

VASIKOIDEN KEHON AUTOMAATTINEN LÄMPÖTILAN MITTAUS

Jarkko Rissanen

Opinnäytetyö
Helmikuu 2014

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Luonnonvara- ja ympäristöala





Tekijä(t) RISSANEN, Jarkko	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 3.2.2014
	Sivumäärä 30	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi VASIKOIDEN KEHON AUTOMAATTINEN LÄMPÖTILAN MITTAUS		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) KATAJA, Jyrki		
Toimeksiantaja(t) Maitoa ja naudanlihaa Keski-Suomesta -koulutushanke		
Tiivistelmä <p>Jyväskylän ammattikorkeakoulun Biotalousintituutissa toimi Maitoa ja naudanlihaa Keski-Suomesta -koulutushanke, jonka tiimoilta työ sai alkunsa. Kuume on ensioire useasta vasikoiden yleisimmistä sairauksista. Kuumeen mittaukseen kaivattiin helpotusta, sillä se on paljon aikaa vievä työvaihe. Tämän työn tarkoituksena oli etsiä keino mitata vasikan lämmönvaihteluita luotettavasti, taloudellisesti ja eläinystävällisesti automaation avulla. Jos kuumeiset vasikat huomattaisiin aikaisemmin, niiden hoito voitaisiin aloittaa aiemmin.</p> <p>Työssä tarkasteltiin erilaisia lämmönmittaustapoja ja tultiin siihen johtopäätökseen, että infrapunalämpömittarilla olisi mahdollista päästä haluttuun lopputulokseen; tekniikka on edullista, turvallista sekä helppoa käyttää. Työhön sopiva infrapunalämpömittari valittiin ja sillä tehtiin testimittauksia mittaustavan kalibroimiseksi. Mittauspaikaksi valikoitui vasikan turpa.</p> <p>Varsinaiset vasikoiden mittaukset tehtiin kolmella eri vasikalla. Tulokset osoittavat, että vasikoiden kehon lämpötilaa ei voida luotettavasti mitata infrapunalämpömittarilla. Vasikoiden turvan lämpötilat vaihtelevat riippumatta vasikan kehon lämpötilasta.</p>		
Avainsanat (asiasanat) automaattinen lämpötilanmittaus, vasikka, kuume		
Muut tiedot		



Author(s) RISSANEN, Jarkko	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 3.2.2014
	Pages 30	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title AUTOMATED CALF BODY TEMPERATURE MEASUREMENT		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) KATAJA, Jyrki		
Assigned by Milk and beef from Central Finland		
Abstract <p>The work was initiated by Milk and Beef from Central Finland, which was an education project at the Institute of Bioeconomics at JAMK University of Applied Sciences Calf fever is a first symptom of multiple calf illnesses. There is a real need for easing calf fever measurement. The purpose of this work was to find a way to measure a calf's temperature variation with automation. Temperature measurement should be reliable, economical and animal friendly. If calves with fever could be detected earlier, they could be treated earlier.</p> <p>In this work the different temperature measurement conventions were researched. The best possible choice for the purpose of this work was an infrared thermometer. The technology is cheap, safe and easy to use. A thermometer was chosen and it and the manner of measurements were calibrated with test measurements.</p> <p>The Actual calf measurements were made with three different calves. The results indicate that calves' body temperature cannot be reliably measured from calf muzzle. There is not a correlation in the temperature between the calf's muzzle and body. Calf's muzzle temperature varies independently of its body's temperature.</p>		
Keywords automated temperature measurement, calf, fever		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1. TYÖN LÄHTÖKOHDAT	3
1.1 Aihe ja toimeksiantaja	3
1.2 Opinnäytetyön vaiheet	4
2. VASIKAN KUUME	5
2.1 Vasikan lämmönsäätely	5
2.2 Kuumeen aiheuttajat	8
2.3 Lämpötilan mittaaminen ja sairaan eläimen määrittäminen.....	9
3. LÄMPÖMITTARIN JA MITTAUSTAVAN VALINTA	10
3.1 Kuumeen mittaustavat	10
3.2 Lämpömittarin valinta	12
3.3 Lämpömittarin kalibrointi	14
3.4 Mittaustavan kalibrointi	14
3.5 Mittausmenetelmän vakiointi	18
4. KÄYTÄNNÖN MITTAUKSET	19
4.1 Mittaustapa	19
4.2 Mittaustulokset.....	20
5. POHDINTA	22
LÄHTEET.....	24
LIITTEET	26
Liite 1. Infrapunalämpömittarien ominaisuudet.....	26
Liite 2. Ihmisen otsan ja kielen mittaustulokset	28
Liite 3. Vasikoiden mittaustulokset.....	30

KUVIOT

KUVIO 1. Vasikka alkaa tuottaa enemmän lämpöä sen kehon lämpötilan laskiessa. ...	5
KUVIO 2. Vasikan kehon lämmitys- ja jäähdytysmekanismit ovat samat kuin muilla tasalämpöisillä nisäkkäillä.	6
KUVIO 3. Turkoosilla värillä kerrotaan ilman lämpötila ja tummansinisellä vasikan....	8
KUVIO 4. Viileämmällä ilmalla vasikan kehon lämpötila on matalampi.	8

KUVIO 5. Elektroninen kosketuslämpömittari	11
KUVIO 6. Naudan kuumeinen sorkka lämpökameralla kuvattuna.....	12
KUVIO 7. Infrapunalämpömittari Velleman SHE11	13
KUVIO 8. Mittaustavan kalibroinnissa tehtiin useita mittauksia eri etäisyyksistä ja kulmista.	15
KUVIO 9. Mittaustavan kalibrointitulokset ihmisen otsasta	15
KUVIO 10. Otsamittauksessa keskihajonta on pienin 75 asteen mittauskulmassa.	16
KUVIO 11. Mittaustulokset 0 - 3 cm:n päästä ihmisen kielestä	17
KUVIO 12. Kielestä otetut mittaukset olivat samansuuntaisia pylväiden perusteella, mutta arvot olivat suuremmat.	17
KUVIO 13. Vasikan pää on karvainen jo varhaisessa vaiheessa.....	18
KUVIO 14. Lämpötilan mittauksen helpottamiseen tehty apuväline.	19

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Infrapunalämpömittari SHE11:n tekniset tiedot	14
TAULUKKO 2. Kuusamon lämpötilamittausten tuloksia	20
TAULUKKO 3. Kyöpelin lämpötilamittausten tuloksia.....	21
TAULUKKO 4. Kiltan lämpötilamittausten tuloksia	21

1. TYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Aihe ja toimeksiantaja

Tämä työ sai alkunsa Maitoa- ja Naudanlihaa Keski-Suomesta -koulutushankkeen aloitteesta. Viisivuotista hanketta hallinnoi Jyväskylän Ammattikorkeakoulun Biotalousinstituutti Saarijärvellä Tarvaalassa. Hankkeen ensisijainen tarkoitus oli järjestää koulutuksia Keski-Suomalaisille maidon- ja naudanlihan tuottajille. Tämän lisäksi hanke järjesti opintomatkoja ja teki selvityksiä maidon ja naudanlihan tuotantoon liittyen. Hanke päättyi syksyllä 2013. (Maitoa- ja naudanlihaa Keski-Suomesta n.d.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voiko vasikan kehon lämpötilan mittausta automatisoida taloudellisesti, teknisesti ja terveydellisesti järkevällä tavalla. Näillä tavoitteilla ei ollut ennalta määrättyjä raja-arvoja, vaan työn tilaaja ja opinnäytetyön tekijä päättivät ne. Työn yksi tavoite oli myös selvittää, voitaisiinko mittauksissa käyttää ihmisten kehon lämpötilan mittaukseen soveltuvia lämpömittareita. Nämä mittarit on testattu ja hyväksytty ihmiskäyttöön, joten niiden käyttö eläinten lämpötilan mittaukseen ei myöskään tulisi olemaan ongelma.

Vasikan kehon lämpötilan muutokset ovat merkki useista yleisistä vasikoiden taudeista (Pihvikarja 2008). Varhainen puuttuminen näihin muutoksiin auttaa aikaistamaan vasikan hoitoa ja saattaa nopeuttaa paranemista. Vuosina 2003 - 2009 alle puolivuotiaista maitorotuisista vasikoista kuoli vuosittain 10 % (Lähteinen 2012, 5). Lisäksi vasikkaiässä koettu sairastuminen saattaa heikentää vasikan kehittymistä hyvin tuottavaksi eläimeksi heikentyneen kasvun ja kehityksen vuoksi (Neuvonen & Oksman 2011, 93). Naudan lämpötilan on Bewleyn (2006) mukaan tärkein yksittäinen mitattava tekijä ja indikaattori eläimen fysiologian ja ympäristöön liittyvien muutosten havaitsemisessa. Vasikan lämpötilamittaukselle on siis kysyntää, sillä useimmiten sairastuminen havaitaan vasta vasikan jo sairastuttua. Systemaattinen lämpötilamittaus on manuaalisesti työlästä.

Yleisesti vasikan lämpötila mitataan rektaalista kosketuslämpömittarilla. Varsinaiseen lämmön mittaamiseen menee aikaa ammattitaitoiselta henkilöltä lämpömittarista

riippuen 1 minuutista ylöspäin sisältäen vasikan taltuttamisen, mittauksen ja tuloksen lukemisen. Tämän lisäksi mittari tulee desinfioida jokaisen vasikan välillä. (How to take cow's temperature n.d.) Lämpötilan mittauksessa ongelmana on työn kuormittavuus. Vasikoiden lämpötilan mittaaminen on runsaasti aikaa vievä työ. Jos työn saisi automatisoitua taloudellisesti ja luotettavasti, tämä voisi vaikuttaa positiivisesti vasikkakasvattamisen kannattavuuteen. Kuormittava lämmönmittaustyö muuttuisi automaattisesti mitattujen tietojen tarkasteluun ja sairastavat vasikat saataisiin havaittua aiemmin. Eli työmäärä vähenisi ja lämpötiloja voitaisiin mitata useamman kerran päivässä kuormittamatta sen enempää työntekijöitä.

