
**JALOSTUKSELLINEN EDISTYMINEN LYPSYLEHMIEN
ALKIONSIIRTOJALOSTUKSESSA SUOMESSA
VUOSINA 2000–2009**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, maatilatalouden suuntautumisvaihtoehto

Mustiala, syksy 2013

Heidi Kneckt



MUSTIALA

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Maatilatalouden suuntautumisvaihtoehto

Tekijä	Heidi Knecht	Vuosi 2013
Työn nimi	Jalostuksellinen edistyminen lypsylehmien alkionsiirtojalostuksessa Suomessa vuosina 2000–2009	

TIIVISTELMÄ

Kotieläintuotannon kulmakivi on tuotannon taloudellinen kannattavuus. Kotieläinjalostuksen keinoin voidaan saavuttaa pysyvää tuotannon tehoa ja sitä kautta kannattavuuden kasvua parantamalla karjan perinnöllistä ainesta. Alkionsiirtojalostuksen avulla karjan eläinainesta voidaan parantaa pysyvästi ja tavanomaista keinosiemennysjalostusta nopeammin.

Lypsykarjan alkionsiirtojalostus on Suomessa kasvattanut suosiotaan viimeisenä viitenätoista vuotena. Huuhteluita ja alkiosaantoja on tutkittu, mutta konkreettista käsitystä alkionsiirron jalostuksellisista tuloksista ei ole ollut. Tämä tutkimus toteutettiin vastaamaan tähän tarpeeseen suomalaisen naudanjalostusyritys Faban toimeksi antamana. Työn tavoitteena oli muodostaa alkionsiirtojalostuksen teoriaan tukeutuen käsitys suomalaisen alkionsiirtojalostuksen tuloksista ayrshire- ja holstein-friisiläisrodun osalta viime vuosikymmenellä.

Tutkimus toteutettiin määrällisenä. Siinä analysoitiin Faban ja Maaseudun laskentakeskuksen keräämiä tietoja alkionsiirrolla syntyneistä eläimistä ja saman ikäluokan muusta populaatiosta. Nämä jaoteltiin huuhtelu-/alkiotyyppin mukaan ryhmiin, joista laskettiin Microsoft Office Excel-taulukkolaskentaohjelmalla keskiarvot NTM-kokonaisjalostusarvon, tuotosindeksin, utare- ja jalkarakenneindeksin sekä maitotuotoksen, rasva- ja valkuaistuotoksen osalta.

Johtopäätöksenä oli, että alkionsiirrolla syntyneiden eläinten perinnöllinen taso vuosina 2000–2009 oli muuta populaatiota jonkin verran korkeampi useimmissa tutkituissa indekseissä, noudatellen kuitenkin muun populaation jalostuksellisen kehityksen liikkeitä. Faban sopimushuuhteluista saatujen alkioeläinten ja tuontialkioeläinten kohdalla pienet vuosikohtaiset otokset heikensivät tulosten luotettavuutta liiaksi, jotta niiden perinnöllisen tason kehityksestä voisi vetää johtopäätöksiä.

Avainsanat Kotieläinjalostus, alkionsiirtojalostus, alkionsiirto, lypsykarja

Sivut 43 s. + liitteet 4 s.

MUSTIALA

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries
Agriculture Option

Author

Heidi Kneckt

Year 2013

Subject of Bachelor's thesis

Progress in embryo transfer breeding of dairy cows in Finland from 2000 to 2009

ABSTRACT

The cornerstone of livestock rearing is its economic viability. Increase in the efficiency of the production and thus economic growth can be obtained by improving the hereditary level of cattle by the means of breeding. With embryo transfer breeding this can be obtained permanently and faster than can be done by conventional breeding based on artificial insemination.

In the recent years the embryo transfer technology of dairy cattle has increased its popularity in Finland. There have been studies on embryo flushings and yields but no tangible understanding on the results of embryo transfers. Commissioned by a Finnish cattle breeding enterprise Faba, the purpose of this study was to answer to this demand. The objective of this report was to form an opinion on the results of Finnish embryo transfer breeding of Ayrshire and Holstein-Friesian dairy cows on the basis of the theory of embryo transfer breeding.

The method of the study was quantitative. The data on embryo transfer animals and the rest of the population of the same age group was gathered from databases of Faba and Maatalouden laskentakeskus and analysed with Microsoft Office Excel spreadsheet program. The sample animals were divided by embryo type in separate groups, on which the arithmetic mean was calculated on NTM-breeding value, production index, udder and leg conformation index as well as milk, fat and protein yields.

The conclusion of the study is that the genetic level of embryo transfer animals in most of the breeding values included in the study during 2000 to 2009 is somewhat higher than the rest of the population, while being congruent with its progress. With the embryo animals from Faba contract flushing and imported embryos the small yearly takes reduced the reliability of their results so that there cannot be established any conclusion as to the progress of their hereditary level.

Keywords Selective breeding, embryo transfer, dairy cattle,

Pages 43 p. + appendices 4 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KOTIELÄINJALOSTUKSEN SANASTOA	2
3	ALKIONSIIRTOJALOSTUS	4
3.1	Alkionsiirtojalostuksen historiaa.....	4
3.2	Alkion kehitys	6
3.3	Luovuttajan ja vastaanottajien valinta.....	6
3.4	Alkiohuuhtelun ja -siirron valmistelu	7
3.5	Alkiohuuhtelu.....	8
3.6	Alkionsiirto.....	9
3.7	Kiimantarkkailun merkitys alkionsiirto-ohjelmassa	9
3.8	Alkioiden sukupuolilajittelu	10
3.9	Alkionsiirtojalostuksen hyödyt	11
3.10	Tilastotietoa alkiohuuhteluista ja -siirroista Suomessa	11
4	VALTAKUNNALLINEN LYPSYKARJAN JALOSTUSOHJELMA	13
4.1	Jalostusohjelmien periaatteet.....	13
4.2	Jalostusohjelman sisältö	14
4.3	ASMO-ydinkarja lypsykarjan jalostusohjelmassa	15
5	TUTKIMUS LYPSYLEHMIEN ALKIONSIIRTOJALOSTUKSEN JALOSTUKSELISESTÄ EDISTYMISESTÄ SUOMESSA VUOSINA 2000–2009	16
5.1	Tutkimuksen tausta ja tavoitteet.....	16
5.2	Tutkimusaineisto ja -menetelmät	17
5.3	Otoksen valinta.....	18
5.4	Tutkimukseen valitut perinnöllistä edistymistä kuvaavat mittarit	18
5.4.1	NTM-kokonaisjalostusarvo/odotusarvo	18
5.4.2	Tuotosominaisuudet	19
5.4.3	Rakenneominaisuudet.....	20
5.4.4	Hedelmällisyysominaisuudet.....	21
5.4.5	Käyttöominaisuudet.....	21
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET.....	22
6.1	Ayrshire.....	22
6.1.1	NTM-kokonaisjalostusarvo/odotusarvo	22
6.1.2	Tuotosindeksi	23
6.1.3	Utarerakenneindeksi	24
6.1.4	Jalkarakenneindeksi.....	25
6.1.5	Maitotuotos.....	26
6.1.6	Rasvatuotos.....	27
6.1.7	Valkuaistuotos	28
6.2	Holstein-friisiläinen.....	29
6.2.1	NTM-kokonaisjalostusarvo/odotusarvo	29
6.2.2	Tuotosindeksi	30
6.2.3	Utarerakenneindeksi	31

6.2.4	Jalkarakenneindeksi.....	32
6.2.5	Maitotuotos.....	33
6.2.6	Rasvatuotos.....	34
6.2.7	Valkuaistuotos.....	35
6.3	Aineiston jakauma.....	36
6.3.1	Tutkimusaineiston jakauma alkio-/huuhtelutyypin mukaan.....	36
6.3.2	Sukupuolilajitellut alkiot.....	37
6.3.3	Tuore-/pakastealkiojakauma.....	37
6.3.4	Alkioiden alkuperämaajakauma.....	38
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	38
	LÄHTEET.....	42

Liite 1 TUTKIMUKSEN OTOKSET: AYRSHIRE

Liite 2 TUTKIMUKSEN OTOKSET: HOLSTEIN-FRIISILÄINEN

1 JOHDANTO

Kotieläinjalostuksen lähtökohtana on ollut ja on yhä kehittää eläinaineksesta entistä tuottavampaa, jotta kotieläintuotanto olisi tuottajalle taloudellisesti kannattava elinkeino.

Kotieläintuotantoa pyritään muun muassa jalostuksen keinoin jatkuvasti tehostamaan, jotta voitaisiin tuottaa enemmän vähemmällä eläin- ja rehumäärällä. Lypsykarjan kohdalla tuotannon tasoa voidaan pyrkiä nostamaan myös esimerkiksi optimoimalla eläinten ruokintaa ja tuotanto-olosuhteita. Nämä tehostamistoimet ovat kuitenkin vain väliaikaisia ja riippuvaisia niiden toteutuksesta. Pysyvää tuotannon tehon kasvua sen sijaan voidaan saavuttaa parantamalla eläinainesta suunnitelmallisella kotieläinjalostuksella. Ympäristötekijöitä parantamalla voidaan saavuttaa vain väliaikaista hyötyä sen takia, että niin voidaan ylittää eläimen geneettisen tuotantokyvyn maksimiin, mutta ei sen yli. Jalostamalla eläinainesta paremmaksi voidaan tätä perinnöllistä maksimia kasvattaa, sillä geenit asettavat raamit eläimen tuotantokyvylle.

Eläimen perinnöllinen arvo ei näy päällepäin, joten sen mittaamiseen on käytettävä monimutkaista tilastomatematiikkaa. Niin saadaan laskettua kullekin eläimelle erinäisiä indeksejä eli jalostusarvon ennusteita, joiden avulla voidaan tietää eläimen jalostuksellinen arvo. Näitä jalostuksen mittareita apuna käyttäen on tässä opinnäytetyössä selvitetty alkionsiirrolla syntyneiden eläinten jalostuksellinen edistyminen verrattuna muuhun saman ikäryhmän lehmäpopulaatioon.

Suunnitelmallisella jalostustyöllä pyritään parantamaan maitotilan taloudellista kannattavuutta pitkällä aikavälillä. Eläinaineksen parantaminen jalostuksen avulla on hidasta, mutta sillä saavutetut edut ovat pysyviä ja kumuloituvia. Kotieläinjalostuksen tavoitteena on tuottava, terve ja hedelmällinen karja, jota on helppoa ja mielekästä hoitaa. Kun eläinten perimää saadaan parannettua, tuotanto muuttuu tehokkaammaksi samalla kun tuotantokustannukset tuotettua maitokiloa kohtaan pienenevät. Maitotuotoksen parantuessa tarvitaan vähäisempi määrä eläimiä saman maitomäärän tuottamiseen. Tuotannon tehostumisen lisäksi jalostuksella saadaan myös vähennettyä eläinten rakennevioista sekä hedelmällisyys- ja terveysongelmista johtuvia kustannuksia näiden ominaisuuksien parantuessa. Myös uudistuskustannukset pienenevät, kun eläimet ovat terveempiä ja kestävät paremmin tuotannon rasituksia pysyen näin tuotannossa aiempaa pidempään.

Ajatus alkionsiirtojalostusta käsittelevästä opinnäytetyöstä sai alkunsa keuhalla 2009 suorittaessani erikoistumisharjoittelua Faba Jalostus Osk:ssa alkilogistiikan parissa. Hain Faba Jalostus Osk:on harjoitteluun, koska suuntaudun opinnoissani kotieläintuotantoon, ja olen kiinnostunut kotieläinjalostuksesta. Harjoittelun aikana huomasin, että alkionsiirtojalostus on erityisen kiehtovaa. Se on nykyaikainen työkalu karjan eläinaineksen

parantamiseen ja perinnöllisen edistymisen nopeuttamiseen. Alkionsiirto-tekniikan avulla jalostuksellisesti korkeatasoisista lehmistä on mahdollista saada enemmän jälkeläisiä kuin perinteiseen keinosiemennykseen perustuvassa jalostusohjelmassa, jossa lehmä poikii elinaikanaan keskimäärin vain kaksi vasikkaa. Huuhtelemalla alkioita jo hiehoista voidaan sukupolvien välistä aikaa lyhentää jopa yli puoleen siitä, mitä se perinteisissä jalostusohjelmissa on.

2 KOTIELÄINJALOSTUKSEN SANASTOA

Jalostusarvo, indeksi eli jalostusarvon ennuste

Jalostusarvolla tarkoitetaan eläimen kaikkien yksittäisten geenien summaa eli niiden keskimääräistä vaikutusta. Jalostusarvosta käytetään myös termiä additiivinen geneettinen arvo. Hedelmöityksen hetkellä jälkeläinen saa satunnaisesti puolet kummankin vanhempansa geneeistä. Koska kukin jälkeläinen saa satunnaisesti eri genejä, joilla on erilaisia vaikutuksia, on yksilön kaikkien jälkeläisten jalostusarvo keskenään erilainen. Jälkeläiset saavat vanhemmiltaan vain yksittäisiä genejä, eivät vanhempiensa omia geeniyhdistelmiä, joten yksilön johonkin ominaisuuteen vaikuttavien yksittäisten geenien yhteisvaikutuksen määrittäminen on tärkeää. Käytännössä yksittäisten geenien vaikutuksia ei kuitenkaan tiedetä, kuten ei myöskään yksilön todellisia jalostusarvoja. Siksi yksilön oma jalostusarvo ennustetaan sen omien ja sukulaisten tuloksien perusteella. Jälkeläisten tulokset ovat sonnien kohdalla merkittävimpiä, sillä ne ennustavat sitä, minkälaisia geenivaikutuksia sonnilla itsellään todennäköisesti on. Jälkeläisten tulosten keskimääräinen paremmuus tai huonommuus kuvastaa siis 50 prosenttia niiden vanhemman geneettisestä paremmuudesta tai huonommuudesta. Jotta eri eläinten tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia keskenään, on niihin kuitenkin ensin tehtävä korjauksia. (Ojala 1999, 72.) Tämä karjakorjaukseksi kutsuttu eläimen ympäristöolosuhteiden korjaaminen jalostusarvon ennusteista huomioi karjaan, vuoteen, vuodenaikaan, karjan normaaliin tasoon sekä karjan eri vuosien väliin eroihin liittyvät seikat. (Juga 2012, 12–13.) Lehmien kohdalla erityisesti on tärkeää tasoittaa eri karjojen erisuuruisen vaikutuksen vaihtelu lehmien jalostusindekseihin. Tämän vuoksi erityisesti huippulehmien tuotosominaisuuksien indeksit laskevat sellaisissa karjoissa, joissa eläinten väliset erot ovat tavanomaista suurempia.

Jalostusarvon ennustetta kutsutaan indeksiksi. Käsitys jalostusarvon ennusteesta muuttuu jatkuvasti kun eläimen ja sen sukulaisten tiedot lisääntyvät tai kun tietoja käytetään eri tavalla, esimerkiksi arvostelutapojen muuttuessa, siitä huolimatta että eläimen todellinen, tuntematon jalostusarvo ei koskaan muutu. Jotta jalostusarvostelu toimisi mahdollisimman hyvin, on erittäin tärkeää, että eläinten sukulaisuustiedot tallennetaan tietokantoihin oikein. Näin kaikki eläimen sukulaisuustiedot saadaan hyväksikäytettyä arvioinnissa, ja eläimen jalostusarvon ennusteet laskettua mahdollisimman luotettavasti. (Pösö 2006, 10–11.)

Nordic Total Merit, NTM

Nordic Total Merit, lyhyemmin NTM, on yhteispohjoismaisen jalostusarvosteluyhdistys NAV:in kehittämä lypsyrotuisten sonnien ja lehmien kokonaisjalostusarvo, joka on käytössä Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa. NAV eli Nordisk Avelsvärdering on vastuussa lypsykarjan yhteispohjoismaisista jalostustavoitteista ja jalostusarvoista yhdessä kansallisten organisaatioiden kanssa. Faba Osk on yksi NAV:n omistajista. NTM-kokonaisjalostusarvo otettiin käyttöön 15.10.2008. (NTM-kokonaisjalostusarvo 2013.)

NTM-kokonaisjalostusarvon käyttöönotto on edistänyt yhteistyötä Suomen, Ruotsin ja Tanskan kotieläinjalostusorganisaatioiden kesken ja mahdollistanut eläinten perinnöllisen tason vertailun ja eläinvalinnan maiden kesken. NTM:ää kehitettäessä jalostustavoitteet pysyivät pitkälti samoina kuin mitä ne olivat aikaisemmin Pohjoismaissa; tavoitteena on kestävä ja hyvätuoksinen lehmä, jonka rakenne- ja käyttöominaisuudet ovat kunnossa. Koska maidontuotantoon kohdistuu tulevaisuudessa yhä suurempia vaatimuksia eläinten hyvinvoinnin suhteen, painotetaan NTM:ssä erityisesti lehmien hedelmällisyyttä, terveyttä, rakennetta ja poikimaominaisuuksia. (Uusi pohjoismainen kokonaisjalostusarvo on NTM 2012.)

BLUB

Lyhenteellä BLUB (Best Linear Unbiased Prediction) tarkoitetaan eläinten jalostusarvojen arvioimiseen käytettävää laskentamenetelmää, jossa otetaan samanaikaisesti huomioon eläimen perimän osuus sekä ympäristön vaikutus eläimen tuloksiin. Tähän tarvitaan kaikkien lehmien ja sonnien sukulaisuustiedot sekä saatavilla olevat tulokset kustakin jalostettavasta ominaisuudesta. (Toivonen 2007, 37.)

