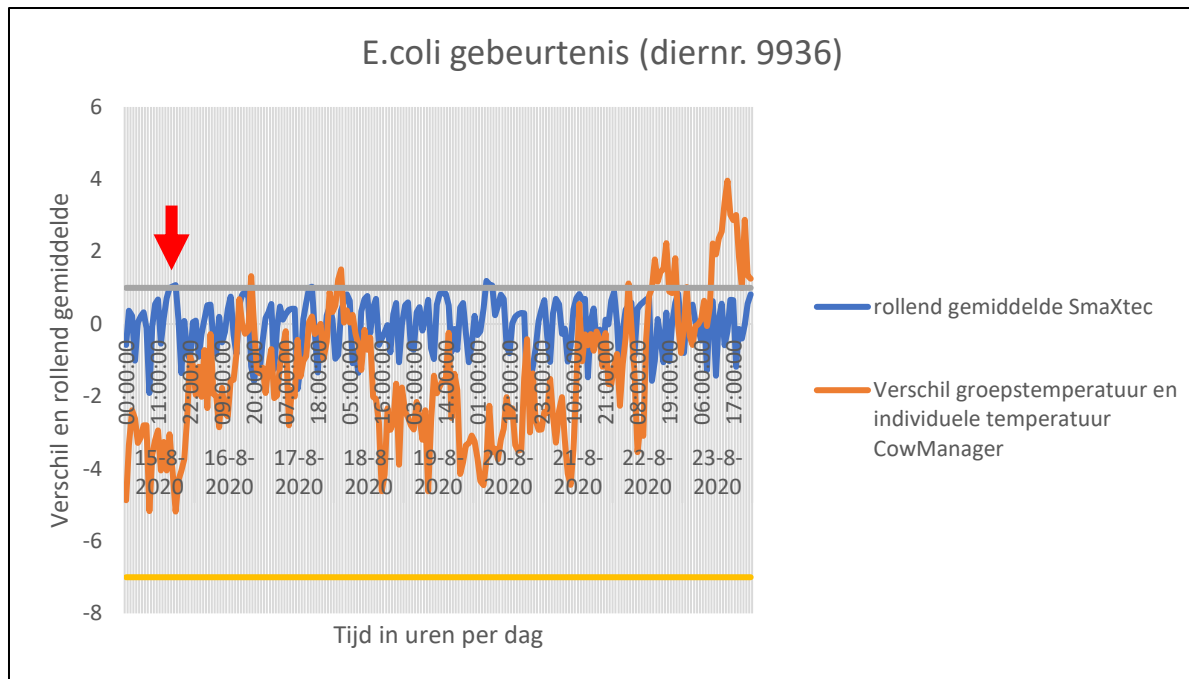
Tabel 6 Percentages eerdere meldingen

Gebeurtenis	Aantal gebeurte	SmaXtec	CowManager	Gelijktijdig
E.Coli	1	100%	0%	0%
Afkalven	22	77%	23%	18%
Mastitis	6	50%	33%	33%
Melkziekte	5	20%	60%	0%
slepende melkziekte	4	50%	50%	25%
Been- en klauwproblemen	3	0%	67%	0%
Gewogen gemiddelde	41	59%	34%	17%

De tabel laat zien dat SmaXtec voor 59 procent eerder reageert dan CowManager. Daarnaast heeft SmaXtec een hoger percentage snellere reacties bij uiergezondheidsproblemen zoals E.coli en mastitis. CowManager scoort daarentegen beter op been- en klauwproblemen en het opsporen van melkziekte.

3.1.1 E.coli

Wanneer een koe E.coli krijgt, dient de melkveehouder snel in te grijpen. Sensortechnologie met temperatuurmetingen kunnen voor een eerdere detectie zorgen. Hierdoor kan de melkveehouder preventieve maatregelen nemen om E.coli te voorkomen. Kortom, het is van belang dat het systeem in een vroeg stadium E.Coli kan herkennen aan de hand van temperatuurmetingen. In de data was één koe die E.coli kreeg tijdens de onderzoeksperiode. In figuur 13 is de grafiek weergegeven met de temperatuurmetingen en grenswaarden van beide systeem.



Figuur 13 E.coli gebeurtenis koe 9936

Op 15 augustus 2020 om 16:00 is de eerste melding van een temperatuurverhoging gegeven (rode pijl). Op 20 augustus 2020 is E.coli bij deze koe ontdekt. Dit betekent dat SmaXtec 6 dagen van tevoren een melding voor een temperatuurverhoging gaf. CowManager gaf geen melding, omdat het verschil tussen de individuele temperatuur en groepstemperatuur niet lager was dan 7 graden Celsius (gele lijn).

3.1.2 Afkalven

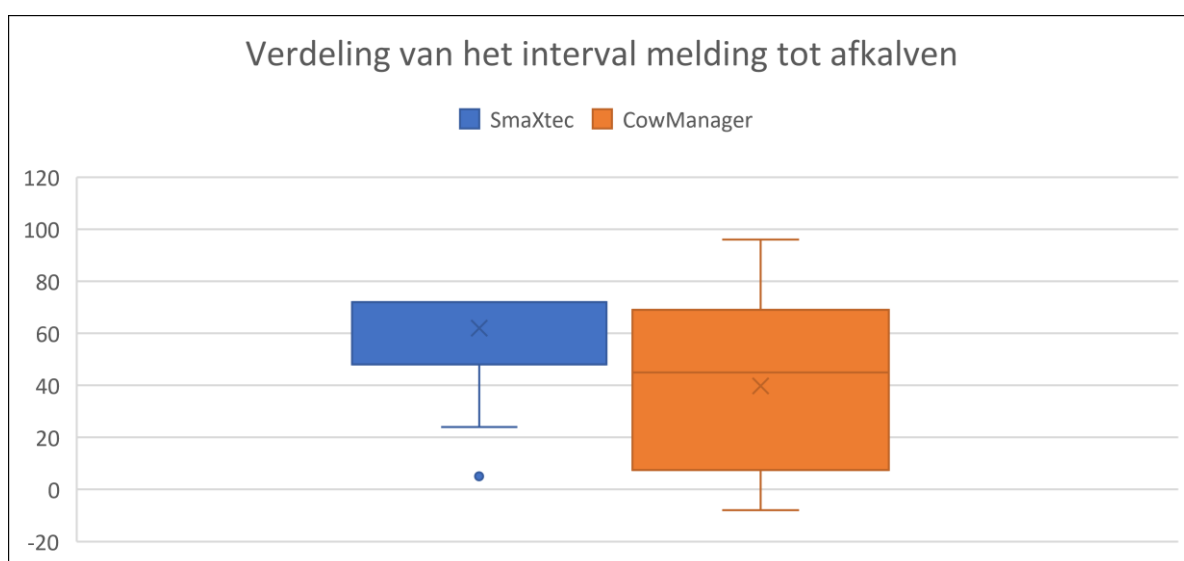
Het afkalfmoment van een koe is een risicomoment voor zowel koe als kalf. Sensortechnologie kan instaat zijn een melding te geven, als de koe gaat kalven. Voor de melkveehouder is dit een goed hulpmiddel om het risicomoment te verlagen. Voor beide systemen is het belangrijk dat de melding tijdig bij de melkveehouder komt. Dit betekent niet te vroeg en niet te laat.

In tabel 7 is het tijdsinterval tussen melding geven en afkalven te zien. Beide systemen geven een melding gerelateerd aan de afkalvingen in de onderzoeksperiode. SmaXtec geeft in 22 gevallen een melding, waarvan 17 meldingen eerder zijn dan CowManager. CowManager heeft in het systeem geen afkalfdetectie, toch geeft CowManager 13 keer een melding, waarvan 5 meldingen eerder zijn dan SmaXtec.

Tabel 7 Tijdsintervallen afkalvingen in uren

Interval in uren (melding tot afkalven)		
Diernummer	SmaXtec	CowManager
87	72	24
100	72	83
202	72	0
9862	24	48
9928	72	24
9960	72	96
113	72	10
169	72	0
9945	72	5
9934	72	0
9590	72	-8
9936	5	0
155	72	0
166	48	72
201	48	4
214	48	45
230	48	48
401	72	0
441	72	0
829	72	0
863	72	66
Gemiddelde	62	25

SmaXtec geeft gemiddeld 62 uur voor afkalven een melding. CowManager attendeert gemiddeld 25 uur van tevoren. Uit deze eerste resultaten lijkt CowManager een nauwkeurigere melding te geven. SmaXtec reageert echter vaker. Figuur 14 laat een verdeling van de tijdsintervallen zien.