1.2 Opinnäytetyön vaiheet

Työ alkoi tiedonhaualla, jossa selvitettiin kuumeen teoriataustaa. Tarkoituksena oli selvittää, miksi vasikan kehon lämpötila muuttuu ja millaisissa raja-arvoissa terveen vasikan lämpötila liikkuu. Tämä oli tärkeää tietoa tutkimuksen mittaustapaa ja käytettävää mittaria pohdittaessa.

Edellä mainitun jälkeen etsittiin olemassa olevia ratkaisuja ja yleistä asiaa vasikan lämpötilan mittauksesta ja lämpötilojen vaihtelusta. Vartenotettavia mittaustapa- ja -tapoja pohdittiin ja niistä valittiin työhön sopivimmat. Haluttujen mittaustapojen ominaisuuksien perusteella valittiin tarkoitukseen sopivin mittari, jolla työtä lähdettiin viemään eteenpäin.

Toiminnallisen osuuden ensimmäisessä vaiheessa kalibroitiin mittari ja mittaustapa. Valitun mittarin ominaisuuksia tutkittiin laboratorio-olosuhteissa, joissa mittari ja mittaustapa vakioitiin, eli testattiin, miten mittaria tulisi käyttää, jotta sen tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia. Tästä pääteltiin, miten mittaukset tulisi tehdä mahdollisimman pienen keskihajonnan saavuttamiseksi.

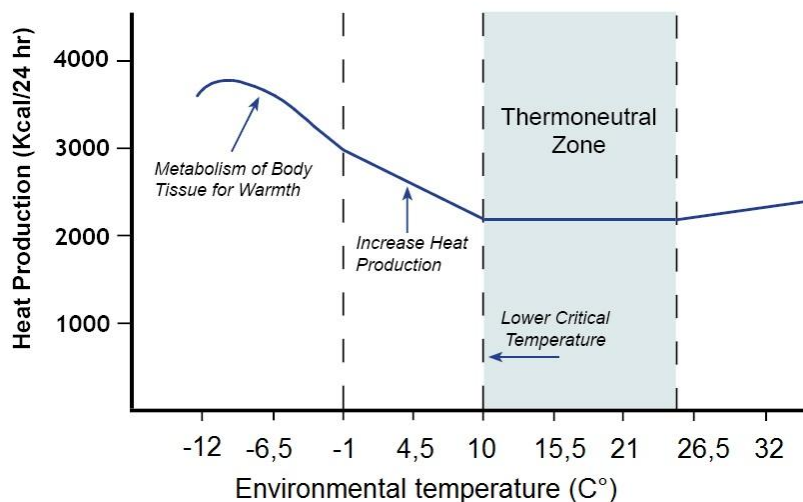
Toisessa toiminnallisen osuuden vaiheessa tehtiin mittauksia vasikoille edellä valituilla mittareilla ja mittaustavoilla. Mittauksia varten valittiin vasikat ja niille suoritettiin mittauksia ensin parhaan mittauskohdan löytämisestä ja sitten keskityttiin mittauskohdan tarkempaan mittaukseen. Lopuksi tulokset analysoitiin.

2. VASIKAN KUUME

2.1 Vasikan lämmönsäätely

Vasikat ovat tasalämpöisiä, kuten kaikki nisäkkäät, eli ne pystyvät pitämään tasaisen ruumiinlämmön lämpötilaltaan vaihtelevissa olosuhteissa. Tasalämpö pidetään yllä fysiologiaan ja käyttäytymiseen liittyvillä mekanismeilla, jotka muuttavat kehon lämmönluovutusintensiiteettiä tai lämmöntuotantoa aineenvaihdunnan kautta. Vasikan kehon lämpötila on lämmön saannin ja luovutuksen tasapainon seuraus. Vasikka voi myös absorboida lämpöä ympäristöstä, kun ympäröivän ilman lämpötila on vasikan kehon lämpötilaa korkeampi. (Radostits, Gay, Blood & Hinchcliff 2000, 51.)

Vasikan kehossa lämmöntuotantoa syntyy aineenvaihdunnan ja rehun sulatuksen tuloksena, sekä lihaksiston liikuttamisesta ja lihaskunnon ylläpitämisestä. Lihaskunnon on seuraus äkillisestä altistuksesta kylmälle. Se on suuri lämmöntuotannon tehostuksen edistäjä kylmissä olosuhteissa olevilla vasikoilla. Vastasyntyneillä vasikoilla on tämän lisäksi tehokas keino lämmöntuotantoon: ruskea rasvakudos. Tätä rasvakudosta polttamalla vasikka voi aineenvaihdunnan kautta lämmittää kehoa ilman lihasten liikettä. Vasikka alkaa käyttää rasvakudosta, kun sillä ei ole muita energiavarastoja lämmön tuottamiseen ja kun lämpötila laskee tarpeeksi alas (ks. kuvio 1). (Mts. 51.)

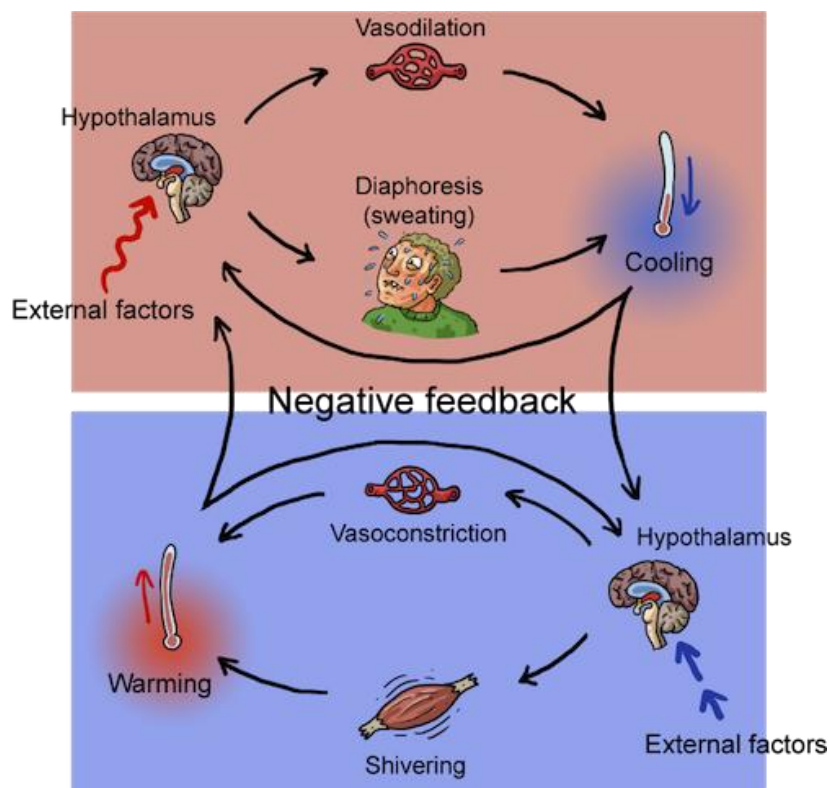


KUVIO 1. Vasikka alkaa tuottaa enemmän lämpöä sen kehon lämpötilan laskiessa. (Increase energy intake during cold weather n.d.)

Vasikka luovuttaa lämpöä fysikaalisten ilmiöiden kuten konduktion, konvektion, säteilyn ja kosteuden haihduttamisen avulla. Vasikka voi haihduttaa nestettä hikoilemalla ja hengittämällä. (Mts. 51.)

Edellä mainituilla mekanismeilla terve vasikka säätelee kehon lämpötilaa siten, että se on 38,5 - 40,5 celsiusasteen välillä vastasyntyneellä vasikalla ja 38,5 - 39,5 C° alle vuoden ikäisellä (Ukkonen, n.d., 5).

Lämpötilaa säätelee hypotalamus. Se saa impulsseja lämpötilaan reagoivista hermosoluista ympäri kehoa ja hypotalamuksen lävitse virtaavasta verestä. Siitä kulkevat impulssit ohjaavat hengityskeskusten aktiivisuutta, ihon verisuonien kokoa, hikoilua ja lihasten supistelua (ks. kuvio 2). Kehon lämpötila nousee, kun hengitystiheys ja -syvyys heikkenevät, ihon verisuonet supistuvat, hikoileminen vähenee tai lihasten käyttö lisääntyy. Lämmöntuotanto vähenee, kun edellä mainitut ilmiöt toimivat päinvastoin. (Radostits ym. 2000, 51.)

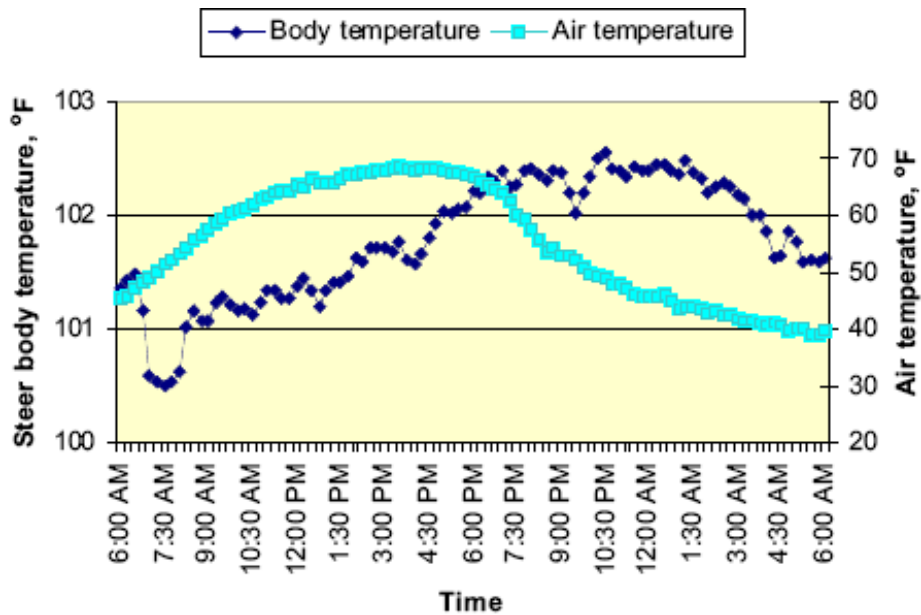


KUVIO 2. Vasikan kehon lämmitys- ja jäädytysmekanismit ovat samat kuin muilla tasalämpöisillä nisäkkäillä. (Temperature regulation n.d.)

