

**HEDELMÄLLISYYDEN SEKÄ RUNKORAKENTEEN JA MAITO-
TUOTOKSEN VÄLISET PERINNÖLLISET YHTEYDET AYRSHIRE-
RODULLA**

Minna Tikkanen
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Kotieläinten jalostustiede
2014

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Minna Tikkanen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Hedelmällisyyden ja runkorakenteen sekä maitotuotoksen väliset perinnölliset yhteydet ayrshire-rodulla			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten jalostustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Toukokuu 2014	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 53 s.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää ayrshire-rodun hedelmällisyyden, runkorakenteen ja maitotuotoksen väliset geneettiset korrelaatiot sekä laskea ominaisuuksille periytymisasteet.</p> <p>Aineistossa oli mukana 21 450 ayrshire-rotuista eläintä 2647 eri karjasta. Eläimet olivat syntyneet vuosien 1994 – 2005 aikana, ja olivat 1652 sonnin tyttäriä. Tutkittavia hedelmällisyysominaisuuksia olivat hiehojen siemennyskauden pituus ja siemennysten lukumäärä sekä ensikoiden lepokauden pituus. Maitotuotosominaisuudet olivat ensimmäisen kerran poikineiden 305 päivän maitotuotos ja elinikäistuotos sekä runko-ominaisuudet olivat takakorkeus, rungon syvyys, rinnan leveys, lypsytyyppisyys, selkälinja, lantion leveys ja lantion kulma.</p> <p>Satunnaistekijöiden varianssikomponenttien sekä periytymisasteiden arvioimiseen käytettiin DMU-ohjelmaa Restricted Maximum Likelihood (REML) –menetelmää käyttäen.</p> <p>Periytymisasteen arvioksi saatiin ensikkotuotokselle 0,28 ja elinikäistuotokselle 0,08. Hedelmällisyysominaisuuksien periytymisasteiden arviot olivat hyvin alhaisia (0,02 – 0,03) sekä hiehoilla että ensikoilla. Runko-ominaisuuksien periytymisasteet vaihtelivat välillä 0,10 – 0,43. Korkeimmat periytymisasteen arviot olivat takakorkeudella (0,43) ja lantion kulmalla (0,27).</p> <p>Suurimmat positiiviset korrelaatiot saatiin lypsytyyppisyyden ja ensikkotuotoksen (0,51) sekä lypsytyyppisyyden ja elinikäistuotoksen (0,45) välille, ja suurin negatiivinen korrelaatio saatiin selkälinjan ja ensikkotuotoksen (-0,33) välille. Ensikoiden runko-ominaisuuksista rinnan leveydellä ja lantion kulmalla oli kohtalainen geneettinen yhteys lepokauteen. Rungon syvyys, lantion leveys ja kulma korreloivat merkitsevästi hiehojen tiinehtymisen kanssa. Hiehojen hedelmällisyysominaisuuksien ja elinikäistuotoksen väliset geneettiset korrelaatiot olivat kohtalaisia ja positiivisia. Tässä tutkimuksessa lepokauden ja tuotosominaisuuksien välillä ei havaittu perinnöllistä yhteyttä.</p> <p>Hedelmällisyys ja elinikäistuotos ovat vain heikosti periytyviä ominaisuuksia. Runkorakenteen ja ensikkotuotoksen parantaminen jalostuksella on kohtalaisen nopeaa, koska ne periytyvät keskinkertaisesti. Tämän tutkimuksen perusteella joidenkin runko-ominaisuuksien valinta edistää ensikkotuotosta heikentäen samalla hedelmällisyyttä ja elinikäistuotosta. Hiehojen huono hedelmällisyys oli yhteydessä korkean elinikäistuotoksen kanssa, kuitenkin ei ole mielekästä painottaa valinnassa huonoa hiehojen hedelmällisyyttä.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords hedelmällisyys, runkorakenne, maitotuotos, geneettinen korrelaatio, hieho, ayrshire			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muuta tietoa — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat Jarmo Juga ja Ismo Strandén.			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Minna Tikkanen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Genetic relationships among fertility, body type traits and milk yield in Finnish Ayrshire cattle			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal Breeding			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year May 2014	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 53 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Genetic and phenotypic parameters and relationships for fertility traits, body type traits and production were estimated. The data analyzed included 21,450 Ayrshires. Animals were reared in 2,647 herds, born from 1994 to 2005 and were progeny of 1652 sires. Analyzed fertility traits were days from first service to last insemination and number of inseminations to conception for heifers, and days from calving to first insemination for first parity cows. Production traits were first lactation milk and lifetime milk and body type traits were stature, body depth, chest width, angularity, top line, rump width and rump angle.</p> <p>Variance components and the heritability estimates were calculated by restricted maximum likelihood (REML) method using the DMU software.</p> <p>The heritability estimates of first lactation milk yield and lifetime milk yield were 0.28 and 0.08, respectively. The heritabilities for fertility traits in virgin heifers and first lactation cows were low (0.02 – 0.03). Heritability estimates for the type traits varied from 0.10 to 0.43. The largest heritability was found for stature (0.43) and rump width (0.27).</p> <p>The highest positive genetic correlations were angularity with first lactation milk (0.41) and lifetime milk (0.45), and the highest negative genetic correlation was between top line and first lactation milk (-0.33). Chest width and rump angle had a positive genetic correlation to days from calving to first insemination. The significant genetic correlations were heifer fertility with body depth, rump width and rump angle. Estimated correlations between heifer fertility traits and lifetime milk yield were positive and moderate. First parity cow fertility was not related to production traits.</p> <p>Fertility traits and lifetime milk have a low heritability. Progress can be made relatively fast in body traits and first lactation milk by breeding, because of the moderate heritabilities. Selection for some body type traits may cause improvement in production but deterioration in fertility. Declined heifer fertility is associated with high lifetime production. However is not reasonable to put emphasis on poor heifer fertility in selection.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords fertility, body type trait, milk production, genetic correlation, heifer, Ayrshire			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Jarmo Juga ja Ismo Strandén.			

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN	5
2.1 Lisääntymisen fysiologia	5
2.2 Lehmien hedelmällisyysominaisuuksien tunnusluvut.....	7
2.3 Pohjoismainen rakennearvostelumalli.....	8
2.4 Runkorakenne ja sen yhteydet hedelmällisyyteen ja maitotuotokseen	9
2.5 Hedelmällisyyden sekä maitotuotoksen väliset yhteydet.....	12
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	14
4 AINEISTO JA MENETELMÄ	14
4.1 Aineiston kuvaus	14
4.2 Tutkittavat ominaisuudet.....	15
4.2.1 Maitotuotosominaisuudet.....	15
4.2.2 Hedelmällisyysominaisuudet	15
4.2.3 Runko-ominaisuudet.....	16
4.3 Kiinteät tekijät ja niiden luokittelu	16
4.4 Tilastolliset menetelmät ja käytetyt mallit.....	21
5 TULOKSET	25
5.1 Keskiarvot, -hajonnat ja vaihtelukertoimet	25
5.2 Kiinteät tekijät.....	26
5.2.1 Kiinteiden tekijöiden vaikutukset maito- ja hedelmällisyysominaisuuksiin	26
5.2.2 Kiinteiden tekijöiden vaikutukset runko-ominaisuuksiin.....	30
5.3 Periytymisasteiden arviot ja karja-vuosivaikutus	34
5.4 Geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot.....	35
5.5 Perinnöllinen muutos	38
6 TULOSTEN TARKASTELU	39
6.1 Kiinteiden tekijöiden yhteydet tutkittaviin ominaisuuksiin	40
6.2 Tutkittavien ominaisuuksien periytymisasteiden arviot.....	42
6.3 Runko-, hedelmällisyys- ja maitotuotosominaisuuksien väliset geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot	43
6.4 Perinnöllinen muutos tutkittavissa ominaisuuksissa	46
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	46
LÄHTEET	48

1 JOHDANTO

Lypsylehmien hedelmällisyydellä on tärkeä taloudellinen merkitys maidontuotannossa (Holmann ym. 1984, Inchaisri ym. 2010). Lypsylehmän täytyy tulla tiineeksi ja poikia vasikka kerran vuodessa, jotta sen maidontuotanto käynnistyisi ja jatkuisi seuraavaan umpeutukseen asti (Pryce ym. 2000). Taloudellisesti kannattavin hiehon poikimaikä on 23 – 25 kuukautta (Cooke ym. 2013, Norismaa 2013). Lehmien maitotuotokset ovat nousseet viime vuosikymmenten aikana, mutta samalla hedelmällisyys on heikentynyt. Heikentynyt hedelmällisyys aiheuttaa tilalle lisäkustannuksia, jotka koostuvat pääasiassa ylimääräisistä siemennys- ja eläinlääkärinkuluista, vähentyneestä maitotuotoksesta (Inchaisri ym. 2010) sekä eläinten ennenaikaisista poistoista (Sewalem ym. 2008, Inchaisri ym. 2010). Ensikoiden yleisin poistojen syy vuonna 2012 oli huono hedelmällisyys (27,5 %), ja lehmillä se oli toiseksi yleisin poiston syy (24,3 %) (Nokka 2013). Huono tuotos oli poiston syynä 11,2 %:lla ensikoilla ja 9,0 %:lla lehmillä.

Maitotuotoksen ja hedelmällisyysominaisuuksien välillä on todettu olevan perinnöllinen yhteys (Veerkamp ym. 2001, Sewalen ym. 2010). Tämä on lisännyt tarvetta sisällyttää hedelmällisyys lypsylehmien jalostustavoitteisiin. Kansalliset hedelmällisyysominaisuuksien jalostusarvostelut korvattiin vuonna 2005 yhteispohjoisomaisella jalostusarvostelulla (Toivonen 2012). Hedelmällisyysominaisuuksilla on alhaiset periytymisasteet sekä ne ovat vaikeasti mitattavissa, mikä vaikeuttaa tarkan geneettisen jalostusarvon laskemista (Veerkamp ym. 2001, Kadarmideen ym. 2003, Sewalem ym. 2010, Pritchard ym. 2013). Maitotuotoksen lisäksi hedelmällisyyden ja rakenneominaisuuksien välillä on raportoitu olevan geneettinen yhteys (Pryce ym. 2000, Wall ym. 2005, Zink ym. 2011). Rakenneominaisuuksista runkoominaisuuksien on osoitettu korreloituvan voimakkaimmin hedelmällisyysominaisuuksien kanssa (Berry ym. 2004, Zink ym. 2011). Hedelmällisyyden geneettistä edistymistä voidaan nopeuttaa epäsuorasti rakenne- ja tuotosominaisuuksien kautta.

2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN

2.1 Lisääntymisen fysiologia

Nauta saavuttaa sukukypsyyden tyypillisesti 9 – 12 kuukauden ikäisenä (Royal ym. 2000), mutta puberteetin on raportoitu alkavan jopa kuuden kuukauden ikäisillä eläimillä (Schillo ym. 1992). Elopainolla on ikää tärkeämpi merkitys hiehon siemennyskypsyydessä. Ayrshire-rotuisilla hiehoilla elopainon tulisi olla yli 350 kg ja rinnan ympäryksen yli 158 cm siemen-

nyshtekellä. Holstein-rotuisilla hiehoilla suositusmitat ovat hieman ayrshireä suuremmat (Nousiainen 2005, Nokka 2011). Hiehon siemennysikäsuositus on noin 14 – 15 kk, jolla voidaan saavuttaa taloudellisesti kannattava noin kahden vuoden poikimaikä (Cooke ym. 2013, Norismaa 2013). Liian varhain siemennetyt hiehot painavat vain alle puolet täysikasvuisen naudan elopainosta. Tällöin nuoret hiehot tarvitsevat ensimmäisellä lypsykaudella energiaa maidontuotannon lisäksi kasvuunsa, josta voi aiheutua ensikkotuotoksen laskua (Hoffman ym. 1996, McDonald ym. 2002). Sen sijaan myöhään siemennetyillä hiehoilla on raportoitu olevan kohonnut poikimavaikeusriski (Lin ym. 1986, Hoffman ym. 1996).

Hedelmällisyys liittyy olennaisesti munasarjojen toimintaan ja niiden aktiivisuuteen (Nordéus ym. 2012). Lisäksi tiinehtymisen onnistuminen on monien tekijöiden summa. Kiimakierron pituus on keskimäärin 21 päivää lehmällä ja 20 päivää hieholla (Rautala 1996, Nordéus ym. 2012), mutta 18 - 24 päivän vaihtelu kuuluu normaaliin kiimakiertoon (Rautala 1996, Hulsen 2011). Kiiman kesto on lyhyempi korkeatuottoisilla lehmillä verrattuna matalatuottoisiin lehmisiin (Lopez ym. 2004). Tutkimustulosten mukaan varsinainen kiima kestää keskimäärin 6 - 20 tuntia (Lyimo ym. 2000, Lopez ym. 2004). Esikiima esiintyy 1 – 3 päivää ennen varsinaista kiimaa ja jälkikiima 2 – 3 päivää sen jälkeen (Rautala 1996). Jo ennen ovulaatiota esiintyvät kiiman ulkoiset oireet ja käyttäytymisen muutokseen saa aikaan pääasiassa estradioli, jota tuottaa munasarjassa oleva follikkeli (Lyimo ym. 2000, Roelofs ym. 2010). Lutenisoivan hormonin runsas erittyminen saa aikaan munasolun irtoamisen, ovulaation (Roelofs ym. 2010). Ovulaation jälkeen follikkelin tilalle kasvaa keltarauhanen, joka erittää progesteronihormonia. Progesteronin tärkein tehtävä on ylläpitää tiineyttä (Peireira ym. 2014). Esikiimassa olevan lehmän on havaittu muun muassa olevan rauhaton, haistelevan toisten lehmien vulvia, hyppivän muiden lehmien päälle sekä hierovan ja puskevan päätään lajikumppaneiden kylkiin (Van Eerdenburg ym. 1996). Varsinaisen kiiman ulkoisia oireita ovat turvonneet ja punertavat vulvan limakalvot sekä kirkas ja venyvä lima. Selkeimpänä kiiman merkinä on pidetty seisovaa kiimaa, jolloin kiimassa oleva lehmä seisoo liikkumatta toisen lehmän hypätessä sen päälle (Lyimo ym. 2000). Kuitenkin vain noin 40 - 50 % lehmistä näyttää seisovan kiiman (Van Eerdenburg ym. 1996, Lyimo ym. 2000). Lisäksi on raportoitu, että kiimassa olevalla lehmällä askeleiden määrä lisääntyy (Lyimo ym. 2000, Roelofs ym. 2005). Ulkoisten kiimaoireiden perusteella eläin voidaan siementää oikeaan aikaan. Paras tiineystulos saadaan kun lehmä siemennetään ennen ovulaatiota. Roelofsin ym. (2006) tutkimuksessa 36 - 12 tuntia ennen ovulaatiota siemennetyistä lehmistä hedelmöityi 82 - 85 %, kun taas ovulaation jälkeen siemennetyistä lehmistä hedelmöityi vain 56 %.

Hiehoilla on parempi hedelmällisyys verrattuna maitoa tuottaviin lehmiiin, mikä selittyy sillä, että hiehoilla ei ole tuotosrasitusta (Pryce ym. 2004, Tiezzi ym. 2012). Hiehojen ja lehmien aineenvaihdunta on erilaista (Royal ym. 2000). Lehmä pyritään tiineyttämään keskimäärin 2 – 3 kuukauden päästä poikimisesta, kun samaan aikaan on sen maidon herumishuippu. Suurin osa lehmän tarvitsemasta energiasta ja ravintoaineista menee maidontuotantoon, vaikka niitä tarvittaisiin myös lisääntymistoimintoihin (Harrison ym. 1990, McDonald ym. 2002, Pryce ym. 2004). Tästä seuraa usein hedelmällisyysongelmia. Lisäksi hiehojen sukukypsyyden saavuttamisen ja ensimmäisen siemennyksen välinen aika on yleensä pidempi, kuin lehmien poikimisen ja ensimmäisen siemennyksen välinen aika eli lepokausi. Näin ollen lehmien kiimakerrolla on vähemmän aikaa tasoittua lepokauden aikana kuin hiehoilla sukukypsyyden ja ensimmäisen siemennyksen välisenä aikana (Royal ym. 2000).

2.2 Lehmien hedelmällisyysominaisuuksien tunnusluvut

Suomessa lypsyrotujen jalostettavia hedelmällisyysominaisuuksia ovat poikimisen ja ensimmäisen siemennyksen välinen aika (lepokausi), ensimmäisen ja viimeisen siemennyksen välinen aika (siemennyskausi) sekä siemennysten lukumäärä ja tyttärien uusimattomuusprosentti. Hiehoilta voidaan määrittää ainoastaan siemennysten lukumäärä siemennyskaudella, siemennyskauden pituus ja uusimattomuusprosentti (Alanko ym. 1991, Toivonen 2012). Hedelmällisyysominaisuudet kuvaavat kiimakierron käynnistymistä ja tiinehtyvyyden onnistumista. Karjojen hedelmällisyyden tunnusluvut ovat muuttuneet Alangon ym. (1991) asettamista hedelmällisyyden tavoitteista muun muassa maitotuotoksen nousun myötä. Vuonna 2012 perustettiin uusi hedelmällisyystyöryhmä, jonka päämääränä on asettaa hedelmällisyysominaisuuksille uudet hedelmällisyyden tavoitteet ja hälytysrajat (Iiris Kaimio, Fabba/Emovet. Kiimamessut 21.2.2014).

Lepokausi kuvaa poikimisen jälkeen käynnistyvää kiimakiertoa, ja se mitataan vähintään kerran poikineilta lehmiltä (Toivonen 2012, Pritchard ym. 2013). Pohjoismaisella punaisella karjalla tehdyssä tutkimuksessa lepokauden pituus oli keskimäärin 84 päivää (Negussie ym. 2013). Holstein-rotuisille lehmille tehdyissä tutkimuksissa lepokauden pituus vaihteli 73 ja 101 päivän välillä (Nebel ja McGilliard 1993, Veerkamp ym. 2001, Kadarmideen ym. 2003, VanRaden ym. 2004, Inchaisri ym. 2010, Pritchard ym. 2013). Alanko ym. 1991 määrittivät vuonna 1991 karjan keskimääräisen lepokauden tavoitteeksi 65 – 75 päivää. Lepokauden pituuteen vaikuttaa oleellisesti se, halutaanko lehmä siementää heti ensimmäiseen poikimisen jälkeiseen kiimaan vai annetaanko lehmän toipua rauhassa poikimisesta (Rautala 1996).

Siemennyskausi alkaa ensimmäisestä siemennyksestä ja päättyy viimeiseen eli tiineyteen johtavaan siemennykseen (Sewalem ym. 2010). Lehmien keskimääräisen siemennyskauden pituuden on raportoitu olevan 34 - 54 päivää (Aeberhard ym. 2001, Kadarmideen ym. 2003, Tiezzi ym. 2012). Hiehojen siemennyskausi on ollut lyhyempi kuin lehmien, vain noin 16 päivää (Jamrozik ym. 2005). 90-luvulla siemennyskauden pituuden tavoitteeksi asetettiin alle 20 päivää, jonka päämääränä oli saavuttaa noin vuoden pituinen poikimaväli (Alanko ym. 1991, Kaimio 2003). Siemennyskauden ollessa nolla päivää, on eläin tullut tiineeksi heti ensimmäisestä siemennyksestä (Sewalem ym. 2010).

Samaan kiimaan tehdyt siemennykset lasketaan yhdeksi siemennykseksi (Toivonen 2012). Vuonna 2012 suomalaisilla tiloilla lehmät tiinehtyivät keskimäärin 2,01 siemennyksestä (Nokka 2013). Tutkimuksissa on saatu samankaltaisia lukemia holstein-rodulle ja pohjoismaisille punaisille roduille (Veerkamp ym. 2001, Kadarmideen ym. 2003, Inchairshi ym. 2010, Negussie ym. 2013). Tutkimustulosten mukaan hiehot tiinehtyvät lehmiä paremmin, keskimäärin 1,53 – 1,56 siemennyksestä (Oltenacu ym. 1991, Tiezzi ym. 2012). Alanko ym. (1991) asettivat karjojen tavoitteeksi alle 1,6 siemennystä poikimista kohti.

