



EESTI MAAÜLIKOOL

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

**Anette Matto**

**TOITUMUSE VISUAALSE JA AUTOMAATSE HINDAMISE  
VÕRDLUS**

COMPARISON OF VISUAL AND AUTOMATIC BODY  
CONDITION SCORING

Bakalaureusetöö

Loomakasvatuse õppekava

Juhendajad: lektor Priit Karis, *PhD*

vanemteadur Hanno Jaakson, *PhD*

vanemteadur Katri Ling, *PhD*

Tartu 2022

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Anette Matto		Õppekava: Loomakasvatus	
Pealkiri: Toitumuse visuaalse ja automaatse hindamise võrdlus			
Lehekülgi: 49	Jooniseid: 9	Tabeleid: 3	Lisaid: 3
<p>Osakond / Õppetool: : Söötmineaduse õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Zootehnika, loomakasvatus, aretustegevus B400, Põllumajandusloomade söötmetehnoloogia ja ainevahetusuuringud B420</p> <p>Juhendaja(d): Priit Karis, <i>PhD</i>; Hanno Jaakson, <i>PhD</i>; Katri Ling, <i>PhD</i></p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2022</p>			
<p>Bakalaureusetöö on osa söötmineaduste õppetooli täidetavast projektist „Toitumuse automaatne hindamine ja biosensorid piimakarja haldamisel“. Teadusuuringuid, kus võrreldakse visuaalset ja automaatset toitumuse hindamise süsteemi, on maailmas vähe tehtud ning Eestis pole teadaolevalt varem sarnast uurimust läbi viidud. Töö peamisteks eesmärkideks oli võrrelda kahe hindaja poolt pandud toitumushinde kokkulangevust ja võrrelda toitumuse automaatse hindamise süsteemi ning visuaalse toitumushinde kokkulangevust. Valimisse võeti 468 Kehtna Mõisa OÜ eesti holsteini tõugu lehma toitumushinnet. Toitumust hinnati viiel korral ajavahemikus 2021. a detsember kuni 2022. a jaanuar 5-pallisel skaalal 0,25-pallise sammuga. Visuaalseid hindeid võrreldi DeLavali toitumuse automaatse hindamise süsteemi poolt registreeritud toitumushinnetega. Leiti, et kaks hindajat hindavad lehmade toitumust sarnaselt, sest 98,1% juhtudest langesid toitumushinded kokku või ei erinenud rohkem kui 0,25 palli ja toitumushinnete keskmine erinevus oli 0. Seega üks hindaja ei hinnanud toitumust süsteemselt teisest hindajast erinevalt. See on kooskõlas varasemate uurimistulemustega. Leiti, et toitumuse automaatse hindamise süsteem hindab toitumuse üldist dünaamikat laktatsiooni jooksul visuaalse hindamisega sarnaselt. Samas automaatse hindamise süsteem hindas võrreldes inimestega loomade toitumuse keskmiselt suuremaks ehk loomi rasvunumaks, mida kõhnem oli lehm, seda suurem oli erinevus. Saadud tulemused on uudsed, kuna üheski teises toitumuse automaatse</p>			

hindamise süsteemi ja visuaalse hindamissüsteemi võrdluses pole süsteemseid visuaalse ja automaatse hindamise erinevusi välja toodud.

Märksõnad: piimaveised, toitumushinne, visuaalne ja automaatne toitumuse hindamine

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Anette Matto		Curriculum: Animal Science	
Title: Comparison of visual and automatic body condition scoring			
Pages: 49	Figures: 9	Tables: 3	Appendixes: 3
Department / Chair: Chair of Animal Nutrition Field of research and (CERC S) code: Zootechny, animal husbandry, breeding B400, Nutrition B420 Supervisors: Priit Karis, <i>PhD</i> ; Hanno Jaakson, <i>PhD</i> ; Katri Ling, <i>PhD</i> Place and date: Tartu 2022			
<p>This Bachelor's thesis is a part of the project „Automated body condition scoring and biosensors in dairy herd management“ carried out by the Chair of Animal Nutrition. Only few publications are available on the evaluation of an automatic body condition scoring system and this is the first such study in Estonia. The aim of this Bachelor's thesis was to evaluate the repeatability of visual body condition scoring and to compare the automatic body condition assessment system with visual scoring. In total 468 body condition scores of Estonian Holstein cows were assessed from December 2021 to January 2022. Body condition score was assessed on a 5-point scale with 0.25-point increments. The DeLaval's automatic body condition assessment system provided the automatic body condition scores. The results revealed that the results of two observers were in agreement as in 98.1% of the cases the scores were identical or differed by not more than 0.25 and the average difference between observers' scores was 0. Thus, one observer did not evaluate body condition score systematically differently from the other. This is in agreement with previously published results. It was found that the automatic system evaluates the overall dynamics similarly to visual scoring. However, the automatic system overestimated body condition scores compared to visual assessment, but the size of the error depended on the body condition score – the thinner the cow, the bigger the difference. The results of this Bachelor's thesis are novel</p>			

as such systematic differences between visual and automatic scoring have not been reported before.

Keywords: dairy cattle, body condition score, visual and automatic body condition scoring

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	9
1.1. Toitumushinne ja selle muutus laktatsiooni jooksul .....	9
1.2. Toitumuse hindamise süsteemid .....	13
1.3. Toitumuse automaatne hindamine .....	19
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	24
2.1. Farmi iseloomustus .....	24
2.2. Toitumuse hindamine .....	24
2.3. Statistiline analüüs .....	26
3. TULEMUSED JA ARUTELU.....	27
3.1. Kahe hindaja võrdlus .....	27
3.2. Visuaalse ja automaatse toitumushinde võrdlus .....	31
3.3. Toitumushinde muutus laktatsiooniperioodil .....	34
3.4. Toitumuse hindamine erinevatel laktatsioonistaadiumitel .....	36
KOKKUVÕTE .....	39
KASUTATUD KIRJANDUS .....	41
LISAD .....	45
Lisa 1. Edmonsoni toitumuse hindamise tabel .....	46
Lisa 2. Fergusoni meetodil põhinev Elanco toitumuse hindamise skeem .....	47
Lisa 3. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	49

## SISSEJUHATUS

Toitumuse hindamine on meetod, mille käigus lehma nahaaluse rasvkoe hulga alusel otsustatakse tema kehavarude suuruse üle. Toitumuse hindamine on lihtne, kuid mõjus vahend, mille abil loomade söötmist või pidamistingimusi korrigeerida, et maksimeerida piimatootmist, vähendada laktatsiooni alguses esinevate ainevahetushäirete (näiteks ketoos, rasvunud lehma sündroom) teket ning minimeerida sigimisprobleeme tagades, et lehmadel oleks võimalikult lühike negatiivse energiabilansi periood (Klopčič jt 2011). Suurt toitumuse langust on seostatud halvema sigimisvõime ning madalama piimatoodanguga (Ferguson jt 1994). Seetõttu on toitumuse hindamist peetud oluliseks vahendiks, mille abil lehmade söötmist parandada.

Aastate jooksul on välja töötatud palju erinevaid toitumuse hindamise süsteeme, kuid üks levinum neist on USA meetod, mida on edasi arendanud mitmed autorid. USA hindamiskaala on Wildmani jt (1982), Ferguson jt (1994) ja Edmonsoni jt (1989) süsteemide puhul viiepallisüsteemis, kus hinne 1,0 on ohtlik alatoitumus ja 5,0 tugevalt rasvunud.

Visuaalne toitumuse hindamine on väga töö- ja ajamahukas. Sageli on selle tõttu piiratud loomade arv, kelle toitumust jõutakse hinnata või hindamise sagedus. Seetõttu on välja töötatud automaatne toitumuse hindamise süsteem, mida on hetkel turul saada kolme erineva tootja poolt. Automaatne toitumuse hindamise süsteem võib vähendada hindamise subjektiivsust, aja- ja tööjõukulu ning vähendada mõningal juhul loomade stressi. (Paul jt 2020, Albornoz jt 2021)

Käesolevas bakalaureusetöös käsitletakse DeLaval'i automaatse toitumuse hindamise süsteemi. Töö on osa söötmisteaduste õppetooli täidetavast Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti poolt toetatud projektist „Toitumuse automaatne hindamine ja biosensorid piimakarja haldamisel“. Projekti käigus tekkis hüpotees, et automaatse hindamise süsteemi tulemused näitavad loomi paremas toitumuses olevat kui inimene ja see erinevus on suurem kõhnemate loomade puhul.

Bakalaureusetöö esimeseks eesmärgiks oli võrrelda, kui sarnaselt hindavad kaks hindajat lehmade toitumust. Tulenevalt hüpoteesist oli teiseks eesmärgiks võrrelda, kas automaatne toitumuse hindamise süsteem hindab loomade toitumust sarnaselt inimestega. Subjektiivsuse

vähendamiseks võrreldi kaamera poolt antud hinnet kahe inimese keskmise hindega. Samuti vaadeldi, millistel looma seisunditel olid automaatne ja inimese pandud toitumushinne paremini kooskõlas ja millistel kehvemini.

Töös võrreldakse esmalt kahte visuaalset hindajat omavahel, sest toitumuse hindamine on subjektiivne meetod. Seega kahe hindaja eelnev võrdlus ja nende keskmiste tulemuste kasutamine annab usaldusväärsemaid tulemusi automaatse toitumuse hindamise kaamera ja visuaalsete hindajate võrdlemisel. Seeläbi on kaamera ja inimeste vaheline võrdlus kindlam.

Automaatset toitumuse hindamise kaamerat pole maailmas palju uuritud. Teadusuuringuid, kus automaatset toitumuse hindamise kaamerat võrreldakse visuaalsete hindajatega, on tehtud vähe ning teadaolevalt pole Eestis varasemalt sellist uurimust üldse läbi viidud, mis näitab käesoleva töö uuenduslikkust.



# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

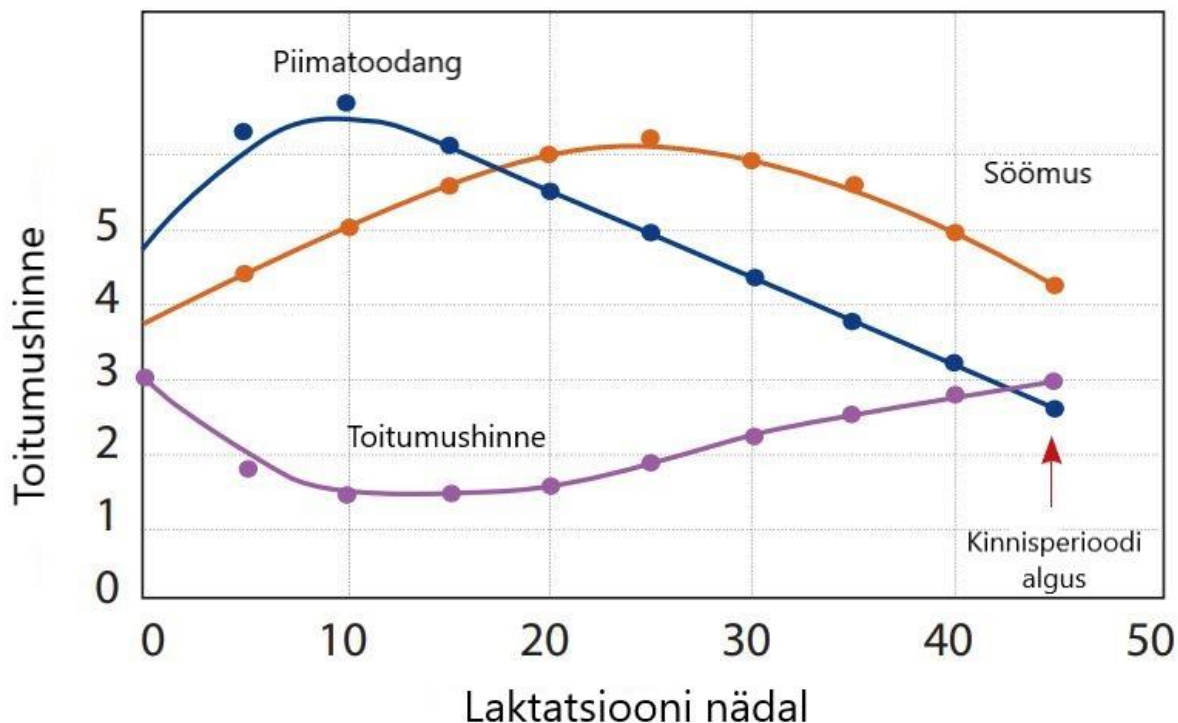
## 1.1. Toitumushinne ja selle muutus laktatsiooni jooksul

Toitumushinne on oluline loomapidamises kasutatav näitaja. Toitumuse hindamine on subjektiivne meetod, millega määratakse eluslooma energia hulk, mis on talletatud rasv- ja lihaskoesse ehk kehavarude hulk (Edmonson jt 1989). Seega saab toitumuse hindamisega hinnata lehma nahaaluse rasvkoe suurust ehk varuenergia hulka (Karis, Ots 2019). Lehma toitumuse järgi saab anda hinnangu, kas söödaratsioon vastab looma vajadustele (Klopčič jt 2011). Seega on lehmade toitumuse hindamine (ingl. *body condition scoring*) söötmise kontrollvahendiks, aidates määrata söötmise vastavust laktatsioonistaadiumile ja selle vajadustele (Loomakasvatus... 2012). Toitumuse hindamist tuleks teostada regulaarselt ja erinevatel laktatsiooni staadiumitel (Klopčič jt 2011). Toitumust peaks laktatsiooni jooksul hindama vähemalt kolm korda: kohe peale poegimist, 2–3 kuud peale poegimist ja enne kinnijäämist ning lehmade toitumus tuleks kindlasti üle vaadata viimasel kolmandikul laktatsioonist, et otsustada, kas lehm peaks juurde või alla võtma selleks, et kinnisperioodiks optimaalne toitumus saavutada (Lüpsilehma...2013, Wildman jt 1982).

Toitumuse hindamise eesmärgiks on leida tasakaal söötmise, hea piimatoodangu ja heaolu vahel (Klopčič jt 2011). Toitumuse määramisel on oluline praktiline väljund, sest rasvkude mõjutab lehma laktatsiooni edukust varuenergia hulga või rasvkoe hormoonide läbi (Karis, Ots 2019). Toitumuse määramiseks hinnatakse enamikes süsteemides visuaalselt ja käega kombates lehmade selga ja tagakeha (Samarütel jt 2001). Vaadeldakse neid kindlaid kehapiirkondi, kuhu rasvkude tavaliselt akumuleerub (Klopčič jt 2011). Seeläbi antakse subjektiivne hinnang skeletti katva rasv- ja lihaskoe mahule (Loomakasvatus... 2012). Toitumuse hindamise süsteem on välja töötatud, sest lehmade varuenergia ehk kehavarude hulka pole võimalik otseselt mõõta (Klopčič jt 2011).

Peale poegimist on lehmadel negatiivne energiabilansi periood (NEB) (Samarütel jt 2001). See tähendab, et energiatarve on suureneva piimatoodangu tõttu nii suur, et loom ei suuda seda söödaga ära katta ning selle katmiseks hakatakse kasutama kehasse talletatud kehavarusid

(joonis 1) (Klopčič jt 2011). Energia puudujäägi katmiseks hakkavad lehmad läbi lipo- ja proteolüüsi oma kehavarusid kasutama, mistõttu nad kaotavad kehakaalus (Samarütel jt 2001). NEB kestab lehmadel tavaliselt kuni 10 nädalat peale poegimist ja suurim energiadefitsiit on esimestel nädalatel (Samarütel jt 2001). Neli kuni kuus nädalat peale poegimist ei tohiks toitumus enam langeda (Ferguson 1996 ref Samarütel jt 2001).