Figuur 14 Verdeling van het interval melding tot afkalven

De mediaan van SmaXtec ligt hoger dan CowManager. Daarnaast heeft CowManager een grotere spreidingsbreedte dan SmaXtec. Het gemiddelde van CowManager ligt wel lager dan SmaXtec.

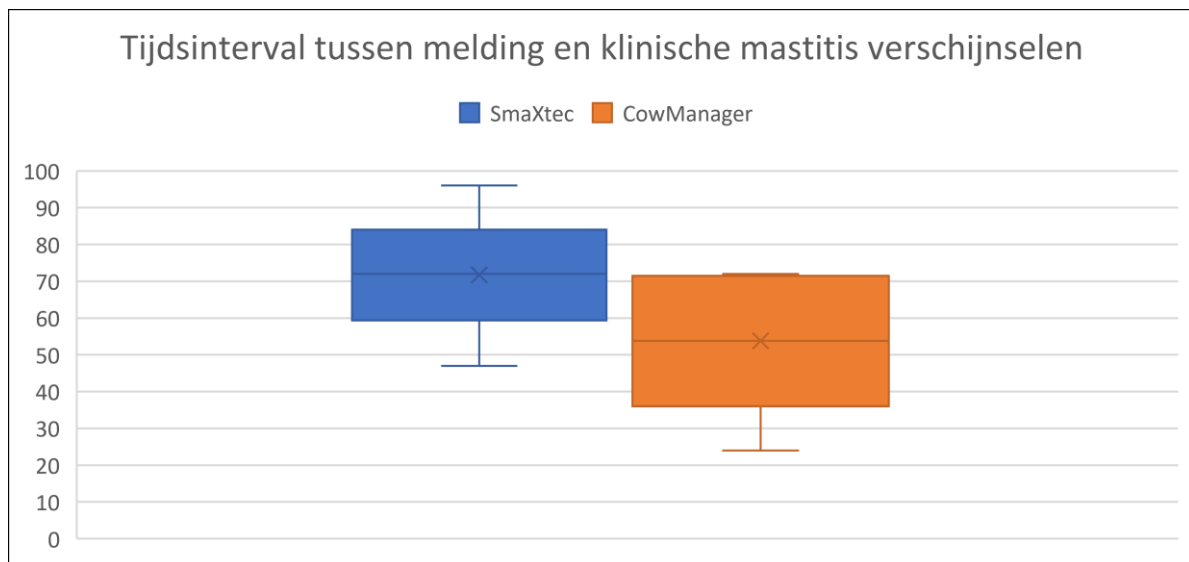
3.1.3 Mastitis

Mastitis resulteert in een dalende melkproductie, hoger celgetal en geeft melk dat niet aan de melkfabriek geleverd kan worden. Voor de melkveehouder is het van belang mastitis zo vroeg mogelijk op te sporen en mogelijk te voorkomen. In tabel 8 zijn de resultaten met betrekking tot het tijdsinterval van mastitis te zien. In totaal zijn er 6 mastitisgevallen geweest tijdens de onderzoeksperiode. SmaXtec geeft 5 keer een melding, waarvan 3 gevallen eerder zijn dan CowManager. CowManager geeft vier meldingen, waarvan 2 gevallen eerder zijn dan SmaXtec.

Tabel 8 Tijdsintervallen Mastitis in uren

Diernummer	SmaXtec	CowManager
169		24
155	96	72
214	72	71
230		
863	47	48
863	72	
Gemiddelde	72	54

De resultaten laten zien dat SmaXtec gemiddeld 72 uur voorafgaand van klinische verschijnselen een melding geeft. Bij CowManager is dit 54 uur. In de resultaten is de laagste waarde van CowManager 24 uur en SmaXtec 47 uur voorafgaand van klinische mastitis. In figuur 16 is de verdeling van de tijdsintervallen te zien.



Figuur 15 tijdsinterval tussen melding en klinische mastitis verschijnselen

Figuur 15 laat zien dat de spreidingsbreedte van beide systemen gelijk is. Bij CowManager is de hoogste waarde gelijk aan het getal van het derde kwartiel. De kwartielf afstand bij CowManager is groter dan die van SmaXtec.

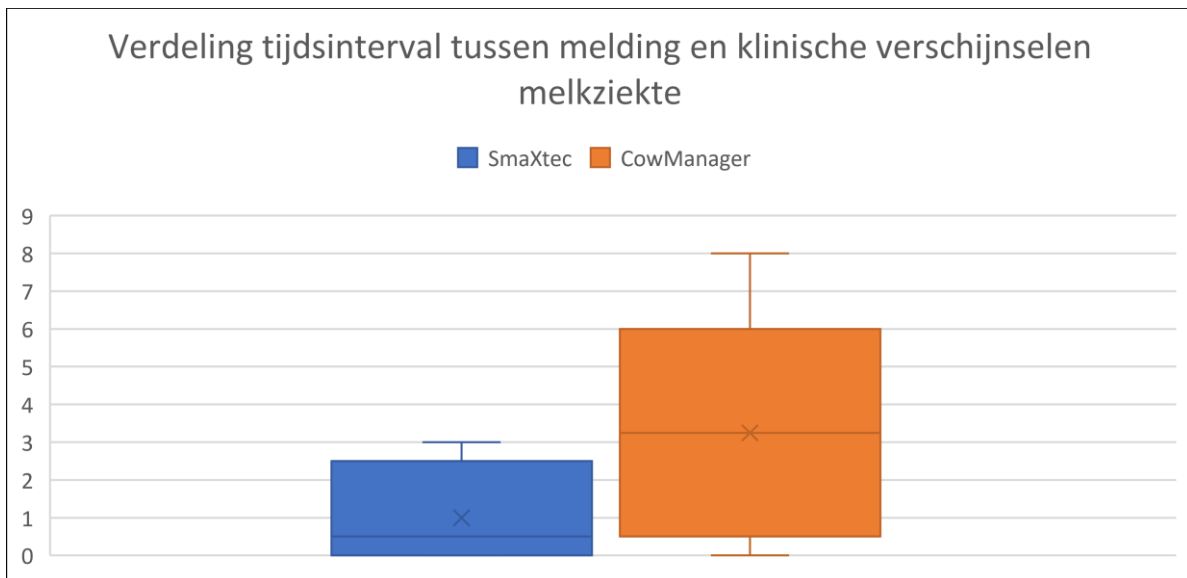
3.1.4 Melkziekte

Melkziekte is een calciumtekort in het bloed dat meestal ontstaat na afkalven. Het gevolg is dat de koe niet meer kan staan. Dit resulteert in een verminderde eetlust en een dalende temperatuur. Voor de melkveehouder is het noodzakelijk tijdig in te grijpen. Bijvoorbeeld door een infuus. Een goedwerkend systeem moet instaat zijn tijdig te attenderen, voordat de koe gaat liggen. In tabel 9 zijn de meldingen met betrekking tot melkziekte te zien. De waarden voor beide systemen zijn de tijdsintervallen op de dag van melkziekte. In totaal is melkziekte 5 keer voorgekomen in de onderzoeksperiode. CowManager was 3 keer eerder dan SmaXtec.

Tabel 9 Tijdsintervallen melkziekte in uren

Diernummer	SmaXtec	CowManager
9928	3	0
9945	0	8
9590	0	1
9936		4
Gemiddelde	1	3,25

De tabel laat zien dat CowManager gemiddeld 2,25 uur eerder reageert dan SmaXtec. Daarnaast geeft CowManager vaker een melding en in 75 procent van de gevallen eerder dan SmaXtec. In figuur 16 is de verdeling weergegeven. Het gemiddelde van CowManager ligt hoger dan de hoogste waarde van SmaXtec.