2.3 Pohjoismainen rakennearvostelumalli

Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa lypsyrotuisilta lehmillä arvostellaan yhteensä 23 rakenneominaisuutta, joista 10 on utareominaisuutta, kuusi jalkaominaisuutta ja seitsemän runkoominaisuutta (Niemi 2012). Suomessa vuoteen 2000 asti arvosteltavia runko-ominaisuuksia olivat vain takakorkeus ja rinnan ympärys. Vuonna 2001 siirryttiin Maailman Holstein Federaation (WFF) suositusten mukaiseen rakennearvosteluun, jolloin alettiin arvostella rungon syvyyttä, rinnan leveyttä, lypsytyyppisyyttä, lantion kulmaa ja lantion leveyttä (Mari Mukka/Faba, sähköpostikeskustelu 14.3.2014). Selkälinja otettiin mukaan rakennearvosteluun vasta vuonna 2006, ja samana vuonna Suomi liittyi Pohjoismaiseen rakennearvostelujärjestelmään (NAV) (Toivonen 2012). Vuodesta 1994 lähtien rakenneominaisuudet on arvosteltu silmävaraisesti lineaariasteikolla 1 – 9. Takakorkeus on ainoa mitattava ominaisuus (Faba 2013a).

Rakennearvostelut suorittavat Faba osk:n koulutetut jalostusasiantuntijat, ja jokainen arvosteleo keskimäärin 900 eläintä vuodessa. Rakenneominaisuuksille lasketaan yksittäiset indeksit sekä yhdistelmäindeksit, jotka julkaistaan vain kantakirjatuille eläimille. Lisäksi indeksit julkaistaan myös sonneille, joilla on vähintään 15 rakennearvostelua tytärtä (Faba 2013b). Vuonna 2006 otettiin käyttöön Mallikas-arvostelu, jota on kutsuttu FabaRane-luokitukseksi

vuodesta 2013 lähtien (Niemi 2012, Faba 2013b). Luokituspistelaskenta on ollut yhteispohjoismainen vuodesta 2011 lähtien, jolloin Pohjoismaiden väliset tulokset saatiin vertailukelpoisiksi (Niemi 2012). FabaRane-luokituksista voi saada 60 - 99 suuruisen kokonaispistemäärän, mikä kuvaa eläimen fenotyyppiä arvosteluhetkellä. Kokonaispisteitä korjataan vertailukelpoisiksi poikimakerran, poikimäiän, lypsykaudenvaiheen ja lypsystä kuluneen ajan mukaan. Lisäksi kokonaispistemäärään vaikuttaa ominaisuuksien painotukset, jotka ovat rungolla 30 %, jaloilla 30 % ja utareella 40 % (Faba 2013b).

2.4 Runkorakenne ja sen yhteydet hedelmällisyyteen ja maitotuotukseen

Eläimen takakorkeus mitataan lonkkakyhmyjen kohdalta selkälinjan ja parren pinnan välisestä erotuksesta (Faba 2013c). Takakorkeuden on havaittu periytyvän voimakkaammin verrattuna muihin runko-ominaisuuksiin. Aikaisemmissa tutkimuksissa takakorkeuden periytymisasteen arvion on todettu olevan 0,39 ja 0,59 välillä holstein-rodulla (Pryce ym. 2000, Berry ym. 2004, Zink ym. 2011). Takakorkeus on eläimen kokoa kuvaava ominaisuus, ja sillä on perinnöllinen yhteys muiden kokoa kuvaavien ominaisuuksien kanssa. Hollantilaisessa tutkimuksessa takakorkeus korreloi positiivisesti rungon syvyyden (0,61), lantion leveyden (0,68), lypsytyypisyyden (0,41) ja rinnan leveyden (0,37) kanssa (Berry ym. 2004). Berry ym. (2004) ja Zinkin ym. (2011) tutkimusten mukaan suurilla eläimillä on geneettinen taipumus tiinehtyä heikosti, jolloin myös siemennyskausi pitenee. Takakorkeuden on todettu korreloivan negatiivisesti lepokauden kanssa (Berry ym. 2004, Kadarmideen 2004). Holstein-rotuisille ensikoille tehdyssä tutkimuksessa takakorkeus korreloi kohtalaisesti (0,42) ensikkotuotoksen kanssa (Berry ym. 2004). Amerikkalaisessa tutkimuksessa jersey-rodulla geneettinen korrelaatio ensikkotuotoksen ja takakorkeuden välillä oli sen sijaan -0,02 (Norman ym. 1988). Elinikäistuotoksen ja takakorkeuden välisen geneettisen korrelaation on todettu olevan 0,16 (Klassen ym. 1992).

Rungon syvyys arvioidaan taaimmaisen kylkiluun kohdalta selkälinjan ja mahan pohjan välisestä etäisyydestä (Faba 2013c). Kapea runko saa arvosteluasteikon pienimmän arvon ja syvä runko saa suurimman arvon (Niemi 2012). Rungon syvyyden on todettu periytyvän keskinkertaisesti. Periytymisasteen arvioksi on saatu 0,22 (Pryce ym. 2000) ja 0,37 (Zink ym. 2011). Etujalkojen välinen etäisyys kuvastaa rinnan leveyttä, ja se katsotaan viistosti takapäin etujalkojen välistä. Arvosteluasteikossa pienin arvo kuvaa kapeaa rintaa ja suurin arvo leveää rintaa (Niemi 2012). Rinnan leveyden periytyminen on samaa luokkaa rungon syvyyden kanssa, ja periytymisasteiden arviot ovat tutkimuksesta riippuen vaihdelleet 0,17 – 0,39 välillä (Pryce ym. 2000, Berry ym. 2004, Zink ym. 2011). Rungon syvyys ja rinnan leveys

vaikuttavat rungon kapasiteettiin (Sewalem ym. 2005). Berryn ym. (2004) ja Zinkin ym. (2011) tutkimuksissa rungon syvyyden ja lepokauden väliset geneettiset korrelaatiot olivat negatiivisia, kun taas Kadarmideenin (2004) tutkimuksessa geneettinen korrelaatio oli positiivinen. Berryn ym. (2004) tutkimustulosten mukaan suurikokoinen lehmä tiinehtyy heikommin kuin pienikokoinen lehmä. Samassa tutkimuksessa geneettinen korrelaatio siemennysten lukumäärän ja rinnanleveyden välillä oli $0,45 \pm 0,08$ ja siemennysten lukumäärän ja rungon syvyyden välillä $0,76 \pm 0,09$. Myös Zinkin ym. (2011) tutkimuksessa holsteinerodulla siemennyskausi korreloi epäedullisesti rungon syvyyden ja rinnan leveyden kanssa. Laaja rintakehä ja runko mahdollistavat tehokkaan sydämen- ja hengityselinten toiminnan, joita tarvitaan maidontuotantoon. Rinnan leveydellä ja sydämen ympäräsmittalla onkin todettu olevan positiivinen geneettinen yhteys maitotuotokseen (Berry ym. 2004, De Haas ym. 2007). Suurirunkoisilla lehmillä on paljon tilaa sisäelimille, rehulle ja vasikalle (Aeberhard ym. 2001). Lisäksi Veerkamp ja Brotherstone (1997) osoittivat, että rungon syvyydellä ja rinnan leveydellä on geneettisiä yhteyksiä kuiva-ainesyöntiin. Tutkimuksissa onkin saatu kohtalaisia geneettisiä korrelaatioita rungon syvyyden ja ensikkotuotoksen välille (Norman ja Van Vleck 1971, Berry ym. 2004). Rungon kapasiteetti vaikuttaa osakseen myös utararakenteeseen. Syvä runko ja leveä rinta mahdollistavat utareen kiinnittymisen oikeaan kohtaan. Rungon syvyyden ja rinnan leveyden geneettiset korrelaatiot utareen etukiinnityksen ja takakoreuden kanssa ovat kohtalaisia (Berry ym. 2004).

Lypsytyyppisyys määritetään kylkiluiden kulmasta ja niiden avoimuudesta. Lypsytyyppisellä eläimellä kylkiluut osoittavat viistosti taakse kohti utareta sekä ovat kaarevat ja avoimet (Faba 2013c). Mitä suuremman arvon eläin saa arvosteluasteikossa, sitä lypsytyyppisempi se on (Niemi 2012). Lisäksi laaja runko mahdollistaa utareen kunnollisen kiinnittymisen. Lehmien lypsytyyppisyys korreloi positiivisesti utareen etukiinnityksen sekä utareen takakorkeuden kanssa (Berry ym. 2004). Aiemmissä tutkimuksissa lypsytyyppisyyden periytymisasteen on arvioitu olevan $0,19 - 0,36$ (Pryce ym. 2000, Berry ym. 2004, Zink ym. 2011). Lypsytyyppisillä eläimillä on raportoitu esiintyvän enemmän lisääntymisongelmia kuin vähemmän lypsytyyppisillä lehmillä (Pryce ym. 2000). Zink ym. 2011 ja Berry ym. (2004) ovat havainneet lypsytyyppisyyden ja lepokauden välisen geneettisen korrelaation olevan kohtalainen. Itävaltalaisen Kadarmideenin (2004) tutkimuksessa samojen ominaisuuksien välinen korrelaatio oli voimakas, $0,87$. Lypsytyyppisyyden sekä siemennyskauden pituuden ja siemennysten lukumäärän väliset geneettiset korrelaatiot ovat kohtalaisia (Berry ym. 2004, Zink ym. 2011).

Lypsytyyppisillä lehmillä on geneettinen taipumus lypsää hyvin, ja säilyttää kuntoluokka samana lypsykauden eri vaiheissa (Berry ym. 2004, Aeberhard ym. 2001). Geneettinen korrelaatio lypsytyyppisyyden ja ensikkotuotoksen välillä Normanin ja Van Vleckin (1971) tutkimuksessa oli 0,34 ja Berry ym. (2004) tutkimuksessa 0,48. Norman ym. (1988) saivat huomattavia korrelaatioita näiden ominaisuuksien välille, jopa 0,77. Samassa tutkimuksessa fenotyyppisten korrelaatioiden todettiin olevan ayrshirella 0,19, brown swissillä 0,36, jerseyllä 0,51 ja guernseyllä 0,53. Klassen ym. (1992) tutkimuksessa elinikäistuotoksen ja lypsytyyppisyyden välinen geneettinen korrelaatio oli 0,53. Tanskalaisen Hansenin ym. (2002) tutkimuksen mukaan lypsytyyppisyydellä ja terveysominaisuuksilla on epäsuotuisa geneettinen yhteys. Kuitenkin Kanadalaisessa tutkimuksessa äärimmäisen lypsytyyppisten lehmien suhteellinen poistoriski oli pienempi kuin rodun optimiarvoisten tai vähemmän lypsytyyppisten lehmien (Sewalem ym. 2004, Sewalem ym. 2005).

Lantion leveys arvostellaan istuinryhmyjen uloimpien kohtien välisenä etäisyytenä takaapäin katsottuna. Leveä lantio saa arvosteluasteikon suurimman arvon ja kapea lantio pienimmän. Istuinluiden ja lonkkaryhmyjen välinen sijainti toisiinsa nähden kuvastaa lantion kulmaa. Arvosteluasteikon pienimmän arvon saa äärimmäisen nouseva lantion kulma ja suurimman äärimmäisen laskeva lantion kulma (Niemi 2012). Tutkimukset osoittavat lantioominaisuuksien olevan keskimäärin periytyviä ominaisuuksia. Periytymisasteiden on arvioitu vaihtelevan lantion kulmalla 0,24 ja 0,33 välillä (Pryce ym. 2000, Berry ym. 2004, Wall ym. 2005, Zink ym. 2011) ja lantion leveydellä 0,22 ja 0,33 välillä (Pryce ym. 2000, Berry ym. 2004, Zink ym. 2011). Lantion rakenne on tärkeä tiinehtyvyyden sekä poikimisoimien kannalta (Cue ym. 1990). Lantion kulmalla on kohtalainen negatiivinen geneettinen yhteys (-0,36) poikimavaikeuteen. Kapea lantio sekä nouseva lantionkulma vaikeuttavat poikimista. Poikimisen kannalta on tärkeää, että istuinluut sijaitsevat kaukana toisistaan ja lantio on tarpeeksi leveä, jotta synnytyskanavalle jää tilaa (Cue ym. 1990). Jälkeisten jääminen korreloi positiivisesti istuinluiden korkeuden (0,38) ja negatiivisesti lantion leveyden (-0,11) kanssa. Jälkeisten jääminen on yleisempää lehmillä, joilla on korkeat lonkkaryhmyt ja kapea lantio (Van Drop ym. 1998). Lehmillä, jolla on nouseva lantion kulma sekä leveä lantio, on havaittu olevan geneettinen yhteys heikentyneeseen tiinehtymiseen. Hollantilaisessa tutkimuksessa lantion kulman ja siemennysten lukumäärän välinen geneettinen korrelaatio oli -0,31 (Berry ym. 2004). Lepokauden pituuden on havaittu olevan pidempi niillä lehmillä, joilla on nouseva ja leveä lantio (Berry ym. 2004, Wall ym. 2005, Zink ym. 2011).

Sveitsiläisessä tutkimuksessa osoitettiin, että korkeatuottoisilla lehmillä on keskimäärin leveämmät lantiot verrattuna matalatuottoisien lehmien lantion leveyksiin (Aeberhard ym. 2011). Lantion leveyden on tutkittu korreloivan positiivisesti 240 päivän ensikkotuotoksen kanssa (Berry ym. 2004). Kuitenkin Norman ym. 1988 tutkimuksen mukaan ominaisuudet korreloivat negatiivisesti keskenään. Ensikoiden 305 pv:n maitotuotoksen on havaittu korreloivan lantion kulman kanssa sekä positiivisesti että negatiivisesti (Norman ja Van Vleck ym. 1971, Norman ym. 1988). Lantio-ominaisuuksien ja elinikäistuotoksen välillä ei ole havaittu geneettistä yhteyttä (Norman ja Van Vleck 1971, Klassen ym. 1992).

Selkälinja kuvaa selän muotoa, ja se arvioidaan lonkkakyhmyjen ja sään välisestä alueesta. Tämän alueen väliin jää myös lanneselkä. Notko selkälinja saa arvosteluasteikon pienimmän arvon ja köyry selkälinja asteikon suurimman arvon. Ominaisuudessa pyritään suoraan selkälinjaan (Niemi 2012). Klassen ym. (1992) tutkimuksessa periytymisasteen arvio lanneselälle oli 0,19. Selkälinja on tärkeä osa tasapainoista rakennetta, ja sen on todettu olevan yhteydessä kestävytyteen (Sewalem ym. 2004, Sewalem ym. 2005). Selkälinjan ja ensikkotuotoksen välillä on havaittu kohtalainen geneettinen korrelaatio, sekä selkälinjan ja elinikäistuotoksen välillä voimakas geneettinen korrelaatio (Norman ja Van Vleck 1971). Kuitenkin Klassen ym. (1992) tutkimuksen mukaan elinikäistuotoksen ja selkälinjan välinen geneettinen korrelaatio ei poikennut nolasta. Lanneselän vahvuuden ja lepokauden välillä on havaittu pieni positiivinen geneettinen korrelaatio (0,12) (Kadarmideen 2004).

2.5 Hedelmällisyyden sekä maitotuotoksen väliset yhteydet

Hedelmällisyysominaisuuksien periytymisasteiden arviot ovat alhaisia. Aiemmissä tutkimuksissa lepokauden ja siemennyskauden pituuden periytymisasteiden arvioiden on havaittu olevan 0,01 ja 0,08 välillä (Kadarmideen ym. 2003, De Haas ym. 2007, Pritchard ym. 2013, Negussie ym. 2013). Tiineyttä kohti tarvittavien siemennysten lukumäärän periytymisasteiden arvioiden on tutkittu olevan alempia kuin lepokauden ja siemennyskauden (Kadarmideen ym. 2003, Negussie ym. 2013, Pritchard ym. 2013). Periytymisasteiden arviot ensikkotuotokselle ovat keskinkertaisia ja ovat vaihdelleet holstein-rodulla tutkimuksesta riippuen 0,22 ja 0,39 välillä (Hargrove ym. 1969, Hoque ja Hodges 1980, Jairath ym. 1995). Pösö ja Mäntysaari (1996) saivat tutkimuksessaan ayrshire-ensikoiden tuotoksen periytymisasteen arvioksi 0,41. Elinikäistuotoksen periytymisasteet ovat vaihdelleet välillä 0,10 – 0,18 (Hargrove ym. 1969, Hoque ja Hodges 1980, Klassen ym. 1992, Jairath ym. 1995).

Hiehojen hedelmällisyysominaisuuksilla on todettu olevan negatiivisia sekä positiivisia geneettisiä yhteyksiä ensikkotuotokseen (Hansen ym. 1983, Oltenacu ym. 1991, Tiezzi ym. 2012). Hiehojen aloitussiemennysten tiinehtymisprosentin ja ensikkoiden 100 pv maitotuotoksen välinen geneettinen korrelaatio oli Ruotsin punaisella rodulla -0,13 ja mustavalkoisella rodulla -0,32 (Oltenacu ym. 1991). Samassa tutkimuksessa hiehojen siemennysten lukumäärän ja ensikkoiden maitotuotoksen välinen korrelaatio oli 0,06 punaisella rodulla ja 0,22 mustavalkoisella rodulla. Tiezzin ym. (2012) tutkimuksessa brown swiss-rodulla hiehojen hedelmällisyyden ja ensikkotuotoksen väliset korrelaatiot olivat negatiivisia, ja lähellä nollaa. Tutkimuksissa hiehojen ja ensikkoiden samojen hedelmällisyysominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot ovat vaihdelleet matalista korkeisiin. Hansenin ym. (1983) tutkimuksessa hiehojen ja ensikkoiden siemennysten lukumäärien väliset geneettiset korrelaatiot olivat vain 0,20 – 0,42 ja siemennyskausien väliset korrelaatiot 0,01 – 0,19. Oltenacun ym. (1991) tutkimuksessa geneettinen korrelaatio hiehojen ja ensikkoiden siemennysten lukumäärien välillä punaisella rodulla oli 0,70 ja mustavalkoisella rodulla 0,88. Vastaavasti aloitussiemennysten tiinehtymisprosenttien väliset geneettiset korrelaatiot olivat punaisella rodulla 0,59 ja mustavalkoisella rodulla 0,89. Roxströmin ym. (2001) tutkimuksessa hiehojen ja ensikkoiden siemennysten lukumäärien välinen geneettinen korrelaatio oli 0,67 ja siemennyskausien 0,65.

Tutkimukset osoittavat, että korkeatuottoiset lehmät siemennetään myöhemmin, niillä kestää kauemmin tulla tiineeksi ja ne vaativat enemmän siemennyksiä tiineyttä kohti verrattuna matalatuottoisiin lehmiin (Nebel ja McGillard 1993, Pryce ym. 2000, Veerkamp ym. 2001, Sewalem ym. 2010). Ensikkokauden korkean maitotuotoksen on havaittu pidentävän lepokautta (Pryce ym. 2000). Tutkimuksissa ensikkotuotoksen ja lepokauden pituuden väliset geneettiset korrelaatiot ovat vaihdelleet 0,27 ja 0,62 välillä (Veerkamp ym. 2001, Tiezzi ym. 2012, Zink ym. 2012). Lisäksi ensikkotuotoksen on havaittu korreloivan kohtalaisesti siemennysten lukumäärän ja siemennyskauden pituuden kanssa (Sewalem ym. 2010, Kadarmideen ym. 2003, Tiezzi ym. 2012). Ensikko- ja elinikäistuotoksen välillä on todettu olevan vahva geneettinen yhteys. Geneettiset korrelaatiot ovat olleet tutkimuksesta riippuen 0,56 ja 0,86 välillä (Hargrove ym. 1969, Hoque ja Hodges 1980, Jairath ym. 1995). Sawan ja Krężel-Czopekin (2009) tutkimuksessa elinikäistuotos oli suurempi niillä lehmillä, jotka olivat lypsäneet korkean ensikkotuotoksen.