**Joonis 1.** Lehma piimatoodangu, söömuse ja toitumushinde muutus laktatsiooniperioodi jooksul (Klopčič jt 2011).

Probleemiks on liiga pikk NEB ja toitumushinde langus, sest sellisel juhul ei suuda lehmad õigeks ajaks oma kehavarusid taastada ja kõhnuvad laktatsiooni lõpuks (Jaakson jt 2020). Suuretoodangulistel lehmadel on NEB periood tavaliselt pikem, mistõttu on neil suurem bioloogiline stress (Berry jt 2002). Stress nõrgestab omakorda immuunsüsteemi, mistõttu on loomad haigustele vastuvõtlikumad ja tiinestumus võib väheneda (Collard jt 2000). Samuti võib pikemat poegimisjärgset toitumushinde langust põhjustada see, et tootmisettevõttes pole loomade individuaalne söötmine võimalik ja söödaratsioon koostatakse grupi „keskmise lehma“

järgi (Karis, Ots 2019, Jaakson jt 2020). See, milline on lehma kehavarude hulk poegimisel, mõjutab poegimisaegsete ja -järgsete probleemide tekkimise tõenäosust ja tiinestuvust algaval laktatsioonil (Samarütel jt 2001).

Lehmade halvenenud tiinestuvus on üks peamisi tegureid, mis mõjutab piimatootmise ökonoomsust. Paljud uurimused on näidanud, et toitumushinne on kasulik abivahend, millega hinnata piimalehmade energiabilanssi. Poegimisel ülemäärases toitumuses olevatel lehmadel on lisaks suuremale riskile ainevahetushaigustesse haigestuda ka väiksem tõenäosus esimesest seemendusest tiinestuda. Samas poegimise ajal liiga madala toitumushindega lehmadel võib ind ja folliikulite areng hilineda ning seeläbi tiinestuvus väheneda. See pikendab omakorda poegimisvahemikku. (Nazhat jt 2021)

Tugevalt negatiivne energia bilanss kutsub esile muutusi ainevahetusradades, mis mõjutavad poeginud lüpsilehmade toodangut, tervist ja sigimist eelmainitud viisidel (Samarütel jt 2001). Seepärast peavad lehmad poegimisel optimaalses toitumuses olema ehk mitte liiga kõhnad ega liiga paksud (Samarütel jt 2001). Toitumuse hindamine aitab poegimisajaks optimaalset toitumust saavutada (Encinias, Lardy 2000). Toitumushinne annab teatud infot lehma hetkelise terviseseisundi kohta (Paul jt 2020). Selleks, et piimatootmine oleks efektiivne, tuleks erinevatel laktatsioonistaadiumitel lehmade söötmist soovitud toitumuse saavutamiseks korrigeerida (Encinias, Lardy 2000). Samas saab piimatootja süsteemse toitumuse hindamisega kontrollida söödaratsiooni sobivust ja seeläbi vältida erinevaid tervise- ja sigimisprobleeme (Loomakasvatus... 2012). Liiga kõhnad või rasvunud lehmad võivad erinevate probleemide tõttu suureks kuluallikaks kujuneda (Encinias, Lardy 2000).

Ajal kui loom ei suuda söödaga energiatarvet katta ehk NEB perioodil, on kehasse talletatud rasvavarud peamine kude, mida kasutatakse toitainete vajaduse rahuldamiseks. Veistel ladestub nahaalune rasv erineva intensiivsusega erinevatesse kehapiirkondadesse: 1) selja- ja nimmepiirkonda, 2) roietele, 3) sabajuure piirkonda, 4) rinnakule, 5) kubemepiirkonda, 6) vaagnapiirkonda ja 7) udarasse või piimanääremetesse. Perioodil, kui toitainete vajadus on suurem kui suudetakse söödaga tarbida, hakatakse selle rahuldamiseks rasvavarusid kasutama nende ladustamisele vastupidises järjekorras. Seega kasutatakse alguses peamiselt udarasse ja vaagnapiirkonda ladestunud rasva ja vähem näiteks selja- ja nimmepiirkonna rasvavarusid. (Encinias, Lardy 2000)

Lehma toitumushinne muutub laktatsioonitsükli käigus. Toitumushinne näitab, kui palju loom on energiavarusid talletanud (Klopčič jt 2011). Poegimisaegselt optimaalses toitumuses olevatel lehmadel ja sobiva sööda energiakoguse korral esineb vähem terviseprobleeme kui üle- või alatoitumuses lehmadel (Roche jt 2013). On suurem risk, et poegimisel tekivad terviseprobleemid, kui lehmad on laktatsiooni lõpus rasvanud või laktatsiooni alguses liiga kõhnad (Klopčič jt 2011). Toitumust hinnatakse sageli 1–5 palli skaalal. Samarütel (2009) on leidnud, et poegimisaegne optimaalne toitumushinne võiks olla 3,25–3,50. Samas Roche jt (2013) on leidnud, et täiskasvanud lehmade toitumushinne võiks poegimisel olla 3,0 ja mullikatel 3,25. Poegimisjärgsetel nädalatel ei tohiks toitumushinde langus olla väga järsk ning see ei tohiks väheneda rohkem kui 0,75 palli võrra (Samarütel 2009). Seega ei tohiks poegimisjärgselt lehma toitumushinne langeda madalamale kui 2,50 palli (Samarütel jt 2001). Samas on pidev geneetiline seleksioon suurema piimatoodangu suunas põhjustanud selle, et lehmade toitumushinne langeb laktatsiooni alguses rohkem, mistõttu on nad vastuvõtlikumad erinevatele poegimisjärgsetele terviseprobleemidele (Roche jt 2013). Toitumushinne langeb järsult laktatsiooni alguses ja hakkab uuesti tõusma laktatsiooni tipus ning tõuseb laktatsiooni lõpuni (Wildman jt 1982). Toitumushinne peaks uuesti tõusma hakkama umbes 100. laktatsioonipäevast või laktatsiooni keskpaigas ning kinnisperioodi alguseks peaks lehm uuesti optimaalse toitumuse (hinne 3,25–3,50) saavutama ning kinnisperioodi jooksul seda hoidma (Samarütel 2009).

Piimalehmade jaoks on kõige kriitilisemateks perioodideks poegimine ja laktatsiooni algus. Poegimisaegse optimaalse toitumuse saavutamine on oluline näiteks selleks, et vältida poegimiskahjustusi ja nendest tulenevaid kahjusid (Klopčič jt 2011). Suuretoodangulised lehmad on tavaliselt kõhnemad, sest nad lüpsavad rohkem piima otse sööda ja kehavarude arvelt, mistõttu toodavad nad piima efektiivsemalt, kuid tuleb jälgida, et nad püsiks optimaalses toitumuses (Van Straten jt 2008). Seega peaks laktatsiooni alguses vältima suuri kaalukadusid, eriti suuretoodangulistel lehmadel. On leitud, et loomadel, kes suudavad laktatsiooni alguses optimaalse toitumuse säilitada, on lühemad poegimisvahemikud (Klopčič jt 2011). Suur kaalulangus võib viia erinevate ainevahetushaiguste ja teiste terviseprobleemideni (Klopčič jt 2011).

Poegimisaegne ülemäärane toitumushinne põhjustab suuremat poegimisjärgset toitumushinde langust võrreldes optimaalses toitumuses lehmadega, mis omakorda suurendab ohtu näiteks

poegimishalvatuse ja ketoosi tekkeks ning maksa rasvumiseks (Roche jt 2013). Lehmad, kes on poegimisel ülemäärases toitumuses ehk rasvunud, on poegimisjärgselt madalama söömusega kui optimaalses toitumuses lehmad (Samarütel jt 2001). Jaaksoni jt (2016) uurimus on kinnitanud väidet, et ülemäärases toitumuses lehmadel on poegimisjärgselt suurem kehamassi ja toitumushinde langus kuna nende söömused on võrreldes optimaalses toitumuses olevate lehmadega väiksem. Need loomad peavad suurema energiadefitsiidi ja pikema negatiivse energiabilansi perioodi tõttu oma varurasvasid intensiivsemalt mobiliseerima (DeKoster, Opsomer, 2013). Seega on ülemäärases toitumuses olevate suuretoodanguliste piimalehmade poegimisjärgne negatiivne energiabilansi periood madalama söömuse tõttu pikem kui optimaalses toitumuses olevatel lehmadel (DeKoster, Opsomer, 2013).

Samas on alatoitumuses lehmade immuunsüsteem poegimisel nõrgem, mis loob eelsoodumuse nakkushaigustesse haigestumiseks, eriti noorematel lehmadel (Roche jt 2013). Lehmadel, kellel on poegimisel kehavarusid liiga vähe, saavad reservid kiiresti otsa, mistõttu langeb nende piimatoodang, loomad kõhnuvad ning nad ei suuda oma kehavarusid järgmise laktatsiooni alguseks taastada (Ling jt 2006). Seega peab lehmal ühelt poolt piisaval hulgal varuenergiat olema, et tagada maksimaalne piimatoodang ning optimaalsel ajal tiinestumine, kuid teiselt poolt võib liigne varuenergia kasutamine poegimisjärgselt vähendada lehmade söömused ja suurendada rasvade kasutamise seotud ainevahetushaiguste esinemise ohtu (Roche jt 2009).

## **1.2. Toitumuse hindamise süsteemid**

Veiste toitumuse määramiseks kasutatakse maailmas erinevaid skaalasisid (tabel 1). Esialgne toitumuse hindamise süsteem töötati välja hoopis uttede jaoks (Jefferies 1961 ref Edmonson jt 1989). Uttede hindamisel palpeeriti selgroogu ja nimmelüli jätkeid ning hinnati luude teravust ja kaetust (Jefferies 1961 ref Edmonson jt 1989). Seda uttede hindamise süsteemi on edasi arendatud nii lihaveiste kui piimaveiste toitumuse määramiseks (Edmonson jt 1989).

Tänapäeval peamiselt kasutatava piimalehmade toitumuse hindamise süsteemi töötas välja E. E. Wildman (Wildman jt 1982). Wildmani meetod põhineb lehma selja ja tagaosade kompamisel, et määrata neid piirkondi katva rasvkoe hulk (Wildman jt 1982). Edmonsoni jt

(1989) ja Fergusoni jt (1994) süsteemid hindavad samu kehaosi. Lehmi hinnatakse eelmainitud süsteemides ühe kuni viie palli skaalal (Samarütel jt 2001). Lehma, kelle toitumushinne on üks, loetakse kurtunuks, hindega kaks loetakse kõhnaks, hindega kolm parajaks ehk optimaalseks, hindega neli kergelt rasvunuks ja hindega viis rasvunuks (Samarütel jt 2001). Hindamiskaala jaotatakse sageli veerandühikute kaupa (Ferguson 1996 ref Samarütel jt 2001). Toitumust hinnatakse enamikes süsteemides nii visuaalselt kui ka palpatsiooni teel (Paul jt 2020). Euroopas, välja arvatud Suurbritannias, ja Ameerika Ühendriikides kasutatakse enim Fergusoni jt (1994) poolt välja töötatud meetodikat (Karis, Ots 2019). Austraalias ja Uus-Meremaal kasutatakse enamasti 1–8 punkti ja 1–10 skaalasisid sammuga 0,5 ning Suurbritannias on levinud 6-palli skaala nullist viieni (Paul jt 2020).

**Tabel 1.** Erinevate riikide toitumuse hindamise süsteemid (Paul jt 2020 autori täiendustega).

<b>Riik</b>	<b>Skaala</b>	<b>Intervall</b>	<b>Autorid</b>
Suurbritannia	0–5	0,5	Lowman jt (1976)
USA	1–5	0,25	Wildman jt (1982), Edmonson jt (1989), Ferguson jt (1994)
Uus-Meremaa	1–10	0,5	Macdonald ja Roche (2004)
Austraalia	1–8	0,5	Earle (2004)
Taani	1–9	1	Landsverk (1992)
India	1–6	0,5	Prasad (1994)

Wildman jt (1982) töötasid välja 1 kuni 5 palli skaalaga toitumuse hindamissüsteemi. Eesmärgiks oli välja töötada toitumuse hindamise süsteem, mida saaks kasutada kõikidel laktatsioonijärkudel. Lehmade toitumushinded kujunesid nende selja- ja tagaosa katva rasvkoe paksuse vaatlemise ja palpeerimise põhjal (Wildman jt 1982). Vaadeldi selgroogu rinna- ja nimmepiirkondades, selja ristjätkeid, eesmisi sabalülisid ning puusa- ja istmikunukke. Toitumuse hindamisel ei võeta arvesse kehakaalu ja karkassi suurust, sest nende vahel ei leitud seost (Wildman jt 1982). Samas Otto jt (1991) leidsid mitte väga suure, kuid statistiliselt olulise

seose karkassi ja toitumushinde vahel. Wildmani jt (1982) uurimus näitas, et toitumuse hindamise süsteem eristab edukalt lehmi vastavate laktatsioonistaadiumite järgi.