Genotyyppi

Genotyyppi tarkoittaa yksilön geneettistä ainesta eli perimää. Genotyypillä voidaan viitata yksilön koko perimään eli kaikkiin geeneihin ja geeniyhdistelmiin, tai sillä voidaan tarkoittaa suppeammin myös yksilön johonkin tiettyyn ominaisuuteen, kuten turkin väriin tai maitotuotokseen vaikuttavia geenejä ja geeniyhdistelmiä. (Bourdon 2000, 4-5.)

Fenotyyppi

Fenotyypillä tarkoitetaan yksilön genotyypin ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutusta. Tämä ilmaistaan geneettisellä perusyhtälöllä $P = \mu + G + E$, missä P on fenotyyppi, μ keskitaso, G perintötekijöiden vaikutus ja E ympäristötekijöiden vaikutus. Fenotyypistä saatetaan käyttää suomenkielistä nimitystä ilmiasu, mutta kotieläinjalostuksessa fenotyypillä tarkoitetaan yleisesti eläimeltä mitattavia ominaisuuksia, tuloksia tai tuotoksia, ei siis pelkästään päällepäin näkyviä ominaisuuksia. (Ojala 1999, 57.)

Heritabiliteetti

Heritabiliteetti eli h^2 tarkoittaa periytymisastetta tai arvosteluvarmuutta. Se kertoo kuinka suuri osa fenotyypissä tapahtuvasta muuntelusta johtuu perimästä. Heritabiliteetti ilmoitetaan joko desimaaleilla tai prosentteina. Mitä korkeampi heritabiliteetti on, sitä suurempi on perimän vaikutus omi-

naisuuden muunteluun. Näin ollen korkea heritabiliteetti nopeuttaa jalostustyötä. Esimerkiksi lypsylehmien maitomäärän periytyvyysaste on 0,25 eli 25 % siinä esiintyvistä muuntelusta johtuu geeneistä ja 75 % ympäristön vaikutuksesta. Tämänsuuruinen heritabiliteetti on keskitasoa. Esimerkiksi hedelmällisyyden heritabiliteetti on matala, alle 0,10, kun taas esimerkiksi rakenneominaisuuksien periytyvyys on korkea, yli 0,40. (Toivonen 2007, 31.)

Populaatio

Populaatiolla tarkoitetaan samaan aikaan samalla alueella elävää joukkoa, jonka yksilöt kuuluvat samaan lajiin. Tässä opinnäytetyössä populaatiolla tarkoitetaan kaikkia samaan lypsylehmärotuun kuuluvia yksilöitä Suomessa.

3 ALKIONSIIRTOJALOSTUS

3.1 Alkionsiirtojalostuksen historiaa

Maailman ensimmäinen raportoitu naudan alkionsiirto tapahtui vuonna 1949, ja ensimmäinen alkionsiirrolla aikaansaatu vasikka syntyi kaksi vuotta myöhemmin. Kaupallinen alkionsiirto alkoi 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa, kun eurooppalaiset yhdistelmärodut tulivat suosioon Pohjois-Amerikassa, Australiassa ja Uudessa-Seelannissa. Eurooppalaiset kasvatijat etsivät keinoja hyötyä huippueläinten jälkeläisten kovasta kysynnästä ilman elävien eläinten viennistä aiheutuvat korkeita kuluja ja pitkää karanteenia. Tästä johtunut alkionsiirtopalveluiden suuri kysyntä antoi sysäyksen alkionsiirtotekniikan nopealle kehitykselle. Näin ensimmäiset kaupalliset alkionsiirtopalvelut tulivat markkinoille. 1970-luvulla alkionsiirtoja suoritettiin vakituisesti muutamassa Euroopan maassa sekä Yhdysvalloissa. (Seidel & Moore Seidel 1991, 1; Veijonen 1984, 221.)

Ei-kirurgisten alkiohuuhtelutekniikoiden kehitys alkoi 1970-luvun puolivälissä ja niiden käyttö alkoi yleistyä vuonna 1986, mikä oli edellytyksenä alkionsiirtotekniikan laajamittaiselle kaupalliselle käytölle. (Gordon 2003, 329–330). Alkionsiirtoteknologian kehityksen uranuurtajia olivat Chris Polge ja hänen tutkimusryhmäänsä kuuluneet Tim Rowson, Ian Wilmut ja Steen Willadsen, jotka suorittivat tutkimuksiaan Cambridgen Animal Research Stationissa. Polgen tutkimusryhmä onnistui naudan alkion pakastusmenetelmän kehittämisessä, alkion halkaisussa, koeputkihedelmöityksessä sekä kiimojen synkronoinnissa. Ryhmän tutkimustulokset hyväksyttävistä tiinehtymisprosentteista alkionsiirroissa edesauttoivat suuresti kaupallisen alkionsiirtotekniikan kehitystä maailmalla. (Geneettisen vaihtelun ylläpito kryovarastoissa 2010, 27–30; Gordon 2003, 4-5.)

1970-luvulla eri tutkijat päätyivät laskelmissaan siihen tulokseen, että alkionsiirrolla voitaisiin lisätä keinosiemennyksellä saavutettavaa perinnöllistä edistymistä vain 10–15 prosenttia, mitä ei pidetty riittävänä suhteessa alkionsiirtotekniikan kalleuteen ja hankaluuteen. (Maijala 1998, 48.)

1970- ja 1980-lukujen vaihteessa esitettiin kuitenkin uudenlainen vaihtoehto alkionsiirron käytöstä lypsykarjan jalostuksessa. Frank Nicholas ja Charles Smith laskivat, että alkionsiirron ja moniovulaation (MOET) käyttö yhdessä voisivat tehostaa keinosiemennysjalostuksen tehokkuutta kohtuullisin kustannuksin taiten käytettynä ja alkioita jakamalla. Heidän ohjelmansa lähtökohtana oli tuottaa täyssisaruksia, joita käytettäisiin testaukseen ja sekä uusien keinosiemennyssonnien että alkionluovuttajien valintaan. Sonnit valittaisiin jälkeläisten sijaan sisarten tuotoksen perusteella, mikä lyhentäisi sukupolvien välistä aikaa huomattavasti verrattuna jälkeläisarvosteluun, mutta haittapuolena olisi alhaisempi arvosteluvarmuus. Kokeiltaessa MOET-ohjelmaa käytännössä huomattiin kuitenkin, että ohjelmaa luotaessa oli tehty vääriä johtopäätöksiä, jotka johtivat siihen että ohjelmalla saatavaa hyötyä yliarvioitiin ja sukusiitoksen kasvua aliarvioitiin. Tämän jälkeen ohjelmaa on paranneltu ja optimoitu useaan kertaan. Nykypäivänä katsotaan, että oikein muokatulla MOET-ohjelmalla voidaan lisätä jalostuksen tehokkuutta verrattuna perinteisiin jalostusmenetelmiin, vaikka saavutettavat tulokset ovatkin alhaisemmat kuin alun perin oli odotettu. Nicholasin ja Smithin tutkimusten myötä myös Suomessa tuli ajankohtaiseksi ottaa käyttöön uusia tekniikoita ja kehittää näiden vaatimia uusia arvostelu- ja valintamenetelmiä. (Simm 2000, 211–213.)

Suomen ensimmäinen alkionsiirto tapahtui kirurgisesti vuonna 1979 Jalostuspalvelun toimesta. Ensimmäiset ei-kirurgisesta alkionsiirrosta alkunsa saaneet vasikat syntyivät vuonna 1984 Maatalouden tutkimuskeskuksessa, jossa myös alettiin pakastaa alkioita. Vuonna 1982 MTT:n Kotieläinjalostuslaitos alkoi kehittää teknisiä valmiuksia alkionsiirtoihin ja niiden lukuisiin hyödyntämismuotoihin. Lähtökohtina pidettiin laajan karjantarkkailun antamien tietojen hyödyntämistä, lähtöaineksen korkeatasoisuutta sekä MOET-ydinkarjasta saatujen tulosten testaamista käytännön tiloilla. Tästä johtuen päädyttiin keräämään maan parhaista sonninemistä alkioita Jokioisten kartanon ayrshirekarjaan. Tämä saatiin kuitenkin toteutettua lukuisien välivaiheiden jälkeen vasta 1990-luvun loppupuolella, kun Jokioisten kartanoihin perustettiin ASMO-ydinkarja. Vuonna 1986 tutkijat Asko Mäki-Tanila ja Jarmo Juga totesivat että Nicholasin ja Smithin ennusteet suljetun mallin MOET:sta olivat liian optimistisia perinnöllisen edistymisen suhteen. Samana vuonna perustettiin Alkiokeskus Oy, jonka vastuulla oli suorittaa alkionsiirtoja tiloilla käytännössä. Vuonna 1990 MTT, Alkiokeskus, Faba ja Valio aloittivat yhteisen tutkimusohjelman, jossa oli tavoitteena tutkia alkionsiirron käyttöä maidon valkuaispitoisuuden optimoimiseksi niin kutsutussa avoimessa ydinkarjassa. Näin sai alkunsa ASMO-ydinkarja, jossa saatiin kuuden ensimmäisen toimintavuoden aikana yli 2700 alkioita, joista 66 prosenttia oli siirtokelpoisia. Ohjelmaa jatketaan Jokioisten kartanoon perustetussa keskitetyssä ydinkarjassa, jonka omistaa Alkiokeskus Oy. (Maijala 1998, 49.) Vuoteen 2012 mennessä ydinkarjassa oli testattu noin 900 ensikkoa ja ASMO-emiksi valittu yli 100 lehmää. (ASMO-karja 2013.) Alun perin ydinkarja koostui pelkästä ayrshirekarjasta, mutta tämän tutkimuksen teon jälkeen se on ollut avoin myös holsteinille.

3.2 Alkion kehitys

Naudasta on evoluutionsa aikana kehittynyt yksöissyntyttäjä, eli se synnyttää normaalisti yhden, harvemmin kaksi vasikkaa kerralla. Tämän takia lehmän lisääntymiselimistöissä, tarkemmin sanottuna munasarjoissa, on mekanismi, joka estää useamman munasolun kypsymisen ja irtoamisen samanaikaisesti. Normaalisti lehmän munasarjoissa kehittyy follikkelin sisällä yksi munasolu, joka follikkelin puhjetessa vapautuu. Kun munasolu on irronnut, eli on tapahtunut ovulaatio, se hakeutuu munanjohtimeen. Lehmää siemennettäessä sonnin spermaa kulkeutuu kohtuun ja kohdun-sarviin, jolloin munasolu hedelmöityy. Hedelmöitynyt munasolu alkaa jakautua ensin kahteen soluun, sitten neljään soluun ja niin edelleen, kunnes se viidestä kuuteen vuorokauden kuluttua saapuu kohtuun. Viikon ikäinen alkio on kuoren suojaama 0,15 millimetrin kokoinen solupallo, jonka solut eivät ole vielä erikoistuneet. Annettaessa alkion kehittyä edelleen normaalisti eteenpäin se kadottaa kuorensa, muuttuu rihmamaiseksi ja kiinnittyy kohdun seinämään noin kaksi viikkoa hedelmöityksestä. (Hyvönen, Jokinen, Kaimio, Myllymäki & Toivonen 2002, 10.)

3.3 Luovuttajan ja vastaanottajien valinta

Alkionsiirto on aikaa vievä ja suhteellisen kallis tapa tuottaa uutta eläinainesta, joten luovuttajaeläimet tulee valita huolella ja järkevästi. Luovuttajan tulee olla valtakunnallisesti huipputasoinen jalostuseläin, jotta siitä on järkevää tuottaa alkioita, varsinkin jos aikomuksena on myydä alkioita oman tilan ulkopuolelle.

Alkioluovuttajaeläimen tulee olla puhdasrotuinen hieho tai lehmä, joka on terve, normaalisti kehittynyt ja jonka kiimakierto tunnetaan. Eläimen säännöllisen kiimakierron tulee olla alkanut. Lehmä voidaan huuhdella, kun kohtu on palautunut poikimisesta, alarajana pidetään kahta kuukautta. Hiehon tulee olla siemennysikäinen ja -kokoinen. Yleensä ensimmäinen huuhtelu tehdään hiehon ollessa 14 kuukauden ikäinen. Luovuttajaeläimen ruokinnan, hoidon ja muiden olosuhteiden tulee olla kunnossa: suuria, äkillisiä muutoksia olosuhteissa on vältettävä huuhtelua edeltävän kuukauden aikana. Luovuttajaeläimen tulisi olla jalostusarvosteltu, jalostukselliselta laadultaan korkeatasoinen eläin, jolla mielellään on takana hyvä sukutaulu. Luovuttajan tulee Kotieläinjalostuslain ja Maa- ja metsätalousministeriön määräyksen mukaan olla kantakirjattu, koska vain kantakirjattujen eläinten siemennestettä, munasoluja ja alkioita saa käyttää alkionsiirtotoiminnassa. (Hyvönen ym. 2002, 9.)

Vastaanottajaeläin voi olla mitä rotua tahansa, myös luovuttajan kanssa erirotuinen eläin käy, kunhan otetaan huomioon vasikan mahdollinen suuri kokoero kantajaansa nähden. Vastaanottajahiehojen tulee olla siemennyskokoisia ja -ikäisiä ja niillä tulee olla säännöllinen kiimakierto. Hiehaille ei suositella alkionsiirtoja ensimmäiseen kiimaan. Vastaanottajalehmien kohdalla noudatetaan samoja suosituksia kuin luovuttajaeläinten kohdalla,

eli alkionsiirto voidaan suorittaa lehmälle, kun kohtu on palautunut ja säännöllinen kiimakierto on taas alkanut. Kantajan tulee olla hyvin tiinehtyvä, terve ja se tulisi pystyä pitämään karjassa koko tiineyden ajan. Näin ollen esimerkiksi huonojalkainen, mutta muuten terve kantaja ei ole optimaalinen alkion vastaanottaja, sillä se voidaan joutua poistamaan karjasta ennenaikaisesti, jos jalat eivät kestä poikimiseen saakka. Kantajaeläimen ruokinnan on oltava hyvälaatuisia. Kantajiksi kannattaa valita jalostuksellisesti arvoltaan karjan huonoimpia eläimiä tai eläimiä, joista ei muusta syystä johtuen haluta jättää jälkeläisiä tuotantoeläimiksi. (Hyvönen ym. 2002, 9-10.)

3.4 Alkiohuuhtelun ja -siirron valmistelu

Alkionsiirto-ohjelman kokonaiskesto on hieman yli kuukausi. Ohjelma alkaa karjanomistajan ilmoittaessa alkionsiirtoeläinlääkärille huuhdeltavat eläimet ja sopiessa aikataulusta, mikä tapahtuu silloin kun lehmän poikimisesta on kulunut vähintään kaksi kuukautta, tai vaihtoehtoisesti hiehon ollessa vuoden ikäinen. Eläinlääkäri tarkastaa luovuttajaeläimet ja suunnitellut vastaanottajat ennen ohjelman aloittamista. Luovuttajilla on niin kutsuttu aloituskiima, joka voi olla luonnollinen tai kierukalla tai prostaglandiiniin aikaansaatu, mikäli kiimoja on tarkoitus synkronoida. (Hyvönen ym. 2002, 13–15.)

Huuhteluohjelma aloitetaan 9-12 vuorokautta aloituskiiman jälkeen. Vastaanottajille voidaan laittaa hormonikierukka heti luovuttajan aloituskiiman jälkeen. Koska alkionhuuhtelussa on tavoitteena saada luovuttajaeläimeltä mahdollisimman monta siirtokelpoista alkioita, suoritetaan luovuttajalle superovulaatiohormonihoito FSH- eli follikkelia stimuloivaa hormonia sisältävillä pistoksilla. Näin munasoluja saadaan irtoamaan jopa kymmeniä samanaikaisesti normaalin yhden sijaan. Kun useampi munasolu pystytään hedelmöittämään samanaikaisesti, saadaan huuhdeltua useampia alkioita yhdellä kertaa. Superovulaatiohoidon aloittamista edeltävänä päivänä eläinlääkäri tarkastaa, että luovuttajilta löytyy toimiva keltarauhanen, joka on alkiohuuhtelun edellytys, ja jättää superovulaatiohormonin tilalle. Karjanomistaja antaa luovuttajille superovulaatiohormonia neljänä päivänä kahdesti vuorokaudessa 12 tunnin välein. Niille vastaanottajille, joille ei ole laitettu kierukkaa, annetaan prostaglandiinia superovulaatiokäsittelyn toisena päivänä. Koska superovulaatiohoito saa eläimen tulemaan tavallista nopeammin kiimaan, annetaan luovuttajalle prostaglandiini-injektio vasta käsittelyn kolmantena päivänä. Tällöin poistetaan myös vastaanottajien kierukat. (Hyvönen ym. 2002, 13–15.)

Luovuttajan ja vastaanottajien tulisi olla kiimassa kuudentena päivänä superovulaatio-ohjelman alusta. Siemennykset tehdään kiimaoireiden perusteella. Luovuttaja siemennetään kahdesti 9-15 tunnin välein, jotta eri aikaan irtoavat munasolut hedelmöittyisivät. Joskus siemennyskertoja saat-

taa olla jopa kolme. Vastaanottajien kiimoista tulisi havaita seisovan kiiman ajankohta eli päivä jolloin eläin normaalisti siemennettäisiin, jotta pystytään määrittämään oikea siirtoajankohta. Luovuttajien ja vastaanottajien kiimojen välisen eron tulisi olla korkeintaan vuorokausi, jotta kiimojen synkronoinnin voidaan katsoa olevan onnistunut. (Hyvönen ym. 2002, 13–15.)

