

Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 69/2017

## Ultraäänitekniikan hyödyntäminen lihanautojen jalostuksessa ja teurasoptimoinnissa

Maiju Pesonen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 69/2017

# **Ultraäänitekniikan hyödyntäminen lihanautojen jalostuksessa ja teurasoptimoinnissa**

Maiju Pesonen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2017



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



ISBN: 978-952-326-487-8 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-488-5 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-488-5>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Maiju Pesonen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2017

Julkaisuvuosi: 2017

Kannen kuva: Maiju Pesonen

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

## Alkusanat

Potkua Pohjanmaan pihvilihantuotantoon -hankkeen tavoitteena on, että pihvilihantuottajat, jalostava teollisuus sekä alan koulutus, neuvonta ja muut intressiryhmät saavat käyttöönsä nautasektorin uusinta tutkimustietoa toimintansa suunnittelua, kehittämistä ja toteutusta varten. Tavoitteena on luoda sektorille uusia innovaatioita ja parantaa siten tuotannon kannattavuutta. Toiminnalla pyritään luomaan edellytyksiä emolehmätuotantoon perustuvan naudanlihantuotannon säilymiselle ja kasvuun. Tässä julkaistava ultraäänitekniikan hyödyntämistä käsittelevä kirjallisuusselvitys on tuotettu osana hanketta. Selvityksen toivotaan omalta osaltaan palvelevan suomalaisen pihvilihantuotannon kehittämistä.

Potkua Pohjanmaan pihvilihantuotantoon -hanketta rahoitetaan Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki on myönnetty Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta. Hankkeen yksityisrahoittajina toimivat A-Tuottajat Oy, HKScan Finland Oy ja Snellmanin Lihanjalostus Oy. Hankkeen toteuttajat kiittävät rahoittajia ja yhteistyökumppaneita.

Petäjävedellä 28.9.2017

Maiju Pesonen

Luonnonvarakeskus

# Tiivistelmä

Maiju Pesonen, Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@luke.fi

Ultraäänitekniikkaa on käytetty eläinten kudosten arviointiin jo lähes 50 vuotta. Ultraäänitekniikalla pystytään mittaamaan erilaisia ruho-ominaisuuksia elävästä eläimestä verrattain edullisesti. Ruho-ominaisuudet ovat taloudellisesti merkittäviä ominaisuuksia, ja ne määrittävät eläimen arvon koko lihakettajulle. Ultraäänimittaus antaa objektiivisen arvion kudosten paksuudesta ja pinta-alasta. Tyypilliset mittaushohteet ovat pintarasvan paksuus, selkälihakseen pinta-ala ja paksuus sekä lihaksen sisäisen rasvakudoksen osuus. Mitatut ominaisuudet periytyvät keskinkertaisesti. Ultraäänimittaus suoritetaan eläimen ihon pinnalta, selkälihaksesta 12–13 kylkiluun välistä. Ultraäänimittauksen luotettavuuteen vaikuttavat ultraäänimittausta suorittavan henkilön ammattitaito, eläinten käsiteltävyys ja ympäristön lämpötila.

Jalostustarkoitukseen käytettävä ultraäänimittaus tulisi tehdä eläinten ollessa noin 12–14 kuukauden ikäisiä. Käytännössä mittaus on ajoitettu noin vuoden ikään, koska teuraseläinten kasvu alkaa tällöin tahtua ja toisaalta usein jalostuseläinten myynti suoritetaan eläinten ollessa noin vuoden ikäisiä. Loppukasvatuksessa hyödynnettävä ultraäänimittaus voidaan suorittaa loppukasvatuksen alussa ja/tai kasvatuksen edetessä. Loppukasvatuksen alussa tehdyllä ultraäänimittauksella voidaan jakaa eläimiä kasvatusryhmiin. Loppukasvatuksen lopussa voidaan määrittää haluttua teurasoptimia ja/tai tiettyjä tavoiteltuja teurasominaisuuksia. Yksilöinti kasvatuksen alkuvaiheessa ja seuranta kasvatuksen edetessä vähentävät turhien tuotantopanosten käyttöä eläimiin, joiden potentiaali markkinoiden vaatimuksen täyttämiseen on epätodennäköistä. Ultraäänimittausta voidaan pitää yhtenä tehokkaimpana ja tarkimpana keinona mitata elävästä eläimestä ruho-ominaisuuksia ja käyttää näitä tietoja eläinten jalostukseen. Ruhon koostumus ja laatu ovat erityisen tärkeitä silloin, kun myytävä liha/ruho suunnataan erikoismarkkinoille.

Ultraäänimittausta käytetään jalostusindeksien perusteena monissa maissa. Ultraäänimittauksen hyötynä on nopeampi jalostuksellinen edistyminen ruhon- ja lihan laatuominaisuuksissa verrattuna pelkkiin yksilö- ja jälkeläisnäyttöihin. Ulkomaalaisten tutkimusten mukaan selkälihaksen koko on vahvasti yhteydessä ruhon lihasaannon kanssa. Ultraäänimittauks tuloksen ilmentymiseen vaikuttavat ympäristö- ja kasvatusolosuhteet. Käytännössä olisi tärkeää tunnistaa ominaisuuksiltaan heikoin 10–15 %. Jalostuksellista edistymistä saavutetaan, jos eläimiä pystytään karsimaan poistamalla heikoimmat yksilöt. Ehdoton edellytys jalostusarvojen muodostamiselle on riittävän suuren vertailuryhmän muodostaminen ja toisaalta riittävän suuren datamäärän kertyminen.

Asiasanat: naudanlihantuotanto, ultraäänimittaus, teurasominaisuudet, kudossjakauma

# Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Ultraäänimittauksen periaate</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Mitattavat ominaisuudet</b> .....	<b>9</b>
3.1. Pintarasva .....	9
3.1.1. Pintarasvan ultraäänimittaustulos ja vaikutus tuotanto-ominaisuuksiin.....	11
3.2. Lihakkuusominaisuudet, selkälihaksen pinta-ala ja paksuus .....	17
3.2.1. Lihakkuusominaisuuksien ultraäänimittaustulos ja vaikutus muihin tuotanto-ominaisuuksiin .....	19
3.3. Lihaksen sisäisen rasvan osuus eli marmoroituminen.....	20
3.3.1. Lihaksen sisäinen rasva ja rotu.....	22
3.3.2. Lihaksen sisäisen rasvan periytyminen .....	23
3.3.3. Lihaksen sisäinen rasva ja erilaiset teurastavoitteet.....	26
3.3.4. Lihaksen sisäinen rasva ja jalostusvalinta .....	27
3.3.5. Lihaksen sisäinen rasva ja sen vaikutus emolehmäkarjaan.....	29
<b>4. Eri kudosten kasvu</b> .....	<b>30</b>
4.1. Sarjateuraskokeet .....	30
4.2. Eläinten kasvu kokeissa.....	30
4.3. Lihaksen kasvu kokeissa.....	31
4.4. Pintarasvan paksuus kokeissa.....	31
4.5. Myytävän lihan saanto ja syöntilaatu .....	31
4.6. Kudosten kasvu kokeissa .....	32
4.7. Ultraäänimittaustulosten muutos kasvatuksen aikana .....	32
<b>5. Ultraäänilaitteet ja -tarvikkeet</b> .....	<b>34</b>
5.1. Laite.....	34
5.2. Anturi .....	34
<b>6. Ultraäänimittauksen pääasialliset käytännöt</b> .....	<b>35</b>
6.1. Eläimen pysyminen paikoillaan.....	35
6.2. Ultraäänimittauskohta .....	35
6.3. Klippaus ja väliaine.....	39
6.4. Ultraäänimittauksen suorittaminen .....	40
<b>7. Mittauksen ajankohta/ajoittaminen</b> .....	<b>43</b>
<b>8. Ultraäänimittaustulosten käyttö</b> .....	<b>45</b>
8.1. Eläinten ryhmittely optimaalisen teurasiän määrittämisessä .....	48
8.1.1. Lajittelun käytäntö .....	50
<b>9. Yhteenveto ja johtopäätökset</b> .....	<b>53</b>

# 1. Johdanto

Ultraäänimittaus antaa objektiivisen arvion kudosten paksuudesta ja pinta-alasta. Tyypilliset mittauskohdeet ovat pintarasvan paksuus, selkälihaksen pinta-ala ja paksuus sekä lihaksen sisäisen rasvakuudoksen osuus. Ultraäänimittaus suoritetaan selkälihaksesta 12–13 kylkiluun välistä.

Ultraäänimittaukseen käytetään jalostusindeksien perusteena monissa maissa. Ultraäänimittauksen etuna on nopeampi jalostuksellinen edistyminen ruho- ja lihan laatuominaisuuksissa pelkkiin yksilö- ja jälkeläisnäyttöihin verrattuna. Ultraäänimittauksella havaittu lihaksen sisäisen rasvan (marmoroitumisen) periytyvyys on keskimäärin 0,30, vastaavasti selkälihaksen pinta-alan 0,39 ja pintarasvan 0,43 (Field 2007). Kaikki mitatut ominaisuudet periytyvät keskikertaisesti. Jalostuksellisella valinnalla voidaan siten parantaa jälkeläisten kyseisiä ominaisuuksia. Ulkomaalaisten tutkimusten mukaan selkälihaksen koko on vahvasti yhteydessä ruhon lihasaannon kanssa (Doorley 2001, MacAodhain 2004, Field 2007).

Ruhon rasvaisuus on kaksiteräinen miekka. Asia korostuu niissä ruholuokitusjärjestelmissä, joissa tavoitteena on sekä lihasaannolta että lihaksen sisäisen rasvan osuudelta korkeat arvot saavuttava ruho. Rasvan muodostumista ja erilaisten rasvaosuuksien kerääntymistä naudan ruhoon on tutkittu ja tutkitaan edelleen runsaasti. Viime aikoina rasva-aineenvaihdunnan tutkimus on keskittynyt geneettisen vaihtelun havainnoimiseen. Useimmilla eläimillä lihaksen sisäinen rasva muodostuu viimeisenä. Tietyillä genotyypeillä on kuitenkin mahdollista tuottaa ruhoja, joissa lihaksen sisäistä rasvaa muodostuu ennen ylimääräistä rasvoittumista. Näiden genotyyppien tunnistamiseen ja jalostukselliseen käyttöön voidaan panostaa ultraäänitekniikan avulla.

Ultraäänimittaus voi antaa mahdollisuuden eläinten lajitteluun erilaisen kasvun ja teuraskypsyyden saavuttamisen perusteella. Ultraäänimittaukseen voidaan käyttää myös optimaalisen teurasian määrittämiseen.

Potkua Pohjanmaan pihvilihantuotantoon -hankkeen yhtenä osatavoitteena oli kerätä uusinta kansainvälistä tietoa ultraäänimittauksen hyödyntämisestä lihanautojen jalostuksessa ja teurasoptimoinnissa. Tämä kirjallisuuskatsaus toteutettiin osana hanketta.



Kuva: Maiju Pesonen

## 2. Ultraäänimittauksen periaate

Ultraäänimittauksella on arvioitu ruhon ominaisuuksia jo 1950-luvulta lähtien (Houghton & Turlington 1992). Menetelmää pidetään vaihtoehtoisena tai vähintään tukevana toimenpiteenä, kun määritetään ruhon arvoa ja muodostetaan käsitystä lihaksikkuuden sekä ruhon ja lihan laadun periytyvyydestä (Whittaker ym. 1992).

Ultraäänit ovat ääniaaltoja, joita ihminen ei pysty havaitsemaan. Ultraäänin taajuus on yli 20000 Hz. Ultraääni läpäisee kiinteää ainetta, nesteitä ja kudoksia. Kudostamittauksen taajuus on 1–20 MHz. Käytettävän ultraäänin taajuuteen vaikuttavat tutkittavan kudoksen tai elimen ominaisuudet. Jos tutkimuksessa vaaditaan syvien kudosten mittauksia, käytettävän ultraäänin taajuus tulee olla matala. Korkeamman taajuuden ultraäänit muodostavat tarkemman kuvan, mutta eivät kulje yhtä syvälle kuin matalan taajuuden ultraäänit. Ruhon ominaisuuksia tutkittaessa käytetään yleisesti 3,4–3,5 MHz ja lisääntymiselimistöä tutkittaessa 5,0–7,5 MHz taajuutta (Wilson 1994, Amin 1995).

Ultraäänimenetelmä perustuu ultraääniaaltoihin, jotka muodostetaan ultraäänilaitteen anturin avulla. Anturin pietsosähköiset kristallit muuntavat sähköenergian ultraääniaalloksi. Anturi lähettää ultraääniaallot lyhytkestoisina pulsseina. Nämä ultraäänipulssit leviävät mitattavaan kudokseen ja heijastuvat takaisin anturiin. Ultraääni kulkee erilaisella nopeudella eri kudoksissa, joten muodostuvat kaiut ovat erilaisia. Ultraäänin nopeuteen vaikuttaa kudoksen lisäksi kudoksen lämpötila (taulukko 1). Lihaskudoksen rajapinnasta muodostuvat kaiut ovat yleensä vahvoja. Sidekudoksesta ja lihaksen sisäisestä rasvasta sekä luukudoksesta muodostuu erillinen kaiu. Näytölle muodostuva kuva muodostuu anatomisena läpileikkauksena mitattavasta kohteesta (Whittaker ym. 1992).

**Taulukko 1.** Ultraäänin etenemisnopeus erilaisissa aineissa (Amin 1995, Hopper 2015).

Aine	Nopeus, m/s
Ilma	330
Vesi	1500
Veri	1549–1565
Iho	1700
Rasvakudos	1430–1476
Lihaskudos	1592–1620
Sidekudos	1545
Muu pehmytkudokset	1540
Luu	3406–4030

Ultraäänimittauksessa on kolme perusnäyttötilaa A-tila (amplitudinäyttö), B-tila ja reaaliaikainen ultraäänikuvantaminen. A-tila on ensimmäinen näyttötila, joka viittaa amplitudin muuntamiseen. Kuva muodostuu yksiulotteisena ultraäänikuvana. A-tilan toiminta perustuu anturin vastaanottamiin kaikuihin, jotka näkyvät piikkeinä näytöllä. Laskenta perustuu piikkien ja eri rajapintojen muodostamiin etäisyyksiin. Nämä etäisyydet vastaavat eri kudossyvyysiksi (Houghton & Turlington 1992). Elävästä eläimestä A-tila pystyy käsittelemään ainoastaan eri kudosten syvyysiksi. A-tila käyttää 16 eri harmaan sävyä (Houghton & Turlington 1992).

B-tila eli kirkkaustila (brightness) käyttää yhteensä 64 eri harmaan sävyä. B-tila on käytännössä muunnos A-tilasta. B-tilassa ei pystytä erottamaan punaista lihaskudosta ja vaaleaa rasvakudosta. Kudoksen erilainen tiheys kuitenkin havainnoidaan. Tiheämmästä kudoksesta muodostuva vaste antaa valkoisia pikseleitä, ja vähemmän tiheän kudokset muodostavat eri harmaan sävyn pikseleitä. B-tilassa muodostetaan kaiun amplitudin muodostamien pisteiden tai pikseleiden avulla kaksiulotteinen kuva. Lopullinen kuva muodostuu ja voidaan tulkita eri harmaan sävyissä. B-mallin kuvantaminen



ja siihen liittyvät ohjelmistot ovat muodostuneet merkittäväksi osaksi jalostusarvoja ja liharotuisten nautojen perinnöllistä edistymistä Pohjois-Amerikassa (Bergen ym. 2005a). B-tila kalibroidaan ultraäänien pehmytkudoksissa tai vedessä kulkeman keskimääräisen nopeuden avulla. Kalibrointi tehdään kalibrointikudosmalleilla. Reaaliaikaisen ultraäänilaitteen kalibrointi tehdään +37 °C asteisella vedellä (Amin 1995).

Reaaliaikainen ultraäänikuvantaminen on kolmas ultraäänimittausmenetelmä. Käytännössä reaaliaikainen ultraäänikuvantaminen on johdettu B-mallista erilaisella teknologialla ja matemaattisella mallilla. Reaaliaikaisessa ultraäänikuvantamisessa saadaan mittaustulos samanaikaisesti ultraäänimitauksen kanssa. Kuva muodostuu anturin lähettämien erittäin lyhyellä sähköjännitteellä muodostettujen ultraäänipulssien avulla. Äänialue muodostuu ultraäänilaitteen muodostamasta äänikeilasta (beam). Äänikeila jaetaan kahteen alueeseen, pintakudokset läpäisevä äänikeila ja syviin kudoksiin ulottuva äänikeila. Näiden äänikeilojen kaiku palautuu anturiin, joka tulkitaan ultraääninäytöllä kuvaksi. Kuva muodostuu valkoisen, musta ja harmaan eri sävyissä (Chambaz ym. 2002).

Ultraäänimittaukseen käytettävä laite vaikuttaa saatavaan kuvaan ja tuloksen toistettavuuteen (Williams 2002). Charagu ym. (2000) havaitsivat, että kahdella eri laitteella (Aloka SSD-1100 ja Tokyo CS 3000) mitattuihin tuloksiin vaikutti eläinten lihaksisuus. Laitteet antoivat samankaltaisen tuloksen lihaksikkailla eläimillä. Selkälihaksen pinta-alan ollessa pienempi laitteiden antamat mittaustulokset poikkesivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Haasteellisimmat tulkittavat muodostuvat, kun ultraäänimittaustulos on muodostettu ns. jaetusta näytöstä. Tällöin tulos joudutaan muodostamaan kahdesta erillisestä mittauksesta (Herring ym. 1994b).



Kuva: Maiju Pesonen

### 3. Mitattavat ominaisuudet

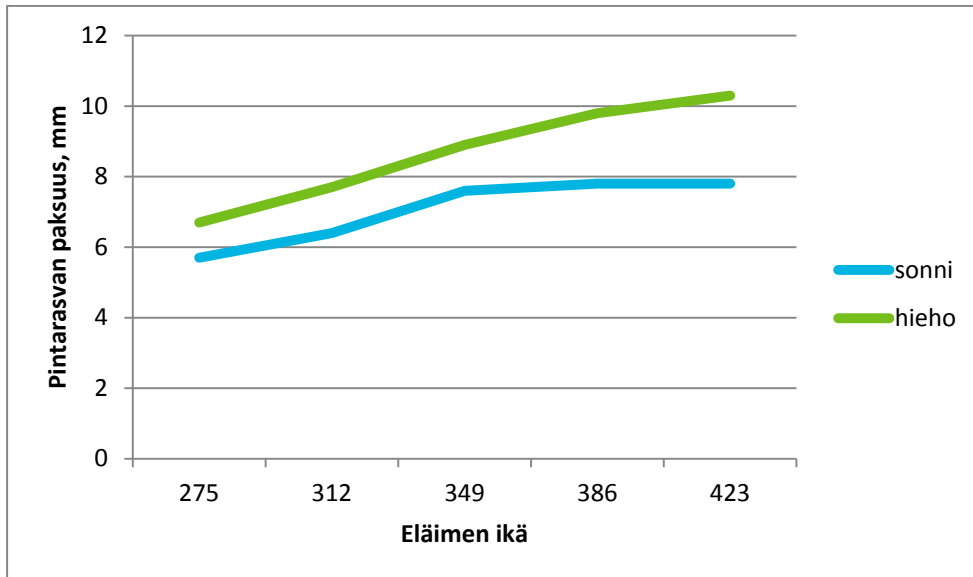
Jalostustarkoitukseen käytettävä ultraäänimittaus tulisi tehdä eläinten ollessa noin 12–14 kuukauden ikäisiä. Mittaus on ajoitettu noin vuoden ikään, koska teuraseläinten kasvu alkaa tällöin taittua ja toisaalta jalostuseläinten myynti suoritetaan usein noin vuoden iässä. Loppukasvatuksessa hyödynnettävä ultraäänimittaus voidaan suorittaa loppukasvatuksen alussa ja/tai kasvatuksen edetessä. Loppukasvatuksen alussa tehdyllä ultraäänimittauksella voidaan jakaa eläimiä kasvatusryhmiin. Loppukasvatuksen lopussa voidaan määrittää haluttua teurasoptimia ja/tai tiettyjä tavoiteltuja teurasominaisuuksia. Ultraäänimittauksella voidaan pitää yhtenä tehokkaimpana ja tarkimpana tapana mitata elävästä eläimestä ruho-ominaisuuksia ja käyttää tietoja jalostukseen (Robinson ym. 1992).

#### 3.1. Pintarasva

Pintarasvan paksuuteen vaikuttavat eläimen rotu, kasvun vaihe ja ruokinnan taso. Positiivinen energiatase, eläimen ikääntyminen ja kasvun hidastuminen aiheuttavat rasvakudoksen lisääntymistä. Samallakin ruokinnalla eläinryhmässä voidaan kuitenkin havaita vaihtelua pintarasvan muodostumisessa (Lawrence ym. 2012). Rasvasoluja muodostuu lukumääräisesti lisää (hyperplasia) ja rasvasolujen koko kasvaa (hypertrofia). Eläimeen kerääntyvä rasva on pääasiallisesti triglyseridejä (Nurnberg ym. 1998). Liharotuisilla naudoilla rasvaa kerääntyy ensimmäiseksi sisäelinten ympärille ja vatsaonteloon ja tämän jälkeen nahanalaiskudokseen (Swatland 1984, Jones 2004, Lawrence ym. 2012). Kehon rasvan osuus on tärkeä ominaisuus, kun määritellään kehon koostumusta ja energian tarvetta. Kehon rasvan osuus voidaan jakaa ruhon rasvaan ja sisäelinrasvaan (Geay 1984). Kehon rasvapitoisuus lisääntyy eläimen lähestyessä teurasikää (Owens ym. 1995). Ruhon rasvan osuutta voidaan mitata ultraäänimittauksella (Ribeiro ym. 2006). Pintarasvan periytyminen on tutkimuksissa vaihdellut runsaasti ( $h^2=0,02-0,86$ ) (Benyshek 1981, DeRose ym. 1988, Lamb ym. 1990, Turner ym. 1990, Johnson ym. 1993, Robinson ym. 1993, Gregory ym. 1995, Moser ym. 1998, Stelzleni ym. 2002).

Pintarasvan muodostumiseen vaikuttavat rotutyypit ja valittu jalostuslinja rodun sisäisesti (Wilkins ym. 2009). Pintarasvaa muodostuu vähiten pääterotujen risteytyksessä (Wilkins ym. 2009, Pesonen ym. 2012, 2013). Limousin- ja charolais-isien jälkeläisten pintarasvan paksuus ultraäänimittauksessa oli vieroituksen jälkeen 33 % vähäisempi kuin angus-isien, jotka oli valittu lihakkuusominaisuuksia periyttävistä linjoista ja 42 % vähäisempää kuin angus-isien, jotka oli valittu lihaksen sisäistä rasvaa periyttävistä linjoista. Teurasruhoissa limousin-risteytyseläinten pintarasvan paksuus oli 25 % korkeampi kuin charolais-risteytyseläinten. Limousin-risteytyseläinten ja lihakkuusominaisuuksien perusteella valittujen angus-risteytyseläinten välinen ero pintarasvan paksuudessa oli vain 9 %. Vastaavasti lihaksen sisäisen rasvan jalostuslinjan ja lihakkuusominaisuuksien jalostuslinjan angus-risteytyseläinten välinen ero pintarasvan paksuudessa oli 15 %. Kokeessa käytettiin puhdasrotuisia hereford-emoja (Wilkins ym. 2009).

Myös sukupuoli vaikuttaa pintarasvan paksuuden kehittymiseen. Samassa iässä ja samalla ruokinnalla olleiden hiehojen pintarasvan paksuus on keskimäärin 15–25 % suurempi kuin sonnien (kuva 1) (Hassen ym. 1998a).

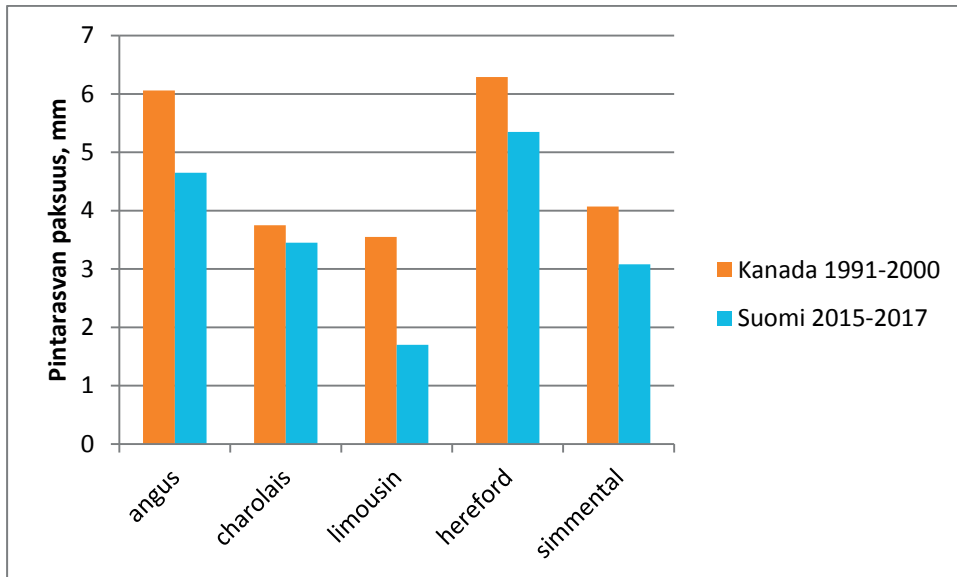


**Kuva 1.** Pintarasvan paksuuden ultraäänimittaustuloksen kehittyminen väkirehuvaltaisella ruokinnalla simmental-angus-risteytseläimillä. Kokeessa oli 509 sonnia ja 72 hiehoa (Hassen ym. 1998a, uudelleen piirretty).

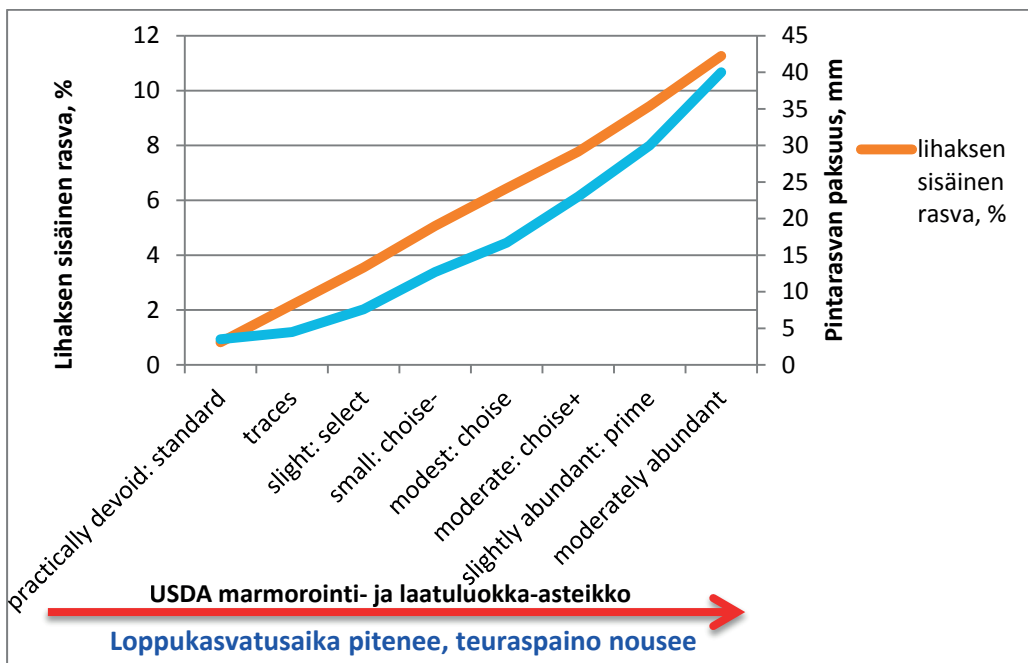
Vähärasvaisten eläinten pintarasvan paksuus on keskimäärin 0–3 mm. Isojen rotujen sonneilla pintarasvan paksuus vuoden iässä mitattuna on harvoin yli 3,5 mm. Keskikokoisten rotujen sonneilla pintarasvan paksuus on keskimäärin 3–6 mm. Yli 10 mm pintarasvan mittaustulokset lisäävät mittauksen epätarkkuutta (Faulkner ym. 1990, Bergen ym. 1996, MacNeil & Northcutt 2008, Aass ym. 2006, 2009).

Kasvatusasematoiminnassa pyritään saamaan esille eläinten geneettinen potentiaali haluttujen ominaisuuksien suhteen. Pohjois-Amerikassa kasvatusasemasonniin dieetti sisältää keskimäärin 50 % väkirehua kuiva-aineesta laskettuna. Kanadassa käytetään yleisesti karkearehuna ohrakokoviljasäilörehua, joka on korjattu maitotuleentumisasteella tai säilöheinää. Suomessa ruokinta perustuu nurmisäilörehuun, ja suomalaisten kasvatusasemasonniin dieetin energiasisältö voi keskimäärin olla matalampi kuin Pohjois-Amerikassa käytetty dieetin energiasisältö. Ultraäänimitattu pintarasvan paksuus samassa iässä mitattuna ilmentää erilaisia tavoitteita kasvatuksen suhteen. Erilaiset tavoitteet vaikuttavat genotyypin muuntumisen haluttuun suuntaan (kuva 2).

Pintarasvan arvolla on kaksi suuntaa-antavaa merkitystä. Keskimäärin yli 3,0 mm oleva pintarasvan mittaustulos merkitsee keskikokoisilla roduilla yhtenäistä rasvapeittoa. Tämä on edullista ruhon jäähtymisen kannalta. Ruho jäähtyy tasaisesti, jolloin lihan syöntilaatu on todennäköisesti parempi. Yli 3,0 mm keskimääräinen pintarasva on edellytys myös korkeammalle lihaksen sisäisen rasvan osuudelle (Cottle & Kahn 2014). Pintarasvan paksuus on yhteydessä lihaksen sisäisen rasvan määrään (kuva 3). Pohjoisamerikkalaisessa aineistossa lihaksen sisäisen rasvan määrä lisääntyi lähes suoraviivaisesti kasvatuspäivien lisääntyessä. Pintarasvan lisääntyminen oli kasvatuksen alussa hitaampaa (Burns ym. 2004, Gray ym. 2012). Huomionarvoista lienee kuitenkin se, että eurooppalaisen tavoitteen mukainen lihaksen sisäisen rasvan määrä (ka. 3 %) olisi saavutettavissa keskimäärin 7,6–12,7 mm pintarasvan paksuudessa (Gray ym. 2012). Jos siitossonniksi valitun keskikokoisen rodun sonninin pintarasva on yli 3 mm, voivat sonninin tyttäret säilyttää kuntoluokkansa paremmin/tehokkaammin (Cottle & Kahn 2014).



**Kuva 2.** Pintarasvan ultraäänimitattu tulos 12–14 kuukauden ikäisistä kasvatusasemasonneista Suomessa ja Kanadassa. Suomessa vuosina 2015–2017 mitattujen kasvatusasemasonnien ultraäänimittaustuloksien keskiarvot. Kuvan toinen ryhmä perustuu Schenkelin ym. (2004) tutkimukseen.



**Kuva 3.** Lihaksen sisäisen rasvan määrä lisääntyy loppukasvatuksen edetessä ja pintarasvan paksuuden lisääntyessä (Burns ym. 2004, Gray ym. 2012, uudelleen piirretty).

### 3.1.1. Pintarasvan ultraäänimittaustulos ja vaikutus tuotanto-ominaisuuksiin

Ennen teurastusta suoritettu ultraäänimittaustulos voi vaihdella verrattuna ruhosta mitattuun pintarasvan määrään. Erityisesti runsaasti pintarasvaa sisältävistä ruhoista lähtee nahan poiston yhteydessä myös pintarasvaa (Herring ym. 1994b). Ruhon käsittely, nahan poisto sekä vedon voimakkuus ja suunta voivat vaikuttaa siihen, että pintarasvaa poistuu enemmän ruhon toiselta puolelta (Robinson ym. 1992).

Pintarasvan ultraäänimittausta käytetään arvioimaan pintarasvan paksuutta ja rasvan osuutta teurasruhosta. Ultraäänellä mitatun pintarasvan paksuuden periytyvyysasteen on sonneilla arvioitu

olevan 0,39–0,53 ja hiehoilla 0,46–0,69 (Crews ym. 2003, MacNeil & Nortcutt 2008). Bertrand ym. (2001) raportoivat ultraäänimitatun rasvan paksuuden periytyvyysasteeksi 0,28.

Ultraäänimitatun pintarasvan ja ruhon pintarasvan välinen korrelaatio on positiivinen ( $r=0,31-0,81$ ) (taulukot 2 ja 3). Crews ym. (2003) esittivät ultraäänimittauksen ja ruhosta mitatun pintarasvan paksuuden geneettiseksi korrelaatioksi simmental-sonneilla 0,79 ja hiehoilla 0,83. Angus-sonneille esitetty korrelaatio oli vastaavasti 0,52 ja hiehoille 0,55. Korkea korrelaatio ultraäänimittauksen ja ruhon pinta-rasvan välillä merkitsee sitä, että ultraäänimittauksella pystytään kohtuullisen tarkasti arvioimaan ruhon pintarasvan paksuus.

Pintarasvan paksuustulos vaikuttaa geneettisesti muihin teuraskasvatuksen ja -ruhon ominaisuuksiin. Pintarasvan paksuuden ja syödyn rehunenergian välillä on keskinkertainen geneettinen korrelaatio ( $r=0,27-0,30$ ) (MacNeil ym. 1991, Kelly ym. 2010). Rehuhyötysuhde heikkenee pintarasvan määrän lisääntyessä (Kelly ym. 2010). Ylimääräinen pintarasva naudanruhossa on ns. hukkaantunutta energiaa. Muutamissa tutkimuksissa matalampi residuaalinen syönti on yhdistetty vähäisempään pintarasvan muodostumiseen ( $r=0,14-0,25$ ) (Arthur ym. 2001, Carstens ym. 2002, Nkrumah ym. 2004, Cruz ym. 2010). Geneettinen korrelaatio pintarasvan ja residuaalisen syönnin välillä on ollut keskinkertainen ( $r=0,42$ ) (Mao ym. 2013). Jalostuksellinen valinta matalamman residuaalisen syönnin puolesta johtaa pintarasvan määrän vähenemiseen.