Figuur 16 Verdeling tijdsinterval tussen melding en klinische verschijnselen melkziekte

Het figuur laat zien dat de spreidingsbreedte van CowManager groter is. Daarnaast is de waarde van het eerste kwartiel gelijk aan de mediaan van SmaXtec. Dit betekent dat 75 procent van de waarden van CowManager hoger liggen dan het middelste getal van SmaXtec.

3.1.5 Slepende melkziekte

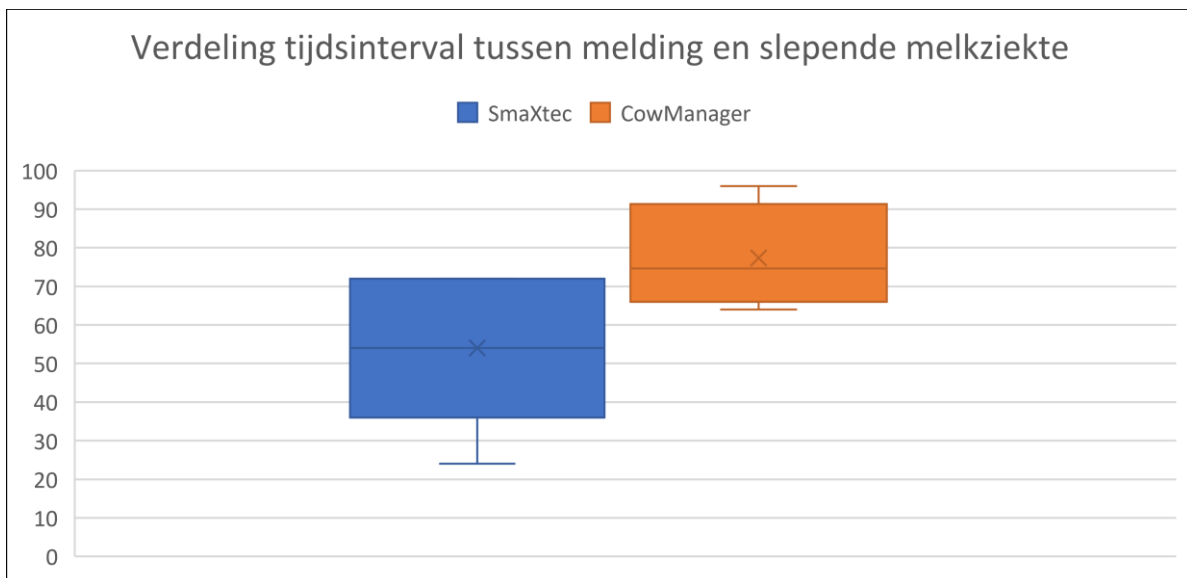
Slepende melkziekte heeft te maken met de energiebalans van de melkkoe. Wanneer de koe te weinig energie opneemt en te veel energie weer afstaat, ontstaat vermagering, een mindere melkgift en vruchtbaarheidsproblemen. Voor de melkveehouder is het van belang slepende melkziekte te verhelpen om verdere problemen te voorkomen. De koe met slepende melkziekte kan een lagere

temperatuur dan normaal hebben. In tabel 10 zijn de meldingen van slepende melkziekte te zien. De tabel is een weergave van het aantal uur tussen de eerste melding en de diagnose van slepende melkziekte. In totaal zijn er 4 koeien met slepende melkziekte geweest in de onderzoeksperiode. Beide systemen reageren twee keer eerder dan het andere systeem. Eén keer reageren de systemen gelijktijdig.

Tabel 10 Slepende melkziekte tijdsintervallen in uren

Diernummer	SmaXtec	CowManager
202	24	
9685	48	72
201	72	96
863	72	64
Gemiddelde	54	77

De tabel laat zien dat CowManager gemiddeld 77 uur voorafgaand op de klinische verschijnselen reageert. SmaXtec reageert 54 uur van tevoren. In figuur 17 is de verdeling weergegeven.



Figuur 17 Verdeling tijdsinterval tussen melding en slepende melkziekte

Het gemiddelde van CowManager ligt hoger, maar de kwartielafstand is kleiner dan van SmaXtec. De mediaan van CowManager is ongeveer gelijk aan de hoogste waarde van SmaXtec.

3.1.6 Been- en klauwproblemen

Been- en klauwproblemen zorgen voor melkverliezen. In de meeste gevallen merkt de melkveehouder wel als een koe kreupel is. Als sensortechnologie in staat is kreupel koeien te voorkomen doormiddel van preventieve melding, heeft dit meerwaarde voor de melkveehouder. Klauwproblemen zijn alleen niet allemaal temperatuur verhogend. In de onderzoeksperiode waren er drie been- en klauwproblemen die eventueel voor een temperatuurverhoging kunnen zorgen (tabel 11). CowManager spoorde twee klauwproblemen eerder op dan SmaXtec.

Tabel 11 Been- en klauwproblemen

Diernr.	SmaXtec	CowManager	Gelijktijdig	Datum	Gebeurtenis
100	6-3-2021	5-3-2021		8-3-2021	Tussenklauwontsteking
202	-	19-8-2021		20-8-2021	Tussenklauwontsteking
857	-	-		8-3-2021	Ontstoken been
TOTAAL	0	2	0	3	
%	0%	67%	0%	100%	

Tabel 11 toont dat CowManager voor 67 procent van de gevallen een melding geeft. Beide systemen geven voor een ontstoken been geen melding. Een ontsteking kan echter wel zorgen voor een temperatuurverhoging.

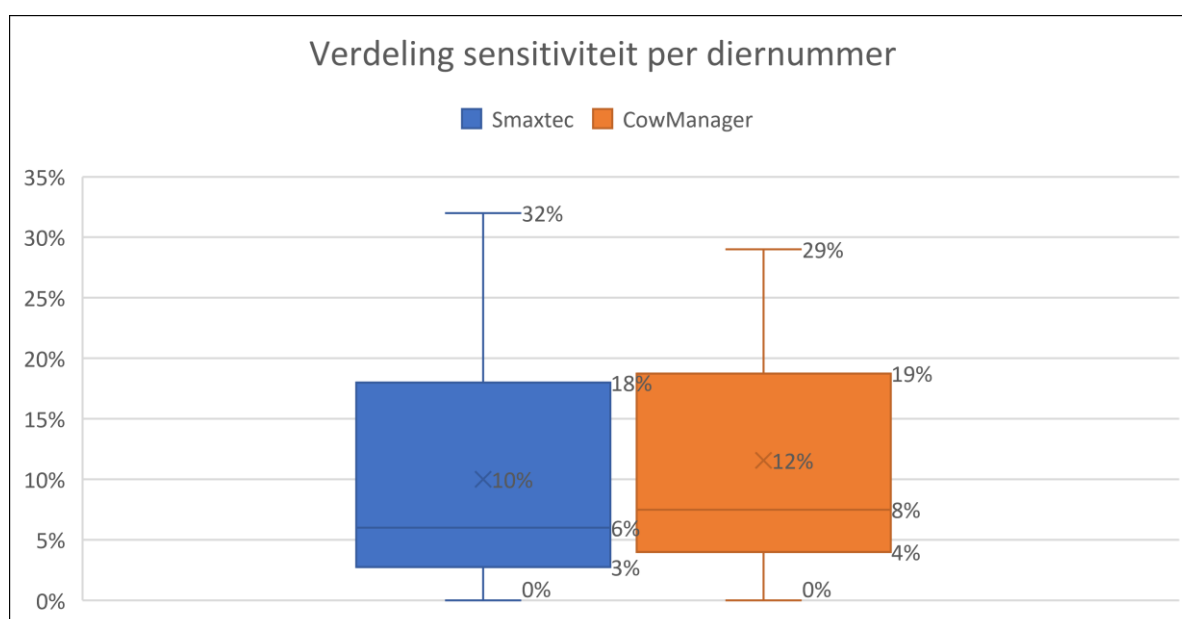
3.2 Welk systeem is het meest correct

De sensitiviteit en specificiteit laten zien hoe correct beide systemen zijn. De sensitiviteit laat zien hoe goed het systeem is in het opsporen van ziektes. Specificiteit geeft aan hoe goed het systeem is bij het uitsluiten van ziektes. De uitkomsten van deze meetwaarden laten zien hoe betrouwbaar en correct het systeem is. Voor de melkveehouder is het van belang dat het systeem bij aanschaf betrouwbaar genoeg is om mee te werken. Voor de ontwikkeling van beide technieken is het belangrijk dat het systeem zo correct mogelijk is.