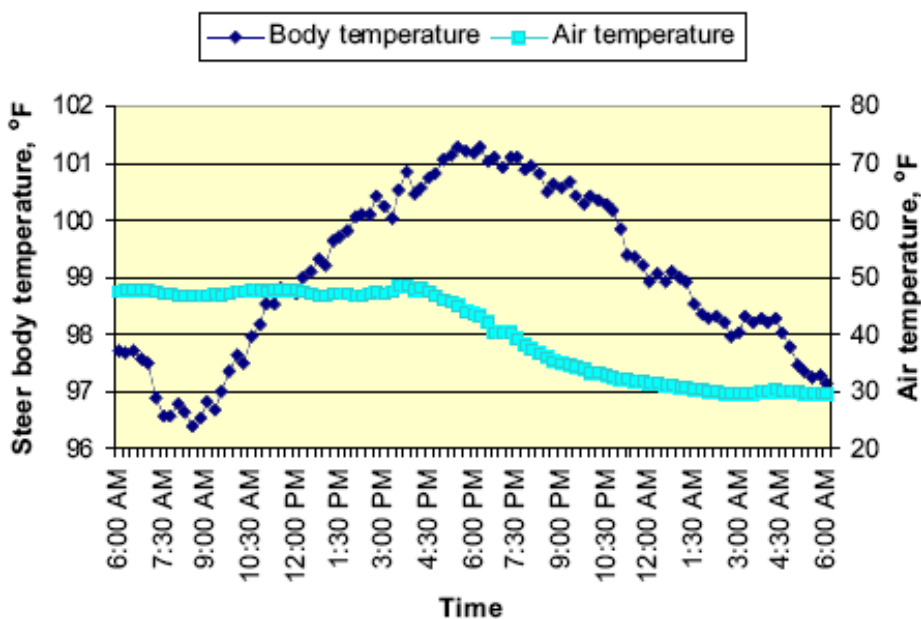
Pääasiassa vasikka säätää kehonsa lämpötilaa hengittämällä. Vasikan normaali lämpötila vaihtelee päivän aika siten, että se on aamutuimaan alhaisimmillaan, nousee pitkin päivää ja laskee illasta alkaen. Tämä tapahtuu niin kylmässä kuin lämpimässä ympäristössä. Tutkimuksissa on havaittu, että lämpötila vaihtelee myös kontrolloidussa, tasaisen lämpimässä paikassa. Vasikan lämpötila voi nousta nopeastikin heti ruokinnan tai liikunnan jälkeen. Myös stressi saattaa vaikuttaa kehon lämpötilaan. (Identifying Sick or Injured Cattle 2011.) Tämän vuoksi on järkevää, että lämpötilan mittaamiseen tehdään selkeä rutiini, joka on tiettyinä samoina vuorokauden aikoina. Eläimen on tärkeää pysyä rauhallisena, ja tähän auttaa muun muassa mittauksen samankaltaisuus jokaisella mittauskerralla ja vasikalle tuttu hoitaja.

Vasikan ympäristön lämpötila vaikuttaa myös vasikan kehon lämpötilaan. Kuviossa 3 ympäristön lämpötila on 40 - 70 Fahrenheit-astetta (4,5 - 21 °C), vasikan lämpötila vaihteli välillä 100,5 - 102,5 Fahrenheit-astetta (38 - 39,2 °C). Kylmemmällä ilmalla lämpötilan ollessa 30 - 50 Fahrenheit-astetta, (-1 - +10 °C), vasikan lämpötila vaihteli 96,5 - 101,5 Fahrenheit-asteeseen (35,8 - 38,6 °C) (ks. kuvio 4).

Huomionarvoista on, että vasikan kehon lämpötila laskee kylmällä ilmalla alemmas, kuin vasikan normaali kehon lämpötila on. Yö on kylmintä aikaa ilmastollisesti ja vasikan kehon lämpötilan suhteen, joten ollessaan ulko- tai iglukasvatuksessa vasikka kaipaa tuona aikana enemmän lämpöä kuin muutoin. (Identifying sick or injured cattle 2011.) Kuvioiden 3 ja 4 mittaukset on tehty ulko-olosuhteissa.



KUVIO 3. Turkoosilla värillä kerrotaan ilman lämpötila ja tummansinisellä vasikan. (Identifying sick or injured cattle 2011.)



KUVIO 4. Viileämmällä ilmalla vasikan kehon lämpötila on matalampi. (Identifying sick or injured cattle 2011.)

2.2 Kuumeen aiheuttajat

Vasikan kuume voi olla oire esimerkiksi ripulista, hengitystietulehduksesta, napatu-
lehduksesta ja juoksutusmahan tulehduksesta. Monet näistä ovat myös vasikoiden
yleisimpiä kuolinsyitä. (Pihvikarja 2 2008; Neuvonen & Oksman 2011, 93.)

Sairastuessaan vasikat reagoivat pienen kokonsa vuoksi taudinaiheuttajiin nopeasti ja niiden yleiskunto voi sairaudesta riippuen heiketä nopeastikin. Yleiskunnon heiketessä hoitotoimenpiteet on tehtävä ajallaan, sillä vasikka voi kuolla jo muutamassa tunnissa. Puutteellisen tai olemattoman hoidon seurauksena vasikat kuolevat kuivumiseen ja nälkään, koska neste ja ravinto eivät enää imeydy elimistössä. Hoidon onnistuessa vasikat toipuvat nopeasti, mikä nostaakin vasikoiden tarkkailun ja hoidon kunniaan. (Neuvonen & Oksman 2011, 93.)

Aikainen vasikan kuumeilun ja muun oireilun huomaaminen on ratkaisevan tärkeää vasikan toipumisessa. Jos vasikka sairastuu, on tärkeää minimoida vahinko saamalla vasikka takaisin kasvukuntoon mahdollisimman nopeasti oikealla hoidolla.

Vasikoiden tarkkailu on erityisen tärkeää ensimmäisenä kolmena kuukautena, jolloin kuolemanriski on suurin. Vasikat syntyvät ilman mitään vasta-aineita ja ovat ternimaidon ja olosuhteiden varassa. Vasikka alkaa kehittää aktiivista immuniteettia heti ternimaitoa saatuaan. Aktiivisen immuniteetin tulisi kehittyä ennen kuuden viikon ikää, sillä vasikan vastustuskyky on heikoimmillaan 6-10 viikon ikäisenä. Tämän jakson aikana aktiivinen immuniteetti voimistuu ja syrjäyttää taantuvan passiivisen immuniteetin. (Mts. 61-62). Vasikoita on syytä seurata tuohon aikaan erityisen tarkasti.

2.3 Lämpötilan mittaaminen ja sairaan eläimen määrittäminen

Mahdollisesti sairastuneen vasikan tunnistamisessa kehon lämpötilan mittaus on yksi apukeino kuumeen havaitsemisessa. Koska tarkoituksena on helpottaa lämpötilanmittaustyötä, tulisi se olla mahdollista automatisoida. Jotta sairastavat vasikat voitaisiin havaita mahdollisimman aikaisin, mittaus tulisi suorittaa mahdollisimman usein. Koska vasikoita on ryhmässään useita, tulisi tulosten olla vasikkakohtaisia, eli järjestelmän tulisi tunnistaa mitattava vasikka. Oman tunnistusjärjestelmän hankkiminen pelkästään lämpötilanmittausta varten ei ole opinnäytetyön tavoitteen kannalta järkevää, sillä ratkaisun tulisi olla mahdollisimman edullinen. Tämän vuoksi nähtiin parhaaksi, että lämpötilan mittaus olisi integroitu vasikat tunnistavaan juoma-automaattiin.

Vasikan kehon lämpötila vaihtelee päivän mittaan kellon ajasta, liikkumisesta ja syömisestä riippuen. Tämän lisäksi ympäristön lämpötila vaikuttaa vasikan kehon lämpö-

tilaan. (Radostits ym. 2000, 51; Identifying sick or injured cattle 2011.) Edellä mainituista seikoista johtuen sairaan vasikan määrittämisessä ei voida käyttää vain yhtä lämpötilarajaa. Lisäksi tulee pohtia, pitäisikö sairaasta eläimestä tulla ilmoitus heti yhdestä lämpötilapiikistä, vai pitäisikö sen olla pidemmän ajan keskiarvo. Lämpötila tulisi mitata mahdollisimman stressittömästi ja tulisi kuulua päivittäiseen rutiiniin. Näiden tekijöiden vuoksi lämpötilan mittaaminen vasikan juodessa valikoitui tutkimuskohteeksi. Tämä mahdollistaa vasikoiden kuumeen havaitsemisen vasikoilta, jotka käyvät juomassa. Niiltä vasikoilta, jotka eivät käy juomassa, lämpötila voidaan mitata erikseen, koska niiden käyttäytyminen on muuttunut.