Yksipuolisen valinnan maitotuotoksen suhteen on havaittu heikentävän hedelmällisyyttä. Harrison ym. (1990) tutkimuksessa holstein-rotuisia lehmiä oli jalostettu 20 vuoden aikana kahdessa eri linjassa maitotuotoksen perusteella. Toisessa ryhmässä lehmät paritettiin vain

sonneilla, joilla oli korkea maitoindeksi ja toisen ryhmään lehmät paritettiin keskiverto maitoindexin sonneilla. Korkeatuottoisten lehmien 305-päivän maitotuotos oli 10814 kg ja keskivertotuottoisten lehmien 6912 kg. Tuloksista selvisi, että korkeatuottoisten lehmien ensimmäinen ovulaatio ilmaantui 66 päivän päästä poikimisesta, kun taas keskivertotuottoisten lehmien ovulaatio ilmaantui 43 päivän päästä poikimisesta. Lisäksi korkeatuottoisten lehmien poikimisen ja seuraavan tiinehtymisen välinen aika vaihteli 103 ja 395 päivän välillä. Vastaavasti keskivertotuottoiset lehmät tulivat tiineiksi jo 53 – 143 päivän päästä poikimisesta. Sveitsiläisessä tutkimuksessa (Aeberhard ym. 2001) verrattiin kaksi kertaa poikineiden korkeatuottoisten (yli 45kg/pv) holstein-rotuisten lehmien hedelmällisyyttä saman tilan kontrollilehmien hedelmällisyyteen, mutta tutkimuksen tuloksista ei löytynyt suuria eroavaisuuksia ryhmien välillä. Brittiläisessä tutkimussarjassa hiehoja sekä lehmiä jalostettiin kahdessa eri geneettisen tason linjassa 1970-luvulta asti. Korkean geneettisen tason hiehoista 64 % ja lehmistä 39 % tiinehtyi aloitussiemennyksestä. Vastaavasti keskinkertaisen geneettisen tason hiehoista 71 % ja lehmistä 45 % tiinehtyi aloitussiemennyksestä (Pryce ym. 1999, Pryce ym. 2002).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli laskea ayrshire-rotuisten hiehojen ja ensikoiden hedelmällisyyden sekä runkorakenteen, ensikkotuotoksen ja elinikäistuotoksen perinnölliset tunnusluvut ja ominaisuuksien väliset perinnölliset yhteydet. Tutkimuksessa tarkasteltiin erityisesti hedelmällisyysominaisuuksien ja elinikäistuotoksen välisiä perinnöllisiä yhteyksiä, koska aiempaa tutkimustietoa ei ole saatavilla kovin kattavasti. Lisäksi haluttiin selvittää ominaisuuksien perinnöllistä muutosta vuosien 1994 – 2005 aikana.

4 AINEISTO JA MENETELMÄ

4.1 Aineiston kuvaus

Tutkimuksessa käytetty aineisto saatiin Faba osk:lta. Aineisto sisälsi ayrshirerotuisten nautojen rakennearvostelu-, hedelmällisyys- ja maitotuotostiedot sekä sukulaisuustiedot.

Aineiston eläimet olivat syntyneet vuosien 1994 ja 2005 välisenä aikana. Hedelmällisyysominaisuuksissa siemennysten lukumäärä ja siemennyskauden pituus rajattiin poikimattomien eläinten eli hiehojen hedelmällisyyteen. Siemennyskauden enimmäispituudeksi määritettiin 168 päivää, jonka aikana eläin on siemennetty enintään yhdeksän kertaa normaalilla

kiimavälillä. Hiehot siemennettiin ensimmäisen kerran aikaisintaan 365 päivän iässä ja viimeistään 665 päivän iässä. Lepokauden pituus laskettiin ensikoiden poikimisen ja ensimmäisen siemennyksen välisestä ajasta. Lepokauden pituudeksi rajattiin vähintään 42 päivää. Aineistoon otettiin mukaan ensikot, jotka olivat poikineet aikaisintaan 660 päivän ikäisinä, mutta enintään 960 päivän ikäisinä vuosien 1995 ja 2008 välisenä aikana. Elinikäistuotoksissa oli mukana enintään vuonna 2012 tuotetut tulokset. Aineistosta rajattiin pois alle 4000 kg ensikko- ja elinikäistuotokset. Kerran poikineet lehmät oli rakennearvosteltu vähintään 675 päivän ikäisinä, mutta enintään 1290 päivän ikäisinä. Lehmiltä oli arvosteltu vuosien 2001 ja 2009 aikana kaikki muut runko-ominaisuudet paitsi takakorkeus ja selkälinja. Tässä aineistossa takakorkeuden mittaukset oli aloitettu vuodesta 1996, ja selkälinjan arvostelut vuodesta 2006 lähtien. Lisäksi rakennearvostelutiedoissa olevan rakennearvostelijan piti olla suorittanut vähintään 20 rakennearvostelua.

Lopullisessa aineistossa oli 21 450 eläimen tiedot. Sukupuuaineistoon otettiin mukaan kolme sukupolvea, ja ne eläimet, joilta oli havainto. Rajaus tehtiin Relax2-ohjelmalla (Strandén 2011), jonka jälkeen lopullisessa sukupuussa oli yhteensä 71 784 eläimen tiedot. Aineistossa oli 1652 lehmän isää ja sonnia kohden oli 1 – 635 tytärtä 2647 karjasta.

4.2 Tutkittavat ominaisuudet

4.2.1 Maitotuotosominaisuudet

Tässä tutkimuksessa ensikkotuotoksella tarkoitetaan ensimmäisen kerran poikineiden 305 päivän maitotuotosta. Elinikäistuotos saatiin summaamalla enintään viisi kertaa poikineiden lehmien 305 päivän maitotuotokset.

4.2.2 Hedelmällisyysominaisuudet

Tutkimuksessa oli mukana kolme hedelmällisyyttä kuvaavaa ominaisuutta: hiehojen siemennyskauden pituus ja siemennysten lukumäärä siemennyskaudella sekä ensikoiden lepokauden pituus. Siemennyskauden pituus määritettiin ensimmäisen siemennyksen ja tiineyteen johtaneen siemennyksen välisestä ajasta päivinä. Siemennyskauden aikana tehdyt siemennykset määrittivät siemennysten lukumäärän. Samaan kiimaan tehdyt siemennykset laskettiin yhdeksi siemennykseksi.

4.2.3 Runko-ominaisuudet

Tutkittavia runko-ominaisuuksia oli seitsemän: takakorkeus, rungon syvyys, rinnanleveys, lypsytyyppisyys, lantion leveys, lantion kulma ja selkälinja. Rakenneominaisuudet oli arvioitu yleisesti rakennearvosteluissa käytetyllä lineaariselle asteikolla 1-9, mutta takakorkeus ilmoitettiin senttimetreinä (taulukko 1).

Taulukko 1. Ayrshire-rodun runko-ominaisuuksien lineaariasteikon pienimpien (min) ja suurimpien (max) arvojen kuvaukset sekä optimiarvot.

Runko-ominaisuus	Mittauspaikka	min	max	Optimi ¹
		1	9	ayrshire
Takakorkeus	Eläimen korkeus parrenpinnasta selkärankaan lonkkakyhmyjen kohdalla (cm)	-	-	142
Rungon syvyys	Eläimen rungon tilavuus viimeisen kylkiluun kohdalla	Kapea	Syvä	6
Rinnan leveys	Rintakehän leveys etujalkojen välissä	Kapea	Leveä	5,5
Lypsytyyppisyys	Kylkiluiden kulma ja niiden avoimuus	Ahdas, ei lypsytyyppi	Avoin, lypsytyyppinen	5,5
Selkälinja	Eläimen selän suoruus	Notko	Köyry	7
Lantion leveys	Istuinluiden uloimpien kohtien etäisyys toisistaan	Kapea	Leveä	5
Lantion kulma	Lonkka- ja istuinluiden sijainti toisinsa nähden	Nouseva	Laskeva	5

¹) NAV yhdistelmäindeksin rakenneominaisuuksien optimi (Faba 2013c).

4.3 Kiinteät tekijät ja niiden luokittelu

Vuosi-vuodenaikatekijät tehtiin runko-ominaisuuksille rakennearvosteluvuoden mukaan (taulukko 2), maitotuotosominaisuuksille ja ensikoiden lepokaudelle poikimavuoden mukaan (taulukko 3) sekä hiehojen hedelmällisyysominaisuuksille siemennysvuoden mukaan (taulukko 4). Kaikissa tapauksissa luokat jaettiin neljään eri vuodenaikaan, joita olivat talvi (joulu-, tammi- ja helmikuu), kevät (maalis-, huhti- ja toukokuu), kesä (kesä-, heinä- ja elokuu) sekä syksy (syys-, loka- ja marraskuu). Kaikkien runko-ominaisuuksien paitsi takakorkeuden ja selkälinjan mallissa rakennearvosteluvuosi-vuodenaikatekijällä oli 33 luokkaa vuosien 2001 ja 2009 väliltä (taulukko 2). Rakennearvosteluvuosi-vuodenaikatekijässä kaksi viimeistä luokkaa yhdistettiin havaintojen vähyyden vuoksi. Takakorkeuden mallissa oli 51 rakennearvosteluvuosi-vuodenaikaluokkaa. Lepokauden- ja maitotuotosominaisuuksien

mallin poikimavuosi-vuodenaikatekijällä oli 50 luokkaa vuosien 1995 ja 2008 väliltä. Tässäkin kaksi viimeistä luokkaa yhdistettiin havaintojen vähyyden vuoksi. Hiehojen hedelmällisyysominaisuuksien siemennysvuosi-vuodenaikatekijässä oli 49 luokkaa, ja kaksi ensimmäistä sekä kaksi viimeistä luokkaa yhdistettiin.

Taulukko 2. Runko-ominaisuuksien havaintojen jakautuminen rakennearvosteluvuosi-vuodenaikaluokkiin.

Luokka	Vuosi	Kuukausi	Vuodenaika	Havainnot	%
1	2000/2001	12,1,2	Talvi	334	1,6
2	2001	3,4,5	Kevät	422	2,0
3	2001	6,7,8	Kesä	244	1,1
4	2001	9,10,11	Syksy	504	2,4
5	2001/2002	12,1,2	Talvi	529	2,5
6	2002	3,4,5	Kevät	445	2,1
7	2002	6,7,8	Kesä	248	1,2
8	2002	9,10,11	Syksy	637	3,0
9	2002/2003	12,1,2	Talvi	580	2,7
10	2003	3,4,5	Kevät	557	2,6
11	2003	6,7,8	Kesä	338	1,6
12	2003	9,10,11	Syksy	894	4,2
13	2003/2004	12,1,2	Talvi	676	3,2
14	2004	3,4,5	Kevät	678	3,2
15	2004	6,7,8	Kesä	312	1,5
16	2004	9,10,11	Syksy	726	3,4
17	2004/2005	12,1,2	Talvi	673	3,2
18	2005	3,4,5	Kevät	557	2,6
19	2005	6,7,8	Kesä	312	1,5
20	2005	9,10,11	Syksy	682	3,2
21	2005/2006	12,1,2	Talvi	794	3,7
22	2006	3,4,5	Kevät	729	3,4
23	2006	6,7,8	Kesä	458	2,1
24	2006	9,10,11	Syksy	970	4,5
25	2006/2007	12,1,2	Talvi	826	3,9
26	2007	3,4,5	Kevät	961	4,5
27	2007	6,7,8	Kesä	580	2,7
28	2007	9,10,11	Syksy	1200	5,6
29	2007/2008	12,1,2	Talvi	1066	5,0
30	2008	3,4,5	Kevät	1050	4,9
31	2008	6,7,8	Kesä	289	1,4
32	2008	9,10,11	Syksy	224	1,0
33	2008/2009	12,1,2,3,4,5	Talvi,Kevät	39	0,2

Taulukko 3. Hedelmällisyys- ja maitotuotosominaisuuksien havaintojen jakautuminen poikimavuosi-vuodenaikaluokkiin.

Luokka	Vuosi	Kuukausi	Vuodenaika	Havainnot	%
1	1995/1996	12,1,2	Talvi	39	0,2
2	1996	3,4,5	Kevät	45	0,2
3	1996	6,7,8	Kesä	120	0,6
4	1996	9,10,11	Syksy	161	0,8
5	1996/1997	12,1,2	Talvi	93	0,4
6	1997	3,4,5	Kevät	47	0,2
7	1997	6,7,8	Kesä	125	0,6
8	1997	9,10,11	Syksy	165	0,8
9	1997/1998	12,1,2	Talvi	99	0,5
10	1998	3,4,5	Kevät	50	0,2
11	1998	6,7,8	Kesä	103	0,5
12	1998	9,10,11	Syksy	131	0,6
13	1998/1999	12,1,2	Talvi	79	0,4
14	1999	3,4,5	Kevät	55	0,3
15	1999	6,7,8	Kesä	136	0,6
16	1999	9,10,11	Syksy	111	0,5
17	1999/2000	12,1,2	Talvi	154	0,7
18	2000	3,4,5	Kevät	126	0,6
19	2000	6,7,8	Kesä	310	1,4
20	2000	9,10,11	Syksy	450	2,1
21	2000/2001	12,1,2	Talvi	362	1,7
22	2001	3,4,5	Kevät	227	1,1
23	2001	6,7,8	Kesä	422	2,0
24	2001	9,10,11	Syksy	556	2,6
25	2001/2002	12,1,2	Talvi	462	2,2
26	2002	3,4,5	Kevät	298	1,4
27	2002	6,7,8	Kesä	588	2,7
28	2002	9,10,11	Syksy	660	3,1
29	2002/2003	12,1,2	Talvi	573	2,7
30	2003	3,4,5	Kevät	394	1,8
31	2003	6,7,8	Kesä	737	3,4
32	2003	9,10,11	Syksy	790	3,7
33	2003/2004	12,1,2	Talvi	601	2,8
34	2004	3,4,5	Kevät	399	1,9
35	2004	6,7,8	Kesä	627	2,9
36	2004	9,10,11	Syksy	715	3,3
37	2004/2005	12,1,2	Talvi	546	2,5
38	2005	3,4,5	Kevät	376	1,8
39	2005	6,7,8	Kesä	618	2,9
40	2005	9,10,11	Syksy	863	4,0
41	2005/2006	12,1,2	Talvi	783	3,7
42	2006	3,4,5	Kevät	515	2,4
43	2006	6,7,8	Kesä	822	3,8
44	2006	9,10,11	Syksy	989	4,6
45	2006/2007	12,1,2	Talvi	932	4,3
46	2007	3,4,5	Kevät	740	3,4
47	2007	6,7,8	Kesä	979	4,6
48	2007	9,10,11	Syksy	1233	5,7
49	2007/2008	12,1,2	Talvi	867	4,0
50	2008	3,4,5,6,7,8	Kevät	177	0,8

Taulukko 4. Hiehojen hedelmällisyysominaisuuksien havaintojen jakautuminen siemennysvuosi-vuodenaikaluokkiin.

Luokka	Vuosi	Kuukausi	Vuodenaika	Havainnot	%
1	1995	1,2,3,4,5	Talvi,kevät	100	0,5
2	1995	9,10,11	Syksy	155	0,7
3	1995/1996	12,1,2	Talvi	144	0,7
4	1996	3,4,5	Kevät	74	0,3
5	1996	6,7,8	Kesä	40	0,2
6	1996	9,10,11	Syksy	151	0,7
7	1996/1997	12,1,2	Talvi	164	0,8
8	1997	3,4,5	Kevät	85	0,4
9	1997	6,7,8	Kesä	48	0,2
10	1997	9,10,11	Syksy	128	0,6
11	1997/1998	12,1,2	Talvi	113	0,5
12	1998	3,4,5	Kevät	70	0,3
13	1998	6,7,8	Kesä	54	0,3
14	1998	9,10,11	Syksy	160	0,7
15	1998/1999	12,1,2	Talvi	119	0,6
16	1999	3,4,5	Kevät	142	0,7
17	1999	6,7,8	Kesä	125	0,6
18	1999	9,10,11	Syksy	382	1,8
19	1999/2000	12,1,2	Talvi	430	2,0
20	2000	3,4,5	Kevät	352	1,6
21	2000	6,7,8	Kesä	205	1,0
22	2000	9,10,11	Syksy	500	2,3
23	2000/2001	12,1,2	Talvi	545	2,5
24	2001	3,4,5	Kevät	436	2,0
25	2001	6,7,8	Kesä	269	1,3
26	2001	9,10,11	Syksy	700	3,2
27	2001/2002	12,1,2	Talvi	627	2,9
28	2002	3,4,5	Kevät	545	2,5
29	2002	6,7,8	Kesä	396	1,8
30	2002	9,10,11	Syksy	836	3,9
31	2002/2003	12,1,2	Talvi	722	3,4
32	2003	3,4,5	Kevät	591	2,8
33	2003	6,7,8	Kesä	353	1,6
34	2003	9,10,11	Syksy	719	3,4
35	2003/2004	12,1,2	Talvi	659	3,1
36	2004	3,4,5	Kevät	518	2,4
37	2004	6,7,8	Kesä	384	1,8
38	2004	9,10,11	Syksy	737	3,4
39	2004/2005	12,1,2	Talvi	820	3,8
40	2005	3,4,5	Kevät	755	3,5
41	2005	6,7,8	Kesä	485	2,3
42	2005	9,10,11	Syksy	959	4,5
43	2005/2006	12,1,2	Talvi	948	4,4
44	2006	3,4,5	Kevät	926	4,3
45	2006	6,7,8	Kesä	725	3,4
46	2006	9,10,11	Syksy	1094	5,1
47	2006/2007	12,1,2	Talvi	1196	5,6
48	2007	3,4,5	Kevät	692	2,0
49	2007	6,7,8,9,10,11	Kesä,syksy	72	0,3

Rakennearvosteluikä oli kiinteänä tekijänä vain runko-ominaisuuksien mallissa. Rakennearvosteluikä saatiin laskemalla eläimen rakennearvostelupäivän ja syntymäpäivän välisenä erotuksena. Rakennearvosteluikä jaettiin 40 päivän välein, jolloin saatiin 15 luokkaa (taulukko 5).

Taulukko 5. Ensikoiden jakautuminen rakennearvosteluikäluokkiin.

Arvosteluikäluokka	Ikä päivinä	Havainnot	%
1	675 – 716	49	0,2
2	717 – 757	602	2,8
3	758 – 798	2080	9,7
4	799 – 839	2807	13,1
5	840 – 880	2962	13,1
6	881 – 921	2909	13,6
7	922 – 962	2699	12,6
8	963 – 1003	2468	11,5
9	1004 – 1044	2090	9,7
10	1045 – 1085	1432	6,7
11	1086 – 1126	468	3,6
12	1127 – 1167	378	1,8
13	1168 – 1208	155	0,7
14	1209 – 1249	41	0,2
15	1250 – 1290	10	0,05

Kiinteänä tekijänä runko-ominaisuuksien mallissa käsiteltiin ensikoiden poikimisesta rakennearvosteluhetkeen kulunut aika. Poikimisesta piti olla kulunut vähintään 15 päivää, mutta enintään 330 päivää rakennearvosteluhetkellä. Poikimisesta kulunut aika jaettiin 20 päivän välein, jolloin saatiin 15 luokkaa (taulukko 6).

Taulukko 6. Ensikoiden poikimisesta rakennearvosteluhetkeen kulunut aika luokiteltuna.

Luokka	Kulunut aika päivinä	Havainnot	%
1	15 – 36	2065	9,6
2	37 – 57	2138	10,0
3	58 – 78	2075	10,0
4	79 – 99	1950	9,1
5	100 – 120	1777	8,3
6	121 – 141	1528	7,1
7	142 – 162	1438	6,7
8	163 – 183	1352	6,3
9	184 – 204	1247	5,8
10	205 – 225	1261	5,9
11	226 – 246	1155	5,4
12	247 – 267	1040	4,8
13	268 – 288	976	4,6
14	289 – 309	828	3,9
15	310 – 330	620	2,9

Hedelmällisyys- ja maitotuotosominaisuuksien mallissa kiinteänä tekijänä oleva poikimaikä laskettiin ensikoille ensimmäisen poikimapäivän ja syntymäpäivän välisenä erotuksena. Poikimaikä jaettiin 30 päivän välein ja näin saatiin 10 luokkaa (taulukko 7). Hiehojen hedelmällisyysominaisuuksien mallissa kiinteänä tekijänä oleva siemennysikä laskettiin hiehoille en-

simmäisen siemennyspäivän ja syntymäpäivän välisenä erotuksena (taulukko 8). Siemennysikäluokat jaettiin 30 päivän välein, jolloin luokkia saatiin yhteensä 10.