Tabel 12 toont de resultaten van beide meetwaarden. De streefwaarde van beide systemen is een meetwaarde van 100 procent. Figuur 18 laat de verdeling zien op basis van de sensitiviteit per koe. In totaal zijn 23 dieren meegenomen met de berekening. De meetwaarde van specificiteit is niet meegenomen, omdat deze niet is waargenomen.

Tabel 12 Resultaten sensitiviteit en specificiteit

	SmaXtec	CowManager
Sensitiviteit	82,6087%	87,5%
Specificiteit	97,4059%	97,2928%



Figuur 18 Verdeling sensitiviteit per diernummer

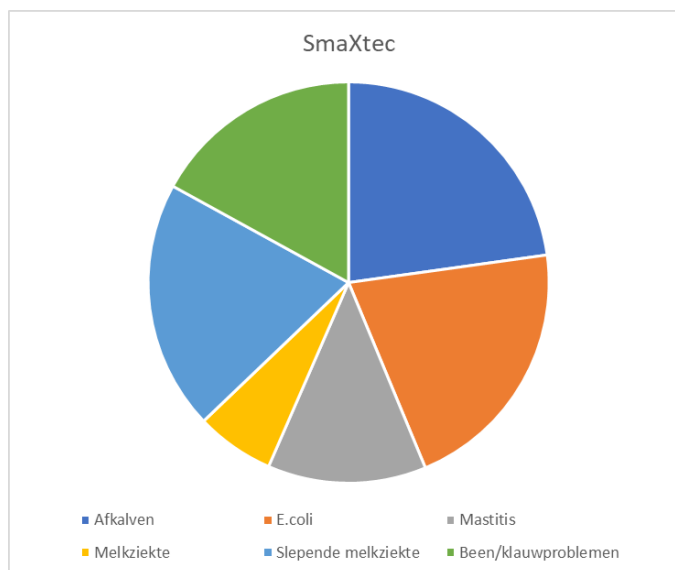
De resultaten laten zien dat de sensitiviteit van CowManager hoger is. SmaXtec heeft daarentegen een hogere specificiteit. In figuur 18 is te zien dat SmaXtec een grotere spreidingsbreedte heeft. In de dataset is de hoogste waarde van SmaXtec 32 procent. De laagste waarde is 0 procent. CowManager heeft een hoger gemiddelde dan SmaXtec van 12 procent. Figuur 18 laat zien hoe de sensitiviteit per diernummer verschilt en hoeveel de temperatuur kan veranderen bij een gezondheidsgebeurtenis.

De sensitiviteit is ook berekend per gezondheidsgebeurtenis. De uitkomsten van beide systemen staan in tabel 13. Voor de ontwikkeling van de systemen is het van belang dat het opsporen van bepaalde ziektes zo correct mogelijk gebeurt. Op sommige punten kunnen de systemen verbeterd worden.

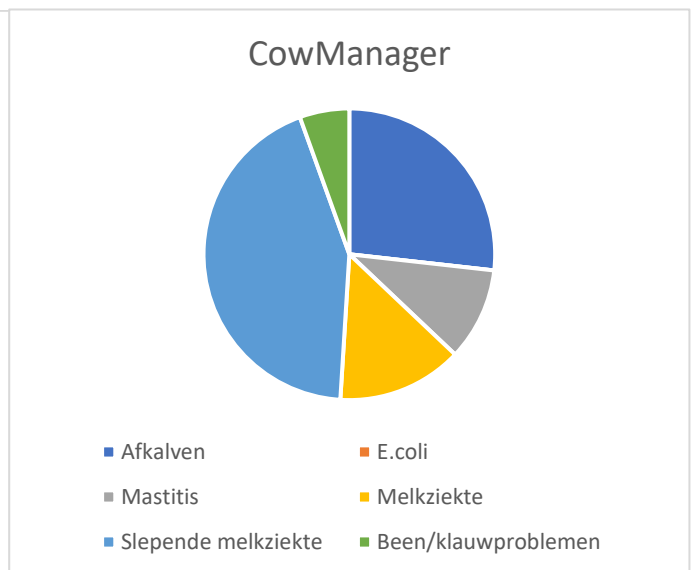
Tabel 13 Sensitiviteit gezondheidsgebeurtenissen

Gezondheidsgebeurtenis	SmaXtec	CowManager
Afkalven	9,07%	9,62%
E.coli	8,33%	0%
Mastitis	5,09%	3,70%
Melkziekte	2,52% (0,84% verlaging)	5,00%
Slepende melkziekte	8% (3% verlaging)	15,63%
Been/klauwproblemen	6,77%	1,98%

Opvallend is dat SmaXtec een hogere sensitiviteit heeft voor het opsporen van mastitis. CowManager heeft een hogere sensitiviteit bij het opsporen van slepende melkziekte. In figuur 19 en 20 zijn de percentages in cirkeldiagrammen weergegeven.



Figuur 19 Cirkeldiagram sensitiviteit SmaXtec



Figuur 20 Cirkeldiagram sensitiviteit CowManager

In het cirkeldiagram is te zien dat slepende melkziekte bij CowManager een groter aandeel heeft. Daarnaast is het aandeel afkalven bijna gelijk. De herkenning van uierproblemen is bij SmaXtec veel groter.

4. Discussie

Dit afstudeerwerkstuk staat in het teken van sensortechnologie. In dit onderzoek is gekeken naar de temperatuurmetingen van twee verschillende sensoren. Het doel is meer inzicht te krijgen in de temperatuurmetingen, om ziektes eerder te kunnen behandelen of te voorkomen.

De resultaten laten voornamelijk zien welk systeem eerder reageert en welk systeem het nauwkeurigst is. Beide sensoren reageren op ziektes. SmaXtec is vooral beter in het detecteren van ziektes met betrekking tot uiergezondheid. CowManager is goed in het detecteren van stofwisselingsproblemen.

De resultaten met betrekking tot de snelheid van attenderen kan ter discussie gesteld worden. De temperatuurmetingen zijn betrouwbaar, maar de meldingen zijn tot stand gekomen met een grenswaarde. Boven deze grenswaarde is een melding. Bij SmaXtec zijn de grenswaarden 1 en - 2 graden Celsius verschil ten opzichte van het rollende gemiddelde (10 dagen voorafgaand). Bij Adems et al. (2013) is op dezelfde manier een onderzoek uitgevoerd. In dit onderzoek werd de grenswaarde van 0,8 graden Celsius boven het rollende gemiddelde van de 10 voorgaande dagen gezien als een temperatuurverhoging. Uit dit onderzoek kwam dat klinische mastitis gemiddeld 4 dagen eerder werd gedetecteerd dan de ziekteverschijnselen zichtbaar werden. Dit afstudeerwerkstuk liet een detectie zien van gemiddeld 3 dagen eerder. Ook been- en klauwproblemen werden meegenomen in het onderzoek van Adems et al. (2013). Hier kon niet worden aangetoond dat kreupelheid kan leiden tot temperatuurverhoging. De onderzoekspopulatie (201 gezondheidsgebeurtenissen) van het onderzoek van Adems et al. (2013) is veel groter dan de populatie die in dit afstudeerwerkstuk beschikbaar was, dus de resultaten zijn minder betrouwbaar.

De berekening van de sensitiviteit en specificiteit komt tot stand met een formule. Elke meting (1 uur) is meegenomen. Een gezondheidsgebeurtenis duurt 24 uur. Ziektes kunnen langer duren dan 24 uur, maar alleen de dag van de melding is meegenomen. Dit heeft invloed op het aantal vals positieve en terecht positieve meldingen. Hierdoor zijn de resultaten van de sensitiviteit en specificiteit niet 100 procent betrouwbaar.