Pintarasvan mittaustuloksen ja teuraspainon välillä oleva riippuvuus vaihtelee kirjallisuudessa. Positiivinen geneettinen korrelaatio on vaihdellut välillä 0,13–0,38 (Arnold ym. 1991, Wilson ym. 1993, Gregory ym. 1995, Rios-Utrera ym. 1995, Kemp ym. 2002). Negatiivisen korrelaation ovat raportoineet Pariacote ym. (1998) (-0,22) ja Shanks ym. (2001) (-0,37). Kirjallisuus antaa myös samanlaisen korrelaation vaihtelun pintarasvan ja vuoden painon välillä. Splanin ym. (2002) mukaan pintarasvan paksuuden ja vuoden painon välillä on keskinkertainen geneettinen korrelaatio ( $r=0,34$ ) ja Kempin ym. (2002) mukaan vain heikko ( $r=0,1$ ). Arnold ym. (1991) ja Moser ym. (1998) havaitsivat negatiivisen yhteyden vuoden painon ja pintarasvan paksuuden välillä ( $r=-0,19$  ja  $-0,13$ ). Pintarasvan mittaustuloksen ja ruhon lihasaannon välillä havaittiin negatiivinen riippuvuus ( $r=-0,74 - -0,16$ ) (Bailey ym. 1986, Doorley 2001, MacAodhain 2004). Arvopalojen saannon ja pintarasvan mittaustuloksen välillä on negatiivinen korrelaatio ( $r=-0,58$ ) (Tait ym. 2005). Myös pintarasvan mittaustuloksen ja ruhon lihakuuden välinen riippuvuus on negatiivinen ( $r=-0,17 - -0,37$ ) (MacAodhain 2004). Williamsin ym. (2017) mukaan yhdestä kohdasta tehdyn pintarasvan paksuuden mittaustuloksen ja ruhon painon mukaan ei voida tarkasti arvioida ruhon lihasaantoa. Pintarasvan paksuuden ja emolehmän hedelmällisyyden välillä on positiivinen, keskinkertainen korrelaatio ( $r=0,30$ ). Hieman matalampi positiivinen riippuvuus on poikimavälin ja pintarasvan paksuuden välillä ( $r=0,19$ ). Sukukypsyys saavuttamisen ja pintarasvan paksuuden välillä ei kuitenkaan havaittu riippuvuutta ( $r=-0,01$ ) (Splan ym. 2002).

Keskinkertainen korrelaatio monen tuotanto-ominaisuuden kanssa merkitsee sitä, että kiinnittämällä huomiota pintarasvan paksuusarvoihin voidaan vaikuttaa eläinaineksen ominaisuuksiin haluttuun suuntaan. Pintarasvan paksuuden yhteys ruhon ominaisuuksiin tulisi nähdä kehityksen kohteena, jos tavoitteena on suurempi punaisen lihan osuus. Tutkimustulokset antavat viitteitä siitä, että pintarasvan paksuuden pienentäminen parantaa rehunhyötysuhdetta. Jos jalostusvalintaa tehdään pelkästään pintarasvan paksuutta vähentämällä, se tulee kuitenkin vaikuttamaan negatiivisesti emolehmän hedelmällisyyteen.

**Taulukko 2.** Korrelaatio ultraäänimitattujen lihakkuusominaisuuksien ja ruhon ominaisuuksien välillä.

Sukupuoli	Kuvaus	Lihasaanto, %	Rasvaosuus	Luuosuus	Arvopalat	Sisälmys- rasva	Lihakkuus- luokka	Rasva- luokka	Lähde
Härkä	Selkälihaksen pinta- ala (ruhosta)	0,47							Crouse ym. 1975
Sonni	Selkälihaksen pinta- ala, elopaino 340– 600 kg (ultra)	0,17–0,28	-0,23– -0,01	0,05–0,46					Bailey ym. 1986
Lehmä	Selkälihaksen pinta- ala (ruhosta)	0,75		-0,67					Flaukner ym. 1990
Härkä	Selkälihaksen pinta- ala (ultra)	0,095	0,14	0,06			-0,16–0,57		Herring ym. 1994a
Härkä	Selkälihaksen pinta- ala 60 päivän välein (ultra)	-0,06–0,36							Hamlin ym. 1995
Härkä ja sonni	Selkälihaksen pinta- ala (ultra), ikä 365 pv	0,01							Hassen ym. 1999
Härkä ja sonni	Selkälihaksen pinta- ala (ultra), ikä 382 pv	0,05							Hassen ym. 1999
Härkä ja sonni	Selkälihaksen pinta- ala (ultra), ikä 414 pv	0,11							Hassen ym. 1999
Härkä ja sonni	Selkälihaksen pinta- ala (ultra), ikä 448 pv	0,15							Hassen ym. 1999
Sonni	Selkälihaksen pak- suus	0,80					0,60		Doorley 2001
Härkä	Selkälihaksen pinta- ala	0,17							Greiner ym. 2003

Sonni	Selkälihaksen pak- suus	0,36–0,47	-0,35– -0,25			-0,13– -0,11	0,40–0,55	-0,06–0,20	MacAodhain 2004
Sonni ja härkä	Selkälihaksen pinta- ala		-0,12		0,30				Tait ym. 2005
Sonni (angus)	Selkälihaksen pinta- ala (ultra)						-0,75		Török ym. 2009
Sonni (charolais)	Selkälihaksen pinta- ala (ultra)						-0,13		Török ym. 2009
Sonni (limousin)	Selkälihaksen pinta- ala (ultra)						0,58		Török ym. 2009
Sonni (simmental)	Selkälihaksen pinta- ala (ultra)						0,54		Török ym. 2009
Sonni	Selkälihaksen pinta- ala (ultra)						0,25		Török ym. 2009
Sonni (angus)	Selkälihaksen pinta- ala (ruho)						-0,28		Török ym. 2009
Sonni (charolais)	Selkälihaksen pinta- ala (ruho)						0,14		Török ym. 2009
Sonni (limousin)	Selkälihaksen pinta- ala (ruho)						0,58		Török ym. 2009
Sonni (simmental)	Selkälihaksen pinta- ala (ruho)						0,22		Török ym. 2009
Sonni	Selkälihaksen pinta- ala (ruho)						0,44		Török ym. 2009

**Taulukko 3.** Korrelaatio ultraäänimitattujen rasvan paksuusominaisuuksien ja ruhon ominaisuuksien välillä.

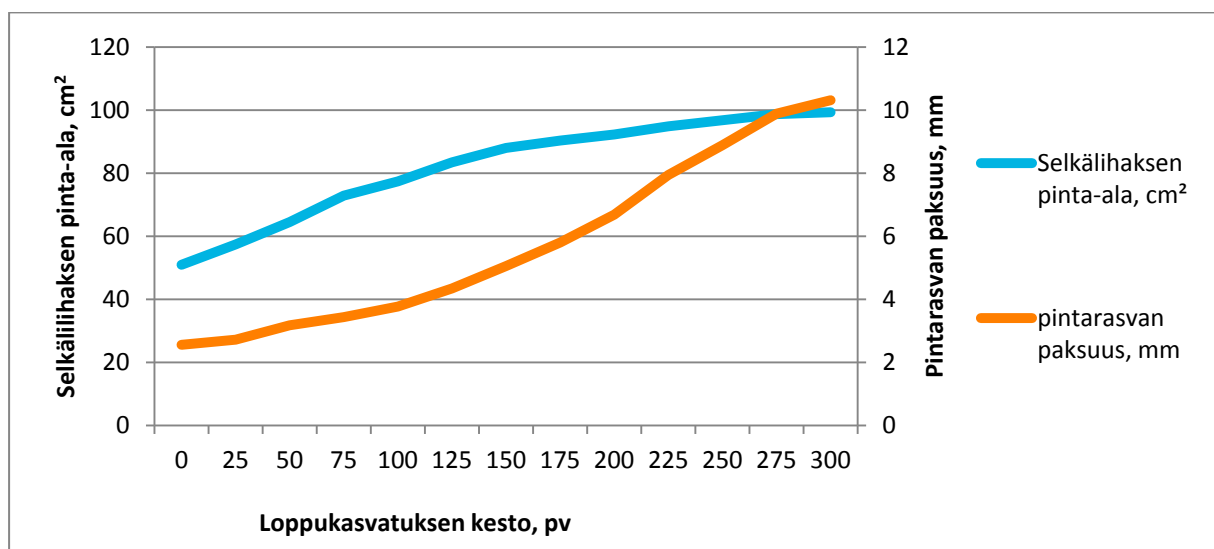
Sukupuoli	Kuvaus	Lihasaanto, %	Rasvaosuus	Luuosuus	Arvo- palat	Sisälmys- rasva	Lihakkuus- luokka	Rasva- luokka	Lähde
Härkä	Rasvan paksuus (ruhomittaus)	-0,76							Crouse ym. 1975
Sonni	Rasvan paksuus (ultra), elopaino 340–600 kg	-0,28– -0,16	0,31–0,36	-0,15– -0,01					Bailey ym. 1986
Lehmä	Rasvan paksuus (ultra)	0,51	0,81	0,7					Faulkner ym. 1990
Härkä	Rasvan paksuus (ultra)	-0,49	0,61						Herring ym. 1994a
Härkä	Rasvan paksuus (ultra) 60 päivän välein		0,62–0,86				-0,07–0,0		Hamlin ym. 1995
Sonni	Rasvan paksuus (ultra, 10 kylkiluu)		0,49						Renand & Fisher 1997
Sonni	Rasvan paksuus (ultra, 12 kylkiluu)		0,43						Renand & Fisher 1997
Sonni	Rasvan paksuus (ultra, 13 kylkiluu)		0,48						Renand & Fisher 1997
Härkä	Rasvan paksuus (ultra) rasvapoisto 2,54	-0,21							Griffen ym. 1999
	Rasvan paksuus (ultra) rasvapoisto 1,27	-0,36							Griffen ym. 1999
	Rasvan paksuus (ultra) rasvapoisto 0,62	-0,4							Griffen ym. 1999
Sonni ja härkä	Rasvan paksuus (ultra) 365 pv	-0,57							Hassen ym. 1999



Sonni ja härkä	Rasvan paksuus (ultra) 382 pv	-0,62							Hassen ym. 1999
Sonni ja härkä	Rasvan paksuus (ultra) 414 pv	-0,64							Hassen ym. 1999
Sonni ja härkä	Rasvan paksuus (ultra) 448 pv	-0,63							Hassen ym. 1999
Sonni	Rasvan paksuus (ultra) 3.lannenikama		0,61			0,56		0,73	Doorley 2001
Sonni	Rasvan paksuus (ultra) 12 kylkiluu	-0,73	0,78			0,45		0,63	Doorley 2001
Härkä ja hieho	Rasvan paksuus (ultra)								May ym. 2000
Härkä	Rasvan paksuus (ultra)	-0,74							Greiner ym. 2003
Sonni	Rasvan paksuus (ultra)	-0,60– -0,44	0,48–0,63			0,26–0,30	-0,37– -0,17	0,57–0,61	MacAodhain 2004
Sonni ja härkä	Rasvan paksuus (ultra)		0,39		-0,58				Tait ym. 2005
Sonni (angus)	Rasvan paksuus (P8)							0,51	Török ym. 2009
Sonni (charolais)	Rasvan paksuus (P8)							0,28	Török ym. 2009
Sonni (limousin)	Rasvan paksuus (P8)							0,56	Török ym. 2009
Sonni (simmental)	Rasvan paksuus (P8)							0,73	Török ym. 2009
Sonni	Rasvan paksuus (P8)							0,69	Török ym. 2009

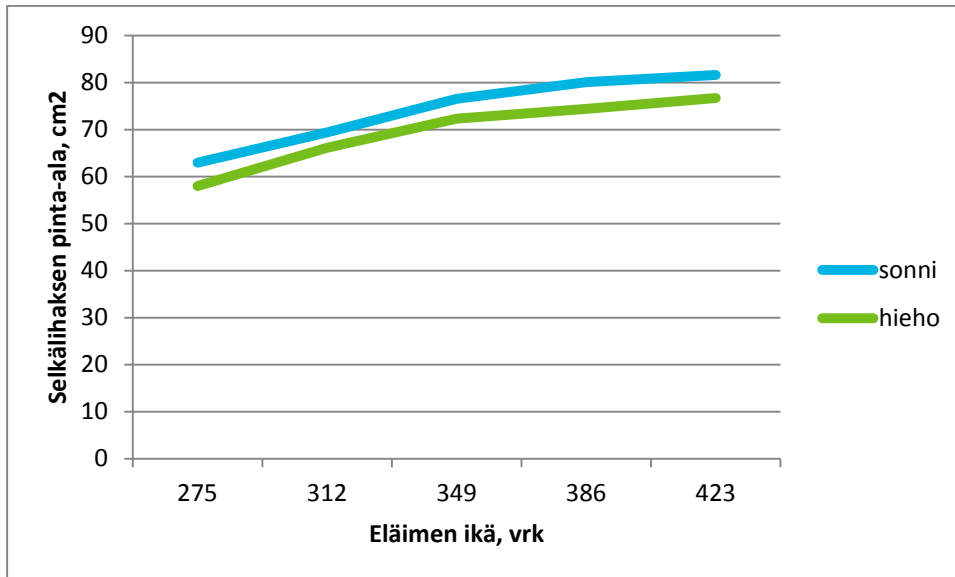
### 3.2. Lihakkuusominaisuudet, selkälihaksen pinta-ala ja paksuus

Kasvava nauta käyttää dieetin energian kudosten kasvuun ja ylläpitoon. Kudokset kasvavat tietyssä järjestyksessä. Naudoilla kudoksista ensimmäiseksi kasvaa luusto, jota seuraa lihaksisto ja viimeisenä lisääntyä rasvakudoksen paksuus. Nautojen luuston kasvu on kohtuullisen nopeaa alkukasvatuksessa, jonka jälkeen luuston kasvu tasoittuu. Luuston osuus teurasruhosta ei lisääny merkittävästi kasvatuksen edetessä. Lihaksiston kasvu alkaa hitaammin kuin luuston kasvu. Eläimen saavuttaessa sukukypsyytiän lihaksiston kasvu kiihtyy, ja se saavuttaa nopeimman kasvun vaiheen. Nopea lihaksiston kasvu ei kuitenkaan kestä kauaa. Lähestyttäessä teuraskypsyytiä lihaksiston kasvu on hidastunut olennaisesti. Selkälihaksen kasvu seuraa muun lihaksiston kasvua (kuva 4). Pintarasvan paksuus alkaa lisääntymään enenevässä määrin, kun lihaksen kasvu hidastuu (Lawrence ym. 2012).



**Kuva 4.** Selkälhaksen pinta-alan kasvu hidastuu loppukasvatuksen edetessä. Keskikokoiset rodut, kuva mukailtu karkearehualtaiseen ruokintaan (Hassen ym. 1998a, Schoonmaker ym. 2002, Roberts ym. 2007, Pinheiro ym. 2011, Lee ym. 2014, Pena ym. 2014, Coleman ym. 2016).

Sonnien ja hiehojen väliset erot lihaksikkuuden lisääntymisessä voidaan havaita selkälhaksen mittauksen kautta. Väki rehualtaisella loppukasvatusruokinnalla (85 % väkirehua) sarjassa tehdyissä selkälhaksen pinta-ala mittauksissa simmental-angus-risteytyssonnien selkälhaksen pinta-ala on kasvanut keskimäärin 6 % nopeammin kuin samanrotuisilla hiehoilla (kuva 5) (Hassen ym. 1998a).



**Kuva 5.** Sonnien ja hiehojen välinen ero selkälihaksen pinta-alan ultraäänimittaustuloksissa. Kokeessa oli 509 sonnina ja 72 hiehoa (Hassen ym. 1998a, uudelleen piirretty).

Rotutyypin ja ruokinta vaikuttavat selkälihaksen pinta-alan kasvuun. Pääterotujen risteytyseläimillä selkälihaksen pinta-ala on vieroituksen jälkeen 9–14 % suurempi kuin emorotujen risteytyseläimillä samassa elopainossa. Rodun sisäisesti eri sukulinjojen välinen ero voi olla samaa suuruusluokkaa (Wilkins ym. 2009). Selkälihaksen pinta-alan rotukohtainen ero pysyy lähes samana loppukasvatusvaiheessa aina teurastukseen saakka (Cottle & Kahn 2014).

Ruokinta vaikuttaa selkälihaksen kasvuun. Rotutyypit reagoivat ruokinnan rajoitukseen eri tavalla. Ruokinnan rajoitus hidastaa lihaksen kasvua enemmän pääteroduilla kuin emoroduilla (Cottle & Kahn 2014).

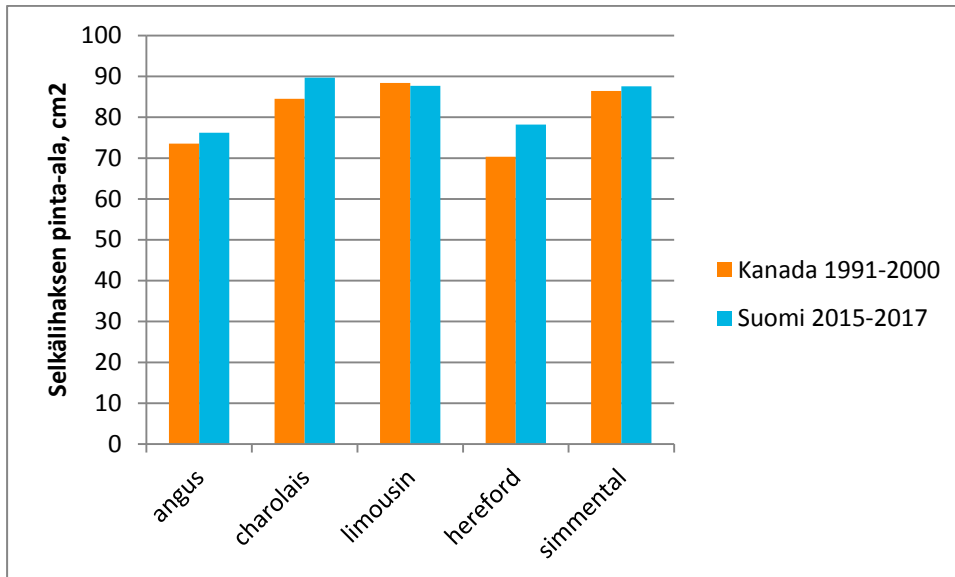
Keskimäärin vuoden ikäisten sonnien selkälihaksen pinta-ala on välillä 65–110 cm<sup>2</sup>. Selkälihaksen paksuuden ollessa yli 6,5 cm eläimet luokituvat pääsääntöisesti yli R- EUROP-lihakuusluokkaan.

Selkälihaksen pinta-alan (kuva 6) osalta ei ole havaittavissa vastaavaa eroa kanadalaisen ja suomalaisen aineiston välillä kuin pintarasvan (kuva 2) osalla. Aineistoissa voi olla havaittavissa EUROP-luokitusjärjestelmän vaatimus lihakkaista eläimistä, joka on voinut ohjata kasvatusasemille suuntautuneiden eläinten lihakuusominaisuuksia keskimääräistä korkeammalle tasolle. Toisaalta aineistossa voi olla kysymys myös jalostuksen eteenpäin menemisestä 20 vuoden aikana. Kysymyksessä voi olla myös suomalaisen pienemmän aineiston keskiarvosta muodostuva harha.

Suuntaa-antavat arviot vuoden iässä tehtäviin ultraäänimittauksiin (BIF 2010):

1. eläinten elopainon ollessa alle 450 kg selkälihaksen pinta-alan mittaustulos on keskimäärin 15,65 cm<sup>2</sup>/100 kg
2. eläinten elopainon ollessa yli 450 kg selkälihaksen pinta-alan mittaustulos on keskimäärin 14,22 cm<sup>2</sup>/100 kg

Esimerkiksi mittaushetkellä 450 kg ja 650 kg painoisten eläinten selkälihaksen pinta-alamittausten tulisi keskimäärin olla 70,4 cm<sup>2</sup> ja 92,4 cm<sup>2</sup>. Keskimääräistä heikompi selkälihaksen pinta-alamittaustulos voi merkitä keskimääräistä heikompa luokittumista teurastuloksissa. Lihakuusominaisuuksien jalostuksen kannalta on tärkeää karsia ne eläimet, jotka saavat selkälihaksen pinta-alan ja paksuuden mittaustuloksissa ryhmän heikoimpia arvoja (Tait 2016).



**Kuva 6.** Ultraäänimitattu selkilihaksen pinta-ala samanikäisistä sonneista Suomessa ja Kanadassa. Suomessa vuosina 2015–2017 mitattujen kasvatusasemasonniin ultraäänimittaustuloksien keskiarvot. Kuvan toinen ryhmä perustuu Schenkelin ym. (2004) tutkimukseen.

Ultraäänimittaustuloksen tarkkuus on haasteellisempaa saavuttaa erittäin lihaksikkailla eläimillä, joiden selkilihaksen koko on erittäin suuri (Bergen ym. 1996). Erittäin lihaksikkailla eläimillä selkilihaksen pinta-alan ultraäänimittaustulokset hieman aliarvioivat selkilihaksen todellista kokoa (Sugisawa ym. 2003).

Selkilihaksen pinta-alan periytyminen on keskimääräistä ( $h^2=0,29-0,58$ ) (Johnston ym. 1993, Shepard ym. 1996, Moser ym. 1998, Stelzleni ym. 2002, Crews ym. 2003, Nephawe ym. 2004). Bertrand ym. (2001) esittivät keskiarvona selkilihaksen pinta-alan periytyvyysasteeksi 0,47 ruhosta mitattuna ja 0,32 ultraäänimittauksella mitattuna. Geneettinen korrelaatio ruhosta mitatun ja ultraäänimitatun selkilihaksen pinta-alan välillä on korkea ( $r=0,54-0,85$ ) (Crews ym. 2003, MacNeil & Northcutt 2008). Ultraäänimitattu selkilihaksen pinta-ala on hyvä indikaattori arvioimaan vastaavaa ominaisuutta teurasruhosta.

### 3.2.1. Lihakkuusominaisuuksien ultraäänimittaustulos ja vaikutus muihin tuotanto-ominaisuuksiin

Tutkimustuloksissa on ollut vaihtelua selkilihaksen ultraäänimittaustuloksen ja ruhon lihakkuusominaisuuksien välillä (taulukot 2 ja 3). Ruhon lihasaannon ja selkilihaksen mittaustuloksen välillä on kohtuullisen korkea positiivinen riippuvuus ( $r=0,36-0,80$ ) (Doorley 2001, MacAodhain 2004). Vastavasti Pohjois-Amerikassa tehtyjen ruhon kaupallisen lihansaannon ja selkilihaksen pinta-alan välinen riippuvuus on keskimäärin 0,7 (Koch ym. 1982a, Shanks ym. 2001, Rios-Utrera ym. 2005). Vuoden painon ja selkilihaksen pinta-alan välillä on vastaava korrelaatio ( $r=0,51$ ) (Johnson ym. 1993, Veseth ym. 1993, Moser ym. 1998, Splan ym. 1998, Kemp ym. 2002) kuin selkilihaksen pinta-alan ja teuraspainon välillä ( $r=0,52$ ) (Pariacote ym. 1998, Shanks ym. 2001, Kemp ym. 2002, Rios-Utrera ym. 2005, MacNeil & Northcutt 2008). Tait ym. (2005) esittivät arvopalojen saannon ja selkilihaksen pintaalamittauksen väliseksi riippuvuudeksi 0,30. Trela & Choroszy (2011) raportoivat selkilihaksen paksuuden ja lihasaannon korrelaatioksi 0,73. EUROP-lihakkuusluokan ja selkilihaksen paksuuden korrelaatioksi on saatu 0,63 holstein-rotuisilla sonneilla (Pogorzelska-Przybylek ym. 2014). Selkilihaksen pinta-alan ja pintarasvan paksuuden välillä on negatiivinen riippuvuus, joka on keskimäärin -0,36 (Koch ym. 1982a, Wilson ym. 1993, Gregory ym. 1995, Rios-Utrera ym. 2005). Bailey ym. (1986) esittivät selkilihaksen pinta-alan ja ruhon luuosuuden korrelaation vaihteluväliksi -0,46–0,05.

Bailey ym. (1986) vertasivat eri painoissa mitattua selkälihaksen ultraäänimittaustulosta ruhon lihakuusarvoon holstein-friisiläisrotuisilla eläimillä ( $r=-0,16-0,57$ ). Heidän tutkimuksessaan riippuvuus oli korkeampi, kun eläimet mitattiin lähempänä teurasajankohtaa. Doorleyn (2001) ja MacAodhainin (2004) tutkimuksissa lihakuusluokan ja selkälihaksen pinta-alan välinen korrelaatio oli 0,40–0,60. Ultraäänellä ja teurasruhosta mitatun selkälihaksen pinta-alan välinen korrelaatio on lähes sama eri roduilla. Korrelaatio oli hieman suurempi lihaksikkaimmilla roduilla kuin emoroduilla (taulukko 4) (Török ym. 2009).

**Taulukko 4.** Ultraäänimittauksella saadun selkälihaksen pinta-alan yhteys ruhosta mitattuun pinta-alaan eri roduilla (Török ym. 2009).

Rotu	Ultraääni- ja ruhomittauksen korrelaatio
Angus	0,74
Charolais	0,80
Limousin	0,96
Simmental	0,74
Keskimäärin	0,83

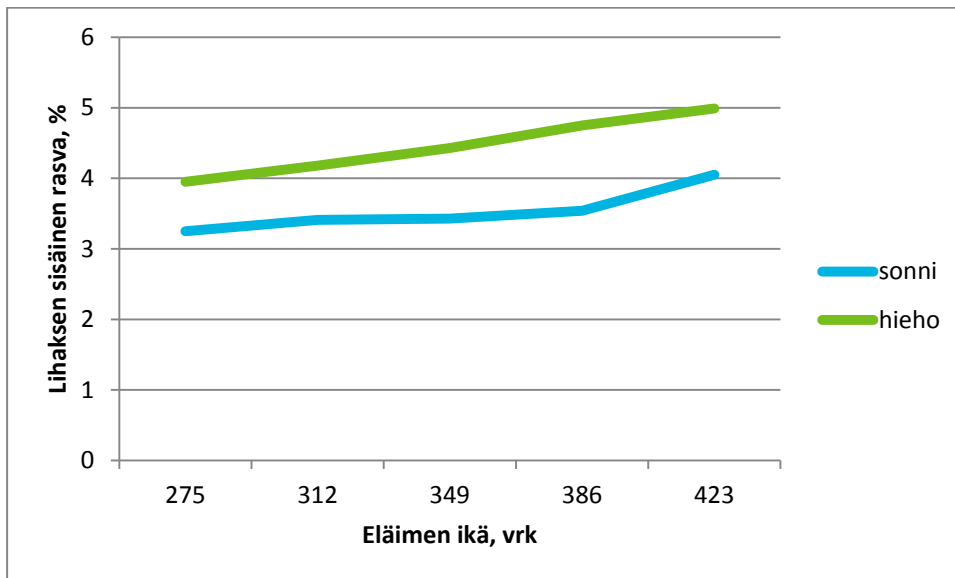
Saadut tulokset kertovat, että lihakuusominaisuuksia on mahdollista jalostaa ultraäänimittaustulosten perusteella. Selkälihaksen pinta-alan, vuoden painon ja teuraspainon välillä on kohtuullisen korkea korrelaatio. Tämä perusteella voidaan arvioida, että suurempaa selkälihaksen pinta-alaa valitsemalla eläinten aikuiskoko tulee kasvamaan (BIF 2010). Selkälihaksen pinta-alan ja poikimavälin välillä on heikko positiivinen korrelaatio ( $r=0,15$ ) samoin kuin sukukypsyysian ja selkälihaksen pinta-alan välillä ( $r=0,04$ ) (Splan ym. 1998). Selkälihaksen suurempi kasvu ja suurempi koko teurastusvaiheessa on yhdistetty alempaan residuaaliseen syöntiin eli tehokkaampaan rehujen hyväksikäyttöön (Lancaster ym. 2009). Havaitut korrelaatiot ovat matalia, joten vaikutukset emolehmäkarjaan ovat todennäköisesti vähäisiä. Samansuuntaiset riippuvuudet on havaittavissa suuremman aikuiskoon seurauksena.

### 3.3. Lihaksen sisäisen rasvan osuus eli marmoroituminen

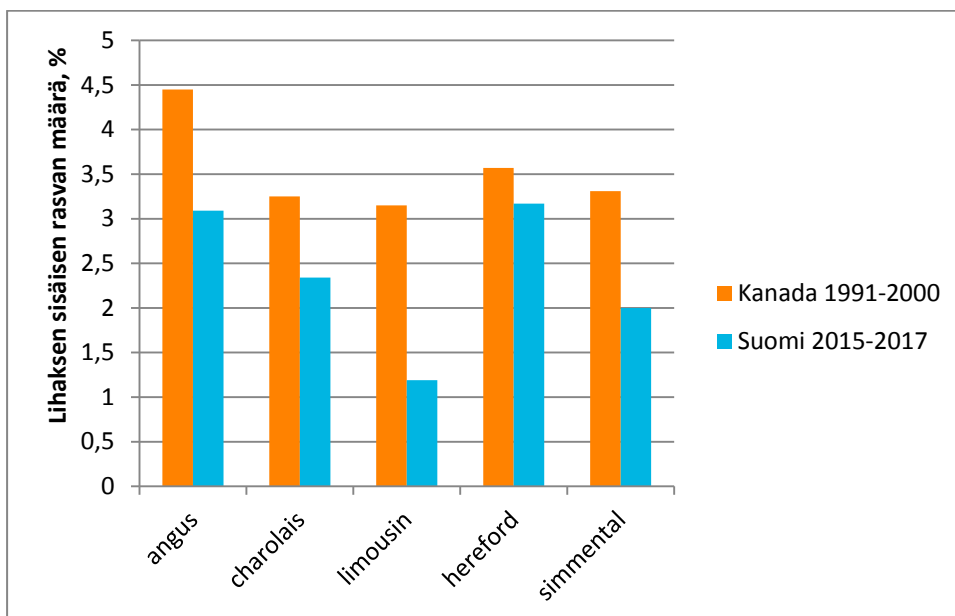
Lihaksen sisäisen rasvan osuutta voidaan mitata elävästä eläimestä ultraäänimittauksella. Lihaksen sisäisen rasvan osuus esitetään prosenttiosuutena selkälihaksen pinta-alasta. Lihaksen sisäisen rasvan osuuteen eli marmoroitumiseen vaikuttavat sukupuoli, rotu, eläinten perimä ja ruokinnan energiataso (Burns ym. 2004, Field 2007). Energian saannin ollessa riittävä ja eläimen kasvun hidastuessa eli teurasiän lähestyessä rasva kerääntyy eri kohtiin seuraavassa järjestyksessä: 1) suolilieve, 2) rintaja vatsaontelon väliset rakenteet, 3) nahanalaisrasvakudos, 4) lihaksien väliset rakenteet ja 5) lihaksen sisäinen rasva (Swatland 1984, Jones 2004, Lawrence ym. 2012). Samassa iässä ultraäänimitattujen hiehojen lihaksen sisäisen rasvan osuus on lähes aina korkeampi kuin sonnien (kuva 7) (Hassen ym. 1998a, Crews ym. 2003, MacNeil & Northcutt 2008).

Nurmisäilöhuhupohjaisella karkearehuruokinnalla lihaksen sisäisen rasvan osuus on keskimäärin 0–4,5 % (Aass ym. 2006). Pintarasvan määrä on usein yhteydessä lihaksen sisäisen rasvan määrään. Ns. vähärasvaisilla eläimillä lihaksen sisäisen rasvan määrän määrittäminen on perinteisillä ohjelmistoilla haasteellista. Kun selkälihaksen sisäisen rasvan määrää mitattiin ultraäänellä ja uudelleen teurasruhosta, havaittiin että lihaksen sisäisen rasvan määrän ollessa alle 0,5 % ultraäänimittauksella pystyttiin havaitsemaan lihaksen sisäisen rasvan esiintyminen vain 32 % tarkkuudella. Vastaavasti lihaksen sisäisen rasvan määrän ollessa alle 1,5 % esiintyminen havaittiin 79 % tarkkuudella. Tarkkaan määrittämiseen on päästy, kun lihaksen sisäisen rasvan määrä on noin 3,0–3,5 % tai yli (Amin ym. 1995). Reaaliaikaisella ultraäänimittauksella on kuitenkin saatu hyviä tuloksia myös vähärasvaisista eläimistä (Chambaz ym. 2002, Aass ym. 2006, 2009, Pena ym. 2014). Käytännössä ultraäänimittaustu-

los ja teurasruhosta mitattu lihaksen sisäisen rasvan määrä on vastannut parhaiten toisiaan, kun lihaksen sisäisen rasvan määrä on ollut välillä 2–6 %. Jos lihaksen sisäisen rasvan määrä on alle 2 tai yli 6 %, niin virhe mittauksien välillä kasvaa (Wilson ym. 1998, Upton ym. 1999, Hassen ym. 2001). Chambaz ym. (2002) havaitsivat, että nahkan paksuusmittaus olisi merkitsevänä tekijänä vähärasvaisilla eläimillä lihaksen sisäistä rasvaa mitattaessa. Aass ym. (2006) pitivät kuitenkin pintarasvan paksuutta tärkeämpänä kuin nahkan paksuutta. Reaaliaikaisen ultraäänimittauksen vähärasvaisten eläinten ohjelmistoa on tarkennettu pintarasvan osalta.