Taulukko 7. Ensikoiden jakautuminen poikimaikäluokkiin.

Luokka	Ikä päivinä	Havainnot	%
1	660 – 689	437	2,0
2	690 – 719	2362	11,0
3	720 – 749	5626	26,3
4	750 – 779	4578	21,3
5	780 – 809	3129	14,6
6	810 – 839	2184	10,2
7	840 – 869	1392	6,5
8	870 – 899	867	4,0
9	900 – 929	542	2,5
10	930 – 960	333	1,6

Taulukko 8. Hiehojen jakautuminen siemennysikäluokkiin.

Luokka	Ikä päivinä	Havainnot	%
1	365 – 394	153	0,7
2	395 – 424	1425	6,6
3	425 – 454	5611	26,2
4	455 – 484	6387	29,8
5	485 – 514	3629	17,0
6	515 – 544	1903	8,9
7	545 – 574	1137	5,3
8	575 – 604	602	2,8
9	605 – 634	354	1,7
10	635 – 665	183	0,9

4.4 Tilastolliset menetelmät ja käytetyt mallit

Aineiston esikäsittelyyn, alustaviin analyyseihin ja kiinteiden tekijöiden merkitsevyyden testaamiseen F-testillä käytettiin R-ohjelmaa (R Development Core Team 2013). Sukulaisuusaineisto rajattiin Relax2-ohjelmalla (Strandén 2011). Satunnaistekijöiden varianssikomponentit sekä periytymisasteiden arviot laskettiin Restricted Maximum Likelihood (REML) –menetelmällä DMU-ohjelmaa käyttäen (Madsen ja Jensen 2010).

Kiinteiden tekijöiden merkitsevyyden testauksessa satunnaistekijöitä ei otettu mukaan malliin. Mallin 1 kiinteät tekijät eivät olleet F-testissä tilastollisesti yhtä merkitseviä kaikissa runko-ominaisuuksissa, minkä vuoksi mallit erosivat joidenkin runko-ominaisuuksien välillä. Mallia 1 käytettiin sellaisenaan rungon syvyyden, rinnan leveyden, lantion leveyden ja takakorkeuden arvioinnissa. Lypsytyyppisyyden arvioinnissa käytetty malli erosi mallista 1

siten, että siitä puuttui kiinteinä tekijöinä rakennearvosteluikä ja poikimisesta kulunut aika. Lantion kulman ja selkälinjan arvioinnissa käytetystä mallista puuttui rakennearvosteluikä, ja sen lisäksi selkälinjan mallista jätettiin pois rakennearvosteluvuosi-vuodenaika. Runko-ominaisuuksien rakennearvosteluvuosi-vuodenaikatekijällä oli 33 luokkaa, mutta takakorkeuden rakennearvosteluvuosi-vuodenaikatekijällä oli 51 luokkaa. Ensikkotuotoksen, elinikäistuotoksen sekä ensikoiden lepokauden arvioinnissa käytettiin mallia 2. Hiehoilla mallia 3 käytettiin molempien hedelmällisyysominaisuuksien arvioinnissa.

Ominaisuuksien väliset geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot sekä jokaiselle ominaisuudelle geneettiset-, jäännös- ja fenotyypiset varianssit laskettiin ominaisuudesta riippuen mallien 1, 2 ja 3 mukaisesti.

Malli 1. Runko-ominaisuuksien arvioinnissa käytetty malli.

$$Y_{ijklmno} = \mu + rika_i + rvva_j + ppoik_k + arv_l + karja_m + kvuosi_n + eläin_o + \varepsilon_{ijklmno}$$

jossa

$$Y_{ijklmno} = \text{runko-ominaisuuksia kuvaava tekijä}$$

$$\mu = \text{yleiskeskisarvo}$$

Mallissa kiinteinä tekijöinä ovat:

$$rika_i = \text{rakennearvosteluikä, } i = 1-15$$

$$rvva_j = \text{rakennearvosteluvuosi-vuodenaika, } j = 1-33$$

$$ppoik_k = \text{poikimisesta kulunut aika rakennearvosteluhetkellä, } k = 1-15$$

$$arv_l = \text{rakennearvostelija, } l = 1-75$$

$$karja_m = \text{eläimen syntymäkarja, } m = 1-2647$$

Mallissa satunnaistekijöinä ovat:

$$kvuosi_n = \text{karja-vuosi } N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_c^2)$$

$$eläin_o = \text{eläimen o additiivinen geneettinen vaikutus } N(\mathbf{0}, \mathbf{A}\sigma_a^2)$$

$$\varepsilon_{ijklmno} = \text{jäännöstekijä } N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_\varepsilon^2)$$

Malli 2. Tuotosominaisuuksien ja lepokauden arvioinnissa käytetty malli.

$$Y_{ijklm} = \mu + pika_i + pvva_j + karja_k + kvuosi_l + eläin_m + \varepsilon_{ijklm}$$

jossa

$$Y_{ijklm} = \text{hedelmällisyys- ja maidontuotanto-ominaisuuksia kuvaava tekijä}$$

$$\mu = \text{yleiskeskisarvo}$$

Mallissa kiinteinä tekijöinä ovat:

$$\begin{aligned} \text{pika}_i &= \text{poikimaikä, } i = 1-10 \\ \text{pvva}_j &= \text{poikimavuosi-vuodenaika, } j = 1-50 \\ \text{karja}_k &= \text{eläimen syntymäkarja, } k = 1-2647 \end{aligned}$$

Mallissa satunnaistekijöinä ovat:

$$\begin{aligned} \text{kvuosi}_i &= \text{karja-vuosi } N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_c^2) \\ \text{eläin}_m &= \text{eläimen } m \text{ additiivinen geneettinen vaikutus } N(\mathbf{0}, \mathbf{A}\sigma_a^2) \\ \varepsilon_{ijklm} &= \text{jäännöstekijä } N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_\varepsilon^2) \end{aligned}$$

Malli 3. Hiehojen hedelmällisyysominaisuuksien arvioinnissa käytetty malli.

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{siemika}_i + \text{svva}_j + \text{karja}_k + \text{kvuosi}_i + \text{eläin}_m + \varepsilon_{ijklm}$$

jossa

$$\begin{aligned} Y_{ijklm} &= \text{hiehojen hedelmällisyysominaisuuksia kuvaava tekijä} \\ \mu &= \text{yleiskeskisarvo} \end{aligned}$$

Mallissa kiinteinä tekijöinä ovat:

$$\begin{aligned} \text{siemika}_i &= \text{siemennysikä, } i = 1-10 \\ \text{svva}_j &= \text{siemennysvuosi-vuodenaika, } j = 1-49 \\ \text{karja}_k &= \text{eläimen syntymäkarja, } k = 1-2647 \end{aligned}$$

Mallissa satunnaistekijöinä ovat:

$$\begin{aligned} \text{kvuosi}_i &= \text{karja-vuosi } N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_c^2) \\ \text{eläin}_m &= \text{eläimen } m \text{ additiivinen geneettinen vaikutus } N(\mathbf{0}, \mathbf{A}\sigma_a^2) \\ \varepsilon_{ijklm} &= \text{jäännöstekijä } N(\mathbf{0}, \mathbf{I}\sigma_\varepsilon^2) \end{aligned}$$

Satunnaistekijät oletettiin normaalisti jakautuneiksi, ja niiden keskiarvot nolliksi. Additiivisen eläintekijän varianssiksi oletettiin $\mathbf{A}\sigma_a^2$, karja-vuositekijän varianssiksi $\mathbf{I}\sigma_c^2$ ja jäännöstekijän varianssiksi $\mathbf{I}\sigma_\varepsilon^2$. \mathbf{A} on sukulaisuusmatriisi ja \mathbf{I} on identiteettimatriisi. Eläintekijän, karja-vuositekijän ja jäännöstekijän välisten kovarianssien oletettiin olevan nolliä. Monen ominaisuuden mallissa varianssi-kovarianssimatriisiksi oletettiin $\mathbf{V} = \mathbf{G} + \mathbf{C} + \mathbf{R}$ eli:

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{g} \\ \mathbf{c} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G} \otimes \mathbf{A} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{C} \otimes \mathbf{I} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{R} \otimes \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

jossa

\mathbf{g} = satunnaisten eläintekijöiden vektori

\mathbf{c} = satunnaisten karja-vuositekijöiden vektori

\mathbf{e} = satunnaisten jäännöstekijöiden vektori

\mathbf{G} = additiivinen geneettinen varianssi-kovarianssimatriisi

\mathbf{C} = karja-vuositekijään liittyvä varianssi-kovarianssimatriisi

\mathbf{R} = jäännöstekijään liittyvä varianssi-kovarianssimatriisi

\otimes = Kroneckerin tulo

Periytymisasteiden arviot laskettiin malleilla 1, 2 ja 3 käyttäen seuraavaa kaavaa:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$$

jossa

h^2 = periytymisasteiden arvio

σ_a^2 = additiivinen geneettinen varianssi

σ_c^2 = karja-vuositekijän varianssi

σ_e^2 = jäännöstekijän varianssi

Karja-vuositekijä koostuu eläimen syntymäkarjasta ja syntymävuodesta. Karja-vuositekijän vaihtelun osuus laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$c^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$$

jossa

c^2 = karja-vuositekijän osuus kokonaisvaihtelusta

σ_a^2 = additiivinen geneettinen varianssi

σ_c^2 = karja-vuositekijän varianssi

σ_e^2 = jäännöstekijän varianssi

5 TULOKSET

5.1 Keskiarvot, -hajonnat ja vaihtelukertoimet

Ominaisuuksien fenotyyppiset tunnusluvut on esitetty taulukossa 9. Ensikoiden 305 päivän tuotoksen keskiarvo oli 7814 kg, ja suurin yksittäinen ensikkotuotos oli 15133 kg. Lehmien elinikäistuotoksen keskiarvo oli 23730 kg. Tuotos-ominaisuuksien keskihajonta oli suurta. Hiehojen siemennyskauden keskimääräinen pituus oli 17,65 päivää ja siemennyksiä tarvittiin keskimäärin 1,57 jokaista poikimista kohti. Siemennyskauden pituuden vaihtelukerroin oli huomattavan suuri. Tämä johtuu siitä, että havaintojen vaihteluväli on suuri, ja keskiarvo on pienempi kuin hajonta. Aineiston ensikot siemennettiin keskimäärin 83,57 päivän päästä poikimisesta (lepokausi).

Runko-ominaisuuksien havaintojen määrä vaihteli, koska kaikilta eläimiltä ei ollut saatavilla rakennearvostelutietoja. Selkälínjan arvostelusta oli vähiten havaintoja, koska selkälínja otettiin mukaan arvosteltaviin ominaisuuksiin vasta vuonna 2006. Runko-ominaisuudet olivat normaalisti jakautuneita. Aineiston ayrshiret olivat keskimäärin 137,1 senttimetriä korkeita. Rakenneominaisuuksien lineaariarvosteluasteikon arvot olivat välillä 1 – 9. Eläinten runko-ominaisuuksien arvostelut sijoittuivat lähelle rodun optimiarvoa. Ominaisuuksien keskihajonta oli pientä, ja vaihtelukertoimet olivat kohtalaisia.

Taulukko 9. Tutkittavien ominaisuuksien havaintomäärät, keskiarvot, keskihajonnat, vaihtelukertoimet (CV %) sekä pienimmät (min) ja suurimmat (max) arvot.

	Havaintoja	Keskiarvo	Hajonta	CV %	min	max
Maitotuotos						
Ensikkotuotos	21450	7814	1350,9	29,5	4013	15133
Elinikäistuotos	21450	23730	12890,5	54,3	4042	71301
Hedelmällisyys						
Siemennyskauden pituus ¹⁾	21450	17,65	31,66	179,4	0	168
Siemennysten lukumäärä/tiineys ¹⁾	21450	1,57	0,92	58,4	1	9
Lepokauden pituus	21450	83,57	21,8	26,1	42	150
Runkorakenne						
Takakorkeus	21450	137,1	4,05	2,95	130	150
Rungon syvyys	19590	5,04	1,19	23,6	1	9
Rinnan leveys	19587	4,93	1,30	26,3	1	9
Lypsytyyppisyys	19578	4,63	1,24	26,8	1	9
Selkälínja	8996	6,00	1,17	19,4	1	9
Lantion leveys	19573	4,99	1,07	21,4	1	9
Lantion kulma	19592	5,37	1,27	23,6	1	9

1) koskevat hiehon ominaisuutta

5.2 Kiinteät tekijät

Kiinteiden tekijöiden merkitsevyyttä analysoitiin kaikkien tutkittavien ominaisuuksien osalta F-testillä. Lisäksi tarkasteltiin kiinteiden tekijöiden tasojen välisiä eroja kiinteiden tekijöiden ratkaisujen avulla.

Taulukko 10. Kiinteiden tekijöiden merkitsevyydet hedelmällisyys- ja maitotuotosominaisuuksiin

	pika	pvva	siemika	svva	karja
Tuotos					
Elinikäistuotos	***	***	x	x	***
Ensikkotuotos	***	***	x	x	***
Hedelmällisyys					
Lepokausi	***	***	x	x	***
Siennyskausi	x	x	***	***	***
Siennysten lukumäärä	x	x	***	***	***

*** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,10$)

x = kiinteä tekijä ei sisälly kyseessä olevan ominaisuuden malliin

pika=poikimaikä, pvva=poikimavuosi-vuodenaika, siemika=siennysikä, svva=siennysvuosi-vuodenaika,

karja=syntymäkarja

Taulukko 11. Kiinteiden tekijöiden merkitsevyydet runko-ominaisuuksiin

	karja	rika	rvva	ppoik	arv
Takakorkeus	***	***	***	**	***
Rungon syvyys	***	***	***	***	***
Rinnan leveys	***	***	***	***	***
Lypsytyyppisyys	***	n.s	***	n.s	***
Selkälinja	***	n.s	n.s	***	***
Lantion leveys	***	***	***	***	***
Lantion kulma	***	n.s	**	***	***

*** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,10$), n.s = ei tilastollisesti merkitsevää

karja = syntymäkarja, rika = rakennearvosteluikä, rvva = rakennearvosteluvuosi-vuodenaika,

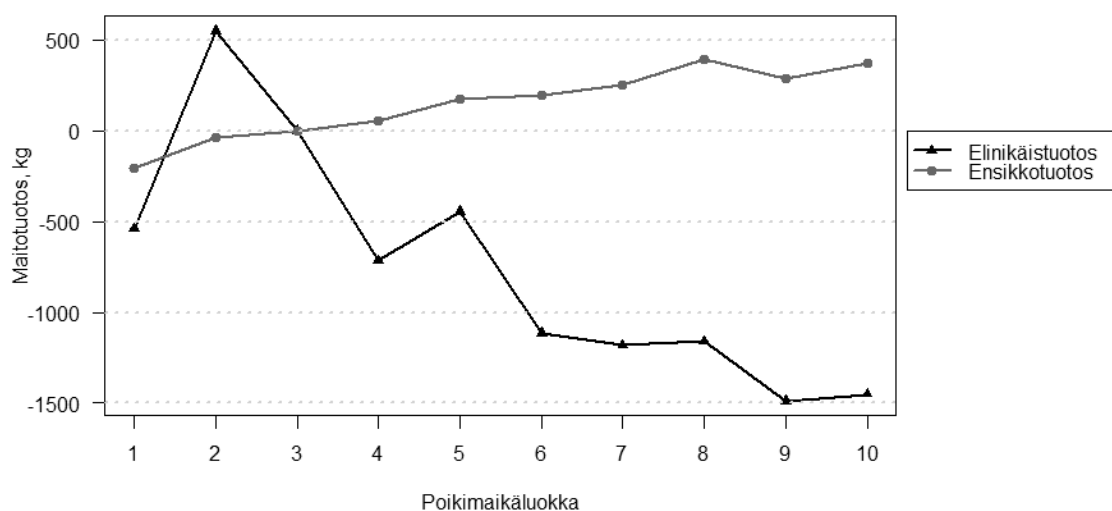
ppoik = poikimisesta kulunut aika, arv = rakennearvostelija

5.2.1 Kiinteiden tekijöiden vaikutukset maito- ja hedelmällisyysominaisuuksiin

Poikimaikä

Poikimaikä oli erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) tekijä ensikko- ja elinikäistuotoksessa (taulukko 10). Tarkasteltaessa poikimaikäluokkien välisiä eroja tuotos- ja hedelmällisyysominaisuuksien osalta.

sisä, käytettiin vertailuluokkana luokkaa kolme eli 720 – 749 päivän (24 kk) iässä poikineita eläimiä. Nuorempana, 22 kuukauden ikäisenä, poikineet ensikot saivat selvästi vanhempana poikineita ensikkoja alhaisempia 305 päivän maitotuotoksia (kuva 1). Maitotuotos oli lähes 400 kiloa suurempi ensikoilla, jotka poikivat noin 930 – 960 päivän eli noin 31 - 32 kk ikäisinä verrattuna 24 kk ikäisinä poikineiden ensikoiden tuotokseen. Kun taas elinikäistuotoksessa keskimäärin korkeimmat tuotokset saivat 690 – 719 päivän eli noin 23 kk ikäisenä ja pienimmät 30 kk ikäisenä poikineet lehmät (kuva 1).



Kuva 1. Poikimaikäluokan vaikutus ensikko- ja elinikäistuotokseen.

Poikimaikä vaikutti erittäin merkittävästi ($p < 0,001$) lepokauteen (taulukko 10). Nuorimpi-
na, 22 kuukauden iässä, poikineiden ensikoiden lepokaudet olivat lyhyempiä. Lepokauden
pituus oli yli kolme päivää pidempi 900 – 929 päivän eli noin 30 kk ikäisinä poikineilla ensi-
koilla kuin 24 kk iässä poikineilla ensikoilla.

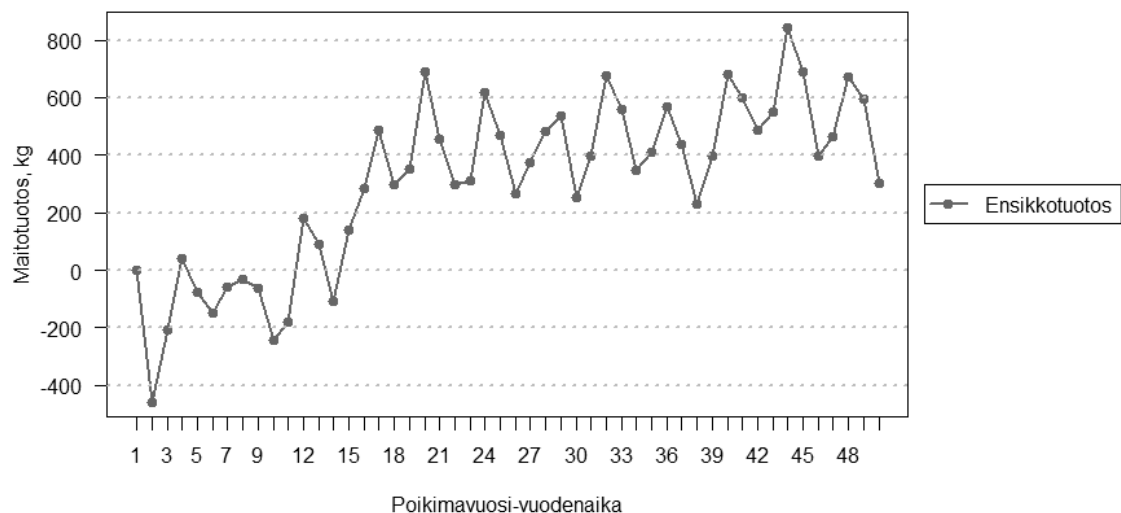
Siemennysikä

Siemennysikä vaikutti merkittävästi ($p < 0,001$) hiehojen siemennyskauteen ja siemennysten
lukumäärään (taulukko 10). Tarkasteltaessa siemennysikäluokkien välisiä eroja tuotos- ja
hedelmällisyysominaisuuksissa käytettiin vertailuluokkana luokkaa kolme eli 425 – 454 päi-
vän (14 – 15 kk) iässä siemennettyjä eläimiä. Siemennysten lukumäärän ja siemennyskauden
pituuden erot siemennysikäluokkien välillä näyttivät hyvin samansuuntaisilta. Siemennys-

kausi oli pisin luokassa yksi eli 365 – 394 päivän (12 – 13 kk) iässä siemennetyllä hiehoilla, ja lyhyin luokassa 10 eli 635 – 665 päivän (21 – 22 kk) iässä siemennetyllä hiehoilla.