Jotta alkionsiirto siis onnistuisi, on luovuttajan ja vastaanottajan oltava keskenään samassa kiimakierron vaiheessa. Koska huuhdeltu alkio on viikon ikäinen, se tulee siirtää kun on kulunut viikko vastaanottajan kiimasta. Tuorealkioilla tästä säännöstä on mahdollista joustaa päivä suuntaan ja toiseen, eli tuorealkio siirretään kun kiimasta on kulunut kuudesta kahdeksaan päivää. Pakastealkioilla suositellaan siirtoa vain tasan seitsemän päivää kiimasta. Kun alkio siirretään viikon ikäisenä, viikko vastaanottajan kiimasta, hyväksyy lehmän elimistö alkion omakseen, sillä alkio viestittää tiineydestä vasta vähän siirron jälkeen. Viestitys tapahtuu progesteronia erittävän, alkutiineyttä ylläpitävän keltarauhasen avulla. Jotta alkio pystyy viestittämään olemassaolostaan keltarauhaselle, on se siirrettävä sen puoleiseen kohdunsarveen, jossa keltarauhanen on. Normaalisti alkio on samalla puolella keltarauhasen kanssa, koska keltarauhanen kehittyy munasolun irtoamiskohtaan. Jos alkio siirretään väärään kohdunsarveen, se ei pysty ilmoittamaan tiineydestä, mistä aiheutuu tiineyden katkeaminen. (Hyvönen ym. 2002, 11.)

3.5 Alkiohuuhtelu

Luovuttaja huuhdellaan viikon kuluttua siemennyksistä. Alkiohuuhtelu tehdään alkiodien ollessa seitsemän vuorokauden ikäisiä, jotta ne olisivat ehtineet saapua kohtuun, mutta eivät kuoriutua vielä. Kuori, zona pelliculada, sekä suojaa alkioita sitä käsiteltäessä että helpottaa alkion löytämistä huuhtelunesteestä. Huuhtelu aloitetaan antamalla luovuttajalle epiduraali eli selkäydinpuudutus, jonka tarkoituksena on saada suolen supistelut lakkaamaan siksi aikaa kun eläinlääkäri suorittaa huuhtelua, jotta tämän olisi helpompi työskennellä peräsuolen kautta. Rauhattomille hiehoille voidaan antaa lisäksi kevyt rauhoitus, jotta ne seisoisivat paikoillaan huuhtelun ajan. Alkiohuuhtelussa eläimen hävyn seutu puhdistetaan ensin huolellisesti, minkä jälkeen huuhtelukatetri viedään emättimen ja kohdunkaulan kautta jompaankumpaan kohdunsarveen. Katetrin kärjen tulisi ylettyä mahdollisimman pitkälle kohdunsarven kärkeen. Tässä vaiheessa, eli seitsemän päivää siemennyksestä, alkiot ovat saapuneet kohtuun, ne eivät ole vielä kuoriutuneet eivätkä kiinnittyneet kohdun seinämään. (Hyvönen ym. 2002, 10, 15.)

Kohdunsarvi suljetaan katetrin kärjen takana olevalla ilmapallukalla, jolloin huuhteluneste saadaan pysymään kohdunsarven kärjessä. Kohdunsarvi täytetään ja tyhjenetään huuhtelunesteellä useaan kertaan samalla kun kohdunsarvea käännellään ja nostellaan, jotta kaikki alkiot saataisiin ulos nesteen mukana. Ulos tulleet alkiot kerätään suodattimeen, minkä jälkeen

samat toimenpiteet suoritetaan toiselle kohdunsarvelle. Molempien kohdunsarvien huuhtelun jälkeen eläinlääkäri etsii alkiot mikroskoopilla ja arvostelee ne silmämääräisesti elinkykyisyyden mukaan laatuluokkiin I-IV. Tuoresiirtoihin voidaan käyttää luokkien I-III alkioita, kun taas pakastamiseen suositellaan käytettäväksi vain ensimmäisen luokan alkioita. Luokan IV alkiot ovat käyttökeltovottomia joko kehittymättömyyden tai hedelmöitymättömyyden takia. Vastaanottajien perusteella päätetään tuoreena käytettävien alkoiden määrä. Pakastettavat alkiot pakastetaan kylmänsuoja-aineessa, eli etyleeniglykolissa nestemäiseen tyypeen, jossa ne säilyvät käyttökelpoisina käytännössä rajattomasti. Alkiohuuhteluohjelma päättyy 3-7 päivän kuluttua huuhtelusta, kun luovuttajalle annetaan prostaglandiinipistos, joka saa luovuttajan tulemaan kiimaan ja kohdun tyhjentymään sinne mahdollisesti jääneistä alkioista. Luovuttaja on mahdollista siementää jo tähän kiimaan, mikäli kiiman merkit ovat selvät ja kiimalima on kirjasta. (Hyvönen ym. 2002, 10, 15.)

3.6 Alkionsiirto

Alkionsiirto eroaa keinosiemennyksestä sikäli, että siinä pistoletti viedään aina kohdunsarveen asti, eikä vain kohdunsuulle, kuten siemennyksessä. Ennen alkoiden siirtoa seminologi tarkistaa, että vastaanottajilla on toimiva keltarauhanen. Koska alkionsiirto tapahtuu viikko kiiman jälkeen, on kohdunkaula kiinni, mikä tekee pistoletin asettamisesta hieman tavanomaista vaikeampaa. Vastaanottajaeläimelle annetaan usein epiduraalipuudutus. Koska kohtu on kiiman jälkeen herkempi tulehduksille, on hyvä hygienia tärkeää. Tuorealkiot siirretään huuhtelupäivänä vastaanottajiin, joiden kiimat on synkronoitu kierukalla tai prostaglandiinilla. Tuoresiirrot tulisi suorittaa mahdollisimman pian huuhtelun jälkeen, sillä alkiot eivät säily elinvoimaisina kovin kauaa ilman pakastusta. Pakastealkiot voidaan siirtää myös luonnolliseen kiimaan, jolloin siirrossa ei tarvita alkionsiirtoeläinlääkäreitä. (Hyvönen ym. 2002, 15–16.)

3.7 Kiimantarkkailun merkitys alkionsiirto-ohjelmassa

Jotta alkiohuuhtelut ja -siirrot onnistuisivat, on ratkaisevaa, että toimenpiteiden ajankohdat ovat oikeita. Siksi kiimantarkkailu on karjanomistajan tärkein tehtävä huuhteluohjelmaa toteutettaessa. Kiimantarkkailun on oltava säännöllistä, usein tapahtuvaa ja siitä on hyvä pitää kirjaa. Lehmän kiimakierron pituus on keskimäärin 21 vuorokautta, hiehoilla vuorokauden vähemmän. Kierron aikana lehmä on yhden päivän ajan varsinaisessa eli seisovassa kiimassa, jota edeltää noin kolme päivää kestävä esikiima. Seisovan kiiman jälkeen lehmällä on kahdesta kolmeen päivää kestävä jälkiikiima. Jälkikiiman ja seuraavan esikiiman välillä on suunnilleen 14 vuorokautta kestävä keltarauhasvaihe. Lehmä siemennetään seisovan kiiman vaiheessa, jonka tunnusmerkkejä ovat paritteluhalukkuus, eläimen käytök-

sen muuttuminen sekä limainen vuoto. Seisovassa kiimassa oleva eläin sallii toisen eläimen hypätä selkäänsä, pidättää maitoansa, on tavallista levottomampi, eikä vastusta hännän koskettelua. Lehmän sukuelimet ovat usein turvonneet, limakalvo on punertava ja limavuotoa on havaittavissa. Varsinaisena kiimapäivänä vuoto on ohutta, venyvää ja kristallinkirkasta. (Hyvönen ym. 2002, 13.) Alkiovastaanottajien poikimaväli pitenee yleensä pakostakin jonkin verran, koska vastaanottajat joutuvat odottamaan luovuttajan huuhtelua. Jotta vastaanottajien kohdalla välttyttäisiin liian pitkiksi venyneiltä tyhjäkautilta, tulee huuhteluohjelman sekä vastaanottajien hoidon ja kiimantarkkailun olla tehokkaita ja hyvin toimivia.

3.8 Alkioiden sukupuolilajittelu

Alkionhuuhtelun tavoitteena on yleisesti tuottaa hyvästä emästä lehmävasikoita. Myös hyvätaoiset sonnivasikat ovat haluttuja keinosiemennyskäyttöön, mutta kysyntä loppuu muutamaan yksilöön samasta sonninetäsoisestä luovuttajasta. Tämän jälkeen luovuttajalta halutaan pelkkiä lehmävasikoita. (Enroth, Jokipii, Korhonen, Koskivainio, Kyntäjä, Lampinen, Rautala & Savela, 2003, 16.)

Onkin kehitetty useita menetelmiä, joilla pyritään vaikuttamaan syntyvän vasikan sukupuoleen. Nämä menetelmät jakaantuvat niihin, joissa käsitellään spermaa ja niihin, joissa käsitellään huuhdeltuja alkioita. Luovuttajaeläimen siemennyksessä voidaan käyttää sukupuolilajiteltua spermaa, jolloin alkiot ovat noin 90-prosenttisesti sukupuoleltaan naaraita. Koska sukupuolilajitellun sperman tiineyttämisen prosentti on noin 25 % tavallista spermaa heikompi ja annoskoko pienempi, siemennys uusitaan yleensä kerran tai kahdesti, jotta riittävä määrä munasoluja hedelmöityisi.

Vaihtoehtoisesti myös huuhdeltujen alkioiden sukupuoli voidaan selvittää heti huuhtelun jälkeen. Tällöin huuhtelun ja alkioiden etsimisen jälkeen alkioista leikataan pieni koepala, joka käsitellään PCR-tekniikalla. Näytepalaan lisätään väriaineita, jotka reagoivat Y-kromosomin kanssa. Näin ollen sonnialkiot antavat värireaktion, kun taas lehmäalkiot pysyvät värittöminä. Alkiot eivät kärsi paljoakaan näytteen ottamisesta, mutta on silti muistettava, että jokainen lisäkäsittely rasittaa alkioita. Tämän vuoksi sukupuolilajiteltuja alkioita ei mielellään pakasteta, vaan ne pyritään siirtämään tuoreena. Tiinehtyvyyden prosentti on sukupuolimäärityillä alkioilla samaa luokkaa kuin II-luokan alkioilla. Koska keskimäärin 50 prosenttia alkioista on sonnialkioita, saadaan sukupuolimäärityllä huuhtelusta vähemmän siirtokelpoisia alkioita kuin mitä ilman sukupuolilajittelua saataisiin. Toisaalta kun lajittelulla voidaan käytännössä varmistaa että siirrettävä alkio on naarasalkio, ei aikaa ja rahaa mene hukkaan turhiin sonnialkioihin. Koska sukupuolimääritys vie alkionsiirtoeläinlääkärin aikaa ja alkiosaalis jää pienemmäksi, ovat sukupuolilajittelulla saadut alkiot vastaavia normaalialkioita arvokkaampia. Naarasalkioista voi kuitenkin pyytää vastaavasti lisähintaa myydessä. (Hyvönen ym. 2002, 16.)

3.9 Alkionsiirtojalostuksen hyödyt

Normaalisti lisääntyessään lehmä saa keskimäärin vain yhden vasikan vuodessa. Alkionsiirtojalostuksella perinnölliseltä tasoltaan korkeatasoisista lehmistä on mahdollista saada useampi vasikka vuodessa kuin mitä olisi mahdollista, jos lehmä lisääntyisi tavanomaisesti keinosiementäen. Näin karjan eläinainesta saadaan parannettua nopeasti. Lisäksi perinnölliseltä tasoltaan heikommät lehmät voidaan säilyttää karjassa aikansa, ilman että niistä täytyisi jättää omaa, geneettisesti heikompi- tai heikompitasoista jälkeläistä, kun niitä käytetään kantajina alkionsiirrossa. (Rajala 1993, 89–90.)

3.10 Tilastotietoa alkiohuuhteluista ja -siirroista Suomessa

Taulukossa 1 on esitetty tilastotietoa alkiohuuhteluiden määristä, siirtokelpoisten alkioiden saannoista ja alkionluovuttajien ikäjakaumasta vuosina 2010 ja 2011.

Taulukko 1. Huuhteluiden määrä, siirtokelpoiset alkioita ja luovuttajien ikä vuosina 2010 ja 2011. Huomioon otettu myös huuhtelut joista ei saatu siirtokelpoisia alkioita. (Vahtiala 2012.)

	2010	2011
Huuhteluita, kpl	250	263
Sukupuolilajiteltu siemen, kpl	59	89
Siirtokelpoisia alkioita, kpl	2073	1763
Siirtokelpoisia alkioita/huuhtelu	8,3	6,7
Alkioluovuttajana hieho %	68,8	70,0
Alkioluovuttajana lehmä %	31,2	30,0

Taulukosta 2 selviää vuosien 2010 ja 2011 alkiosaannot huuhtelua kohden.

Taulukko 2. Alkiosaanto huuhtelua kohden, prosenttia huuhteluista vuosina 2010 ja 2011 (Vahtiala 2012.)

Alkioita	2010	2011
0	9,6	11,4
1-5	32,0	37,3
6-10	28,8	31,9
11-15	13,6	11,8
16-20	10,8	4,9
21-25	4,0	0,5
26-30	0,0	0,8
>30	1,2	0,4

Tehtyjen alkionsiirtojen määrä Suomessa vuosina 2010 ja 2011 on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Alkionsiirtojen määrä Suomessa vuosina 2010 ja 2011 (Vahtiala 2012.)

	Tuore	Pakaste	Yhteensä
2010	839	2692	3531
2011	851	3146	3997
Yhteensä	1690	5838	7528

Taulukosta 4 käy ilmi alkiovastaanottajien uusimattomuusprosentti vuonna 2011.

Taulukko 4. Alkioden vastaanottajien uusimattomuusprosentti 2011 (Vahtiala, 2012)

	Tuore	Pakaste	Kaikki
Hieho	67,0	64,3	64,9
Lehmä	66,4	63,0	63,8
Yhteensä	66,7	63,7	64,4

4 VALTAKUNNALLINEN LYPSYKARJAN JALOSTUSOHJELMA

4.1 Jalostusohjelmien periaatteet

Kaikkien jalostusohjelmien tärkeimmät osatekijät ovat jalostustavoitteiden määrittäminen sekä eläinten arvostelu ja valinta jalostukseen. Valtakunnallisen jalostusohjelman tasolla keskeisin merkitys on keinosiemennyssonnien ja näiden emien valinnalla, sillä niillä on suurin vaikutus koko populaatiossa tapahtuvaan perinnölliseen edistymiseen. Jalostusohjelmaa laadittaessa on tarkasteltava ohjelman taloudellista kannattavuutta. Jotta jalostusohjelma olisi taloudellisesti kannattava, on tuottojen oltava tuotantokustannuksia suurempia. Jotta kannattavuuden arvioinnissa mitattaisiin oikeasti jalostuksen kannattavuutta, täytyy kannattavuudessa tapahtuvien muutosten johtua perimän muutoksista, ei ilmiäissä tapahtuvista muutoksista. Jalostusohjelman kannattavuutta arvioitaessa tarkastelu on ulotettava tarpeeksi pitkän aikavälin päähän, naudanjalostuksessa kolmesta kymmeneen vuoden päähän ja keinosiemennyssonneilla jopa 15 vuoden päähän. (Juga & Syväjärvi 1999, 98.)

Jalostusohjelmaa suunniteltaessa on otettava huomioon myös erinäisiä biologisia tekijöitä, kuten populaation rakenne, sukupolvien välinen aika, ominaisuuksien periytymisasteet sekä niiden geneettiset korrelaatiot. Jalostusvalinnassa tarvittavat testit, tarkkailut ja arvostelut ja niiden toteutus on yhtäläisesti otettava huomioon, kuten myös eri eläinlajeilla saatavilla oleva teknologia, kuten keinosiemennys- ja alkionsiirtotekniikat. (Juga & Syväjärvi 1999, 98–99.)

Arvostelumenetelmät valitaan ominaisuuksien periytymisasteen perusteella. Alhaisen periytymisasteen ominaisuuksissa jälkeläisarvostelu on välttämätöntä luotettavan arvioinnin saamiseksi. Yksilötesti taas on riittävä korkean periytymisasteen ominaisuuksissa. Jotta jalostusohjelma olisi tehokas ja jotta voitaisiin estää negatiivisten sivuvaikutusten syntyminen, on pystyttävä arvioimaan eri ominaisuuksien välisiä geneettisiä korrelaatioita, eli ominaisuuksien perinnöllisiä vaikutuksia suhteessa muihin ominaisuuksiin. (Juga & Syväjärvi 1999, 99.) Mitä useampaa ominaisuutta pyritään jalostamaan samanaikaisesti, sitä tehottomampaa jalostus on. Siksi jalostettavat ominaisuudet tulee valita niin, että ei jalosteta päällekkäisiä asioita eli positiivisesti keskenään korreloivista ominaisuuksista sisällytetään jalostusohjelmaan vain yksi ominaisuus.

Kotieläinjalostusohjelmia suunniteltaessa on otettava edellä käsiteltyjen seikkojen lisäksi huomioon myös erinäisiä poliittisia ja yhteiskunnallisia tekijöitä. Muun muassa verotuksella, valtion tukipolitiikalla, Euroopan Unionin päätöksillä, tuotantorajoituksilla, tuotteen kysynnän muutoksilla, kuluttajien keskuudessa esiin nousevilla arvokeskusteluilla sekä yleisillä kehityssuuntauksilla esimerkiksi ravitsemuksellisten seikkojen suhteen voi olla vaikutusta jalostusohjelman tehokkuuteen. (Juga & Syväjärvi 1999, 100.)