**Kuva 7.** Lihaksen sisäisen rasvan osuuden kehittyminen sonneilla ja hiehoilla väkirehuvaltaisella ruokinnalla. Kokeessa oli 509 sonnia ja 72 hiehoa (Hassen ym. 1998a, uudelleen piirretty).



**Kuva 8.** Lihaksen sisäisen rasvan määrä samanikäisistä sonneista Suomessa ja Kanadassa. Suomessa vuosina 2015–2017 mitattujen kasvatusasemasonniin ultraäänimittautuloksien keskiarvot. Kuvan toinen ryhmä perustuu Schenkelin ym. (2004) tutkimukseen.

Nurmisäilörehuun perustuvalla dieetillä lihaksen sisäisen rasvan muodostuminen on keskimäärin vähäisempää kuin enemmän väkirehua tai erityisesti maissia sisältävillä dieeteillä (kuva 8). Rotujen erot lihaksen sisäisen rasvan määrässä ovat kanadalaisessa ja suomalaisessa aineistossa samansuun-

taiset. Aineistossa voi korostua lihaksen sisäisen rasvan merkitys kanadalaisessa teurashinnoittelussa verrattuna EUROP-luokitukseen. EUROP-luokituksessa lihaksen sisäistä rasvaa ei ole pidetty tärkeänä. Taloudellisesti merkitykselliset ominaisuudet lisääntyvät populaatiossa tehokkaammin kuin merkityksettömät (Field 2007, Cottle & Kahn 2014).

### 3.3.1. Lihaksen sisäinen rasva ja rotu

Useissa perinteisissä ja suurissa naudanlihantuotantoon erikoistuneissa järjestelmissä teuraslaadun arviointiin kuuluu lihaksen sisäisen rasvan määrä. Rotujen teurasominaisuuksia on tutkittu ja raportoitu runsaasti. Useita tutkimuksia on myös tehty erilaisilla risteytyksillä ja arvioitu risteytyksen vaikutuksia lihaksen sisäisen rasvan määrään. Lukumääräisesti eniten erilaisia risteytystutkimuksia on raportoitu ns. ensimmäisen polven risteytyksinä, joissa tietyn rodun emot on tiineytetty toisen rodun sonnilla. Ensimmäisen polven risteytysjärjestelmässä saavutetaan ns. additiivinen geneettinen vaikutus eli erilaiset perinnölliset ominaisuudet täydentävät toisiaan. Heteroosivaikutus saavutetaan yleisesti lähes täydellisesti (Field 2007).

Laajimmat useiden satojen eläinten koeaineistot rotujen vertailusta on tehty Pohjois-Amerikassa (U.S. Meat Animal Research Center, USDA-ARS Germplasm Evaluation Program, GPE). Risteytysohjelma on edelleen toiminnassa, mutta eläinaineksen risteytysuhteet ovat muuttuneet vuosien saatossa. Tutkimuksen alkuvuosina perinteisestä kaksi- ja kolmiroturisteytysvaihtoehdosta tuotettiin runsaasti tutkimusmateriaalia (esim. Koch ym. 1976, 1979, Field 2007).

Lihaksen sisäisen rasvan osalta roduissa voidaan havaita selkeä ero. Brittiläisten rotujen, anguksen ja herefordin, lihaan kerääntyy enemmän lihaksen sisäistä rasvaa kuin ranskalaisiin pääterotuihin tai simmentaliin (Marshall 1994, Wilkins ym. 2009, Pesonen ym. 2012, 2013). Lihaksen sisäisen rasvan osuus on yleensä selvästi korkeampi angus-rodulla verrattuna muihin rotuihin. Yleensä runsaampi lihaksen sisäisen rasvan määrä on myös merkinnyt rasvaisempia ruhoja (mm. Koch ym. 1976, 1979, Marshall 1994, Cuvelier ym. 2006, Pesonen ym. 2012, Kayser & Hill 2013). Ultraäänimitatun lihaksen sisäisen rasvan määrän on angus-sonneilla havaittu vuoden iässä olevan keskimäärin 3,91 % (MacNeil ym. 2010) ja punaisilla angus-sonneilla keskimäärin 3,79 % (McAllister ym. 2011). Samassa iässä mitattujen sonnien ja hiehojen lihaksen sisäisen rasvan määrässä on havaittu selkeä ero. MacNeil & Northcutt (2008) mittasivat angus-hiehoilla lihaksen sisäisen rasvan osuudeksi keskimäärin 4,46 % ja vastaavasti angus-sonneilla 3,73 % samassa iässä. Crews ym. (2003) vertasivat simmental-hiehojen ja sonnien lihaksen sisäisen rasvan osuutta. Hiehojen lihaksen sisäisen rasvan osuus oli 3,40 % ja sonnien 2,68 %. Rodun sisäisesti eri jalostuslinjoilla voi olla huomattavia eroja lihaksen sisäisen rasvan määrässä (Crews ym. 2003, Wilkins ym. 2009, MacNeil ym. 2010, McAllister ym. 2011).

Risteyttämällä voidaan vaikuttaa lihaksen sisäisen rasvan osuuteen. Yleisesti vähän lihaksen sisäistä rasvaa omaavien rotujen lihaksen sisäisen rasvan osuutta saadaan risteytysohjelmilla nostettua (Koch ym. 1976, 1979, Marshall 1994, Pesonen ym. 2012, 2013, Coleman ym. 2016). Emorotu lisää pääterodun lihaksen sisäisen rasvan osuutta 20–35 % (Wilkins ym. 2009, Pesonen ym. 2012, 2013). Samassa pintarasvan paksuudessa esimerkiksi angus-hereford-risteyteläinten lihaksen sisäisen rasvan osuus on kuitenkin ollut selvästi matalampi kuin puhtasrotuisen anguksen (Koch ym. 1976, 1979, Marshall 1994) (taulukko 5).

Kasvatusaika voi vaikuttaa merkittävästi rotujen erilaiseen lihaksen sisäisen rasvan kertymiseen ja tietyn tavoitemäärän saavuttamiseen (Coleman ym. 2016). Chambazin ym. (2003) tutkimuksessa tavoitteena oli saavuttaa eri roduilla 3–4 % lihaksen sisäisen rasvan määrä. Kaikkien rotujen eläimet saavuttivat tavoitellun lihaksen sisäisen rasvan määrän. Angus-eläinten kasvatusaika oli kokeessa 205 päivää lyhyempi kuin limousin-eläinten. Limousin-eläinten teuraspaino oli myös 130 kg suurempi kuin angus-eläimillä (taulukko 6). Samansuuntaisen tuloksen havaitsivat Wheeler ym. (2004): kun teurasikä oli rajoitettu 471 päivään, angus-rotuiset eläimet saavuttivat korkeimman lihaksen sisäisen rasvan määrän suhteessa muihin vertailussa oleviin rotuihin. Toisaalta myös pintarasvan määrä oli anguksilla suurin.

**Taulukko 5.** Lihaksen sisäisen rasvan määrän vaihtelu härillä samassa teuraspainossa (280 kg) kahdella eri emärodulla ja kolmella isärodulla (Koch ym. 1976).

Ominaisuus	Emärotu	Isärotu				
		Angus	Hereford	Charolais	Limousin	Simmental
Loppukasvatus, pv	Angus	232	216	172	200	192
	Hereford	216	236	178	207	194
Rasvan paksuus, mm	Angus	17,6	16,8	8,2	9,8	9,9
	Hereford	15,9	14,3	7,1	9,6	8,3
Lihaksen sisäinen rasva, %	Angus	7,6	5,7	4,1	3,8	4,6
	Hereford	5,5	6,2	3,1	3,4	4,0
Selkilihaksen pinta-ala, cm <sup>2</sup>	Angus	71,2	71,7	80,8	82,5	78,1
	Hereford	71,9	69,7	77,9	81,6	77,3

**Taulukko 6.** Erirotuisten härkien teurastuloksia, kun tavoiteltiin yhtenäistä lihaksen sisäisen rasvan osuutta (3 %) (Chambaz ym. 2003).

	Angus	Charolais	Limousin	Simmental
Loppukasvatuksen kesto, pv	141	281	346	267
Päiväkasvu, kg/pv	1,30	1,22	1,03	1,18
Teuraspaino, kg	275	395	405	339
Teurasprosentti, %	54,3	57,9	61,5	54,1
Pintarasvan paksuus, mm	14	12	13	12
Lihaksen sisäinen rasva, %	3,23	3,25	3,27	3,25
Rasvaluokka, EUROP	4,6	3,9	4,1	4,1

Rotujen sisällä on yksilöiden välistä vaihtelua lihaksen sisäisen rasvan määrässä. Eläinvalinnoissa tulisi kiinnittää tähän huomiota, jos lihaksen sisäisen rasvan osuutta halutaan jalostuksellisesti lisätä. Jalostuksellisesti on mahdollista lisätä lihaksen sisäisen rasvan määrää. Edellytyksenä on tunnistaa yksilöt, joiden lihaksen sisäisen rasvan määrä on keskimääräistä korkeampi samalla dieetillä kuin muiden samassa ryhmässä olleiden eläinten (BIF 2010). Ulkomaisen eläinaineksen osalta voidaan käyttää suuntaa-antavana tietona lihaksen sisäisen rasvan jalostusindeksejä (IMF, Marb). Geneettinen korrelaatio runsaalla väkirehulla loppukasvatetun ja vain nurmella loppukasvatetun teurasaineiston välillä on korkea ( $r=0,96-1,0$ ). Geneettinen potentiaali runsaampaan lihaksen sisäisen rasvan määrään ilmentyy dieetistä riippumatta (Johnston ym. 2003a,b).

### 3.3.2. Lihaksen sisäisen rasvan periytyminen

Lihaksen sisäisen rasvan periytyminen on keskinkertaista. McAllister ym. (2011) esittivät lihaksen sisäisen rasvan periytyvyydeksi punaisella anguksella 0,38. MacNeil ym. (2010) saivat angus-sonneilla saman 0,38 periytyvyyden ja hiehoilla 0,40 periytyvyyden. Simmental-sonneille ja hiehoille lihaksen sisäisen rasvan osuuden periytyvyyden on esitetty olevan 0,31 (Crews ym. 2003). Ominaisuuden periytymistä esittävän luvun voidaan arvioida ilmaisevan prosenttiosuuden ominaisuuden fenotyyppisestä vaihtelusta, joka johtuu perinnöllisestä vaihtelusta. Ts. tällä arviolla voidaan muodostaa käsitys siitä, kuinka tehokkaasti ominaisuus vastaa valintaan. Lihaksen sisäisen rasvan osuudessa on tutkimuksissa vaihtelua. Vaihtelu johtuu rotujen erilaisista ominaisuuksista lihaksen sisäisen rasvan osuudessa. Suunnitelmallisessa risteytyksessä geneettinen vaihtelu ominaisuudessa on vähäisempää kuin



yksittäisissä roduissa (Gregory ym. 1995). Kun rotujen lihaksen sisäisen rasvan periytyvyys arvioidaan rodun sisäisesti, periytyvyys on keskimäärin 0,41 ja vastaavasti risteytyksillä 0,33 (Newman ym. 2002). Bertrand ym. (2001) esittivät lihaksen sisäisen rasvan osuudelle saman keskimääräisen periytyvyyden (0,41). Geneettinen ja fenotyyppinen keskihajonta on kohtuullisen samansuuntaista, vaikka periytyvyys vaihtelee jonkin verran tutkimuksissa (taulukko 7).

**Taulukko 7.** Keskihajonta ja periytyminen lihaksen sisäisen rasvan (%) määrälle, kun pintarasvan määrä on vakio (7,0 mm 12 kylkiluun kohdalta).

Rotu	Lihaksen sisäinen rasva, %	Geneettinen keskihajonta	Fenotyyppinen keskihajonta	Periytyvyys, $h^2$	Vaihteluväli	Lähde
Risteytys	10,5	1,80	2,84	0,40	0,27	Koch ym. 1982b
Puhdasrotuiset, useita rotuja	3,9	0,63	1,04	0,36	0,27	Gregory ym. 1995
Risteytykset	4,1	1,05	1,21	0,75	0,29	Gregory ym. 1995
Norjan punainen	1,25	0,33	0,46	0,51	0,37	Aass 1996
Risteytys	4,5	0,59	1,4	0,18	0,31	Pitchford ym. 2002

Yhteys lihaksen sisäisen rasvan ultraäänimittaustuloksen ja selkälihaksesta teurastuksen jälkeen mitatun lihaksen sisäisen rasvan osuuden välillä on korkea ( $r=0,52-0,84$ ) (Devitt & Wilton 2001, Crews ym. 2003, Meyer 2007, MacNeil & Northcut 2008, McAllister ym. 2011). Sonneilla lihaksen sisäisen rasvan mittaustulosten geneettinen korrelaatio on ollut hieman korkeampi kuin hiehoilla (Crews ym. 2003: 0,69 vs. 0,74, MacNeil & Northcutt 2008: 0,52 vs. 0,66). Tämä tarkoittaa, että pienissä aineistoissa kannattaa ensisijaisesti keskittyä sonnipopulaatioon. Lihaksen sisäisen rasvan ultraäänimittauksen perusteella voidaan tehdä eläinten valintaa, joka lisää lihaksen sisäisen rasvan määrää (Sapp ym. 2002, MacNeil & Northcut 2008).

Geneettinen korrelaatio ilmoittaa, miten tietyn ominaisuuden valinta vaikuttaa toiseen mitattuun ominaisuuteen ja millä todennäköisyydellä ominaisuus ilmenee. Geneettinen korrelaatio lihaksen sisäisen rasvan ja pintarasvan välillä vaihtelee tutkimusten mukaan välillä  $-0,13-0,53$  (taulukko 7). Tuloksien vaihteluväliin vaikuttaa todennäköisesti tutkimuksissa käytetty eläinainees. Lihaksen sisäisen rasvan osalta voidaan tehdä jalostusvalintaa ilman, että pintarasvan osuus välttämättä lisääntyy ja lihasaanto vähenee. Kumpaankin ominaisuuteen näyttäisi vaikuttavan jonkin verran mm. rotu ja käytetty rotuyhdistelmä. Toisaalta lihaksen sisäisen rasvan osuus vaikuttaa leikkuuvasteeseen geneettisesti suotuisasti (taulukko 8) (Koch ym. 1982b, Wilson ym. 1993, Gregory ym. 1995, Wheeler ym. 1996, 2001, 2004, 2005, Reverter ym. 2000, Devitt & Wilton 2001, Shanks ym. 2001, Kemp ym. 2002, Thallman ym. 2004 MacNeil & Northcut 2008).

**Taulukko 8.** Lihaksen sisäisen rasvan ja teurasominaisuuksien välinen geneettinen korrelaatio.

Rotu	Teuras-paino	Selkälihaksen pinta-ala	Rasvan paksuus	Sisälmys-rasva	Liha-saanto	Leikkuu-vaste	Lähde
Risteytys	0,25	-0,14	0,16	0,29	-0,37	-0,25	Koch ym, 1982b
Hereford	0,33	-0,01	0,19				Arnold ym, 1991
Angus	-0,06	-0,04	-0,13				Wilson ym, 1993
Risteytys	-0,03	-0,37	0,01		0,19	-0,55	Wheeler ym, 1996
Lukuisia rotuja	0,31	-0,02	0,44		-0,60	-1,0	Gregory ym, 1995
Angus	0,01	-0,50	0,26		-0,37		Reverter ym, 2000
Hereford	-0,49	0,28	0,39		-0,57		Reverter ym, 2000
Risteytys (teurasikä vakioitu)	-0,32	-0,61	0,30				Devitt & Wilton 2001
Risteytys (pintarasva vakioitu)	-0,03	-0,37					Devitt & Wilton 2001
Risteytys (teuraspaino vakioitu)		-0,35	0,41				Devitt & Wilton 2001
Simmental (teurasikä vakioitu)	0,30	0,46	0,17		0,01		Shanks ym, 2001
Simmental (teuraspaino vakioitu)		0,26	0,18		0,05		Shanks ym, 2001
Simmental (pintarasva vakioitu)	0,20	0,48			0,06		Shanks ym, 2001
Risteytys	0,44	-0,36	0,42		0,60	-0,30	Wheeler ym, 2001
Risteytys	-0,27	-0,36	0,20	-0,19		-0,56	Thallman ym, 2004
Risteytys	-0,98	-0,82	0,53		-0,77	-0,03	Wheeler ym, 2004
Risteytys	0,18	-0,50	0,46		-0,67	-0,46	Wheeler ym, 2005

Fenotyyppinen korrelaatio kuvaa ominaisuuden vaikutusta toiseen mitattuun ominaisuuteen. Fenotyyppisen rasvan paksuuden yhteys lihaksen sisäiseen rasvaan vaihtelee tutkimusten mukaan välillä 0,11–0,29. Käytännössä tämä merkitsee, että yksin rasvan paksuus selittää hyvin pienen osan (0,9–8,7 %) lihaksen sisäisestä fenotyyppisestä vaihtelusta. Fenotyyppinen korrelaatio lihaksen sisäisen rasvan ja leikkuuvasteen välillä ei ole tutkimusten mukaan yhtä voimakas kuin genotyyppinen korrelaatio. Vaikutus on kuitenkin kummassakin tapauksessa samansuuntainen (taulukko 9). On hyvin todennäköistä, että lihaksen sisäisen rasvan jalostukselliseen valintaan pystytään vaikuttamaan tarkentavasti genomisilla työvälineillä.

**Taulukko 9.** Lihaksen sisäisen rasvan ja teurasominaisuuksien välinen fenotyyppinen korrelaatio.

Rotu	Teuras-paino	Selkälihaksen pinta-ala	Rasvan paksuus	Sisälmys-rasva	Liha-saanto	Leikkuu-vaste	Lähde
Risteytys	0,13	0,03	0,24	0,18	-0,37	-0,12	Koch ym. 1982b
Angus	0,08	-0,01	0,12				Wilson ym. 1993
Risteytys	0,09	-0,06	0,14		0,18	-0,11	Wheeler ym. 1996
Lukuisia rotuja	0,13	-0,05	0,25		-0,43	-0,24	Gregory ym. 1995
Risteytys (teurasikä vakioitu)	0,04	-0,05	0,19				Devitt & Wilton 2001
Risteytys (pintarasva vakioitu)	0,15	0,04					Devitt & Wilton 2001
Risteytys (teuraspaino vakioitu)		-0,09	0,19				Devitt & Wilton 2001
Simmental (teurasikä vakioitu)	0,09	0,02	0,11		-0,16		Shanks ym. 2001
Simmental (teuraspaino vakioitu)		-0,03	0,11		-0,09		Shanks ym. 2001
Simmental (pintarasva vakioitu)	0,05	0,02			-0,07		Shanks ym. 2001
Risteytys	0,20	-0,10	0,29		0,34	-0,15	Wheeler ym. 2001
Risteytys	0,10	-0,04	0,22	0,03		-0,23	Thallman ym. 2004
Risteytys	0,05	-0,09	0,28		-0,49	-0,15	Wheeler ym. 2004
Risteytys	0,14	-0,10	0,17		-0,41	-0,15	Wheeler ym. 2005

### 3.3.3. Lihaksen sisäinen rasva ja erilaiset teurastavoitteet

Erilaiset teurastavoitteet, esimerkiksi tietty pintarasvan paksuus, teuraspaino tai teurasikä, vaikuttavat lihaksen sisäisen rasvan määrään. Simmental-rotuisilla eläimillä pintarasvan ja lihaksen sisäisen rasvan korrelaatio oli vakioidussa teurasiässä 0,17 ja vakioidussa teuraspainossa 0,18. Shanks ym. (2001) raportoivat korrelaation lihaksen sisäisen rasvan ja selkälihaksen pinta-alan välillä olevan vakioidussa teurasiässä 0,46, vakioidussa teuraspainossa 0,26 ja vakioidussa pintarasvan paksuudessa 0,48. Vastaavasti brittiläis- ja ranskalaisrotuisilla risteytseläimillä lihaksen sisäisen rasvan ja pintarasvan korrelaatio oli vakioidussa teurasiässä 0,30 ja vakioidussa teuraspainossa 0,41. Devittin & Wilsonin (2001) mukaan yhteys lihaksen sisäisen rasvan ja selkälihaksen pinta-alan välillä oli vakioidussa teurasiässä -0,61, teuraspainossa -0,35 ja pintarasvan paksuudessa -0,37. Kempin ym. (2002) tutkimuksessa vastaavat luvut olivat lihaksen sisäisen ja pintarasvan osalta 0,38 ja 0,29 sekä lihaksen sisäisen rasvan ja selkälihaksen pinta-alan osalta -0,10 ja -0,26 vakioidussa teurasiässä ja -painossa. Tutkimuksissa korostettiin riittävän suuren datan merkitystä eläinten perinnöllisten ominaisuuksien arvioinnissa. Tietomäärän lisääntyminen oli huomattavasti oleellisempaa kuin vakioitu teurastavoite.

Myös lihaksen sisäisen rasvan osuuden periytymisen arvioidaan vaihtelevan erilaisilla teurastavoitteilla. Teurasiän ollessa määrittävä tekijä lihaksen sisäisen rasvan periytyvyyden arvioidaan olevan 0,40. Vastaavasti teuraspainon ja pintarasvan ollessa määrittävä tekijä lihaksen sisäisen rasvan

periytyvyyden arvioidaan olevan 0,41 ja 0,35. Jos tavoitteena on tietty pintarasvan paksuus, lihaksen sisäisen rasvan periytyvyys on 0,20 tietyssä teurasiässä ja 0,21 tietyssä teuraspainossa. Vastaavasti jos tavoitteena käytetään teuraspainoa, lihaksen sisäisen rasvan periytyvyys on tietyssä teurasiässä 0,27 ja pintarasvan paksuudessa 0,41 (Rios-Utrera ym. 2005). Teurastavoitteet, joissa käytetään erilaisia biologisia päätepiteitä, tulisi käsitellä eri ominaisuuksina (Rios-Utrera ym. 2006).

### 3.3.4. Lihaksen sisäinen rasva ja jalostusvalinta

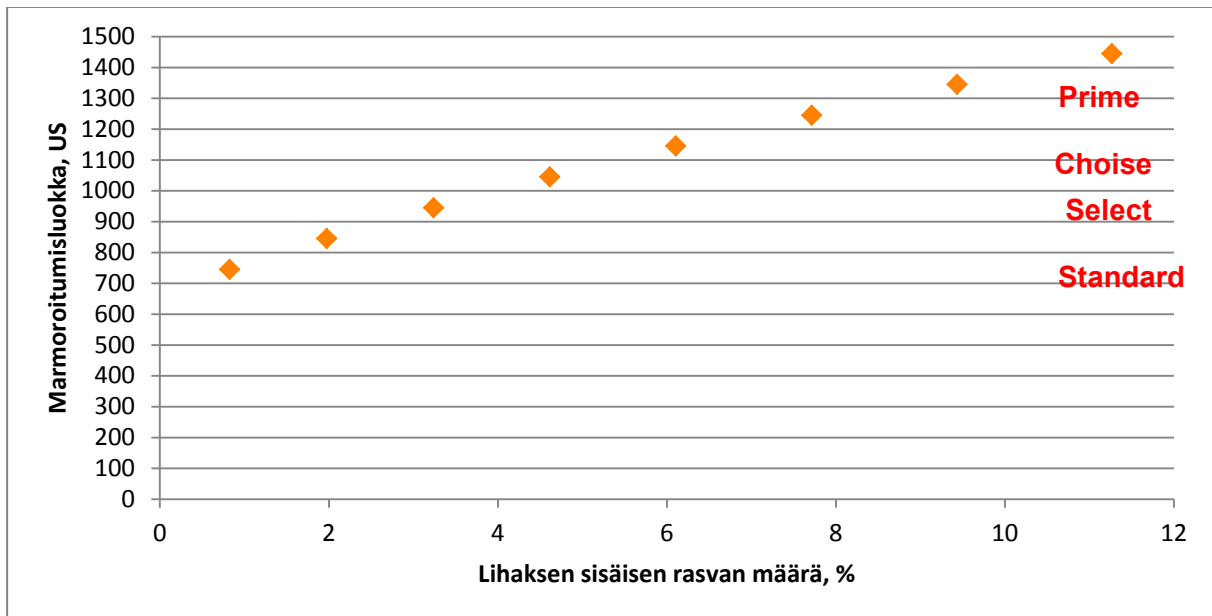
Perinnöllisyyden arviointi ja geneettiset korrelaatiot antavat viitearvoja sille, kuinka hyvin tiettyyn ominaisuuteen keskittyvä valinta ilmenee eläinpopulaatiossa ja kuinka valinta vaikuttaa toisiin ominaisuuksiin. Jalostusarvossa, joka on muodostettu sekä ultraäänimittaustuloksesta että teurasruhosta määritetystä lihaksen sisäisen rasvan määrästä, on vähemmän vaihtelua kuin jalostusarvossa, joka on muodostettu ainoastaan toisesta mitatusta ominaisuudesta (Crews ym. 2004). Lihaksen sisäisen rasvan osuuden ultraäänimittauksella on kuitenkin saatu vietyä ominaisuutta selvästi haluttuun suuntaan. Sapp ym. (2002) valitsivat ultraäänimittauksella kaksi ääripäätä lihaksen sisäisen rasvan osuudessa. Vähäisen ja runsaan lihaksen sisäisen rasvan osuuden sonniin jälkeläiset edustivat lihaksen sisäisen rasvan osuudessa keskimäärin käytettyjen siitossonniin arvoja loppukasvatuksessa.

Tietyn ominaisuuden jalostusarvolla voidaan ohjata eläinainesta haluttuun suuntaan. May ym. (1995) vertasivat kahdella eri vuosikymmenellä käytettyjen keinosiemennyssonniin jälkeläisiä. Jalostusarvojen painotus ja vaikutus oli jälkeläisissä selkeä. Suurempi teuraspaino, vähäisempi pintarasvan muodostuminen ja korkeampi lihaksen sisäisen rasvan määrä saavutettiin 20 vuotta myöhemmin tuotetun eläinaineksen avulla. Arvosteluvarmuudeltaan korkealla jalostusarvolla on odotettu vaikutus ominaisuuteen. Eläimet, joilla mitattiin suurempi lihaksen sisäisen rasvan osuus tietyssä iässä, pystyivät tuottamaan lihaksen sisäistä rasvaa valitulla ruokinnalla tehokkaammin ja aikaisemmin kuin vertailuryhmässä olleet muut eläimet (Gwartney ym. 1996).

Runsas tutkimusaineisto yli 30 vuoden ajalta viittaa kohtuullisen tarkasti siihen, että lihaksen sisäisen rasvan muodostuminen vaatii jonkinasteisen pintarasvan määrään. Bertrandin ym. (2001) mukaan geneettinen korrelaatio lihaksen sisäisen rasvan määrän ja pintarasvan määrän välillä on kuitenkin matala (-0,10–0,10), kun ominaisuudet ikäkorjataan. Lihaksen sisäisen rasvan määrää populaatiossa pystytään jalostuksellisesti lisäämään ilman pintarasvan lisääntymistä (Vieselmeier ym. 1996, Rios-Utrera ym. 2005, Bertrand 2009, Kayser & Hill 2013). Emerson ym. (2013) osoittivat, että korkeampi marmoroitumislukko ja lihaksen sisäisen rasvan määrä ovat merkittävästi yhteydessä matalampaan leikkuuvoimaan ja asiakasta miellyttävämpään lihan syöntilaatuun. Mooren ym. (2012) tekemässä laajassa teurastamoteollisuuskatsauksessa oli havaittavissa, että korkeimmat marmorointiluokat ja ruhon rahallisen arvon nousu vaativat keskimäärin 1,27 cm pintarasvan paksuuden. Korkeammat marmorointiluokat ja ruhon arvon nousu saavutetaan keskimäärin, kun lihaksen sisäisen rasvan osuus on yli 3,90 % (kuva 9). Keskimääräisenä arvona yli 1,0 cm pintarasvan paksuus on korkea ja merkitsee kohtuuttoman suurta määrää yllirasvaisia ruhoja, varsinkin eurooppalaisessa järjestelmässä. Vähintään 2,0 % lihaksen sisäisen rasvaa riittää syöntilaadultaan miellyttävän mehukkaaksi koetun lihan muodostumiseen (Hocquette ym. 2011). Optimaalisena lihaksen sisäisen rasvan määränä Euroopassa pidetään 3–4 % pitoisuutta (Goutefongea & Valin 1978, Denoyelle & Lebihan 2004). Eurooppalaisen eläinaineksen, erityisesti ranskalaisten rotujen, lihaksen sisäisen rasvan jalostuksessa on haastetta, koska ultraäänimittaustuloksien ja kemiallisten analyysituloksien välisiä tutkimuksia on hyvin vähän. Ultraäänimittaus ei välttämättä anna riittävän tarkkaa tulosta ilman muodostettuja korrelaatiokertoimia. Pohjoisamerikkalaisia ja australialaisia tuloksia ei voida pitää suoraan vertailukelpoisina Eurooppaan, koska käytetty eläinaineksen on erilaista. Euroopassa teurastetaan sonneja, teurasiat ovat korkeampia, eläimet ovat vähärasvaisempia ja liha valmistetaan korkeammassa lämpötiloissa kuin Pohjois-Amerikassa tai Australiassa (Renand ym. 2003).

Jalostusindeksien muodostamiseen tarvitaan aina lihaksen sisäisen rasvan määrän kemiallinen analyysi ja korrelaatio ultraäänimittaustuloksien kanssa (ICAR 2008, BIF 2010, Cottle & Kahn 2014).

Selkälihaksesta mitattu lihaksen sisäisen rasvan määrä on yhteydessä myös muiden lihasten sisäisen rasvan määrään. EUROP-rasvaluokkaa ei voida käyttää lihaksen sisäisen rasvan arvioinnissa teurasruhon osalta. Mahdollisina määrittäytapoina voidaan pitää NIR-analyysiä tai luokitusta. Mahdollisena vaihtoehtona voidaan pitää myös olemassa olevia lihaksen sisäisen rasvan luokitusjärjestelmiä, jos asteikkoa muutetaan alemmaksi (Konarska ym. 2017).



**Kuva 9.** Marmoroitumislukan ja lihaksen sisäisen rasvan määrän yhteys (Rouse ym. 2000, uudelleen piirretty).

Genomiset työvälineet ovat antaneet mahdollisuuden tunnistaa ne eläimet, joiden geneettiset ominaisuudet puoltaisivat helpompaa lihaksen sisäisen rasvan muodostumista. Tällaisten yksilöiden tunnistaminen mahdollistaa eläinten valinnan ilman ylimääräisen pintarasvan muodostumista. Eläimet, joilla on geneettinen potentiaali lihaksen sisäisen rasvan muodostumiseen, voidaan kasvattaa eri tavalla ja erilaisille markkinoille kuin eläimet, joilla geneettistä potentiaalia ei ole. Tuotannon tehokkuus kasvaa, koska tuotantopanokset voidaan ohjata oikeisiin toimenpiteisiin. Jalostuksellisesti ominaisuuden esiintyvyyttä ja jalostusarvon tarkkuutta pystytään lisäämään genomisten jalostusarvojen avulla selvästi (MacNeil ym. 2011).

Eläinten geneettistä potentiaalia lihaksen sisäisen rasvan muodostumisen osalta voidaan selvittää geenitestin avulla. Kaupalliset geenitestit perustuvat tyroglobuliini-geenin (TG5) eri muotojen (T3 ja T4) esiintymiseen. Tyroglobuliini on 132 tyrosiinimolekyylistä ja lukuisista muista aminohapoista muodostunut proteiini, joka esiintyy kilpirauhasessa. Tyroglobuliini toimii kilpirauhashormonien varastona. Kilpirauhashormonit osallistuvat rasva-aineenvaihduntaan. Tyroglobuliinigeenin T3 alleelin on osoitettu olevan yhteydessä runsaampaan lihaksen sisäiseen rasvan määrään (Wood ym. 2006). T3 alleelissa on kolme eri genotyyppiä (CC, CT ja TT). TT-muodon on osoitettu olevan yhteydessä helpompaan marmoroitumispotentiaaliin useilla eri roduilla ja risteytyksillä (Wood ym. 2006, Anton ym. 2013). Myös leптиini-geenin TT-muoto on yhteydessä korkeampaan marmoroitumispotentiaaliin (Anton ym. 2011).

Geenitestiä voidaan käyttää jalostuskarjoissa geneettisen ominaisuuden lisäämiseen populaatiossa. Geenitestien osoittama korkeampi potentiaali on todentunut teurastuloksissa odotetusti (Gonda ym. 2012, Zuidema ym. 2017). Geenitestien hinnat ovat edelleen korkeita käytettäväksi rutiinitoimenpiteinä loppukasvatuksessa. Geenitestien kustannus on noin \$40/eläin. Loppukasvattajalle muodostuva lisäarvo eläintä kohden vaihteli \$1–\$13 välillä. Geenitestien käyttö tulisi suunnata erityisesti jalostuseläinpopulaatioon lisäämään haluttuja ominaisuuksia (Thompson ym. 2016).

### 3.3.5. Lihaksen sisäinen rasva ja sen vaikutus emolehmäkarjaan

Emolehmän aikuiskoon ja jälkeläisen lihaksen sisäisen rasvan osuudella on osoitettu olevan heikko negatiivinen korrelaatio (aikuispaino  $r=-0,15$ , aikuistakakorkeus  $r=-0,17$ ). Emolehmän kuntuoluokalla ei ole osoitettu olevan yhteyttä jälkeläisen marmoroitumisominaisuuksiin ( $r=-0,03$ ). Emolehmän kuntuoluokka on kuitenkin keskinkertaisesti korreloitunut jälkeläisen pintarasvan paksuuteen ( $r=0,30$ ). Emolehmän aikuiskoko ja elopaino ovat selkeästi yhteydessä korkeampaan jälkeläisten teuraspainoon ( $r=0,81$ ) (Nephawe ym. 2004).