Suurema piimatoodanguga lehmade keskmine toitumushinne oli laktatsiooni jooksul 2,5 ja väiksema piimatoodanguga lehmadel keskmiselt 3,3. Oletati, et madalama piimatoodanguga lehmad ei suutnud kehavarusid sama hästi piima sünteesiks kasutada võrreldes teistega või olidki väiksema tootmisvõimega ja talletasid kehavarusid efektiivsemalt. Uuslüksiperioodi pikenedes tõusis ka toitumushinne, kuid loode avaldab energiatarbele märgatavat mõju alles 200. tiinuspäevast. Seega ei tohiks pikem uuslüksiperiood või tiinuse algus toitumushindele mõju avaldada. Rasvunud lehmadel on sageli pikem uuslüksiperiood. Suurematoodanguliste lehmade toitumushinne on laktatsiooni jooksul suhteliselt püsiv, aga väiksematoodanguliste lehmade toitumushinne tavaliselt tõuseb, sest nad talletavad energiat efektiivsemalt kehavarudesse kui kasutavad piima tootmiseks. (Wildman jt 1982)

Varasemaid toitumuse hindamise süsteeme oli puudulike detailide tõttu raske rakendada ja omavahel võrrelda. Osad süsteemid põhinesid ainult piltidel, mida oli vähese kirjelduse tõttu keeruline tõlgendada, kuid mõni teine süsteem põhines väga pikkadel kirjeldustel. Need mõlemad tegurid võisid vähendada süsteemi usaldusväärsust. Samuti sai osasid süsteeme kasutada ainult fikseeritud loomade hindamiseks palpeerimise teel ning teistes süsteemides hinnati lehmi ainult visuaalselt. A. J. Edmonsoni eesmärgiks oli luua toitumuse hindamise tabel vabapidamisel peetavatele holsteini tõugu piimaveiste hindamiseks (lisa 1 joonis 7) ja kontrollida selle täpsust erinevate hindajate tulemuste kokkulangevuse kaudu. Selle välja töötamisel tugineti kirjanduse allikatele, intervjueriti eksperte, tehti välikatseid, statistilisi analüüse ja võeti arvesse hindamistabeli kasutajate kommentaare. Loodud tabel koosneb tekstist ja diagrammidest, mis kirjeldavad kehaehituse muutusi kaheksas kehapiirkonnas, mida peetakse toitumuse hindamise seisukohast oluliseks. See tabel andis erinevate hindajate seas väikse varieeruvusega ühtseid tulemusi. Edmonsoni tabeliga saab anda nii kehapiirkonna spetsiifilisi toitumushindeid kui ka üldise toitumushinde. Need kaks on omavahel tugevas seoses. Lehma üldine toitumushinne on kõige rohkem seotud vaagna- ja sabajuurepiirkonnaga. (Edmonson jt 1989)

Edmonsoni tabeli arendamise aluseks olid Austraalias ja USAs kasutatavad piimalehmade toitumuse määramise meetodid. Kirjeldusi täiendati joonistega, et kehalisi muutusi paremini

edasi anda ning vähendada hinnete sõltuvust ainult kirjeldustest. Wildmani jt (1982) süsteemil olid hinde andmise aluseks ainult kirjeldused. Tabel koostati nii, et igat kehapiirkonda, mida peeti toitumushinde määramisel oluliseks, oli võimalik ka individuaalselt 1 kuni 5 palli skaalal 0,25 sammuga hinnata. (Edmonson jt 1989)

Kaheksa kehapiirkonda, mida vaadeldi, sai jagada kolmeks peamiseks grupiks. Esimene oli seljaosa, kus vaadeldi vertikaalseid nimmelülide ogajätkeid, oga- ja ristjätke vahelist lohku, nimmelülide ristjätkeid ja ristjätke poolt küljele moodustuvat üleulatuvat serva. Teise grupi moodustas vaagnapiirkond, kus hinnati puusa- ja istmikunukkidel luude väljapaistvust, lohku puusa- ja istmikunukkide vahel ning lohku puusanukkide vahel. Kolmas grupp koosnes sabajuurepiirkonnast, kus vaadeldi sabalülide oga- ja ristjätkeid ning saba alust lohku. (Edmonson jt 1989)

Edmonsoni tabeli täpsust kontrollisid üheksa toitumuse hindajat, kes kõik hindasid samu 59t lehma ja 16t neist kaks korda. Kolm hindajat, kes aitasid seda tabelit välja töötada, olid eksperdid ja kolm olid väikse toitumuse määramise kogemusega algajad ning kolm, kes polnud kunagi varem lehmade toitumust hinnanud ega hindamistabeli loomise juures viibinud. Toitumushinnet mõjutas enim puusa- ja istmikunukkide luude väljapaistvus. Kõikide kaheksa hinnatud keha piirkonna keskmiste tulemuste varieeruvusele avaldas palju suuremat mõju lehmade vaheline varieeruvus kui hindajate vaheline varieeruvus. See näitab, et hindamissüsteem töötab. (Edmonson jt 1989)

Edmonsoni tabeli kasutamisel ei leitud, et hindajate vahel esineks kehapiirkondade hindamisel olulist varieeruvust. Leiti, et see tabel võimaldab algajatel lehmade toitumust sarnase täpsusega määrata kui kogunud hindajad. Hindajate vahel oli väga kõrge ja väga madala toitumusega lehmade hindamisel suurim üksmeel. See, et hindajate vaheline suhtlus toitumuse määramisel puudus, näitas, et vastava tabeliga on võimalik lemmasid erapooletult hinnata. Edmonsoni tabeli testimine toimus karjas, kus olid holsteini tõugu piimaveised, mistõttu see ongi mõeldud just holsteini tõugu veiste hindamiseks ning teist tõugu piimaveiste toitumuse määramisel tuleb vastava tabeli kasutamisel arvestada, et genotüüp mõjutab rasvkoe jaotust ja kasutust organismis. (Edmonson jt 1989)

Kehapiirkondade eraldi hindamine on hea viis üldise toitumushinde andmiseks. Isegi, kui hindaja ei saa vaadelda kõiki olulisi kehapiirkondi, saab lehmale siiski üldise toitumushinde



anda, sest katsega on leitud tugev seos üksikute kehapiirkondade ja üldise hinde vahel. Samuti on leitud, et keskmiste kehapiirkondade hinnete vaheline erinevus on väike. Katsed on näidanud, et olenemata sellest, et toitumuse hindamine on subjektiivne meetod, saab selle määramise aluseks võtta erinevaid bioloogilisi muutusi. (Edmonson jt 1989)

Fergusoni jt (1994) eesmärgiks oli välja töötada tabel, millega saaks hõlpsalt mitme kehapiirkonna vaatlemisel saadud info põhjal lehmale üldine toitumushinne anda. Toitumuse hindamise süsteem peaks olema lihtne, kergesti korratav ning mõistetav loomapidajatele ja farmi töötajatele. Selleks võrreldi, kuidas neli erinevat hindajat piimalehmade toitumust määravad. Toitumust määrati samuti 5-palli süsteemis 0,25-palli sammuga ning rasvkoef hulk hinnati visuaalselt ja palpeerides. Toitumust määrati selle põhjal, kuidas selja- ja vaagnapiirkonna luud kehavarudega kaetud olid ning vaadeldi holsteini tõugu piimaveistel seitset erinevat kehapiirkonda. Need piirkonnad olid näiteks reiepõndak, niudeluuhari ja istmikukaar ning nimmelülide rist- ja ogajätked. Leiti, et muutused seitsmes vaadeldud kehapiirkonnas on piisavad, et hinnata lehma 0,25 sammuga hinnetest 2,25 kuni 4,25 ning hinded, mis on üle või alla selle vahemiku antakse tavaliselt 0,5 ühiku kaupa. See täpsus on piisav, sest enamike lehmade toitumushinded jäävad tavaliselt vahemikku 2,0 kuni 4,0. Täpsema hinde andmiseks võidakse lisaks hinde suurendamisele või vähendamisele 0,25 või 0,50 palli võrra, kasutada ka laiendatud üheksapunktilist skaalat, et hinnata vähemärgatavaid keharasvade muutusi. (Ferguson jt 1994)

Fergusoni jt (1994) kogutud andmete põhjal loodud otsustustabeli järgi tuleks esmalt vaadata lehma reiepõndaku piirkonda. See piirkond määrab, kas lehma toitumushinne on  $\leq 3,00$  (V-kuju) või  $\geq 3,25$  (U-kuju). Kui reiepõndakule joonistub V-kuju, siis on lehma toitumushinne  $\leq 3,00$  ning järgmiseks tuleks vaadelda puusa- ja istmiku- ehk päraluunukke. Kui need mõlemad on ümarad, siis on lehma toitumushindeks 3,0. Samas, kui puusanukid on nurgelised, aga istmikunukid ümarad, siis on toitumushindeks 2,75 ning kui mõlemad on nurgelised, siis on toitumushinne  $\leq 2,50$ . Istmikunukkide palpeerimise teel saab otsustada, kas toitumushinne on 2,50 või 2,25. Hinde 2,50 korral on istmikunukil tuntav rasvapadi, aga toitumushindega  $\leq 2,25$  mitte. Toitumushinde 2,50 korral on vähem kui pool nimmelülide ristjätkede pikkusest nähtaval ning kui toitumushinne on  $< 2,50$ , siis on nendest nähtaval pool või rohkem. Lisaks on lehmadel hindega 2,50 selgroolülid ümarad, aga toitumushindega  $\leq 2,25$  teravad. Loomade hindamisel on selg ja selgroog olulised piirkonnad, mida vaadelda siis, kui toitumushinne on  $\leq 2,50$ , kuid

lehmadel hinnetega 2,75 kuni 3,50 on need sarnase välimusega ning väikseid muutusi on raske märgata. (Ferguson jt 1994)

Lehmadel, kelle reiepõndaku piirkonda saaks mõtteliselt U-kujulise joone tõmmata, on toitumushindega  $\geq 3,25$ . Sellistel lehmadel on puusa- ja istmikunukid alati ümarad ehk nende kehaosade vaatamine ei anna  $\geq 3,25$  toitumushinnete juures mingit lisainformatsiooni ning nad muutuvad nähtamatuks alles rasvunud lehmadel, kelle toitumushinne on üle 4,50. Muutusi toitumushinnete vahemikus 3,25 kuni 4,0 iseloomustavad kõige paremini muutused niudeluuharja ja istmikukaare nähtavuses. Toitumushinne on 3,25, kui mõlemad nii niudeluuhari kui ka istmikukaar on selgelt nähtavad. Kui niudeluuhari on selgelt nähtav, aga istmikukaar vaevumärgatav, siis on toitumushindeks 3,50 ning kui niudeluuhari on vaevumärgatav ja istmikukaar pole nähtav, siis on toitumushindeks 3,75. Juhul, kui niudeluuhari ega istmikukaar pole kumbki nähtavad, siis on lehma toitumushinne  $\geq 4,0$ . Niudeluuhari pole nähtav lehmadel, kelle toitumushinne on  $\geq 4,0$  ja on suurema tõenäosusega rasvkoega varjatud lehmadel, kelle toitumushinne on  $> 3,75$  ning on teravamini nähtav loomadel, kelle toitumushinne on  $\leq 3,0$ . Lehmi, kelle toitumushinne on  $\geq 4,0$  peetakse piimatootmise jaoks liiga rasvunuks. Vahemikus 3,25–3,75 on näha ristjätke otsasid ehk nende pikkuse nähtavuse osas pole selles vahemikus suuri erinevusi. Vahemikus 4,0–4,5 kattuvad istmikunukid rasva alla ja puusanukid muutuvad vaevumärgatavaks. (Ferguson jt 1994)

Edmonsoni jt (1989) ja Fergusonit jt (1994) meetodikad on välja töötatud just holsteini tõugu piimaveiste hindamiseks. Mõlema süsteemi puhul antakse hinded ühe kuni viie palli skaalal ning vaadeldakse samu kehapiirkondi, näiteks seljaosalt nimmelülide ristjätkeid, vaagnapiirkonnast puusa- ja istmikunukke ning sabajuure piirkonda. Edmonsoni jt (1989) süsteemis antakse esmalt igale hinnatud kehaosale individuaalsed hinded ning nende põhjal kokku üldine toitumushinne. Fergusonit jt (1994) süsteemi puhul alustatakse reiepõndaku vaatamisest, et tuvastada, kas sinna joonistub mõtteline V- või U-kujuline joon, mis määrab vastavalt, kas lehma toitumushinne on  $\leq 3,0$  või  $\geq 3,25$ . See määrab, milliseid kehaosi vaadeldakse järgmisena, et jõuda kindla toitumushindeni.

Läbi toitumushinnete seire saab ülevaate lehmade kehavarude dünaamikast karjas ning läbi söötmise optimeerimise saab vajadusel toitumushinnete muutust suunata (Jaakson jt 2020). Suurfarmides on lehmade regulaarset toitumuse hindamist keeruline rakendada, sest hinnete

kogumine ja saadud andmete tõlgendamine on aja- ja töömahukas. Seetõttu tasuks mõelda erinevatele automaatsetele toitumuse hindamise süsteemidele ja programmidele, mis saadud andmeid tõlgendavad.

### **1.3. Toitumuse automaatne hindamine**

Peamised põhjused, miks traditsioonilist toitumuse hindamise meetodit soovitakse automaatsega asendada, on traditsioonilise meetodi ajakulu nii hindamise kui inimeste välja koolitamise näol, subjektiivne olemus ja vajadus kogutud andmeid töödelda. Enamgi veel, selleks, et väärtuslikku informatsiooni saada, peaks lehma hindama iga 30 päeva tagant, mis on väga töömahukas. Toitumuse automaatne hindamise süsteem vähendab oluliselt tööjõu- ja ajakulu, mis soodustab toitumushinde kasutusele võtmist loomapidamise abivahendina. Samuti on toitumuse automaatne hindamine loomadele vähem stressirohke, sest traditsioonilisel hindamisel lukustatakse loomad sageli pead pidi söödalava äärde, et hindamist kergendada. (Paul jt 2020)

Toitumuse automaatne hindamine kaotab vajaduse visuaalse toitumuse hindamise järele, mistõttu jääb farmitöötajatel rohkem aega teiste tööülesannete täitmiseks. Parima automaatse toitumuse hindamise süsteemi leidmiseks on proovitud mitmeid erinevaid meetodeid ja vahendeid, näiteks termokaameraid, 2D ja 3D kaameraid ja seljapeki paksuse mõõtmist ultraheli abil, kuid paljud nendest süsteemidest pole veel täielikult automatiseeritud (Mullins jt 2019, Paul jt 2020). Kuigi visuaalne toitumuse hindamine on tõestanud oma kasulikkust, peab seda järjepidevalt tegema, sest piimalehmade soovitatav toitumuse vahemik erineb laktatsiooni järkudel, mistõttu tuleks seda laktatsiooni jooksul vaadelda mitmel ajahetkel (Mullins jt 2019). Seda võib visuaalse hindamisega olla raske rakendada. Toitumuse automaatne hindamine võimaldab loomapidamist individualiseerida, sest andmeid saab analüüsida ka individuaalsete loomade kohta ja kiirete toitumushinnete muutuste korral võiks automaatne süsteem anda teavituse, et farmer ja veterinaar saaks vajadusel lehma üle vaadata (O’Leary jt 2020).

Toitumuse automaatse hindamise süsteemi kasutusele võtmine on esialgu loomapidajale kuluallikaks, aga omab kokkuvõttes majanduslikult positiivset efekti, sest aitab kulusid kokku

hoida näiteks toitumuse hindamiseks jaoks inimeste välja koolitamise ja toitumushinnete kogumiseks kasutatava tööjõu arvelt. Lisaks vähendab selle tehnoloogia kasutamine inimvigade tekkimist, näiteks valesti hindamist, vigu andmete sisestamisel ja subjektiivsusest tekkivaid erinevusi. Eriti suurt efekti omab automaatse süsteemi kasutusele võtmine suurtele karjadele, kus inimesed jõuaksid lehmade toitumust sageli ainult portsjonite kaupa hinnata, aga automaatne süsteem saaks terve karja kohta andmeid igapäevaselt koguda. (Mullins jt 2019)

Lehma toitumuse määramiseks on kasutatud ülevalt vaates looma seljast tehtud 3D-piltide analüüsimist. 3D-tehnoloogia võimaldab korrektset toitumuse hindamist olenemata sellest, kas lehm seisab paigal, kõnnib või jookseb kaamera alt läbi (Mullins jt 2019). Siiani on ainult kolme toitumuse automaatse hindamise süsteemi kaubanduslikult turustatud. Kõik kolme firma süsteemid kasutavad pildianalüüsil põhinevat lähenemist: DeLaval (DeLaval Body Condition Scoring, BCS DeLaval International AB, Tumba, Sweden), Ingenera SA (BodyMat F, Ingenera SA, Cureglia, Switzerland) ja Biondi Engineering SA (Cadempino, Switzerland). (O’Leary jt 2020)

Ajal kui loom kaamera alt läbi liigub, jäädvustatakse katkematu videopilt. Videost luuakse automaatselt 3D pilt, mis salvestatakse toitumuse hindamise kaamera tarkvara poolt. Järgmiseks töötab algoritm 3D pildid läbi ja analüüsib fotol istmikunukke, istmikukaart, reiepõndakut, niudeluuharja, ristjätkeid ja puusanukke. Nende tunnuste põhjal arvutatakse automaatne toitumushinne, mida näeb karjahaldustarkvaras DelPro Farm Manager. Süsteemi algoritm on ärisaladus, mistõttu selle üksikasju hetkel ei avaldata. (Mullins jt 2019)

Toitumuse hindamiseks mõeldud automaatsete sensor-tehnoloogiate uurimine ja edasi arendamine täppisloomapidamiseks toimub pidevalt. Viimastel aastatel turule tulnud DeLavali toitumuse hindamise kaamera identifitseerib iga lehma individuaalselt transpondri raadiolainete abil. See süsteem võimaldab koguda lehmalt mitu toitumushinnet ühe päeva jooksul. Kaamera tarkvara salvestab iga toitumushinde, mille põhjal kuvab kasutajale konkreetse päeva toitumushindena eelneva seitsme päeva libiseva keskmise. Seitsme päeva libisev keskmine moodustub kõikide viimase seitsme päeva jooksul kogutud toitumushinnete põhjal, kust on eemaldatud äärmused. (Albornoz jt 2021)

3D digifotograafial põhinev toitumuse automaatse hindamise süsteem on integreeritud karjahaldustarkvaraga. See registreerib ja salvestab iga päev andmebaasi kõikide lehmade

toitumushinded. Tänu karjahaldustarkvarale saab andmebaasist palju erinevat toitumushindega seotud infot, mida saab integreerida muu teabega. Näiteks saab toitumushindeid vaadata üksiklehma, söötmissgrupi, laktatsiooninumbri või -päeva põhisel ja andmeid integreerida piimatoodangu, tervise või sigimisega. Selline info hõlbustab söötmiskorralduse muutmist, näiteks ratsiooni energiatiheduse optimeerimisel näol või muude karjahaldusotsuste tegemist. Samuti aitab toitumuse automaatne hindamise süsteem ratsioonimuudatuste mõju kontrollida. (Jaakson jt 2020)

Siiani on kolme turustatavate automaatsete hindamissüsteemide kohta praktikas tehtud kolm suuremat uuringut: kaks nendest on analüüsinud DeLivali süsteemi (Mullins jt 2019, Albornoz jt 2021) ja üks Ingenera SA süsteemi (O'Leary jt 2020).