De gezondheidsgebeurtenissen in de onderzoeksperiode zijn beperkt. Om een grotere betrouwbaarheid te krijgen, zou het onderzoek uitgevoerd moeten worden met een grotere onderzoekspopulatie. In een vergelijkbaar onderzoek van Antanaitis et al. (2016b) is gekeken naar subacute pensverzuring (SARA) en de temperatuurmetingen van SmaXtec. Uit dit onderzoek kwam dat SARA aangetoond kan worden met een temperatuurverhoging. In dit afstudeerwerkstuk is geen SARA voorgekomen in de onderzoekspopulatie. In een onderzoek van Antanaitis et al. (2019) is gekeken naar de herkautijd als hulpmiddel bij het opsporen van SARA en slepende melkziekte. Antanaitis et al. (2019) concludeerde dat bij SARA en slepende melkziekte de herkautijd daalt. Dit betekent minder penswerking, wat kan zorgen voor een daling van de pH in de pens. Concluderend, het zou kunnen dat SARA en slepende melkziekte beiden kunnen zorgen voor een temperatuurverhoging in de pens. In dit afstudeerwerkstuk kan dit niet aangetoond worden. Voor verder onderzoek is dit interessant.

In dit afstudeerwerkstuk is ook gekeken naar temperatuurveranderingen tijdens afkalven. SmaXtec geeft in dit onderzoek gemiddeld 62 uur voor afkalven een temperatuurmelding. In de brochure van SmaXtec (SmaXtec, z.j.) staat een gebruikerservaring van een melkveehouder die gemiddeld 36 uur voor het afkalven een melding krijgt via de telefoon. SmaXtec suggereert in de brochure naar een afkalfdetectie van 15 uur voor afkalven. Kortom, dit afstudeerwerkstuk en onderzoeken van SmaXtec zien beiden een temperatuurverandering voor afkalven.

Als laatste heeft ziekte niet een eenduidige aanwijzing. Zieke koeien kunnen ook minder actief worden en minder gaan eten of herkauwen (Lokhorst, 2018). Uit onderzoek van González et al. (2008) blijkt dat eetgedrag een indicator is voor ziektes. In dit onderzoek bleek dat verandering in het eetgedrag van koeien minstens 1 dag voorafgaand aan de klinische verschijnselen optreedt. Concluderend, verandering van eetgedrag kan helpen bij het vroegtijdig detecteren van ziekte. Uit een onderzoek van Steensels et al. (2017) blijkt dat melkgift, activiteit en herkauwduur goede indicaties zijn voor vroegtijdige detectie van ziektes bij melkvee. De activiteit bij zieke dieren is lager dan bij gezonde dieren. De verlaging van activiteit nam gemiddeld 1 dag van tevoren af. Beide onderzoeken laten zien dat een ziekte ook andere aanwijzingen geeft. CowManager en SmaXtec voorzien beide van herkauw- en activiteitenmetingen. In dit onderzoek is niet gekeken naar de invloed van deze metingen op een gezondheidsattentie.

5. Conclusie en aanbevelingen

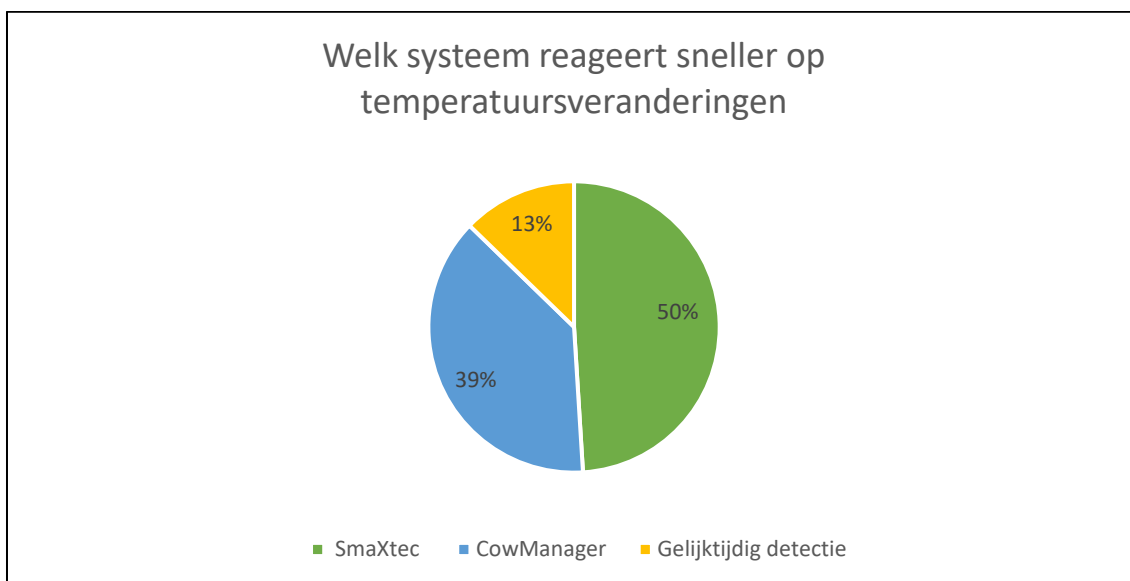
Dit afstudeerwerkstuk gaat over sensortechnologie bij melkvee en is gericht op een vergelijking tussen de systemen CowManager en SmaXtec. Deze systemen bestaan uit sensoren die de melkveehouder helpen bij het management. CowManager is een oorsensor. SmaXtec heeft een bolus die in de pens van de koe is gevestigd. Beide systemen meten 24 uur per dag de temperatuur van de koe. In dit werkstuk zijn beide temperatuurmetingen vergeleken die helpen bij het detecteren van ziektes bij melkvee.

De vraag die in dit werkstuk centraal staat, luidt als volgt: “Welke temperatuurmeting is het nauwkeurigst tijdens het opsporen van ziektes bij melkvee?” Om deze vraag te beantwoorden is de vraag gesteld welk systeem het snelst reageert op temperatuurveranderingen en welk systeem het meest correct is. Voor de melkveehouderij is het van belang ziektes tijdig op te sporen om de diergezondheid te verbeteren en antibiotica te verminderen. Sensortechnologie kan bijdragen aan een vroegere detectie van gezondheidsproblemen.

Uit de resultaten van dit onderzoek lijken de systemen onderling goed vergelijkbaar. Voor beide systemen zijn mogelijk verbeterpunten aan het licht gekomen. De conclusies en aanbevelingen zijn in dit hoofdstuk besproken.

5.1 Conclusies

De resultaten in hoofdstuk 3 laten zien hoe beide systemen scoren bij verschillende gezondheidsgebeurtenissen. De systemen zijn gelijkwaardig aan elkaar. Over het algemeen is SmaXtec voor 59 procent van de gevallen sneller in het detecteren van temperatuursveranderingen dan CowManager. Figuur 21 laat een overzicht zien.



Figuur 21 Welk systeem reageert het snelst op temperatuurveranderingen

Daarentegen heeft CowManager een hogere sensitiviteit van 87,5 procent en scoort daarmee beter op de correctheid van een systeem. In tabel 14 zijn de resultaten van beide deelvragen samengevat per gezondheidsgebeurtenis. Uit de tabel is te concluderen dat SmaXtec sneller en correcter is bij het detecteren van uierproblemen. CowManager is daarentegen sneller en correcter in het opsporen van stofwisselingsproblemen.

Tabel 14 Resultaten per gezondheidsgebeurtenis

	Welk systeem reageert het snelst?	Welk systeem is het meest correct?
Afkalven	SmaXtec	CowManager
E.coli	SmaXtec	SmaXtec
Mastitis	SmaXtec	SmaXtec
Melkziekte	CowManager	CowManager
Slepende melkziekte	CowManager	CowManager
Been- en klauwproblemen	CowManager	SmaXtec

Samenvattend, CowManager is over het algemeen correcter en SmaXtec is sneller in het detecteren van ziektes bij melkvee. Per ziektegebeurtenis is SmaXtec beter in het opsporen van uierproblemen. CowManager is beter in het detecteren van stofwisselingsproblemen. De conclusie ligt echter wat genuanceerder.

Ten eerste heeft de gezondheidsgebeurtenis afkalven verschillende uitkomsten. SmaXtec reageert sneller, maar CowManager is meer correct. De bolus van SmaXtec is uitgerust met een afkalfdetectie en geeft gemiddeld drie dagen voor afkalven een melding. De oorsensor van CowManager heeft geen afkalfdetectie, maar reageert wel op de temperatuursveranderingen. Hierdoor ligt de sensitiviteit hoger dan verwacht.