Jalostusohjelmaa suunniteltaessa on pyrittävä löytämään ne menetelmät ja toimintamallit, joilla saavutetaan paras jalostuksellinen tulos. Jalostussuunnittelussa määritetään jalostettavien ominaisuuksien taloudelliset ja jalostukselliset arvot, ja näistä lasketaan taloudellinen kokonaisjalostusarvo, joka on taloudellisen jalostustoiminnan kulmakivi. Tavoitteena on, että taloudellinen kokonaisjalostusarvo kehittyisi optimaalisesti niin, että eläinten hyvinvointi otetaan huomioon. Jalostusohjelmaa suunniteltaessa on otettava huomioon sekä suorat talous- ja laatuavoitteet että erinäiset epäsuorasti vaikuttavat tekijät. Jälkimmäisiin lukeutuvat esimerkiksi jalostuksen toimintatapojen ja menetelmien eettisyys ja ympäristöystävällisyys, joiden rahallista vaikutusta on mahdotonta arvioida. Myös monilla yhteiskunnallisilla ja kulttuurisilla seikoilla on vaikutusta esimerkiksi jalostusohjelmaan sisällytettävien ominaisuuksien valintaan. (Juga & Syväjärvi 1999, 101; Simm 2000, 197.)

Kotieläinjalostuksen jalostusohjelmien päätavoitteena on kehittää eläinainesta siten, että tuotannon kokonaistaloudellinen kannattavuus paranee. Pohjoismaisissa lypsykarjan jalostusohjelmissa on menestyksekkäästi otettu huomioon pitkän aikavälin suunnittelu ja jalostustavoitteet on asetettu kokonaisvaltaisesti: huomioon on otettu myös muut kuin suoraan maidontuotantoon vaikuttavat ominaisuudet. Jo 1970-luvulta lähtien jalostuksessa on huomioitu terveys- ja hedelmällisyysominaisuudet, joilla on vaikutusta tuotannon kustannuksiin ja eläinten hyvinvointiin. Tämän on osaltaan mahdollistanut kattava tiedonkeruujärjestelmä. (Juga & Syväjärvi 1999, 101–102.)

Jugan ja Syväjärven mukaan jalostustavoitteita päätettäessä tulisi pyrkiä tuottajien, elintarviketeollisuuden ja kuluttajien kohtuulliseen yksimielisyyteen siitä, mitkä ominaisuudet ovat tavoiteltavia ja millaisia muutoksia näissä ominaisuuksissa halutaan saada aikaan. Esimerkiksi maidon rasvapitoisuutta on jalostettu eri aikoina eri suuntiin vallitsevien poliittisten ja ravitsemuksellisten näkemysten mukaan. Rasvapitoisuuden kannalta asiaa hankaloittaa lisäksi se, että rasvapitoisuus ja valkuaispitoisuus korreloivat positiivisesti keskenään. Tämä tarkoittaa sitä, että jos esimerkiksi rasvapitoisuutta jalostettaisiin alemmaksi, laskisi samalla myös maidon valkuaispitoisuus. Jotta jalostuksessa saavutetaan edistymistä, on jalostustavoitteiden oltava pitkällä aikavälillä pysyviä. (Juga & Syväjärvi 1999, 102.)

4.2 Jalostusohjelman sisältö

Suomalaisesta lypsyrotujen jalostusohjelmasta vastaa Faba, joka on Maa- ja metsätalousministeriön hyväksymä nautarotujen jalostusjärjestö. Jalostusohjelmaan sisältyvät Suomessa käytetyimmät lypsyrotut ayrshire, holstein-friisiläinen sekä suomenkarja, joiden jalostuksen päätavoitteena on kestävä, korkeatuotoksinen lehmä, jonka kautta saavutetaan taloudellista kannattavuutta. Tuotosominaisuuksista tärkein jalostettava on maidon kuiva-ainetuotos eli maidon valkuainen ja rasva. Rakenneominaisuuksissa pääpaino on utare- ja jalkarakenteella. Muita pääjalostustavoitteita ovat

utareterveys sekä hedelmällisyyden säilyttäminen tyydyttävänä tuotostason noususta huolimatta.

Jalostusvalintojen apuvälineinä käytetään NTM-kokonaisjalostusarvoa ja muita indeksejä. Käytössä on tilakohtaiset jalostussuunnitelmat, joilla ohjataan karjan eläinten lisäksi myös keinosiemennyssonnien käyttöä jalostusohjelman tavoitteiden mukaisesti. Suomen lypsykarjanjalostusohjelma on niin sanottu avoin jalostusohjelma, joka perustuu tuotosseurannan ja terveystarkkailun kautta saatuihin tietoihin eläimistä. (Lypsyrotujen jalostusohjelma 2010.)

4.3 ASMO-ydinkarja lypsykarjan jalostusohjelmassa

ASMO-ydinkarja on vuonna 1997 perustettu, maailman ensimmäinen puunaisten rotujen ydinkarja. Nimitys ASMO tulee sanoista alkionsiirto ja moniovulaatio. ASMO-ydinkarjan omistavat Alkiokeskus Oy sekä Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, osakkaina toimivat Faba, meijerit sekä ruotsalainen jalostusjärjestö Svensk Avel. Ydinkarja on toimintaperiaatteeltaan avoin, mikä tarkoittaa sitä, että sinne hankitaan jatkuvasti uutta, ulkopuolista eläinainesta. Ydinkarjan perusajatuksena on nopeuttaa ja tehostaa lypsykarjan geneettistä edistymistä. ASMO:n tavoitteena on tuottaa keinosiemennyssonneja ja jalostukselliselta tasoltaan korkealaatuisia alkioita testatuista huippuemistä karjanomistajien käyttöön sekä vahvistaa ayrshirerodun kilpailukykyä. Ydinkarja on keskeinen osa suomalaista lypsykarjan jalostusohjelmaa. (ASMO jalostusohjelmassa 2010.)

Ydinkarjassa käytetään alkionsiirtoa ja hiehojen huuhtelua sukupolvien välisen ajan lyhentämiseen noin puoleen siitä mitä se perinteisessä keinosiemennysjalostuksessa on. Näin voidaan saavuttaa nopeampaa geneettistä edistymistä haluttujen ominaisuuksien suhteen. Ydinkarjassa huuhdellaan vuodessa 80 hiehoa, joista osa tulee omasta uudistuksesta ja osa ydinkarjan ulkopuolisilta tiloilta. Hiehot huuhdellaan kahdesti 12–16 kuukauden iässä. Tavoitteena on, että kustakin hiehosta saataisiin huuhdeltua 15–17 ASTU-alkiota jälkeläistuotantoon. Huuhteluiden jälkeen hiehot siemennetään. Tiineet hiehot menevät ensikkotestiin, jossa hiehojen geneettiset erot saadaan esiin ruokinnan ja olojen ollessa samantyyppistä. Ensikkotestissä eläimet rakennearvostellaan kahdesti: ensimmäisen kerran kuukauden kulluttua poikimisesta ja toisen kerran laktaation puolivälissä. (ASMO jalostusohjelmassa 2010; Aro, Mäntysaari & Peippo 2007, 1.)

Ensikkotestin jälkeen eläimet siirtyvät MTT:n tutkimuspihattoon, jossa tehdään muun muassa ruokinta- ja alkiotutkimusta. Toisen poikimisen jälkeen lehmät rakennearvostellaan jälleen ja ne yksilöt, joiden utarerakennindeksi ja jalostusarvo täyttävät sonninemävaatimukset, voidaan valita ASMO-emiksi. Valinnassa kiinnitetään huomiota myös utareterveyteen, jalkarakenteeseen, hedelmällisyyteen ja luonteeseen. Näistä valituista ASMO-emistä huuhdellaan ASMO-alkioita. (ASMO jalostusohjelmassa 2010.)

Vuoteen 2010 mennessä ydinkarjassa on testattu 640 ensikkoa ja 80 ASMO-emää. Sata ASMO-sonnia on jälkeläisarvosteltu, ja näistä 30:stä on tullut valiosonneja. Ydinkarjassa käytetään pääasiassa jalostusvaliokunnan valitsemia isäsonneja, joista ASMO-sonneja on ollut 12 kappaletta. (ASMO jalostusohjelmassa 2010.)

Ydinkarja ostaa karjatiloilta hiehoja, jotka täyttävät asetetut vaatimukset. Hiehon tulee olla valitsemishetkellä kolmesta kuuteen kuukautta vanha, isänä tulee olla valio- tai tuontisonni ja emän tulee olla sonninemätasoa. Hiehon tulee olla normaalisti kehittynyt ja kasvanut ja luonteeltaan normaali. Suvun tulee olla kantakirjattu ja hiehon odotusarvon tulisi olla mieluiten yli +16. Ennen hiehon valitsemista jalostusneuvoja tarkastaa hiehon ja sen emän rakenteen. Hiehosta mitataan takakorkeus sekä rinnanympäryys ja arvioidaan jalkarakenne. (ASMO jalostusohjelmassa 2010.)

5 TUTKIMUS LYPSELEHMIEN ALKIONSIIRTOJALOSTUKSEN JALOSTUKSELLISESTA EDISTYMISESTÄ SUOMESSA VUOSINA 2000–2009

5.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Tutkimuksen taustalla on halu tietää kuinka suomalaisen lypsykarjan alkionsiirtojalostus on viime vuosikymmenenä edistynyt tavanomaiseen jalostukseen verrattuna. Suomessa on tutkittu paljon alkiohuuhteluihin ja -siirtoihin liittyviä tilastoja ja tunnuslukuja, mutta alkionsiirtojalostuksen tulokset ovat jääneet vähemmälle huomiolle. Nyt 2010-luvun käynnistyttyä on hyvä ajankohta tutkia asiaa, sillä suomalaisessa alkionsiirtojalostuksessa on tehty kehitystyötä viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana, käytänteet ovat muodostuneet ja ne on todettu toimiviksi. Jotta alkionsiirtoteknologian käyttöä saataisiin Suomessa lisättyä nykyisestäään, tarvitaan konkreettista tietoa siitä, minkä tasoisia tuotantoeläimiä alkionsiirtojalostuksella on saatu aikaan.

Tiedusteltuani mahdollista alkionsiirtojalostukseen liittyvää opinnäytetyön aihetta Fabasta, ehdotti ydinkarjan jalostusagronomi Johanna Aro aiheeksi selvitystä ET-vasikkasaannoista. Alkiokeskus Oy:n toimitusjohtajan, silloinen Faban kehityspäällikkö, nykyinen myynti- ja asiakkuusjohtaja Hannu Myllymäen ehdotuksesta aihetta tarkennettiin niin, että työn pääpainona olisi selvittää alkioista syntyneiden lypsyrotuvasikoiden jalostuksellinen taso verrattuna saman ikäluokan muuhun populaatioon.

Tutkimuksen tavoitteena oli siis luoda käsitys alkionsiirtojalostuksen nykytilasta ja sen edistymisestä vuosina 2000–2009 verrattuna keinosiemennykseen perustuvaan, tavanomaiseen jalostukseen käyttäen hyväksi niitä tietoja alkionsiirroista ja niistä syntyneistä eläimistä, joita on kerätty Faban ylläpitämiin alkiotietokantoihin, sekä pohtia mahdollisesti saatuja jalostuksellisia tuloksia työn teoriasisältöön tukeutuen.

Henkilökohtaisena tavoitteena oli syventää tietojani alkionsiirtojalostukseen liittyen sekä laatia työ, jonka teoria- ja tutkimussisältö tukevat toinen toistaan niin, että kokonaisuus on tarkoituksenmukainen sekä itselleni, työn tilaajalle että suomalaiselle kotieläinjalostukselle yleensä.

5.2 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tutkimusaineistona oli Faban ylläpitämästä alkiotietokannasta haetut tiedot alkioeläimistä ja Maatalouden laskentakeskuksen ylläpitämästä nautarekisteristä 1.7.2010 haetut vertailupopulaation tiedot. Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvantitatiivista tutkimusta. Aineistot käsiteltiin ja analysoitiin Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.

Tutkimusaineisto rajattiin käsittämään Suomessa 1.1.2000–31.12.2009 aikana siirretyistä alkioista syntyneet ayrshire- ja holstein-friisiläisrotuiset naudat. Nämä kaksi rotua valittiin, koska ne ovat lukumäärällisesti ylivoimaisesti kaikkein yleisimmät lypsyrodut Suomessa ja täten niistä saatiin kelvolliset kokoiset otokset. Alun perin tutkimukseen oli tarkoitus sisällyttää myös suomenkarja, mutta liian pienten vuosikohtaisten otosten vuoksi se päätettiin rajata tutkimuksen ulkopuolelle.

Jalostuksellisen tason arvioinnin mittareina käytettiin nuorilla eläimillä odotusarvoa ja vanhemmilla NTM-kokonaisjalostusarvoa, tuotos-, utarakenne- ja jalkarakenneindeksejä, maitotuotosta sekä maidon kuiva-ainetuotosta, joiden katsottiin olevan jalostuksellisesta näkökulmasta katsottuna tärkeimpiä ja mielenkiintoisimpia.

Jalostuksellisen edistymisen ohella alkioeläinaineistosta kartoitettiin myös sukupuolilajiteltujen alkioiden osuus sekä se kuinka suuri osa alkioista oli pakastettuja ja kuinka suuri osa tuoreena siirrettyjä.

Lopullinen aineisto käsiteltiin rotukohtaisesti. Sekä ayrshire- että holstein-friisiläisrodun aineisto jaoteltiin alkioeläinten kohdalla vuosittain sen mukaan milloin alkio oli siirretty ja vertailuaineiston ollessa kyseessä eläimen emän siemennysvuoden mukaan. Tilastolliseksi tunnusluvuksi valittiin aritmeettinen keskiarvo, koska se ottaa parhaiten huomioon kaikki aineiston arvot pienimmästä suurimpaan. Keskiarvo laskettiin jokaisesta valitusta indeksistä koko aineiston, Faban sopimushuhtelualkioista syntyneiden, ASMO-ydinkarjan alkioista syntyneiden, tilojen omista huhteluista saaduista alkioista syntyneiden ja tuontialkioista syntyneiden eläinten osalta.

Tuloksien tarkastelussa on otettava huomioon, että eläinten ikääntyessä niiden indeksit laskevat johtuen ryhmästä johon eläimiä verrataan indeksejä laskettaessa. Koska jalostuksen toimiessa nuoret eläimet ovat perinnölliseltä tasoltaan vanhoja parempia, putoavat vanhempien eläinten indeksit jonkin verran. Tämän vertailutason vaihtumisen aikaansaamia muutoksia indeksien lukuarvoissa ei otettu tässä tutkimuksessa huomioon johtuen

tutkimuksen laajuudesta. Mahdollisissa jatkoselvityksissä se olisi syytä ottaa huomioon.

5.3 Otoksen valinta

Tutkimusaineiston otos sisälsi alun perin kaikki 1.1.2000–31.12.2009 siirretyistä alkioista syntyneet lypsyrotuiset eläimet. Alkioaineistosta ayrshirerodun osuus oli 6043 eläintä ja holstein-friisiläisen 3395 eläintä. Muita aineistossa esiintyviä rotuja olivat jersey (30 kpl), brown swiss (30 kpl), länsisuomenkarja (30 kpl), itäsuomenkarja (20 kpl) ja pohjoissuomenkarja (1 kpl). Nämä kuitenkin rajattiin lopullisesta aineistosta pois liian pienten otosten vuoksi, jolloin tutkimusaineistoksi valikoitui siis vain kaksi Suomen yleisintä lypsyrotua.

Jalostusarvosteltuja, alkionsiirrosta syntyneitä sonneja oli niin vähäinen määrä, että myös ne päätettiin jättää lopullisen aineiston ulkopuolelle. Lisäksi käsiteltävästä aineistosta olisi tullut liian suuritöinen, mikäli sonnit olisi sisällytetty tutkimukseen mukaan.

Lopulliseksi alkioeläinaineistoksi rajautui siis ayrshirelemmät, joita oli yhteensä 3035 yksilöä ja holstein-friisiläislehmät, joita oli 1762 yksilöä.

Vertailuaineistona käytettiin muuta saman ikäluokan nautapopulaatiota eli keinosiemennyksellä syntyneitä eläimiä. Vertailuaineistoon pyrittiin valitsemaan aina jokaista alkioista syntyneitä eläimiä kohden yksi keinosiemennyksellä syntynyt eläin, jolla on sama isä kuin alkioista syntyneellä ja jonka syntymäaika on mahdollisimman lähellä alkioeläimen syntymäaikaa. Näin pystyttiin vertailemaan alkionsiirrolla syntyneitä eläimiä muuhun saman ikäluokan populaatioon ja saatiin selville alkionluovuttajaeläimen jalostuksellisen tason indikaatio sen jälkeläisen jalostukselliseen tasoon. Luonnollisesti tuontialkioista syntyneiden eläinten kohdalla sama isä vertailuryhmän eläimiin verrattuna ei aina toteutunut.

5.4 Tutkimukseen valitut perinnöllistä edistymistä kuvaavat mittarit

Tutkimukseen valittiin käytettäväksi perinnöllisen edistymisen mittareiksi NTM-kokonaisjalostusarvo tai nuorilla eläimillä odotusarvo, tuotosindeksi, utarerakenneindeksi, jalkarakenneindeksi, maitotuotos, rasvatuotos sekä valkuaistuotos. Nämä edellä mainitut seitsemän perinnöllisen edistymisen mittaria valittiin, koska niiden voidaan katsoa kuvaavan tärkeimpiä jalostettavia ominaisuuksia lypsykarjataloudessa.