Mullinsi jt (2019) eesmärgiks oli kontrollida DeLivali toitumuse automaatse hindamise kaamera pädevust praktikas ja võrrelda saadud automaatsete toitumushinnete vastavust visuaalselt ehk traditsioonilisel viisil saadud toitumushinnetega. Kolme välja õpetatud hindaja antud keskmisi toitumushindeid võrreldi kaamera kogutud automaatsete toitumushinnetega. Leiti, et toitumuse automaatse hindamise tehnoloogia hinne oli tugevas korrelatsioonis ( $r = 0,78$ ) visuaalselt antud toitumushinnetega. Toitumuse automaatse hindamise süsteemi täpsus oli visuaalse toitumuse hindamisega samaväärne, sest selle keskmine viga oli  $-0,1$ , mis jääb visuaalse toitumuse hindamise lubatud  $0,25$ -pallise vealäve piiridesse, aga seda hinnete vahemikus  $3,0$ – $3,75$ . Samas oli automaatne hindamissüsteem võrreldes visuaalsete hindajatega vähem täpne kõrgemate ( $>3,75$ ) ja madalamate ( $<3,0$ ) toitumushinnete määramisel. Seega võiks öelda, et DeLivali 3D-kaamera annab täpse toitumushinde lehmadele, kes jäävad eelmainitud vahemikku, aga üle- või alatoitumuses olevatele lehmadele antud hinded on ebatäpsemad. See on halb, sest äärmused on tavaliselt need, mis vajaksid eriti loomapidaja või veterinaari tähelepanu. Kuigi enamik lehmi jääb sellesse keskmisesse vahemikku, mida kaamera täpselt hindab, kuid siiski vajab see süsteem edasi arendamist, et see sobiks kõikide keha tüüpide hindamiseks. Samas tuleb täheldada, et kaamera keskmist toitumushinnet võrreldi Mullins jt (2019) uurimuses kaamera ja inimese keskmise toitumushindega, mistõttu pole saadud tulemused käesoleva töö omadega võrreldavad. (Mullins jt 2019)

Üldiselt on toitumuse automaatse hindamise süsteemi tulemused paljulubavad ja selline süsteem võib julgustada rohkemaid loomapidajaid toitumuse hindamist praktikas kasutama. See on

oluline, kuna USAs on leitud, et ainult 36 protsenti karjadest kasutasid praktikas toitumuse hindamist (Bewley jt 2010). Piimaveiste pidamisel võetakse üha enam kasutusele erinevaid täppispidamise tehnoloogiaid, näiteks inna tuvastustehnoloogiad, mistõttu on soovitud leida ka toitumuse hindamiseks sellist tehnoloogiat, mis vähendaks selle sõltuvust hindajast. Mullins jt (2019) arvavad, et tulevikus muutub toitumuse automaatne hindamise süsteem veel täpsemaks tänu pidevale algoritmi ja tarkvara arendamisele. Turul olevate süsteemide uurimine on oluline selleks, et veenduda, et tootjad saavad selle tehnoloogia abil õiget ja täpset infot, mida otsuste tegemiseks kasutada. Mullinsi jt (2019) leitud tulemused kinnitavad toitumuse automaatse hindamise potentsiaali, aga samas näitavad, et endiselt on mõningaks probleemiks automaatselt saadud toitumushinnete täpsus.

Ingenera SA toitumuse automaatse hindamise süsteem BodyMat F (BMF) kasutab toitumuse määramiseks 3D sensorit. O'Leary jt (2020) uurisid BMF toitumuse automaatse hindamise süsteemi töötamist 103-pealises karjas, kus olid holsteini tõugu lehmad ja võrdlesid tulemusi kahe visuaalse hindaja tulemustega. BMF hindab lehmi 0–5 palli skaalal. Selleks, et neid tulemusi saaks võrrelda 1–5 palli skaalal lehmi hinnanud inimeste tulemustega, töötati välja vastav valem:  $(0-5 \text{ skaala} \times 0.38) + 1.67 \rightarrow 1-5 \text{ skaala}$ . Kahe visuaalse hindaja vaheline korrelatsioon oli O'Leary ja kolleegide uurimuses 0,67 ning BMFi ja kahe hindaja toitumushinnete vaheline korrelatsioon oli sama, mis kahe hindaja vahelgi ( $r = 0,67$ ). Hinded ühildusid omavahel vähem äärmuste puhul ehk kõrgema ja madalama toitumushinnete loomadel, eriti ülemäärases toitumuses olevate lehmade puhul. BMF alahindas kahe inimese keskmise toitumushinde kohaselt kõrgemas toitumuses olevate loomade hindeid. (O'Leary jt 2020)

DeLaval'i süsteem oli vähem täpne nii üle- kui alatoitumuses lehmade hindamisel, BMF aga ainult ületoitumuses lehmade puhul (Mullins jt 2019, O'Leary jt 2020). Seega saadud tulemuste võrdlemisel ainsa varasema sarnase uurimuse ehk Mullinsi jt (2019) tulemustega leidsid O'Leary jt (2020), et BMF töötab vähemalt sama hästi või isegi paremini kui DeLaval'i toitumuse automaatse hindamise süsteem. Mõlemal süsteemil on raskusi ülemäärases toitumuses olevate lehmade hindamisega. Selle põhjuseks võib olla väiksem variatsioon selja kujus, mis tuleneb suuremast rasvkoe ladestumisest (O'Leary jt 2020). Seepärast kasutatakse osades visuaalse hindamise süsteemides sabajuure piirkonna palpeerimist. Sellest võiks järeldada, et 3D-pilditehnoloogia ühildub paremini nende visuaalse toitumuse hindamise

süsteemidega, kus lehma hinnatakse ainult visuaalselt ehk ilma palpeerimiseta (O’Leary jt 2020). Nii Mullinsi jt (2019) kui O’Leary jt (2020) uurimused viidi läbi karjades, kus olid holsteini tõugu veised. Seega peaks süsteemi sobivust teistele tõugudele veel uurima.

Samuti on uuritud DeLivali süsteemi sobivust teadustööde tegemiseks. Albornoz jt (2021) uurisid 3D kaamera võimekust mõõta toitumushindeid igapäevaselt visuaalse toitumuse hindamise alternatiivina. Automaatseid hindmeid võrreldi seitsme järjestikuse nädala jooksul kolme koolitatud hindaja tulemustega. Hindmed koguti lemadelt, kes olid laktatsiooni alguses, sest siis toimuvad suurimad toitumushinde muutused. Automaatselt süsteemilt koguti nii töötlemata andmed kui ka korrigeeritud andmed. Korrigeeritud algoritmi abil saadud andmed pole võrreldavad käesolevas töös saadud tulemustega. (Albornoz jt 2021).

Albornoz jt (2021) saadud tulemused näitavad, et DeLivali toitumuse automaatne hindamise süsteem sobib piimalehmade toitumuse hindamiseks nii teadustööde jaoks andmete kogumiseks kui ka praktikas ehk farmi tasandil kasutamiseks.

## **2. MATERJAL JA METOODIKA**

### **2.1. Farmi iseloomustus**

Uurimistöö jaoks koguti andmeid Kehtna alevikus asuvast Kehtna Mõisa OÜ piimafarmist. Kehtna Mõisa OÜ veisefarmis on 750 eesti holsteini tõugu lüpsilehma (Kehtna Mõisa OÜ s.a), keda peetakse vabapidamisel külmlaudas. Lehmi lüpstakse kaks korda päevas DeLavali paralleel-lüpsiplatsil ja söödetakse täisratsioonilise segasöödaga. Keskmise toodang lehma kohta on umbes 11 000 kg (Kehtna Mõisa OÜ s.a). Füsioloogilise seisundi ja laktatsioonijärgu põhjal on lehmad jaotatud erinevatesse gruppidesse: 1) kinnislehmad ja tiined mullikad, 2) poegimise ootel, poegivad ja poegimisest taastuvad lehmad, 3) lehmad kuni 40. lüpsipäev, 4) lehmad 40.–100. lüpsipäev, 5) 100. lüpsipäev kuni üks kuu enne kinni jätmist ning 6) üks kuu enne kinni jätmist kuni kinnijätmise ehk kinnijääjate grupp.

### **2.2. Toitumuse hindamine**

Eesti holsteini tõugu lehmade toitumust käidi Kehtna Mõisa OÜs hindamas ajavahemikul 2021 detsember kuni 2022 jaanuar viis korda: 19.11.2021, 26.11.2021, 03.12.2021, 17.12.2021 ja 07.01.2022. Toitumust hinnati Fergusonit (1994) 5-palli hindamisskaala järgi 0,25-pallise sammuga. Enne esimest hindamist õppis töö autor toitumust hindama firma Elanco poolt Fergusonit meetodi põhjal koostatud toitumuse hindamise juhendite ja materjalide järgi (lisa 2 joonised 8 ja 9). Esimesel toitumise hindamisel Kehtnas harjutas töö autor enne lõputöö materjalideks hinnete kogumist toitumuse hindamist koos juhendajaga. Lõputöö materjaliks hindasid lehmade toitumust individuaalselt, ilma teineteisega arutamata, kaks inimest, töö autor ja juhendaja. Töö autorit Anette Mattot nimetatakse edaspidi „hindaja 1“ ja töö juhendajat Priit Karist „hindaja 2“. Mõlemad hindajad andsid 480 hinnet ehk kokku koguti 960 hinnet 480 loomalt. Protokollid pandi kirja looma kõrvamärgi number ja toitumushinne. Toitumust hinnati



neljas erinevas laktatsioonistaadiumis olevatel lehmadel: poegimiseelselt, poegimisjärgselt, laktatsiooni tipus ja laktatsiooni lõpus.

Lehmade automaatsed hinded põhinesid lüpsiplatsi eraldusväravate külge paigaldatud DeLivali toitumuse hindamise kaamerate hindamistulemustel. Selle süsteemi, DeLival DelPro™ Farm Manager ja sellega integreeritud DeLivali toitumuse automaatne hindamise süsteem (*DeLival Body Condition Scoring*), puhul kogub 3D-videotehnoloogia andmeid ja spetsiaalne DeLivali biomudel teeb nende põhjal analüüsi. Lehmadel, kellel puudusid kaamera mõõdetud automaatsed hinded nendel päevadel, kui neid visuaalselt hinnati, said lähima olemasoleva kuupäevaga automaatse hinde. Kasutatud automaatne hinne ei tohtinud olla rohkem kui viis päeva varasem või hilisem võrreldes visuaalse hindega. Viie päeva kriteeriumi rakendati 28 lehmale. Lehmad, kellel polnud automaatseid hindmeid viis päeva enne või pärast visuaalset hindamist, jäeti analüüsist välja.

Esialgselt 480 lehmale antud toitumushinnetest jäi eelmainitud põhjusel andmeanalüüsist täielikult välja 11 lehma hind. Lisaks jäid analüüsist välja veel ühe lehma andmed, sest ühe hindaja visuaalne hinne oli jäänud kirja panemata. Seega jäi kahe hindaja võrdlemiseks andmeanalüüsi 468 lehma toitumushinded ehk kokku 936 hinnet. Automaatse ja visuaalse toitumushinde võrdlusesse jäid 438 lehma hind, sest 30 looma olid hindamise ajal poegimiseelsete grupis ehk nendel puudusid kaamera antud hind. Seetõttu kasutati neid ainult kahe inimese hinnete võrdlemisel.

Laktatsiooni alguses olevate lehmade toitumushindeid kogunes teistel laktatsiooni järkudel olevatest lehmadest rohkem, sest nii kaua kuni lehmad poegimisjärgsete grupis viibisid, hinnati neid samu loomi iga kord uuesti, kui toitumust hindamas käidi. Kuid selleks, et hindamisperioodil ka laktatsiooni tipus ja lõpus olevate lehmade toitumushindeid koguda ja saada ülevaade karja toitumushinnete dünaamikast, tuli hinnata teisi vastavas laktatsioonistaadiumis olevaid lehmaid. Muidu oleks lehmade visuaalse toitumuse hindamise periood palju pikemaks kujunenud.