Voor de melkveehouder is het belangrijk dat het systeem een melding geeft als de koe moet kalven. Een melding drie dagen van tevoren is niet interessant. Een melding van 6 uur voor afkalven is voor de melkveehouder veel interessanter. Daarnaast is het voor de melkveehouder belangrijk dat het betrouwbaar is. Concluderend, de resultaten van de gezondheidsgebeurtenis afkalven liggen genuanceerder. CowManager reageert gemiddeld 25 uur voorafgaand, waar de melkveehouder meer interesse in heeft dan 72 uur voor afkalven. SmaXtec reageert echter vaker en met weinig spreiding tussen de tijdsintervallen en is dus betrouwbaarder. Voor beide systemen is het interessant nauwkeuriger naar de afkalfdetectie te kijken.

Ten tweede verschillen de resultaten van been- en klauwproblemen. CowManager reageert sneller op temperatuurverhogingen die in relatie kunnen staan met ontstekingen in het been of de klauw. SmaXtec is correcter in de detectie hiervan. Tijdens het analyseren van de data lieten de resultaten zien dat de temperatuur in de pens (gemeten door de SmaXtec Bolus) veranderd bij klauwproblemen die niet veroorzaakt zijn door een ontsteking. Dit zou te maken kunnen hebben met verminderd eetgedrag bij kreupele koeien. Volgens onderzoek van Weigele et al. (2018) kauwen kreupele koeien minder vaak en bezoeken ze minder vaak de krachtvoerbox. Dit kan leiden tot een lagere pens pH. Uit onderzoek van Antanaitis et al. (2016b) blijkt dat een lagere pens pH kan leiden tot een hogere temperatuur in de pens. Met de resultaten van dit afstudeerwerkstuk kan aangetoond worden dat CowManager sneller is in het detecteren van ontstekingen in het been of de klauw en SmaXtec correcter is in het detecteren van been- en klauwproblemen in het algemeen. De onderzoeken van Weigele et al. (2018) en Antanaitis et al. (2016b) geven wel een verklaring waarom SmaXtec een temperatuurmelding kan geven.

Met deze informatie kan geconcludeerd worden dat SmaXtec sneller reageert op temperatuursveranderingen. Het systeem CowManager is daarentegen het meest correct. Op de vraag welk systeem het nauwkeurigst is tijdens het opsporen van ziektes kan antwoord gegeven worden dat beide systemen nauwkeurig zijn tijdens het opsporen van ziektes. CowManager is uit deze resultaten nauwkeuriger in het opsporen van stofwisselingsziektes. SmaXtec is nauwkeuriger in het opsporen van uierproblemen. Uiteindelijk is het aan de melkveehouder welke factor belangrijker is en welke gezondheidsproblemen veel voorkomen op het bedrijf.

5.2 Aanbevelingen voor de gebruiker

Sensortechnologie wordt steeds belangrijker in de toekomst. De toenemende omvang van bedrijven, de afname van arbeidskrachten en de toenemende eisen vanuit de overheid is het voor melkveehouders interessant sensortechnologie toe te passen. Deze technologie kan bijdragen aan het verbeteren van de diergezondheid en het management van het bedrijf. Als sensortechnologie beter in staat is ziektes eerder op te sporen dan het oog van de melkveehouder kan zien, heeft dit vele voordelen voor zowel boer, koe en voedselproductie.

Als de melkveehouder beslist sensortechnologie op het bedrijf toe te passen, is het belangrijk te weten welke gezondheidsproblemen veel voorkomen op het bedrijf. Daarnaast is het belangrijk dat de melkveehouder weet welke factor belangrijk is voor de toepassing van sensortechnologie. Als de factor snelheid van melding geven belangrijk is, kan de melkveehouder beter voor SmaXtec kiezen. Als de factor correctheid voor de melkveehouder essentieel is, is CowManager een betere optie.

5.3 Aanbevelingen voor SmaXtec

Het systeem SmaXtec is goed in het opsporen van uierproblemen. Daarnaast attendeert SmaXtec snel op temperatuursveranderingen. Voor SmaXtec zijn dit goede resultaten om het systeem beter op de markt te zetten.

Om het systeem te verbeteren is het interessant het algoritme van de afkalfdetectie scherper te stellen. Uit de resultaten komt dat gemiddeld 62 uur voor afkalven een melding gegeven wordt. Als het bedrijf in staat is dit tijdsinterval in te korten na 24 uur of minder, heeft dit voordelen voor de melkveehouder.

Daarnaast is het interessant verder onderzoek te doen naar de temperatuur in de pens bij slepende melkziekte. Uit andere onderzoeken van Ananaitis et al. (2016b) kan blijken dat de temperatuur omhooggaat bij slepende melkziekte. Als deze verwachtingen waargemaakt kunnen worden, zorgt dit voor een betere detectie van slepende melkziekte. Ook been- en klauwproblemen kunnen op deze wijze misschien eerder gedetecteerd worden.

5.4 Aanbevelingen voor CowManager

Het systeem CowManager heeft een hoge sensitiviteit en scoort goed op de correctheid van melding geven. Daarnaast is het systeem goed in het opsporen van stofwisselingsziektes op basis van de temperatuurmetingen.

Om het systeem beter te maken is het interessant een algoritme te maken voor een afkalfdetectie. Uit de resultaten blijkt dat de oorsensor de temperatuurveranderingen waarneemt. Als voor een afkalfdetectie een algoritme gemaakt kan worden dat samen werkt met de koe geschiedenis kan dit veel meerwaarde bieden voor melkveehouders. Uit een onderzoek van Rutten et al. (2017) is een proef gedaan met 417 kalfkoeien met een oorsensor van CowManager. Het afkalftijdstip werd voorspeld met sensorgegevens zoals de activiteit, herkauwactiviteit, temperatuur en eetgedrag. Uit dit onderzoek blijkt dat deze gegevens bijdragen aan het beter inschatten van het afkalfmoment. Voor CowManager is het interessant verder onderzoek te doen naar het bepalen van het afkalftijdstip.

Als laatste is het interessant onderzoek te doen naar het beter opsporen van mastitis. In een onderzoek van Gusterer et al. (2020) is gekeken naar de herkauwduur en activiteit bij het opsporen van gezondheidsafwijkingen. In dit onderzoek waren ook een paar mastitisgevallen meegenomen. Uit

dit onderzoek blijkt dat de herkauwduur en activiteit veranderd voordat de klinische verschijnselen beginnen. Wellicht kan deze informatie interessant zijn in het beter opsporen van mastitis.