5.4.1 NTM-kokonaisjalostusarvo/odotusarvo

Kokonaisjalostusarvo on tärkein yksittäinen jalostusarvon mittari, joten se luonnollisesti valittiin yhdeksi tähän tutkimukseen käytettäväksi mittarik-

si. Nuorilla eläimillä, joille ei ole vielä voitu laskea omia indeksejä, käytetään odotusarvoa.

Kokonaisjalostusarvolla pystytään kuvaamaan yhdellä luvulla kaikkia niitä ominaisuuksia, joiden katsotaan olevan valtakunnallisesti tärkeimpiä jalostettavia. Kokonaisjalostusarvossa eri ominaisuuksille on asetettu erilaiset painokertoimet sen mukaan, kuinka tärkeinä niitä pidetään. Nämä painokertoimet on valittu ominaisuuksien perinnöllisten yhteyksien ja taloudellisten arvojen perusteella. Lehmien kokonaisjalostusarvot ovat tilakohtaisen jalostussuunnittelun tärkein lähtökohta.

NTM-kokonaisjalostusarvon keskiarvo on 0 ja hajonta 10. Kokonaisjalostusarvoa muutetaan aina sen mukaan kuinka jalostustavoitteet muuttuvat. (Toivonen 2007, 76.)

5.4.2 Tuotosominaisuudet

Tuotosominaisuudet ovat tärkein ominaisuuskokonaisuus, jota lypsykarjalta jalostetaan. Hyvä tuotos on edellytys taloudellisesti kannattavalle karjataloudelle, siksi toiseksi tutkimuksessa käytettäväksi perinnöllisen edistymisen mittariksi valittiin tuotosindeksi.

Lypsykarjan tuotosominaisuuksiin luetaan tuotosindeksi, maitotuotos, maidon valkuaispitoisuus, valkuaisuotos, maidon rasvapitoisuus, rasvatuotos ja pitkämaitoisuus. Tuotosindeksien keskiarvo on 100, joten kaikissa tuotosominaisuuksissa yli sadan oleva indeksi tarkoittaa keskimääräistä suurempaa tuotosta tai korkeampia pitoisuuksia. Keskihajonta on 10. (Toivonen 2007, 46; Tuotanto-ominaisuudet 2010.)

Tuotosindeksi kuvaa tuotanto-ominaisuuksien jalostustavoitetta. Koska valkuaisuotannon lisääminen on lypsykarjan tärkein yksittäinen jalostustavoite, on valkuaisuotoksella vahva positiivinen painotus tuotantoindeksiä laskettaessa. Rasvan tuotanto ei taas ole yhtä tärkeää nykypäivänä kuin se on ollut aiemmin, joten rasvatuotoksella on vain lievä positiivinen painotus. Maitotuotoksella on lievä negatiivinen painotus, koska maitotuotoksella ja maidon pitoisuuksilla on käänteinen perinnöllinen yhteys, eli maitomäärän kasvaessa maidon pitoisuudet laskevat. (Toivonen 2007, 51.)

Tuotetut maitokilot ovat maidontuotannon kulmakivi. Lehmän terveydestä, rakenteesta tai hedelmällisyydestä ei ole avuksi jos lehmä ei lypsä tarpeeksi. Maidontuotanto tehostuu eläinaineksen perimän parantuessa, jolloin maidon tuotantokustannukset maitokiloa kohti pienenevät ja tuotannon kannattavuus paranee. Koska kaikki jalostustoiminta tähtää tuotannon kannattavuuden parantamiseen, on yksiselitteistä että alkioeläinten perinnöllistä edistymistä tarkasteltaessa yhdeksi mittariksi valitaan maitotuotos.

Koska karjanomistajalle maksetaan sitä paremmin, mitä enemmän kuivaainetta, siis valkuaista ja rasvaa maidossa on, on kuiva-ainetuotoksesta tullut eräs taloudellisesti tärkeimmistä jalostettavista ominaisuuksista.

Siitä lähtien kuin maidon kuiva-ainepitoisuuksia on pystytty määrittämään, rasva- ja valkuaisuotos ovat olleet kaikista tärkeimmät lypsylehmi- en jalostustavoitteet. Tänä päivänä ekologiselta ja taloudelliselta kannalta katsottuna on järkevintä pyrkiä tuottamaan maitoa, jonka kuiva-ainetuotos on mahdollisimman korkea. 1970-luvulla leimahtanut niin kutsuttu rasvasota sai aikaan sen, että 1990-luvulla kotieläinjalostuksessa päätettiin panna maitorasvalle negatiivinen painokerroin, jotta rasvapitoisuus saataisiin laskemaan. Kyseinen kokeilu kesti kuitenkin vain muutaman vuoden, kunnes todettiin, että tavoite on biologisessa epäsuhdassa muiden jalostustavoitteiden, erityisesti valkuaisuotostavoitteen kanssa. Maidon valkuais- ja rasvapitoisuudella on nimittäin keskenään positiivinen korrelaatio eli kun toista pyritään lisäämään, toinenkin kasvaa ja päinvastoin. Sen sijaan maidon määrällä ja pitoisuuksilla on negatiivinen perinnöllinen yhteys, eli kun maidon määrää pyritään lisäämään, kuiva-ainepitoisuudet pyrkivät laskemaan. Tästä johtuen maidontuotannon osatekijöiden painotukset jalostusindekseissä on pyritty asettamaan niin, että vaikka maitomäärää kasvatetaan edelleen, kuiva-ainepitoisuudet pysyisivät suhteellisen muuttumattomina tai valkuaispitoisuus kasvaisi hieman. Maidon kuiva-ainekoostumuksen lisääminen on sikäli hankalaa, että maidon koostumus on evoluutiossa asettunut optimitasolleen. (Toivonen 2009, 8.)

5.4.3 Rakenneominaisuudet

Lehmän utarerakenne vaikuttaa olennaisesti sen lypsettävyyteen, utareterveyteen, ja lypsyn sujuvuuteen. Huono utarerakenne voi johtaa eläimen ennenaikaiseen poistamiseen karjasta keskisiteen repsahdettua, ja lisäksi se voi esimerkiksi estää lypsyrobotin käyttöä. Kun utarerakenne on kunnossa, myös utareterveys on todennäköisesti parempi, joten kiinnittämällä jalostuksessa utarerakenteeseen huomiota jalostetaan myös utareterveyttä.

Myös jalkarakenneindeksi valittiin yhdeksi mittariksi tutkimukseen, koska se vaikuttaa oleellisesti eläimen kestävytyteen. Jalkarakenteen ongelmat voivat johtaa eläimen liian aikaiseen poistamiseen karjasta, vaikka tuotos ja muu terveys olisivatkin hyvät. Huono jalkarakenne voi heikentää tuotosta etenkin pihattonavetoissa, jos se aiheuttaa haluttomuutta liikkua ja tätä kautta syömättömyyttä.

Lypsykarjan arvosteltavia rakenneominaisuuksia on yhteensä 25. Rakenneominaisuusindeksit standardoidaan kuten tuotosominaisuudet, eli keskiarvo on 100 ja keskihajonta 10. Rakenneominaisuusindekseistä kolme on yhdistelmäindeksejä: utare-, jalka- ja runkorakenneindeksit. Myös rakenneyhdistelmäindeksien keskiarvoksi on standardoitu 100 ja keskihajonnaksi 10. Lehmän pitää rakenneindeksien saamiseksi olla rakennearvosteltu sekä kantakirjattu. (Toivonen 2007, 54–55.)

Rakennearvostelussa eläimeltä mitataan tai silmämääräisesti arvioidaan rinnan ympäryys, säkäkorkeus, utareen takavara ja takakiinnitys sekä etuveitimien pituus ja väli. Lisäksi arvioidaan lineaarisesti kinner- ja vuohiskul-

mat sekä utareen etukiinnitys, muoto, keskiside ja takaraskaus pisteasteikoilla 1-9. (Toivonen 2007, 109.)

5.4.4 Hedelmällisyysominaisuudet

Hedelmällisyysominaisuudet lasketaan isänmallilla, mistä johtuen ne saadaan vain sonneille. Sonnin hedelmällisyysindeksit kuvaavat sen tyttären hedelmällisyyttä. Hedelmällisyydellä on alhainen periytymisaste, minkä vuoksi sitä ei valittu käytettäväksi tässä tutkimuksessa. (Toivonen 2007, 61.)

5.4.5 Käyttöominaisuudet

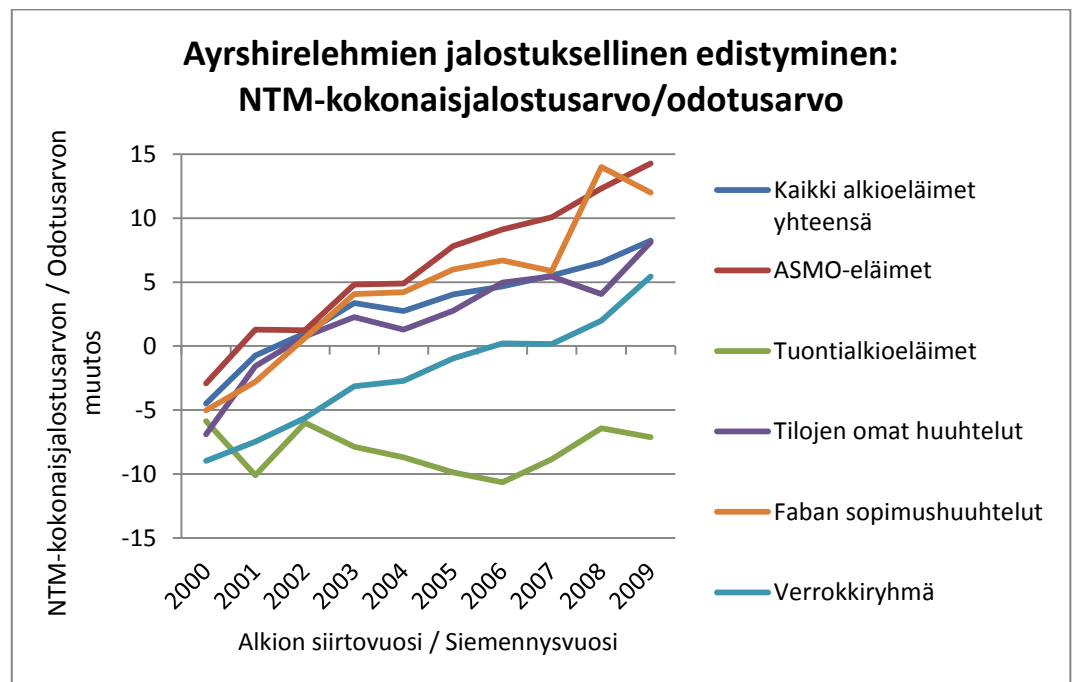
Käyttöominaisuuksiin lukeutuvat lypsettävyys, eli se kuinka nopeasti ja herkästi lehmä antaa maitonsa, vuoto, eli kuinka taipuvainen lehmä on valuttamaan maitoansa maahan jo ennen lypsyä sekä luonne, jolla tarkoitetaan lehmän lypsykäyttäytymistä sekä yleistä käsiteltävyyttä ja käyttäytymistä ihmistä kohtaan. (Toivonen 2007, 58–59.) Nämä indeksit rajattiin tämän tutkimuksen ulkopuolelle, koska niiden merkitys alkionsiirtojalostuksessa on tutkittavaksi valittuja jalostuksen mittareita pienempi ja jotta tutkimuksen laajuus pysyisi kohtuullisena.

6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

6.1 Ayrshire

6.1.1 NTM-kokonaisjalostusarvo/odotusarvo

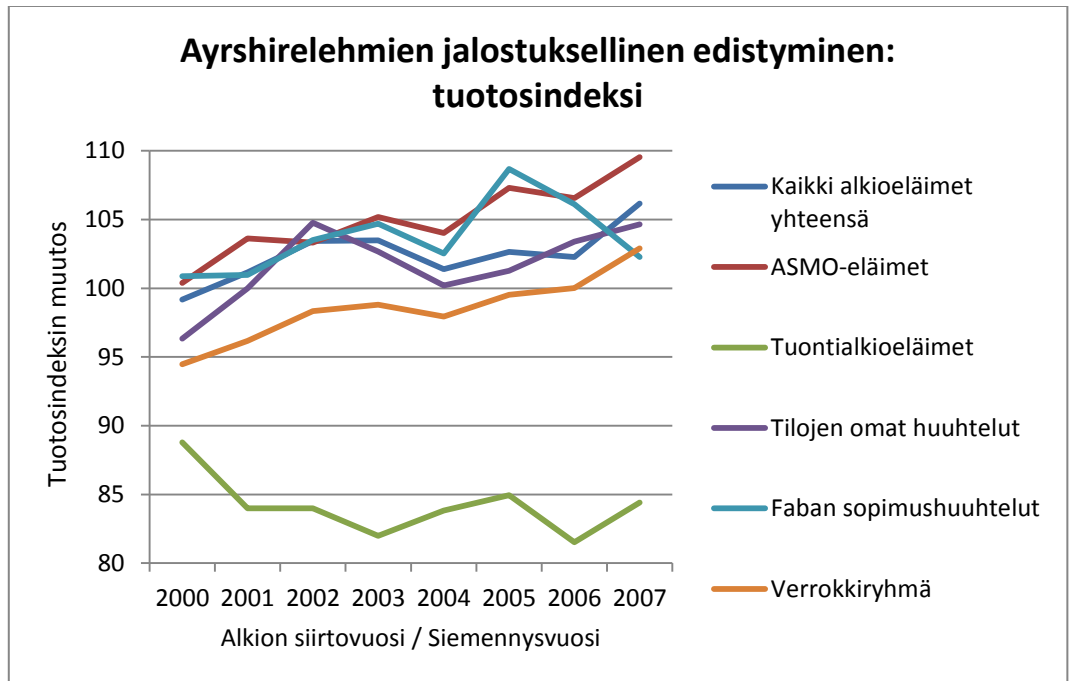
Kuviossa 1 on esitetty ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen vuosina 2000–2009, kun mittarina on poikineilla eläimillä NTM- kokonaisjalostusarvo ja hiehoilla sekä vasikoilla odotusarvo. Siitä käy ilmi, että kaikkien aineistoryhmien perinnöllinen edistyminen on suhteellisen yhden-suuntaista eikä niiden välillä ole tuontialkioeläimiä lukuun ottamatta suuria voimakkuuseroja. Koko aineistossa, ASMO-alkioeläimissä, tilojen omista huuhteluista saaduissa alkioeläimissä sekä Faban sopimushuhteluissa kokonaisjalostusarvo pysyttelee koko tutkimusajanjaksona suhteellisen tasaisesti korkeamana kuin verrokkiryhmällä. Tuontialkioiden kohdalla kokonaisjalostusarvossa ei ole havaittavissa suurta edistymistä tutkimusjakson aikana. Tuontialkioiden (8-63 kpl) ja Faban sopimushuhteluiden (3-54 kpl) kohdalla pienehköt vuosikohtaiset otokset kuitenkin heikentävät niiden tulosten luotettavuutta.



Kuvio 1. Ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen NTM-kokonaisjalostusarvon/odotusarvon osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.1.2 Tuotosindeksi

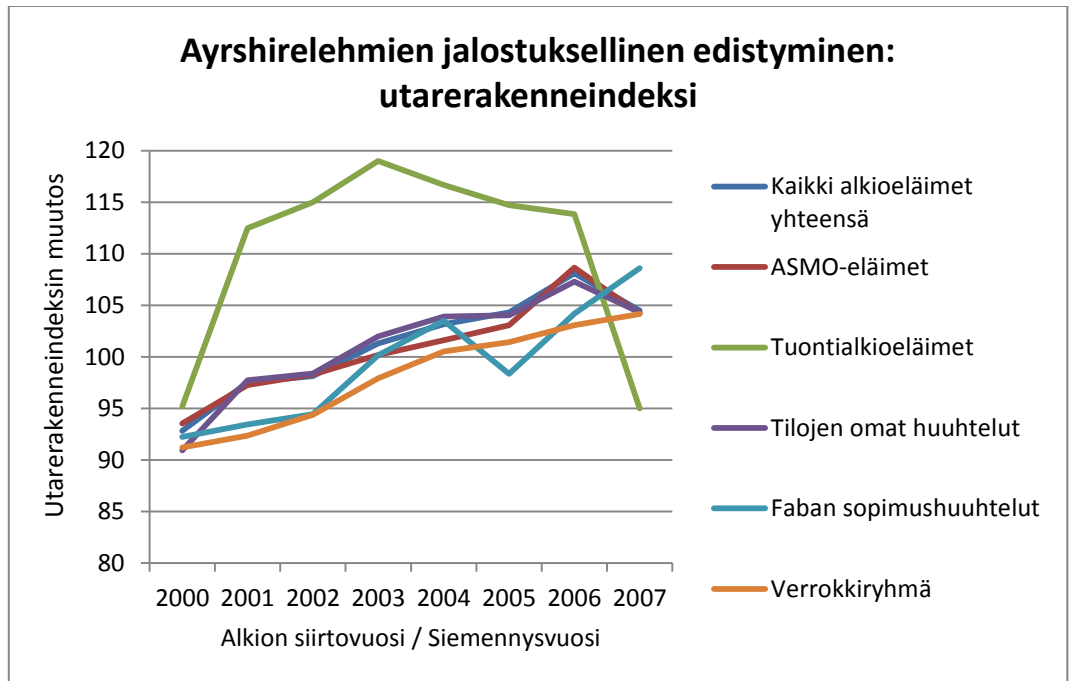
Kuviossa 2 näkyy ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen tuotosindeksin osalta tutkimusajanjaksolla. Tuontialkioeläimiä lukuun ottamatta kaikissa aineistoryhmissä vertailuryhmä mukaan lukien perinnöllinen edistyminen on kahdeksan vuoden tutkimusajanjaksolla noin kymmenen indeksipistettä. Tuontialkioeläimissä pienehköt vuosittaiset otokset (2-27 kpl) heikentävät tulosten luotettavuutta.