### 2.3. Statistiline analüüs

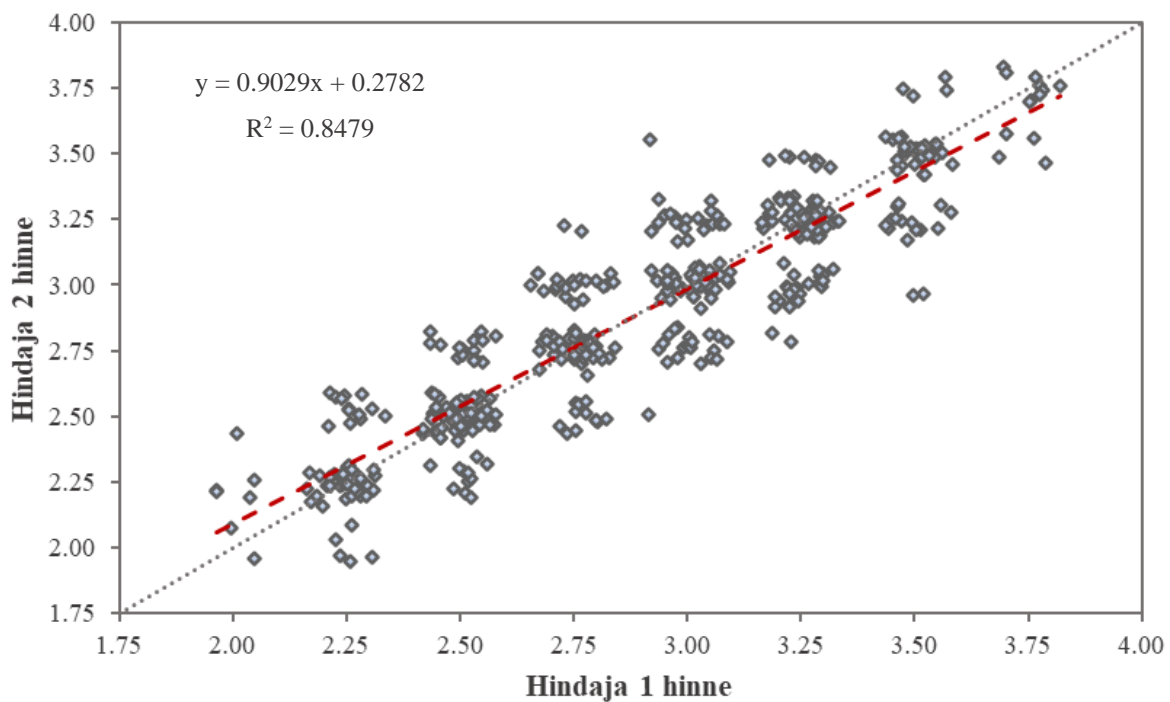
Andmeid töödeldi ja joonised kujundati tabelarvutusprogrammiga MS Excel. Funktsiooni T.TEST kasutati kahe hindaja toitumushinnete ning automaatsete ja visuaalsete toitumushinnete keskmiste võrdlemiseks. Tegemist oli sõltumatute vaatlustega. Funktsiooniga CORREL leiti kahe hindaja toitumushinnete ning automaatse ja visuaalse hindamise süsteemi toitumushinnete vahelised korrelatsioonikordajad.

Selleks, et kogutud toitumushinnete arvu paremini edasi anda, kasutati ühe joonise tegemiseks funktsiooni RAND. Sellega genereeriti normaaljaotuse alusel suvalised numbrid vahemikus 0–1 kaks korda ning lahutati teineteisest, et saada arvud vahemikus -1 kuni 1, mis jagati omakorda kümnega, et saada väiksemad arvud (-0,1 kuni 0,1). Selliseid veerge tehti kaks tükki, et lahutada need väärtused nii x- kui y-telje ehk hindaja 1 ja hindaja 2 toitumushinnetest. Nii saadi väärtused, mis vähesel määral hälbivad tegelikest väärtustest.

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1. Kahe hindaja võrdlus

Toitumuse hindamise subjektiivse olemuse tõttu on varasemalt palju uuritud toitumushinnete samasust erinevatel hindajatel (Edmonson jt 1989, Ferguson jt 1994, Samarütel jt 2001). Käesolevas töös vaadeldi kahe hindaja tulemuste erinevust võttes aluseks hindaja 1 pandud toitumushinde väärtuse (joonis 2, joonis 3). Kahe hindaja toitumushindeid on hajuvusdiagrammiga võrreldud joonisel 2.



**Joonis 2.** Kahe hindaja poolt antud toitumushinnete võrdlus. Iga andmepunkt tähistab ühe lehma toitumushinnet. Andmepunkte hajutati funktsiooniga RAND tekitatud juhuslike numbrite abil piki x- ja y-telge maksimaalselt  $\pm 0,1$  võrra. Punase kriipsjoonega on joonistel tähistatud trendijooned ning halli punktiirjoonega samasusjooned.  $R^2$  on determinatsioonikordaja.

Seega ühe toitumushinde juures paiknev kogu punktivarv on tegelikult ühe väärtusega. Näiteks x-teljel toitumushinde 2,5 pisut ees- või tagapool olevad väärtused tähistavad kõik tegelikult ikkagi hinnet 2,5, kuid nii on paremini iseloomustatud kui palju oli hinnatud lehma sellise toitumushindegaga. Samasusjoon (*line of unity*) võimaldab visuaalselt hinnata kui hästi võrreldavad väärtused kokku lähevad. Kui punktid jäävad samasusjoonele, siis joonise 2 näitel hindaja 1 toitumushinne võrdub hindaja 2 toitumushindegaga.

Joonise 2 trendijoon näitab, et hindaja 2 hindas lehma toitumusega alla 3,0 natuke rasvunumaks ehk suurema toitumushindegaga kui hindaja 1. Samas paremas toitumuses lehmadel (hinne üle 3,0) määras hindaja 2 natuke väiksemad toitumushinded võrreldes hindajaga 1 ehk hindas lehma rohkem kõhnemaks kui hindaja 1. Kahe hindaja tulemuste kokkulangevus oli väga hea, determinatsioonikordaja ( $R^2$ ) oli 0,85 (joonis 2) ning hindajate vaheline korrelatsioon oli 0,92 (tabel 2). Samarütel jt (2001) võrdlesid Eesti piimaveise tõugude toitumuse hindamise kokkulangevust kolme hindajaga, kelle omavahelisel võrdlusel oli korrelatsiooniks 0,88, mis pole palju madalam kui antud töös, kuid nende uurimuses määras üks hindaja toitumuse Edmonsoni hindamistabeli põhjal ja teised kaks Fergusoni tabeli järgi. O'Leary jt (2020) uurimuses oli kahe visuaalse hindaja vaheline korrelatsioon nõrgem, aga siiski keskmise tugevusega ( $r = 0,67$ ). Selle põhjuseks peeti O'Leary jt (2020) uurimuses seda, et kaks visuaalset hindajat ei andnud lehmadele toitumushindeid logistilistel põhjustel samal päeval, mis võis soodustada suuremat erinevust antud toitumushinnetes.

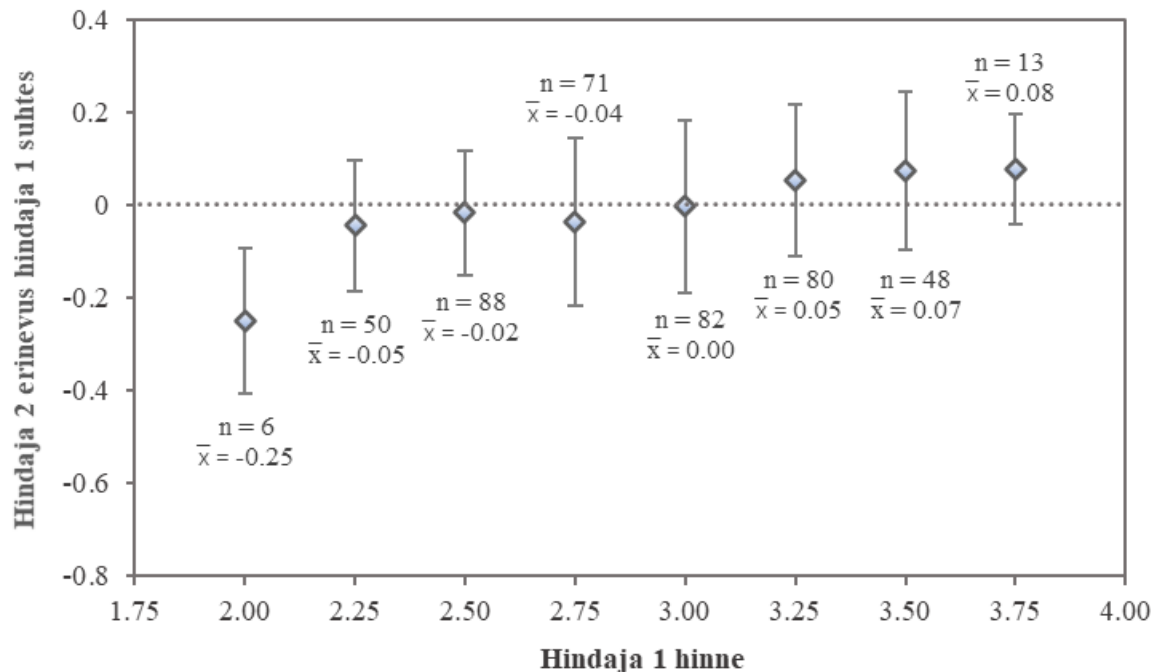
Käesolevas töös polnud kahe hindaja poolt antud toitumushinnetes üle 0,5 palli suuruseid erinevusi ning 0,5 palliseid erinevusi oli 468 hinnatud looma hulgast ainult üheksal korral ehk 1,9 protsendil antud hinnetest. Kõikidest lehmadest andsid hindajad 286le loomale sama hinde ehk 61,1 protsendil juhtudest ning 173le lehmale antud hinded ehk 37 protsenti hinnetest erinesid ainult 0,25 palli võrra. Seega olid 98,1 protsenti hinnetest samad või erinesid 0,25 palli võrra. Hinnete erinevused võisid tulla näiteks hindamisjuhendi ja lehmade erinevast tõlgendamisest. Samas võis mõni erinevus tulla hoopis sellest, et protokollid kirjutati vale looma numbri juurde kogemata vale hinne.

Samarütel jt (2001) uurimuses andsid 37,7 protsendil juhtudest hindajad samad toitumushinded ja toitumushinne erines 0,25 palli võrra 45,3 protsendil määramistest. Seega 83 protsenti

hinnetest olid J. Samarüтели ja kolleegide uurimuses samad või erinesid üksteisest ainult veerandpalli võrra, mistõttu võis hindamismeetodid usaldusväärseks lugeda (Samarütel jt 2001). Käesoleva töö tulemused võivad J. Samarüтели ja kolleegide tulemustest paremad olla seetõttu, et võrreldi ainult kahte hindajat ja lehma hinnati ainult ühe meetoodika järgi. Fergusoni jt (1994) uurimuses olid kolme kogenud hindaja vahelised erinevused samuti väikesed, olles 90,7 protsendil juhtudest  $\pm 0,25$  ühikut või vähem, mis on käesoleva töö hindajate võrdlusele sarnane tulemus. Fergusoni jt (1994) uurimuse toitumuse hindajad andsid 58 kuni 67 protsenti juhtudest samad toitumushinded ning 21 kuni 34 protsenti hinnetest erinesid 0,25 palli võrra.

Ühel hindamisel (03.12.2021) oli poegimisjärgsete grupis eelnevate kordadega võrreldes rohkem lehma ja vähemalt viis lehma, kes indlesid. Need mõlemad tegurid häirisid toitumuse hindamist ja otsused pidi tavapärasest kiiremini vastu võtma. See võis ka olla üheks teguriks, miks mõnel korral toitumushinnete vahel suurem erinevus oli. Sellel kuupäeval hinnati poegimisjärgsete grupis 58 lehma ja kolme lehma toitumushinded erinesid kahe hindaja vahel 0,5 palli võrra ehk peaaegu kolmandik hindamisperioodil esinenud 0,5-pallistest erinevustest anti just sellel päeval vastavas grupis. Samuti oli laktatsiooni alguses olevaid lehma üleüldiselt keerulisem hinnata, sest loomad polnud nii ühtlased, näiteks ühe kehapiirkonna järgi vastas ühele toitumushindel ja teise järgi teisele hindele.

Joonisel 3 on välja toodud kahe hindaja toitumushinnete vahe ehk erinevuste keskmine. Kõige sarnasemalt hinnati visuaalselt lehma vahemikus 2,25–3,25 ja kõige väiksem toitumushinnete erinevus oli hinde 3,0 juures ( $\bar{x} = 0,0$ ). Näiteks, kui hindaja 1 on toitumuse hindeks pannud kaks siis kahe hindaja erinevuste keskmine oli -0,25 palli ehk hindaja 2 on sellise lehma toitumuse tavaliselt 0,25 palli võrra kõrgemaks hinnanud kui hindaja 1. Nii madala toitumushindegaga (2,0) hinnatud lehma oli kokku ainult kuus ehk nii väike vaatluste arv ei anna usaldusväärset hinnangut tegelikule keskmisele.



**Joonis 3.** Kahe hindaja toitumushinnete erinevuste keskmine. Iga andmepunkt joonisel tähistab kahe hindaja erinevuste keskmist lähtudes hindaja 1 pandud toitumushindest. Vaatluste ehk antud toitumushinnete arvu tähistab „ $n$ “ ja keskväärtust ehk toitumushinde erinevuste keskmist „ $\bar{x}$ “. Veajooned iseloomustavad toitumushinnete erinevuste standardhälbeid. Nulljoon on hindaja 1 toitumushinded.

Kõige sarnasemalt on hinnatud optimaalses toitumuses lehma ehk hindega 3,0. Tulenevalt visuaalse toitumuse hindamise tundlikkuse sammust 0,25 palli, polnud kahe hindaja antud toitumushinnete vahel keskmiselt vahemikus 2,25 kuni 3,75 erinevust. Sellest võib järeldada, et kasutatud hindamise meetod annab keskmiselt korratavaid tulemusi ehk töötab, nagu on leidnud ka Ferguson jt (1994) ja Samarütel jt (2001). Seega tulenesid kahe hindaja vahelised erinevused ilmselt hindajate enda hetkelistest otsustest. Käesolevas töös on hindaja 2 lehma toitumushindegaga alla 3,0 hinnanud keskmiselt natuke suurema toitumushindegaga võrreldes hindajaga 1 ning lehma hinnetega üle 3,0 natuke väiksema toitumushindegaga võrreldes hindajaga 1. Viimast on hästi näha ka joonisel 2. Samarüтели jt (2001) uurimuses olid antud toitumushinnete vahelised erinevused kõige väiksemad vahemikus 2,0–3,5 palli.

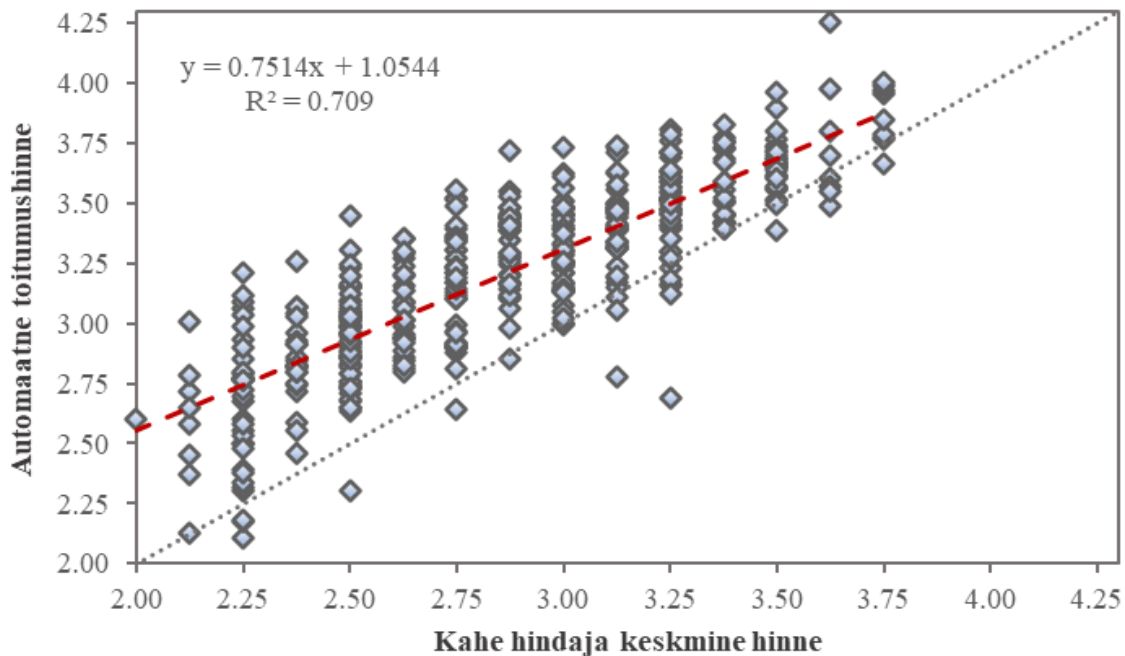
### 3.2. Visuaalse ja automaatse toitumushinde võrdlus

Automaatse toitumushinde ehk 3D kaamera poolt määratud hinnet võrreldakse antud töös kahe visuaalse hindaja keskmise toitumushindega, sest sel juhul on hinde subjektiivsus väiksem. Antud töö visuaalse ja automaatse toitumuse hindamise võrdlus on joonisel 4. Kaamera poolt määratud automaatne hinne oli üldiselt natuke kõrgem kui inimeste poolt antud visuaalne hinne (joonis 4). Samas, mida kõrgem oli toitumushinne, seda sarnasem oli ka kaamera poolt antud automaatne hinne inimeste keskmise hindega. Seega võib väita, et kaamera hindab suuremaid toitumushindeid visuaalsete hindajatega sarnasemalt kui väiksemaid toitumushindeid.