Aikaisemmissa, Norjan punaisella rodulla tehdyissä, tutkimuksissa lihaksen sisäisen rasvan määrän on arvioitu olevan vähäisempää korkean maitotuotoksen omaavien keinosiemennyssonniin jälkeläisillä verrattuna matalamman maitotuotoksen omaaviin keinosiemennyssonniin jälkeläisiin (Aass & Vangen 1997). Liharotuisilla risteytyseläimillä kuitenkin yhteys emon maidontuotannon tason ja lihaksen sisäisen rasvan määrän välillä on ollut positiivinen ( $r=0,28$ ) (Splan ym. 2002). Myöhemmissä geenitasolle menevissä tutkimuksissa on havaittu samansuuntaisia yhteyksiä lihaksen sisäisen rasvan määrässä ja maitorasvan tuotannossa. T3 alleelin TT muodon omaavat lehmät voivat tuottaa enemmän maitorasvaa kuin muiden alleelimuotojen lehmät. Toisaalta leptiini-geenin CC-muodon omaavat simmental-lehmät tuottivat merkittävästi enemmän maitovalkuaista kuin lehmät, joilla kyseistä geenimuotoa ei ollut (Anton ym. 2012). Korkeampi maitotuotos ja maidon korkeampi rasvapitoisuus on ollut yhteydessä vasikan parempaan kasvuun ennen vieroitusta (Brown ym. 2001, 2002, Brown & Lalman 2010, Contreras ym. 2015).



Kuva: Maiju Pesonen

## 4. Eri kudosten kasvu

Naudan eri kudosten kasvua ja kehittymistä on tutkittu ns. sarjassa teurastettujen eläinten ja näistä mitattujen leikkuutulosten avulla. Sarjateurastukset ja ruhojen leikkuukokeiden kustannukset ovat korkeita. Kudosten kasvun määrittämiseksi tarvitaan lukumääräisesti paljon eläimiä, jotta voidaan muodostaa oikea käsitys ominaisuuksien muutoksesta. Tällaisia kokeita on tehty melko vähän ja pääsääntöisesti tulokset ovat jo hyvin vanhoja.

### 4.1. Sarjateuraskokeet

Stringerin ym. (1968) tutkimuksessa oli loppukasvatuksessa 200 kappaletta angus- ja hereford-ististä peräisin olevia eläimiä, joita kasvatettiin 139 päivää. Teurastukset tehtiin 40 eläimen ryhmissä 28 päivän välein. Loppukasvatustaiheeseen kudosten kasvusta saatiin tiedot 139 päivän iästä 251 päivän ikään saakka. Zinnin ym. (1970) kokeessa oli 200 hereford-hiehoa ja härkää samanlaisella dieetillä. Loppukasvatus aloitettiin keskimäärin 8 kuukauden iässä ja eläimet teurastettiin 20 eläimen ryhmissä 30 päivän välein. Jesse ym. (1976) kasvattivat 56 hereford-rotuista eläintä neljällä eri dieetillä. Teurastukset ja leikkuukokeet tehtiin 227, 341, 454 ja 545 kg:n elopainoissa. Barberin ym. (1981) kokeessa oli 56 angus- ja 56 charolais-eläintä kahdella eri energiasisältöisellä dieetillä. Eläimet teurastettiin samassa rasvan paksuudessa. Angus-eläinten elopainot olivat 267, 409, 472 ja 534 kg. Charolais-eläinten elopainot olivat vastaavasti 270, 516, 602 ja 681 kg. Cianzion ym. (1982) kokeessa eläinten lukumäärä oli pienempi. Kokeen etuna voidaan kuitenkin pitää teurastuksia, jotka tehtiin kahden kuukauden välein 11 kuukauden iästä 19 kuukauden ikään. Nour ym. (1983) kasvattivat 145 holstein- ja angus-eläintä. Eläimet teurastettiin 45 kg välein seuraavissa elopainoissa: angus 363–544 kg ja holstein 454–635 kg. Reilingin (1991) kokeessa oli 100 härkää ja 99 sonnia, jotka olivat syntyneet maaliskuis- ja huhtikuulla. Eläinten perimä oli samanlainen. Eläimet oli jaettu kahteen eri kokoluokkaan (framescore). Eläimet teurastettiin kolmessa eri ryhmässä seuraavan vuoden kesä-, heinä- ja elokuussa.

### 4.2. Eläinten kasvu kokeissa

Kokeissa eläinten elopaino ja teuraspaino on lisääntynyt kasvatuksen edetessä. Eläinten kasvu kuitenkin hidastuu kasvatuksen loppua kohden (Stringer ym. 1968, Zinn ym. 1970, Barber ym. 1981). Reiling (1991) havaitsi, että kasvu lisääntyy kasvatuksen alussa, saavuttaa tasanvaiheen kasvun edetessä ja loppukasvatustaiheessa jopa pysähtyy kaikilla rotutyypeillä ja sukupuolilla. Kasvun hidastumisen on osoitettu olevan yhteydessä lisääntyneeseen rasvamäärään (Stringer ym. 1968, Reiling 1991). Charolais-eläimet pystyivät tehokkaammin ylläpitämään kasvua verrattuna angus-eläimiin loppukasvatustaiheessa (Barber ym. 1981). Samansuuntainen vaikutus on havaittavissa eri kokoluokkien välillä. Isomman kokoluokan eläimet pystyvät säilyttämään päiväkasvun paremmin kuin pienemmän kokoluokan eläimet (Reiling 1991). Samanikäinen suuremman kokoluokan eläin ei ole saavuttanut samaa kypsyyssastetta samassa elopainossa kuin pienemmän kokoluokan eläin (Verde & Trenkle 1987). Isomman kokoluokan eläin kasvattaa enemmän lihasta suhteessa rasvakudokseen samassa painossa kuin pienemmän kokoluokan eläin (Miller ym. 1987). Saman rotutyypin isomman kokoluokan eläimen kasvu on noin 13,6 % nopeampaa kuin samassa elopainossa olevan pienemmän kokoluokan eläimen (Reiling 1991). Samassa kokeessa sonnit kasvoivat keskimäärin 7,6 % nopeammin kuin härät ensimmäisen 173 päivän ajan, 5,8 % nopeammin seuraavan 30 päivän ajan (loppukasvatuksen kesto 203 päivää) ja 5,1 % nopeammin viimeisen 29 päivän ajan (loppukasvatuksen kesto 232 päivää) (Reiling 1991).

### 4.3. Lihaksen kasvu kokeissa

Selkälihaksen pinta-ala kasvaa eläimen teuraspainon kasvaessa. Selkälihaksen pinta-alan kasvu ei kuitenkaan ole suhteessa teuraspainon kasvuun. Lihaksen kasvu hidastuu suhteessa muiden kudosten, esimerkiksi rasvakudoksen, kasvuun kasvatuksen loppua kohden (Stringer ym. 1968). Leikkuukokeissa ja kudosten kemiallisten analyysien perusteella laskettiin, että ruhon valkuaisen määrä väheni 18,39 prosentista 13,4 prosenttiin, kun eläinten elopaino teurastettaessa nousi 227 kilogrammasta 545 kilogrammaan (Jesse ym. 1976). Charolais-eläinten selkälihaksen pinta-ala oli keskimäärin suurempi jokaisessa kasvatuksen vaiheessa suhteessa angus-eläinten selkälihaksen pinta-alaan. Selkälihaksen pinta-ala kasvoi kuitenkin kummallakin rodulla samassa suhteessa verrattuna teuraspainoon (Barber ym. 1981). Reilingin (1991) kokeessa sonnien selkälihaksen pinta-ala kasvoi teuraspainon kasvaessa, mutta härillä vastaavaa selkälihaksen pinta-alan kasvua ei havaittu. Oletuksena esitettiin, että koska sonnien pintarasvan paksuus ei lisääntynyt samassa suhteessa härkien pintarasvan paksuuteen, sonnit pystyivät tehokkaampaan lihaksen tuotantoon kuin härät.

### 4.4. Pintarasvan paksuus kokeissa

Pintarasvan paksuus lisääntyi eniten loppukasvatuksen 167–195 päivän kohdalla ja tämän jälkeen pintarasvan paksuus pysyi kohtalaisen tasaisena. Pintarasva mitattiin ruhosta 12 kylkiluun kohdalta (Stringer ym. 1968). Samoin Reilingin (1991) kokeessa rasvan paksuus lisääntyi eniten loppukasvatuspäivien 173 ja 204 välillä. Ison kokoluokan sonneilla pintarasvan paksuus ei lisääntynyt juuri ollenkaan koko kokeessa. Arthaudin ym. (1977) kokeessa oli kaksi väkirehutasoa 850 g/kg ka ja 652,5 g/kg ka loppukasvatusdieetissä. Sonnit teurastettiin 12, 15, 18 ja 24 kuukauden iässä. Pintarasvan paksuus mitattiin 12 kylkiluun kohdalta. Pintarasvan paksuus oli kummallakin dieetillä 12 kuukauden iässä 6 mm. Pintarasvan paksuus pysyi ennallaan matalammalla väkirehutasolla 15 kuukauden ikäisillä eläimillä, mutta kasvoi korkeammalla väkirehutasolla 2 mm samassa iässä. 18 kuukauden iässä pintarasvan paksuus oli vastaavasti 7 mm ja 8 mm eri väkirehutasoilla ja 24 kuukauden iässä 9 mm ja 11 mm. Jesse ym. (1976) havaitsivat, että ruhon rasvan osuus lisääntyi 17,25 prosentista 38,11 prosenttiin elopainon noustessa 227 kilogrammasta 545 kilogrammaan. Tässä tutkimuksessa rasvan osuuden lisääntyminen painottui selkeästi kasvatuskauden loppua kohden. Eläimet alkoivat rasvoittumaan elopainon noustessa yli 341 kg.

### 4.5. Myytävän lihan saanto ja syöntilaatu

Jos pintarasvan paksuus lisääntyy kasvatuksen edetessä, myytävän lihan osuus vähenee. Väkirehuvallaisella loppukasvatusdieetillä härkien pintarasvan paksuus lisääntyi merkittävästi ja myytävän luutoman lihan osuus laski eläimen iän ylittäessä 460 päivää (Zinn ym. 1970). Sonneilla vastaavaa muutosta kohtuullisissa teuraspainoissa ei ollut havaittavissa. Eläinten kokoluokka vaikutti myytävän lihan saantoon samansuuntaisesti. Ison kokoluokan eläimillä myytävän lihan saanto oli suurempi, ja teuraspainon nousu ei lisännyt pintarasvan paksuutta yhtä paljon kuin pienemmän kokoluokan eläimillä samanlaisella dieetillä (Reiling 1991). Stringerin ym. (1968) kokeessa lihasaanto ei lisääntynyt teuraspainon lisääntyessä. Suurin syy tähän oli pintarasvan määrän kohtuuton lisääntyminen.

Lihaksen sisäisen rasvan määrä lisääntyi kokeissa kasvatuksen edetessä (Stringer ym. 1968, Reiling 1991). Zinn ym. (1970) esittivät, että lihaksen sisäisen rasvan lisääntyminen ei ole suoraviivainen tapahtuma. Heidän mukaansa lihaksen sisäinen rasva lisääntyy portaittain 60–90 päivän jaksoissa. Angus-rotuisilla eläimillä lihaksen sisäisen rasvan määrä lisääntyi keskimäärin 472 kilogramman elopainoon saakka ja tämän jälkeen pysyi vakiona. Charolais-rotuisilla eläimillä vastaava tapahtui 602 kilogramman elopainoon saakka (Barber ym. 1981). Cianzio ym. (1982) havaitsivat selvän yhteyden pintarasvan ja lihaksen sisäisen rasvan välillä. Lihaksen sisäinen rasva lisääntyi samassa suhteessa kuin pintarasva.



## 4.6. Kudosten kasvu kokeissa

Kokeissa eri kudokset näyttävät kasvavan lineaarisesti teuraspainon noustessa. Brittiläisten rotujen pintarasvan paksuuden on esitetty lisääntyvän 0,009–0,011 cm/kg teuraspainoa (Dinkel ym. 1969, Jesse ym. 1976). Angus-rotuisilla pintarasvan paksuuden on osoitettu lisääntyvän 0,008 cm/kg teuraspainoa (Barber ym. 1981, Nour ym. 1983), hereford-rodulla vastaavasti 0,007 cm/kg teuraspainoa (Fahmy & Lalande 1975) ja charolais-rodulla 0,001–0,004 cm/kg teuraspainoa (Fahmy & Lalande 1975, Barber ym. 1981). Holstein-rotuisilla pintarasva on lisääntynyt 0,004 cm/kg teuraspainoa (Nour ym. 1983).

Selkälihaksen pinta-alan koko lisääntyi kokeissa lineaarisesti. Brittiläisillä roduilla selkälihaksen pinta-ala kasvoi 0,12–0,13 cm<sup>2</sup>/kg teuraspainoa (Dinkel ym. 1969, Jesse ym. 1976). Charolais-rodulla selkälihaksen pinta-ala kasvoi 0,15 cm<sup>2</sup>/kg teuraspainoa (Barber ym. 1981). Nour ym. (1983) havaitsivat samansuuntaisen selkälihaksen pinta-alan kasvun angus-rotuisilla eläimillä (0,118 cm<sup>2</sup>/kg teuraspainoa) ja vastaavasti holstein-rotuisilla 0,074 cm<sup>2</sup>/kg teuraspainoa.

Lihaksen sisäisen rasvan määrä on myös lisääntynyt kokeissa suoraviivaisesti teuraspainon kasvaessa. Zinn ym. (1970) esittivät lihaksen sisäisen rasvan lisääntyvän 0,022 % /kg teuraspainoa, vastaavasti Jesse ym. (1976) saivat luvuksi 0,025 % /kg teuraspainoa. Keskimäärin lihaksen sisäinen rasva lisääntymisen laskettiin olevan 0,027 % /kg teuraspainoa (Dinkel ym. 1969, Barber ym. 1981, Nour ym. 1983).

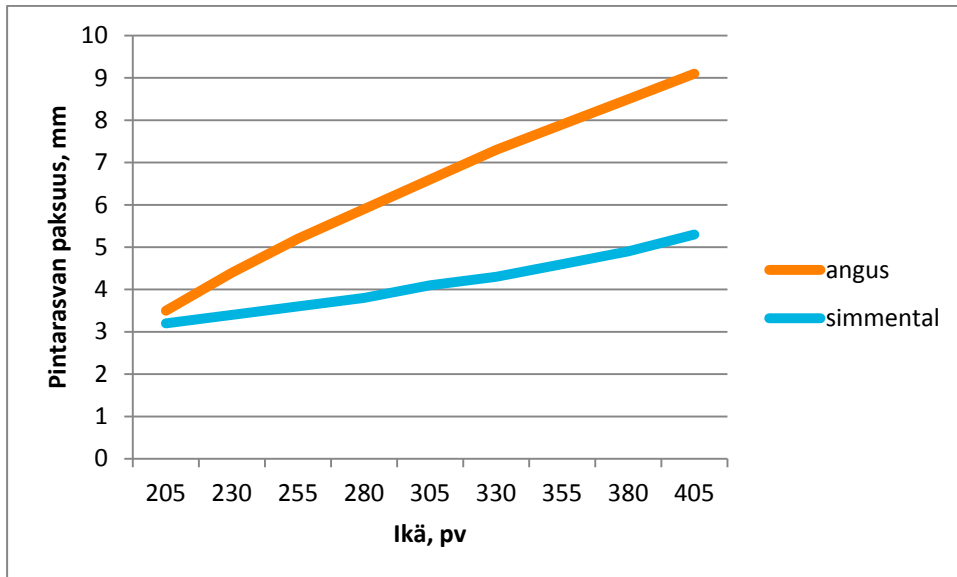
Tuloksia ei voida suoraan verrata suomalaisen eläinainekseen, koska tulokset kokeissa on laskettu härille ja väkirehuvaltaisella loppukasvatusruokinnalla.

## 4.7. Ultraäänimittaustulosten muutos kasvatuksen aikana

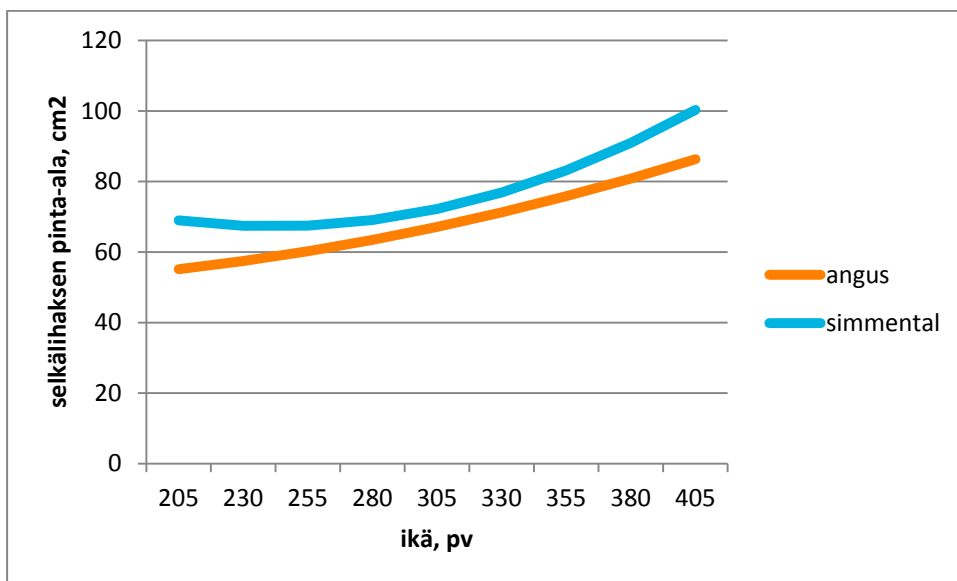
Kasvatuksen edetessä tehtyjä ultraäänimittauksia käytetään, jotta saadaan muodostettua käsitys siitä, miten eri kudoksien paksuus ja/tai pinta-ala muuttuu. Sarjassa tehtyjä mittauksia tarvitaan lukumääräisesti paljon eläimistä, joiden kasvatusolosuhteet ovat yhteneväisiä. Sarjassa tehtyjä ultraäänimittauksia on käytetty erilaisten korjauskertoimien muodostamiseen.

Duellon (1993) väitöskirjatyön yhteydessä ultraäänimitattiin kahden eri rotutyypin sonneja. Angus-sonneja mitattiin 264 ja simmental-sonneja 189. Sonnien kasvutavoite oli 1360 g/pv. Kasvatukseen kesto oli 80–100 päivää. Sonnit ultraäänimitattiin kasvatuskokeen aikana neljä kertaa. Angus-sonnien alkupaino oli keskimäärin 379 kg ja loppupaino 509 kg. Vastaavasti simmental-sonnien alkupaino oli 384 kg ja loppupaino 520 kg. Ultraäänimittausten perusteella muodostettiin pintarasvan paksuuden ja selkälihaksen pinta-alan osalta kahdelle eri rodulle malli siitä, miten kudokset kasvavat suhteessa eläimen ikään ja painoon (kuvat 10 ja 11).

Sonneilla on tehty hyvin vähän ns. sarjateurastuskokeita. Pääosin isot koesarjat on tehty härillä ja osin hiehoilla. Lisäksi kokeet on suoritettu väkirehuvaltaisella loppukasvatusruokinnalla. Edellisiin kappaleisiin viitaten pintarasvan määrä lisääntyi lähes suoraviivaisesti teurasiän ja -painon lisääntyessä. Duellon (1993) materiaalissa sonnit ruokittiin rajoitetulla 50 % väkirehutasolla. Angus-sonneilla ultraäänimitattu pintarasva lisääntyi kasvatuskokeen alun 5,6 mm paksuudesta 7,3 mm paksuuteen. Simmental-sonneilla pintarasvan muutos oli vähäisempää, alussa 3,7 mm ja lopussa 4,3 mm. Sama huomio tehtiin Reilingin (1991) kokeessa, jossa ison kokoluokan sonneilla pintarasvan paksuus ei lisääntynyt merkitsevästi edes väkirehuvaltaisella ruokinnalla.



**Kuva 10.** Pintarasvan lisääntyminen simmental- ja angus-sonneilla samalla ruokinnalla (arvot muodostettu lineaarisen ja toisen asteen regressiomallin avulla, jossa otetaan huomioon eläinten elopaino, koko ja ikä) (Duello 1993, uudelleen piirretty).



**Kuva 11.** Selkälihaksen pinta-alan kehittyminen simmental- ja angus-sonneilla samalla ruokinnalla (arvot muodostettu lineaarisen ja toisen asteen regressiomallin avulla, jossa otetaan huomioon eläimen elopaino, koko ja ikä) (Duello 1993, uudelleen piirretty).

Selkälihaksen koko on sarjateurastuskokeissa kasvanut eläinten teuraspainon noustessa. Selkälihaksen koon kasvu ei kuitenkaan ole lisääntynyt yhtä paljon kuin teuraspaino. Tästä on muodostettu käsitys eläinten lihaskudoksen kasvun hidastumisesta, kun eläimet saavuttavat tietyn teuraskypsyyden (Stringer ym. 1968, Barber ym. 1981, Reiling 1991). Duello (1993) havaitsi ultraäänimittauksen kautta vastaavan lihaksen kasvun hidastumisen angus-sonneilla mutta ei simmental-sonneilla. Tämän oletetaan kuvaavan eri rotutyypin ja eri kokoluokissa olevien sonnien eroja kasvurytmissä ja aikuiskoossa. Simmental-sonnit eivät saavuttaneet samassa iässä vastaavaa kasvu/kypsyyssastetta kuin angus-sonnit. Selkälihaksen kasvussa ei havaittu vastaavaa hidastumista verrattuna angus-sonneihin. Simmental-rotuominaisuudet tulivat esille todennäköisesti myös kasvatuskokeen alussa. Runsas-maitoisten emojen vasikoiden lihaksen kehitys ei pysynyt ruokinnan muutoksen tapahtuessa aivan samalla tasolla, vaan palautui viiveellä (kuva 11).

## 5. Ultraäänilaitteet ja -tarvikkeet

Markkinoilla on useita erilaisia laitteita ja malleja. Käytännössä kaikki ultraäänilaitteet koostuvat samoista toiminnallisista osista. Laitteistojen ohjelmistoissa voi olla eroja, jotka pitää ottaa huomioon laitteeseen investoitaessa.

### 5.1. Laite

Ultraäänilaitteen tarkoitus on muuntaa anturilta tuleva kaiku tulkittavaksi kuvaksi näytölle. Eläinten kudosten koostumuksen mittaamiseen tarkoitettujen ultraäänilaitteiden ovat yleensä kannettavia malleja. Nämä mallit on usein suunniteltu erityisesti erilaisten kudosten ja lisääntymiselimistön mittaamiseen. Lisääntymiseen liittyvät toimenpiteet, joita ultraäänilaitteella voidaan tutkia, ovat mm. tiineystarkastukset, sikiön sukupuolen määrittäminen ja munasarjojen toiminta. Munasarjojen toimintaa voidaan arvioida ennen tiineytyskautta, jotta voidaan helpottaa ja tarkentaa esimerkiksi keinosiemennykseen valittavien naaraspuolisten eläinten valintaa. Tiineystarkastus voidaan tehdä ultraäänilaitteella jo tiineyden yhdeksäntenä päivänä ja sukupuolen määrittäminen tiineyden 48 päivänä (Hopper 2015). Laite muuntautuu eri toimenpiteisiin vaihtamalla anturia.

Ultraäänilaitteen ohjelmisto voi olla joko laitteeseen sisäänrakennettu tai tietokoneelle asennettava. Ohjelmisto analysoi muodostuneen tiedon, tallentaa kuvat ja mahdollistaa kuvien uudelleen käytön.

### 5.2. Anturi

Anturi on laitteen toiminnallinen silmä, jossa sijaitsee pietsosähköiset kristallit ultraäänen muodostamiselle ja kaikuun vastaanottamiselle. Lihasultraäänianturi on yleensä noin 17–18 cm pitkä. Lihasultraäänianturin mittaava pinta on yleensä jäykkä ja tasainen. Muodoltaan se sopii heikosti eläimen selkälihakseen. Sopivuutta selkälihakseen parannetaan silikonityynyllä, joka kiinnitetään ultraäänianturiin. Silikonityynyn avulla ultraäänianturia ei tarvitse painaa ylimäärin hyvän kuvan muodostamiseksi. Tällöin kudoksien mittaustuloksien virhe pienenee (Gresham 2006, ICAR 2008). Silikonityynyn ja anturin väliin on hyvä laittaa ultraäänigeeliä, joka mahdollistaa parhaan mahdollisen kaiun muodostumisen. Ympäristön lämpötila vaikuttaa ultraäänilaitteiden toimintaan. Anturin, silikonityynyn ja käytetyn geelin tulisi olla samanlämpöisiä. Paras kuva saavutetaan, kun lämpötila on noin +20°C astetta (Gresham 2006).

Ultraäänianturi on laitteen heikoin ja kallein osa. Anturi voi rikkoontua helposti. Anturia tulisi käsitellä huomattavalla huolellisuudella. Käytön jälkeen anturi ja silikonityyny tulee pestä lämpimällä vedellä ja tarvittaessa saippualla. Anturi tulee säilyttää huolellisesti. Silikonityynyä tulee varjella kuivumiselta (Gresham 2006).

## 6. Ultraäänimittauksen pääasialliset käytännöt

Ultraäänitekniikan yksi olennaisista eduista on, että se on toimenpiteenä varsin stressitön tapahtuma. Ultraäänimittaus ei vaadi tilalta mitään ylimääräisiä käsittelyjärjestelmiä. Normaali käsittelyhäkki riittää varmistamaan sekä eläimen että ultraäänimittajan turvallisuuden. Käsittelyhäkin riittävästi aukeavat sivut helpottavat ultraäänimittausta (ICAR 2008).

Yleisin syy heikkoon kuvanlaatuun aiheutuu eläimen epäonnistuneesta valmistelusta toimenpiteeseen. Hyvä kuvanlaatu saavutetaan, kun eläin pysyy hyvin paikallaan, mittauskohta löytyy sujuvasti, väliaine on ruumin lämpöistä ja ultraäänimittausta suorittava henkilö on ammattitaitoinen. Ultraäänimittausta suorittavan henkilön on oltava tietoinen eläimen anatomiasta, mitattavasta näkymästä ja reaaliaikaisessa ultraäänimittauksessa mittauks tuloksen paikkaansa pitävyydestä eli mittauks tulosten oikeellisuudesta (Chambaz ym. 2002, Gresham 2006).

Olosuhteiden ollessa kohdallaan rutinoitunut ultraäänimittaja pystyy mittaamaan 25–30 eläintä tunnissa (Gresham 2006). Onnistunut ultraäänimittaus vaatii (ICAR 2008):

- Oikean laitteiston ja ohjelmiston käytön
- Laitteiston säännöllisen kalibroinnin
- Eläimen valmistelemisen asianmukaisesti mittauks tapahtumaan
- Ultraäänimittaukseen vakioitujen toimenpiteiden noudattamisen
- Ultraäänikuvien oikeaoppisen tulkinnan
- Sopivan eläinten käsittelyjärjestelmän

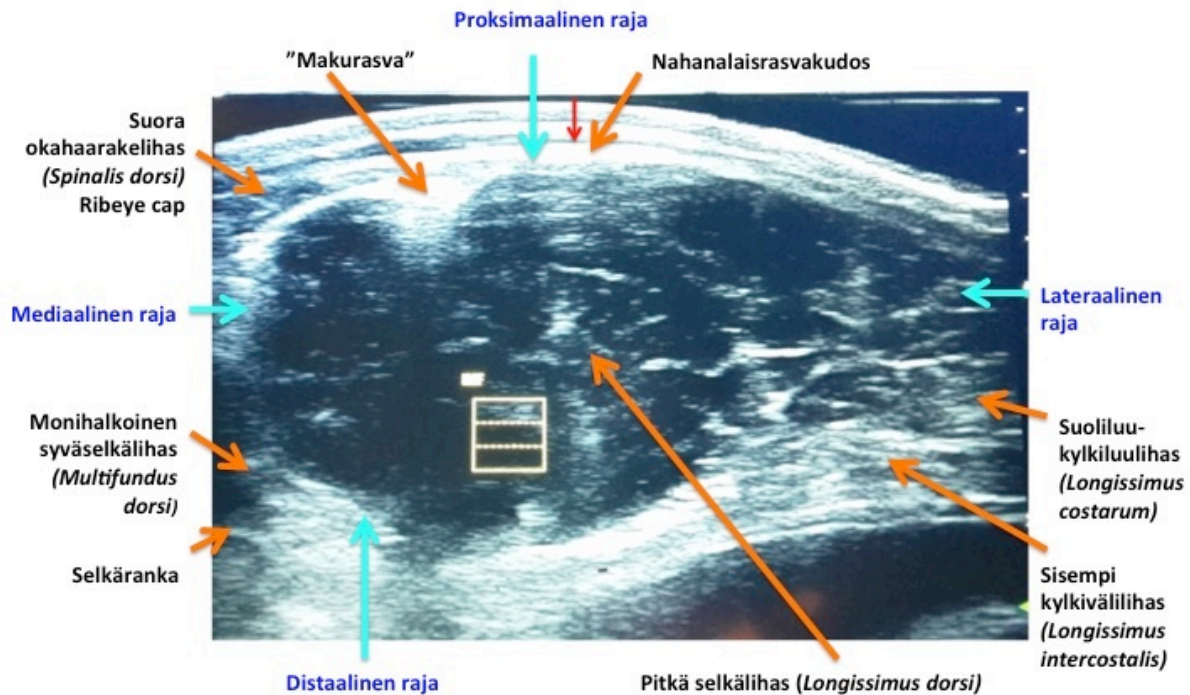
### 6.1. Eläimen pysyminen paikoillaan

Eläimen tulisi siirtyä käsittelyhäkkiin ja käsittelyhäkistä pois mahdollisimman rauhallisesti. Hyvän ultraäänikuvan saaminen on huomattavasti helpompaa hyvin paikallaan seisovasta ja rauhallisesta eläimestä kuin rauhattomasta ja jännittyneestä eläimestä. Eläimen liikkeessä ja selkälihakseen jännityksessä lihaksen muoto muuttuu, jolloin vertailukelpoisen kuvan muodostuminen on jopa mahdotonta (Drennan ym. 2009).

Onnistunutta ultraäänimittausta varten tilalla on oltava käsittelyhäkki ja valmius eläinten sujuvaan käsittelyyn. Asianmukaiset käsittelyjärjestelyt vähentävät eläimen kokemaa stressiä sekä mittaajan ja eläimen loukkaantumiseriskiä (ICAR 2008). Eläimen painon tulisi olla kaikilla neljällä jalalla ennen kuin sarja ultraäänimittauksuvia kannattaa ottaa (Perkins ym. 1992a). Eläimen pää voidaan ottaa kiinni käsittelyhäkin etuporttiin, jos eläin on tähän tottunut (Flaukner ym. 1990). Käsittelyhäkissä tulisi olla valmius häkin laitojen kiristämiseen. Laitojen kiristäminen voi rauhoittaa käsittelyyn tottumatonta eläintä (Grandin & Deeing 2008, ICAR 2008).

### 6.2. Ultraäänimittauskohta

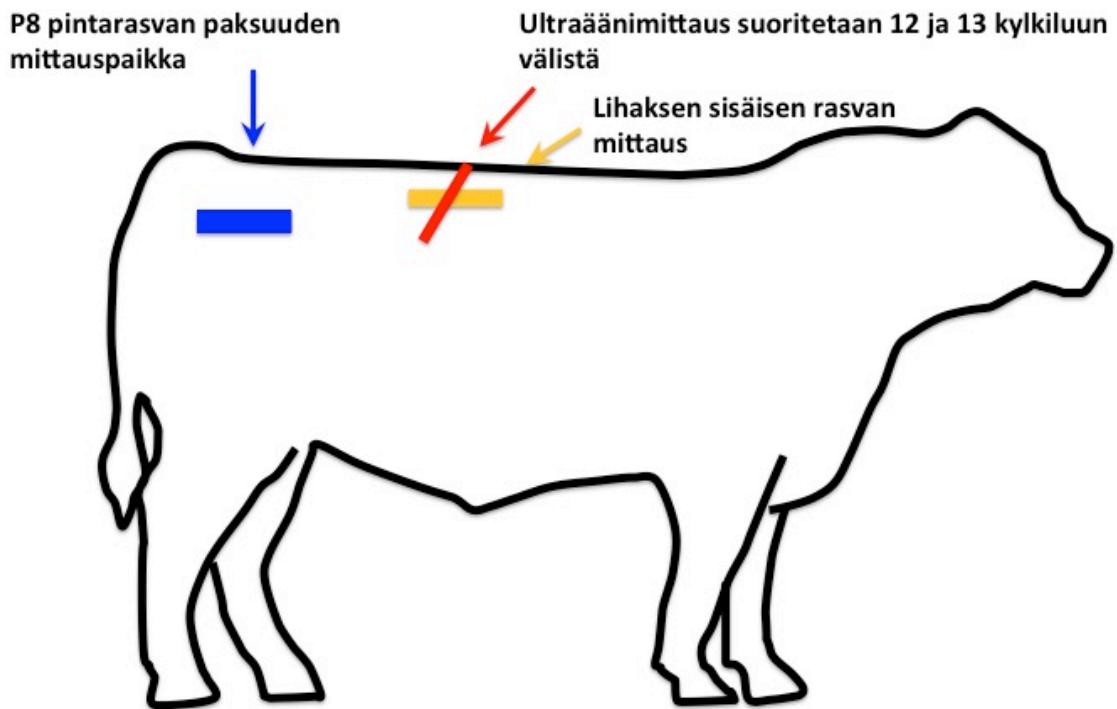
Vertailukelpoisten tulosten edellytys on, että mittauskohta on sama jokaisella mittaukskerralla. Mittauskohdan on oltava helposti löydettävissä ja tulkittavissa. Kuvassa 12 näkyy selkälihakseen poikkileikkaus ultraäänikuvattuna 12 ja 13 kylkiluun välistä. Selkäranka sijaitsee mediaalisesti. Nahanalaiskuoksen rasvakerros eli pintarasva on selkälihakseen (*longissimus dorsi*) päällä. Kudoksien paksuus mitataan  $\frac{3}{4}$  etäisyyden päästä mediaalisesta rajasta (selkärangan puolelta), selkälihakseen lateraaliselältä puolelta (kuvassa punainen nuoli). Käytännössä mittaus tapahtuu selkälihakseen paksuimmasta kohdasta. Suoliluu-kylkiluulihas (*longissimus costarum*) voidaan paikallistaa selkälihakseen lateraalipuolelta. Sisempi kylkivälilihas (*longissimus intercostalis*) näkyy kahtena poikittaisena viivana ventraalisena (vatsanpuolisena) suhteessa selkälihakseen ja suoliluu-kylkiluulihasiin. Suoraokahaarakelihas (*spinialis dorsi*) sijaitsee selänpuolisena mediaalisesti selkälihakseen. Kuvassa havaittavat anatomiset rakenteet ovat erittäin tärkeässä asemassa tarkan ultraäänipaikan tunnistamisessa.