Literatuurlijst

- Adems, A.E., Olea-Popelkal, N., Roman-Muniz, N. (2013). Using temperature-sensing reticular boluses to aid in the detection of production diseases in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2013 mar;96(3), 1549 – 1555. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23332847/>
- Ammer, S., Lambertus, C., Gauly, M. (2016). Comparison of different measuring methods for body temperature in lactating cows und different climatic conditions. *J. Dairy Res*, 2016 may;83 (2), 165 – 172. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27210490/>
- Antanaitis, R., Ilaitis, V., Juozaitienė, V., Stoskus, R., Televičius, M. (2016a). Changes in reticulorumen content temperature and pH according to time of day and yearly seasons. *Pol J Vet Sci*, 2016 dec 1; 19(4). 771-776. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28092624/>
- Antanaitis, R., Iaitis, V., Juozaitienė, V., Stoskus, R. (2016b). Usefulness of acidity and temperature of the rumen and abomasum in diagnosing SARA in dairy cows after calving. *Pol J Vet Sci*, 2016 sep 1; 19(3). 553-558. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27760020/>
- Antanaitis, R. Juozaitiene, V., Maiašauskienė, D., Televičius, M. (2019). Can rumination time and some blood biochemical parameters be used as biomarkers for the diagnosis of subclinical acidosis and subclinical ketosis?. *Veterinary and Animal Science*, 19(8), 100077. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451943X19301280>
- Bonten, M.J.M., Van Geijlswijk, I.M., Heederik, D.J.J., Mevius, D.J., Wagenaar, J.A. (juni 2021). *Het gebruik van antibiotica bij landbouwhuisdieren in 2020*. SDa Autoriteit Diergeneesmiddelen. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van [sda-rapport-het-gebruik-van-antibiotica-bij-lhd-in-2020-def.pdf](https://www.sda-nederland.nl/rapporten/het-gebruik-van-antibiotica-bij-landbouwhuisdieren-in-2020) (i-pulse.nl)
- Burfeind, O., Von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., Veira, D.M., Heuwieser, W. (2010). Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(2), 624 – 627. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030210715058>
- CowManager (2022 b). Dashboard. (V4.44) [computerprogramma]. Geraadpleegd op 31 januari 2022, van <https://sensor.cowmanager.com/CowManager/cowLists/cowLists>
- CowManager (2022 a). *The system*. Geraadpleegd op 31 januari 2022, van <https://www.cowmanager.com/en-us/solution/system>
- Cowsonweb (z.d.). *Over ons*. Geraadpleegd op 28 januari, 2022, van <http://www.cowsonweb.net/over-cowsonweb/>
- De Wit, J. & Van der Goor, S. (2016, november) *Meer krachtvoer economisch vaak aantrekkelijk*. Ekoland. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van <https://edepot.wur.nl/401832>
- Diergezondheidsdienst GD. (Oktober 2021). *Koeien op bedrijven met een hogere levensduur scoren goed op het gebied van diergezondheid*. Veekijker nieuws. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van [file:///C:/Users/kaylee/Downloads/Veekijkernieuws_rund_oktober_2021%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/kaylee/Downloads/Veekijkernieuws_rund_oktober_2021%20(1).pdf)

- Dolecheck, K.A., Silvia, W.J., Heersche jr, G., Chang, Y.M., Ray, D.L., Stone, A.E., Wadsworth, B.A. & Bewley, J.M. (2015). Behavioral and physiological changes around oestrus events identified using multiple automated monitoring technologies. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8723 – 8731. <https://www.sciencedirect.com/aeres.idm.oclc.org/science/article/pii/S0022030215006876#tbl0010>
- Doornewaard, G.J., Hoogeveen, M.W., Jager, J.H., Reijs, J.W. & Beldman, A.C.G. (december, 2020). *Sectorrapportage Duurzame Zuivelketen*. (2020-120). Wageningen Economic Research. Geraadpleegd op 11 januari 2022, van https://www.duurzamezuivelketen.nl/resources/uploads/2021/12/Sectorrapportage_Duurzame_Zuivelketen_2019.pdf
- Duurzame Zuivelketen. (2014). *Verslag Duurzame Zuivelketen 2014*. Geraadpleegd op 11 januari 2022, van <https://www.duurzamezuivelketen.nl/resources/uploads/2017/12/duurzame-zuivelketen-jaarverslag-2014.pdf>
- Duurzame Zuivelketen. (z.d.-a). *Continu verbeteren diergezondheid & dierenwelzijn*. Duurzame Zuivelketen. Geraadpleegd op 10 januari 2022, van <https://www.duurzamezuivelketen.nl/themas/continuu-verbeteren-dierenwelzijn/>
- Duurzame Zuivelketen. (z.d.- b). *Behoud weidegang*. Duurzame Zuivelketen. Geraadpleegd op 10 januari, 2022, van <https://www.duurzamezuivelketen.nl/themas/behoud-van-weidegang/>
- DVM-systems. (z.d.). *DVM TempTrack – automatic health monitoring system*. Geraadpleegd op 21 januari 2022, van <https://www.agriculture-xprt.com/software/dvm-temptrack-automatic-health-monitoring-system-366844>
- González, L.A., Tolkamp, B.J., Coffey, M.P., Ferret, A., Kyraizakis, I. (2008). Changes in Feeding Behavior as Possible Indicators for the Automatic Monitoring of Health Disorders in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 91 (3), 1017-1028. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030208713584>
- Groene kennisnet (2019, 16 januari). *Slimmere sensoren om ziekten bij koeien op te sporen*. Geraadpleegd op 20 januari, 2022. Van <https://groenkennisnet.nl/nieuwsitem/slimmere-sensoren-om-ziekten-bij-koeien-op-te-sporen-1>
- Gusterer, E., Kans, P., Krieger, S., Schweinzer, V., Süß, D., Lidauer, L., Kicking, F., Öhlschuster, M., Auer, W., Drillich, M., Iwersen, M. (2020). Sensor technology to support herd health monitoring: Using rumination duration and activity measures as unspecific variables for the early detection of dairy cows with health deviations. *Theriogenology*, 2020(157), 61-69. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X20304258?casa_token=b3JYNQOe6ggAAAAA:Exo0CUzkbTS2tGWanAE__4GldSHiPq5JmemEVrgMrR0SU1yPWVn8-phBrGZ8IGNVuk0qnLAWisKg#bib12
- Hiemstra, A. (2013, november). *Kruislingen produceren ruim 4 procent eiwit*. Melkvee. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van <https://edepot.wur.nl/287273>
- Hoogeveen, M. (2021, 30 september). *Grasopbrengsten weer gestegen in 2019*. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van <https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=7352&themaID=2754§orID=3534>

- KalfOK. (z.d.). *De KalfOK-score*. Geraadpleegd op 25 februari 2022, van <https://www.zuivelnl.org/uploads/images/Diergezondheid-dierenwelzijn/infolder-kalfok-update-21092020.pdf>
- Koesensor (2022). *Temperatuursensoren*. Geraadpleegd op 28 januari 2022, van <http://www.koesensor.be/temperatuursensoren/>
- Liang, D., Hout, CL., McQuery, KJ., Ray, DL., Clack, JD., Bewley, JM, (2013) Influence of breed, milk production, season and ambient temperature on dairy cow reticulorumen temperature. *J. Dairy sci*, 2013 aug;96(8), 5072-5081. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23769360/>
- Lokhorst, K. (2018). *An introduction to Smart Dairy Farming*. (1^e ed.) Published by Van Hall Larenstein University of Applied Sciences. 108 p. Geraadpleegd op 20 januari 2022, van https://aeres.instructure.com/courses/2377/pages/hpon12-smart-farming?module_item_id=123473
- Mader, T.L. en Kreikemeier, W.M. (2006). Effects of growth-promoting agents and season on blood metabolites and body temperature in heifers. *Journal of Animal science*, 2006 apr; 84 (4), 1030 – 1037. Geraadpleegd op 6 februari 2022, van <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/84/4/1030/4804246>
- McCorkell, R., Wynne-Edwards, K., Windeyer, C., Schaefer, AL. & de UCVN-Class of 2013 (2014). Limited efficacy of Fever Tag temperature sensing ear tags in calves with naturally occurring bovine respiratory disease or induced bovine viral diarrhoea virus infection. *Can Vet J*, 2014 jul; 55(7), 688-690. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4060915/>
- Medria (z.d.). *Our technology*. Geraadpleegd op 21 januari 2022, van <https://www.medria.fr/en/solutions/our-technology.html>
- Mons, G. (2014, maart). *Afkalfdetectiesystemen op een rij; Seintje als het kalf komt*. *Melkvee*, 14(3), 20-23. Geraadpleegd op 28 januari 2022, van <https://edepot.wur.nl/298596>
- Roemen, J., Daandels, Y. (2020). *Case study: CowManager SensOor*. Data Driven Dairy Decisions for Farmers. Geraadpleegd op 20 januari 2022, van https://4d4f.eu/system/files/groups/Case%20study%20CowManager%20SensOor_0.pdf
- Rutten, C.J., Kamphuis, C., Hogeveen, H., Huijpers, K., Nielen, M., Steenveld, W. (2017). Sensor data on cow activity, rumination, and ear temperature improve prediction of the start of calving in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017(132), 108-118. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169916310262?casa_token=EtiY0IPLvrkAAAAA:Q3m3Ht4f9KJziGBRYSpiLR80LrVKJ0PJ7irJCotx8SwO3HetG2gKRZtOELsPPoC_8ZY-tgv9Wnvl
- Ruis, M. (z.d.). *Het dier centraal: Dierenwelzijn in de melkveehouderij*. Wageningen University & research. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van <https://edepot.wur.nl/394829>
- Rundveeloket. (Z.d.). *Lichaamstemperatuur van rundvee*. Geraadpleegd op 20 januari 2022, van <https://www.rundveeloket.be/kenniscentrum/diergezondheid/temperatuur#:~:text=Normal%20temperatuur%20voor%20rundvee&text=De%20normaalwaarden%20verschillen%20naargelang%20de,1%20voor%20een%20volwassen%20zoogkoe.>

SmaXtec (2022 a). Dashboard. (V4 5.4) [computerprogramma]. Geraadpleegd op 31 januari 2022, van <https://messenger.smaxtec.com/dashboard?organisation=59e75b1442a1b65ff14e8a8b>

SmaXtec (2022 b). *SmaXtec system in detail*. Geraadpleegd op 28 januari 2022, van <https://smaxtec.com/en/smaxtec-system-in-detail/#boli>

SmaXtec (z.j.). *Fit for the future?* [Brochure].