Samasusjoont vaadates on näha, et üsna vähe hindeid oli automaatsel ja visuaalsel hindamisel täpselt samad. Jooniselt on näha, et võrreldes väiksemate toitumushinnetega läksid suuremate hinnete korral kaamera ja inimeste keskmine hinne rohkem kokku. Päris sellist tulemust pole üheski teises automaatse toitumuse hindamise süsteemi ja visuaalse hindamissüsteemi võrdluses veel leitud.

Mullins jt (2019) võrdlesid samuti DeLavali automaatset toitumuse hindamise süsteemi visuaalse hindamisega ja leidsid, et automaatsed toitumushinded olid samaväärsed visuaalsete toitumushinnetega vahemikus 3,0 kuni 3,75, kuid see tulemus pole otseselt antud töö tulemustega võrreldav. Samuti leidis Mullins jt (2019), et kaamera ülehindas 44 protsendi visuaalselt hinnatud lehmade toitumust, kelle toitumushinne oli alla 3,0. See, et kaamera hindas madalamas toitumuses olevate lehmade toitumushinded suuremaks on käesolevas töös leitud tulemustega sarnane. Veel leiti Mullinsi jt (2019) töös, et toitumuse hindamise kaamera alahindas 92 protsendi lehmade toitumushindeid, kelle toitumus oli visuaalselt hinnatult üle 3,75. See, et kaamera kipus alahindama lehmi, kui nende visuaalne toitumushinne oli suurem, on vastupidine tulemus käesolevas töös leitud tulemustele. (Mullins jt 2019)

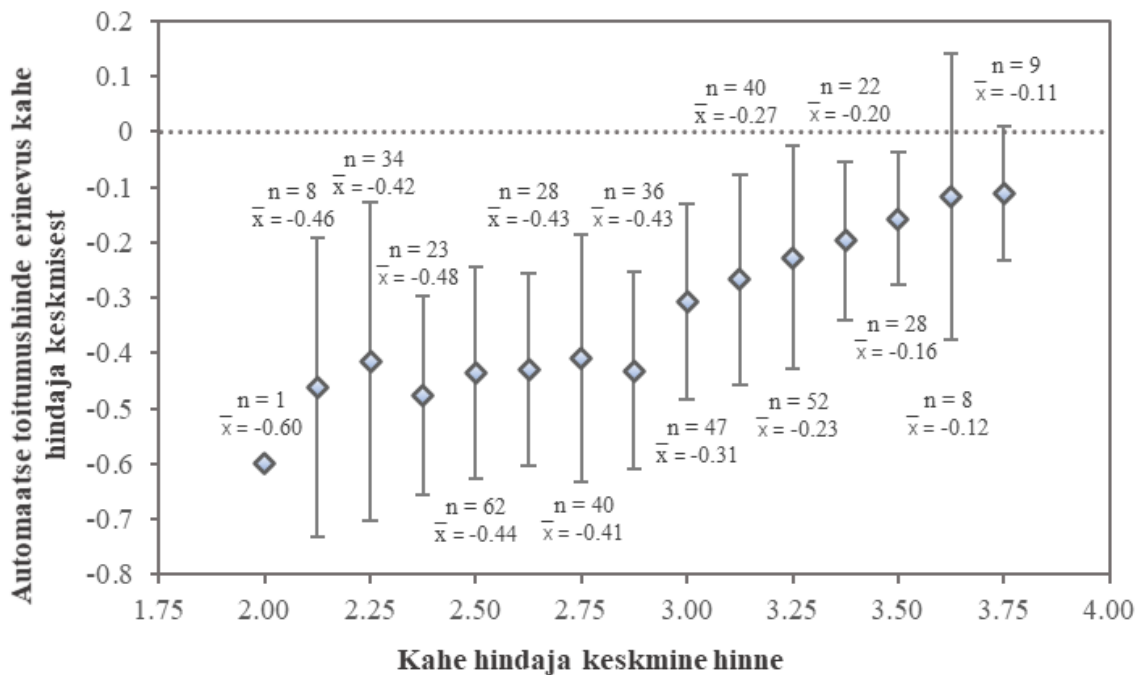
Mullinsi jt (2019) uurimuses leitud visuaalsete ja automaatsete hinnete erinevuste keskmised ei ole käesoleva töö tulemustega võrreldavad, sest esimeses võrreldi kaamera keskmisi toitumushindeid kaamera ja inimese keskmise toitumushindega, mitte kahe inimese keskmise toitumushindega nagu käesolevas töös. See selgitab, miks Mullinsi jt (2019) uurimuses saadi väiksemad keskmised erinevused kui käesolevas töös.



**Joonis 4.** Visuaalse ja automaatse toitumushinde võrdlus. Iga andmepunkt tähistab ühte hinnatud looma: tema kahe hindaja poolt antud keskmist toitumushinnet x-teljel ning vastavat kaamera mõõdetud automaatset hinnet y-teljel. Punane kriipsjoon on trendijoon ja hall punktiirjoon samasusjoon.  $R^2$  on determinatsioonikordaja.

Automaatsete ja kahe hindaja keskmiste toitumushinnete kokkulangevus oli käesolevas töös kokkuvõttes hea, determinatsioonikordaja ( $R^2$ ) oli 0,71 (joonis 4) ning nende vaheline korrelatsioonikordaja oli 0,84 (tabel 3). Antud töös leitud korrelatsioon on parem, kui Mullinsi jt (2019) leitud visuaalsete ja sama DeLivali kaamera poolt antud automaatsete toitumushinnete vaheline korrelatsioon ( $r = 0,78$  ja  $0,76$ ). Albornozzi jt (2021) uurimuses leiti, et sama DeLivali kaamera antud toitumushinnete ja visuaalsete toitumushinnete vahel oli tugev korrelatsioon ( $r = 0,86$ ), mis oli põhimõtteliselt sama tugev kui antud töös leitud automaatsete ja visuaalsete toitumushinnete vaheline korrelatsioon.





**Joonis 5.** Visuaalsete ja automaatsete tootumushinnete erinevuste keskmine. Üks andmepunkt tähistab visuaalse ja automaatse tootumushinde keskmist erinevust teatud tootumushinde korral. Toodud on ka tootumushinnete erinevuste standardhälbed ning vaatluste ehk tootumushinnete arvu tähistab „n“ ja keskväärtust ehk tootumushinde erinevuste keskmist „ $\bar{x}$ “. Nulljoon on kahe hindaja keskmine tootumushinne.

Vaadeldi ka keskmist automaatsete ja visuaalsete hinnete vahet erinevate tootumushinnete korral võttes aluseks kahe hindaja keskmise tootumushinde (joonis 5). Sarnaselt eelmainituga (joonis 4) kinnitas vahede vaatlemine, et väiksemate tootumushinnete juures on kaamera ja inimeste vahel suurem tootumushinnete erinevus. Suuremate tootumushinnete korral on vahe ja standardhälbed väiksemad ehk hinded on sarnasemad. Järelikult võib väita, et väiksema ehk madalama tootumushinde juures ei tööta kaamera algoritm nii hästi kui suurema tootumushinde korral. Näiteks, kui visuaalsed hindajad määrasid tootumuseks 2,25, siis kaamera hindas selle keskmiselt 0,42 palli suuremaks. Suurema tootumushinde korral nagu 3,75, hindas kaamera tootumuse keskmiselt 0,11 palli kõrgemaks. Seega hindab kaamera suuremaid tootumushindeid

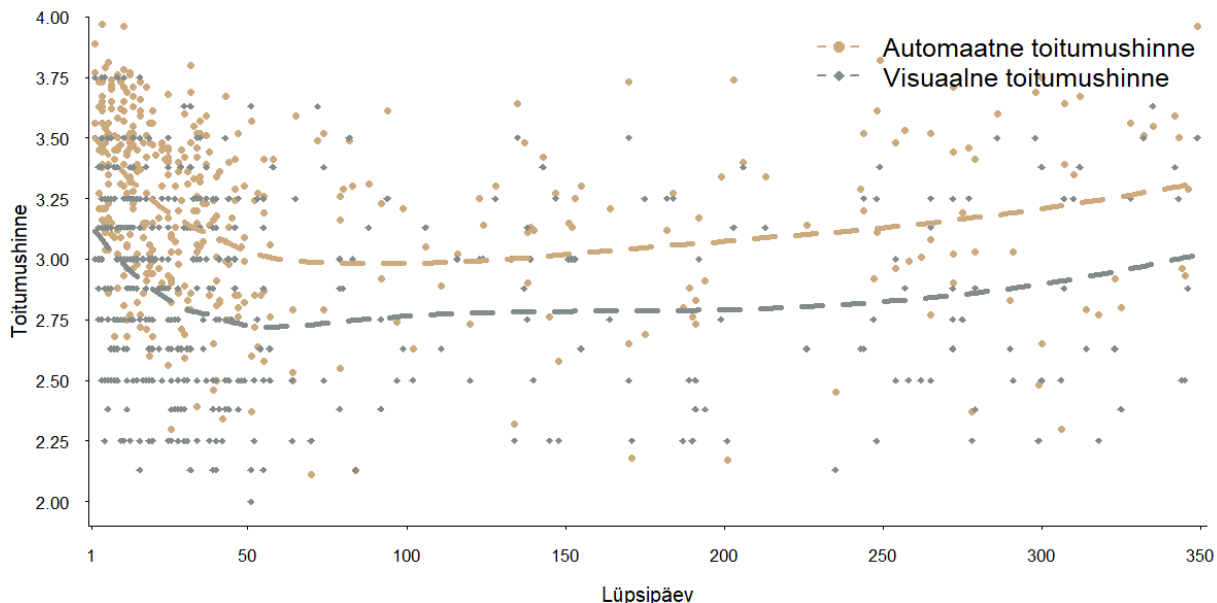
sarnasemalt ning väiksemaid toitumushindeid võrreldes visuaalsete hindajatega paremaks ehk suuremaks. Sarnase tulemuse, et kaamera hindab madalamas toitumuses lehmade toitumust visuaalsete hindajatega võrreldes natuke suuremaks on leidunud ka Albornoz jt (2021). Toitumuse hindamise tundlikkuse sammust 0,25 palli hindas kaamera võrreldes visuaalsete hindajatega suuremaks hindeid, mis olid väiksemad kui 3,25–3,75. Eelmainitud vahemikus oli kaamera antud toitumushinded samaväärsed visuaalsete hindajatega, sest oli nende erinevused olid keskmiselt alla 0,25 palli.

Albornoz jt (2021) uurimuses täheldati automaatse ja visuaalse süsteemi toitumushinnete vahel väikest süstemaatilist erinevust: kaamera keskmine toitumushinne oli 0,08 ühiku võrra kõrgem võrreldes keskmise visuaalse hindegaga. See erinevus võis tulla väiksest kaamera tarkvara kalibreerimise veast või visuaalse toitumuse hindamise vigadest (Albornoz jt 2021), kuid nende saadud tulemuste väiksem erinevuste keskmine võis tulla sellest, et kasutati korrigeeritud kaamera algoritmi ehk saadud tulemused pole käesoleva töö omadega otseselt võrreldavad.

### **3.3. Toitumushinde muutus laktatsiooniperioodil**

Kõigi hinnatud lehmade toitumushinded on paigutatud ajateljele vastavalt lehma lüpsipäevale ehk toodud on nende toitumushinde dünaamika laktatsiooni jooksul (joonis 6). Toitumuse hindamise kaamera trend oli visuaalsete hindajatega üldjoontes sarnane.

Laktatsiooni alguses olevate lehmade toitumushindeid kogunes rohkem, sest nii kaua kuni lehmad poegimisjärgsete grupis viibisid, hinnati neid iga kord uuesti, kui toitumust hindamas käidi. Selleks, et hindamisperioodil ka laktatsiooni tipus ja lõpus olevate lehmade toitumushindeid koguda ja saada ülevaade karja toitumushinnete dünaamikast, tuli hinnata ka teisi vastavas laktatsioonistaadiumis olevaid lehmi. Muidu oleks lehmade visuaalse toitumuse hindamise periood väga pikaks kujunenud.



**Joonis 6.** Kehtna Mõisa lehmade toitumuse dünaamika laktatsiooni jooksul (Projekti „Toitumuse automaatne hindamine ja biosensorid piimakarja haldamisel“ avaldamata aruanne). Iga beež andmepunkt on automaatse toitumuse hindamise süsteemi poolt antud toitumushinne teatud laktatsioonipäeval. Iga hall punkt on lehma kahe hindaja keskmine toitumushinne teatud laktatsiooni päeval. Beež trendijoon iseloomustab kaamera antud automaatsete toitumushinnete muutust laktatsiooni jooksul ja hall trendijoon kahe hindaja keskmise toitumushinde muutust laktatsiooni jooksul. Trendijooned moodustuvad lokaalsetest kaalutud keskmistest.

Joonis 6 näitab, et automaatne toitumuse hindamise kaamera töötab. Esialgne oletus oli, et kaamera ei tuvasta laktatsiooni alguse suurt toitumuse langust sama hästi kui inimene, sest hindab lehmade toitumust võrreldes inimesega kõrgemaks. Kuid see joonis näitab, et olenemata sellest, et kaamera antud hinded on kõrgemad võrreldes inimeste antud hinnetega, on trendijoon järgi kaamera poegimisjärgne toitumuse langus sama suur või isegi suurem kui inimeste hinnatud toitumuse langus. Mõlemal juhul on trendijoonete järgi toitumuse poegimisjärgne langus umbes 0,5 palli ning kaamera antud hinne keskmiselt 0,25 palli suurem. Laktatsiooni alguses ehk poegimisjärgselt langeb Kehtna lehmade toitumus visuaalsete hindajate trendijoonete põhjal umbes 50. lüpsipäevani, aga automaatse hindamissüsteemi trendijoonet vaadates veidi kauem, umbes 75. lüpsipäevani. Seega langes toitumushinne umbes

seitsme kuni kümne nädala jooksul peale poegimist, mis on natuke lühem aeg kui Samarüteli jt (2001) uurimuses, kus toitumus langes peale poegimist 12.–14. nädalani.