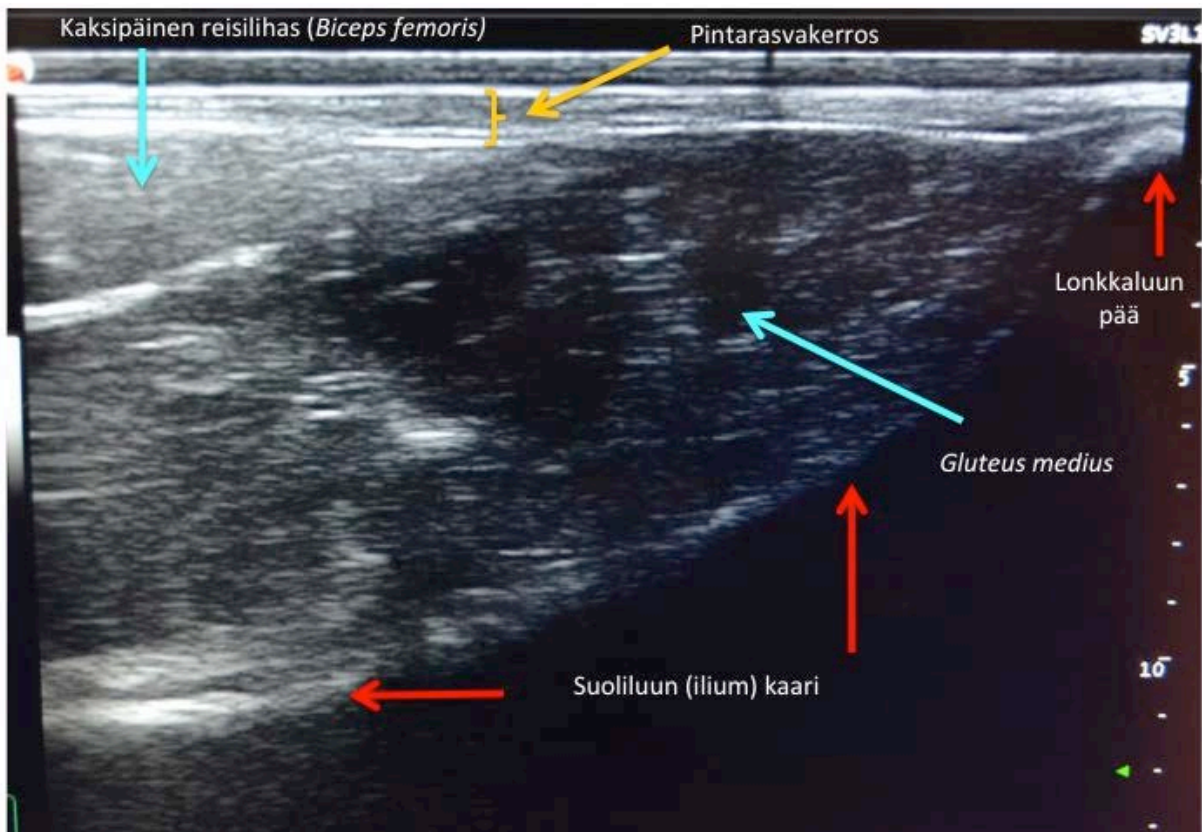
**Kuva 12.** Ultraäänimittauskuvan anatomiset rajat ja lihasnäkyvä. Kuva otetaan anturiin kiinnitetyn silikonityynyn kanssa (Kuva: Maiju Pesonen).

Pintarasva on yleensä käytännössä helpoin mitattava. Ruhon rasvaisuuden ja rasvapeiton arvioinnissa 12–13 kylkiluun kohdalta mitatun pintarasvan paksuuden on osoitettu olevan tarkin ultraäänimittausulos (Renand & Fisher 1997). Pintarasva on myös laajimmin käytetyin mittaustulos, kun on muodostettu matemaattisia kaavoja ruhon arvosta ja tarkennettu lihaksen sisäistä rasvan osuutta (Crouse ym. 1975, Flaukner ym. 1990, Chambaz ym. 2002, Aass ym. 2006, 2009). Ruhon ominaisuuksia ultraäänimittauksella määritettäessä käytetään usein kahta pintarasvan mittausta 12–13 kylkiluun väliä ja takapaistia eli ns. P8-kohtaa (kuva 13) (Perry ym. 1993, Reverter ym. 2000). P8-kohta sijaitsee keskimmäisen pakaralihaksen (*Gluteus medius*) keskikohdalla. Mittaus tehdään selkärangan suuntaisesti leikkauspisteestä, joka muodostuu istuin- ja lonkkaluun välisestä kohtisuorasta linjasta kolmanteen okahaarakkeen harjaan (*Median sacral crest*) (Reverter ym. 2000). 12 ja 13 kylkiluun väli on vakiintunut ultraäänimittauskohta Pohjois-Amerikassa, koska kyseistä anatomista kohtaa käytetään ruhon ominaisuuksien mittaussessa (mm. lihaksen sisäinen rasva, lihaksen väri, selkälihaksen pinta-ala). Lisäksi tämän kohdan lihaksen pinta-alan on osoitettu olevan hyvin yhteydessä tavoiteltuihin ruho-ominaisuuksiin (Bergen ym. 2005a).

Kuvassa 14 on näkyvä P8-mittauspaikasta suoritetusta ultraäänimittauksesta. Ultraäänianturi sijoitetaan selkärangan suuntaisesti istuin (*ischium*)- ja lonkkaluun (*ilium*) väliin. Lonkkaluun kaari tulisi näkyä kuvassa selvänä tummana linjana, koska luu absorboi lähes kokonaan ultraäänin. Keskeillä kuvaa nähdään keskimmäinen pakaralihas (*Gluteus medius*). Rasvan paksuuden analysoinnin määrittämiskohtana tulisi käyttää kaksipäisen reisilihaksen (*Biceps femoris*) tunnistamista.

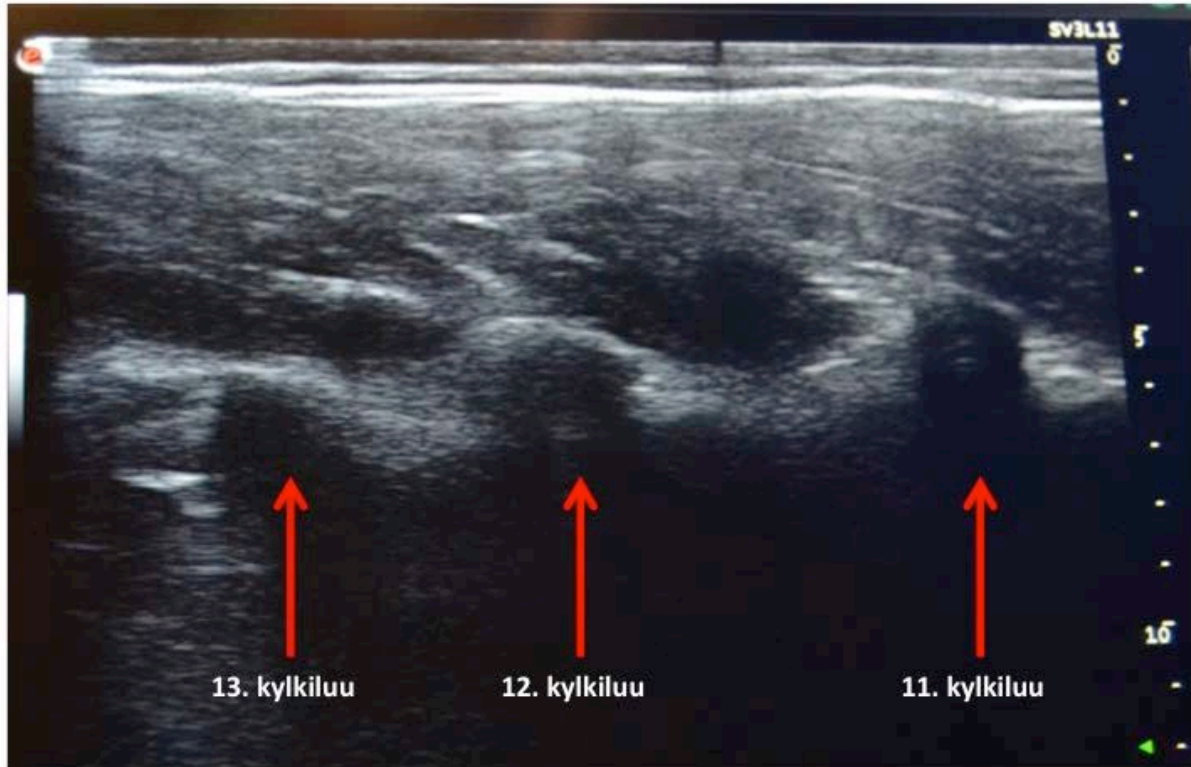


**Kuva 13.** Ultraäänimittaus suoritetaan yleisesti 12 ja 13 kylkiluun välistä. Pintarasvan mittausta voidaan tarkentaa P8-mittausta paikasta (Piirros: Maiju Pesonen).



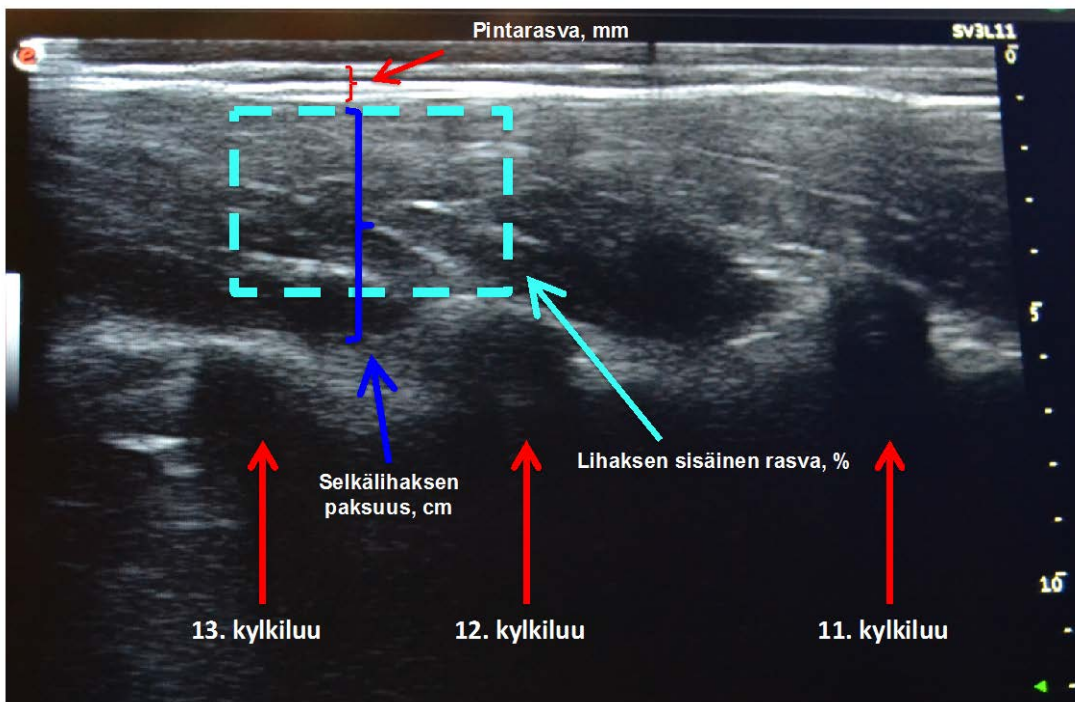
**Kuva 14.** Ultraäänikuva P8-mittausta kohdasta. Ultraäänianturissa ei käytetä silikonityynyä (Kuva: Maiju Pesonen).

Kuvassa 15 näkyy pituussuuntainen näkymä selkälihaksesta (*Longissimus dorsi*). Anturi sijoitetaan 12–13 kylkiluun kohdalle selkärangan suuntaisesti. Oikean paikan tunnistamiseksi kylkiluiden kaiun, kolme kappaletta (kylkiluut 11–13), tulisi näkyä selkeästi keskellä kuvaa. Käytännössä kuva, joka muodostetaan anturin ollessa selkärangan suuntaisesti, on nopein kuva ottaa, ja siksi tämä kuvatyppi on käytetyin esimerkiksi loppukasvatusolosuhteissa tehdyissä mittauksissa (Tait 2016). Lihakseen sisäisen rasvan mittausta varten suositellaan otettavaksi 3–5 kuvaa samasta kohtaa/eläin (Aass ym. 2009, Tait 2016).



**Kuva 15.** Eläimen etupuolen voi tunnistaa olevan oikealla, koska lihaksen sisäisen rasvan juovat kulkevat ventraalisesti. Ultraäänianturissa ei käytetä silikonityynyä (Kuva: Maiju Pesonen).

Selkälihaksen paksuustuloksiin vaikuttaa täsmällisen paikan määrittäminen. Selkälihaksen (*Longissimus dorsi*) pinta-alan mittaaminen vaatii selkälihaksen pituuden ja paksuuden hahmottamisen. Siksi selkälihaksen mittaaminen on haasteellisempaa kuin kudosten paksuuden mittaaminen. Selkälihaksen pinta-alamittaus antaa poikkileikkauksen näkymän ulkoselkälihaksesta 12 ja 13 kylkiluun välistä. Tästä kohdasta tehdään myös tarvittavat mittaukset (kuva 16). Selkälihaksen mittauksessa tulisi pyrkiä mittaamaan pelkästään selkälihaksesta (*Longissimus dorsi*), ei muita lihaksia, kuten *Spinalis dorsi* tai *Longissimus costarum*. Selkälihaksen ultraäänimittaus on yleisin ruhon lihakkuuden arviointipiste. Pohjoisamerikkalaisessa ruhonluokittelujärjestelmässä ruhon saantoa (yield grade) arvioidaan tämän mittaustuloksen perusteella johdetusta matemaattisesta kaavasta (Williams 2002).



**Kuva 16.** Pintarasvan määrä, selkälihaksen paksuus ja lihaksen sisäisen rasvan määrä mitataan 12 ja 13 kylkiluun välistä (Kuva: Maiju Pesonen).

Selkälihaksen paksuuden ja leveyden mittaaminen olisi käytännössä mittausteknisesti helpompaa verrattuna pinta-alan mittaukseen. Selkälihaksen paksuuden ja leveyden mittaamisella ei kuitenkaan ole saatu yhtä tarkkoja arvoja kuin selkälihaksen pinta-alan mittauksella. Nuorten eläinten (hiehot ja sonnit) selkälihaksen paksuuden ja leveyden mittaaminen antaa arvokasta tietoa teurasominaisuuksista (Bergen ym. 2003).

### 6.3. Klippaus ja väliaine

Tehokas karvanleikkuri on paras tapa saada ultraäänimittauskohdan karvapeite riittävän lyhyeksi, ja samanaikaisesti mahdollinen lika saadaan poistettua. Kaikki lika ja mahdollinen ilman jääminen eläimen ihon ja anturin väliin heikentää ultraäänien kulkua anturista kudoksiin (MacAodhain 2004). Tiettyissä tapauksissa, jos eläimen karva on erittäin lyhyttä ja käytetään paljon väliainetta eli öljyä, kohtuullisia ultraäänikuvia on mahdollista saada aikaiseksi ilman karvan klippausta (Robison ym. 1992). Yleinen käsitys kuitenkin on, ettei riittävän hyvälaatuisia kuvia ole mahdollista saada ilman mittauskohdan karvan klippausta. Haastavissa tapauksissa voidaan ensin klipata karva lyhyeksi, tämän jälkeen lisätä öljyä, harjata öljyä ja mahdollinen hilse ja muu lika pois ja tämän jälkeen laittaa lisää öljyä ultraäänimittaukselle varten (Gresham 2006). Yli 1,5 cm pituisen karvapeitteen läpi ei pysty muodostamaan hyvää ultraäänikuvaa. Hyvin suoritettu karvojen klippaus on erittäin tärkeää, kun mitataan lihaksen sisäisen rasvan määrää (ICAR 2008). Paksunahkaisista eläimistä on haastavampaa muodostaa hyviä kuvia kuin ohutnahkaisista eläimistä (Chambaz ym. 2002). Eläimen ihon märkyys/kosteus ei estä ultraäänimittauksia (ICAR 2008).

Ultraääniaallot eivät kulje ilmassa. Siksi hyvän akustisen kontaktin muodostamiseen tarvitaan väliaine anturin ja eläimen ihon välille. Ultraäänigeleihin muodostuu helposti ilmakuplia jo hyvin lyhyessä karvapeitteessä. Ilmakuplat estävät ultraäänien kulkua (Williams 2002). Erilaiset kasvisöljyt ovat osoittautuneet käytännössä parhaiksi ja edullisimmiksi väliaineiksi nautojen ultraäänimittauksessa (Robison ym. 1992, Hamlin ym. 1995). Optimilämpötila ja parhaat kuvat saavutetaan, kun väliaine on lämpötilaltaan +37 °C. Toimiva väliaineen lämpötilan vaihteluväli on kuitenkin +15–27°C (Gresham 2006). ICAR (2008) ohjeistaa, että väliaineen lämpötilan tulisi aina olla yli +20°C. Pyrkimyksenä tulisi



olla, että väliaine on vähintään yhtä lämmintä kuin eläimen iho. Lämpimän väliaineen viskositeetti, juoksevuus ja tunkeutuminen ihoon on tehokkaampaa kuin kylmän väliaineen. Viileissä olosuhteissa ultrattaessa väliaine voidaan pitää lämpimänä erilaisissa hauteissa tai lämpölaatikoissa (Gresham 2006). Jos ultrattavia eläimiä on vähän ja väliainetta tarvitaan vain hieman, väliaineen voi sijoittaa esimerkiksi takin sisälle. Ultraäänilaitte tulisi pitää koko ajan yli +10 °C asteessa hyvän kuvan muodostamiseksi (BIF 2010). Jos ympäristön lämpötila laskee alle +8 °C asteen, useimmat ultraäänilaitteet eivät toimi täysin saumattomasti. Kylmissä olosuhteissa voidaan käyttää lämmittämiä (ICAR 2008).

## 6.4. Ultraäänimittauksen suorittaminen

Parhaiten ultraäänimittaukseen varten toimii sivulta aukeava käsittelyhäkki, josta pystyy turvallisesti toimimaan eläimen sivulla. Mittauksessa tarvittavia laitteita varten tarvitaan yleensä puhdas taso ja sähköpistoke. Kiinteä sähköpiste on paras vaihtoehto, mutta käytännössä tämä ei usein ole saavutettavissa. Sähköjohdot ja erilaiset ylimääräiset sähkölaitteet voivat aiheuttaa erilaisia jännitteitä, jotka aiheuttavat häiriötä mittaukseen (ICAR 2008, BIF 2010).

Ultraäänimittauslaitteen näytön kuvan tulkitseminen on täsmällisintä ja helpointa hieman hämärässä valaistuksessa. Kuvan tulkitseminen ei onnistu, jos auringon valo tulee näytön takaa tai näyttö on suorassa auringon valossa. Paras kuvan tulkinta muodostuu, kun mittaus on järjestetty katetussa tilassa (katon alla) (ICAR 2008).

Täsmällisen ultraäänimittauspaikan hahmottamiseksi tulee ensin etsiä viimeinen eli 13 kylkiluu. Seuraava askel on tunnustella 12 ja 13 kylkiluun väli. Mittaus tulee tehdä kylkiluiden välistä, ei kylkiluiden päältä. Karvapeite ja lika poistetaan mittauspaikasta. Tämän jälkeen levitetään väliaine eläimen iholle. Ultraäänianturi asetetaan mahdollisimman lähelle selkärankaan kylkiluiden suuntaisesti mittauskohtaan. Mittauksen kannalta tärkeät maamerkit tulisi havainnoida ennen kuvan muodostamista. Ultraäänilaitteen kuvausvyvyys tulisi asetettaa noin 14–15 senttimetriin (Gresham 2006).

Yleisesti suositeltavaa on, että kaikki ryhmän/tilan eläimet mitataan samalta puolelta. Pohjois-amerikassa eläimet mitataan pääsääntöisesti oikealta puolelta (BIF 2010). Eläimillä tulee olla punnitus elopaino käytettävissä. Punnitukset tulisi olla tehty seitsemän päivän sisällä ultraäänimittauksesta (ICAR 2008, BIF 2010, Tait 2016).

Seuraavat toimenpiteet voivat varmistaa hyvän ja korkealaatuisen ultraäänimittauskuvan (Doorley 2001):

1. Anatomisesti korrektiin ultraäänimittauskohdan palpoiminen.
2. Eläimen karvapeite tulisi leikata mahdollisimman lyhyeksi mitattavasta kohdasta. Karvapeitteen tulisi olla alle 3 mm.
3. Kasviöljyn levittäminen mittauspaikkaan. Kasviöljyn lämpötilan tulisi olla 35–37 °C asetetta. Kasviöljyn tarkoitus on muodostaa hyvä akustinen kontakti eläimen nahan ja mittausanturin välille.
4. Korrektiinmittauspaikan tarkistaminen ja anturin sijoittaminen 12–13 kylkiluun väliin.
5. Anturin liikuttaminen oikeassa kulmassa eläimen selkärankaan nähden, kunnes selkälihas (*Longissimus dorsi*) lihas näkyy selkeästi mittauslaitteen näytöllä.

Ultraäänikuvasta tulisi tunnistaa kolme selkeää kaarevaa ulkoviivaa. Uloin kaareva ulkoviiva on eläimen iho, seuraava on pintarasvakerros ja kauimmaisina selkälihaksen ventraalinen raja. Selkälihas tulisi olla hyvin tunnistettavissa. Kummatkin lateraali- ja mediaalirajat ovat havaittavissa ja kylkiluun kaari on ventraalisesti hahmotettavissa. Kun kuva vastaa mittaajan toivetta, painetaan freeze-painiketta, joka pysäyttää kuvan paikoilleen. Freeze-painiketta voidaan käyttää joko anturista tai laitteesta. Reaaliaikaisessa ultraäänimittauksessa kuva on heti valmis analysoitavaksi (Gresham 2006).

Pintarasva, lihaksen sisäinen rasva ja selkälihaksen paksuus voidaan vaihtoehtoisesti mitata asettamalla anturi selkärangan suuntaisesti 12 ja 13 kylkiluun kohdalle (anturin freeze-nappula kohti eläimen päätä). Uloin pinta on iho, seuraava on pintarasvakerros. Kylkiluiden (valkoiset kaiut, kolme

kappaletta) tulisi olla havaittavissa kuvan alareunassa. Keskellä on pitkittäisleikkauskuvaa selkälihaksesta (Gresham 2006). Pintarasvan määrittämiseen voidaan käyttää myös australialaista P8-kohtaa. P8 sijaitsee lonkkaluun (*Tuber coxae*) ja istuinluun (*Tuber ischii*) välissä. Kuvan yläreunassa tulisi näkyä selkeästi rasvakudos ja alareunassa leikkauslinja, jonka *gluteus medius* muodostaa. P8-mittaus on erityisen hyödyllinen määrittäessä pintarasvan paksuutta vähärasvaisilla ja alle vuoden ikäisillä eläimillä (Gresham 2006). Rasva kertyy P8-kohtaan aikaisemmin kuin selkälinjaan. Korrelaatio P8-kohdasta ja 12–13 kylkiluun välistä mitatun pintarasvan paksuuden välillä on 0,74. Mitatut ominaisuudet ilmentävät samaa ominaisuutta (Reverter ym. 2000). *Gluteus medius* -lihaksen paksuutta voidaan käyttää lihaksikkuuden ja lihasaannon arvioinnissa (Realini ym. 2001, Tait ym. 2005).

Samalla kerralla samasta eläimestä mitattujen tulosten tulisi olla mahdollisimman lähellä toisiinsa. Eli toistettavuuden mittauksessa tulisi olla korkea (Brethour 1992, 2000b, Miller 1998). Yleisesti yhdestä eläimestä tulisi ottaa 3–5 kuvaa/ominaisuus riittävän tulostarkkuuden saavuttamiseksi. Mittaustulosten keskiarvosta muodostetaan lopullinen tulos. Tulos vääristyy olennaisesti, jos yksittäisten mittausten välinen hajonta on suuri (Duello 1993, Hassen ym. 1998b).

Lihaksen sisäisen rasvan osalta raja-arvoja ei ole muodostettu, koska mittaaja ei voi vaikuttaa tulokseen. Ultraäänikuvasta lihaksen sisäistä rasvaa ei voi täsmällisesti määrittää. Määrittäminen tapahtuu laitteen vastaanottamien kaikuja taajuuksien eroina. Harmaan eri sävyissä olevassa ultraäänilaitteen kuvassa verisuonet, sidekudos, erilaiset kalvot ja lihaksen sisäinen rasva ovat helposti sekoitettavissa (Brethour 2000b, Chambaz ym. 2002).

Kahden eri mittaajan tulokset voivat vaihdella tulkintaeroista johtuen jonkin verran. Yhdessä ryhmässä/tutkimuksessa tehtävien ultraäänimittausten suorittajan tulisi olla sama, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia (Duello 1993, Hassen ym. 1998b).

Ultraäänimittauksen tulokseen vaikuttaa mittaajan kokemus (McLaren ym. 1991, Hassen ym. 1998b). Ultraäänimittaus vaatii jonkin verran harjoitusta ja harjaannusta oikean tekniikan ja tulkinnan omaksumiseksi (Herring 1994a, Hassen ym. 1998b). Mittaustuloksien tulisi olla lähes identtiset, jos mittaustekniikka ja kuvien tulkitseminen on onnistunut (Perkins ym. 1992b, Renand & Fisher 1997, Hassen ym. 1998b). Lihakkuusominaisuuksien, selkälihaksen paksuuden ja pinta-alan, mittaustulokset ovat usein liian pieniä, kun taas rasvan paksuus mitataan usein hieman suuremmaksi kuin todellisuudessa (Perkins ym. 1992b). Robinson ym. (1992) havaitsivat, että mittauskertojen lukumäärä paransi mittaustulosten tarkkuutta ja toistettavuutta suhteessa ruhosta mitattuun tulokseen. Mittaustuloksen tarkkuus parani enemmän pintarasvan kuin selkälihaksen pinta-alan osalta. Ultraäänimittauksen pintarasvan paksuuden yhteys ruhosta mitattuun pintarasvan paksuuteen ja selkälihaksen pinta-alaan on korkea ( $r=0,90$  ja  $0,87$ ) (Robinson ym. 1992).

Ultraäänimittausta runsaasti käytävissä järjestelmissä mittausta tekevän henkilön on suoritettava koulutus. Vakiintunut käytäntö on, että osaamistaso on validoitava säännöllisin väliajoin. Ultraäänimittaustulokset tarkistetaan validointiprosessissa suhteessa saman eläimen teurasruhosta tehtyihin mittauksiin. Yleisesti vaaditaan kaksi mittausta. Virheraja ei saa ylittää suorittajan tulosten toistettavuusrajoja (taulukot 10 ja 11). Mittaustuloksen toistettavuudessa käytetään 20–30 eläimen mitausta kahteen kertaan. Mittausaika eläintä kohden on rajoitettu esimerkiksi 5–6 minuuttiin. Toisella kerralla eläinten järjestys on sekoitettu. Yksittäisen eläimen kahden eri mittauksen tulos ei saa ylittää toistettavuusrajoja. Tuloksien oikeellisuutta verrataan samojen eläinten teurasruhoista mitattuihin ominaisuuksiin (Duello 1993, Miller 1998, ICAR 2008, BIF 2010). Pohjois-Amerikassa ja Australiassa on asetettu ultraäänimittaajien ammattitaidon osoittamiseen omat raja-arvonsa. Australialaiset Breep-lanin hyväksymät raja-arvot ovat hieman tiukemmat verrattuna pohjoisamerikkalaisiin vastaaviin arvoihin (taulukot 10 ja 11). Yleisesti käytetään 3–5 kuvaa ja näiden muodostamaa keskiarvoa muodostettaessa käsitys eläimen ultraäänimittavista ominaisuuksista. Riittävän tarkkuuden keskiarvon muodostamisessa on tärkeää, että yksittäisten tulosten hajonta ei ole kohtuuttoman suuri.

Ominaisuuksiltaan yhtenäisestä eläinryhmästä muodostuvat ultraäänimittaustulokset ovat yleensä hyvin samansuuntaisia (Waldner ym. 1992). Eri kokoluokan (frame score) eläinten ultraäänimittaustulosten korrelaatio on ollut korkea sonneilla ( $r=0,85$ ) (Duello 1993).

**Taulukko 10.** Beef Improvement Federationin (BIF) antamat ohjearvot ultraäänimittauksen tuloksille (BIF 2010).

Ominaisuus	Ero teurasruhosta mitattuun arvoon	Toistettavuus	Kahden mittaajan välinen ero
Pintarasvan paksuus, cm	≤0,30	≤0,30	≤0,30
Selkilihaksen pinta-ala, cm <sup>2</sup>	≤7,74	≤7,74	≤7,74
Lihaksen sisäinen rasva, %	≤1,20	≤1,10	≤0,70

**Taulukko 11.** Australialaiset raja-arvot hyväksytyyn ultraäänimittaustoimintaan (Upton ym. 1999, ICAR 2008).

Ominaisuus	Hyväksytyt raja-arvot
<b>Pintarasvan paksuus 12–13 kylkiluun väli</b>	
Suurin hyväksytty ero kahden mittaajan välillä	1,0 mm
Suurin hyväksytty ero toistettavuudessa	1,0 mm
Ero teurasruhosta mitattuun rasvan paksuuteen	10 %
<b>P8-kohdasta mitattu pintarasva</b>	
Suurin hyväksytty ero kahden mittaajan välillä	1,5 mm
Suurin hyväksytty ero toistettavuudessa	1,5 mm
Ero teurasruhosta mitattuun P8 rasvan paksuuteen	10 %
<b>Selkilihaksen pinta-ala</b>	
Suurin hyväksytty ero kahden mittaajan välillä	6,0 cm <sup>2</sup>
Suurin hyväksytty ero toistettavuudessa	5,5 cm <sup>2</sup>
Ero teurasruhosta mitattuun selkilihaksen pinta-alaan	20 %
<b>Lihaksen sisäisen rasvan osuus</b>	
Suurin hyväksytty ero kahden mittaajan välillä	1,0 %
Suurin hyväksytty ero toistettavuudessa	0,9 %
Ero teurasruhosta mitattuun lihaksen sisäisen rasvan osuuteen	25 %

## 7. Mittauksen ajankohta/ajoittaminen

Mahdollisimman tarkkaa tietoa ja arvioita eläimen teurasarvosta ja teurastuloksesta voitaisiin käyttää tehokkaasti erilaisissa jalostusohjelmissa ohjaamaan eläinainesta haluttuun suuntaan. Liharotuisilla naudoilla uudistuseläimiksi suuntautuvien eläinten kriittisin ja tarkin valinta tehdään noin vuoden iässä. Noin vuoden iässä tehdyllä ultraäänimittauksella ja sen teurasominaisuuksista antamalla informaatiolla voitaisiin nopeuttaa teurasominaisuuksien kehittymistä huomattavasti verrattuna jälkeläisistä muodostuviin teurastietoihin. Erilaisten teurasominaisuuksien jalostusarvoja varten seuraavat eläinryhmät tulisi ultraäänimitata (Williams 2002, ICAR 2008):

- Vuoden ikäiset sonnit
- Vuoden ikäiset hiehot
- Samoista sukulinjoista olevat teuraseläimet

Jalostusarvoja muodostettaessa ei saisi sivuuttaa riittävän suurien vertailuryhmien käyttöä. Vertailuryhmät ovat edellytys oikeasuuntaisten jalostusarvojen muodostumiselle. Vertailuryhmänä voidaan pitää tiettyä karjaa, syntymäajankohtaa, vieroitusryhmää ja ultraäänimittausryhmää (ICAR 2008, BIF 2010).

Teurasominaisuuksien mittausta varten eläimen pitää olla saavuttanut tietty tasaantunut kasvukäyrän vaihe ja ns. kypsyyssaste. Perinnöllisen vaihtelun ilmentymiseksi ja eläinten erojen havaitsemiseksi mitattavien eläinten tulisi olla sellaisella dieetillä, joka mahdollistaa keskimääräisen kasvun (Waldner ym. 1992, Williams 2002, Suguisawa ym. 2003). Wollcott ym. (2001) ultraäänimittasivat lihakuus- ja rasva-arvoja kolmessa eri kasvun vaiheessa: vieroituksessa, loppukasvatusvaiheessa ja ennen teurastusta. Mittaustuloksien korrelaatio teurastuloksen kanssa parani huomattavasti lähes tyttäessä vuoden ikää ja teurastusajankohtaa (0,06, 0,38, 0,56).

Optimaalinen ikä ultraäänimittaukseen on 365 päivää. Mittausikä voi kuitenkin vaihdella tuotanto-olosuhteista tai -tavoitteista riippuen välillä 320–500 päivää. Mitä laajaperäisempi tuotanto ja hitaampi eläinten kasvu sitä myöhemmin ultraäänimittaus voidaan suorittaa. Teollisuuden tavoitetta ei tulisi tässä tapauksessa sivuuttaa tai unohtaa. Vuoden ikää pidetään hiehojen ja sonnien tuotannon ominaisuuksien kannalta oleellisena ikänä (ICAR 2008, Cottle & Kahn 2014). Vuoden ikäiset eläimet voidaan valita joko teuras- tai uudistuseläimiksi. Hiehojen ja sonnien heikoin 10–15 % tulisi karsia uudistuskäytöstä. Hiehoilla tulisi olla tässä iässä myös riittävästi pintarasvaa (Cottle & Kahn 2014).