Yleisesti vasikan lämpötila mitataan kosketuslämpömittarilla rektaalista. Mittausaika riippuu mittarityypistä. Mittari tulee desinfioida ennen jokaista mittausta, sekä viimeisen mittauksen jälkeen. (How to take a calf's temperature, n.d.) Tämän vuoksi mittarin olisi työn tavoitteiden toteutumiseksi oltava kosketukseton, jotta mittausprosessia voitaisiin yksinkertaistaa ja tekniikka olisi edullista ja turvallista käyttää.

3. LÄMPÖMITTARIN JA MITTAUSTAVAN VALINTA

3.1 Kuumeen mittaustavat

Lämpötilanmittaukseen on olemassa monenlaisia variaatioita. Seuraavassa on esitellyssä realistisimmat vaihtoehdot naudankehon lämpötilan mittaukseen.

Elektroninen kosketuslämpömittari

Yleisin vasikoiden lämpötilan mittaustapa on rektaalista elektronisella kosketuslämpömittarilla (ks. kuvio 5). Elektroninen lämpömittari on edullinen hankkia ja helppo käyttää. Työ kuormittaa työntekijöitä, ja kustannukset muodostuvat tätä kautta. (How to take a calf's temperature, n.d.) Laite on helppo käyttää: mittarin ainoasta napista kytketään virta ja mittari asetetaan mitattavaan kohteeseen, kunnes laite antaa äänimerkin.



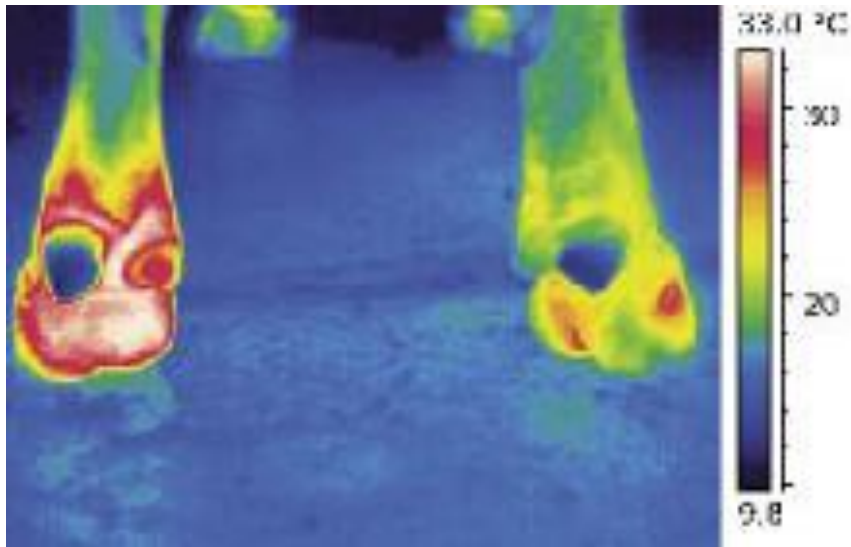
KUVIO 5. Elektroninen kosketuslämpömittari (Microlife MT 1931 GoldTemp –kuumemittari n.d.)

Lämmönmittausluotain (engl. bolus)

Markkinoilla ovat yleistymässä lehmälle syötettävät luotaimet, jotka lähettävät langattomasti lämpötilatietoja suoraan tietokoneelle. Nämä luotaimet ovat saatavilla vain aikuisille lehmille, eivätkä ne sovellu vasikoille, sillä luotain asennetaan verkkomahaan. Tietokone lähettää eläinten hoitajille ilmoituksia puhelimeen, kun lämpötilojen raja-arvot ylittyvät. (Animal Health: Automatic ID and Cow Temperature Monitoring n.d.)

Lämpökamera

Lämpökamera voi mitata lämmön mistä tahansa kehon osasta koskettamatta kohdetta. Kameran kuvaama kohde näkyy näytöllä erivärisinä alueina, missä eri värit kuvaavat erilaisia lämpötiloja (ks. kuvio 6). Ongelmaksi tässä teknologiassa muodostuu sen vähäinen käyttö maataloudessa ja hinta. Wilkinsin (2012) mukaan kaupallisia sovelluksia ei vielä ole olemassa, ja sen käyttäminen nautojen lämpötilan tarkkailuun olisi hankalaa ilman niitä. Sen tehokas käyttäminen vaatisi oman ohjelmistonsa, jossa ohjelma tunnistaisi tietyt kohdat ja niiden lämpötilat sekä tallentaisi näistä lokeja. Lisäksi infrapunakameroiden hinnat ovat korkeita muihin järjestelmiin verrattuna (Yleismittalaitteet ja lisävarusteet 2014). Tekniikan kehittyessä ja infrapunakameroiden yleistyessä maatalouskäytössä tämä voi olla varteenotettava vaihtoehto karjan tarkkailuun. Sillä voitaisiin seurata myös esimerkiksi sorkkien lämpötilaa mahdollisen sorkkakuumeen varalla (ks. kuvio 6).



KUVIO 6. Naudan kuumeinen sorkka lämpökameralla kuvattuna. (Wilkins 2012)

Infrapunalämpömittari

Infrapunalämpömittarilla voidaan mitata kohteen lämpötilaa 0-3 cm:n päästä. Infrapunalämpömittarit ovat helppoja käyttää. Mittareissa on yhdestä kahteen käyttöpainiketta, sekä äänimerkit, jotka ohjaavat käyttäjää. Useat mittarit mittaavat lämmön alle sekunnissa. Infrapunalämpömittarissa ei saada yhtä tarkkoja mittaustuloksia kuin kosketuslämpömittareilla. (Infrared Thermometer - 4 in 1 n.d.)

Opinnäytetyön mittaustyökaluksi valittiin infrapunakuumemittari. Tätä puolustavat kaikki mittarin valintaa määrittävät tekijät: taloudellisuus, eläimen turvallisuus ja laitteen tekninen toiminta. Näiden lisäksi infrapunamittarin käytettävyys on hyvä verrattuna mihin tahansa muuhun kuumeen mittaussvälineeseen.

3.2 Lämpömittarin valinta

Lämpömittarin valinnassa huomioon otettavia seikkoja olivat muun muassa mittaus-tarkkuus, eläimen turvallisuus, hinta, nopeus ja käytön helppous. Turvallisuussyistä päädyttiin siihen, että mittari olisi ihmiskäyttöön standardoitu kuumemittari. Kuumemittari valikoitui kolmen infrapunakuumemittarin joukosta. Vaihtoehtoina olivat Beurer FT60, Geratherm GT-101 ja Velleman SHE11.

Lämpömittariksi tähän työhön valikoitui Vellemanin infrapunalämpömittari SHE11 (ks. kuvio 7). Mittarin eduksi laskettiin sen testijoukon korkein tarkkuus (0,2 °C yhdessä Gerathermin kanssa, Beurer 0,3 °C). Gerathermin Velleman voitti yksinkertaisella ja tiiviillä kotelollaan. Mittarin mittaososa on vedenpitävä. Velleman mittaa lämmön alle sekunnissa, kun Gerathermissa sama vie kolme sekuntia ja Beurer jopa 5 sekuntia (Geratherm GT-101 n.d.; Beurer FT60 n.d.; Velleman SHE11 n.d.). Liitteessä 1 on edellä mainittujen kuumemittareiden ominaisuudet.



KUVIO 7. Infrapunalämpömittari Velleman SHE11 (Velleman SHE11 n.d.)

Vellemanin mittari on tarkoitettu ihmiskäyttöön, mutta sen otsalämmön mittausominaisuuden avulla lämpö voidaan mitata maksimissaan 3 cm:n päästä kohteesta. Mittarin roiskeenkestävyys on tärkeä ominaisuus navetan likaisessa ja pölyisessä ympäristössä. Mittaustarkkuus on 0,2 °C välillä 36-39 °C, ja mittari mittaa ja tallentaa muistiin myös ympäristön lämpötilan mittaushetkellä. Taulukossa 1 on lämpömittarin tarkemmat tekniset tiedot.

TAULUKKO 1. Infrapunalämpömittari SHE11:n tekniset tiedot**INFRAPUNALÄMPÖMITTARI SHE11**

Ominaisuudet

Korva/otsa/ympäristön lämmön mittaus + kello

Nopea lämmönmittaus

Vedenkestävä anturi

Helppo puhdistaa

Täyttää ASTM standardin E 1965-98

Tekniset tiedot

Mittausalue: 0.0°C ~ 50.0°C (32°F ~ 122°F)

Erotuskyky: 0.1°C / 0.1°F

Tarkkuus: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.4^{\circ}\text{F}$) for 36.0°C ~ 39.0°C (96.8°F ~ 102.2°F) mittaus-
alueelle $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{F}$) muutoin**Mittayksikkö: °C tai °F**

Toimintalämpötila: 10°C ~ 40.0°C (50°F ~ 104.0°F), 95% RH tai vähemmän

Varastointilämpötila: -20.0°C ~ 50.0°C (-4.0°F ~ 122.0°F), 95% RH tai vähemmän

Virtalähde: 1 x 3V CR2032 lithium patteri (CR2032C, sisältyy)

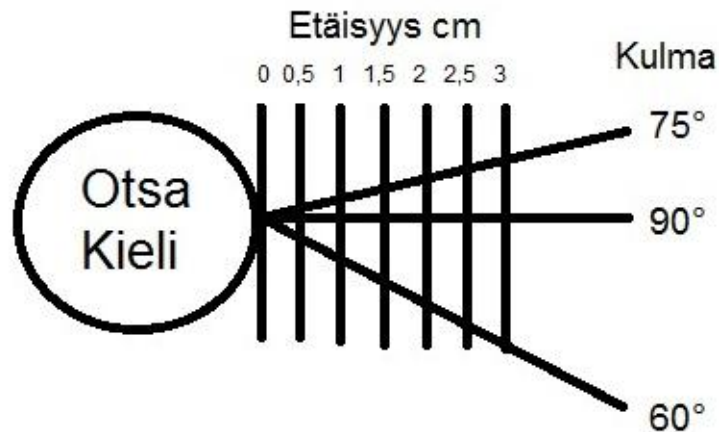
Paino: 100g

3.3 Lämpömittarin kalibrointi

Aina lämpötilaa mitattaessa mittaustulos on arvio mittaushetken lämpötilasta mitaushetkellä. Ympäristöstä ja laitteistoista johtuvien mittaustulosten virheiden vuoksi ei voi koskaan mitata absoluuttisen tarkkaa lämpötilaa. Jokaiseen mittariin voi vaikuttaa myös ns. systemaattinen virhe, minkä vuoksi kaikki mittaustulokset eroavat todellisesta lämpötilasta. (Weckström 2005, 11.) Tämän vuoksi mittaukset tehtiin viiden mittauksen sarjoissa, joista mitattiin keskiarvo edustamaan kutakin mittaustapaa (ks. liite 2).