Poikimavuosi-vuodenaika

Poikimavuosi-vuodenaika vaikutti erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$) ensikko- ja elinikäistuotokseen (taulukko 10). Tarkasteltaessa poikimavuosi-vuodenaikan välisiä eroja eri tuotosta ja hedelmällisyysominaisuuksissa, valittiin vertailuluokaksi luokka yksi eli vuosi 1996. Ensikkotuotos oli keskimäärin 400 kiloa suurempi vuonna 2008 poikineilla ensikoilla verrattuna 1996 poikineisiin ensikoihin (kuva 2). Ensikkotuotoksessa poikimavuosien väliset erot olivat melko pieniä tarkasteluajanjaksolla, mutta selvää vuodenaikavaihtelua oli kuitenkin havaittavissa. Keskimäärin suurimpia 305 päivän maitotuotoksia saivat syyskuukausina (syys-, loka- ja marraskuu) poikineet ensikot, kun taas kevätkuukausina (maalis-, huhti- ja toukokuu) poikineiden eläinten ensimmäinen 305 päivän maitotuotos oli pienin. Elinikäistuotoksessa ei ollut havaittavissa selkeää vuodenaikavaihtelua. Keskimäärin suurin elinikäistuotos oli 2000 ja 2001 sekä 2006 vuonna poikineilla lehmillä.



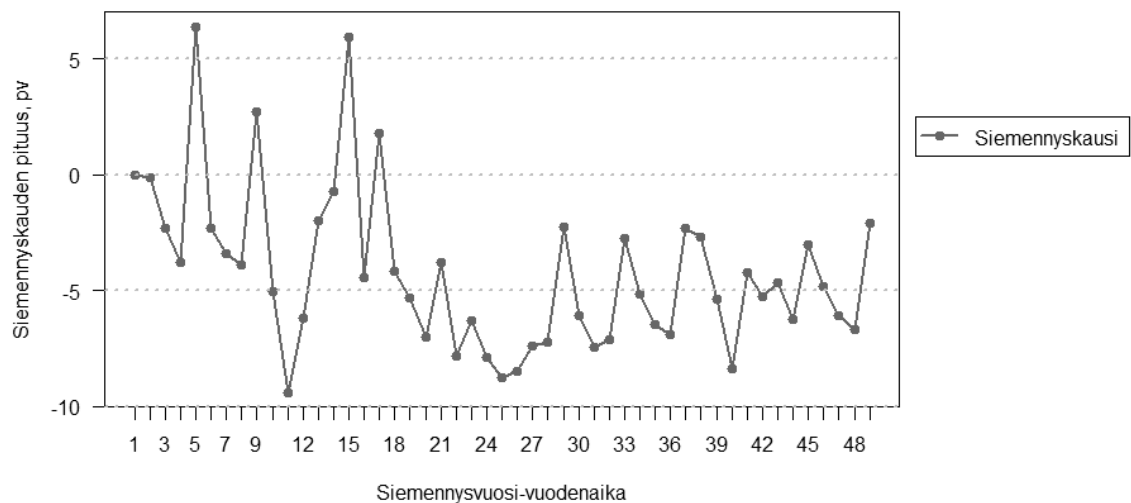
Kuva 2. Poikimavuosi-vuodenaikan vaikutus ensikkotuotokseen.

Poikimavuosi-vuodenaika oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) ensikoiden lepokaudessa (taulukko 10). Lepokausi oli keskimäärin pisin kevätkuukausina (helmi- maaliskuu- ja huhtikuu) poikineilla ensikoilla ja lyhyin kesäkuukausina (kesä- heinä- ja elokuu) poikineilla

ensikoilla. Vuonna 2008 poikineilla lehmillä lepokausi oli lähes kahdeksan päivää pidempi verrattuna vuonna 1996 poikineisiin lehmiin.

Siemennysvuosi-vuodenaika

Siemennysvuosi-vuodenaika oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) siemennyskaudessa ja siemennysten lukumäärässä (taulukko 10). Kuvasta kolme nähdään, että siemennyskausi oli keskimäärin lyhyin kevätkuukausina (maalis- huhti- ja toukokuu) ja syyskuukausina (elo- syys- ja lokakuu) siemennetyillä hiehoilla. Sen sijaan siemennyskausi oli pisin kesäkuukausina (touko-, kesä- ja heinäkuu) sekä talvikuukausina (loka- marras- ja joulukuu) siemennetyillä hiehoilla. Siemennysten lukumäärän erot poikimavuosi-vuodenaikaluokkien välillä näyttivät hyvin samansuuntaisilta kuin siemennyskauden pituudella. Kevätkuukausina siemennetyillä hiehoilla oli vähiten siemennyksiä ja eniten siemennyksiä oli kesäkuukausina siemennetyillä hiehoilla.



Kuva 3. Siemennysvuosi-vuodenajan vaikutus hiehojen siemennyskauden pituuteen.

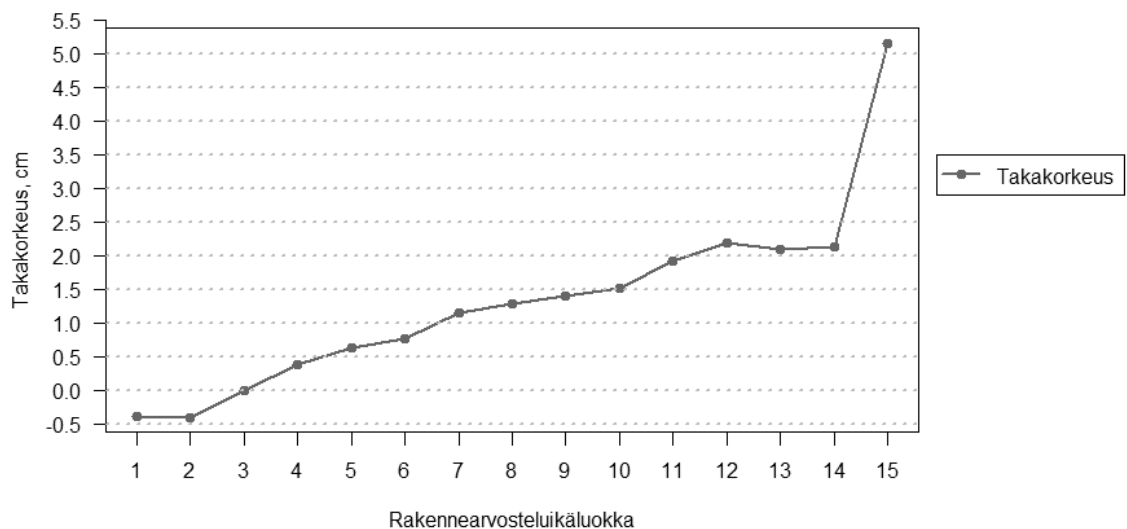
Syntymäkarja

Kaikilla maitotuotos- ja hedelmällisyysominaisuuksilla syntymäkarja oli erittäin merkitsevä tekijä ($p < 0,001$) (taulukko 10).

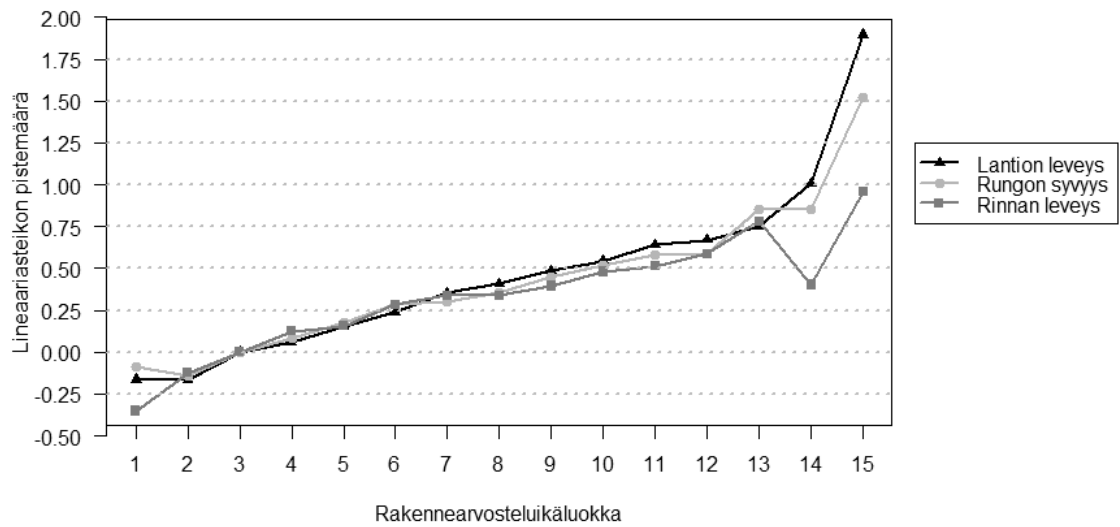
5.2.2 Kiinteiden tekijöiden vaikutukset runko-ominaisuuksiin

Rakennearvosteluikä

Rakennearvosteluiän ja runko-ominaisuuksista takakorkeuden, rungon syvyyden, rinnan leveyden ja lantion leveyden väliset yhteydet olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,001$) (taulukko 11). Tarkasteltaessa rakennearvosteluiän välisiä eroja eri runko-ominaisuuksissa, valittiin vertailuluokaksi luokka 3 eli 758 – 798 päivän ikäisenä arvostellut ensikot. Kaikissa ominaisuuksissa nuorimmat, 675 – 716 päivän iässä arvostellut, ensikot saivat keskimäärin huonoimmat arvostelupisteet (kuva 4 ja kuva 5). Jokaisen ominaisuuden viimeisessä luokassa eli noin 43 kuukauden iässä arvosteltujen ensikoiden kohdalla, on ominaisuuksissa nähtävissä selkeä pisteiden nousu. Tämä voi johtua siitä, että viimeisessä luokassa oli vain vähän havaintoja.



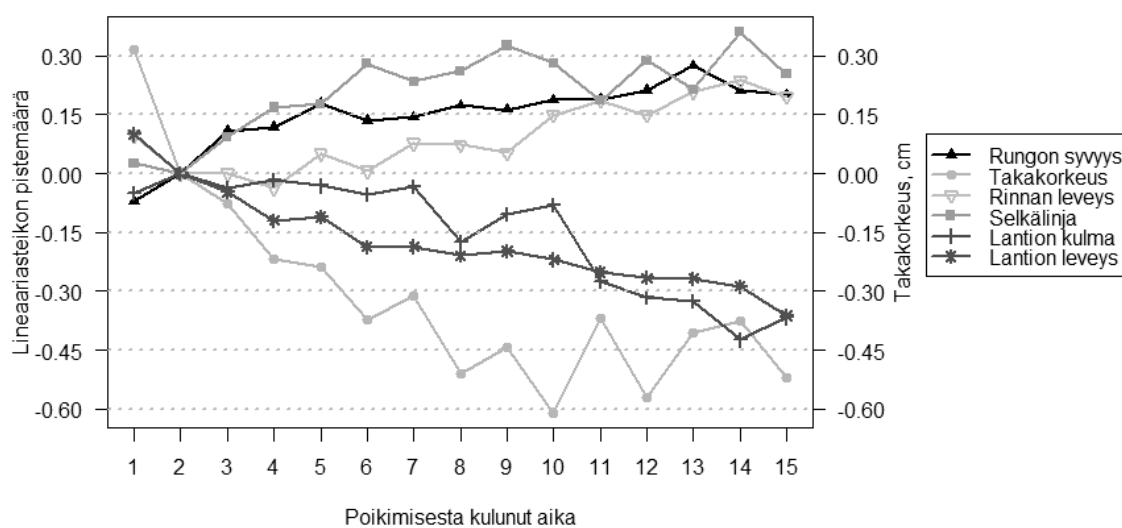
Kuva 4. Rakennearvosteluikäluokan vaikutus takakorkeuteen.



Kuva 5. Rakennearvosteluluokan vaikutus lantion leveyteen, rungon syvyyteen ja rinnan leveyteen.

Poikimisesta kulunut aika

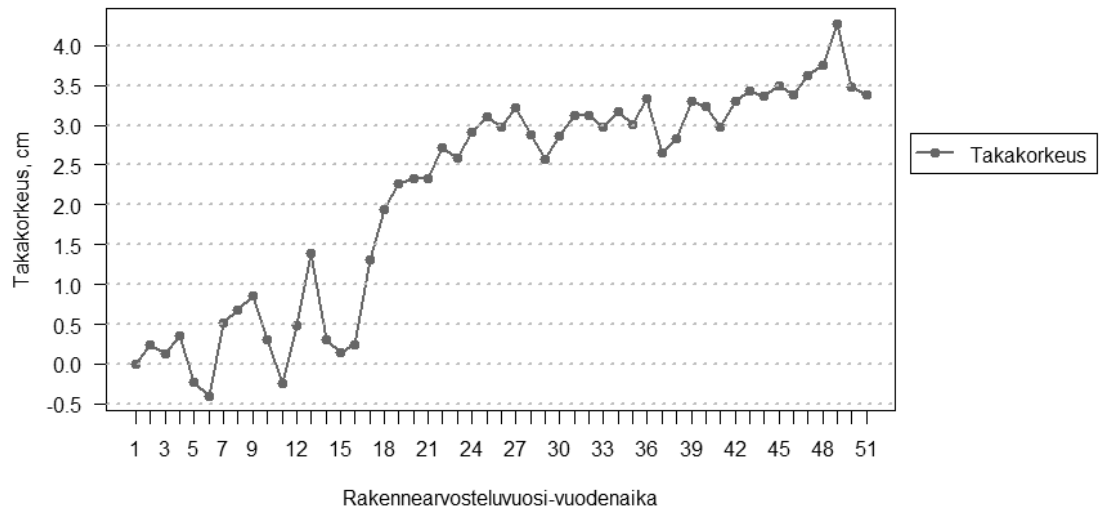
Poikimisesta kulunut aika vaikutti rungon syvyyteen, rinnan leveyteen, selkälinjaan, lantion kulmaan sekä lantion leveyteen erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$) (taulukko 11). Takakorkeuden poikimisesta kulunut aika vaikutti tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$). Lypsytyyppisyys oli rakenneominaisuuksista ainoa, johon poikimisesta kulunut aika ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi. Rakennearvosteluhavaintoja oli eniten, kun poikimisesta oli kulunut 37 – 57 päivää eli luokassa kaksi (kuva 6). Korkeimpia pisteitä selkälinjasta ja rinnan leveydestä saivat noin 9 – 10 kuukauden kuluttua poikimisesta arvostellut ensikot. Myös rungon syvyydestä saatiin keskimäärin korkeimmat pisteet lypsykauden loppupuolella. Myöhään, noin 310 – 330 päivää poikimisesta, arvostellut eläimet saivat selvästi nuorena arvosteltuja ensikoita alhaisempia rakennearvostelupisteitä lantion leveydestä ja lantion kulmasta. Takakorkeuden mittaustrendi oli laskeva lypsykauden edetessä (kuva 6).



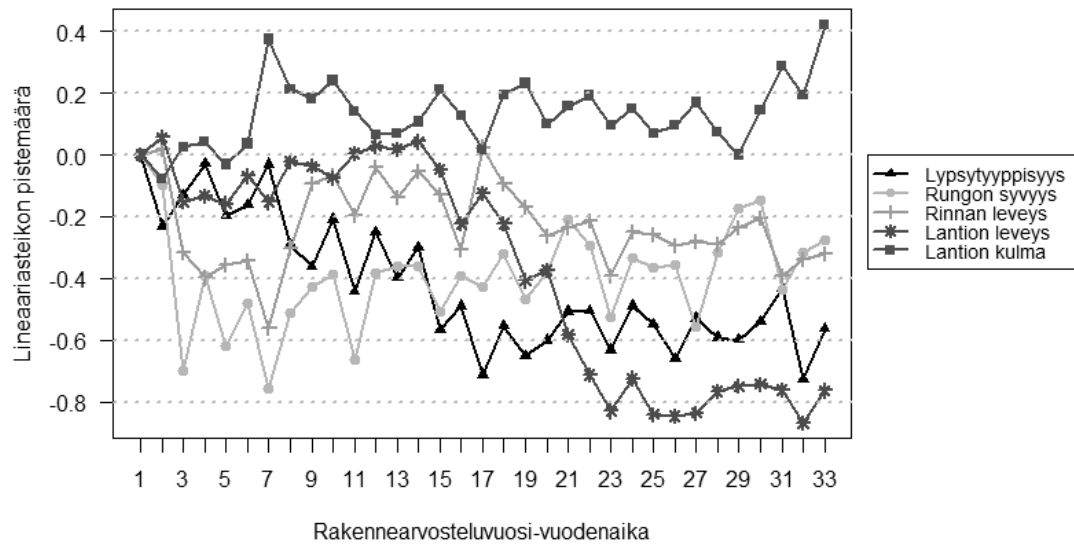
Kuva 6. Poikimisesta kuluneen ajan vaikutus rungon syvyyteen, takakorkeuteen, rinnan leveyteen, selkälinjaan, lantion kulmaan ja lantion leveyteen.

Rakennearvosteluvuosi-vuodenaika

Rakennearvosteluvuosi-vuodenajalla oli erittäin merkitsevä tilastollinen yhteys ($p < 0,001$) takakorkeuden, lypsytyyppisyyden, rungon syvyyden, rinnan leveyden ja lantion leveyden kanssa. Rakennearvosteluvuosi-vuodenaika vaikutti tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,01$) lantion kulmaan. Selkälinja oli ainut runko-ominaisuus, johon rakennearvosteluvuosi-vuodenaika ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi (taulukko 11). Rakennearvosteluvuosi-vuodenajan välisiä eroja tarkasteltaessa runko-ominaisuuksissa, käytettiin vertailuluokkana luokkaa yksi eli vuotta 1996 takakorkeudelle ja vuotta 2001 rungon syvyydelle, rinnan leveydelle, lypsytyyppisyydelle, lantion leveydelle sekä lantion kulmalle. Takakorkeus lähti jyrkkään kasvuun luokassa 16 eli vuonna 2000, ja kasvu jatkui vuoteen 2008 asti (kuva 7). Vuonna 2008 ensikot olivat lähes neljä senttiä korkeampia kuin vuonna 1996 mitatut ensikot. Takakorkeudessa ei ole havaittavissa selkeää vuodenaikavaikutusta. Ayrshire-ensikoiden lantion kulmat laskivat hieman vuosien 2001 ja 2009 välisenä aikana. Lypsytyyppisyydessä, rungon syvyydessä ja rinnan leveydessä keskimäärin korkeimmat arvostelupisteet saivat vuonna 2001 ja pienimmät vuonna 2009 arvostellut ensikot (kuva 8). Lantion leveyden pistemäärä lähti jyrkkään laskuun luokassa 15 eli vuonna 2004, mutta lasku tasoitui vuosien 2006 ja 2009 aikana. Ensikot saivat rungon syvyydestä selkeästi huonoimmat pisteet kesäkuukausina (touko-, kesä- ja heinäkuu). Rinnan leveys ja lypsytyyppisyys seuraavat osittain tätä trendiä. Syyskuukausina (elo-, syys- ja lokakuu) arvostellut ensikot saivat eniten pisteitä lantion kulmasta.