Käytännössä poikimakauden pituus aiheuttaa vaihtelua eläinten mittauskäynnä. Ultraäänimittaukselle on muodostettu tietty iän vaihteluväli (taulukko 12). Mittaustulokset pystytään ns. ikäkorjaamaan erilaisilla korjauskertoimilla vertailukelpoisiksi 365 päivän iässä tehtyyn mittaukseen. Lihakuusominaisuuksien osalta ultraäänimittaus tulisi tehdä noin 12 kuukauden iässä. Pintarasvan ja lihaksen sisäisen rasvan osalta mittaukset voidaan tehdä 12–16 kuukauden iässä. Yhtenäisestä ryhmästä tehdyn selkälihaksen ominaisuuksien mittauksen yhteys teurasruhon ominaisuuksiin 24 kuukauden iässä oli 73 % ja pintarasvan osalta 86 % (Waldner ym. 1992). Rasvaan kohdistuvien mittauksien yhtäläisyydet ruhon mittaustulosten kanssa tarkentuvat, mitä lähempänä teurastusta mittaus tehdään (Bergen ym. 1996, Suguisawa ym. 2003). Jos eläinten pintarasvan paksuus on yli 10 mm, ultraäänimittaus tulos aliarvioi ruhosta mitattavaa tulosta pintarasvan ja selkälihaksen paksuuden osalta (Smith ym. 1992, Robinson ym. 1992).

Eri rodut, rotutyypit tai risteytykset eivät ole vaikuttaneet ultraäänimittaus tulokseen tai mittaustuloksen korrelaatioon teurastuloksen kanssa (Crouse ym. 1975, Faulkner ym. 1990). Roduilla ja rotutyypeillä on kuitenkin erilainen kasvurytmi, joka vaikuttaa optimaaliseen ultraäänimittausajankohtaan (taulukko 12) (Suguisawa ym. 2003). Rotujen välillä on eroja ominaisuuksien perityvydessä, mikä tulisi ottaa huomioon populaatiossa haluttujen ominaisuuksien lisäämisessä (Reverter ym. 2000).

**Taulukko 12.** Optimaalinen mittausajankohta vuoden iän ultraäänimittaukseen ja loppukasvatuksessa hyödynnettäviin mittauksiin eri roduilla (BIF 2010).

Rotu	Sonni, ikä päiviä	Hieho, ikä päiviä	Loppukasvatus, ikä päiviä
Angus	320–440	320–460	320–480
Charolais	320–430	320–430	320–430
Hereford	301–530	301–530	301–530
Limousin	320–470	320–470	320–470
Simmental	270–470	320–470	320–470

Ultraäänimittauksen vertailtavuuden kannalta olisi tärkeää, että eläimet olisi ruokittu siten, että ne pystyvät hyödyntämään geneettisen kasvupotentiaalinsa (Crews & Kemp 2001, ICAR 2008, BIF 2010, Cottle & Kahn 2014). Tarkkoja mittauksia varten pintarasvan paksuuden tulisi olla vähintään 1,2 mm. Keskimäärin yli 1,0 mm pintarasvan paksuus kertoo, että eläin on saanut ravintoaineita dieetistään kohtuullisesti (Crews & Kemp 2001). Ravintoaineiden tarpeen ollessa riittävä mitattuihin ominaisuuksiin saadaan riittävästi hajontaa eläinten välille. Hajonta mitatuissa tuloksissa on edellytys jalostusarvojen muodostamiselle ja valintapäätösten tekemiselle (ICAR 2008, BIF 2010, Cottle & Kahn 2014).



Kuva: Maiju Pesonen

## 8. Ultraäänimittaustulosten käyttö

Ruho-ominaisuudet ovat taloudellisesti merkittäviä ominaisuuksia. Ruho-ominaisuudet määrittävät lopulta eläimen arvon koko ketjulle. Teuraspaino, pintarasvan paksuus, selkälihaksen paksuus ja pinta-ala ja lihaksen sisäinen rasva antavat arvioita teurasruhon lihasaannosta, lihan käyttöarvosta ja syöntilaadusta (Cottle & Kahn 2014, Tait 2016). Keskimäärin vuoden iässä tehtyjen ultraäänimittausten geneettisen korrelaation vastaaviin teurasruhosta mitattuihin ominaisuuksiin on osoitettu olevan seuraava (Bertrand 2009):

- Ultraäänimitattu ja teurasruhosta mitattu pintarasva:  $r=0,71$
- Ultraäänimitattu ja teurasruhosta mitattu selkälihaksen pinta-ala:  $r=0,72$
- Ultraäänimitattu ja teurasruhosta mitattu lihaksen sisäisen rasvan määrä:  $r=0,68$

Eläimen ja sen jälkeläisten teurastuloksia voidaan käyttää jalostusindeksien laskennan perusteena. Haaste pelkkien teurastulosten käytössä on teurastietojen kertymisen hitaus. Usein siitossoneille riittävän teurasdatan kertyminen kestää vähintään 2–3 vuotta ja naaraspuoliselle eläimelle vielä kauemmin (Bertrand 2009, Cottle & Kahn 2014, Tait 2016).

Ultraäänimittaustulokset eivät eroa muista eläinten jalostettavista tai mitattavista ominaisuuksista. Ultraäänimittaustuloksen ilmentymiseen vaikuttavat ympäristö- ja kasvatusolosuhteet. Jos ultraäänimittaustuloksille ei ole muodostettu jalostusarvoja, tuloksia tulisi käyttää ja tulkita ensisijaisesti vertailuryhmän sisäisesti. Tuloksien käyttöarvo muodostuu vaihtelusta, joka syntyy keskiarvon molemmille puolille ja poistamalla heikoimmat tulokset. Tuloksien perusteella voidaan muodostaa eläinryhmästä käsitys siitä, missä ollaan ja mihin tulisi kiinnittää huomiota, jos tiedetään halutut tavoitteet.

Ultraäänimittaustulosten hyödyntämisessä, kuten kaikessa muussakin jalostamisessa, olisi säilytettävä kultainen keskitie. Yhteen ominaisuuteen painottaminen johtaa usein haasteisiin muissa tuotannollisissa ominaisuuksissa (BIF 2010). Esimerkiksi jatkuva vähäisemmän pintarasvan suosiminen tulee pitkällä tähtäimellä heikentämään emolehmäkarjan kestävyyttä ja hedelmällisyysominaisuuksia (Giraud ym. 2014). Keskimääräistä suurempi selkälihaksen koko on perinnöllisesti yhteydessä suurempaan aikuiskokoon. Valitsemalla toistuvasti korkeamman lihakkuuden omaavia eläimiä, emolehmäkarjan aikuiskoko tulee nousemaan ja heikentämään ääriolosuhteissa hedelmällisyysominaisuuksia (BIF 2010).

Ultraäänimittaustuloksia käytetään teurasominaisuuksien jalostusindeksien perustana useassa eri maassa. Käytännössä ultraäänimittauksen hyödynnystä jalostusarvojen muodostamiseen vauhditti ultraäänimittauksien keskittäminen tietyille tahoille ja tulosten keskitetty analysointi (Tait 2016). Tällä hetkellä Pohjois-Amerikassa on kaksi tapaa kerätä ultraäänimittaustuloksia. Toinen on edellä mainittu keskitetty järjestelmä, jossa ultraäänikuva lähetetään analysoitavaksi. Toisessa vaihtoehdossa koulutettu ultraäänimittaja ottaa sekä kuvan että analysoi tuloksen (BIF 2010).

Ultraäänimittaustuloksien vertailukelpoisuuden edellytys on, että tuloksille on muodostettu yhteinen korjauskerroin. Ominaisuuksien yksinkertaisen vertailun vuoksi korjattu arvo ja suhteellinen arvo ovat yhtä tärkeitä. Ikäkorjaus tehdään yleisesti 365 päivän ikään ja suhteellinen arvo muodostetaan mittaussajankohdan elopainoon (Turner ym. 1990). Suhteellista arvoa tulisi käyttää vain mittauksen oikeellisuuden tarkistamiseen (BIF 2010). Selkälihaksen pinta-alan korjauskertoimeen on otettava huomioon iän ja painon lineaarinen vaikutus (Robinson ym. 1990, Turner ym. 1990, Arnold ym. 1991).

Ensi vaiheessa ultraäänimittaustulokset esitettiin omina jalostusarvoinaan. Vähitellen kuitenkin yhdistettiin ultraäänimittauksen ja teurastietojen muodostaman tieto ns. yhteisindeksiksi. Nykyään teurasindekseihin haetaan edelleen lisäarvoa geenitesteillä ja genomisilla jalostusarvoilla. Ultraäänimittauksen sekä fenotyypin ja genotyypin tiedon avulla muodostettujen indeksien arvosteluvarmuus ja periytyminen on hyvin korkea, lähes 1,0 (MacNiel & Northcut 2008, MacNeil ym. 2010, Berry ym. 2016, Gordo ym. 2016). Perinnöllinen edistyminen erityisesti lihaksen sisäisen rasvan osalta on ollut huomattavaa sen jälkeen, kun ultraäänimittaus otettiin käyttöön jalostusarvon perusteeksi (MacNeil & Northcut 2008). Teurasominaisuuksien perinnöllisen edistymisen osalta ultraäänimitta-

uksia tulisi tehdä kaikista saman ikäluokan eläimistä (hiehot ja sonnit). Ultraäänimittaustulosten korrelaatiot teurastulosten kanssa tulisi selvittää riittävän vaikuttavuuden aikaansaamiseksi (Bergen ym. 2006, MacNeil & Northcutt 2008). Lambe ym. (2010) päättelivät, että eläinten ultraäänimittaus ennen loppukasvatusta ja teurastusta voisi antaa arvokasta ja tarkempaa tietoa jalostusohjelmille esimerkiksi ruhon kudosjakaumasta.

EUROP-luokitusjärjestelmässä ruhon paino, lihakuus ja rasvaluokka ovat tärkeimmät ruhon rahallista arvoa määrittävät tekijät. EUROP-rasvaluokka ei kuitenkaan anna tasaista kuvaa ruhon rasva- peitosta, koska vaihtelu rasvaluokan sisäisesti on liian suurta. Lisäksi EUROP-rasvaluokalla ei ole yhteyksiä lihan syöntilaatuun tai lihaksen sisäisen rasvanmäärään (Konarska ym. 2017). Euroopan sisäisten markkinoiden kannalta EUROP-luokitus on antanut riittävästi tietoa ruhon arvosta (Allen 2007). Ruhojen hinnoitteluilla on ohjattu teollisuuden tarvetta erilaisiin ruhotyyppeihin (Fisher 2007). Automaattisilla ruhonluokitusjärjestelmillä (VIA) on saatu ruhon luokitusjärjestelmään tasaisuutta ja tuloksiin enemmän johdonmukaisuutta. Automatiikan tuoma objektiivisuus on lisännyt tuottajien luottamusta luokitusjärjestelmään ja saatuihin tuloksiin (Allen 2007). Kun ruhot luokitellaan EUROP-järjestelmällä, teurastuloksen maksimoimiseksi on tärkeää tavoitella mahdollisimman korkeaa lihakuutta ja minimoida EUROP-luokituksessa ylipainoisten ruhojen osuus (Drennan ym. 2009).

Ultraäänimittaustulos lihakuuden ja rasvan paksuuden osalta yhdistettynä eläimen elopainoon antaa kohtalaisen tarkan arvion eläimen teurasominaisuuksista. Rasvan paksuusmittaus on osoittautunut yksittäisistä mittauksista teurasruhon lihasaannon tarkimmaksi arviointiperusteeksi (Greiner ym. 2003b, Bertrand 2009, Lambe 2010). Pintarasvan paksuuden osalta logaritminen laskentakaava on osoittautunut tarkemmaksi kuin lineaarinen laskentamalli. Logaritminen laskentamalli on ollut tarkempi erityisesti vähärasvaisilla eläimillä (Brethour 2000b, Wall ym. 2004). Lihakuus- ja rasvan paksuusmittaukset ovat olennaisia, jos tavoitteena on valita eläimiä korkeamman punaisen lihan tuotannon osalta (Lambe ym. 2010).

Ruhon koostumus ja laatu ovat erityisen tärkeitä, kun myytävä liha/ruho suunnataan erikoismarkkinoille. Jalostajalle, loppukasvatustajalle, teurastamolle ja lihanmarkkinoijalle on rahanarvoista tietoa tunnistaa yksilöt ja mahdolliset sukulinjat, jotka pystyvät tuottamaan tasalaatuisia ruhoja koon, lihakuuden ja lihaksen sisäisen rasvan osalta. Reaaliaikainen ultraäänimittaus antaa mahdollisuuden mitata tarkasti pintarasvan paksuus sekä arvioida lihaksen sisäisen rasvan osuutta ja ruhon lihakuutta saman painoisissa eläimissä (Flaukner ym. 1990). Australialainen P8-ultraäänimittauskohta voi antaa lisäarvoa rasvan mittaukseen varsinkin vähärasvaisilla eläimillä (Rouse ym. 1995). Selkälihaksen paksuuden ja pinta-alan mittaustulokset ovat tärkeitä mm. jalostajille, jotka haluavat lisätä eläinaineksensa lihakuusominaisuuksia (Wilson ym. 1995).

Lhaksen sisäisen rasvan osuuden on osoitettu olevan vahvasti yhteydessä erikoismarkkinoiden arvostamaan lihan syöntilaatuun (Savell ym. 1986, Chambaz 2002). Erikoismarkkinoille suuntautuvis- sa ruhoissa olisi tärkeää pystyä yksilöimään mahdollisimman varhaisessa vaiheessa (esimerkiksi vieroituksen yhteydessä tai loppukasvatuksen alussa) ne eläimet, jotka tulevat täyttämään markkinoiden vaatimuksen. Yksilöinti kasvatuksen alkuvaiheessa, esimerkiksi lihaksen sisäisen rasvan määrän osalta, vähentää turhien tuotantopanosten käyttöä eläimiin, joiden potentiaali markkinoiden vaatimuksen täyttämiseen on epätodennäköinen (Brethour 2000, Rouse ym. 2000, Dean 2006, Cottle & Kahn 2014).

Rasvahappokoostumus ja terveellisyys ovat lisääntyvässä määrin muodostumassa entistä tärkeämmäksi tiedoksi erikoismarkkinoille suuntautuvalle naudanlihassa. Ennen teurastusta tehdyllä pintarasvan paksuusmittauksella on yhteys ihmisravitsemuksellisesti terveellisempään rasvahappokoostumukseen (Zhang ym. 2017). Geneettinen koorelaatio matalamman residuaaliseen syönnin, ohuemman pintarasvan paksuuden ja matalamman n-6/n-3-rasvahappojen suhteen välillä on keskin- kertainen ( $r=0,45$ ). Tutkijat päättelivät myös, että matalampaa residuaalista syöntiä (parempaa rehunhyötysuhdetta) ja ihmisravitsemuksellisesti parempaa rasvahappokoostumusta ohjaavat toden- näköisesti samat geenit. Tutkimuksessa oli mukana 1366 eläintä, joiden loppukasvatustiedot oli väki- rehuvaltainen (Zhang ym. 2017).

Lihan syöntilaadulliset ominaisuudet (mureus, maku, mehukkuus ja lihaksen sisäinen rasva) ovat keskimertaisesti periytyviä ominaisuuksia (MacNeil ym. 2008, 2010, Mateescu 2014, Mateescu ym. 2015). Lihaksen sisäisen rasvan osuudella on positiivinen geneettinen korrelaatio aistinvaraiseen mureuteen ja mehukkuuteen (taulukko 13). Leikkuuvoimatesti (Warner Bratzler Shear Force) olisi objektiivisempi mureuden mittaustapa. Haasteeksi muodostuu leikkuuvoimatestien käytännön toteutus ja kustannukset (Mateescu ym. 2015). Geenitestit ja genominervalinta on mureuden jalostamisen kannalta varteenotettava vaihtoehto (MacNeil ym. 2010, Mateescu ym. 2015, Berry ym. 2016).

**Taulukko 13.** Perinnöllinen (lävistäjän yläpuolella) ja fenotyyppinen (sininen, lävistäjän alapuolella) korrelaatio eri syöntilaadullisten ominaisuuksien välillä (Mateescu ym. 2015).

Ominaisuus	Marmorointiluku	Lihaksen sisäinen rasva	Leikkuuvoima	Mureus	Mehukkuus	Sidekudos
Marmorointiluku, asteikko		<b>1</b>	-0,50	0,57	1	0,49
Lihaksen sisäinen rasva, %	<b>0,72</b>		<b>-0,47</b>	0,56	1	0,50
Leikkuuvoima, kg/cm <sup>2</sup>	<b>-0,23</b>	<b>-0,23</b>		<b>-0,99</b>	-0,33	-0,99
Mureus, aistinvarainen	<b>0,21</b>	<b>0,23</b>	<b>-0,58</b>		<b>0,54</b>	1
Mehukkuus, aistinvarainen	<b>0,23</b>	<b>0,27</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,31</b>		<b>0,58</b>
Sidekudos, aistinvarainen	<b>0,17</b>	<b>0,19</b>	<b>-0,55</b>	<b>0,92</b>	<b>0,22</b>	

Ultraäänimittaustuloksia voidaan käyttää eläinten erilaisten ominaisuuksien valinnan apuna varsinkin, jos eläinten ultraäänimittaus on tehty samanikäisinä. Eläinten iän vaihtelu ei saa olla yli 20 päivää (Duello 1993). Useissa tapauksissa joudutaan käytännön syistä tyytymään suurempaan ikäjakaumaan. Hyväksyttävänä ikäjakaumana voidaan pitää 2 kuukautta eli 60 päivää. Eläinten tuloksia tulisi verrata ns. vertailuryhmään. Vertailuryhmän eläinten ominaisuudet ja ruokinta on ollut samanlaista kuin mitatun eläimen (ICAR 2008, BIF 2010). Kasvatusasemilla, joilla eläimet ovat samaa sukupuolta ja eläimet ovat aloittaneet testauksen samaan aikaan, voidaan käyttää 60–90 päivän ikäjakaumaa (ICAR 2008). Käytännössä olisi tärkeää tunnistaa ominaisuuksiltaan heikoin 10–15 %. Jalostuksellisesti päästään kohtuullisesti eteenpäin, jos eläimiä pystytään karsimaan poistamalla heikoimmat yksilöt (Cottle & Kahn 2014). Ehdoton edellytys jalostusarvojen muodostamiselle on riittävän suuren vertailuryhmän muodostaminen ja toisaalta riittävän suuren datamäärän kertyminen (BIF 2010).

Ultraäänimittausta voidaan käyttää emolehmien eri kudosten jakautumisen selvittämiseen. Ennen teurastusta tehtyjen emolehmien ultraäänimittauksien yhteys teurastuloksen kanssa on korkea. Käytännössä suurin hyöty emojen ultraäänimittauksista saavutettaisiin, jos täysi-ikäisten emolehmiä mittaustuloksia käytettäisiin yhdessä elopainon kanssa aikuispainon jalostusarvon kehittämiseen (Eimenheiser ym. 2014), emojen kuntoluokan tarkistamiseen ja tarkan ylläpitoenergiantarpeen määrittämiseen (Giraud ym. 2014, Tait 2016). Lypsylehmillä vastaavissa ultraäänimittauksissa on saavutettu hyvä tarkkuus (Raschka ym. 2016).

Tuotantoympäristöissä, jossa on lukuisia eri rotuja ja näiden yhdistelmiä sekä erilaisia kasvatusmalleja ja tavoitteita, ultraäänimittaustulosten tehokas hyödyntäminen sekä erilaisten arviointiyhtälöiden rakentaminen ja käyttö voi olla haasteellista (Lambe ym. 2010). Lihaksen sisäisen rasvan ultraäänimittaustuloksen avulla eläimet voidaan yksinkertaisimmillaan jakaa ominaisuuden perusteella esimerkiksi kolmeen ryhmään, jossa on edustettuna korkeat, keskimääräiset ja matalat arvot.



## 8.1. Eläinten ryhmittely optimaalisen teurasiän määrittämisessä

Ultraäänimittauksella voidaan valita eläimiä tiettyihin loppukasvatusryhmiin. Yhdistämällä ultraäänimittaukselliset tulokset ja eläimen elopaino sekä kasvatuksen alussa että lopussa voidaan muodostaa tarkkoja arvioita ruhon koostumuksesta ja kudosten jakautumisesta (Lambe ym. 2010). Loppukasvattaja voi käyttää reaaliaikaista ultraäänimittausta seuraavasti (Tait 2016):

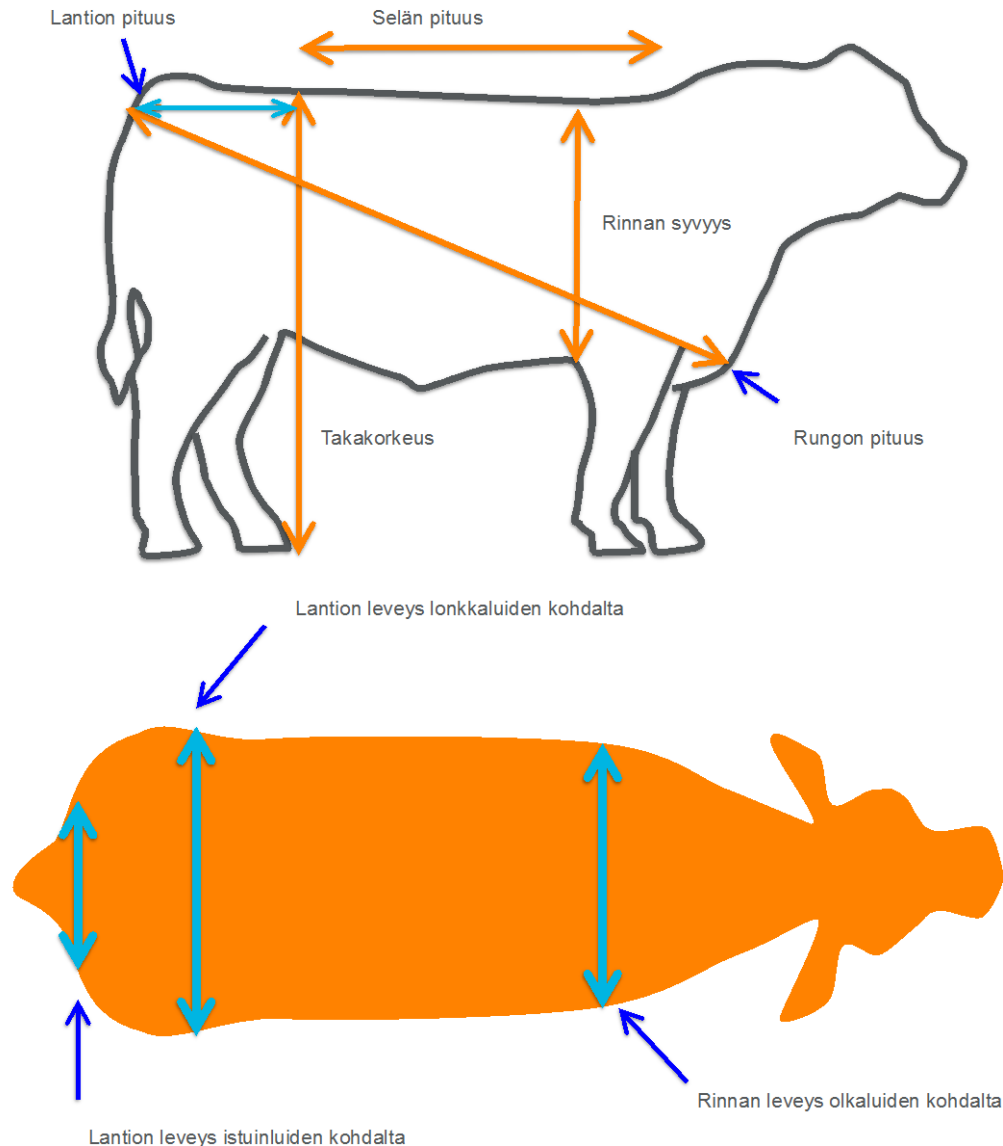
1. Ylirasvaisista ruhoista muodostuvan alemman hinnan minimoiminen
2. Lihaksen sisäisen rasvan optimaalinen/haluttu määrä teurasajankohtana (tarvittaessa jaksottaiset seurantamittaukset)
3. Eläinten jako eri kasvatusryhmiin kustannustehokkuuden parantamiseksi
4. Eri rotutyypin optimaalinen kasvatusaika rehujen kustannusten vaihdellessa

Ultraäänimittausta voidaan käyttää eläinten ryhmittelyyn loppukasvatusvaiheen alussa. Eläimiä voidaan jakaa erilaiseen loppukasvatuksen pituuteen tai erilaiseen dieetin energiatasoon samankaltaisten ominaisuuksien perusteella, jolloin loppukasvatusryhmän ominaisuudet muodostuvat yhteneväisiksi. Tasalaatuinen ryhmä on helpommin ja nopeammin kasvatettavissa tasalaatuiseksi teuraksi (Williams 2002). Ominaisuuksiltaan tasalaatuksessa ryhmässä rehuhyötysuhde paranee, koska yli- tai aliruokittujen eläinten määrä keskimäärin vähenee (Dean 2006). Ultraäänimittauksella 96–105 päivää ennen teurastusta onnistuttiin arvioimaan teurasruhon lihasaanto 42 %, selkälihaksen pinta-ala 44 % ja laatuluokitus 46 % tarkkuudella, kun aineistona olivat liharoturisteytyseläimet (Wall ym. 2004). Loppukasvatusvaiheen alussa tehty ultraäänimittaus pintarasvasta ja selkälihaksen pinta-alasta yhdistettynä eläimen elopainoon ennusti teuraslaadun 65 % tarkkuudella, kun aineistossa oli kahden eri rodun risteytyksiä (ab ja li) (Lambe ym. 2010).

Loppukasvatuksen alussa suoritettuna ultraäänimittauksen perusteella voidaan tehdä suunnitelma siitä, kuinka paljon kukin eläinryhmä tarvitsee kasvatusaikaa tiettyyn teurasoptimiin päästäkseen. Teurasoptimin tavoitteet ja ryhmät voidaan ultraäänimittauksen avulla määrittää pintarasvan ja lihakkuuden osalta (Houghton 1988, Wall ym. 2004). Eläimen kokoluokka rodussa tai rotuyhdistelmässä vaikuttaa kudosten kasvurytmiin. Suuremman kokoluokan eläimet pystyvät tuottamaan isomman teurasruhon vähemmällä pintarasvan muodostumisella (Reiling 1991). Suuremman kokoluokan eläimet tuottavat isomman teurasruhon, jonka lihasaanto on keskimäärin suurempi. Samalla kasvatusajalla lihaksen sisäisen rasvan osuus on kuitenkin pienempi ja ns. laatuluokat jäävät saavuttamatta (Trenkle 2002). Loppukasvatusvaiheen alussa otettu kokoluokka antaa yhden eläinten ryhmittelymahdollisuuden, jolla voidaan tavoitella tasalaatuista teuraseriä. Pintarasvan ultraäänimittauksen perusteella eläimet voidaan kasvatuksen alussa jakaa ns. aikaisemmin teuraskypsyyden saavuttaviin ryhmiin ja pitempään kasvatukseseen (Trenkle 2002). Vieroituksen yhteydessä tehdyn lihaksikkuuden ulkonäköarvioinnin ja EUROP-lihakkuusluokan välinen korrelaatio oli hiehoilla keskimäärin 0,49 ja sonneilla 0,58. Tutkimuksessa korostui yksittäisen ulkonäköarvioinnin osaaminen. Luokittelijan arvion vaihteluväli lihakkuusluokkaan oli 0,27. Lihakkuusluokan ja lihakkuuden ulkonäköarvion yhteys oli keskimäärin 0,73, kun sama ulkonäköarviointi toistettiin ennen teurastusta (Drennan ym. 2009).

Pogorzelska-Przybyłek ym. (2014) ehdottivat, että eläimistä otettaisiin ultraäänimittauksellisten ja elopainon lisäksi mitta takakorkeudesta, rinnan ja lantion leveydestä sekä lantion ja rungon pituudesta (kuva 17). Tietojen avulla muodostetulla kaavalla pystyttäisiin muodostamaan arvio eläimen kasvurytmistä ja teurasarvosta. Vuoden iässä mitattu sonnien takakorkeuden yhteys korkeampaan teuraspainoon ja parempaan kasvuun oli Bergenin ym. (2005b) tutkimuksessa yli 60 %. He esittivät, että jos halutaan jalostaa eläimiä tavoitteena korkeampi teuraspaino, parempi kasvu ja vähäisempi lihaksen sisäisen rasvan määrä, tulisi kiinnittää huomio eläinten takakorkeuden lisäämiseen (kuva 17). Nogalski ym. (2017) havaitsivat, että risteytyseläimillä lihaksen sisäisen rasvan määrä oli eläimen ulkomuotomittauksista eniten yhteydessä rinnan syvyyteen ( $r=0,46$ ) ja lantion leveyteen ( $r=0,37$ ). Ultraäänimittauksista pintarasvan paksuuden mittausta 12 ja 13 kylkiluun välistä saavutti kuitenkin heidän tutkimuksessaan korkeamman korrelaation ( $r=0,65$ ) teurasruhosta mitatun lihaksen sisäisen

rasvan määrään. P8-kohdasta mitattuna korrelaatio lihaksen sisäisen rasvan määrään vähärasvaisilla eläimillä oli vielä korkeampi ( $r=0,68$ ).



**Kuva 17.** Eläinten ulkomuodon mittauspisteet ultraäänimittauksen lisäksi (Kuva: Maiju Pesonen).

Ultraäänellä mitattu rasvan paksuus on yksi olennaisimmista mittauksista, joka ennustaa ruho-ominaisuuksia (Bailey ym. 1986, Doorley 2001, MacAodhain 2004, Tait ym. 2005, Drennan ym. 2009). Loppukasvatusvaiheen alussa mitatulla rasvanpaksuudella oli Lamben ym. (2010) tutkimuksessa keskinkertainen negatiivinen korrelaatio ruhon lihakkuuteen ( $r=-0,3$ ). Loppukasvatusvaihe kesti kokeessa 90 päivää. Pintarasvan ja kasvutietojen perusteella loppukasvatusvaiheessa eri kasvatusryhmiin lajitellut eläimet tuottivat 11,55 Kanadan dollaria enemmän kuin lajittelemattomat (Basarab ym. 1997). Vastaavassa kokeessa Brethour (1997) raportoi 20 dollaria paremman tuoton/eläin.

Eri sukupuolille on tehty erilaisia laskentamalleja rehuhyötysuhteen ja syönnin määrittämiseksi teuras- ja ultraäänimittautustietojen pohjalta (Perry & For 1997, Guiroy ym. 2001, Baker ym. 2006). Jos ruokinnasuunnittelu (erityisesti energiasisältö ja ruokinnan toteutus) on tehty ultraäänimitatun pintarasvan paksuuden ja lihaksen sisäisen rasvan osuuden perusteella, voidaan rehunenergian parhaiten ja heikoiten hyödyntävät eläimet tunnistaa kasvutuloksen perusteella (Baker ym. 2006). Ultraäänimittauksella on määritetty myös sisälmysrasvan osuutta. Sisälmysrasvan määrä on yhteydessä eläinten energiansaantiin ja ruokinnan toteutumiseen. Mittauskohta on tällöin kupeesta, *Psosas ma-*

lor-lihaksen ventraalipuolelta. Ultraäänimittaustuloksen korrelaatio punnittuun sisälmysrasvaan on korkea ( $r=0,93$ ) (Ribeiro ym. 2007).

Teurasluokitus on pääperiaatteiltaan maailmanlaajuisesti hyvin samanlainen. Kaikissa järjestelmissä korkein ruhon arvo saavutetaan, kun lihasaanto ruhosta on suurin (Lambe ym. 2010). Lihan syöntiominaisuuksien painotus on rakennettu lihan saanto-osuuden päälle eikä saanto-osuutta vastaan (Hale ym. 2013, Cottle & Kahn 2014). Toisin sanoen heikon lihakkuuden omaavasta ruhosta ei voi saada missään järjestelmässä korkeinta hintaa. Lambe ym. (2010) arvioivat, että Pohjois-Amerikassa käytetyt ennusteyhtälöt toimisivat verrattain hyvin Iso-Britannian järjestelmässä arvioimaan ruhon arvoa.

Loppukasvatuksen keston voivat vaikuttaa useat erilaiset tavoitteet. Tavoitteellisessa loppukasvatuksessa on määritetty jonkin selkeä tavoite, joka on saavutettava ennen teurastusta. Yleisimmin tavoitteina ovat tietty elopaino, pintarasvan paksuus, lihaksen sisäisen rasvan osuus ja/tai selkälihaksen pinta-ala. Ultraäänimittaustuloksilla määritettyjen tavoitteiden periytyvyysaste on samansuuntainen ( $h^2=0,37-0,74$ ) kuin muidenkin ultraäänellä mitattujen ominaisuuksien. Jalostusvalinnalla pystyttäisiin vaikuttamaan loppukasvatuksen tavoitteellisen ominaisuuksien saavuttamiseen lyhyemmässä ajassa (Speidel ym. 2016).

Ultraäänimittauksella voidaan valita eläimiä tiettyihin teurastusryhmiin siten, että teuraslaatu pysyy yhtenäisenä. Markkinoiden vaatimukset pystyttäisiin täyttämään tavanomaista lajittelua paremmin, jolloin hukka olisi vähäisempää (Lambe ym. 2010). Ennen teurastusta tehtyjen mittausten yhteys teurastulokseen on korkea selkälihaksen pinta-alan ja pinta-rasvan paksuuden osalta (taulukot 2 ja 3).