Positiivne on see, et Kehtna Mõisa lehmade poegimisjärgne toitumushinde langus ja selle pikkus jäävad soovituslikesse piiridesse ehk toitumus hakkab tõusma uuesti enne 100. laktatsioonipäeva ja ei lange rohkem kui 0,75 (Samarütel jt 2001). Seega trendijoonete põhjal tõuseb toitumushinne alates 50.–75. lüpsipäevast kuni laktatsiooni lõpuni. Samas ei saavuta lehmad trendijoonete järgi laktatsiooni lõpuks oma poegimisaegset toitumust, mis võib mõjuda negatiivselt nende järgmise laktatsiooni edukusele.

#### **3.4. Toitumuse hindamine erinevatel laktatsioonistaadiumitel**

Lehmad, kelle toitumust hinnati, jagati laktatsiooni- ehk lüpsipäevade alusel kolme gruppi: 1) laktatsiooni algus ehk vastpoeginud, 1–40 lüpsipäeva 2) laktatsiooni tipp, 41–210 lüpsipäeva, 3) laktatsiooni lõpp, 211–721 lüpsipäeva. Viimases grupis oli nii suur laktatsioonipäevade vahemik, sest hinnatud loomade seas oli kümme lehma, kelle laktatsioonipäevade arv oli üle 400 päeva. 438 hinnatud lehmast 257 jäid esimesse gruppi, 107 teise ja 74 kolmandasse.

Tabelis 2 on võrreldud kahe hindaja toitumushindeid erinevatel laktatsioonistaadiumitel. Kahe hindaja vaheline korrelatsioon oli kõikidel laktatsiooni staadiumitel  $>0,90$ . Laktatsiooni tipus ja lõpus oli see mõlemal juhul 0,93, aga laktatsiooni alguses oli natuke väiksem ( $r = 0,90$ ). Hindaja 1 ja 2 keskmised toitumushinded olid laktatsiooni alguses samad ning teises kahes laktatsioonistaadiumis oli hindajate vahe keskmine  $\pm 0,02$ . Seega võib öelda, et hindajate toitumushinnete vahe oli keskmiselt null.

Fergusoni jt (1994) uurimuses olid kolme kogenud hindaja korrelatsioonikordajad nelja hindaja keskmise toitumushindega samuti üle 0,9 ehk väga kõrged ja vähem kogenud hindaja korrelatsioonikordaja oli 0,83, mis oli samuti üsna kõrge, aga madalam kui käesoleva uurimuse kahe hindaja vaheline korrelatsioonikordaja.

**Tabel 2.** Kahe hindaja keskmised toitumushinded erinevatel laktatsioonistaadiumitel.

<b>Laktatsiooni algus (1–40 lüpsipäeva)</b>					
Hindaja 1 keskmine	Hindaja 2 keskmine	r	R <sup>2</sup>	p-väärtus	Vahe keskmine
2,92	2,92	0,90	0,82	0,98	0,00
<b>Laktatsiooni tipp (41–210 lüpsipäeva)</b>					
Hindaja 1 keskmine	Hindaja 2 keskmine	r	R <sup>2</sup>	p-väärtus	Vahe keskmine
2,77	2,75	0,93	0,87	0,68	0,02
<b>Laktatsiooni lõpp (211–721 lüpsipäeva)</b>					
Hindaja 1 keskmine	Hindaja 2 keskmine	r	R <sup>2</sup>	p-väärtus	Vahe keskmine
2,93	2,95	0,93	0,87	0,72	-0,03
<b>Kogu laktatsioon</b>					
Hindaja 1 keskmine	Hindaja 2 keskmine	r	R <sup>2</sup>	p-väärtus	Vahe keskmine
2,88	2,88	0,92	0,84	0,95	0,00

Antud töös ei erinenud kahe visuaalse hindaja toitumushinded ka erinevatel laktatsioonistaadiumitel. Samas nende korrelatsioonikoefitsient oli natuke madalam (0,02–0,03 võrra) laktatsiooni alguses, kuid seda võis põhjustada loomade vaheline erinevus mitte hindajate. Seda kuna poegimisjärgselt on lehma keerulisem hinnata, sest ühe kehapiirkonna põhjal võib tunduda nagu vastaks loom ühele toitumushindele, kuid teist piirkonda vaadeldes teisele. Kõikidel laktatsioonistaadiumitel oli p-väärtus > 0,05. Seega võib väita, et kahe visuaalse toitumuse hindaja poolt antud toitumushindeid on sarnased ehk ei erinenud teineteisest oluliselt.

Fergusoni jt (1994) uurimuses oli hindajate poolt antud lehmade keskmine toitumushinne 3,21, mis oli kõrgem kui antud töös kahe hindaja keskmine toitumushinne (hindajate keskmine toitumushinne oli 2,88) ehk Kehtna Mõisa lehmade toitumushinne oli keskmiselt madalam kui Fergusoni ja kolleegide hinnatud karjas.

Mullinsi jt (2019) uurimuse tulemustes oli keskmine hinnatud karja visuaalne toitumushinne  $3,27 \pm 0,48$  ja keskmine automaatne toitumushinne  $3,38 \pm 0,48$ . Need olid mõlemal juhul samuti natuke kõrgemad kui Kehtna Mõisa lehmadel, kelle keskmine visuaalne toitumushinne oli vastavalt 2,88 ja kaamera keskmine toitumushinne 3,22 ehk Kehtna Mõisa lehmade

toitumushinded olid järelkult keskmiselt madalamad ka Mullinsi ja kolleegide uuritud lehmadest.

**Tabel 3.** Keskmised visuaalsed ja automaatsed hinded erinevatel laktatsioonistaadiumitel.

<b>Laktatsiooni algus (1–40 lüpsipäeva)</b>					
Hindajate keskmine	Kaamera keskmine	r	R <sup>2</sup>	p-väärtus	Vahe keskmine
2,92	3,28	0,84	0,70	p < 0,01	-0,37
<b>Laktatsiooni tipp (41–210 lüpsipäeva)</b>					
Hindajate keskmine	Kaamera keskmine	r	R <sup>2</sup>	p-väärtus	Vahe keskmine
2,76	3,02	0,82	0,68	p < 0,01	-0,27
<b>Laktatsiooni lõpp (211–721 lüpsipäeva)</b>					
Hindajate keskmine	Kaamera keskmine	r	R <sup>2</sup>	p-väärtus	Vahe keskmine
2,94	3,28	0,88	0,77	p < 0,01	-0,34
<b>Kogu laktatsioon</b>					
Hindajate keskmine	Kaamera keskmine	r	R <sup>2</sup>	p-väärtus	Vahe keskmine
2,88	3,22	0,84	0,71	p < 0,01	-0,34

Tabelis 3 on võrreldud erinevate laktatsioonistaadiumite visuaalseid ja automaatseid hindeid. Kahe hindaja keskmise ja automaatse toitumushinde vaheline korrelatsioon oli kõige tugevam laktatsiooni lõpus ( $r = 0,88$ ). Seda tulemust võiks seostada ka eespoolsete joonistega 4 ja 5, kus on näha, et kaamera ja inimeste toitumushinded on sarnasemad suuremate toitumushinnete puhul ning suuremad toitumushinded on lehmadel tavaliselt laktatsiooni lõpu poole. Laktatsiooni alguses, kui toitumus langeb rohkem ja laktatsiooni lõpus, kui see tõuseb rohkem ehk muutuste perioodil, oli automaatsete ja visuaalsete toitumushinnete vahelised erinevused keskmiselt suuremad. Laktatsiooni keskel ehk ajal kui toitumus püsib rohkem samal tasemel, hindas kaamera toitumust visuaalsete hindajatega sarnasemalt. Seega võib väita, et automaatne toitumuse hindamise süsteem tabab toitumushinde muutuste perioode halvemini ning stabiilseid perioode paremini. Visuaalsete ja automaatsete toitumushinnete vaheline korrelatsioonikoefitsient oli kõikidel laktatsioonistaadiumitel  $>0,82$ , mis näitab tugevat seost. Kõikidel laktatsiooni staadiumitel oli p-väärtus  $< 0,01$  ehk võib väita, et visuaalne ja automaatne keskmine toitumushinne erinevad oluliselt.

## KOKKUVÕTE

Toitumuse hindamise kaudu hinnatakse lehma nahaaluse rasvkoe hulka, mille alusel otsustatakse tema kehavarude suuruse üle. Toitumuse hindamise eesmärgiks on leida tasakaal söötmise, hea piimatoodangu ja tervise vahel ning selle määramisel on oluline praktiline väljund, sest rasvkude mõjutab lehma laktatsiooni edukust. Toitumust hinnatakse sageli 1–5-palli skaalal 0,25-pallise intervalliga. Kuna visuaalne toitumuse hindamine on väga töö- ja ajamahukas, siis on välja töötatud toitumuse automaatse hindamise süsteemid, mida hetkel turustavad kolm erinevat tootjat. Toitumuse automaatse hindamise süsteemi abil võib väheneda hindamise subjektiivsus ning aja- ja tööjõukulu. Antud bakalaureusetöös käsitleti DeLaval'i toitumuse automaatset hindamise süsteemi.

Leiti, et kaks hindajat saavad kasutatud toitumuse hindamise juhendi järgi sarnase tulemuse. Keskmiselt 98,1 protsendil juhtudest olid visuaalsete hindajate antud toitumushinded samad või ei erinenud rohkem kui 0,25 ühikut ning hindajate keskmine toitumushinnete vahe oli 0. Seega ei hinnanud üks hindaja toitumust süsteemselt erinevalt võrreldes teisega. Saadud tulemused kinnitavad kirjanduses varasemalt leitud tulemusi, et erinevate hindajate poolt pandud hinded on korratavad ehk meetodika töötab. Tulemused näitavad, et hindajad panevad keskmiselt lehmale sama hinde.

Toitumuse visuaalse ja automaatse hindamise võrdlemisel leiti, et kaamera hindas lehmade toitumuse keskmiselt suuremaks ehk loomi rasvunumaks. Kuid vea suurus sõltus toitumushindest. Mida väiksem oli toitumushinne ehk mida kõhnem oli lehm, seda rohkem hindas automaatne süsteem toitumust üle. Näiteks, kui visuaalsed hindajad määrasid toitumuseks 2,25, siis kaamera hindas selle keskmiselt 0,42 palli suuremaks ning suurema toitumushinde korral nagu 3,75, hindas kaamera toitumuse keskmiselt 0,11 palli suuremaks. Tulemust, et automaatne süsteem hindab suuremaid toitumushindeid visuaalsete hindajatega sarnasemalt, kinnitab ka see, et nendel kordadel, kui visuaalselt antud toitumushinded jäid vahemikku 3,25–3,75, oli automaatse ja visuaalse hindamise erinevuse keskmine väiksem kui

toitumushinde tundlikkuse samm 0,25 palli. Seega võib öelda, et automaatne süsteem andis selles vahemikus visuaalsete hindajatega samaväärseid hindeid.

Käesolevas töös ei erinenud kahe visuaalse toitumuse hindaja antud toitumushinded ka erinevatel laktatsiooni etappidel. Samas nende korrelatsioonikoefitsient oli natuke madalam laktatsiooni alguses, mis võis tuleneda sellest, et poegimisjärgselt on lehma keerulisem hinnata.

Erinevatel laktatsioonistaadiumitel automaatsete ja visuaalsete toitumushinnete võrdlemisel selgus, et toitumuse automaatse hindamise süsteem annab natuke täpsemaid hindeid laktatsiooni tipus, kui toitumushinded püsivad kauem samad ning muutuste perioodidel, nagu laktatsiooni algus ning lõpp, annab hindeid veidi ebatäpsemalt.

Hinnatud lehmade laktatsiooni dünaamikat vaadates, oli näha, et toitumuse automaatse hindamise süsteem töötab, sest näitab sama dünaamikat, mis visuaalsete hindajate toitumushinded ja kirjeldab suure hulga loomade toitumushinde muutust samamoodi kui visuaalne toitumushinne. Samas hindas automaatne süsteem toitumushindeid süsteemselt suuremaks kui visuaalsed hindajad keskmiselt rohkem kui 0,25 palli, mistõttu peaks DeLaval kaamera kasutaja arvestama, et optimaalsed toitumushinde vahemikud pole automaatse süsteemi puhul samad, mis visuaalsel hindamisel. Näiteks, kui visuaalsel hindamisel tahame, et lehm oleks poegimisel hindegaga 3,25, siis kaamera puhul peaksime tahtma, et toitumushinne oleks 3,5. Käesoleva töö tulemused näitavad, et toitumuse automaatse hindamise süsteemi algoritm vajaks korrigeerimist. Saadud tulemused on uudsed, kuna üheski teises toitumuse automaatse hindamise süsteemi ja visuaalse hindamissüsteemi võrdluses pole süsteemseid visuaalse ja automaatse hindamise erinevusi välja toodud.



## KASUTATUD KIRJANDUS

- Albornoz, R.I., Giri, K., Hannah, M.C. and Wales, W.J.** (2021). An Improved Approach to Automated Measurement of Body Condition Score in Dairy Cows Using a Three-Dimensional Camera System. – *Animals*, 12(1), p.72. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12010072> (15.05.2022).
- Berry, D.P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R.D., Rath, M. and Veerkamp, R.F.** (2002). Genetic parameters for level and change of body condition score and body weight in dairy cows. – *Journal of dairy science*, 85(8), pp.2030-2039. [e-ajakiri] DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74280-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74280-X) (16.05.22).
- Bewley, J.M., Gray, A.W., Hogeveen, H., Kenyon, S.J., Eicher, S.D. and Schutz, M.M.** (2010). Assessing the potential value for an automated dairy cattle body condition scoring system through stochastic simulation. – *Agricultural Finance Review*. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.1108/00021461011042675> (18.05.2022).
- Collard, B.L., Boettcher, P.J., Dekkers, J.M., Petitclerc, D. and Schaeffer, L.R.** (2000). Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. – *Journal of dairy science*, 83(11), pp.2683-2690. [e-ajakiri] DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75162-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75162-9) (16.05.2022).
- De Koster, J.D. and Opsomer, G.** (2013). Insulin resistance in dairy cows. – *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 29(2), pp.299-322. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.04.002> (16.05.2022).
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T. and Webster, G.** (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. – *Journal of dairy science*, 72(1), pp.68-78. [e-ajakiri] DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0) (20.03.2022).
- Elanco Animal Health. (2009). Body Condition Scoring in Dairy Cattle. Indianapolis. [on-line] <https://my.isic.ir/science-groups/contents/download/26> (25.05.2022)
- Encinias, A.M. and Lardy, G.** (2000). Body condition scoring I: Managing your cow herd through body condition scoring. [e-ajakiri] <https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/5343/as1026.pdf?sequence=1> (09.05.2022).
- Ferguson, J.D., Galligan, D.T. and Thomsen, N.** (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. – *Journal of dairy science*, 77(9), pp.2695-2703. [e-ajakiri] DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77212-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X) (20.03.2022).