Kuvio 2. Ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen tuotosindeksin osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.1.3 Utarerakenneindeksi

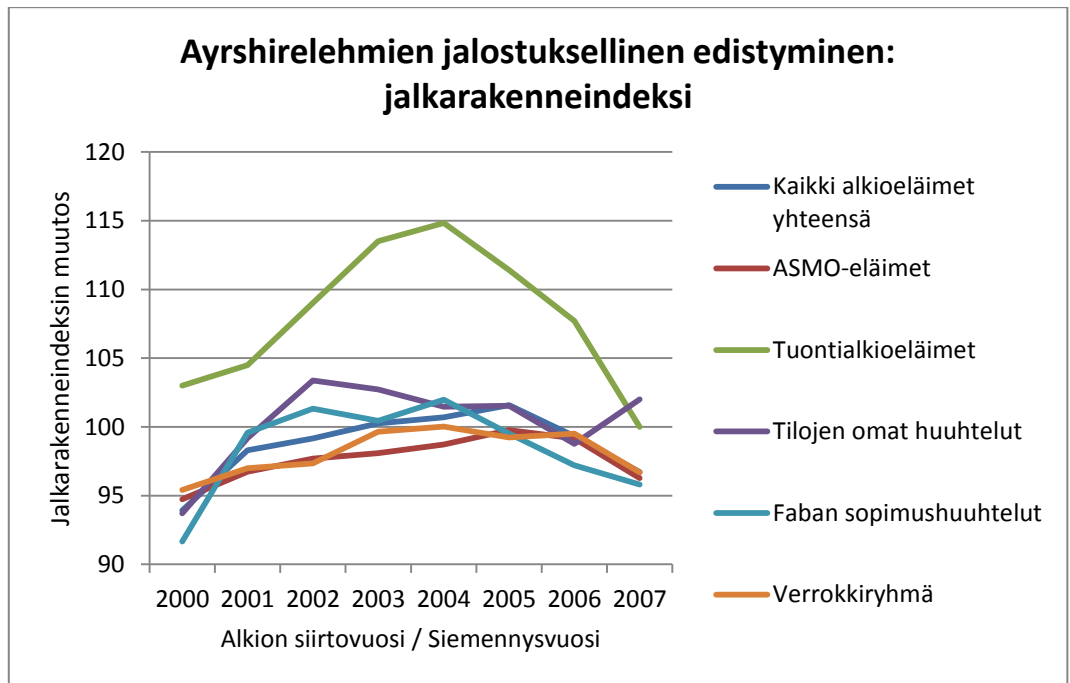
Utarerakenteen kohdalla (kuvio 3.) ASMO-alkioeläinten ja tilojen omista huuhteluista saatujen alkioeläinten perinnöllinen edistyminen noudattelee koko alkioeläinaineiston lievästi nousujohteista trendiä. Faban sopimushuuhteluista saatujen alkioeläinten kohdalla käyrä on myös koko aikavälillä nousujohteinen, vuoden 2004 kohdalla ollen hienoinen pudotus. Tuontialkioeläimillä käyrän epätasaisuus johtuu pienistä otoksista (1-15 kpl).



Kuvio 3. Ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen utarerakenneindeksin osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.1.4 Jalkarakenneindeksi

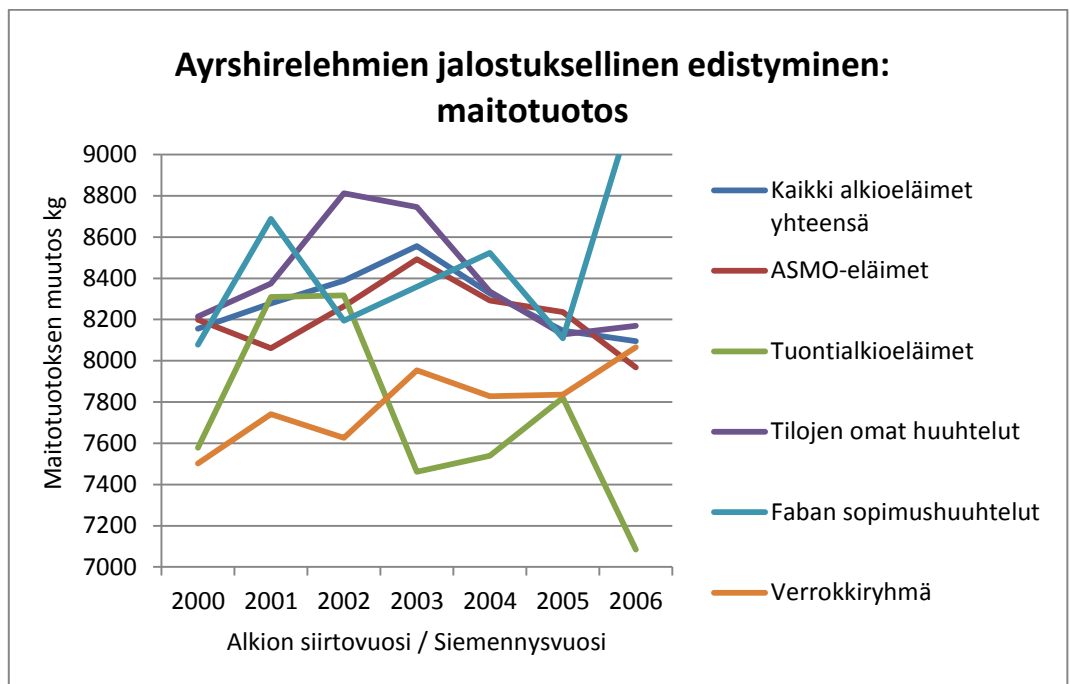
Kuviosta 4 selviää, että jalkarakenteen kohdalla perinnöllinen edistyminen on vähäistä tuontialkioeläimiä lukuun ottamatta, joilla tosin pienet otokset (1-15 kpl) tekevät trendistä jyrkemmän ja heikentävät tulosten luotettavuutta. Kaikkien vertailuryhmien kohdalla on havaittavissa laskeva trendi vuodesta 2005 ja 2006 alkaen.



Kuvio 4. Ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen jalkarakenneindeksin osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.1.5 Maitotuotos

Maitotuotoksen osalta ei ole havaittavissa selvää yhtenäistä trendiä eri vertailuryhmien välillä (kuvio 5.) Yksi huomioitava huippu osuu vuodelle 2003, jonka jälkeen kaikissa vertailuryhmissä on havaittavissa notkahdus. Vain Faban sopimushuhteluissa maitotuotos on parantunut kyseisen vuoden jälkeen. Verrokkiryhmässä on havaittavissa lievää nousua vuodesta 2005.

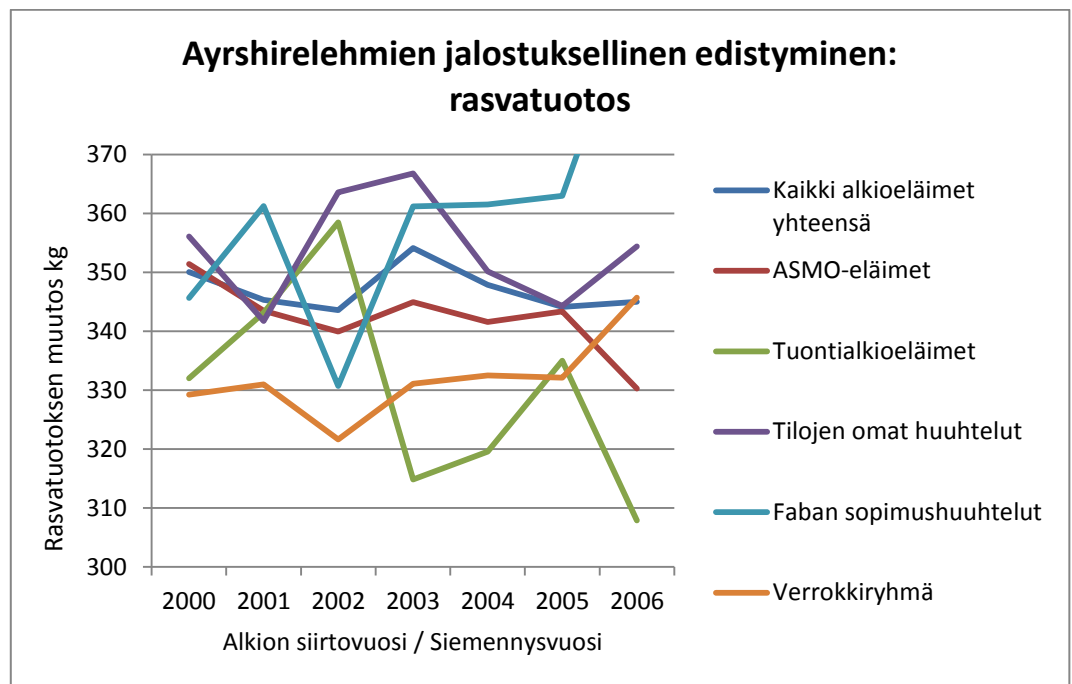


Kuvio 5. Ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen maitotuotoksen osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.1.6 Rasvatuotos

Rasvatuotoksen kohdalla vuosittainen vaihtelu indeksissä on selkeää, kuten kuviosta 6 selviää.

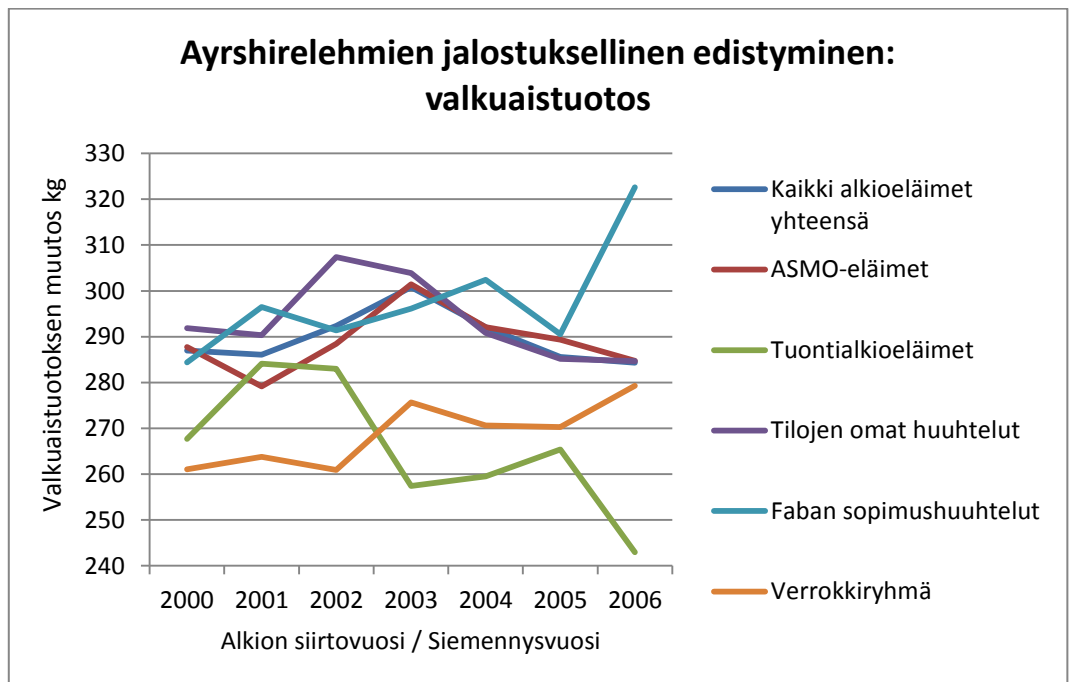
Kun tarkastellaan kaikkia alkioeläimiä kokonaisuutena, on rasvatuotos pysynyt varsin tasaisena koko tarkastelujakson ajan. Sen sijaan yksittäisiä vertailuryhmiä tarkasteltaessa voidaan huomata, että Faban sopimushuuh- teluissa ja tuontialkioeläimissä on nähtävillä huomattava notkahdus alas- päin aikajakson puolivälin tienoilla.



Kuvio 6. Ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen rasvatuotoksen osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.1.7 Valkuaistuotos

Kuviosta 7 voidaan havaita, että valkuaistuotoksen suhteen ei ole tapahtunut merkittävää kehitystä lukuun ottamatta Faban sopimushuuhdeluita, joissa otosten pienehkö koko (7-43 kpl) tosin heikentää tuloksen luotettavuutta. Tuontialkioeläinten kohdalla trendi on selvästi laskeva koko ajanjaksoa tarkasteltaessa. Otettaessa huomioon otosten koko ja niiden vaikutus tulosten tulkinnan luotettavuuteen, voidaan todeta että muun populaation valkuaistuotoksen kehitys on ollut tehokkaampaa kuin alkioeläimillä, mutta sekin on silti ollut hyvin maltillista.



Kuvio 7. Ayrshirelehmien jalostuksellinen edistyminen valkuaistuotoksen osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

Taulukosta 5 voidaan nähdä kaikkien ayrshirerodun alkioeläinten sekä verrokkien tutkittujen indeksien keskiarvot.

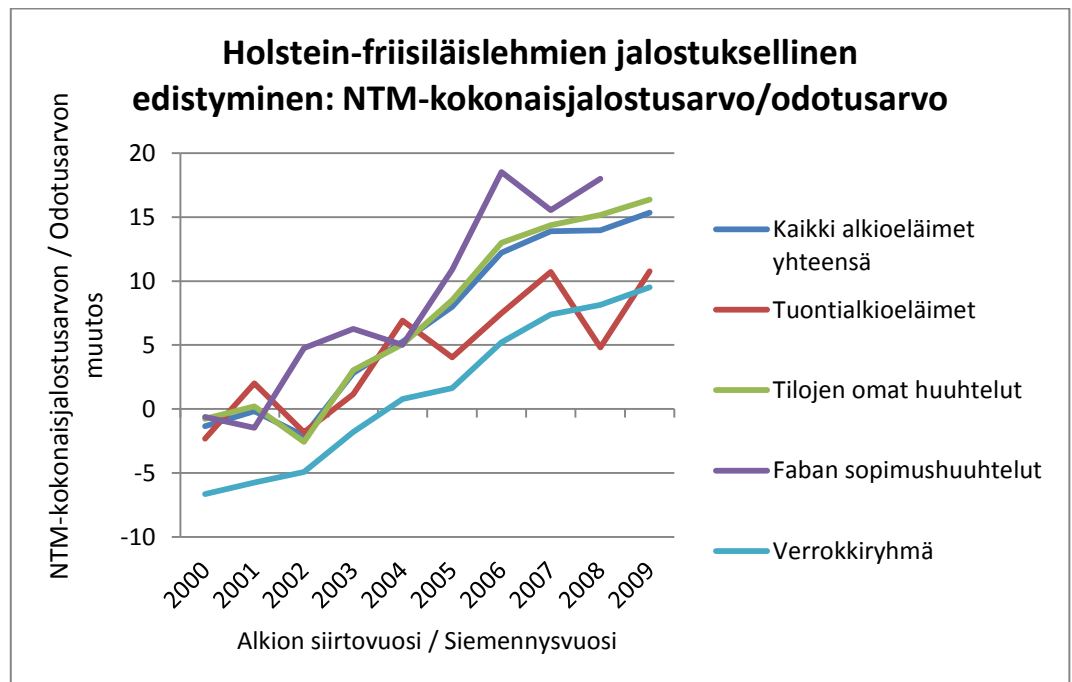
Taulukko 5. Kaikkien ayrshirerodun alkioeläinten ja verrokkien tutkittujen indeksien keskiarvot koko otoksen osalta (2000–2009).