Kuva 7. Rakennearvosteluvuosi-vuodenajan vaikutus takakorkeuteen.



Kuva 8. Rakennearvosteluvuosi-vuodenajan vaikutus lypsytyyppisyyteen, rungon syvyyteen, rinnan leveyteen, lantion leveyteen ja lantion kulmaan.

Syntymäkarja ja rakennearvostelija

Syntymäkarja oli erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) kaikissa runko-ominaisuuksissa. Myös rakennearvostelijan ja kaikkien runko-ominaisuuksien välinen yhteys oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) (taulukko 11).

5.3 Periytymisasteiden arviot ja karja-vuosivaikutus

Varianssikomponenttien arvioista laskettiin ominaisuuksille periytymisasteiden arviot ja karja-vuosivaikutukset (taulukko 12). Tulosten mukaan ensikkotuotos periytyy keskinkertaisesti. Periytymisasteen arvio ensikkotuotokselle oli 0,28. Elinikäistuotoksen periytyvyys oli alhaista. Sekä hiehojen että ensikoiden hedelmällisyysominaisuuksien periytymisasteiden arviot olivat alhaisia ja vaihtelivat 0,02 ja 0,03 välillä. Ensikoiden lepokauden periytyminen oli vain hieman korkeampaa kuin hiehojen siemennysten lukumäärän ja siemennyskauden. Runko-ominaisuuksien periytymisasteiden arviot vaihtelivat matalista korkeisiin. Pienimmän periytymisasteen arvion sai rinnan leveys (0,10) ja suurimman takakorkeus (0,43). Karja-vuosivaikutuksen (c^2) osuus oli melko vähäinen vaihdellen 0,01 ja 0,13 välillä (taulukko 12). Suurin vaikutus karja-vuodella oli lantion leveyteen ja vähäisin vaikutus selkälinjaan.

Taulukko 12. Ominaisuuksien additiiviset geneettiset varianssit (σ_a^2), karja-vuosivarianssit (σ_c^2), fenotyypiset varianssit (σ_p^2), karja-vuosivaikutukset (c^2) ja periytymisasteiden arviot (h^2).

	σ_a^2	σ_c^2	σ_p^2	c^2	h^2
Maitotuotos					
Ensikkotuotos	390030	106440	1376409	0,08	0,28
Elinikäistuotos	11570400	4234642	153007042	0,03	0,08
Hedelmällisyys					
Siemennyskausi	17,07	15,54	958,36	0,02	0,02
Siemennysten lukumäärä	0,02	0,01	0,80	0,02	0,02
Lepokausi	11,18	15,45	405,32	0,04	0,03
Runkorakenne					
Takakorkeus	5,88	0,72	13,80	0,05	0,43
Rungon syvyys	0,29	0,10	1,21	0,08	0,24
Rinnan leveys	0,15	0,13	1,51	0,09	0,10
Lypsytyyppisyys	0,21	0,11	1,39	0,08	0,15
Selkälinja	0,18	0,01	1,16	0,01	0,15
Lantion leveys	0,20	0,11	0,89	0,13	0,22
Lantion kulma	0,40	0,07	1,45	0,05	0,27

5.4 Geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot

Runko-ominaisuuksien ja maitotuotosominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat matalista korkeisiin (taulukko 13). Ensikkotuotoksen ja runko-ominaisuuksien välillä oli lähinnä positiivisia geneettisiä korrelaatioita. Voimakkain geneettinen korrelaatio oli ensikkotuotoksen ja lypsytyypillisyyden välillä (0,51) sekä ensikkotuotoksen ja rungon syvyyden välillä (0,35). Ensikkotuotoksen ja lantion kulman sekä takakorkeuden välillä ei havaittu geneettistä yhteyttä. Selkälänjan ja ensikkotuotoksen välillä oli negatiivinen geneettinen korrelaatio (-0,33). Elinikäistuotos korreloi negatiivisesti kaikkien runko-ominaisuuksien kanssa (-0,04 - -0,22), paitsi lypsytyypillisyyden ja selkälänjan. Elinikäistuotoksen ja lypsytyypillisyyden välinen geneettinen korrelaatio oli 0,45. Selkälänjan geneettinen yhteys elinikäistuotokseen ei poikennut nolasta. Geneettisten korrelaatioiden keskiarvot olivat matalia. Fenotyypiset korrelaatiot olivat huomattavasti pienempiä kuin geneettiset korrelaatiot, eivätkä juuri poikenneet nolasta. Korkein fenotyypinen korrelaatio oli ensikkotuotoksen ja lypsytyypillisyyden välillä (0,15).

Taulukko 13. Runko-ominaisuuksien ja elinikäistuotoksen sekä ensikkotuotoksen väliset fenotyypiset ja geneettiset korrelaatiot. Geneettisten korrelaatioiden keskiarvot ovat suluisissa.

Runko-ominaisuudet	Ensikkotuotos		Elinikäistuotos	
	r_g	r_p	r_g	r_p
Takakorkeus	0,04 (0,06)	0,07	-0,12 (0,08)	-0,00
Rungon syvyys	0,35 (0,06)	0,12	-0,22 (0,09)	-0,04
Rinnan leveys	0,11 (0,09)	0,03	-0,18 (0,11)	-0,03
Lypsytyypillisuus	0,51 (0,06)	0,15	0,45 (0,09)	0,05
Selkälänja	-0,33 (0,11)	-0,05	0,01 (0,13)	0,02
Lantion leveys	0,15 (0,07)	0,05	-0,11 (0,09)	-0,02
Lantion kulma	0,09 (0,07)	0,05	-0,04 (0,09)	0,00

r_g =geneettinen korrelaatio, r_p =fenotyypinen korrelaatio

Hedelmällisyys- ja runko-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat pääosin pieniä (taulukko 14). Suurin positiivinen geneettinen korrelaatio havaittiin rinnan leveyden ja lepokauden välillä (0,44). Hiehojen siemennyskausi ja siemennysten lukumäärä korreloivat voimakkaimmin rungon syvyyden kanssa. Fenotyypisistä korrelaatioista ainoastaan rinnan leveydellä ja lepokauden pituudella oli selvä fenotyypinen yhteys.

Taulukko 14. Runko-ominaisuuksien ja hedelmällisyyden väliset genotyyppiset korrelaatiot ja fenotyyppiset korrelaatiot. Geneettisten korrelaatioiden keskivirheet ovat suluissa.

	Skausi		Hiehot		Ensikot	
			Slkm		Lepokauden pituus	
	r_g	r_p	r_g	r_p	r_g	r_p
Takakorkeus	0,02 (0,14)	-0,1	0,09 (0,14)	-0,16	-0,05 (0,13)	0,15
Rungon syvyys	0,26 (0,16)	0,15	0,31 (0,15)	0,15	0,16 (0,14)	0,23
Rinnan leveys	0,14 (0,18)	-0,11	0,15 (0,17)	-0,14	0,44 (0,14)	0,40
Lypsytyyppisyys	0,19 (0,17)	0,14	0,21 (0,16)	0,08	-0,06 (0,15)	0,07
Selkälinja	0,18 (0,19)	0,01	0,14 (0,19)	-0,07	0,02 (0,17)	0,28
Lantion leveys	0,21 (0,15)	-0,21	0,30 (0,14)	-0,09	0,10 (0,14)	0,18
Lantion kulma	-0,28 (0,14)	0,22	-0,18 (0,14)	-0,26	0,32 (0,12)	-0,02

Siemlkm = siemenysten lukumäärä/tiineys, Skausi = siemennyskauden pituus, r_g = geneettinen korrelaatio, r_p = fenotyyppinen korrelaatio

Hedelmällisyysominaisuuksien väliset, maitotuotosominaisuuksien väliset sekä näiden väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat -0,11 ja 0,99 välillä (taulukko 15). Geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat suuria. Siemennysten lukumäärällä ja siemennyskauden pituudella oli voimakas positiivinen geneettinen korrelaatio keskenään (0,99). Matalin positiivinen geneettinen korrelaatio oli siemennysten lukumäärän ja lepokauden pituuden välillä, mutta keskivirhe oli suuri joten voidaan sanoa, että korrelaatio ei poikkeakaan nolasta. Lepokauden ja ensikkotuotoksen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää geneettistä korrelaatiota. Ensikkotuotoksen ja hiehojen siemennyskauden pituuden sekä siemennysten lukumäärän väliset geneettiset korrelaatiot olivat pieniä. Ensikkotuotoksen geneettinen korrelaatio elinikäistuotoksen kanssa oli kohtalainen (0,54). Fenotyyppiset korrelaatiot olivat varsin matalia. Korkein fenotyyppinen korrelaatio havaittiin siemennysten lukumäärän ja siemennyskauden välillä.

Taulukko 15. Geneettiset korrelaatiot (yläkolmio) sekä fenotyypiset korrelaatiot (alacolmio) hedelmällisyys- ja maitotuotosominaisuuksien välillä. Geneettisten korrelaatioiden keskiarvot ovat suluisissa.

	Siemkausi	Siemlkm	Lepokausi	Ensikkotuotos	Elinikäistuotos
Siemkausi		0,99 (0,02)	-0,11 (0,21)	0,24 (0,16)	0,37 (0,18)
Siemlkm	0,93		0,07 (0,22)	0,29 (0,15)	0,44 (0,18)
Lepokausi	0,02	-0,33		0,14 (0,14)	-0,07 (0,16)
Ensikkotuotos	0,09	-0,09	0,11		0,54 (0,07)
Elinikäistuotos	0,00	-0,01	-0,04	0,27	

Siemlkm = siemennysten lukumäärä/tiineys, Siemkausi=siemennyskauden pituus

Runko-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat matalista korkeisiin (taulukko 16). Korkeimmat positiiviset geneettiset korrelaatiot löytyivät takakorkeuden ja lypsyyppisyyden (0,41) ja lantion leveyden väliltä (0,55) sekä rinnan leveyden ja rungon syvyyden (0,51) väliltä. Korkein negatiivinen geneettinen korrelaatio havaittiin selkälänjan ja rinnan leveyden välillä (-0,57). Fenotyypiset korrelaatiot vaihtelivat -0,24 – 0,42 välillä. Geneettisten korrelaatioiden keskiarvot olivat suurimmaksi osaksi matalia.

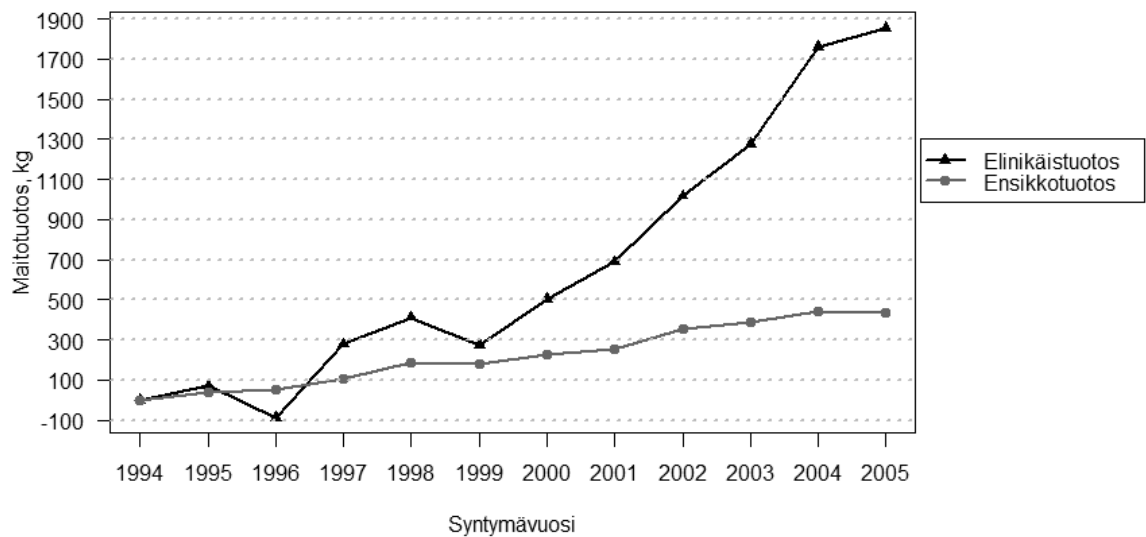
Taulukko 16. Geneettiset korrelaatiot (yläkolmio) sekä fenotyypiset korrelaatiot (alacolmio) runko-ominaisuuksien välillä. Geneettisten korrelaatioiden keskiarvot ovat suluisissa.

	Takak	Rungsy	Rinnl	Lyps	Selk	Lantle	Lantku
Takak		0,17 (0,06)	0,09 (0,08)	0,41 (0,06)	0,24 (0,09)	0,55 (0,05)	0,05 (0,07)
Rungsy	-0,10		0,51 (0,07)	0,36 (0,07)	-0,36 (0,10)	0,31 (0,07)	0,05 (0,07)
Rinnl	-0,09	0,42		-0,09 (0,10)	-0,57 (0,10)	0,38 (0,08)	0,06 (0,09)
Lyps	-0,19	0,32	0,14		0,16 (0,12)	0,16 (0,08)	0,02 (0,08)
Selk	0,28	0,17	0,64	-0,06		-0,06 (0,11)	0,14 (0,11)
Lantle	0,05	-0,13	0,05	-0,24	-0,08		-0,10 (0,07)
Lantku	0,24	0,14	-0,02	-0,04	0,10	0,11	

Takak = takakorkeus, Rungsy = rungon syvyys, Rinnl = rinnan leveys, Lyps = lypsyyppisyys, Selk = selkälänja, Lantle = lantion leveys, Lantku = lantion kulma

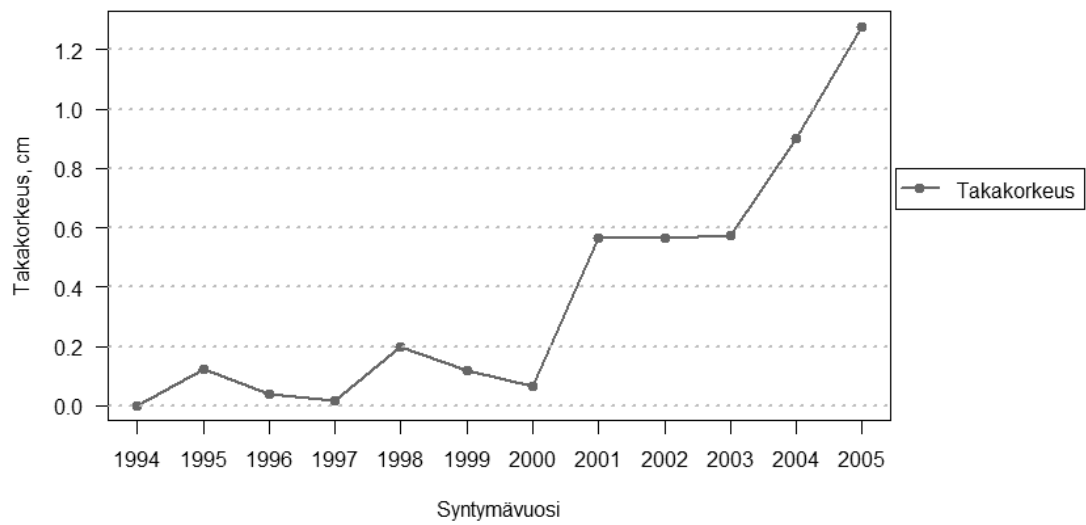
5.5 Perinnöllinen muutos

Ayrshire-ensikoiden ensikkotuotoksessa on tapahtunut selvää perinnöllistä edistymistä vuosien 1994 ja 2005 aikana (kuva 9). Eläinten elinikäistuotoksessa on tapahtunut myös samansuuntaista ja voimakkaampaa edistymistä. Elinikäistuotoksen kasvu on ollut voimakkainta vuosien 1999 ja 2004 välisenä aikana. Hiehojen siemennyskauden pituudessa on tapahtunut vain vähäistä perinnöllistä muutosta vuosien 1994 ja 2005 aikana (0,55 päivää). Ensikoiden lepokeusi on muuttunut vähemmän kuin hiehojen siemennyskausi.

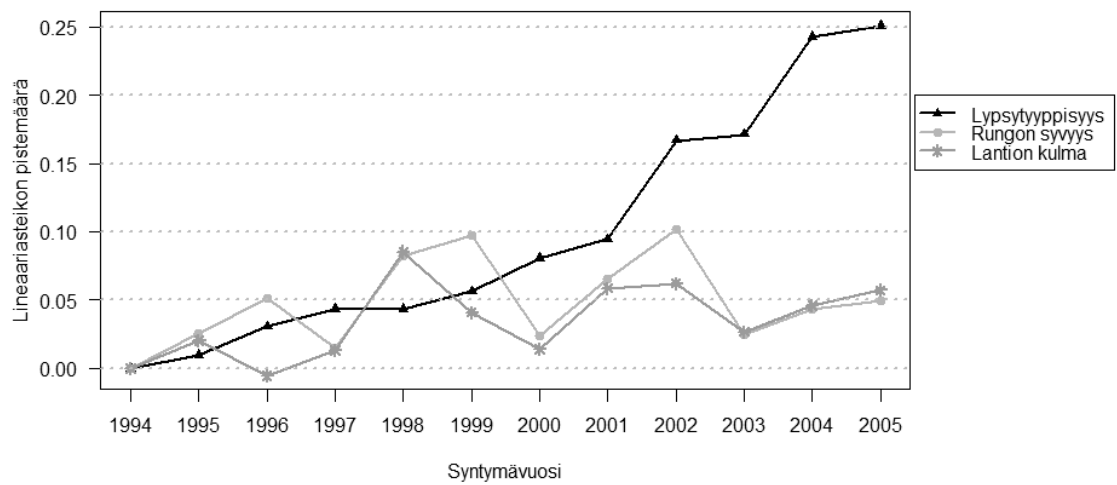


Kuva 9. Perinnöllinen muutos ensikko- ja elinikäistuotoksessa vuosina 1994 – 2005.

Runko-ominaisuuksien perinnöllisen muutoksen tarkasteluun otettiin mukaan vain neljä ominaisuutta. Takakorkeudella, rungon syvyydellä ja lantion kulmalla oli korkeimmat periytymisasteet. Lypsytyyppisyys otettiin mukaan siksi, koska sillä on voimakkain perinnöllinen yhteys maitotuotoksen kanssa. Ensikoilla takakorkeuden perinnöllinen muutos on ollut nousevaa vuosina 1994 – 2005 (kuva 10). Lypsytyyppisyydellä, rungon syvyydellä ja lantion kulmalla geneettinen trendi on ollut nousevaa vuosina 1994 – 2005, mutta lypsytyyppisyyden kasvu on ollut voimakkainta (kuva 11). Ensimmäiset rungon rakennearvosteltavat ensikot ovat syntyneet vuonna 1999, joten kuvassa 11 ennen vuotta 1999 olevat pisteet ovat odotusarvotietoa, koska havainnot puuttuvat näiltä vuosilta.



Kuva 10. Perinnöllinen muutos takakorkeudessa vuosina 1994 – 2005.



Kuva 11. Perinnöllinen muutos lypsytyyppisyydessä, rungon syvyudessa ja lantion kulmassa vuosina 1994 – 2005.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä tutkimuksessa oli mukana vain ayrshire-rotu, joten tutkimustuloksia verrattiin lähinnä aiempien tutkimusten holstein-rotuisten lehmien tuloksiin, koska tästä aiheesta punaisilla roduilla tutkimusta on tehty vain vähän. Punaisella rodulla olisi hyvä tehdä lisää tämän

tyyppisiä tutkimuksia, jotta voitaisiin vertailla enemmän rotujen välisiä eroja. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava myös huomioon se, että todennäköisesti aineistosta puuttuvat heidelmättömien ja todella huonosti tiinehtyvien hiehojen tulokset, koska tällaiset hiehot poistetaan karjasta eivätkä ne näin ollen ole mukana tuotannossa. Rakennearvostelupisteissä ei ole todennäköisesti mukana karjojen huonoimpien eläinten tulokset. Usein vain sellaiset ensikot rakennearvostellaan, joista halutaan saada jälkeläisiä. Ensikko- ja elinikäistuotoksen 4000 kilon alaraja mahdollisti myös huonoiten lypsävät lehmät mukaan tutkimukseen.