Naudanlihantuotannon kannattavuus perustuu kustannustehokkaaseen toimintaan. Panos-tuotossuhdetta voidaan naudanlihantuotannossa parantaa tuotannon tehokkuutta lisäämällä. Tuotannon tehokkuutta voidaan lisätä emolehmätuotantoon perustuvassa naudanlihantuotannossa jalostuksella, joka lisää taloudellisesti kannattavia ominaisuuksia. Jalostusindeksien heikkous on useissa tapauksissa se, että laskenta perustuu yhteen ominaisuuteen. Kannattavuuteen kuitenkin vaikuttavat monet eläimen ominaisuudet. Yhdistelmäindeksit, joissa on otettu useita ominaisuuksia huomioon sekä liitetty indekseihin taloudellinen vaikutus, olisivat mahdollisuus jalostuksellisesti valita eläimiä, joilla parantaa kannattavuutta (Enns & Nicoll 2008). Yhdistelmäindeksejä voidaan muodostaa käyttämällä hyväksi teuras-, ultraääni- ja genomitestien tuloksia (Berry ym. 2016, Ochsner ym. 2017).

### 8.1.1. Lajittelun käytäntö

Loppukasvatuseläinten lajittelussa tulisi olla tiedossa teurastavoite. Teurastavoitteena voi olla tietty teuraspaino, laatuluokka tai loppukasvatuksen pituus. Käytännössä loppukasvatuksen pituus on ollut eniten kustannuksiin vaikuttava tekijä (Pyatt ym. 2005). Eläinten lajittelusta voi aiheutua kustannuksia, joita voi olla haastavaa saada katettua, jos lajittelussa ei ole toimittu suunnitelmallisesti. Lajittelun käytännön järjestelyyn ja eläinten käsittelyyn tarvitaan tilaa ja käsittelyjärjestelmä, joista muodostuu investontivaiheessa kustannuksia. Lajittelun pääasiallinen tarkoitus on muodostaa tasaisia kasvatusryhmiä. Saavutettu ryhmän tasaisuus aiheuttaa ryhmän ominaisuuksista poikkeavien eläinten sijoittamista eri kasvatusryhmiin. Tästä voi aiheutua vajaan täyttöisiä karsinoita/tiloja. Toisaalta heikoimmat ja haasteellisimmat karsinat voivat aiheuttaa odottamattomia, ylimääräisiä kustannuksia (Bruns & Pritchard 2003). Ryhmien järjestely ja uudet tilanteet käsittelyyn tottumattomille eläimille aiheuttavat stressiä. Stressi heikentää kasvua. Ryhmien uudelleen järjestelyyn on osoitettu aiheuttavan 5,6 % hidastumisen päiväkasvussa ja 6,9 % heikkenemisen rehuhyötysuhteessa (Stanton 1997). Ultraäänimittaus aiheuttaa kustannuksen, josta saatava hyöty on oltava hyvin perusteltu (Basarab ym. 1999, Keefe ym. 2004). Vain suunniteltu täyttöaste ja toiminta tuottavat kannattavan tuloksen.

Rotutyypit, ikä ja kokoluokka vaikuttavat kudosten kasvuun ja kasvatusajan pituuteen. Edelleenkin elopainon punnitusta ei saisi unohtaa. Elopainon kehitys on yksinkertaisin tapa seurata eläinten teuraskypsyyden saavuttamista. Eri rotutyypin eläimet olisi kustannustehokasta sijoittaa samaan

kasvatusryhmään esimerkiksi isärodun mukaan. Rotutyypin on osoittautunut yhtenäisemmäksi kasvatusajan ja teurastuloksen määrittäjäksi kuin eläinten lähtötila (Bruns & Pitchard 2003, Dean 2006).

Eläimiä pystytään kohtuullisen tarkasti arvioimaan ulkonäköarvioinnin perusteella vieroituvaiheessa (Drennan ym. 2009). Korkeintaan 60 päivän hajonta eläinten kasvatusryhmän iässä aikaansaa tasaisia teurasryhmiä (BIF 2010). Eri kokoluokan eläinten kudosten kasvussa on osoitettu olevan eroja. Isomman kokoluokan eläimet saavuttavat teuraskypsyyden myöhemmin, pintarasvan paksuus kertyy eläimiin hitaammin ja lihaksen kasvu on suurempaa (Reiling 1991, Bergen ym. 2005). Kokoluokkaa ja erilaisia muita eläimen ulkomuodon mittauksia (mm. lihakkuuden ulkomuotoarviota) voidaan käyttää ryhmittelyn perusteena tarkempien teurasryhmien muodostamisessa (Tatum ym. 1986a,b,c, Trenkle 2001, Drennan ym. 2009, Pogorzelska-Przybylek ym. 2014, Nogalski ym. 2017). Kokoluokan vaihtelu ryhmän sisällä ei saisi ylittää kahta kokoluokkaa. Yksinkertaisesti eläimet voidaan jakaa alle ja yli 5,5–6 kokoluokkiin (Tatum ym. 1986a,b,c, Trenkle 2001). Lajittelun genomisina mahdollisuuksina voidaan pitää mm. leптиini-geenin eri muotoja. Leптиini-R25 geenissä löytyy alleeli-muodot CC, CT ja TT. T-alleelin esiintyminen on lisännyt pintarasvan muodostumista, lihaksen sisäisen rasvan määrää ja nostanut teuraspainoa. TT-muoto on lisännyt eniten lihaksen sisäisen rasvan määrää (Buchanan ym. 2002, Kononoff ym. 2005, Woronuk ym. 2012). Lajittelemalla loppukasvatusryhmät genomimuodon mukaan ja osoittamalla genomityypin mukainen käsittely eläimille, saavutettiin \$23 lisäarvo ruhoa kohden (Kononoff ym. 2015).

Loppukasvatusvaiheen alussa olevista eläimistä saa hyviä ultraäänikuvia, koska nahan ja pintarasvan paksuus on tässä kasvun vaiheessa ohuin (Brethour 2000a, Wall ym. 2004). Ultraäänimittauksella on käytännössä tehokkainta jaotella eläimet loppukasvatusvaiheen alussa pintarasvan perusteella, huomioiden rotutyypin ja ikä. Eläimet voidaan jakaa kahteen ryhmään: yksilöt joilla on ohuesti pintarasvaa tai enemmän pintarasvaa. Pintarasvan paksuus tässä vaiheessa mitattuna on yhteydessä teurasruhon pintarasvan paksuuteen. Enemmän pintarasvaa -ryhmä saavuttaa teuraskypsyyden aikaisemmin kuin vähemmän pintarasvaa -ryhmä (Basarab ym. 1999, Brethour 2000b, Rouse ym. 2000, Bruns ym. 2004, Wall ym. 2004, Albrecht ym. 2006).

Basarab ym. (1999) jakoivat ultraäänimittauksen perusteella eläimet kolmeen ryhmään. Lyhytkestoisimmassa kasvatusryhmässä pintarasvan paksuus oli kasvatuksen alussa 3,95 mm, keskiryhmässä 2,96 mm ja pitkäkestoisimmassa kasvatusryhmässä 2,25 mm. Tavoitteena oli saavuttaa keskimäärin 9,25 mm pintarasvan paksuus ja 370 kg teuraspainoa. Lajittelulla saavutettiin 21,5 Kanadan dollarin lisäarvo ruhoa kohden. Lisäarvo muodostui teurasruhon tasaisemmasta laadusta ja korkeammista laatuluokista. Walburger & Crews (2004) arvioivat, että ultraäänimittauksen tuoma tieto täsmällisemmästä teurastusajankohdasta voisi antaa \$37,54 paremman tuloksen ruhoa kohden.

Ultraäänimitatun pintarasvan mittaustulos on yhteydessä lihaksen sisäisen rasvan mittaustulokseen. Loppukasvatuksen alussa voidaan pintarasvan paksuuden mittauksen yhteydessä mitata lihaksen sisäisen rasvan määrä (Brethour 2000b, Rouse ym. 2000, Bruns ym. 2004, Keefe ym. 2004, Wall ym. 2004, Albrecht ym. 2006). Lihaksen sisäisen rasvan määrän lisääntymisen oletetaan olevan lähes lineaarinen (Brethour 2000a, Wall ym. 2004). Toisin sanoen loppukasvatusvaiheen alussa tehty mitaus antaa hyvän käsityksen siitä, minkälainen lihaksen sisäisen rasvan määrä teurasruhoon muodostuu. Edellytyksenä kuitenkin on, että eläinten kasvu pysyy tasaisena koko loppukasvatusvaiheen läpi (Brethour 2000a,b, Keefe ym. 2004, Wall ym. 2004, Albreth ym. 2006). Noin 100 päivää ennen teurastusta voidaan muodostaa jo hyvin ( $r=0,83$ ) tarkka käsitys siitä, minkälainen määrä lihaksen sisäistä rasvaa teurasruhossa on tavoitepainossa (Wall ym. 2004). Käytännössä useissa naudanlihan hyvää syöntilaatua tavoittelevissa järjestelmissä tavoitellaan noin 10 mm pintarasvan paksuutta, jonka oletetaan olevan raja-arvo suurempaan lihaksen sisäisen rasvan määrään. Muodostettavat laskelmat loppukasvatusajan pituudesta perustuvat arvioon siitä, kuinka kauan eläimiä joudutaan ruokkimaan, kunnes ne saavuttavat 10 mm pintarasvan paksuuden (Brethour 2000b, Cottle & Kahn 2014).

Ultraäänimittauksella voidaan mitata myös lihakkuusominaisuuksia. Loppukasvatuksen alussa selkälihaksen pinta-ala on enemmän yhteydessä eläimen elopainoon kuin ennen teurastusta (Hassen ym. 1998a). Selkälihaksen kasvu on lineaarisesti yhteydessä teurasruhon painoon (Bruns ym. 2004).

Drennan ym. (2009) havaitsivat risteytyssonneilla sekä 8–12 kuukauden iässä että ennen teurastusta tehdyn selkälihaksen paksuuden ultraäänimittauksen ja teuraspainon välillä olevan korkean korrelaation ( $r=0,80-0,81$ ). Ruhon lihasaannosta selkälihaksen ultraäänimittaus tulos kertoi 8–12 kuukauden iässä mitattuna 61 % ja ennen teurastusta 68 %. Selkälihaksen pinta-alan kasvu on mallinnettavissa ja loppukasvatuksen alussa tehdyt mittaukset ovat yhteydessä teurasruhon selkälihaksen pinta-alaan. Pääsääntöisesti loppukasvatuksen alussa keskimääräistä suuremman selkälihaksen omaavilla eläimillä on suurempi selkälihas myös loppukasvatuksen lopussa. Selkälihaksen koko on yhteydessä teurasruhon lihakuuteen (Crews ym. 2003, MacNeil & Northcutt 2008, Drennan ym. 2009, Trela & Choroszzy 2011, Pogorzelska-Przybylek ym. 2014).

Loppukasvatusvaiheen lopun ultraäänimittauksilla saadaan hyvin tarkasti selville ruhon ominaisuuksia (Wolcott ym. 2001, Crews ym. 2003, Greiner ym. 2003a,b,c, MacNeil & Northcutt 2008, Dean 2006, Drennan ym. 2009, Pena ym. 2014, Pogorzelska-Przybylek ym. 2014) (taulukko 14). Ennen teurastusta tehtyjä ultraäänimittauksia ei tulisi käyttää jalostusarvojen muodostamisessa tai vertailutietona vuoden iässä tehdyille ultraäänimittauksille (ICAR 2008).

**Taulukko 14.** Ennen teurastusta tehdyt ultraäänimittaukset ja teurasruhosta mitatut vastaavat ominaisuudet (Greiner ym. 2003a,b,c).

	Greiner ym. 2003a	Greiner ym. 2003a	Greiner ym. 2003b	Greiner ym. 2003c	Greiner ym. 2003c
Ultraäänimitattu pinta-rasvan paksuus, cm	1,00 ± 0,35	1,05 ± 0,35	1,02 ± 0,35	1,00 ± 0,35	1,05 ± 0,35
Ruhosta mitattu pinta-rasvan paksuus, cm	1,04 ± 0,41	1,14 ± 0,46	1,09 ± 0,44	1,04 ± 0,41	1,14 ± 0,46
Ultraäänimitattu selkälihaksen pinta-ala, cm <sup>2</sup>	77,0 ± 7,5	80,8 ± 7,3	78,8 ± 7,6	77,04 ± 7,49	80,79 ± 7,27
Ruhosta mitattu selkälihaksen pinta-ala, cm <sup>2</sup>	76 ± 8,0	80,5 ± 8,8	78,1 ± 8,7	75,99 ± 7,99	80,45 ± 8,83

Suurin hyöty tästä mittauksesta saadaan identifioimalla ne eläimet, jotka eivät tule saavuttamaan tiettyjä erikoismarkkinoiden tavoitteita. Vaihtoehtoina on näiden eläinten kohdalla, joko jatkaa kasvatus tai päätyä ns. pudottamaan eläimet alempiin laatuluokkiin ja tyytymään tällöin todennäköisesti vähäisempään ruhon arvoon. Kasvatuksen jatkaminen lisää todennäköisesti kustannuksia, eikä varmuutta laatuluokan saavuttamisesta kuitenkaan ole. Tasaisen ryhmän tavoittelussa on myös tuotteen markkinoijan (teollisuuden) intressi. Jos pystytään etukäteen kohtuullisen tarkasti ennakoimaan, minkälaista tuotetta on saatavilla ja milloin, tuotannon ohjaus tehostuu ja yksinkertaistuu (Brethour 2000, Rouse ym. 2000, Dean 2006). Teurastusta ennakoivien ultraäänimittauksien avulla pystytään luovuttamaan tärkeää tietoa siitä, minkälaista tuotetta on kulloinkin odotettavissa.

## 9. Yhteenveto ja johtopäätökset

Ultraäänimittauksella pystytään mittaamaan erilaisia ruho-ominaisuuksia elävästä eläimestä verrattain kustannustehokkaasti. Käytännössä ultraäänimittaukseen vaikuttavat eläinten käsiteltävyys ja ympäristön lämpötila. Eläimen tulisi olla riittävän rauhallinen ja pysyä paikallaan mittauksen ajan. Lihaksen muoto vaikuttaa mittaustulokseen. Helpoimmin kuva saadaan muodostumaan vähärasvaisista ja ohutnahkaisista eläimistä. Alle +10 °C asteen lämpötilat ovat haaste ultraäänimittauslaitteiden toiminnalle. Ultraäänimittausulosten tarkkuuteen ja tulosten tulkintaan vaikuttavat jonkin verran mittaajan harjaantuneisuus ja ammattitaito.

Jalostusindeksiä varten eläimet tulisi ultraäänimitata noin vuoden iässä. Sonnien ja hiehojen mitaaminen on yhtä tärkeää. Jalostusindeksiä varten tarvitaan riittävästi mittaustuloksia. Tuloksia tulisi aina verrata vertailuryhmän sisällä. Ultraäänimittauksella saadut tulokset olisi indeksilaskentaa varten käytännöllistä yhdistää teuras- ja mahdollisiin genomituloksiin. Valittujen ominaisuuksien perusteella on mahdollista muodostaa jalostusindeksejä, jotka voivat lisätä haluttuja ominaisuuksia populaatiossa.

Eläinten lajittelu ominaisuuksien perusteella voi antaa lisäarvoa, tehostaa ja helpottaa tuotantoa sekä parantaa tuotteen tasalaatuisuutta. Onnistuneella lajittelulla minimoidaan teurasruhojen hinnan vähennykset ja maksimoidaan mahdollinen laatuluokista muodostuva lisähinta. Kasvatuksen loppuvaiheessa tapahtuvalla ultraäänimittauksella saadaan selkeästi todennettua ne eläimet, jotka eivät tule saavuttamaan haluttua tavoitetta. Näistä eläimistä voidaan ilmoittaa etukäteen ennen teurastusta, jolloin erikoismarkkinoiden tarvetta voidaan suunnitella tarkemmin.

Kaiken eläimistä saatavien tietojen hyödynnyksen edellytyksenä on, että tiedot analysoidaan ja prosessoidaan. Koko ketjulle, emolehmätuottajille, loppukasvattajille ja teurastamoteollisuudelle voidaan muodostaa erityyppisiä raportteja, joista saadaan selville kullekin portaalle olennaisimmat asiat, joilla tuotantoa voidaan ohjata.

Ultraäänitekniikan hyödynnykseen tarvitaan selkeät tavoitteet siitä, mitä eläinainekselta ja teurasruholta halutaan. Erityyppiset eläimet ja rotutyypit soveltuvat erilaisiin tavoitteisiin, jolloin tuotannon tehokkuus ja kannattavuus ovat helpommin saavutettavissa.

## Viitteet

- Aass, L. 1996. Variation in carcass and meat quality traits and their relation to growth in dual purpose cattle. *Livestock Production Science* 46: 1–12.
- Aass, L., Fristedt, C.-G. & Gresham, J.D. 2009. Ultrasound prediction of intramuscular fat content in lean cattle. *Livestock Science* 125: 177–186.
- Aass, L., Gresham, J.D. & Klemetsdal, G. 2006. Prediction of intramuscular fat by ultrasound in lean cattle. *Livestock Science* 101: 228–241.
- Aass, L. & Vangen, O. 1997. Effects of selection for high milk yield and growth on carcass and meat quality traits in dual purpose cattle. *Meat Science* 7: 67–79.
- Albrecht, E., Teuscher, F., Ender, K. & Wegner, J. 2006. Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *Journal of Animal Science* 84: 1067–1075.
- Allen, P. 2007. New methods for grading beef and sheep carcasses. Teoksessa: Evaluation of carcass and meat quality in cattle and sheep. Lazzaroni, C., Gigli, S. & Gabina, D. (toim.). EAAP publication no. 123. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. s. 39–48.
- Amin, V. 1995. An introduction to principles of ultrasound. Iowa State University. Study Guide. s. 1–34.
- Amin, V., Roberts, R., Patel, A., Wilson, D., Rouse, G. & Zhang, H. 1995. Ultrasound tissue characterization for quality grading of beef carcasses. Review of progress in quantitative nondestructive evaluation A14/B14. Thompson, D.O. & Chimenti, D. (toim.). s. 1757–1764.
- Anton, I., Kovacs, K., Hollo, G., Farkas, V., Lehel, L., Hajda, Z. & Zsolnai, A. 2011. Effect of leptin, DGAT1 and TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary. *Livestock Science* 135: 300–303.
- Anton, I., Kovacs, K., Hollo, G., Farkas, V., Szabo, F., Egerszegi, I., Ratky, J., Zsolnai, A. & Brussow, K-P. 2012. Effect of DGAT1, leptin and TG gene polymorphisms on some milk production traits in different dairy cattle breeds in Hungary. *Archiv Tierzucht* 4: 307–314.
- Anton, I., Zsolnai, A., Hollo, I., Repa, I. & Hollo, G. 2013. Effect of thyroglobulin gene polymorphism on the intramuscular fat content in cattle examined by x-ray computed tomography and Soxhlet methods. *Archiv Tierzucht* 59: 593–596.
- Arnold, J.W., Bertrand, J.K., Benyshek, L.L. & Ludwig. 1991. Estimates of genetic parameters for live animal ultrasound, actual carcass data, and growth traits in beef cattle. *Journal of Animal Science* 69: 985–992.
- Arthaud, V.H., Mandigo, R.W., Koch, R.M. & Kotula, A.W. 1977. Carcass composition, quality, and palatability attributes of bulls and steers fed different energy levels and killed at four ages. *Journal of Animal Science* 44: 53–64.
- Arthur, P.F., Renand, G. & Krauss, D. 2001. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. *Livestock Production Science* 68: 131–139.
- Bailey, C.M., Jensen, J. & Bech Anderson, B. 1986. Ultrasonic scanning and body measurements for predicting composition and muscle distribution in young Holstein x Friesian bulls. *Journal of Animal Science* 63: 1337–1346.
- Baker, M.J., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Henning, W.R. & Ketchen, D.J. 2006. Using ultrasound measurements to predict body composition of yearling bulls. *Journal of Animal Science* 84: 2666–2672.
- Basarb, J.A., Brethour, J.R., ZoBell, D.R. & Graham, B. 1999. Sorting feeder cattle with a system that integrates ultrasound backfat and marbling estimates with a model that maximizes feedlot profitability in value-based marketing. *Canadian Journal of Animal Science* 79: 327–334.
- Basarab, J.A., Milligan, D., McKinnon, J.J. & Thurlakson, B.E. 1997. Potential use of video imaging and real-time ultrasound on incoming feeder steers to improve carcass uniformity. *Canadian Journal of Animal Science* 77: 385–392.
- Barber, K.A., Wilson, L.L., Ziegler, J.H., Levan, P.C. & Watkins, J.L. 1981. Charolais and Angus steers at equal percentage of mature low weight. I: Effects of slaughter weight and diet energy density on carcass traits. *Journal of Animal Science* 52: 218–231.
- Benyshek, L.L. 1981. Heritabilities for growth and carcass traits estimated from data on Herefords under commercial conditions. *Journal of Animal Science* 53: 49–56.
- Bergen, R., Crews, D.H., Miller, S.P. & McKinnon, J.J. 2003. Predicting lean meat yield in beef cattle using ultrasonic muscle depth and width measurements. *Canadian Journal of Animal Science* 83: 429–434.
- Bergen, R.D., McKinnon, J.J., Christensen, D.A. & Kohle, N. 1996. Predicting of lean yield in yearling bulls using real-time ultrasound. *Canadian Journal of Animal Science* 76: 305–311.

- Bergen, R.D., Miller, S.P., Mandell, I.B. & Robertson, W.M. 2005a. Use of live ultrasound, weight and linear measurements to predict carcass composition of young beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 85: 23–35.
- Bergen, R., Miller, S.P. & Wilton, J.W. 2005b. Genetic correlations among indicator traits for carcass composition measured in yearling beef bulls and finished feedlot steers. *Canadian Journal of Animal Science* 85: 463–473.
- Bergen, R., Miller, S.P., Wilton, J.W., Crews Jr., D.H. & Mandell, I.B. 2006. Genetic correlations between live yearling bull and steer carcass traits adjusted to different slaughter end points. 1. Carcass lean percentage. *Journal of Animal Science* 84: 546–557.
- Berry, D.P., Garcia, J.F. & Garrick, D.J. 2016. Development and implementation of genomic predictions in beef cattle. *Animal Frontiers* 1: 32–38.
- Bertrand, J.K. 2009. Using actual and ultrasound carcass information in beef genetic evaluation programs. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38: 58–63.
- Bertrand, J.K., Green, R.D., Herring, W.O. & Moser, D.W. 2001. Genetic evaluation for beef carcass traits. *Journal of Animal Science* 79: E190–E200.
- BIF 2010. Guidelines for uniform beef improvement programs. 2010. Ninth Edition. Beef Improvement Federation, Prairie, Minnesota, USA. 183 s.
- Brethour, J.R. 1992. The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle. *Journal of Animal Science* 70: 1039–1044.
- Brethour, J.R. 1997. Ultrasound technology for precision marketing of cattle. Teoksessa: Proceedings of the plains nutrition council symposium. Publication AREC 97. Texas A&M Research and Extension Center, USA. ss. 1–4.
- Brethour, J.R. 2000a. Using receiver operating ultrasound characteristics analysis to evaluate the accuracy in predicting future quality grade from ultrasound marbling estimates on beef calves. *Journal of Animal Science* 78: 2263–2268.
- Brethour, J.R. 2000b. Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 78: 2055–2061.
- Brown, M.A., Brown Jr., A.H., Jackson, W.G. & Miesner, J.R. 2001. Genotype x environment interaction in milk yield and quality in Angus, Brahman, and reciprocal-cross cows on different forage systems. *Journal of Animal Science* 79: 1643–1649.
- Brown, M.A., Brown Jr., A.H. & Sandelin, B.A. 2002. Relationship of milk yield and quality to preweaning gain of calves Angus, Brahman and reciprocal-cross cows on different forage system. *Journal of Animal Science* 80: 2522–2527.
- Brown, M.A. & Lalman, D.L. 2010. Milk yield and quality in cows sired by different beef breeds. *The Professional Animal Scientist* 4: 393–397.
- Bruns, K.W. & Pritchard, R.H. 2003. Sorting cattle – A review. 2003 South Dakota Beef Report. South Dakota State University. Collage Agriculture and Biological Sciences, Department of Animal and Range Sciences. s. 60–69.
- Bruns, K.W., Pritchard, R.H. & Boggs, D.L. 2004. The relationship among body weight, body composition, and intramuscular fat content in steers. *Journal of Animal Science* 82: 1315–1322.
- Buchanan, F.C., Fitzsimmons, C.J., Van Kessel, A.G., Thue, T.D. & Schmutz, S.M. 2002. A missense mutation in the bovine leptin gene affects carcass fat content and mRNA levels. *Genetic Selection Evolution* 34: 105–106.
- Carstens, G., Theis, C., White, M., Welsh, T., Warrington, B., Randel, R., Forbes, T., Lippke, H., Greene, L. & Lunt, D. 2002. Residual feed intake in beef steers: I. Correlations with performance traits and ultrasound measures of body composition. *Proceedings – American Society of Animal Science – Western Section* 53: 552–555.
- Chambaz, A., Dufey, P.-A., Kreuzer, M. & Gresham, J. 2002. Sources of variation influencing the use of real-time ultrasound to predict intramuscular fat in live beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 82: 133–139.
- Chambaz, A., Scheeder, M.R.L., Kreuzer, M. & Dufey, P.A. 2003. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science* 63: 491–500.
- Charagu, P.K., Crews Jr., D.H., Kemp, R.A. & Mwansa, P.B. 2000. Machine effects on ultrasonic prediction of backfat and ribeye area in beef bulls, steers and heifer. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 19–24.
- Cianzio, D.S., Topel, D.G., Whitehurst, G.B., Beitz, D.C. & Self, H.L. 1982. Apidose tissue growth in cattle representing two frame sizes: Distribution among depots. *Journal of Animal Science* 55: 305–312.



- Coleman, L.W., Hickson, R.E., Schreurs, N.M., Martin, N.P., Kenyon, P.R., Lopez-Villalobos, N. & Morris, S.T. 2016. Carcass characteristics and meat quality of Hereford sired steers born to beef-cross-dairy and Angus breeding cows. *Meat Science* 121: 403–408.
- Contreras, V.I.P., Bracamonte, G.M.P., Bustamante, L.A.L., Medina, V.R.M. & Rincon, A.M.S. 2015. Milk composition and its relationship with weaning weight in Charolais cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 44: 207–212.
- Cottle, D. & Kahn, L. 2014. Beef cattle production and trade. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia. 574 s.
- Crews Jr., D.H. & Kemp, R.A. 2001. Genetic parameters for ultrasound and carcass measures of yield and quality among replacement and slaughter beef cattle. *Journal of Animal Science* 79: 3008–3020.
- Crews Jr., D.H., Pollack, E.J. & Quaas, R.L. 2004. Evaluation of Simmental carcass EPD estimated using live and carcass measurements on finished steers. *Journal of Animal Science* 82: 661–667.
- Crews Jr., D.H., Pollack, E.J., Weaber, R.L., Quaas, R.L. & Lipsey, R.J. 2003. Genetic parameters for carcass traits and their live animal indicators in Simmental cattle. *Journal of Animal Science* 81: 1427–1433.
- Crouse, J.D., Dikeman, M.E., Koch, R.M. & Murphey, C.E. 1975. Evaluation of traits in the U.S.D.A. yield grade equations for predicting beef carcass cutability in beef groups differing in growth and fattening characteristics. *Journal of Animal Science* 41: 548–553.
- Cruz, G., Rodriguez-Sanchez, J., Oltjen, J. & Sainz, R. 2010. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. *Journal of Animal Science* 88: 324–329.
- Cuvelier, C., Clinquart, A., Hocquette, J.F., Cabaraux, J.F., Dufranse, I., Istasse, L. & Hornick, J.-L. 2006. Comparison of composition and quality of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. *Meat Science* 74: 522–531.
- Dean, D.T. 2006. Evaluation of ultrasound and other sources of information to predict beef carcass traits and final carcass value. PhD dissertation, Texas A&M University, TX, USA. 118 s.
- DeRose, E.P., Wilton, W.J. & Schaeffer, L.R. 1988. Estimation of variance components for traits measured on station-tested beef bulls. *Journal of Animal Science* 66: 626–634.
- Devitt, C.J.B & Wilton, J.W. 2001. Genetic correlation estimates between ultrasound measurements on yearling bulls and carcass measurements on finished steers. *Journal of Animal Science* 79: 2790–2797.
- Dinkel, C.A., Busch, D.A., Schafer, D.E., Tuma, H.J., Minyard, J.A. & Costello, W.J. 1969. Changes in composition of beef carcasses with increasing animal weight. *Journal of Animal Science* 28: 316–323.
- Donyelle, C. & Lebihan, E. 2004. Intramuscular variation in beef tenderness. *Meat Science* 66: 241–247.
- Doorley, J. 2001. The usefulness of live animal body measurements, ultrasonic scanning and subjective scores in estimating carcass quality in cattle. Master Thesis. National University of Ireland, Dublin. 186 s.
- Drennan, M.J., McGee, M., Conroy, S.B., Keane, M.G., Kenny, D.A. & Berry, D.P. 2009. The relationship between various live animal scores/measurements and carcass classification for conformation and fatness with meat yield and distribution, and ultimate carcass value. End of project report. RMIS No. 5369. Beef Production Series No. 89. Ireland. 40 s.
- Duello, D.A. 1993. The use of real-time ultrasound measurements to predict composition and estimates of genetic parameters of carcass traits in live cattle. PhD thesis, Iowa State University, Ames, Iowa, USA. 198 s.
- Duello, D.A., Rouse, G.H. & Wilson, D.E. 1990. Real-time ultrasound as a method to measure ribeye area, subcutaneous fat cover and marbling in beef cattle. *Journal of Animal Science* 68 (Suppl.1): 240.
- Emenheiser, J.C., Tait Jr., R.G., Shackelford, S.D., Kuehn, L.A., Wheeler, T.L., Notter, D.R. & Lewis, R.M. 2014. Use of ultrasound and body condition score to evaluate composition trait in mature beef cows. *Journal of Animal Science* 92: 3868–3877.
- Emerson, M.R., Woerner, D.R., Belk, K.E. & Tatum, J.D. 2013. Effectiveness of USDA instrument-based marbling measurements for categorizing beef carcasses according to differences in longissimus muscle sensory attributes. *Journal of Animal Science* 91: 1024–1034.
- Enns, R.M. & Nicoll, G.B. 2008. Genetic change results from selection on an economic breeding objective in beef cattle. *Journal of Animal Science* 86: 3348–3357.
- Fahmy, M.H. & Lalande, G. 1975. Growth rate, feed conversion and carcass traits of Charolais x Holstein-Friesian and Hereford x Holstein-Friesian steers slaughtered at three different weights. *Animal Science* 20: 11–18.

- Field, G.F. 2007. Beef production and management decisions. Fifth edition. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 718 s.
- Fisher, A.V. 2007. Beef carcasses classification in the EU: an historical perspective. Teoksessa: Evaluation of carcass and meat quality in cattle and sheep. Lazzaroni, C., Gigli, S. & Gabina, D. (toim.). EAAP publication no. 123. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. s. 19–31.
- Flaukner, D.B., Parrett, D.F., McKeith, F.K. & Berger, L.L. 1990. Prediction of fat cover and carcass composition from live and carcass measurements. *Journal of Animal Science* 68: 604–610.
- Fursey, G.A.J., Miles, C.A., Page, S.J. & Fisher, V. 1991. Speed of ultrasound in Hereford bulls and its correlation with carcass composition. *Animal Production* 52: 263–269.
- Geay, Y. 1984. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science* 58: 766–778.
- Giraud, J.M., Egal, D., De La Torre, A. & Agabriel, J. 2014. Phénotypage de la robustessa des vaches allaitantes charolaises: la mesure échographique comme estimateur des réserves corporelles et des leurs variations. *Rencontres Recherches Ruminants* 21: 19–22.
- Gonda, M.G., Perry, G.A., Holland, B.P. & Wright, C.L. 2012. Comparing Pfizer GeneSTAR and Igenity PROFILE DNA tests in crossbred cattle. <https://www.sdstate.edu/sites/default/files/ars/species/beef/upload/5-Gonda-Genestar-Margins-1-3-13.pdf>
- Gordo, D.G.M., Espigolan, R., Tonussi, R.L., Junior, G.A.F., Bresolin, T., Barga Magalhaes, A.F., Feitosa, F.L., Baldi, F., Carvalheiro, R., Tonhati, H., Oliveira, H.N., Chardulo, L.A.L. & de Albuquerque, L.G. 2016. Genetic parameter estimates for carcass traits and visual scores including or not including genomic information. *Journal of Animal Science* 94: 1821–1826.
- Goutefongea, R & Valin, C. 1978. Study of bovine meat quality. 2. Comparison of the organoleptic properties of cow and young bull meat. *Annales de Technologie Agricole* 27: 609–627.
- Grandin, T. & Deesing, M. 2008. Humane livestock handling. Storey Publishing. United States, McNaughton & Gunn., Inc. 227 s.
- Gray, G.D., Moore, M.C., Hale, D.S., Kerth, C.R., Griffin, D.B., Savell, J.W., Raines, C.R., Lawrence, T.E., Belk, K.E., Woerner, D.R., Tatum, J.D., VanOverbeke, D.L., Mafi, G.G., Delmore Jr., R.J. Shackelford, S.D., King, D.A., Wheeler, T.L., Meadows, L.R. & O'Connor, M.E. 2012. National Beef Quality Audit-2011: Survey of instrument grading assessment of beef carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 90: 5152–5158.
- Gregory, K.E., Cundiff, L.V. & Koch, R.M. 1995. Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. *Journal of Animal Science* 73: 1920–1926.
- Greiner, S.P., Rouse, G.H., Wilson, D.E., Cundiff, L.V. & Wheeler, T.L. 2003a. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science* 81: 676–682.
- Greiner, S.P., Rouse, G.H., Wilson, D.E., Cundiff, L.V. & Wheeler, T.L. 2003b. Prediction of retail product weight and percentage using ultrasound and carcass measurements in beef cattle. *Journal of Animal Science* 81: 1736–1742.
- Greiner, S.P., Rouse, G.H., Wilson, D.E., Cundiff, L.V. & Wheeler, T.L. 2003c. Accuracy of predicting weight and percentage of beef carcass retail product using ultrasound and live animal measures. *Journal of Animal Science* 466–473.
- Gresham, J.D. 2006. Study Guide. Real-Time ultrasound beef applications. Classic Medical. University of Tennessee, Martin. USA. 19 s.
- Griffin, D.B., Savell, J.W., Recio, H.A., Garret, R.P. & Cross, H.R. 1999. Predicting carcass composition of beef cattle using ultrasound technology. *Journal of Animal Science* 77: 880–892.
- Guiroy, P.J., Fox, D.G., Tedeschi, L.O., Baker, M.J. & Cravey, M.D. 2001. Predicting individual feed requirements of cattle fed in groups. *Journal of Animal Science* 79: 1983–1995.
- Gwarney, B.L., Calkins, C.R., Rasby, R.J., Stock, R.A., Vieselmeyer, B.A. & Gosey, J.A. 1996. Use of expected progeny differences for marbling in beef: II. Carcass and palatability traits. *Journal of Animal Science* 74: 1014–1022.
- Hale, D.S., Goodson, K. & Savell, J. W. 2013. USDA Beef Quality and Yield Grades. <http://meat.tamu.edu/beefgrading/>
- Hamlin, K.E., Green, R.D., Cundiff, L.V., Wheeler, T.L. & Dikeman, M.E. 1995. Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle area: II. Relationship between real-time ultrasound measures and carcass retail yield. *Journal of Animal Science* 73: 1725–1734.
- Hassen, A., Wilson, D.E., Amin, V.R., Rouse, G.H. & Hays, C.L. 2001. Predicting percentage of intramuscular fat using two types of ultrasound equipment. *Journal of Animal Science* 79: 11–18.