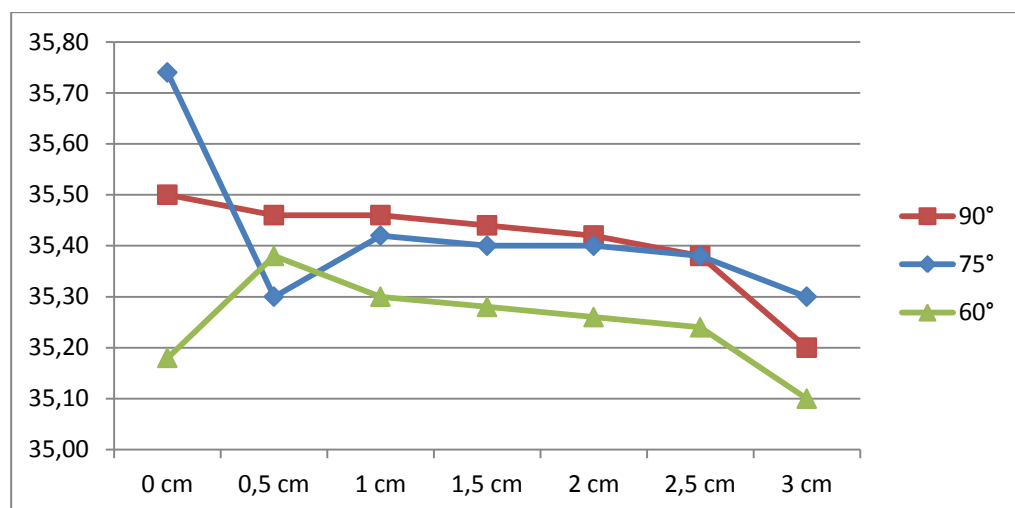
3.4 Mittaustavan kalibrointi

Mittaustapa tuli kalibroida, jotta voitiin selvittää, miten mittarin etäisyys ja kulma vaikuttavat lämmönmittaukseen. Tämän selvittämiseen tehtiin mittaussarjoja, joissa otettiin viisi mittausta seitsemältä eri etäisyydeltä kolmesta eri kulmasta (ks. kuvio 8). Mittaukset tehtiin 0-3 cm:n päästä kohteesta. Mittauskohteina olivat ihmisen otsa ja kieli. Kieli otettiin mukaan, jotta myös märästä kohteesta saataisiin tuloksia.



KUVIO 8. Mittaustavan kalibroinnissa tehtiin useita mittauksia eri etäisyyksistä ja kulmista.

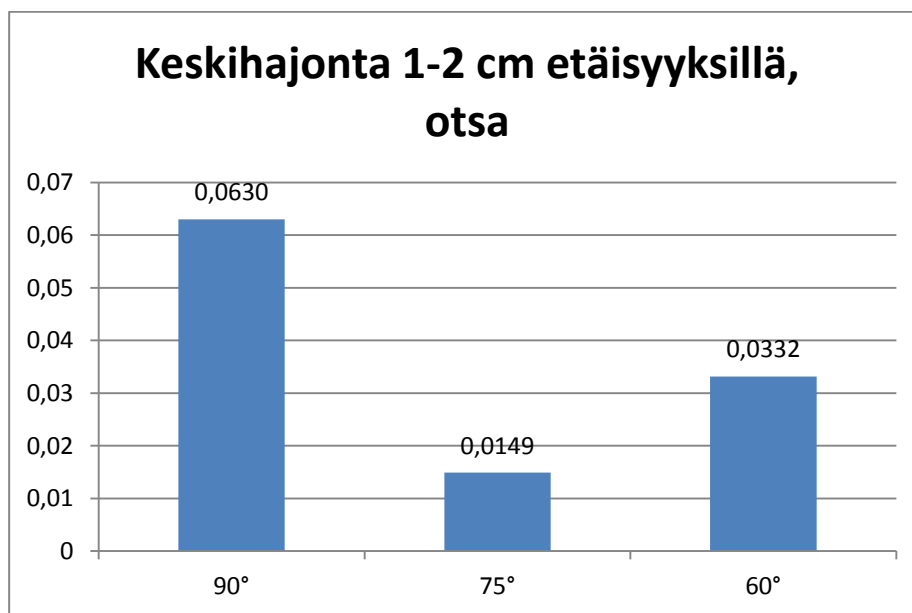
Otsan mittaustuloksista voidaan tehdä kaksi päätelmää: kuvion 9 mukaan lämpötila laskee mittausetäisyyden kasvaessa ja mittaukset ovat epävarmimpia aivan kohteen läheltä ja yli 2,5 cm:n päästä kohteesta. Lämpötilamittauksessa mittarin ja kohteen välimatkan tulisi olla 1-2 cm. Kuvion 9 kohteen kontrollilämpö oli 36,7 °C. Lämpötila mitattiin kosketuslämpömittarilla.



KUVIO 9. Mittaustavan kalibrointitulokset ihmisen otsasta

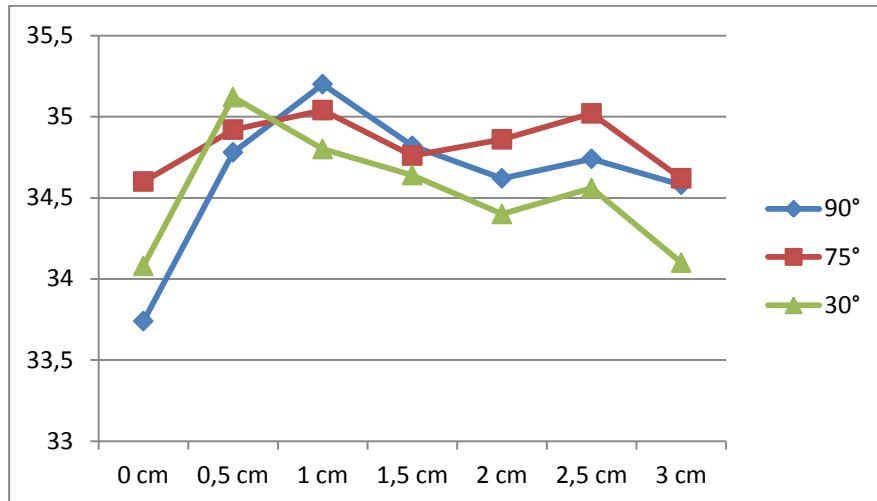
Kun tarkasteluun ottaa jokaisen mittaustuloksen ja -kulman kaikki viisi mittaustulosta ja niiden keskihajonnan, voidaan päätellä, mistä kulmasta saatiin samankaltaisimmat

tulokset. Keskihajonta on pienempi 75 ja 60 asteen kulmista otetuissa tuloksissa kuin 90 asteen kulmasta. Kun tarkastellaan 1-2 cm:n päästä otettujen lämpötilojen keskihajontaa, 75 tai 60 asteen kulmassa otetut tulokset ovat huomattavasti samankaltaisempia kuin suorakulmasta otetut (ks. kuvio 10). 60 asteen kulmasta otetut tulokset ovat miltei puolet pienempiä keskihajonnaltaan, ja 75 asteen kulmasta otetut yli neljä kertaa pienempiä keskiarvoltaan kuin 90 asteen kulman vastaavat tulokset. Tämän vuoksi mittaukset tehtiin jatkossa aina 75 asteen kulmassa mitattavaan kohteeseen nähden.



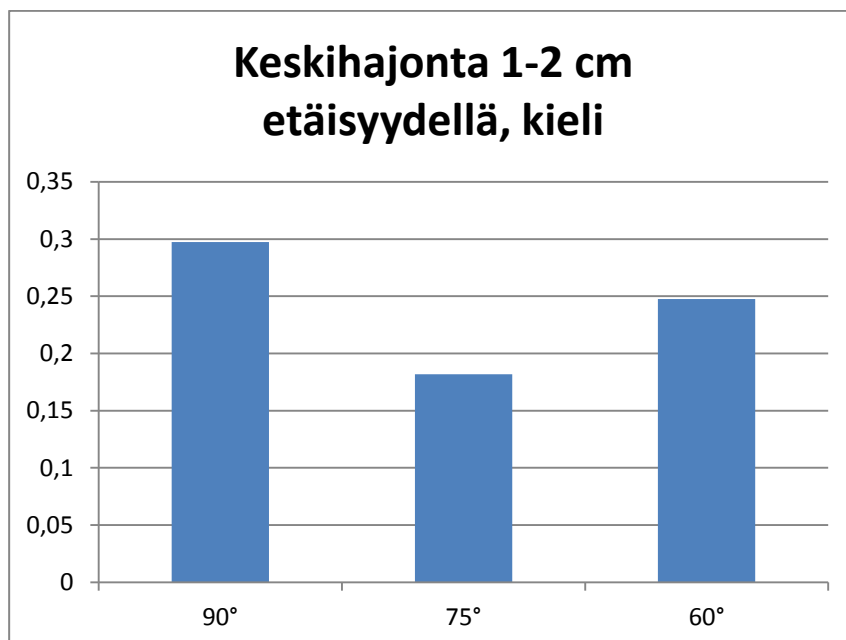
KUVIO 10. Otsamittauksessa keskihajonta on pienin 75 asteen mittauskulmassa.