Aineiston ensikoiden keskimääräiset rakennearvostelupisteet olivat hieman rodun optimiarvoja pienempiä. Samalla rakennearvostelupisteiden keskiarvot olivat hieman pienempiä kuin aiempien tutkimusten holsteinpopulaatioiden keskiarvot (Berry ym. 2004, Zink ym. 2011, Campos ym. 2012). Holstein on ayrshireä suurempi rotu, ja rotujen optimirakennepisteet ovat erilaisia. Osassa tutkimuksissa ensikoiden takakorkeus oli arvosteltu lineaariasteikolla (Berry ym. 2004, Campos ym. 2012). Eräässä tutkimuksessa taas oli käytetty erilaista arvosteluasteikkoa rakenneominaisuuksilla (Norman ym. 1988). Hiehojen siemennysten lukumäärä ja siemennyskauden pituus oli samassa linjassa muiden tutkimustulosten kanssa (Hansen ym. 1983, Jamrozik ym. 2005, Cooke ym. 2013). Ayrshire-ensikoiden lepokauden pituus oli lyhyempi kuin aiemmissa tutkimuksissa on saatu holsteinpopulaatioille. Aiempien tutkimustulosten mukaan ayrshire-rodun lepokausi on pitempi kuin holstein-rodun (Oltenu ym. 1991, Zink ym. 2011).

6.1 Kiinteiden tekijöiden yhteydet tutkittaviin ominaisuuksiin

Kiinteiden tekijöiden tarkastelussa havaittiin, että vanhempana poikivat ensikot lypsivät suuremman 305 päivän tuotoksen verrattuna nuorempana poikineisiin ensikoihin. Nuoret hiehot kasvavat vielä tiineyden ja ensimmäisen tuotosvuoden ajan. Suurin osa energiasta menee hiehon omaan sekä vasikan kasvuun, eikä maidontuotantoon jää riittävästi energiaa (McDonald ym. 2002). Vanhana poikineiden ensikoiden kasvu on vähäistä, joten niillä riittää energiaa myös maidontuotantoon. Elinikäistuotos ei noussut poikimaiän noustessa vaan se oli suurin noin 23 kuukauden iässä eli vajaa kahden vuoden vanhana poikineilla ensikoilla. Myös Cooke ym. (2013) havaitsivat samansuuntaisia yhteyksiä poikimaiän ja elinikäistuotoksen välillä.

Ensikoiden 305 päivän maitotuotos oli suurin syyskuukausina poikineilla ja pienin kevätkuukausina poikineilla. Suurin osa keväällä poikineista ensikoista todennäköisesti laiduntaa kesän. Laidunnurmen laatu ja määrä voivat olla riittämättömiä, mikä voi vaikuttaa alenta-

vasti maitotuotokseen. Lisäksi lämpöstressi voi olla vaikuttava tekijä (Tucker 1982, De Rensis ja Scaramuzzi 2003). Syksyllä poikivat hiehot saavat todennäköisesti tasalaatuista säilörehua navetassa koko tuotosvuoden ajan, minkä seurauksena niillä on mahdollisuus tuottaa suurempi ensikkotuotos kuin kesällä laiduntavilla.

Hiehojen siemennyskauden pituus oli sitä lyhyempi, mitä vanhempana hieho siemennettiin. Myös tiineyteen johtavien siemennyksien lukumäärä oli suurin nuorimpina siemennetyillä hiehoilla, ja tulos oli samansuuntainen kuin Linin ym. (1986) tutkimuksessa. Ensikoiden lepokausi oli pisin vanhoina poikineilla eläimillä. Osittain tämä selittyy sillä, että vanhoina poikineet ensikot lypsivät keskimäärin korkean ensikkotuotoksen, ja ne saatetaan siementää tarkoituksellisesti myöhään. Suuri maitotuotos voi myös viivästyttää kiiman tuloa sekä heikentää kiimaoireita. Tähän tutkimukseen olisi ollut mielenkiintoista ottaa mukaan myös ensikoiden kuntoluokkatiedot, koska poikimiseen liittyvä kuntoluokan muutos voi myös vaikuttaa ensikoiden lepokauteen ja tiinehtymiseen.

Kesä- ja talvikuukausina siemennettyjen hiehojen siemennyskaudet olivat pisimmät. Siemennyskaudet olivat lyhyimmät syksyllä ja keväällä siemennetyillä hiehoilla. Ensikoiden lepokausi oli keskimäärin lyhyin kesäkuukausina poikineilla ja pisin kevätkuukausina poikineilla ensikoilla. Aineiston keskimääräisen lepokauden pituuden (83,57 pv) mukaan oletettiin, että kesällä poikineet ensikot siemennettiin syksyllä ja kevätkuukausina poikineet siemennettiin kesällä. Kesällä nautojen hedelmällisyyteen vaikuttaa negatiivisesti mahdollinen laidunnus sekä lämpöstressi ympäristön lämpötilan ollessa yli 27 astetta (Tucker 1982, De Rensis ja Scaramuzzi 2003). Varsinkin hiehojen laidunnurmen määrän ja laadun ollessa riittämätöntä, eläin käyttää huomattavasti energiaa kasvuunsa lisääntymistoimintojen kustannuksella. Lisäksi laiduntavien hiehojen ja lehmien kiimantarkkailussa saattaa olla puutteita. Talvella valon määrän puute saattaa olla heikentävä tekijä eläinten hedelmällisyydessä, kun taas keväällä valonmäärän lisääntyessä myös eläinten hormonituotanto vilkastuu ja kiimat voimistuvat (Tucker 1982). Voidaan myös päätellä, että hedelmällisyyden syksyinen kohentuminen on seurausta kesän hedelmällisyyden heikkenemisestä.

Eläimen ikä rakennearvosteluhetkellä vaikutti rungon arvostelutuloksiin. Vanhana arvostellut eläimet saivat suurempia lineaariasteikon pisteitä kuin nuorena arvostellut eläimet. Voidaan siis olettaa, että ensikko kasvaa ja kehittyy vielä ensimmäisen tuotantovuoden ajan, joten myöhään arvosteltu eläin on kehittyneempi kuin nuorena arvosteltu. Lisäksi suurin osa runko-ominaisuuksista sai keskimäärin suurimmat arvostelupisteet lypsykauden edetessä. Aineiston eläinten takakorkeus on kasvanut tarkastelujakson aikana, mikä viittaa siihen,

että on haluttu jalostaa suurempia lemmiä. Lantion ja rinnan leveydestä, rungon syvyydestä ja lypsytyypillisyydestä saatiin pienempiä arvostelupisteitä vuonna 2009 verrattuna vuoteen 2001. Ainoastaan lantion kulman keskimääräiset arvostelupisteet olivat nousseet. Näissäkin tapauksessa syyksi voidaan olettaa jalostustavoitteiden muuttuminen ja jalostussonnien perinnöllisen tason muutos.

6.2 Tutkittavien ominaisuuksien periytymisasteiden arviot

Ayrshire-ensikoiden 305 päivän tuotoksen periytymisasteen arvio oli keskinkertainen (0,28), ja samaa suuruusluokkaa kuin aiemmissa tutkimuksissa holstein-rodulla (Hargrove ym. 1969, Hoque ja Hodges 1980, Jairath ym. 1995). Suomalaisessa tutkimuksessa ayrshire-ensikoiden maitotuotoksen periytymisaste oli hieman suurempi, 0,41 (Pösö ja Mäntysaari 1993). Elinikäistuotokselle saatiin tässä tutkimuksessa hieman alhaisempi periytymisasteen arvio (0,08) kuin aiemmissa tutkimuksissa on saatu holstein-rodulle (Hargrove ym. 1969, Hoque ja Hodges 1980, Klassen ym. 1992, Jairath tm. 1995). Toisaalta tulee huomioida, että periytymisasteet ovat erilaisia eri populaatioilla ja roduilla. Periytymisasteiden perusteella ensikkotuotosta voidaan parantaa jalostuksen avulla todennäköisemmin kuin elinikäistuotosta.

Hedelmällisyysominaisuuksien periytymisasteiden arviot olivat alhaisia (0,02 – 0,03). Aiemmissä tutkimuksissa on saatu samansuuruisia periytymisasteiden arvioita niin hiehojen kuin ensikoidenkin hedelmällisyysominaisuuksille (Veerkamp ym. 2001, Kadarmideen ym. 2003, Tiezzi ym. 2012, Negussie ym. 2013). Hiehojen siemennyskauden pituuden ja siemennysten lukumäärän periytymisasteen arviot olivat vain hieman alhaisempia kuin ensikoiden lepo-kauden pituuden periytymisasteen arvio. Periytymisasteiden ollessa näin alhaisia, lehmien väliset erot selittyvät vain vähän perintötekijöiden kautta. Lehmien hedelmällisyyden parantaminen jalostuksella on hyvin haastavaa. Kuitenkin hedelmällisyyden jalostaminen on mahdollista sonnien hedelmällisyysindeksien avulla, koska jälkeläisryhmän suuri koko parantaa arvosteluvarmuutta näinkin alhaisesti periytyvissä ominaisuuksissa.

Periytymisasteiden arviot runko-ominaisuuksilla vaihtelivat alhaisista korkeisiin (0,10 – 0,43). Takakorkeuden periytymisasteen arvio (0,43) oli korkein kaikista runko-ominaisuuksista, ja myös aiemmissä tutkimuksissa se on periytynyt vähintään yhtä voimakkaasti (Pryce ym. 2000, Berry ym. 2004, Zink ym. 2011). Alhaisin periytymisasteen arvio oli rinnan leveydellä, mutta aikaisemmissä tutkimuksissa on saatu huomattavasti korkeampia arvioita (Pryce ym. 2000, Berry ym. 2004, Zink ym. 2011). Periytymisasteen arviot olivat

samassa linjassa aiempien tutkimusten kanssa rungon syvyydellä (0,24), lypsytyyppisyydellä (0,15), selkälinjalla (0,15), lantion leveydellä (0,22) sekä lantion kulmalla (0,27) (Pryce ym. 2000, Berry ym. 2004, Wall ym. 2005, Zink ym. 2011). Näiden periytymisasteiden perusteella voidaan todeta, että runko-ominaisuuksien parantaminen jalostuksella on hyvin mahdollista.

6.3 Runko-, hedelmällisyys- ja maitotuotosominaisuuksien väliset geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot

Ensikkotuotoksen ja runko-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat matalista kohtalaisiin. Lypsytyyppisyys ja rungon syvyys korreloivat odotusten mukaisesti voimakkaimmin ensikkotuotoksen kanssa. Tämä perinnöllinen yhteys tarkoittaa sitä, että mitä syvärunkoisempi ja lypsytyyppisempi lehmä on, sitä todennäköisemmin se lypsää hyvin ensikkokautena. Myös takakorkeus, rinnan leveys, lantion leveys ja lantion kulma korreloivat ensikkotuotoksen kanssa positiivisesti, mutta korrelaatiot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös aiemmista tutkimuksista (Norman ja Van Vleck 1971, Norman ym. 1988, Berry ym. 2004). Selkälinja oli ainut runko-ominaisuus, joka korreloi negatiivisesti ensikkotuotoksen kanssa, sen sijaan aiemmassa tutkimuksessa on saatu näiden ominaisuuksien välille positiivinen korrelaatio (Norman ja Van Vleck 1971). Tässä tutkimuksessa siis notkolla selkälinjalla oli perinnöllinen yhteys korkeaan ensikkotuotokseen.

Vain lypsytyyppisyyden ja elinikäistuotoksen välinen geneettinen korrelaatio oli positiivinen ja kohtalainen. Tuloksista voidaan päätellä, että lypsytyyppinen lehmä lypsää paljon elinikänsä aikana. Elinikäistuotoksen ja muiden runko-ominaisuuksien välillä havaittiin vain pieniä negatiivisia geneettisiä korrelaatioita. Aiemmissa tutkimuksissa on saatu pieniä positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita näiden ominaisuuksien välille (Norman ja Van Vleck 1971, Klassen ym. 1992).

Tässä tutkimuksessa geneettiset korrelaatiot olivat pääasiassa pieniä runko-ominaisuuksien ja hedelmällisyysominaisuuksien välillä. Hiehojen siemennyskauden ja rungon syvyyden sekä siemennysten lukumäärän ja rungon syvyyden välillä oli maltilliset positiiviset geneettiset korrelaatiot. Lantio-ominaisuuksista lantion kulman ja siemennyskauden välillä oli negatiivinen geneettinen korrelaatio, kun taas lantion leveyden ja siemennysten lukumäärän välillä oli positiivinen geneettinen korrelaatio. Tutkimustuloksen perusteella syvällä rungolla, nousevalla lantiolla sekä leveällä lantiolla on epäedullinen yhteys hiehojen tiinehtymiseen.

Eläimellä, jolla on nouseva lantion kulma, emättimen ja kohdun asento voivat olla epäedullisia tiinehtymisen kannalta verrattuna normaaliasentoiseen lantiorakenteeseen.

Runko-ominaisuuksista vain rinnan leveyden ja lepokauden sekä lantion kulman ja lepokauden väliset geneettiset korrelaatiot olivat tilastollisesti merkitseviä. Laskevalla lantion kulmalla sekä leveällä rinnalla oli geneettinen yhteys pidentyneeseen ensikoiden lepokautteen. Kuitenkin aiemmissa tutkimuksissa on saatu erisuuntaisia tuloksia. Lepokauden ja rinnan leveyden väliset geneettiset korrelaatiot ovat olleet negatiivisia ja kohtalaisia (Berry ym. 2004, Zink ym. 2011). Berry ym. (2004) saivat lantion kulman ja lepokauden väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi jopa -0,83, mutta Wall ym. (2005) ja Zink ym. (2011) saivat paljon alhaisempia ja positiivisia geneettisiä korrelaatioita näiden ominaisuuksien välille. Tässä tutkimuksessa lypsytyypisyyden, takakorkeuden ja rungon syvyyden geneettiset lineaariset yhteydet lepokauteen eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kuitenkin ensikoiden lypsytyypisyyden ja lepokauden väliset geneettiset korrelaatiot ovat vaihdelleet aiemmasta tutkimuksesta riippuen 0,29 ja 0,87 välillä (Berry ym. 2004, Kadarmideen 2004, Zink ym. 2011). Berry ym. (2004) ja Kadarmideen (2004) saivat suurehkoja negatiivisia geneettisiä korrelaatioita takakorkeuden ja lepokauden välille (-0,33 ja -0,67), mutta Zink ym. (2011) saivat pienen positiivisen korrelaatioiden (0,05) näiden ominaisuuksien välille. Myös rungon syvyyden ja lepokauden välillä on saatu kohtalainen positiivinen korrelaatio (Kadarmideen 2004).

Hedelmällisyysominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelivat alhaisista korkeisiin. Odotetusti voimakkain geneettinen korrelaatio oli hiehojen siemennysten lukumäärän ja siemennyskauden välillä ($0,99 \pm 0,02$), johtuen siitä että, siemennyskausi lasketaan kertomalla kiimaväli siemennysten lukumäärällä. Myös aiemmissa tutkimuksissa on saatu voimakkaita geneettisiä korrelaatioita näiden ominaisuuksien välille sekä hiehoilla että ensikoilla (Hansen ym. 1983, Kadarmideen ym. 2003). Hiehojen siemennyskauden ja ensikoiden lepokauden eikä siemennysten lukumäärän ja lepokauden välillä ollut tilastollisesti merkitseviä geneettisiä korrelaatioita. Sen sijaan Hansenin ym. (1983) tutkimustulosten mukaan, näiden ominaisuuksien välille on saatu kohtalaisia negatiivisia geneettisiä korrelaatioita.

Hiehojen siemennysten lukumäärällä ja siemennyskauden pituudella oli maltillinen positiivinen geneettinen yhteys ensikkotuotokseen, ja kohtalainen positiivinen geneettinen yhteys elinikäistuotokseen. Huonosti tiinehtyvillä hiehoilla oli geneettinen taipumus lypsää korkea ensikkotuotos sekä elinikäistuotos. Oltenacu ym. (1991) saivat samansuuntaisia geneettisiä yhteyksiä hiehojen hedelmällisyyden ja ensikkotuotoksen välille, mutta Hansen ym. (1983) ja Tiezzi ym. (2012) saivat matalia negatiivisia geneettisiä korrelaatioita hiehojen hedelmälli-

syysominaisuuksien ja ensikkotuotoksen välille. Tuotosrasitus ei vaikuta hiehojen hedelmällisyyteen, joten hiehojen hedelmällisyys eroaa ensikoiden hedelmällisyydestä. Toisaalta tiedetään, että hiehojen ja ensikoiden samojen hedelmällisyysominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot vaihtelevat matalista korkeisiin. Näin ollen hiehojen hedelmällisyydestä ei voida kovin tarkasti arvioida ensikoiden hedelmällisyyttä.

Tässä tutkimuksessa lepokauden ja ensikkotuotoksen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää geneettistä korrelaatiota. Aiemmissa tutkimuksissa näiden ominaisuuksien välille on saatu kohtalasia ja korkeita korrelaatioita (Kadarmideen ym. 2003, Tiezzi ym. 2012, Zink ym. 2012). Myöskään lepokauden ja elinikäistuotoksen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää geneettistä yhteyttä.

Ensikkotuotoksen ja elinikäistuotoksen välillä havaittiin kohtalainen geneettinen korrelaatio ($0,54 \pm 0,04$). Hoque ja Hodges (1980) saivat samansuuntaisia tuloksia, mutta Hargrove ym. (1969), Jairath ym. (1992) sekä Pösö ja Mäntysaari (1996) saivat huomattavasti korkeampia korrelaatioita näiden ominaisuuksien välille.

Runko-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot saivat arvoja $-0,57$ ja $0,55$ väliltä. Eläimen kokoa kuvaavat ominaisuudet: takakorkeus, rungon syvyys, rinnan leveys, lypsytyyppisyys ja lantion leveys, korreloivat pääsääntöisesti positiivisesti ja kohtalaisesti keskenään. Lantion kulman ja selkälinjan välillä ei havaittu olevan geneettistä yhteyttä. Selkälinjan ja rungon syvyyden välillä oli kohtalainen negatiivinen geneettinen korrelaatio. Campos ym. (2012) saivat kuitenkin positiivisen korrelaation näiden ominaisuuksien välille. Rinnan leveys korreloi epäsuotuisasti lypsytyypillisyyden ja selkälinjan kanssa. Samansuuntaisia tutkimustuloksia ovat saaneet myös Berry ym. (2004) ja Campos ym. (2012). Tässä tutkimuksessa lantion leveyden ja lantion kulman välillä ei havaittu geneettistä korrelaatiota, mutta Camposin ym. (2012) tutkimuksessa näiden ominaisuuksien välillä oli pieni negatiivinen geneettinen korrelaatio. Eläimen runkoa pitäisi jalostaa ottamalla huomioon myös joidenkin runko-ominaisuuksien väliset negatiiviset geneettiset korrelaatiot. Epäsuotuisasti korreloivien ominaisuuksien jalostaminen on haastavaa, koska toisen ominaisuuden parantuksessa toinen todennäköisesti huononee samalla, mutta valintaa voidaan tehdä jos nämä ominaisuudet on painotettu oikein kokonaisjalostusarvossa.

Kaikkien runko-ominaisuuksien ja hedelmällisyysominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat korkeita. Lisäksi suuri osa hedelmällisyys- ja maito-

tuotosominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden keskivirheistä oli suuria. Suuret keskivirheet pienentävät tulosten luotettavuutta.