	NTM/ odotus- arvo	Tuo- tos- indeksi	Utare- raken- ne- indeksi	Jalkara- kenneindek- si	Maito- tuotos kg	Rasva- tuotos kg	Valkuais- tuotos kg
Alkio- eläimet	5	102	101	99	8280	347	290
Verrokkit	- 1	98	98	98	7809	332	269

6.2 Holstein-friisiläinen

6.2.1 NTM-kokonaisjalostusarvo/odotusarvo

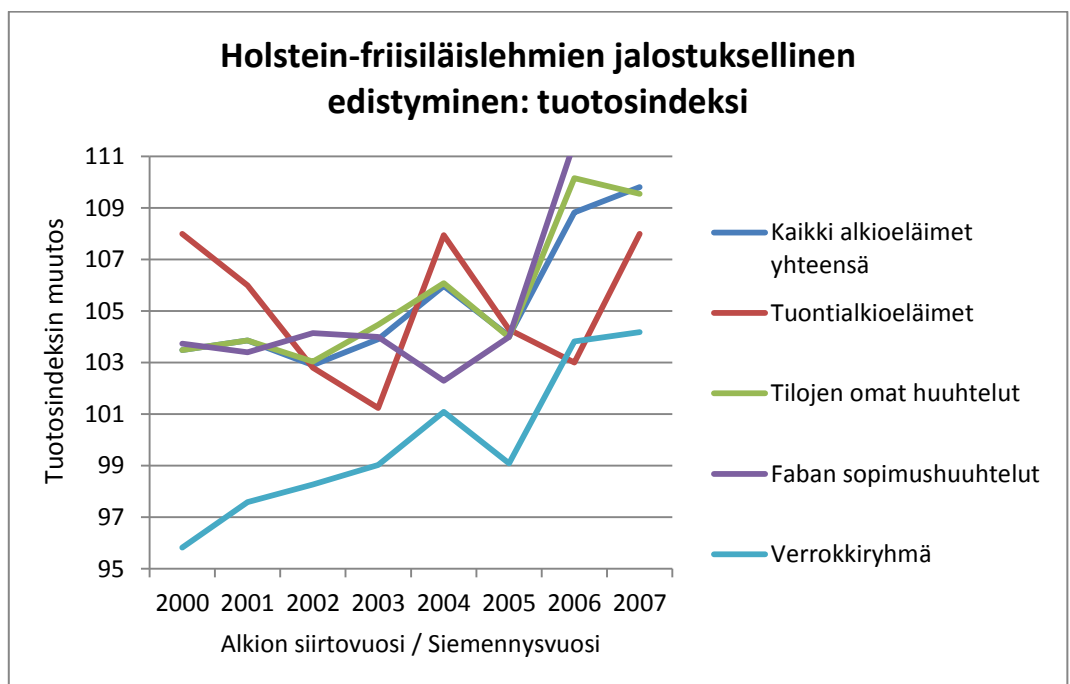
Kuviosta 8 voidaan nähdä holstein-friisiläislehmien nousujohteinen kehitys NTM-kokonaisjalostusarvossa tutkimusjakson ajalla. Tuontialkioeläinten kohdalla käyrän epätasaisuus johtuu suhteellisen pienistä vuosikohtaisista otoksista (2-54 kpl), mutta siinäkin kehitystä on nähtävissä.



Kuvio 8. Holstein-friisiläislehmien jalostuksellinen edistyminen NTM-kokonaisjalostusarvon /odotusarvon osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.2.2 Tuotosindeksi

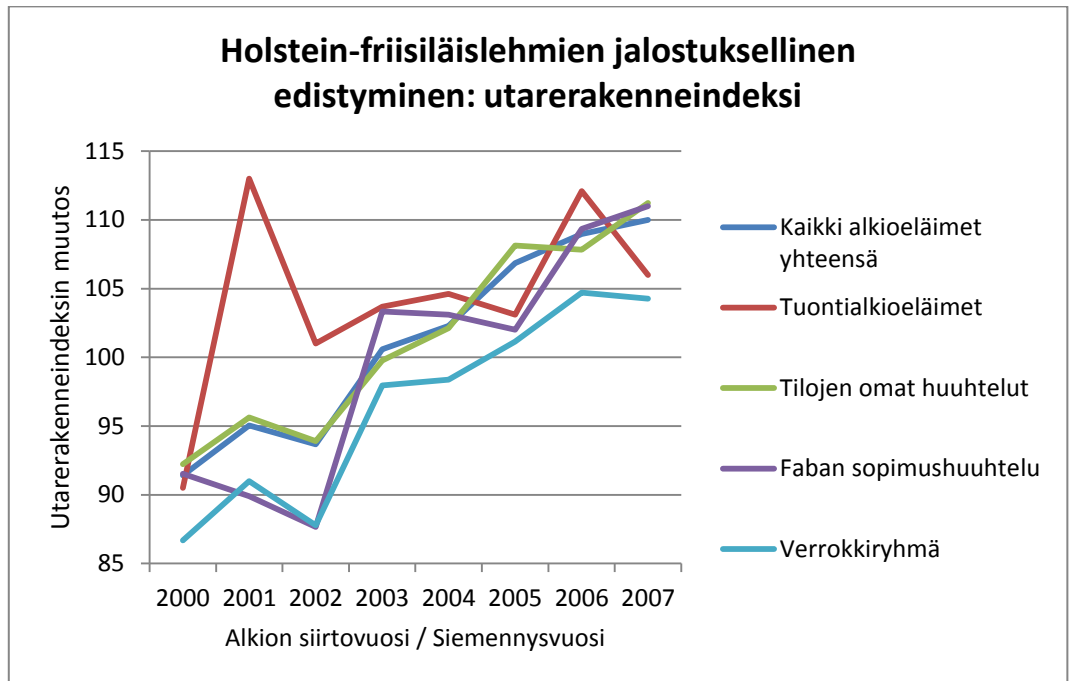
Tuotosindeksin suhteen alkioeläinten jalostuksellinen kehitys on ollut tutkimusajanjaksona melko maltillista (kuvio 9). Suhteessa verrokkiryhmään on kaikkien paitsi tuontialkioeläinten tuotosindeksin keskiarvo ollut tutkimusajanjakson alussa samalla tasolla millä verrokkiryhmä on tutkimusajanjakson lopulla. Tuontialkioeläimissä tuloksen luotettavuutta heikentävät pienet otokset (2-33 kpl).



Kuvio 9. Holstein-friisiläislehmien jalostuksellinen edistyminen tuotosindeksin osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.2.3 Utarerakenneindeksi

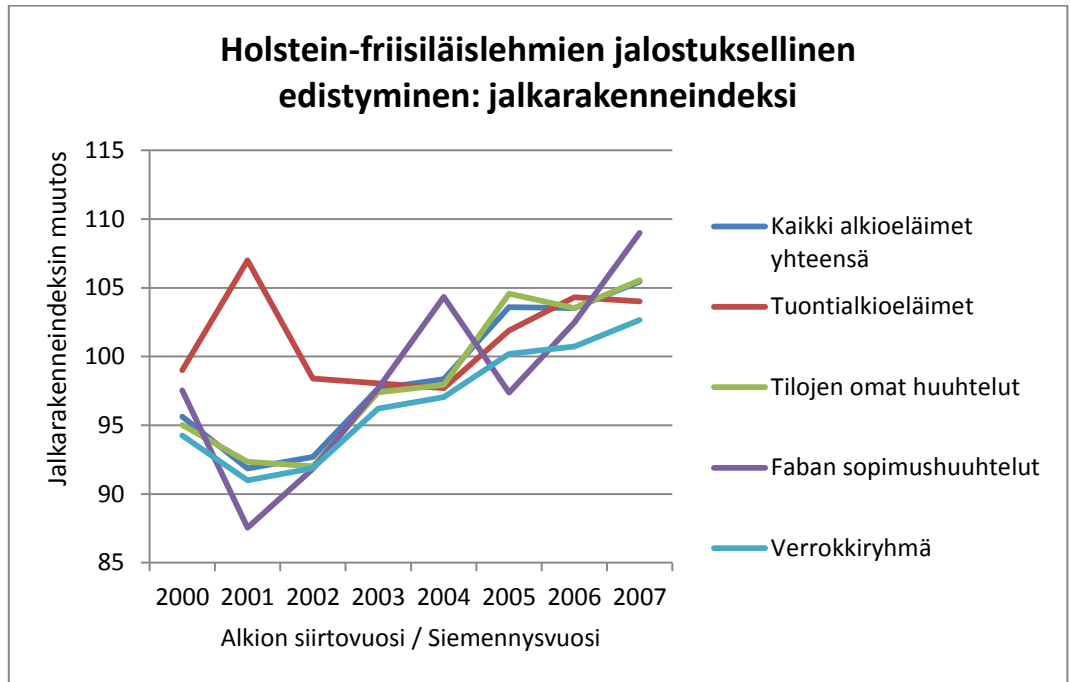
Utarerakenneindeksissä perinnöllinen edistyminen on ollut tuotosindeksiä jyrkempää (kuvio 10). Verrokkiryhmän utarerakenneindeksi on parantunut melko lailla samassa suhteessa alkioeläimiin nähden, ollen koko tutkimusjakson aikana noin viitisen indeksi-pistettä alhaisempi. Tuontialkioeläinten käyrän heittäily johtuu otosten pienuudesta (1-22 kpl).



Kuvio 10. Holstein-friisiläislehmien jalostuksellinen edistyminen utarerakenneindeksin osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.2.4 Jalkarakenneindeksi

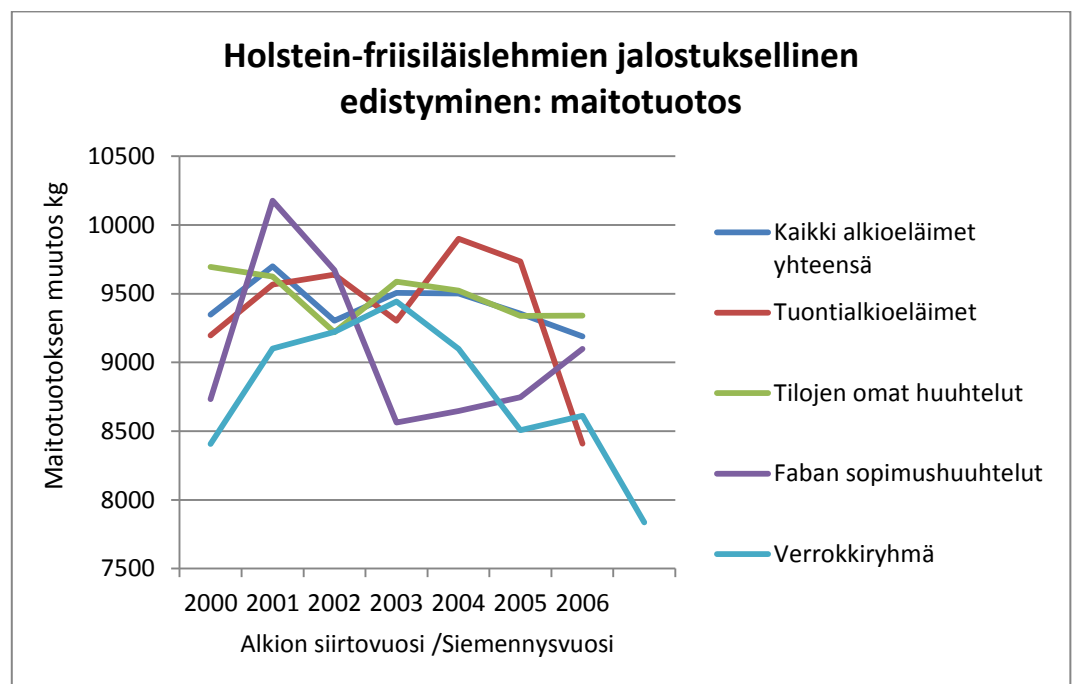
Kuviossa 11 On esitetty holstein-friisiläisten lehmien jalkarakenneindeksin kehitys. Vuosina 2001 ja 2002 voidaan havaita pieni notkahdus muutoin nousujohteisessa kehityksessä.



Kuvio 11. Holstein-friisiläislehmien jalostuksellinen edistyminen jalkarakenneindeksin osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.2.5 Maitotuotos

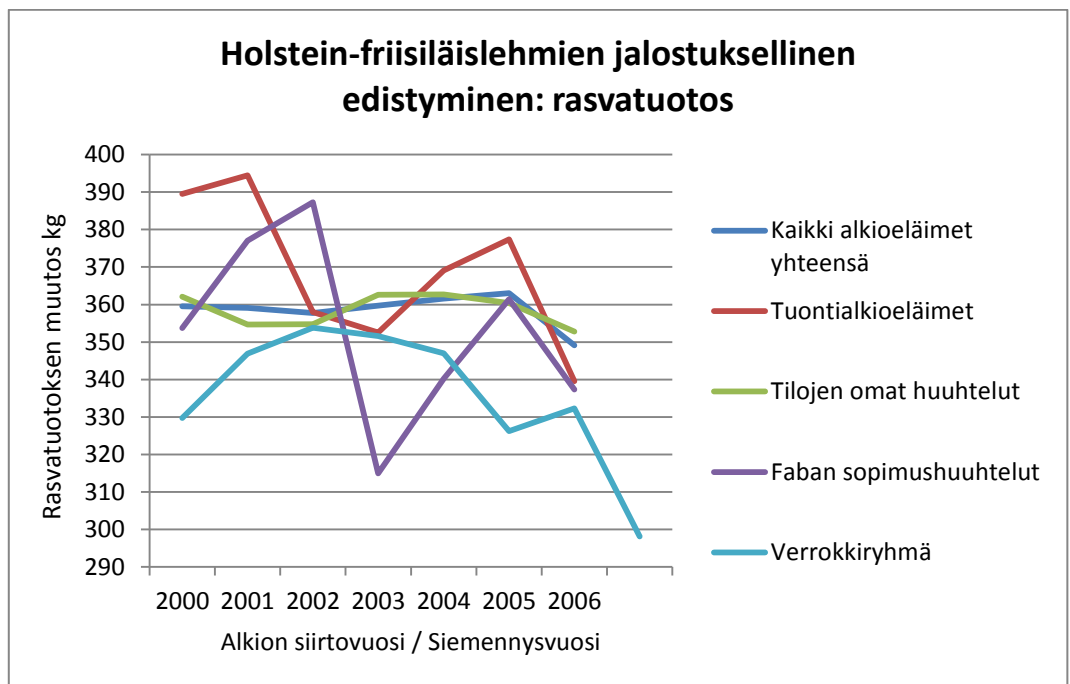
Maitotuotos on pysytellyt tasaisena kun tarkastellaan tilojen omista huuhteluista saatuja alkioeläimiä sekä kaikkia alkioeläimiä yhteensä (kuvio 12). Verrokkiryhmällä perinnöllisen edistymisen taitekohta sijoittuu tarkasteluajanjakson keskipaikkeille, minkä jälkeen se kääntyy laskuun, ollen tutkimusajanjakson lopussa huomattavasti alkioeläimiä huonompi. Tuontialkioeläimien kohdalla käyrä laskee vuodesta 2005 jyrkästi, mutta tulosten luotettavuus on pienten otosten vuoksi heikkoa (1-22 kpl). Faban sopimushuuhteluista saatujen alkioeläinten kohdalla maitotuotoksen kehityksen vaiheet ovat jyrkkiä, jota myös selittävät pienet otokset (4-14 kpl).



Kuvio 12. Holstein-friisiläislehmien jalostuksellinen edistyminen maitotuotoksen osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.2.6 Rasvatuotos

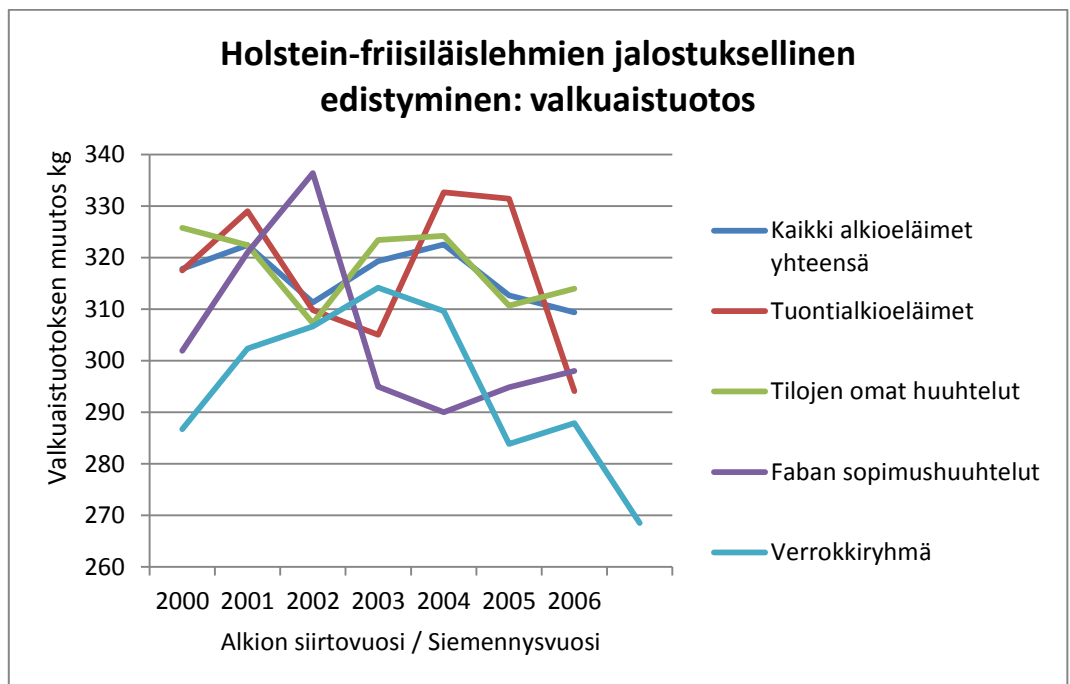
Tarkasteltaessa koko alkioeläinaineistoa, on rasvatuotoksessa tapahtunut hyvin vähän muutoksia tutkimusjakson aikana lukuun ottamatta vuotta 2006, jolloin tapahtui hienoinen notkahdus (kuvio 13.) Faban sopimushuuhteluista saatujen alkioeläinten ja tuontialkioeläinten kohdalla ei ole havaittavissa selkeää trendiä johtuen pienistä otoksista. Tilojen omista huuhteluista saaduilla alkioeläimillä rasvatuotoksen kehitys myötäilee koko alkioeläinaineiston kehitystä.



Kuvio 13. Holstein-friisiläislehmien jalostuksellinen edistyminen rasvatuotoksen osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

6.2.7 Valkuaistuotos

Kuviosta 14 voidaan valkuaistuotoksen kohdalla havaita notkahdus vuoden 2002 paikkeilla kaikilla tutkimusryhmillä lukuun ottamatta Faban sopimushuuhdeluita sekä verrokkeja. Kokonaisuutena valkuaistuotos on hieman laskenut tutkimusajanjakson aikana kaikilla alkioeläimillä yhteensä. Verrokkiryhmän valkuaistuotoksen kehitys mukailee alkioeläinten kehitystä, vaikkakin hieman voimakkaampana.