Kielestä otetut mittaukset osoittivat, että mittaustulos on epävarmempi märästä kohteesta. Tulokset ovat kuitenkin jokseenkin samansuuntaisia. Kuviossa 11 näkyy, kuinka tulokset ovat vaihtelevimpia 0 cm:n päästä. Tämän jälkeen tulokset yhdenmukaistuvat. Tuloksista voidaan päätellä, että märissä olosuhteissa mittausetäisyydellä on suurempi merkitys. Mittausten luotettavuutta on hankala päätellä näistä tuloksista, joten katsottiin parhaimmaksi käyttää 1 - 2 cm:n etäisyyttä mittauksissa jatkossa. Kuvion 11 mittauksissa mittauskohteen kontrollilämpötila kainalosta mitattuna oli 36,5 °C. Kontrollimittaus tehtiin Gerathermin D-98716 -elohopeakuumemittarilla.



KUVIO 11. Mittaustulokset 0 - 3 cm:n päästä ihmisen kielestä

Keskihajonta oli huomattavasti suurempaa kielestä otetuissa mittauksissa otsaan verrattuna (ks. kuvio 12). Kun otsasta mitattuna keskihajonta oli reilusti alle 0,1, kielestä mitattaessa se on parhaimmillaankin 0,182 ja suurimmillaan 0,297. Tulokset ovat kuitenkin samansuuntaisia mittauskulman suhteen kuin otsasta mitattaessa: 75 asteen kulma on luotettavin, seuraavaksi 60 asteen kulma ja viimeisenä suorakulma.



KUVIO 12. Kielestä otetut mittaukset olivat samansuuntaisia pylväiden perusteella, mutta arvot olivat suuremmat.

Näiden mittauksien perusteella mittaukset tulisi tehdä mahdollisimman kuivaan kohtaan, johon nähden lämpömittari on noin 75 asteen kulmassa. Optimaalinen mittausetäisyys on 1 - 2 cm:n päässä. Koska mittaustulokset olivat lämpötilaltaan korkeimmat 1 cm:n kohdalta, tämä nähtiin parhaimmaksi mittausetäisyydeksi. Tällöin saatu tulos on varmimmin lähimpänä varsinaista mittaushetken kehon lämpötilaa, systemaattisen virheen ollessa 1,28 °C otsamittauksessa ja 1,46 °C kielimittauksessa.

3.5 Mittausmenetelmän vakiointi

Menetelmän kalibroinnissa selvitettiin mistä mittaus kannattaisi tehdä. Vasikan pään alueen tarkastelussa tultiin tulokseen, että lämpö mitataan turvan päästä. Jo vastasyntyneen vasikan korvissa oli liian paljon karvaa minkäänlaisten mittaustulosten saamiseksi (ks kuvio 13).

Lämmönmittauskohdassa tuli myös ottaa huomioon, että vasikan juoma maito ei saa olla kosketuksissa mitattavaan kohtaan, sillä se saattaa vaikuttaa mittaustulokseen. Jos mittaustapa etenisi lopulta valmiiksi automaattioratkaisuksi, mittari olisi helppo asentaa juomatutin yläpuolelle siten, että se osuisi suoraan vasikan turvan yläosaan, jossa on paljasta ihoa kaikilla vasikoilla. Muiden paljaiden iho-osien kohdentaminen tuskin olisi niin helppoa.



KUVIO 13. Vasikan pää on karvainen jo varhaisessa vaiheessa.

Vasikoiden aktiivisuus oli toinen mittauksille haasteita asettanut tekijä. Vasikoiden pään heiluminen ja eloisa liikehdintä aiheuttivat vaikeuksia jopa 1 sekunnin mittaus- tuloksien saamiselle. Tämäkin asia puolusti mittauksen ottamista vasikan juodessa, sillä silloin ne olivat jokseenkin paikallaan.

4. KÄYTÄNNÖN MITTAUKSET

4.1 Mittaustapa

Mittaukset pyrittiin ottamaan 1 cm:n päästä 75° kulmasta. Tämä ei kuitenkaan käytännössä onnistunut samalla tavalla kuin testiotoissa, sillä vasikat ovat eloisia eläimiä ja maidonjuotossakin heiluivat huomattavan paljon. Mittauksissa oli kolme syksyllä 2013 syntynyttä vasikkaa: Kuusamo, Kyöveli ja Kilta. Kaikkien vasikoiden mittaukset pyrittiin tekemään samankaltaisesti. Mittauksessa käytettiin siihen tehtyä apuvälinettä (ks. kuvio 14). Lämpömittari oli pahviin nähden 75 asteen kulmassa ja tulitikku 1 cm pitkä.



KUVIO 14. Lämpötilan mittauksen helpottamiseen tehty apuväline.

Kolmesta edellä mainitusta vasikasta otettiin kolme viiden mittauksen sarjaa, joiden avulla pyrittiin selvittämään mittauksen luotettavuutta. Eli sitä, onko kehon lämpötilalla ja vasikan turvan lämpötilalla korrelaatiota. Kontrollilämpötila mitattiin rektaalis- ta kosketuslämpömittarilla. Tilan lämpötila oli 15 °C.

4.2 Mittaustulokset

Taulukossa 2 on Kuusamon mittaustuloksia. Mittausten keskiarvo oli 30,82 - 32,18, keskihajonta vaihteli 0,84:n ja 2,06:n välillä. Kaikkien Kuusamon mittausten keskiarvo oli 31,72 ja keskihajonta 1,45.

TAULUKKO 2. Kuusamon lämpötilamittausten tuloksia

Vasikka	Kuusamo		
Kontrolli	38,8		
1 cm	32,6	35,2	30,7
1 cm	31,6	32,4	31,8
1 cm	32,2	29,5	31,4
1 cm	33,4	32,4	29,6
1 cm	31,0	31,4	30,6
Keskiarvo	32,16	32,18	30,82
Keskihajonta	0,920869	2,062038	0,843801

Taulukossa 3 on Kyöpelin mittaukset. Keskiarvot vaihtelivat 30,04 - 32,6 ja keskihajonta 0,71:n ja 1,63:n välillä. Kaikkien Kyöpelin mittausten keskiarvo oli 31,53 ja keskihajonta 1,53.

TAULUKKO 3. Kyöpin lämpötilamittausten tuloksia

Vasikka		Kyöpelä		
Kontrolli	38,7			
1 cm	30,8	31,8	28,6	
1 cm	31,6	32,6	30,6	
1 cm	32,6	33,2	30,2	
1 cm	32,4	33,4	32,4	
1 cm	32,4	32,0	28,4	
Keskiarvo	31,96	32,6	30,04	
Keskihajonta	0,753658	0,707107	1,633401	

Taulukossa 4 on Kiltan mittaustulokset. Keskiarvot vaihtelivat 27,92 - 28,56 keskihajonnan ollessa 1,08 - 3,06. Kaikkien Kiltan mittausten keskiarvo oli 28,64 ja keskihajonta 2,38.

TAULUKKO 4. Kiltan lämpötilamittausten tuloksia

Vasikka		Kilta		
Kontrolli	39,1			
1 cm	32,8	25,2	30,8	
1 cm	27,4	26,8	30,2	
1 cm	26,8	32,2	29,4	
1 cm	27,0	31,4	28,6	
1 cm	25,6	27,2	28,2	
Keskiarvo	27,92	28,56	29,44	
Keskihajonta	2,80927	3,063984	1,08074	

Mittauksissa esiintyi systemaattinen virhe, joka oli Kuusamolla 7,08 °C, Kyöpelillä 7,17 °C ja Kiltalla 10,46 °C. Systemaattinen virhe on kontrollimittauksen ja mittaustulosten keskiarvon välinen ero.

Tulokset osoittavat, että vasikoiden lämpötilaa ei voi mitata turvasta luotettavasti, sillä niiden välillä ei ole yhteyttä kontrollimittauksiin nähden. Keskihajonta on liian suuri niin yksittäisten eläinten kuin koko aineiston osalta. Kontrollilämpötilat olivat 0,2 Celsius-asteen sisällä, mutta turvasta mitatut lämpötilat vaihtelivat jopa 7 Celsius-astetta. Tämän vuoksi vasikan turvasta mitatusta lämpötilasta on mahdotonta arvioida vasikan kehon lämpötilaa.

Koska vasikan kehon normaali lämpötilan vaihtelu on noin kahden asteen sisällä terveellä vasikalla, tulisi testimittauksien keskiarvon ja keskihajonnan olla kahden asteen sisällä, jotta tulokset olisivat luotettavia. Näin etenkin jos vasikat ovat tasaisen lämpimässä ympäristössä, eivätkä esimerkiksi ulkokasvatuksessa.

5. POHDINTA

Vasikan kehon lämpötilaan vaikuttavat useat asiat. Keho säätelee sitä muuttamalla ihon verisuonien kokoa, hengitystahdin muutoksilla, hikoilemalla ja lihasvärinällä. Vasikan liikunta lisää lämmöntuotantoa. Vasikan kehon lämpötila vaihtelee vuorokauden aikana 1-2 °C. Päiväaikaan lämpötila nousee ja yön aikana se laskee.

Automaattinen lämpötilan mittaus olisi järkevintä yhdistää juoma-automaattiin. Näin lämpö tulisi mitattua useamman kerran päivässä. Ainoa vartenotettava mittauskohde vasikan päässä on vasikan turpa. Muuten vasikan pää on liian karvainen jo varhaisessa vaiheessa vasikan kehitystä.