- Hassen, A., Wilson, D.E. & Rouse, G.H. 1998a. Evaluation of carcass, live and real-time ultrasound measurements in feedlot cattle: I. Assessment of sex and breed effects. *Journal of Animal Science* 76: 273–282.
- Hassen, A., Wilson, D.E. & V.R., Rouse. 1999. Evaluation of carcass, live and real-time ultrasound measures in feedlot cattle: II. Effects of different age and points on the accuracy of predicting the percentage of retail product, retail product weight, and hot carcass weight. *Journal of Animal Science* 77: 283–290.
- Hassen, A., Wilson, D.E., Willham, R.L., Rouse, G.H. & Trenkle, A.H. 1998b. Evaluation of ultrasound measurements of fat thickness and longissimus muscle area in feedlot cattle: Assessment of accuracy and repeatability. *Canadian Journal of Animal Science* 78: 277–285.
- Herring, W.O., Kriese, L.A., Bertrand, J.K. & Crouch, J. 1998. Comparison of four real-time ultrasound that predict intramuscular fat in beef cattle. *Journal of Animal Science* 76: 364–370.
- Herring, W.O., Miller, D.C., Bertrand, J.K. & Benyshek, L.L. 1994b. Evaluation of machine, technician and interpreter effects on ultrasound measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science* 72: 2216–2226.
- Herring, W.O., Williams, S.E., Bertrand, J.K., Benyshek, L.L. & Miller, D.C. 1994a. Comparison of live and carcass equations predicting percentage of cutability, retail product weight and trimmable fat in beef cattle. *Journal of Animal Science* 72: 1107–1118.
- Hocquette, J.F., Meurice, P., Brun, J.P., Jurie, C., Denoyelle, C., Bauchart, D., Renand, G., Nute, G.R. & Picard, B. 2011. The challenge and limitations of combining data: A case study examining the relationship between intramuscular fat content and flavor intensity based on the BIF-BEEF database. *Animal Production Science* 51: 975–981.
- Hopper, R.M. 2015. Bovine reproduction. Wiley Blackwell, Oxford, UK. 800 s.
- Houghton, P.L. 1988. Application of ultrasound in commercial feedlots and beef breeding programs. Beef Improvement Federation Proceedings, Albuquerque, New Mexico, USA. s. 89–99.
- Houghton, P.L. & Turlington, L.M. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals. A review. *Journal of Animal Science* 70: 930–941.
- Jesse, G.W., Thompson, G.B., Clark, J.L., Hedrick, H.B. & Weimer, K.G. 1976. Effects of ration energy and slaughter weight on composition of empty body and carcass gain of beef cattle. *Journal of Animal Science* 43: 418–425
- ICAR. 2008. Interbeef – ICAR guidelines for beef performance recording. International Agreement of Recording Practices. Section 3. ICAR rules, standards and guidelines for meat production recording. s. 3–100.
- Johnson, M.Z., Schalles, R.R., Dikeman, M.E. & Golden, B.L. 1993. Genetic parameter estimates of ultrasound-measured longissimus area and 12th rib fat thickness in Brangus cattle. *Journal of Animal Science* 71: 2623–2630.
- Johnston, D.J., Reverter, A., Burrow, H.M. & Oddy, V.H. 2003a. Genetic and phenotypic characterization of live animal, carcass and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 1. Live animal measures. *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 107–118.
- Johnston, D.J., Reverter, A., Ferguson, D.M., Thompson, J.M. & Burrow, H.M. 2003b. Genetic and phenotypic characterization of live animal, carcass and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. III Meat quality traits. *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 135–147.
- Jones, S. 2004. Growth of meat animals/Growth patterns. *Encyclopedia of Meat Science* 2: 506–511.
- Kayser, W. & Hill, R.A. 2013. Relationship between feed intake, feeding behaviors, performance, and ultrasound carcass measurements in growing purebred Angus and Hereford bulls. *Journal of Animal Science* 91: 5492–5499.
- Keefe, G.P., Dohoo, I.R., Valcour, J.E. & Milton, R.L. 2004. Ultrasonic imaging of marbling at feedlot entry as a predictor of carcass quality grade. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 165–170.
- Kelly, A.K., McGee, M., Crews Jr., D.H., Fahey, A.G., Wylie, A.R. & Kenny, D.A. 2010. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing heifers. *Journal of Animal Science* 88: 109–123.
- Kemp, D.J., Herring, W.O. & Kaiser, C.J. 2002. Genetic and environmental parameters for steer ultrasound and carcass traits. *Journal of Animal Science* 80: 1489–1496.
- Koch, R.M., Cundiff, L.V. & Gregory, K.E. 1982a. Heritabilities and genetic environmental and phenotypic correlation of carcass traits in a population of diverse biological types and their implications in selection programs. *Journal of Animal Science* 55: 1319–1329.
- Koch, R.M., Dikeman, M.E., Allen, D.M., May, M., Crouse, J.D. & Champion, D.R. 1976. Characterization of biological types of cattle III. Carcass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science* 43: 48–62.

- Koch, R.M., Dikeman, M.E. & Crouse, J.D. 1982b. Characterization of biological types of cattle (Cycle III): III. Carcass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science* 54: 35–45.
- Koch, R.M., Dikeman, M.E., Lipsey, R.J., Allen, D.M., May, M., Crouse, J.D. & Campion, D.R. 1979. Characterization of biological types of cattle-Cycle II: III. Carcass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science* 49: 448–460.
- Konarska, M., Kuchida, K., Tarr, G. & Polkinghorne, R.J. 2017. Relationship between marbling measures across principal muscles. *Meat Science* 123: 67–78.
- Kononoff, P.J., Defoor, P.J., Engler, M.J., Swingle, R.S., James, S.T., Deobald, H.M., Woronuk, G.N. & Marquess, F.L.S. 2015. Performance and carcass characteristics when sorting feedlot cattle on the basis of phenotype, and leptin genotype along with differential use of  $\beta$ -adrenic agonists. *Canadian Journal of Animal Science* 95: 455–463.
- Kononoff, P.J., Deobald, H.M., Stewart, E.L., Laycock, A.D. & Marquess, F.L.S. 2005. The effect of leptin single nucleotide polymorphism on quality grade, yield grade and carcass weight of beef cattle. *Journal of Animal Science* 83: 927–932.
- Lamb, M.A., Robinson, O.W. & Tess, M.W. 1990. Genetic parameters for carcass traits in Hereford bulls. *Journal of Animal Science* 68: 64–69.
- Lambe, N.R., Ross, D.W., Navajas, E.A., Hyslop, J.J., Prieto, N., Craigie, C., Bunger, L., Simm, G. & Roehe, R. 2010. The prediction of carcass composition and tissue distribution in beef cattle using ultrasound scanning at the start and/or end of the finishing period. *Livestock Science* 131: 193–202.
- Lancaster, P.A., Carstens, G.E., Ribeiro, F.R.B., Tedeschi, L.O. & Crews Jr., D.H. 2009. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. *Journal of Animal Science* 87: 1528–1539.
- Lawrence, T., Fowler, V. & Novakofski, J. 2012. Growth of farm animals. 3<sup>rd</sup> edition. CABI International, Oxfordshire, UK. 352 s.
- Lee, J.H., Oh, S.-H., Lee, Y.M., Kim, Y.S., Son, H.J., Jeong, D.J., Whitley, N.C. & Kim, J.J. 2014. Study on growth curves of Longissimus dorsi muscle area, backfat thickness and body conformation for Hanwoo (Korean Native) cows. *Asian-Australian Journal of Animal Science* 27: 1250–1253.
- Mateescu, R.G. 2014. Genetics of meat quality. Teoksessa: The genetics of cattle. Ruvinsky, D.J.G. (toim.). CAB International, Wallingford, UK. s. 544–570.
- Mateescu, R.G., Garrick, D.J., Garmyn, A.J., VanOverbeke, D.L., Mafi, G.G. & Reecy, J.M. 2015. Genetic parameters for sensory traits in longissimus muscle and their association with tenderness, marbling score, and intramuscular fat in Angus cattle. *Journal of Animal Science* 93: 21–27.
- MacAodhain, C. 2004. The use of live animal assessments in predicting carcass merit of beef cattle. Master Thesis. National University of Ireland, Dublin. 245 p.
- MacLaren, D.G., Novakofski, J., Parrett, D.F., Lo, L.L., Singh, S.D., Neumann, K.R. & McKeith, F.K. 1991. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *Journal of Animal Science* 69: 54–66.
- MacNeil, M.D., Bailey, D.R.C., Urick, J.J., Gilbert, R.P. & Reynolds, W.L. 1991. Heritability and genetic correlation for postweaning growth and feed intake of beef bulls and steers. *Journal of Animal Science* 69: 3183–3189.
- MacNeil, M.D., Lopez-Villalobos, N. & Northcutt, S.L. 2011. A prototype national cattle evaluation for feed intake and efficiency of Angus cattle. *Journal of Animal Science* 89: 3917–3923.
- MacNeil, M.D., Nkrumah, J.D., Woodward, B.W. & Northcutt, S.L. 2010. Genetic evaluation of Angus cattle for carcass marbling using ultrasound and genomic indicators. *Journal of Animal Science* 88: 517–522.
- MacNeil, M.D. & Northcutt, S.L. 2008. National cattle evaluation system for combined analysis of carcass characteristics and indicator traits recorded by using ultrasound in Angus cattle. *Journal of Animal Science* 86: 2518–2524.
- Mao, F., Chen, L., Vinsky, M., Okine, E., Wang, Z., Basarab, J., Crews Jr., D.H. & Li, C. 2013. Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance, ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers. *Journal of Animal Science* 91: 2067–2076.
- Marshall, D.M. 1994. Breed differences and genetic parameters for body composition in beef cattle. *Journal of Animal Science* 72: 2745–2755.
- May, S.G., Burney, N.S., Wilson, J.J., Savell, J.W., Herring, A.D., Lunt, D.K., Baker, J.F., Sanders, J.O. & Smith, S.B. 1995. Lipogenic activity of intramuscular and subcutaneous adipose tissues from steers produced by different generations of Angus sires. *Journal of Animal Science* 73: 1310–1317.

- McAllister, C.M., Speidel, S.E., Crews Jr., D.H. & Enns, R.M. 2011. Genetic parameters for intramuscular fat percentage, marbling score, scrotal circumference, and heifer pregnancy in Red Angus cattle. *Journal of Animal Science* 89: 2068–2072.
- Meyer, K. 2007. Multivariate analyses of carcass traits for Angus cattle fitting reduced rank and factor analytic models. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 124: 50–64.
- Miller, D.C. 1998. Accuracy and application of real-time ultrasound for evaluation of carcass merit in live animals. [https://projects.ncsu.edu/cals/an\\_sci/extension/animal/market/dcm96-1.htm](https://projects.ncsu.edu/cals/an_sci/extension/animal/market/dcm96-1.htm)
- Miller, M.F., Cross, H.R. & Crouse, J.C. 1987. Effect of feeding regimen, breed, and sex condition on carcass composition and feed efficiency. *Meat Science* 20: 39–50.
- Moore, M.C., Gray, G.D., Hale, D.S., Kerth, C.R., Griffin, D.B., Savell, J.W., Raines, C.R., Belk, K.E., Woerner, D.R., Tatum, J.D., Igo, J.L., VanOverbeke, D.L., Mafi, G.G., Lawrence, T.E., Delmore Jr., R.J., Christensen, L.M., Shackelford, S.D., King, D.A., Wheeler, T.L., Meadows, L.R. & O'Connor, M.E. 2012. National Beef Quality Audit-2011: In-plant survey of targeted carcass characteristics related to quality, quantity, value, and marketing of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science* 90: 5143–5151.
- Moser, D.W., Bertrand, J.K., Misztal, L., Kriese, L.A. & Benyshek, L.L. 1998. Genetic parameter for carcass and yearling ultrasound measurements in Brangus cattle. *Journal of Animal Science* 76: 2542–2548.
- Nkrumah, J.D., Basarab, J.A., Price, M.A., Okine, E.K., Ammoura, A., Guercio, S., Hansen, C., Li, C., Benkel, B., Murdoch, B. & Moore, S.S. 2004. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. *Journal of Animal Science* 82: 2451–2459.
- Nephawe, K.A., Cundiff, L.V., Dikeman, M.E., Crouse, J.D. & Van Vleck, L.D. 2004. Genetic relationship between sex-specific traits in beef cattle: Mature weight, weight adjusted for body condition score, height and body condition score of cows and carcass traits of their steer relatives. *Journal of Animal Science* 82: 647–653.
- Newman, S., Reverter, A. & Johnson, D.J. 2002. Purebred-crossbred performance and genetic evaluation of postweaning growth and carcass traits in Bos Indicus x Bos Taurus crosses in Australia. *Journal of Animal Science* 80: 1801–1808.
- Nogalski, Z., Pogorzelska-Przybylek, P., Bialobrzewski, I., Modzelewska-Kapitula, M., Sobcuk-Szul, M. & Purwin, C. 2017. Estimation of the intramuscular fat content of *m. longissimus thoracis* in crossbred beef cattle based on live animal measurements. *Meat Science* 125: 121–127.
- Nour, A.Y.M., Thonney, M.L., Stouffer, J.R. & White Jr., W.R.C. 1983. Changes in carcass weight and characteristics with increasing weight of large and small cattle. *Journal of Animal Science* 57: 1154–1165.
- Nürnberg, K., Wegner, J. & Ender, K. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science* 56: 145–156.
- Ochsner, K.P., MacNeil, M.D., Lewis, R.M. & Spangler, M.L. 2017. Economic selection index development for Beefmaster cattle I: Terminal breeding objective. *Journal of Animal Science* 95: 1063–1070.
- Owens, F.N., Gill, D.R., Secrist, D.S. & Coleman, S.W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 73: 3152–3172.
- Pariacote, F., Van Vleck, L.D. & Hunsley, R.E. 1998. Genetic and phenotypic parameters for carcass traits of American Shorthorn beef cattle. *Journal of Animal Science* 76: 2584–2588.
- Pena, F., Molina, A., Juarez, M., Requena, F., Aviles, C., Santos, R., Domenech, V. & Horcada, A. 2014. Use of serial ultrasound measures in the study of growth- and breed-related changes of ultrasonic measurements and relationship with carcass measurements in lean cattle breeds. *Meat Science* 96: 247–255.
- Perkins, T.L., Green, R.D. & Hamlin, K.E. 1992a. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science* 70: 1002–1010.
- Perkins, T.L., Green, R.D., Hamlin, K.E., Shepard, H.H. & Miller, M.F. 1992b. Ultrasonic prediction of carcass merit in beef cattle: Evaluation of technician effects on ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus area. *Journal of Animal Science* 70: 2758–2765.
- Perry, T.C. & Fox, D.G. 1997. Predicting carcass composition and individual feed requirements in live cattle widely varying in body size. *Journal of Animal Science* 75: 300–307.
- Perry, D., Yeates, A.P. & McKiernan, W.A. 1993. Meat yield and subjective muscle scores in medium weight steers. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 33: 825–831.
- Pesonen, M., Honkavaara, M. & Huuskonen, A. 2012. Effect of breed on production, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Limousin and Aberdeen Angus x Limousin bulls offered a grass silage-grain-based diet. *Agricultural and Food Science* 21: 361–369.

- Pesonen, M., Honkavaara, M. & Huuskonen, A. 2013. Production, carcass and meat quality traits of Hereford, Charolais and Hereford x Charolais bulls offered grass silage-grain-based rations and slaughtered at high carcass weights. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science* 63: 28–38.
- Pinheiro, T.R., Mercadante, M.E.Z., Albuquerque, L.G., Cyrillo, J.N.S.G. & Branco, R.H. 2011. Phenotypic and genetic parameters compared during repeated measures of longissimus muscle area and subcutaneous fat thickness in Nelore cattle. *Genetic Molecular Research* 10: 2944–2952.
- Pitchford, W.S., Deland, M.P.B., Siebert, D.B., Malau-Aduli, A.E.O. & Botterns, D.K. 2002. Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. *Journal of Animal Science* 80: 2825–2832.
- Pogorzelska-Przybyłek, P., Nogalski, Z., Wielgosz-Groth, Z., Winarski, R., Sobczuk-Szul, M., Lapinska, P. & Purwin, C. 2014. Prediction of the carcass value of young Holstein-Friesian bulls based on live body measurements. *Annals of Animal Science* 14: 429–439.
- Pyatt, N.A., Beregr, L.L., Flaukner, D.B., Walter, P.M. & Rodrigues-Zas, S.L. 2005. Factors affecting carcass value and profitability in early weaned Simmental steers: II. Days on feed endpoints and sorting strategies. *Journal of Animal Science* 83: 2926–2937.
- Raschka, C., Ruda, L., Wenning, P., von Stemm, C.-I., Pfarrer, C., Huber, K., Meyer, U., Dänicke, S. & Rehage, J. 2016. In vivo determination of subcutaneous and abdominal adipose tissue depots in German Holstein dairy cattle. *Journal of Animal Science* 94: 2821–2834.
- Realini, C.E., Williams, R.E., Pringle, T.D. & Bertrand, J.K. 2001. Gluteus medius and rump fat depths as additional live animal ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses. *Journal of Animal Science* 79: 1378–1385.
- Renand, G. & Fisher, A.V. 1997. Comparison of methods for estimating carcass fat content of young Charolais bulls in performance testing station. *Livestock Production Science* 51: 205–213.
- Renand, G., Larzul, C., Le Bihan-Duval, E. & Le Roy, P. 2003. L'amélioration génétique de la qualité de la viande dans les différentes espèces: situation actuelle et perspectives à court et moyen terme. *INRA Production Animales* 3: 159–173.
- Reverter, A., Johnston, D.J., Graser, H.U., Wolcott, M.L. & Upton, W.H. 2000. Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle. *Journal of Animal Science* 78: 1786–1795.
- Ribeiro, F., Tait, R.G., Rouse, G., Wilson, D. & Busby, D. 2006. The accuracy of real-time ultrasound measurements for body composition traits with carcass traits measured in feedlot heifers. Iowa State University, USA. *Animal Science Leaflet R2072*.
- Ribeiro, F.R.B., Tedeschi, L.O., Souffer, J. & Carstens, G.E. 2007. A novel technique to assess internal body fat of cattle using real-time ultrasound. 2007 Beef Cattle Research in Texas. The Agricultural Program – The Texas A&M University System. s. 37–39.
- Rios-Utrera, A., Cundiff, L.V., Gregory, K.E., Koch, R.M., Dikeman, M.E., Koohmaraie, M. & Van Vleck, L.D. 2005. Genetic analysis of carcass traits of steers adjusted to age, weight, or fat thickness slaughter end-points. *Journal of Animal Science* 83: 764–776.
- Rios-Utrera, A., Cundiff, L.V., Gregory, K.E., Koch, R.M., Dikeman, M.E., Koohmaraie, M. & Van Vleck, L.D. 2006. Effects of age, weight, and fat slaughter end-points on estimates of breed and retained heterosis effects for carcass traits. *Journal of Animal Science* 84: 63–87.
- Reiling, B.A. 1991. A comparison of performance, carcass parameters, and retail yield of young bulls fed for the fast food industry with three frame sizes of genetically similar steers fed for conventional retail markets. M.S. Thesis. Iowa State University, Ames, Iowa. 151 s.
- Roberts, A.J., Paisley, S.I., Geary, T.W., Grings, E.E., Waterman, R.C. & MacNeil, M.D. 2007. Effects of restricted feeding of beef heifers during the postweaning period on growth, efficiency and ultrasound carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 85: 2740–2745.
- Robinson, D.L., McDonald, C.A., Hammond, K. & Turner, J.W. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: Assessment and accuracy of sonographers. *Journal of Animal Science* 70: 1667–1674.
- Robinson, D.L., Hammond, K. & McDonald, C.A. 1993. Live animal measurements of carcass traits: Estimation of genetic parameters for beef cattle. *Journal of Animal Science* 71: 1128–1135.
- Robinson, D.L., McDonald, C.A., Hammond, K. & Turner, J.W. 1992. Live animal measurements of carcass traits by ultrasound: assessment and accuracy of sonographers. *Journal of Animal Science* 70: 1667–1676.
- Rouse, G.S., Greiner, D. & Wilson, C. 1995. Alternative methods of determining carcass merit in live cattle. Proceedings Beef Improvement Federation, Sheridan, Wyoming, USA. s. 259.
- Rouse, G.S., Greiner, D., Wilson, C., Hays, J.R., Tait Jr., R.G. & Hassen, A. 2000. The use of real time ultrasound to predict live feedlot cattle carcass value. Beef Research Report, Iowa State University. A.S. Leaflet R1731.

- Sapp, R.L., Bertrand, J.K., Pringle, T.D. & Wilson, D.E. 2002. Effects of selection for ultrasound intramuscular fat percentage in Angus bulls on carcass traits of progeny. *Journal of Animal Science* 80: 2017–2022.
- Savell, J.W., Cross, H.R. & Smith, G.C. 1986. Percentage ether extractable fat and moisture content of beef longissimus muscle as related to USDA marbling score. *Journal of Food Science* 51: 838–839.
- Schenkel, F.S., Miller, S.P. & Wilton, J.W. 2004. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 177–185.
- Schoonmaker, J.P., Loerch, S.C., Fluharthy, F.L., Zerby, H.N. & Turner, T.B. 2002. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. *Journal of Animal Science* 80: 2247–2254.
- Shanks, B.C., Tess, M.W., Kress, D.D. & Cunningham, B.E. 2001. Genetic evaluation of carcass traits in Simmental-sired cattle at different slaughter end-points. *Journal of Animal Science* 79: 595–604.
- Shepard, H.H., Green, R.D., Golden, B.L., Hamlin, K.E., Perkins, T.L. & Diles, J.B. 1996. Genetic parameter estimates of live animal ultrasonic measures of retail yield indicators in yearling breeding cattle. *Journal of Animal Science* 74: 761–768.
- Smith, M.T., Oltjen, J.W., Dolezal, H.G., Gill, D.R. & Behrens, B.D. 1992. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and longissimus muscle area in feedlot steers. *Journal of Animal Science* 70: 29–35.
- Speidel, S.E., Peel, R.K., Crews Jr., D.H. & Enns, R.M. 2016. Random regression models for the prediction of days to weight, ultrasound rib eye area, and ultrasound back fat depth in beef cattle. *Journal of Animal Science* 94: 471–482.
- Splan, R.K., Cundiff, L.V. & Van Vleck, L.D. 1998. Genetic parameters for sex-specific traits in beef cattle. *Journal of Animal Science* 76: 2272–2278.
- Splan, R.K., Cundiff, L.V., Dikeman, M.E. & Van Vleck, L.D. 2002. Estimates of parameters between direct and maternal genetic effects for weaning weight and direct genetic effects for carcass traits in crossbred cattle. *Journal of Animal Science* 80: 3107–3111.
- Stanton, T.L. 1997. Costs of reworking cattle. <http://beefextension.com/pages/proceedings97.html>
- Stelzleni, A.M., Perkins, T.L., Brown Jr., A.H., Pohlman, F.W., Johnson, Z.B. & Sandelin, B.A. 2002. Genetic parameter estimates of yearling live animal ultrasonic measurements in Brangus cattle. *Journal of Animal Science* 80: 3150–3153.
- Stringer, W.C., Hedrick, H.B., Cramer, C.L., Epley, R.J., Dyer, A.J., Krause, G.F. & White, R.H. 1968. Effect of full-feeding for various periods and sire influences on quantitative and qualitative beef carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 27: 1547–1553.
- Sugisawa, L., Mattos, W.R.S., De Oliveira, H.N., Silveira, A.C., De Beni Arrigoni, M., Haddad, C.M., Chardulo, L.A.L. & Martins, C.L. 2003. Ultrasonography as a predicting tool for carcass traits in young bulls. *Scientia Agricola* 60: 779–784.
- Tait Jr., R.G. Ultrasound use of body composition and carcass quality assessment in cattle and lambs. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 32: 207–218.
- Tait Jr., R.G., Wilson, D.E. & Rouse, G.H. 2005. Prediction of retail product and trimmable fat yields from the four primal cuts in beef cattle using ultrasound or carcass data. *Journal of Animal Science* 83: 1353–1360.
- Tatum, J.D., Williams Jr., F.L. & Bowling, R.A. 1986. Effects of feeder-cattle frame size and muscle thickness on subsequent growth and carcass development. I. An objective analysis of frame size and muscle thickness. *Journal of Animal Science* 62: 109–120.
- Tatum, J.D., Dolezal, H.G., Williams Jr., F.L., Bowling, R.A. & Taylor, R.E. 1986b. Effects of feeder-cattle frame size and muscle thickness on subsequent growth and carcass development. II. Absolute growth and associated changes in carcass composition. *Journal of Animal Science* 62: 121–131.
- Tatum, J.D., Williams, F.L. & Bowling, R.A. 1986c. Effects of feeder-cattle frame size and muscle thickness on subsequent growth and carcass development. III. Partitioning of separable carcass fat. *Journal of Animal Science* 62: 132–138.
- Thallman, R.M., Moser, D.W., Dressler, E.W., Totir, L.R., Fernando, R.L., Kachman, S.D., Rumph, J.M., Dikeman, M.E. & Pollak, E.J. 2004. Carcass Merit Project: DNA Marker Validation. BIF Symposium 2004. [http://www.bifconference.com/bif2004/BIFsymposium\\_pdfs/Carcassmeritproject.pdf](http://www.bifconference.com/bif2004/BIFsymposium_pdfs/Carcassmeritproject.pdf)
- Thompson, N.M., DeVuyst, E.A., Brorsen, W.B. & Lusk, J.L. 2016. Using genetic testing to improve fed cattle marketing decisions. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 41: 286–306.

- Trela, J. & Choroszy, B. 2011. The work of the National Research Institute of Animal Production in beef livestock production. *Wiadomości Zootechniczne XLIX* 4: 11–56.
- Trenkle, A. 2002. Effects of sorting steer calves on feedlot performance and carcass value. Beef Research Report 2001, 6. [http://lib.dr.iastate.edu/beefreports\\_2001/6](http://lib.dr.iastate.edu/beefreports_2001/6)
- Turner, J.W., Pelton, L.S. & Cross, H.R. 1990. Using live animal ultrasound measures of ribeye area and fat thickness in yearling Hereford bulls. *Journal of Animal Science* 70: 3502–3506.
- Török, M., Polgar, J.P., Kocsi, G., Farkas, V. & Szabo, F. 2009. Correlation of ultrasound measured ribeye area and fat thickness to the certain traits measured on slaughtered bulls. *Archiv Tierzucht* 52: 23–27.
- Upton, W.H., Donoghue, K.A., Graser, H.-U. & Johnston, D.J. 1999. Ultrasound proficiency testing. Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics 13. s. 341–344.
- Verde, L.S. & Trenkle, A. 1987. Concentrations of hormones in plasma from cattle with different growth potentials 1. *Journal of Animal Science* 64: 426–432.
- Vieselmeyer, B.A., Rasby, R.J., Gwartney, B.L., Calkins, C.R., Stock, R.A. & Gosey, J.A. 1996. Use of expected progeny differences for marbling in beef: I. production traits. *Journal of Animal Science* 74: 1009–1013.
- Walburger, A.M. & Crews Jr., D.H. 2004. Improving market selection for fed beef cattle: The value of real-time ultrasound and relations data. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 52: 1–16.
- Waldner, D.N., Dikeman, M.E., Schalles, R.R., Olson, W.G., Houghton, P.L., Unruh, J.A. & Corah, L.R. 1992. Validation of real-time ultrasound technology for predicting fat thickness, longissimus muscle areas and composition of Brangus bulls from 4 months to 2 years of age. *Journal of Animal Science* 70: 3044–3054.
- Wall, P.B., Rouse, G.H., Wilson, D.E., Tait Jr., R.G. & Busby, W.D. 2004. Use of ultrasound to predict body composition changes in steers at 100 and 65 days before slaughter. *Journal of Animal Science* 82: 1621–1629.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Koch, R.M. & Crouse, J.D. 1996. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and longissimus palatability. *Journal of Animal Science* 74: 1023–1035.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D. & Koohmaraie, M. 2001. Characterization of biological types of cattle (Cycle V): Carcass traits and longissimus palatability. *Journal of Animal Science* 79: 1209–1222.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D. & Koohmaraie, M. 2004. Characterization of biological types of cattle (Cycle VI): Carcass, yield, and longissimus palatability traits. *Journal of Animal Science* 82: 1177–1189.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D. & Koohmaraie, M. 2005. Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Carcass, yield, and longissimus palatability traits. *Journal of Animal Science* 83: 196–207.
- Whittaker, A.D., Park, B., Thane, B.R., Miller, R.K. & Savell, J.W. 1992. Principles of ultrasound and measurement of intramuscular fat. *Journal of Animal Science* 70: 942–952.
- Wilkins, J.F., McKiernan, W.A., Irwin, J., Orchard, B. & Barwick, S.A. 2009. Performance of steers progeny of sires differing in genetic potential for fatness and meat yield following post-weaning growth at different rates. 1. Growth and live-animal composition. *Animal Production Science* 49: 515–524.
- Williams, A.R. 2002. Ultrasound application in beef cattle carcass research and management. *Journal of Animal Science* 80 (E. Suppl. 2): E183–E188.
- Williams, A., Jose, C.G., McGilchrist, P., Walmsley, B.J., McPhee, M.J., Greenwood, P.L. & Gardner, G.E. 2017. Predicting beef carcass composition from weight and rib fat depth. Teoksessa: 63<sup>rd</sup> International Congress of Meat Science and Technology. Declan, T., McDonnell, C., Hinds, L. & Kerry, J. (toim.). s. 725–728.
- Wilson, D.E. 1994. Real-time ultrasonic evaluation of beef cattle. Iowa State University Real-time Ultrasound Precertification Training Program. 45 s.
- Wilson, D.E., Graser, H.-U., Rouse, G.H. & Amin, V. 1998. Prediction of carcass traits using live animal ultrasound. Proceedings of 6th World Congress Genetics Applied to Livestock Production, 11.-16.1.1998. Armidale, New England, University of New England, Australia. 23: 61.
- Wilson, D.E., Rouse, G., Steinkamp, K., Greiner, S., Chang, H. & Crawley, C. 1995. Real-time ultrasound measurements for body composition traits in Iowa Cattlemen's Association test station bulls. 1995 Beef Research Report. Iowa State University, Ames, Iowa, USA. A.S. Leaflet 215.
- Wilson, D.E., Wilham, R.L., Northcutt, S.L. & Rouse, G.H. 1993. Genetic parameters for carcass traits estimated from Angus field records. *Journal of Animal Science* 71: 2365–2370.



- Wolcott, M.L., Thompson, J.M. & Perry, D. 2001. The prediction of retail beef yield from real time ultrasound measurements on live animals at three stages through growout and finishing. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 1005–1011.
- Wood, I.A., Moser, G., Burrell, D.L., Mengersen, K.L. & Hetzel, D.J.S. 2006. A meta-analytic assessment of a Thyroglobulin marker for marbling in beef cattle. *Genetics Selection Evolution* 38: 479–494.
- Woronuk, G.N., Marquess, F.L., James, S.T., Palmer, J., Berryere, T., Deobalp, H., Howie, S. & Kononoff, P.J. 2012. Association of leptin genotypes with beef characteristics. *Animal Genetics* 43: 608–610.
- Zhang, F., Ekine-Dzivenu, C., Basarab, J.A., Aalhus, J.L., Dugan, M.E.R. & Li, C. 2017. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake measures and their component traits with fatty acid composition in subcutaneous adipose tissue of beef cattle. *Journal of Animal Science* 95: 2813–2824.
- Zinn, D.W., Durham, R.M. & Hedrick, H.B. 1970. Feedlot and carcass grade characteristics of steers and heifers as influenced by days on feed. *Journal of Animal Science* 31: 302–306.
- Zuidema, D.M., Gonda, M.G., Rusche, W.C. & Walker, J. 2017. Comparison of Igenity Silver Profile and Zoetis PredicGEN DNA tests in crossbred beef cattle. *Journal of Animal Science* 95, Supplement 2: 193a.



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000