6.4 Perinnöllinen muutos tutkittavissa ominaisuuksissa

Ensikko- ja elinikäistuotoksen geneettinen trendi oli nouseva. Muutos on edennyt toivotuun suuntaan, koska maitotuotos on lypsykarjan jalostuksen tärkein kohde. Hedelmällisyysominaisuuksissa tapahtui lievää heikkenemistä. Kaikkien tarkasteltavien runkoominaisuuksien geneettiset trendit olivat nousevia. Takakorkeudessa, lypsytyypisyydessä ja rungon syvyydessä oli tapahtunut perinnöllistä edistymistä. Vain lantion kulman perinnöllinen muutos oli mennyt epätoivottuun suuntaan.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen päätavoite oli selvittää ayrshire-rotuisten hiehojen ja ensikoiden hedelmällisyyden sekä runkorakenteen, ensikkotuotoksen ja elinikäistuotoksen välisiä perinnöllisiä yhteyksiä. Aineiston ayrshire-populaation ensikko- ja elinikäistuotokset ovat nousseet vuosien 1996 ja 2008 aikana, mutta samaan aikaan lepo- ja siemennyskauden pituuksissa on tapahtunut vain pientä negatiivista muutosta. Ensikot ovat kasvaneet korkeutta tarkastelujakson aikana.

Tässä tutkimuksessa alle 14 – 15 kuukauden ikäisten hiehojen siemennyskausi oli pisin ja tiineyteen johtavien siemennysten lukumäärä oli suurin, joten tämän perusteella hiehojen siemennystä ei voi suositella aloitettavan niiden ollessa alle 14 – 15 kuukauden ikäisiä. Hieho voi poikia taloudellisesti kannattavimmassa poikimäissä eli noin 23 – 24 kuukauden ikäisenä, jos se siemennetään 14 – 15 kuukauden vanhana. Alle 23 kuukauden iässä poikineiden eläinten ensikkotuotos ja elinikäistuotos jää pienemmäksi kuin tätä vanhempina poikineiden.

Kesällä siemennettyjen hiehojen ja ensikoiden hedelmällisyys sekä keväällä poikineiden ensikoiden tuotos oli selvästi heikompaa kuin syksyllä. Tässä tutkimuksessa oletettiin, että tarkastelujaksolla suurin osa eläimistä laidunsi kesän, ja laidunnurmen määrässä ja laadussa saattoi olla vaihtelevuutta. Syksyllä eläimet siirtyvät sisäruokintakauteen ja niiden ruokinta pysyy tasaisena ensimmäisen lypsykauden ajan. Tästä johtuva ruokinnan muutos sekä mahdollinen kesän lämpöstressi aiheuttivat todennäköisimmin eroja eläinten hedelmällisyydessä ja tuotoksessa kesällä ja syksyllä. Eläimet saavat todennäköisesti suurempia rakennearvostelupisteitä, jos ne rakennearvostellaan vasta loppulypsykaudella kuin alkulypsykaudella.

Runko-ominaisuuksien ja ensikkotuotoksen periytyminen oli keskinkertaista, minkä vuoksi näihin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa jalostuksella suhteellisen nopeasti. Elinikäistuotoksen parantaminen valinnan kautta on haastavaa ja hidasta, koska se voidaan mitata vasta myöhemmillä lypsykausilla ja sen periytymisasteen arvio on alhainen. Hiehojen ja ensikoiden hedelmällisyyden periytymisasteiden arviot olivat hyvin alhaisia. Ympäristötekijöiden suuren vaikutuksen vuoksi lehmien hedelmällisyyden parantaminen jalostuksella on hidasta, mutta kuitenkin geneettinen muutos on mahdollista jälkeläisarvostelujen kautta.

Tämän tutkimuksen perinnöllisten yhteyksien mukaan syvärunkoiset ja lypsytyypiset lehmät tuottavat paljon maitoa ensimmäisenä lypsy kautena. Vaikka tässä tutkimuksessa notkolla selkälinjalla oli lievä positiivinen vaikutus ensikkotuotokseen, ei silti ole mielekäästä parantaa ensikkotuotosta jalostamalla selkälinjaa epäsuotuisaan suuntaan. Syvällä rungolla ja leveällä lantiolla oli negatiivinen vaikutus elinikäistuotokseen. Sen sijaan kohdistamalla valintaa lypsytyypisiin lemmiin voidaan vaikuttaa myönteisesti elinikäistuotokseen.

Tilastollisesti merkitsevät geneettiset korrelaatiot saatiin hiehojen hedelmällisyysominaisuuksien ja runko-ominaisuuksista vain rungon syvyyden, lantion leveyden ja kulman välille. Syvä runko, leveä lantio sekä nouseva lantion kulma vaikuttavat negatiivisesti hiehojen tiinehtyvyyteen. Ensikoiden runko-ominaisuuksista vain rinnan leveydellä ja lantion kulmalla oli geneettinen yhteys lepokauteen. Leveä rinta ja laskeva lantion kulma olivat yhteydessä pidentyneeseen lepokauteen. Tämän tutkimuksen perusteella joidenkin runko-ominaisuuksien valinta edistää ensikkotuotosta heikentäen samalla hedelmällisyyttä ja elinikäistuotosta.

Huonosti tiinehtyvillä hiehoilla oli perinnöllinen yhteys sekä korkeaan ensikkotuotokseen että elinikäistuotokseen. Tästä tuloksesta huolimatta ei ole kovin mielekäästä jalostaa huonosti tiinehtyviä hiehoja, koska se ei olisi taloudellisesti kannattavaa. Lepokauden ja ensikkotuotoksen eikä lepokauden ja elinikäistuotoksen välillä havaittu tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitseviä geneettisiä yhteyksiä. Hiehojen tuotosrasituksen puuttumisen myötä hiehojen ja ensikoiden hedelmällisyydet eroavat toisistaan, joten ensikoiden hedelmällisyyttä ei voida arvioida kovin tarkasti hiehojen hedelmällisyyden perusteella.

LÄHTEET

- Aeberhard, K., Bruckmaier, R. M., Kuepfer, U. & Blum, J. B. 2001. Milk yield and composition, nutrition, body conformation traits, body condition score, fertility and diseases in high-yielding dairy cows - Part 1. *Journal of Veterinary Medicine Series A* 48: 97 – 110.
- Alanko, M., Rättö, J., Kiuru, A., Rautala, H., Tenhunen, M., Helander, J. & Taponen, J. 1991. Lypsykarjan hedelmällisyys – tilanne, tavoitteet ja toimenpiteet. Kotieläinten terveydenhuollon neuvottelukunta, Hedelmällisyystöryhmä. 43 s.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D. & Veerkamp, R. F. 2004. Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 43: 161-176.
- Campos, R. V., Cobuci, J. A., Costa, C. N. & Neto, J. B. 2012. Genetic parameters for type traits in Holstein cows in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 2150 – 2161.
- Cooke, J. S., Zhangrui, C., Bourne, N. E. & Wathes, D. C. 2013. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers. *Open Journal of Animal Sciences* 3: 1 – 12.
- Cue, R. I., Monardes, H. G. & Hayes, J. F. 1990. Relationship of calving ease with type traits. *Journal of Dairy Sciences* 73: 3586 – 3590.
- De Haas, Y., Janss, L. L. G. & Kadarmideen, H. N. 2007. Genetic and phenotypic parameters for conformation and yield traits in three Swiss dairy cattle breeds. *Journal of Animal Breeding Genetics* 124: 12 – 19.
- De Rensis, F. & Scaramuzzi, R. J. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. *Theriogenology* 60: 1139 – 1151.
- Faba 2013a. Rakennearvostelulla kohti kestäväää ja helppolypsyistä karjaa
<http://www.faba.fi/palvelut/jalostusneuvonta/rakennearvostelu>. viitattu 8.10.2013.
- Faba 2013b. Luokituspisteet kertovat lehmäsi ulkonäöstä.
<http://www.faba.fi/palvelut/jalostusneuvonta/rakennearvostelu/fabarane-luokitus>.
 Viitattu 8.10.2013.
- Faba 2013c. Rakenne. http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/rakenne.
 Viitattu 5.1.2014.
- Hansen, L. B., Freeman, A. E. & Berger, P. J. 1983. Association of heifer fertility with cow fertility and yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 66: 306 – 314.
- Hansen, M., Lund, M.S., Sørensen, M.K. & Christensen L.G. 2002. Genetic Parameters of Dairy Character, Protein Yield, Clinical Mastitis, and Other Diseases in the Danish Holstein Cattle. *Journal of Dairy Science* 85: 445 – 452.

- Hargrove, G. L., Salazar, J. J. & Legates, J. E. 1969. Relationship among first-lactation and lifetime measurements on a dairy population. *Journal of Dairy Science* 52: 651 – 656.
- Harrison R.O., Ford S.P., Young J.W., Conley A.J. & Freeman A.E. 1990. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 73: 2749-2758.
- Hoffman, P. C., Brehm, N. M. & Prill-Adams, A. 1996. Effect of accelerated postpubertal growth and early calving on lactation performance of primiparous Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* 79: 2024 – 2031.
- Holmann F.J., Shumway C.R., Blake R.W., Schwart R.B. & Sudweeks E.M. 1984. Economic value of days open for Holstein cows of alternative milk yields with varying calving intervals. *Journal of Dairy Science* 67: 636-643.
- Hoque, M. & Hodges, J. 1980. Genetic and phenotypic parameters of lifetime production traits in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 63: 1900 – 1910.
- Hulsen, J. 2011. Hedelmällisyys. Teoksessa: Atkinson, O, Tirkkonen, M., Huhtamäki, T. & Mäkinen, T. (Toim.). Utareterveys ja hedelmällisyys. Proagria, Lehmähavaintoja. s. 56 – 96.
- Inchaisri, C. Jorritsma, R. Vos, P.L.A.M, van der Weijden G.C. & Hogeveen, H. 2010. Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. *Theriogenology* 74: 835 – 846.
- Jairath, L. K., Hayes, J. F. & Cue, R. I. 1995. Correlations between first lactation and lifetime performance traits of Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 78: 438 – 448.
- Jamrozik, J., Fatehi, J., Kistemaker, G. J. & Schaeffer, L. R. 2005. Estimates of genetic parameters for Canadian Holstein female reproduction traits. *Journal of Dairy Science* 88: 2199 – 2208.
- Kadarmideen, H.N., Thompson, R., Coffey, M.P. & Kossabati, M.A. 2003. Genetic parameters and evaluations from single- and multiple-trait analysis of dairy cow fertility and milk production. *Livestock Production Science* 81: 183 – 195.
- Kadarmideen, H.N. 2004. Genetic correlations among body condition score, somatic cell score, milk production, fertility and conformation traits in dairy cows. *Animal Science* 79: 191 – 201.
- Kaimio, I. 2003. Oikein tulkittuina tunnusluvut kertovat totuuden karjan hedelmällisyydestä. Maatilan pellervo.12/2003.[http://www.pellervo.fi/maatila/mp12_03/tunnusluvut.htm] viitattu 27.2.2013.
- Lin, C. Y., McAllister, A. J., Barta, T. R., Lee, A. J., Roy, G. L., Vesely, J. A., Wauthy, J. M. & Winter, K. A. 1986. Production and reproduction of early and late bred dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 69: 760 – 768.

- Klassen, D. J., Monadres, H. G., Jairath, L., Cue, R. I. & Hayes, J. F. 1992. Genetic correlations between lifetime production and linearized type in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 75: 2272 – 2282.
- Lopez, H., Satter, L. D. & Wiltbank, M. C. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science* 81: 209 – 223.
- Lyimo, Z. C., Nielem, M., Ouweltjes, W., Kruij, T. A. M. & van Eerdenburg, F. J. C. M. 2000. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology* 53: 1783 – 1795.
- Madsen, P. Jensen, J. 2010. A User's Guide to DMU, Version 6, release 5.0. University of Aarhus. Faculty Agricultural Sciences.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. 2002. Feeding standarts for reproduction. Teoksessa: McDonald, P. (toim.). *Animal nutrition*. 6. painos. s. 389 – 409.
- Nebel, R.L. & McGilliard, M.L. 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 76: 3257 – 3268.
- Negussie, E., Strandén, I. & Mäntysaari, E.A. 2013. Genetic associations of test-day fat:protein ratio with milk yield, fertility, and udder health traits in Nordic Red cattle. *Journal of Dairy Science* 96 :1237 – 1250.
- Niemi, A-M. 2012. Jalostussuunnittelu tilatasolla. Teoksessa: Vahsen, T. Mittaa ja Valitse Lypsykarjanjalostuksella tuloksiin. 1. painos. Opetushallitus. Juvenes Print Oy, Tampere. s. 119 – 125.
- Nokka, S. 2011. Nuorkarjahavainnot avaavat silmät uudella tavalla vasikoiden ja hiehojen maailmaan. Proagria Keskusten liitto. <https://www.proagria.fi/-ajankohtaista/nuorkarjahavainnot-avaavat-silmat-uudella-tavalla-vasikoiden-ja-hiehojen-maailmaan-495>. Viitattu 1.5.2014.
- Nokka, S. 2013. Tuotosseurannan tulokset 2012. ProAgria Keskusten liitto. http://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/tuse_esitys_tulosseminaari_2013sn.pdf. Viitattu 27.10.2013.
- Nordéus, K., Båge, R., Gustafsson, H., Humblot, P. & Söderquist, L. 2012. *Acta Scandinavica* 54: 1 – 11.
- Norismaa, M. 2013. Hiehoprosessin tehostamisella säästöjä ja lisää maitoeuroja. ProAgria Keskusten liitto. http://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/hiehojen_kasvatus_norismaa_tulosseminaari_24.4.2013_0.pdf. Viitattu 10.3.2014.
- Norman, H. D. & Van Vleck, L. D. 1971. Type Appraisal: III. Relationships of First Lactation Production and Type Traits with Lifetime Performance. *Journal of Dairy Science* 55: 1726 – 1734.

- Norman, H. D., Powel, R. L., Wright, J. R. & Gassel, P. G. 1988. Phenotypic and genetic relationship between linear functional type traits and milk yield for five breeds. *Journal of Dairy Science* 71: 1880 – 1896.
- Nousiainen, J. 2005. Vasikasta hiehoksi. Teoksessa: Vasikan hoito-opas. Valio oy. s. 42 – 44.
- Oltenacu, P. A., Frick, A. & Lindhé, B. 1991. Relationship of fertility to milk yield in Swedish cattle. *Journal of Dairy Science* 74: 264 – 268.
- Pereira, M. H. C., Rodrigues, A. D. P., De Carvalho, R. J., Wiltbank, M. C. & Vasconcelos, J. L. M. 2014. Increasing length of an estradiol and progesterone timed artificial insemination protocol decreases pregnancy losses in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97: 1454 – 1464.
- Pritchard, T., Coffey, M., Mrode, R. & Wall, E. 2013. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. *Animal* 7: 34 – 46.
- Pryce, J. E., Nielsen, B. L., Veerkamp, R. F. & Simm, G. 1999. Genotype and feeding system effects and interactions for health and fertility traits in dairy cattle. *Livestock Production Science* 57: 193 – 201.
- Pryce, J. E., Coffey, M. P. & Brotherstone, S. 2000. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. *Journal of Dairy Science* 83: 2664 – 2671.
- Pryce, J. E., Simm, G. & Robinson, J. J. 2002. Effects of selection for production and maternal diet on maiden dairy heifer fertility. *Animal Science* 74: 415 – 421.
- Pryce, J. E., Royal, M.D., Garnsworthy, P. C. & Mao, I. L. 2004. Fertility in the high-producing dairy cow. *Livestock Production Science* 86: 125 – 135.
- Pösö, J. & Mäntysaari, E. A. 1996. Genetic relationships between reproductive disorders, operational days open and milk yield. *Livestock Production Science* 46: 41 – 48.
- Rautala, H. 1996. Hedelmällisyys. Teoksessa: Rautala, H. Tavoitteena terve karja. 3. painos. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä. s. 102 – 142.
- R core team. 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Roelofs, J., van Eerdenburg, F. J. C. M., Soede, N. M. & Kemp, B. 2005. Pedometer readings for estrous detection and as predictor for ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 64: 1690 – 1703.
- Roelofs, J. B., Graat, E.A.M., Mullaart, E., Soede, N.M., Voskamp-Harkema, W. & Kemp, B. 2006. Effects of insemination–ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology* 66: 2173 – 2181.

- Roelofs, J., López-Gatius, F., Hunter, R. H. F., van Eerdenburg, F. J. C. M. & Hanzen, Ch. 2010. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 74: 327 – 344.
- Roxström, A., Strandberg, E., Berglund, B., Emanuelson, U. & Philipsson, J. 2001. Genetic and environmental correlations among female fertility traits and milk productions in different parities of Swedish Red and White dairy cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* 51: 7 – 14.
- Royal, M. D., Darwash, A. O., Flint, A. P. F., Webb, R., Woolliams, J. A., Lamming, G. E. 2000. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Animal of Dairy Science* 70: 487 – 501.
- Schillo, K. K., Hall, J. B. & Hileman, S. M. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *Journal of Dairy Science* 70: 3994 – 4005.
- Sawa, A. & Krężel-Czopek, S. 2009. Effect of first lactation milk yield on efficiency of cows in herds with different production levels. *Archiv Tierzucht* 52: 7 – 14.
- Sewalem, A., Kistemaker, G. J., Miglior, F. & Van Doormaal B. J., 2004. Analysis of the Relationship Between Type Traits and Functional Survival in Canadian Holsteins Using a Weibull Proportional Hazards Model. *Journal of Dairy Science* 87: 3938–3946.
- Sewalem, A., Kistemaker, G. J. & Van Doormaal B. J., 2005. Relationship between type traits and longevity in Canadian Jerseys and Ayrshires using a Weibull Proportional Hazards Model. *Journal of Dairy Science* 88: 1552–1560.
- Sewalem, A., Miglior, F., Kistemaker, G. J., Sullivan, P. & Van Doormaal, B. J. 2008. Relationship Between Reproduction Traits and Functional Longevity in Canadian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 91: 1660–1668.
- Sewalem, A., Kistemaker, G. J. & Miglior, F. 2010. Relationship between female fertility and production traits in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 93: 4427 – 4434.
- Strandén, I. 2011. Relax2 program for pedigree analysis user's guide to version 1.50.
- Tiezzi, F., Maltecca, C., Cecchinato, A., Penasa, M. & Bittante, G. Genetic parameters for fertility of dairy heifers and cows at different parities and relationships with production traits in first lactation. *Journal of Dairy Science* 95: 7355 – 7362.
- Toivonen, M. 2012. Jalostusarvostelut käytännössä. Teoksessa: Vahlsten, T (toim.). Mittaa ja Valitse Lypsykarjanjalostuksella tuloksiin. 1. painos. Opetushallitus. Juvenes Print Oy, Tampere. s. 49 – 93.
- Tucker, H. A. 1982. Seasonality in cattle. *Theriogenology* 17: 53 – 59.
- Van Drop, T. E., Dekkers, J. C. M. & Martin, S. M. 1998. Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk and conformation traits of registered dairy Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 81: 2264 – 2270.

- Van Eerdenburg, F. J. C. M., Loeffler, H. S. H. & van Vliet, J. H. 1996. Detection of oestrus in dairy cows: A new approach to an old problem. *Veterinary Quarterly* 18: 52 – 54.
- Van Raden, P. M., Sanders, A. H., Tooker, M. E., Miller, R. H., Norman, H. D., Kuhn, M. T. & Wiggans, G. R. 2004. Development of a National Genetic Evaluation for Cow Fertility. *Journal of Dairy Science* 87: 2285–2292.
- Veerkamp, R. F. & Brotherstone, S. 1997. Genetic correlations between linear type traits, food intake, live weight and condition score in Holstein Friesian dairy cattle. *Animal Science* 64: 385 – 392.
- Veerkamp, R. F., Koenen, E. P. C. & De Jong, G. 2001. Genetic correlations among body condition score, yield, and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. *Journal of Dairy Science* 84: 2327 – 2335.
- Wall, E., White, I. M. S., Coffey, M. P. & Brotherstone, S. 2005. The relationship between fertility, rump angle, and selected type information in Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science* 88: 1521 – 1528.
- Zink, V., Štíptoková, M. & Lassen, J. 2011. Genetic parameters for female fertility, locomotion, body condition score, and linear type traits in Czech Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 94: 5176 – 5182.
- Zink, V., Lassen, J. & Štíptoková, M. 2012. Genetic parameters for female fertility and milk production traits in first-parity Czech Holstein cows. *Czech Journal of Animal Science* 57: 108 – 114.