Vasikan lämpötilan mittaamisen ongelmaksi infrapunalämpömittarin avulla nousi turvan lämpötilan huono korrelaatio varsinaisen kehon lämpötilaan verrattuna. Vasikan turvan lämpötilaan vaikuttavat monet asiat, kuten kosteus, vedollinen ilma-ala tai kylmänä vuodenaikana ulkona käynti. Tämän työn mukaan vasikan turvan lämpötila ei korreloi suoraan sen kehon lämpötilaa. Vasikoiden turpien lämpötilat vaihtelivat mittauksissa jopa 7 °C. Ihmismittauksissa kontrollin ja varsinaisten mittausten keskiarvojen erot olivat otsasta mitattaessa 1,34 °C ja kielestä 1,83 °C (ks. liite 3).

Vasikan kehon lämpötilan muutosten havaitseminen infrapunamittarilla turvasta osoittautui mahdottomaksi valitulla mittaustavalla. Lisäaineiston keräämistä ei tämän vuoksi nähty tarpeelliseksi. Mittaustavan epävarmuus selviää jo kerätyllä aineistolla. Turpa on erimuotoinen eri vasikoilla, ja optimista mittauskulmaa ei pystytä käyttämään helposti. Turpa kaareutuu eri vaiheissa, ja sen asento mittauslaitteeseen riippuu myös vasikan asennosta juottolaitteessa. Tämän lisäksi vasikka juo intensiivisesti ja on luontaisesti eloisa ja heiluva eläin. Jos edellä mainitut asiat saadaan poistettua mittaustilanteesta, tulokset voivat olla käytettäviä. Käytännön tilatyöskentelyssä navettaan ei saa laboratorio-olosuhteita eikä juottovasikasta koe-eläintä. Tätä puoltaa sekin, että ihmisestä otetut mittaustulokset laboratorio-olosuhteissa olivat huomattavasti luotettavampia kuin navetassa mitatut.

Opinnäytetyössä jäi epäselväksi pystyisikö systemaattisesti virheestä huolimatta kuumeinen vasikka tunnistamaan turvan lämmönmittauksella. Saatavilla ei ollut kuumeista vasikkaa. Mittaustulosten perusteella sen ei kuitenkaan pitäisi olla mahdollista. Systemaattiset virheet olivat 7,08:n ja 10,46 °C:n välillä.

Lämpö tulisi mitata sellaisesta kohdasta, missä ulkoiset vaikuttajat eivät pääse muuttamaan sen lämpötilaa. Tämä rajaa infrapunalämpömittarit pois mittaussuunnitelmasta. Mittausvälineenä tulisi olla kosketukseen perustuva lämpömittari. Se hankaloittaa automaattisen mittauksen järjestämistä. Toinen vaihtoehto on lämpökamera, jonka ongelmana on laitteen korkea hinta ja sovellusten puuttuminen maatalouskäyttöön.

Asiasta voisi tehdä lisäselvityksen, jossa selvitetäisiin, olisiko mahdollista mitata luotettavaa lämpötilaa vasikan suusta. Maitoa juotettaessa se on mahdotonta, sillä juotava neste luovuttaa lämpöä lämpömittariin. Vaikka maidon pitäisi olla aina tietyn lämpöistä ja sen voisi ottaa mittatuloksissa huomioon, ei maidon tasalämpöisyyttä voitaisi taata. Lisäksi maidon erilainen virtaus eri mittaustilanteissa sotkisi mitattavaa lämpötilaa. Lämpötilan mittaus voisi olla mahdollista viriketuteista, joista ei tule maitoa. Ongelmaksi tässä muodostuu se, onko pelkkä imuhalun toteuttaminen tarpeeksi houkuttelevaa vasikan tutille joka päivä, useita kertoja.

LÄHTEET

- Animal Health: Automatic ID and Cow Temperature Monitoring. n.d. Viitattu 25.1.2014.
<http://www.phaseivengr.com/Solutions/WirelessSensingSolutionsInDepth/AnimalHealthandIdentification.aspx#sthash.fbOhCmSm.dpuf>
- Beurer FT60. n.d. Infrapunalämpömittarin käyttöohje. Viitattu 25.1.2014.
http://www.beurer-online.de/web/_dokumente/GA_Fieber/GA_FT60_1008_web.pdf
- Bewley, J. 2006. Automatic temperature monitoring: What are the potential benefits? Artikkel. Viitattu 25.1.2014.
<http://www.uky.edu/Ag/AnimalSciences/dairy/dairysystems/Automatic%20temperature%20monitoring%20potential%20benefits.pdf>
- Geratherm GT-101. N.d. Infrapunalämpömittarin ohjekirja. Viitattu 25.1.2014.
<http://www.geratherm.com/wp-content/uploads/2011/08/user-manual-Geratherm-non-Contact.pdf>
- How to take calf's temperature. N.d. Vasikan lämpötilan mittausohje. Viitattu 25.1.2013.
http://www.infodairy.com/infodairy_upload_files/Cows_heifers_calves/Calves/0122how%20to%20take%20a%20calf%20temp.pdf
- Increase energy intake during cold weather. N.d. Artikkel. www-sivu. Viitattu 26.1.2014. <http://www.merricks.com/TechArticle.aspx?id=131>
- Infrared Thermometer - 4 in 1, N.d. Infrapunalämpömittarin tuotesivu. Viitattu 25.1.2014.
<http://www.velleman.eu/products/view/?country=be&lang=en&id=376322>
- Identifying Sick or Injured Cattle 2011. Artikkel. Viitattu 29.10.2013.
[www.thebeefsite.com, articles, Identifying sick or injured cattle.](http://www.thebeefsite.com, articles, Identifying sick or injured cattle)
- Lähteinen, P. 2012. Antibiootit vasikkaripulin hoidossa. Tutkielma. Helsingin Yliopisto.
- Maitoa ja naudanlihaa Keski-Suomesta. N.d. Hankkeen tietosivu. Viitattu 29.1.2014.
[www.jamk.fi, tutkimus- ja kehitys, projektit, maitoa- ja naudanlihaa keski-suomesta.](http://www.jamk.fi, tutkimus- ja kehitys, projektit, maitoa- ja naudanlihaa keski-suomesta)
- Microlife MT 1931 GoldTemp –kuumemittari. N.d. Tuotesivu. Viitattu 26.1.2014.
<http://www.apteekkituotteet.fi/microlife-mt-1931-goldtemp-kuumemittari>
- Neuvonen, M. & Oksman, A. 2011. Vasikoiden vastustuskyky ja vasikkakuolleisuus. Opinnäytetyö. Savonia Ammattikorkeakoulu, Luonnonvara- ja ympäristöala.

Radostits, O., Gay, C., Blood, D. & Hinchcliff, K. 2000. Veterinary Medicine. Harcourt publishers.

Pihvikarja 2.2008. Vasikan sairauksia. Artikkelit virtuaali.info www-sivuilla. Viitattu 25.1.2014.
http://www.virtuaali.info/tila.php?mid=4&luokka_id=158&rid=164&kortti=754.

Temperature regulation. N.d. Artikkelit Merrick's Inc:n www-sivuilla. Viitattu 26.1.2014. <http://www.merricks.com/TechArticle.aspx?id=131>

Ukkonen, A-J. n.d. Naudan ensiapu - sairaan naudan tunnistaminen. Hinkalo - agritie-topankki. Viitattu 25.1.2014.
<http://hinkalo.fi/kurssit/mod/resource/view.php?id=684>

Velleman SHE11. N.d. Infrapunalämpömittarin käyttöohjekirja. Viitattu 25.1.2014.
<http://www.velleman.eu/downloads/6/she11gbnlfresd.pdf>

Weckström, T. 2005. Lämpötilan mittaus. Toim. T. Weckström. 2. korjattu painos. Helsinki.

Wilkins, D. 2012. Digital infrared thermography: an early warning system? Artikkelit Progressive Dairymanin www-sivuilla. Luotu 14.9.2012. Viitattu 25.1.2013.
http://www.progressivedairy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9450:digital-infrared-thermography-an-early-warning-system&catid=48:new-technology&Itemid=74

Yleismittalaitteet ja lisävarusteet. 2014. Lämmönmittaustuotteiden hinnasto. Päivitetty 2.1.2014. Viitattu 16.1.2014. <http://content.fluke.com/pdf/ttc-pricelist/finland-fin.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Infrapunalämpömittarien ominaisuudet

Velleman SHE11



7. Technical Specifications

Measuring Range	0.0°C ~ 50.0°C or 32.0°F ~ 122.0°F
Display Resolution	0.1°C or 0.1°F
Accuracy	± 0.2°C or ± 0.4°F for 36.0°C ~ 39.0°C or 69.8°F ~ 102.2°F range ± 0.3°C or ± 0.5°F for all other ranges
Measuring Unit	°C or °F
Operating Temperature	10°C ~ 40°C or 50°F ~ 104°F, ≤ 95% RH
Storing Temperature	-20°C ~ 50°C or -4°F ~ 122°F, ≤ 95% RH
Power Supply	1 x 3V CR2032C (order code CR2032C , incl.)
Weight	100g
Certifications	EN 12470-5:2003 ASTM E 1965-98 IEC/EN 60601-1 IEC/EN 60601-1-2 ISO 14971:2000 CE0123 FDA 510(K)052849

Beurer FT60

9. Technical data

Note: When the device is used outside the specifications, perfect functioning cannot be guaranteed. We reserve the right to make technical changes to improve and develop the product.