- \* **Ferguson, J.D.** (1996). Implementation of a body condition scoring program in dairy herds. Feeding and managing the transition cow. – *In The Penn Annual Conference.*, viidatud: **Samarütel, J., Ling K., Tiirats, T., Waldmann, A.** (2001). Investigations on Body Condition Scores in Estonian Primiparous Dairy Cows. – *Proceedings from a symposium at Estonian Agriculture University on Reproductive Failure in Farm Animals* (Eds. T. Tiirats), Tartu, pp. 33–36. (20.03.2022) lk 33 vahendusel.
- Jaakson, H., Karis, P., Ling, K., Samarütel, J., Ots, M.** (2016). Poegimisaegse toitumuse ja poegimisjärgse varulipiidide mobilisatsiooni seostest eesti holsteini tõugu lehmadel. – *Konverentsi „Terve loom ja tervislik toit 2020“ kogumik*. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 49-55. [e-ajakiri] [https://vl.emu.ee/userfiles/instituudid/vl/VLI/terveloom2016/2016\\_kogumik.pdf](https://vl.emu.ee/userfiles/instituudid/vl/VLI/terveloom2016/2016_kogumik.pdf) (10.04.2022).
- Jaakson, H., Karis, P., Ots, M.** (2020). Toitumuse automaatse hindamise süsteemi kasutamine söötmiskorralduse optimeerimisel piimaveisefarmis. – *Konverentsi „Terve loom ja tervislik toit 2020“ kogumik*. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 76-80. [e-ajakiri] [https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/5637/2020\\_kogumik.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/5637/2020_kogumik.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (01.03.2020).
- \* **Jefferies, B.C.** (1961). Body condition scoring and its use in management. – *Tasmanian journal of agriculture*, 32, pp.19-21., viidatud: **Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T. and Webster, G.** (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. – *Journal of dairy science*, 72(1), pp.68-78. [e-ajakiri] DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0) (20.03.2022) lk 68 vahendusel.
- Karis, P., Ots, M.** (2019). Kinnislehmade toitumuse ja energia söömuse vaheline seos. – *Konverentsi „Terve loom ja tervislik toit 2019“ kogumik*. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 92-97. [e-ajakiri] [https://vl.emu.ee/userfiles/instituudid/vl/VLI/terveloom2019/2019\\_kogumik.pdf](https://vl.emu.ee/userfiles/instituudid/vl/VLI/terveloom2019/2019_kogumik.pdf) (02.03.2022).
- Kehtna Mõisa OÜ. (s.a). Avaleht. [veebileht] <https://www.kmoy.ee/> (30.04.2022).
- Klopčič, M., Hamoen, A. and Bewley, J.** (2011). Body condition scoring of dairy cows. Ljubljana, Slovenia: Biotechnical Faculty, Department of Animal Science. 44 p. [on-line] [https://rodica.bf.uni-lj.si/web/gov/pub/2011\\_Klopacic\\_et\\_al\\_Body\\_condition\\_of\\_dairy\\_cows.pdf](https://rodica.bf.uni-lj.si/web/gov/pub/2011_Klopacic_et_al_Body_condition_of_dairy_cows.pdf) (09.05.2022)
- Ling, K., Samarütel, J., Jaakson, H.** (2006). Toitumushinde, ainevahetuse ja sigimise seostest. – Eesti veisetõugude maksimaalse piimajõudluse väljaselgitamine. Tartu: Triip. 138–155 lk.
- Loomakasvatus. (2012). /Toim. G. von Lengerken, F. Ellendorff, J. von Lengerken. Tartu: Eesti Maaülikool. 544 lk.
- Lüpsilehma söötmine. (2013). /Toim. T. Harmoinen. Tartu: Ecoprint AS. 133 lk.

- Mullins, I.L., Truman, C.M., Campler, M.R., Bewley, J.M. and Costa, J.H.** (2019). Validation of a commercial automated body condition scoring system on a commercial dairy farm. – *Animals*, 9(6), p.287. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9060287> (03.02.2022).
- Nazhat, S.A., Aziz, A., Zabuli, J. and Rahmati, S.** (2021). Importance of Body Condition Scoring in Reproductive Performance of Dairy Cows: A Review. – *Open Journal of Veterinary Medicine*, 11(7), pp.272-288. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.4236/ojvm.2021.117018> (09.05.2022).
- O’Leary, N., Leso, L., Buckley, F., Kenneally, J., McSweeney, D. and Shalloo, L.** (2020). Validation of an Automated Body Condition Scoring System Using 3D Imaging. – *Agriculture*, 10(6), p.246. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10060246> (12.05.2022).
- Otto, K.L., Ferguson, J.D., Fox, D.G. and Sniffen, C.J.** (1991). Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. – *Journal of Dairy Science*, 74(3), pp.852-859. [e-ajakiri] DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78234-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78234-9) (07.04.2022).
- Paul, A., Mondal, S., Kumar, S. and Kumari, T.** (2020). Body condition scoring in dairy cows-A conceptual and systematic review. – *Indian Journal of Animal Research*, 54, pp.929-935. [e-ajakiri] <http://arccarticles.s3.amazonaws.com/arcc/Attachment-at-accept-article-B-3859.pdf> (09.05.2022).
- Roche, J.R., Friggens, N.C., Kay, J.K., Fisher, M.W., Stafford, K.J. and Berry, D.P.** (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. – *Journal of dairy science*, 92(12), pp.5769-5801. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431> (03.04.2022).
- Roche, J.R., Kay, J.K., Friggens, N.C., Loor, J.J. and Berry, D.P.** (2013). Assessing and managing body condition score for the prevention of metabolic disease in dairy cows. – *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 29(2), pp.323-336. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.003> (29.04.2022).
- Samarütel, J.** (2009). Relationships between energy balance estimates, luteal activity and fertility in Estonian Holstein cows. Doktoriväitekiri. Tartu: Eesti Maaülikool. 111 lk [e-ajakiri] <https://dspace.emu.ee/handle/10492/116> (03.04.2022).
- Samarütel, J., Ling K., Tiirats, T., Waldmann, A.** (2001). Investigations on Body Condition Scores in Estonian Primiparous Dairy Cows. – *Proceedings from a symposium at Estonian Agriculture University on Reproductive Failure in Farm Animals* (Eds. T. Tiirats), Tartu, pp. 33–36. (20.03.2022).
- Van Straten, M., Shpigel, N.Y. and Friger, M.** (2008). Analysis of daily body weight of high-producing dairy cows in the first one hundred twenty days of lactation and associations with ovarian

inactivity. – *Journal of dairy science*, 91(9), pp.3353-3362. [e-ajakiri] DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1020> (19.05.2022).

**Wildman, E.E., Jones, G.M., Wagner, P.E., Boman, R.L., Troutt Jr, H.F. and Lesch, T.N.** (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. – *Journal of dairy science*, 65(3), pp.495-501. [e-ajakiri] DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82223-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82223-6) (20.03.2022).

## **LISAD**

# Lisa 1. Edmonsoni toitumuse hindamise tabel

	SCORE	Spinous processes (SP) (anatomy varies)	Spinous to Transverse processes	Transverse processes	Overhanging shelf (care - rumen fill)	Tuber coxae (hooks) & Tuber ischia (pins)	Between pins and hooks	Between the hooks	Tailhead to pins (anatomy varies)	
SEVERE UNDERCONDITIONING (emaciated)	1.00	individual processes distinct, giving a saw-tooth appearance	deep depression	very prominent, > 1/2 length visible	definite shelf, gaunt, tucked	extremely sharp, no tissue cover	severe depression, devoid of flesh	severely depressed	bones very prominent with deep "V" shaped cavity under tail	
	1.25									
	1.50									
FRAME OBVIOUS	1.75			1/2 length of process visible						
	2.00	individual processes evident	obvious depression	between 1/2 to 1/3 of processes visible	prominent shelf	prominent	very sunken		bones prominent "U" shaped cavity formed under tail	
	2.25									
FRAME & COVERING WELL BALANCED	2.50	sharp, prominent ridge		1/3 - 1/4 visible	moderate shelf		thin flesh covering	definite depression	first evidence of fat	
	2.75									
	3.00		smooth concave curve	< 1/4 visible	slight shelf	smooth	depression	moderate depression	bones smooth, cavity under tail shallow & fatty tissue lined	
	3.25				appears smooth, "TP's just discernible"		covered	slight depression	slight depression	
	3.50	smooth ridge, the SP's not evident	smooth slope	distinct ridge, no individual processes discernible		covered	covered	slight depression	slight depression	
FRAME NOT AS VISIBLE AS COVERING	3.75		nearly flat	smooth, rounded edge	none	rounded with fat	sloping	flat	bones rounded with fat and slight fat-lined depression under tail	
	4.00	flat, no processes discernible								
	4.25									
SEVERE OVERCONDITIONING	4.50			edge barely discernible		buried in fat	flat		bones buried in fat, cavity filled with fat forming tissue folds	
	4.75									
	5.00	buried in fat	rounded (convex)	buried in fat	bulging		rounded	rounded		

Joonis 7. A. J. Edmonsoni toitumuse hindamistabel (Edmonson jt 1989).

## Lisa 2. Fergusoni meetodil põhinev Elanco toitumuse hindamise skeem

### TOITUMUSE HINDAMINE 5-PALLI SKAALAL

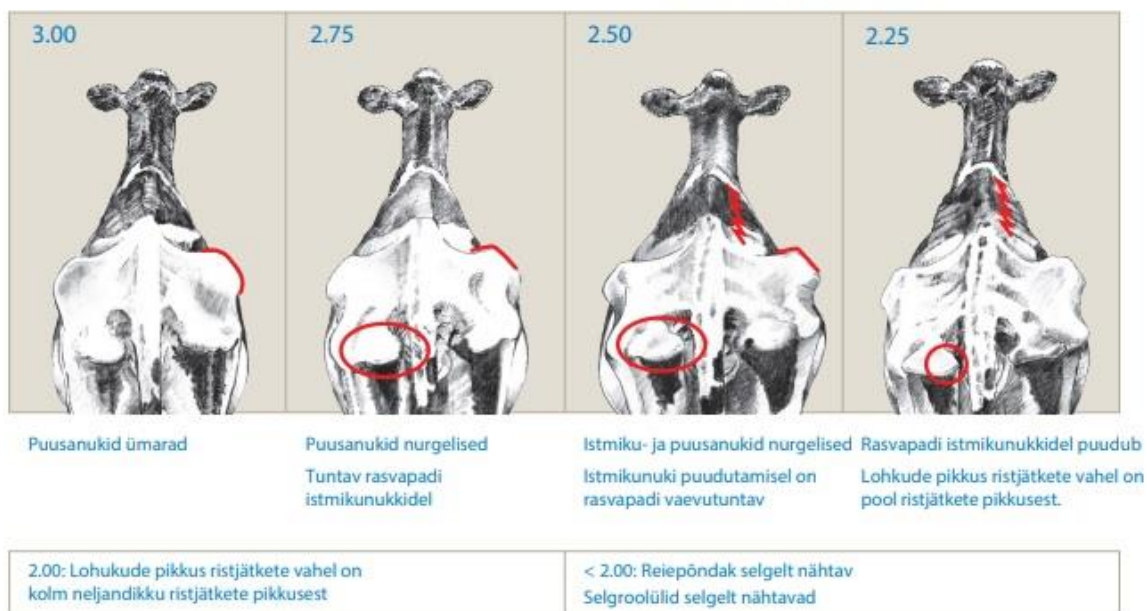
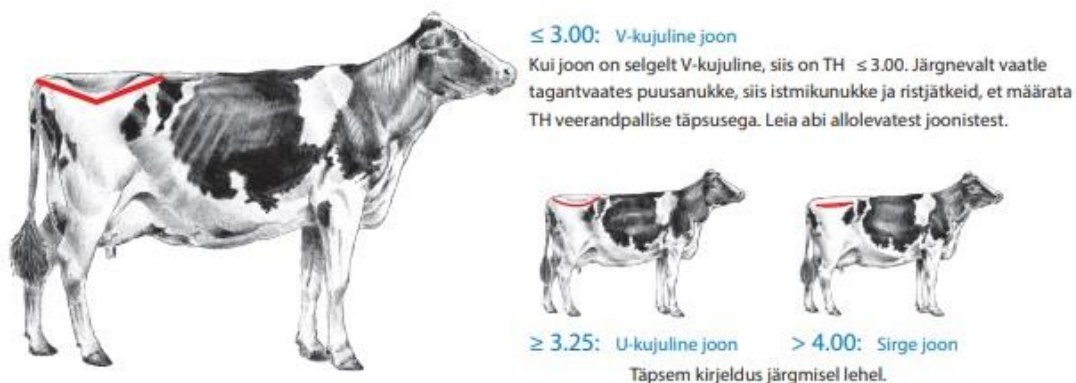
Toitumushinne (TH, *ing BCS - body condition score*) annab hinnangu piimalehma nahaaluse rasvkoe või varuenergia hulgale. TH jälgimine võimaldab loomapidajal suurendada lehmade piimajõudlust ja parandada sigivust ning vähendada ainevahetus- ja infektsioonhaiguste esinemust.

Enamik toitumuse hindamise süsteeme kasutab 5-palli skaalat veerandpallise sammuga

Käesoleva protokoll põhirõhk on TH skaala keskosa (2.50 - 4.00) täpne määramine, kuhu kuulub enamus loomadest. Kõige tähtsaim info pidamistingimuste üle otustamisel on just skaala keskosa. Väljaspool keskosa olevad väärtused viitavad tõsistele probleemidele (1.00 märgib kurtunud ja 5.00 äärmiselt rasvunud looma). TH äärmuste täpne määramine on igapäevases praktikas vähetähtis. TH ei ole energiabilansi indikaatoriks. Toitumust tuleks hinnata regulaarselt ja jälgida selle muutust ajas.

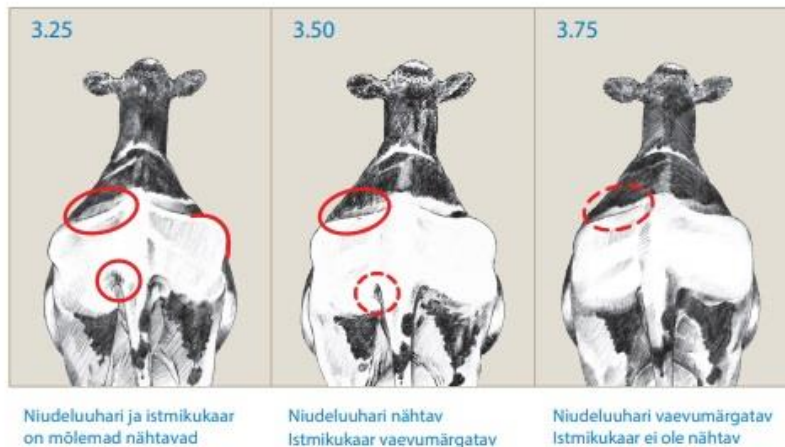
Alustuseks vaata lehma puusapiirkonna küljelt

Tee kindlaks kas joon "puusanukk - reiepõndak - istmikunukk" on nurgeline (V-kujuline) või kaarjas (U-kujuline). See on toitumuse hindamise kõige raskem osa, iseäranis kui looma TH on 3.00 või 3.25.



**Joonis 8.** Firma Elanco poolt Fergusoni meetodi põhjal koostatud toitumuse hindamise juhend toitumushinde ≤3,00 määramiseks (Elanco... 2009).

## Lisa 2 järg



**Joonis 9.** Firma Elanco poolt Fergusonini meetodi põhjal koostatud toitumuse hindamise juhend toitumushinde  $\geq 3,25$  määramiseks (Elanco... 2009).



### **Lisa 3. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Anette Matto,  
sünniaeg 12.03.2000,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö „Toitumuse visuaalse ja automaatse hindamise võrdlus“, mille juhendajad on Priit Karis, Hanno Jaakson ja Katri Ling,
  - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
  - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
  - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(allkiri)

Tartu, 02.06.2022  
(kuupäev)

---

### **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

Priit Karis \_\_\_\_\_ 02.06.2022  
(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

Hanno Jaakson \_\_\_\_\_ 02.06.2022  
(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

Katri Ling \_\_\_\_\_ 02.06.2022  
(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)