Steensels, M., Maltz, E., Bahr, C., Berckmans, D., Antler, A., Halachimi, I. (2017). Towards practical application of sensors for monitoring animal health: the effect of post-calving health problems on rumination duration, activity, and milk yield. *Journal of Dairy Research*, 84 (2), 132-138. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/towards-practical-application-of-sensors-for-monitoring-animal-health-the-effect-of-postcalving-health-problems-on-rumination-duration-activity-and-milk-yield/DFF7A68F2A99DE2CD54FEAF017412F>

Stokkermans, P. (2021, 29 juni). *Hogere levensduur veestapel leidt tot meer mastitis*. Nieuwe Oogst. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/06/29/hogere-levensduur-veestapel-leidt-tot-meer-mastitis#:~:text=Het%20aantal%20koeien%20dat%20vorig,trend%2C%20daarna%20steeg%20deze%20dus.>

Tekvet Technologies (2008). *What is the TekVet Health monitoring System™?* Geraadpleegd op 20 januari 2022, van http://www.tekvet.com/low/_mgxroot/page_10734.html

Thomson, B. (2019, 29 januari). *Fever Tags for early detection of disease in calves*. Data Driven Dairy Decisions for Farmers. Geraadpleegd op 20 januari 2022, van <https://4d4f.eu/content/fever-tags-early-detection-disease-calves>

TTP (z.d.). *Casestudies: Well Cow: Monitoring the gut health of dairy cows with an ingestible bolus*. Geraadpleegd op 28 januari, 2022. Van, <https://www.ttp.com/work/cases/well-cow-monitoring-the-gut-health-of-dairy-cows-with-an-ingestible-bolus>

Van der Meulen, H. (2021a, 20 december). *Nat voorjaar leidt tot lagere droge stofgehalten*. Agrimatie. Geraadpleegd op 10 januari 2022, van <https://agrimatie.nl/sectorResultaat.aspx?subpubID=2232§orID=2245&themaID=2272&indicatorID=2086>

Van der Meulen, H. (2021b, 26 mei). *Arbeidsinzet- en productiviteit melkveehouderij*. Agrimatie. Geraadpleegd op 19 januari 2022, van <https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2232§orID=2245&themaID=2264>

Van der Meulen, H. (2021c, 26 mei). *Bedrijven en dieren*. Agrimatie. Geraadpleegd op 8 januari 2022, van <https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2290§orID=2245>

Van der Meulen, H (2021d, 20 december). *Hoger inkomen op melkveebedrijven door hogere melkprijzen ondanks hogere kosten*. Agrimatie. Geraadpleegd op 28 januari 2022, van <https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?themaID=2272&indicatorID=2046&subpubID=2232§orID=2245>

- Van Leeuwen, T. (2021, 23 december). *Toename in melkproductie per ha voedergewas en per melkkoe*. Agrimatie. Geraadpleegd op 10 januari 2022, van, <https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=2523§orID=2245&themaID=2756&indicatorID%20=%202766>
- Van Zessen, T. (2018, november). *Zelflerende senoren worden steeds slimmer*. Veeteelt, 18(2), 26-31. Geraadpleegd op 20 januari 2022, van <https://edepot.wur.nl/464908>
- Veeteelt (21 februari, 2022). *Bedrijven met hoge levensduur vaak kleiner dan gemiddelde*. Veeteelt. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van <https://veeteelt.nl/gezondheid/nieuws/bedrijven-met-hoge-levensduur-vaak-kleiner-dan-gemiddeld>
- Verantwoorde Veehouderij (27 juni, 2018). *Nederlandse melkveehouder zet weinig betaalde arbeid in*. Geraadpleegd op 23 februari 2022, van <https://www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/Verantwoorde-Veehouderij-2/show-5/Nederlandse-melkveehouder-zet-weinig-betaalde-arbeid-in.htm>
- Weigele, H.C., Gygax, L., Steiner, A., Wechsler, B., Burla, J.B. (2018). Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2370-2382. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217312018>
- Wolfhound Analytics (2022). *Disgined for research, applied to farms*. Geraadpleegd op 28 januari 2022, van <https://www.wolf-hound.com/for-researchers>

Bijlage I: Checklist schriftelijk rapporteren



Checklist Schriftelijk Rapporteren

Naam:

Klas:

*De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn 'killing points'. Wanneer de beoordelaar daarvan meer dan vijf heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen 'killing points' toegestaan.*

1. Het taalgebruik

- ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden; het rapport/verslag is dan afgekeurd*
- ☐ Heeft een actieve schrijfstijl*
- ☐ Is zakelijk, formeel en objectief*
- ☐ Is coherent (verwijs- en verbindingswoorden)*
- ☐ Heeft een adequate interpunctie*
- ☐ Bevat niet de persoonlijke voornaamwoorden 'ik/mij/me, jij/je/jou, jullie, u, wij/we/ons'*
- ☐ Is doelgroepgericht*
- ☐ Heeft een uniforme stijl*

2. De ordening

- ☐ Het verslag/rapport heeft een logische opbouw
- ☐ Elk hoofdstuk heeft een logische alineastructuur
- ☐ Elk hoofdstuk kent een introductie (m.u.v. H.1)

3. Het rapport/verslag

- ☐ Is vrij van plagiaat*
- ☐ De pagina's zijn genummerd*
- ☐ Heeft een uniforme opmaak

4. De omslag

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

5. De titelpagina/het titelblad

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

6. Het voorwoord:

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

7. De inhoudsopgave:

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

8. De samenvatting:

- ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag
- ☐ Bevat de conclusies
- ☐ Bevat suggesties voor verder onderzoek

- ☐ Bevat geen persoonlijke mening
- ☐ Staat direct na de inhoudsopgave

9. De inleiding

- ☐ Is hoofdstuk 1*
- ☐ Beschrijft het kader/de context en de aanleiding*
- ☐ Geeft inhoudelijke relevante achtergrondinformatie*
- ☐ Bevat de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Vermeldt het doel*
- ☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag*

10. Materiaal en methode

- ☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Motiveert de keuze voor de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Past bij de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Beschrijft de variabelen/eenheden
- ☐ Beschrijft de methode van data-analyse

11. De (opmaak van de) kern

- ☐ De hoofdstukken en de (sub)paragrafen met maximaal drie niveaus zijn genummerd*
- ☐ 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 en tabellen zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (boven de figuur/tabel)*
- ☐ De figuren en tabellen zijn zelfstandig te begrijpen
- ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar de figuren en/of de tabellen*
- ☐ De tekst bevat verwijzingen naar de desbetreffende bijlage(n)
- ☐ De tekst is ook zonder verwijzingen te begrijpen

12. De discussie

- ☐ Vermeldt de interpretatie(s) van de resultaten
- ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur
- ☐ Geeft de valide argumentatie weer
- ☐ Evalueert de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen

13. De conclusies en aanbevelingen

- ☐ Bevatten antwoord(en) op de onderzoeksvraag
- ☐ Zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ Bevatten geen nieuwe informatie*

14. De bronvermelding

- ☐ Verwijzingen in de tekst zijn conform de APA-normen*
- ☐ De bronnenlijst is conform de APA-normen*

15. De bijlagen

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