Model	FT 60
Measurement range	Forehead thermometer mode: 34 °C to 42,2 °C (93,2 °F to 108,0 °F) SCAN mode: -22 °C – 80 °C (-7,6 °F – 176 °F)
Laboratory measurement precision	Forehead thermometer mode: ±0,3 °C (±0,5 °F) from 34 °C to 42,2°C (93,2 °F to 108,0 °F) SCAN-Modus: ±0,3 °C (±0,5 °F) from 22 °C to 42,2 °C (71,6 °F to 108 °F) ± 2 °C (±4°F) with >42,2 °C and <22 °C (>108 °F <71,6 °F)
Interval between 2 measurements	At least 5 seconds
Measurement units	°Celsius (°C) or °Fahrenheit (°F)
Ambient operating conditions	10 °C to 40°C (50°F – 104°F) with a relative humidity of 95% (non-condensing)
Storage conditions	-20 °C to 50 °C (-4 °F – 122 °F) with a relative humidity of up to 95% (noncondensing)
Dimensions	34 x 145 x 28 mm
Weight	57 g including battery
Battery	1 lithium battery (type 3V CR-2032)
Memory	For 9 measurements
Explanation of symbols	Device classification type BF  Please read the instructions for use 

Geratherm GT 101

measuring range: body mode: object mode:	34.0 - 42.2 °C (93.2 - 108.0 °F) 0 - 100 °C (32 - 212 °F)
Resolution:	0.1 °C oder 0.1 °F
Accuracy (laboratory):	36.0 °C - 39.0 °C: +/- 0.2 °C (96.8 °F - 102.2 °F: +/- 0.4 °F); other ranges +/- 2 %
Measuring time:	approx. 1 second
Display:	Liquid crystal display, 4 digits
Battery:	2 x 1.5 V, size AAA
Lifetime of battery:	approx. 1000 measurements
Fever alarm:	10 short beeps and red LCD backlight if the reading is equal to or greater than 37.5 °C (99.4 °F)
Memory:	Storage of up to 30 measured values
Dimensions:	165 mm x 40 mm x 20 mm
Weight:	approx. 81 g, including battery
Operating conditions:	Body mode: 16 - 40 °C (60.8 - 104 °F), Object mode: 5 - 40 °C (41 - 104 °F), Humidity: 15 - 95 % RH
Storage conditions:	-20 to +50 °C (-4 to +122 °F), Humidity: 15 - 95 % RH
Automatic switch-off:	approx. 3 min after last measurement
<p>Quality guarantee: The unit conforms to the Council Directive 93/42/EEC concerning medical devices, ASTM E1965 "Standard Specification for Infrared Thermometers for Intermittent Determination of Patient Temperature" and draft standard IEC 60601-2-56 "Medical electrical equipment - Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement". Geratherm® is certified in accordance with Council Directive 93/42/EEC, Annex II and DIN EN ISO 13485 and is entitled to affix the CE 0118 (Notified Body: LMET)</p>	

Liite 2. Ihmisen otsan ja kielen mittaustulokset

Ihmismittaus: otsa									
5 mittausta / etäisyys									
Kulma	90	75	60						
0 cm	35,6	35,9	35,3		sisälämpötila				
0 cm	35,6	35,6	35,2		20,2 °C				
0 cm	35,4	35,5	35,1		kontrollilämpö				
0 cm	35,5	35,9	35,1		36,7 °C				
0 cm	35,4	35,8	35,2						
0,5 cm	35,5	35,3	35,3						
0,5 cm	35,6	35,3	35,4		Keskiarvo				
0,5 cm	35,4	35,3	35,4	etäisyys	90°	75°	60°		
0,5 cm	35,4	35,3	35,4	0 cm	35,50	35,74	35,18		
0,5 cm	35,4	35,3	35,4	0,5 cm	35,46	35,30	35,38		
1 cm	35,4	35,5	35,3	1 cm	35,46	35,42	35,30		
1 cm	35,4	35,4	35,3	1,5 cm	35,44	35,40	35,28		
1 cm	35,5	35,4	35,3	2 cm	35,42	35,40	35,26		
1 cm	35,6	35,4	35,3	2,5 cm	35,38	35,38	35,24		
1 cm	35,4	35,4	35,3	3 cm	35,2	35,3	35,1		
1,5 cm	35,4	35,4	35,3						
1,5 cm	35,4	35,4	35,3		Keskihajonta				
1,5 cm	35,5	35,4	35,2		90°	75°	60°		
1,5 cm	35,4	35,4	35,3	0 cm	0,1	0,1817	0,0837		
1,5 cm	35,5	35,4	35,3	0,5 cm	0,0894	0	0,0447		
2 cm	35,5	35,4	35,3	1 cm	0,0894	0,0447	0		
2 cm	35,4	35,4	35,2	1,5 cm	0,0548	0	0,0447		
2 cm	35,4	35,4	35,3	2 cm	0,0447	0	0,0548		
2 cm	35,4	35,4	35,3	2,5 cm	0,0447	0,0447	0,0894		
2 cm	35,4	35,4	35,2	3 cm	0,07	0,00	0,00		
2,5 cm	35,4	35,4	35,3						
2,5 cm	35,3	35,4	35,3		Systemaattinen virhe				
2,5 cm	35,4	35,4	35,3		90°	75°	60°		
2,5 cm	35,4	35,4	35,2	0 cm	1,2	0,96	1,52		
2,5 cm	35,4	35,3	35,1	0,5 cm	1,24	1,4	1,32		
3 cm	35,3	35,3	35,1	1 cm	1,24	1,28	1,4		
3 cm	35,2	35,3	35,1	1,5 cm	1,26	1,3	1,42		
3 cm	35,1	35,3	35,1	2 cm	1,28	1,3	1,44		
3 cm	35,2	35,3	35,1	2,5 cm	1,32	1,32	1,46		
3 cm	35,2	35,3	35,1	3 cm	1,5	1,4	1,6		

Ihmismittaus: kieli								
5 mittausta / etäisyys								
Kulma	90°	75°	60°					
0 cm	33,9	34,7	34,2	sisälämpötila 21 °C				
0 cm	34,4	34,1	34,3					
0 cm	33,4	34,4	33,6	kontrollilämpö 36,5 °C				
0 cm	32,8	34,9	34,2					
0 cm	34,2	34,9	34,1					
0,5 cm	34,9	34,8	35,0					
0,5 cm	34,8	35,1	35,3	Keskiarvo				
0,5 cm	34,5	34,9	35,3					90°
0,5 cm	34,8	35,0	35,1	0 cm	33,74	34,6	34,08	
0,5 cm	34,9	34,8	34,9	0,5 cm	34,78	34,92	35,12	
1 cm	35,3	35,3	35,1	1 cm	35,2	35,04	34,8	
1 cm	35,5	35,1	34,8	1,5 cm	34,82	34,76	34,64	
1 cm	35,3	35,1	34,5	2 cm	34,62	34,86	34,4	
1 cm	34,9	34,8	34,8	2,5 cm	34,74	35,02	34,56	
1 cm	35,0	34,9	34,8	3 cm	34,58	34,62	34,1	
1,5 cm	34,9	34,7	34,9					
1,5 cm	35,3	34,4	35,1	Keskihajonta				
1,5 cm	34,3	34,7	34,5					90°
1,5 cm	35,2	34,9	34,4	0 cm	0,6465	0,3464	0,2775	
1,5 cm	34,4	35,1	34,3	0,5 cm	0,1643	0,1304	0,1789	
2 cm	34,6	34,9	34,4	1 cm	0,2449	0,1949	0,2121	
2 cm	34,8	34,9	34,5	1,5 cm	0,455	0,2608	0,3435	
2 cm	34,3	34,7	34,4	2 cm	0,1924	0,0894	0,1871	
2 cm	34,7	34,9	34,6	2,5 cm	0,2881	0,1483	0,3209	
2 cm	34,7	34,9	34,1	3 cm	0,1924	0,1095	0,2345	
2,5 cm	34,8	35	34,2					
2,5 cm	34,9	34,8	34,9	Systemaattinen virhe				
2,5 cm	34,4	35	34,9					90°
2,5 cm	35,1	35,1	34,4	0 cm	2,76	1,9	2,42	
2,5 cm	34,5	35,2	34,4	0,5 cm	1,72	1,58	1,38	
3 cm	34,5	34,6	34,1	1 cm	1,3	1,46	1,7	
3 cm	34,6	34,8	34,2	1,5 cm	1,68	1,74	1,86	
3 cm	34,9	34,6	34,2	2 cm	1,88	1,64	2,1	
3 cm	34,5	34,6	33,7	2,5 cm	1,76	1,48	1,94	
3 cm	34,4	34,5	34,3	3 cm	1,92	1,88	2,4	

Liite 3. Vasikoiden mittaustulokset

**Vasikka
turpa**

sisälämpötila 15,1 °C

Vasikka	Kuusamo		
Kontrolli	38,8		
1 cm	32,6	35,2	30,7
1 cm	31,6	32,4	31,8
1 cm	32,2	29,5	31,4
1 cm	33,4	32,4	29,6
1 cm	31,0	31,4	30,6
Keskiarvo	32,16	32,18	30,82
Keskihajonta	0,92087	2,062038	0,843801
Koko aineiston keskiarvo	31,72		
Koko aineiston keskihajonta	1,447263		
Systemaattinen virhe	7,08		

Vasikka	Kyöveli		
Kontrolli	38,7		
1 cm	30,8	31,8	28,6
1 cm	31,6	32,6	30,6
1 cm	32,6	33,2	30,2
1 cm	32,4	33,4	32,4
1 cm	32,4	32,0	28,4
Keskiarvo	31,96	32,6	30,04
Keskihajonta	0,75366	0,707107	1,633401
Koko aineiston keskiarvo	31,53333		
Koko aineiston keskihajonta	1,528149		
Systemaattinen virhe	7,166667		

Vasikka	Kilta		
Kontrolli	39,1		
1 cm	32,8	25,2	30,8
1 cm	27,4	26,8	30,2
1 cm	26,8	32,2	29,4
1 cm	27,0	31,4	28,6
1 cm	25,6	27,2	28,2
Keskiarvo	27,92	28,56	29,44
Keskihajonta	2,80927	3,063984	1,08074
Koko aineiston keskiarvo	28,64		
Koko aineiston keskihajonta	2,384713		
Systemaattinen virhe	10,46		