Kuvio 14. Holstein-friisiläislehmien jalostuksellinen edistyminen rasvatuotoksen osalta alkion siirtovuoden ja vertailuryhmän siemennysvuoden mukaan.

Taulukosta 6 voidaan nähdä kaikkien holstein-friisiläisten alkioeläinten sekä verrokkien tutkittujen indeksien keskiarvot.

Taulukko 6. Kaikkien holstein-friisiläisrodun alkioeläinten ja verrokkien tutkittujen indeksien keskiarvot koko otoksen osalta vuosina 2000–2009.

	NTM/ odotus- arvo	Tuotos- indeksi	Utarera- kennein- deksi	Jalkara- kennein- deksi	Maito- tuotos kg	Rasva- va- tuotos kg	Valkuais- tuotos kg
Alkio- eläimet	9	105	101	99	9423	359	317
Verrokkit	4	100	97	97	8929	341	299

6.3 Aineiston jakauma

6.3.1 Tutkimusaineiston jakauma alkio-/huuhtelutyypin mukaan

Taulukoissa 7 ja 8 on esitetty kunkin tutkitun rodun aineiston jakauma alkio- ja huuhtelutyypin osalta.

Taulukko 7. Aineiston jakauma, AYRSHIRE.

Alkio-/huuhtelutyyppi	Alkioiden lukumäärä	Prosenttiosuus
Faban sopimushuuhtelualkiot	448	7,4 %
ASMO-ydinkarjan huuhtelemat alkiot	2798	46,3 %
Tuontialkiot	692	11,5 %
Tilojen omien huuhteluiden alkiot	2079	34,4 %
Muut alkiot	26	0,43 %
Yhteensä	6043	100 %

Taulukko 8. Aineiston jakauma, HOLSTEIN-FRIISILÄINEN.

Alkio-/huuhtelutyyppi	Alkioiden lukumäärä	Prosenttiosuus
Faban sopimushuuhtelualkiot	110	6 %
Tuontialkiot	254	15 %
Tilojen omien huuhteluiden alkiot	1343	77 %
Muut alkiot	33	2 %
Yhteensä	1740	100 %

6.3.2 Sukupuolilajitellut alkiot

Taulukoista 9 ja 10 selviää kummankin tutkitun rodun sukupuolilajiteltujen alkioiden osuus koko otoksesta.

Taulukko 9. Sukupuolilajiteltujen alkioiden osuus koko otoksesta, AYRSHIRE.

Alkiotyyppi	Lukumäärä	Prosenttiosuus koko otoksesta
Lajittelematon	5699	94,3 %
Alkiolajiteltu	315	5,0 %
Sukupuolilajiteltu siemen	27	0,4 %

Taulukko 10. Sukupuolilajiteltujen alkioiden osuus koko otoksesta, HOLSTEIN-FRIISILÄINEN.

Alkiotyyppi	Lukumäärä	Prosenttiosuus koko otoksesta
Lajittelematon	3168	93,3 %
Alkiolajiteltu	79	2,3 %
Sukupuolilajiteltu siemen	148	4,4 %

6.3.3 Tuore-/pakastealkiojakauma

Tutkittujen rotujen koko aineiston jakauma tuoreena ja pakasteena siirrettyjen alkioiden osalta on nähtävissä taulukoissa 11 ja 12.

Taulukko 11. Tuore-/pakastealkiojakauma, AYRSHIRE.

Tuore-/pakaste	Lukumäärä	Prosenttiosuus koko otoksesta
Tuorealkio	2301	38 %
Pakastealkio	3740	62 %

Taulukko 12. Tuore-/pakastealkiojakauma, HOLSTEIN-FRIISILÄINEN.

Tuore-/pakaste	Lukumäärä	Prosenttiosuus koko otoksesta
Tuorealkio	1618	48 %
Pakastealkio	1777	52 %

6.3.4 Alkioiden alkuperämaajakauma

Taulukosta 13 selviää alkioläinaineiston alkuperämaajakauma.

Taulukko 13. Alkioläinten alkuperämaajakauma

Ayrshire	Alkioläinten lukumäärä	Holstein-friisiläinen	Alkioläinten lukumäärä
Suomi	5351	Suomi	2843
Kanada	641	Kanada	162
Ruotsi	42	Ranska	134
Usa	8	Saksa	92
Saksa	1	Tanska	65
Yhteensä	6043	Usa	41
		Ruotsi	31
		Alankomaat	23
		Italia	4
		Yhteensä	3395

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sekä ayrshirellä että holstein-friisiläisellä rodulla alkioläinten perinnöllisen tason kehitys noudatteli koko tutkimusajanjakson ajan kaikissa tutkituissa indekseissä keinosiemennyksellä syntyneiden eläinten perinnöllisen tason kehitystä. Kummallakaan rodulla ei alkioläinjalostuksen kehitys keskimäärin ollut sen nopeampaa kuin verrokkiryhmällä, mutta lähtötaso oli alkioläimillä odotetusti korkeampi.

Kaikkien tutkittujen alkioläinten perinnöllinen taso oli molemmilla roduilla kokonaisjalostusarvon ja tuotosindeksin osalta koko tutkimusajanjakson ajan keskimäärin 5-6 indeksipistettä ja tutkittujen rakenneominaisuuksien osalta 4-5 indeksipistettä saman ikäluokan muuta populaatiota korkeampi. Maito-, rasva- ja valkuaistuotoksen suhteen alkiosta syntyneiden ayrshirelehmien perinnöllinen taso heikkeni tutkimusajanjaksolla samalla kun se verrokkiryhmällä nousi, jolloin vuonna 2006 alkioläinten ja muun populaation välinen ero indeksipisteissä oli minimaalinen.

Holstein-friisiläisellä alkioläinten ja verrokkiryhmän maito-, rasva- ja valkuaistuotoksen jalostuksellisen tason ero lähentyi vuoteen 2002 ja 2003 mennessä, jonka jälkeen ero jälleen kasvoi alkioröyhmän eduksi verrokkiryhmän indeksien keskiarvon laskusuunnan ollessa jyrkempi.

ASMO-ydinkarjan kohdalla NTM-kokonaisjalostusarvon ja tuotosindeksin kehittyminen oli hieman muita tutkimusryhmiä nopeampaa. Sen sijaan maidon pitoisuuksissa, maitomäärässä sekä jalkarakenneindeksissä ASMO-alkioläinten perinnöllinen taso pysyi hieman kaikkia alkioläimiä matalampana.

Faban sopimushuhteluista saatujen ayrshirerotuisten alkioeläinten jalostuksellinen edistyminen noudatteli muiden tutkimusryhmien perinnöllistä edistymistä, ollen NTM-kokonaisjalostusarvon suhteen hieman korkeampi ja tuotosindeksin suhteen hieman matalampi. Holstein-friisiläisten kohdalla Faban sopimushuhtelut noudattelivat niin ikään muiden tutkimusryhmien tuloksia.

Tilojen omista huhteluista saatujen alkioeläinten perinnöllinen edistyminen noudatteli kaikkien alkioeläinten perinnöllistä edistymistä holstein-friisiläisillä eläimillä. Ayrshiren suhteen tilojen omien huhteluiden alkioeläinten taso oli muiden kuin kokonaisjalostusarvon ja tuotosindeksin kohdalla muutaman indeksipisteen verran kaikkia alkioeläimiä ja verrokkiryhmää korkeampi.

Ayrshirellä tuontialkioeläinten perinnöllinen taso NTM-kokonaisjalostusarvossa oli keskimäärin noin 15 indeksipistettä kaikkia alkioeläimiä matalampi ja noin 7 indeksipistettä verrokkiryhmää matalampi. Tuotosindeksin suhteen tuontialkioeläinten taso oli kaikkiin alkioeläimiin verrattuna noin 17 indeksipistettä alhaisempi ja verrokkiryhmään nähden noin 13 indeksipistettä alhaisempi. Kummankin indeksin osalta koko tutkimusajanjakson aikana oli havaittavissa hienoista laskua perinnöllisessä edistymisessä. Sen sijaan ayrshirerodun tuontialkioeläinten rakenneindeksit olivat keskimäärin noin 10 indeksipistettä korkeampia kuin muilla tutkimusryhmillä. Maitotuotoksen ja -pitoisuuksien suhteen tuontialkioeläinten indeksit olivat alhaisia noudatellen kuitenkin muiden tutkimusryhmien kuvaajia. Ayrshiren kohdalla korostui tuontialkioeläinten kotimaisia alkioeläimiä parempi rakenne ja huonommat tuotosominaisuudet.

Holstein-friisiläisillä tuontialkioeläimillä NTM-kokonaisjalostusarvon ja tuotosindeksin kehitys noudatteli yleistä kehitystä ollen hieman kaikkien alkioeläinten indeksin keskiarvoa alhaisempi. Rakenneindeksien kohdalla perinnöllinen taso oli tutkimuksen alussa muita tutkimusryhmiä korkeampi, mutta tasaantuu tutkimusjakson aikana samalle tasolle muiden kanssa. Maitotuotoksen ja -pitoisuuksien suhteen holstein-friisiläisten tuontialkioeläinten indeksien kehitys noudatteli kaikkien alkioeläinten sekä verrokkiryhmän perinnöllistä edistymistä.

Tarkkoja johtopäätöksiä on kummankin tutkitun rodun kohdalla vaikea vetää tuontialkioeläinten suhteen johtuen alhaisista vuosittaisista otoksista, jotka heikentävät tulosten luotettavuutta. Karkeasti ottaen voidaan kuitenkin sanoa, että tuontialkioista syntyneillä ayrshirelehmillä perinnöllinen taso oli rakenneominaisuuksien suhteen korkeampi ja muissa tutkituissa indekseissä alhaisempi verrattuna sekä kaikkiin alkioeläimiin että muuhun populaatioon. Holstein-friisiläisten kohdalla tuontialkioeläinten perinnöllinen taso ei eronnut merkittävästi muiden tutkimusryhmien perinnöllisestä tasosta tutkittujen ominaisuuksien osalta.

Tulosten perusteella voidaan sanoa, että niissä tutkimusryhmissä, joissa oli tulosten luotettavuuden kannalta tarpeeksi suuret otokset, kaikkien kotimaisten alkioeläinten ja tutkimusryhmien perinnöllinen taso oli molemmissa roduissa tutkimusjakson alussa ollut ja sen aikana pysynyt verrokkiryhmää korkeampana. Tämä kertoo siitä, että huuhdeltaviksi eläimiksi oli onnistuttu valitsemaan populaation keskitasoa parempia eläimiä.

Alkioeläinten perinnöllisen edistymisen liikkeet näyttivät noudattelevan muun populaation perinnöllisen edistymisen muutoksia. Etenkin ayrshirellä erot alkioeläinten ja verrokkiryhmän perinnöllisessä edistymisessä kuitenkin kapenivat kohti tutkimusajanjakson loppua.

Niin alkioeläinten kuin muun populaation suhteen molemmilla roduilla oli havaittavissa maitotuotoksen ja –pitoisuuksien lievää laskua tutkimusajanjakson aikana. Pitkälle meneviä johtopäätöksiä ilmiön syistä ei aineiston perusteella voi esittää. Syynä saattaisi olla esimerkiksi jalostusvalintojen painottuminen muihin ominaisuuksiin maitotuotoksen sijaan tai meijereiden vaatimus maidon rasvapitoisuuden vähentämisestä johtuen rasvaisten maitotuotteiden kulutuksen jatkuvasta vähenemisestä.

Holstein-friisiläisillä oli kaikissa muissa paitsi edellä mainituissa maito- ja pitoisuusindekseissä havaittavissa edistymistä. Ayrshirellä oli havaittavissa perinnöllistä edistymistä NTM-kokonaisjalostusarvon, tuotosindeksin ja utarerakenneindeksin kohdalla, kun taas jalkarakenneindeksin kohdalla tätä ei ollut juuri saavutettu.

Oletus ennen tutkimuksen tekemistä oli, että alkionsiirtotekniikalla alkunsa saaneiden eläinten jalostuksellinen taso olisi muuta populaatiota korkeampi, mutta tarkkoja arvioita tasoerosta ei esitetty. Tutkimuksessa selvisi että oletus oli pääosin oikea. Yllättävää oli, että ayrshirellä lähes kaikissa tutkituissa indekseissä verrokkiryhmän perinnöllinen edistyminen oli tutkimusajanjakson lopussa rivakampaa kuin alkioeläimillä, kuroen perinnöllistä tasoeroa kiinni. Holstein-friisiläisten kohdalla kyseistä ilmiötä ei ollut havaittavissa.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että alkioeläimien jalostuksellinen taso oli muuta saman ikäluokan populaatiota jonkin verran korkeampi, mutta perinnöllinen edistyminen ei alkioeläimillä ole verrokkeja nopeampaa. Kaikkien alkioeläinten jalostuksellisen tason muutokset noudattelevat muussa populaatiossa tapahtuvia muutoksia. Voitiin myös havaita, että holstein-friisiläisten ja ayrshirerotuisten alkioeläinten perinnöllinen edistyminen ei ollut yhdenmukaista. Keskimäärin holstein-friisiläisten eläinten perinnöllinen edistyminen sekä alkioeläinten että verrokkiryhmän kohdalla oli ayrshireä nopeampaa.

Tulosten valossa voidaan siis todeta, että alkionsiirtojalostuksella on saavutettavissa eläinaineksen perinnöllisen tason kasvua. On kuitenkin muistettava, että vasta kun tuotanto-olosuhteet ovat kunnossa, voidaan tämä hyöty saavuttaa täysimääräisesti. Kuten tavanomaisessa jalostuksessa, tulee

myös alkionsiirtojalostuksessa päättää kunkin karjan tärkeimmät jalostustavoitteet, sillä kaikkia osa-alueita ei voida jalostaa samanaikaisesti alkionsiirtojalostuksenkaan turvin. Kun keskitytään kunkin karjan kannalta tärkeimpiin jalostettaviin ominaisuuksiin, voidaan eläinaineksen perinnöllistä tasoa saada kohtuullisen tehokkaasti ja nopeasti parannettua.

LÄHTEET

Aro, J., Mäntysaari, E. & Peippo, E. 2007. ASMO-ydinkarja – jalostuksen huipulla 10 vuotta. *Maaseudun tiede* 1/2007. 1.

Bourdon, R. M. *Understanding Animal Breeding*. 2000. 2. Painos. Upper Saddle River, NJ: Prentice- Hall, Inc.

Enroth, A., Jokipii, P., Korhonen, T., Koskivainio, H., Kyntäjä, J., Lampinen, K., Rautala, H. & Savela, P. 2003. Kannattava maidontuotanto. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisu nro 997. ProAgria Maaseutukeskusten Liitto. Jyväskylä: Gummerus.

Faba. 2010. ASMO jalostusohjelmassa. Viitattu 8.8.2010.
<http://www.faba.fi/asm>

Faba. 2010. Lypsyrotujen jalostusohjelma. Viitattu 3.12.2010.
<http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusohjelma>

Faba. 2013. NTM-kokonaisjalostusarvo. Viitattu 29.3.2013.
http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/ntm-kokonaisjalostusarvo

Faba 2013. ASMO-karja. Viitattu 30.7.2013
<http://www.faba.fi/jalostus/asm/asm-karja>

Faba 2010. Tuotanto-ominaisuudet. Viitattu 8.8.2010.
http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/jalostusarvon_ennusteet/tuotanto-ominaisuudet

Gordon, I.R. 2003. *Laboratory production of cattle embryos*. Oxon, U.K.; Cambridge, Mass.

Hyvönen, A., Jokinen, J., Kaimio, I., Myllymäki, H. & Toivonen, M. 2002. Alkionsiirtojalostuksen tietopaketti. HAKA-Jalostuseläinten tuotantorenkaat- hanke.

Juga, J. 2012. NTM, työkalu tulevaisuuden eläinaineksen valintaan. *Nauta* 2/2012, 12-13.

Juga, J. & Syväjärvi, J. Jalostusohjelman periaatteet. Teoksessa: Kotieläinjalostus. 1999. Jyväskylä: Suomen Kotieläinjalostusosuuskunta.

Maijala, K. 1998. 100 vuotta naudan- ja sianjalostusta jalostustyöllä tulosta. Helsinki: Suomen Kotieläinjalostuskunta

Mäki-Tanila, A. 2010. Geneettisen vaihtelun ylläpito kryovarastoissa. *Nauta* 1/2010, 27–30.

Nordic Cattle Genetic Evaluation. Uusi pohjoismainen kokonaisjalostusarvo on NTM. 2008. Viitattu 14.10.2010
<http://www.nordicebv.info/News/Uusi+pohjoismainen+kokonaisjalostusarvo+on+NTM.htm>

Ojala, M. 1999. Kotieläinjalostuksen perusteet. Teoksessa: Kotieläinjalostus.. Jyväskylä: Suomen Kotieläinjalostusosuuskunta.

Pösö, J. 2006. Tuotosindeksit tarkastelussa. *Nauta* 3/2006, 10-11.

Rajala, H. 1993. Nautakarjatalous. Rauma: Kirjayhtymä Oy.

Seidel Jr, G. E. & Moore Seidel, S. 1991. Training manual for embryo transfer in cattle. Rome: FAO.

Simm, G. Genetic Improvement of Cattle and Sheep. 2000. 2. Uusittu painos. Tonbridge, United Kingdom: Farming Press.

Toivonen, M. 2007. Jalostusarvostelut käytännössä. Teoksessa: Tauriainen, S. (toim.) Mittaa ja valitse – lypsykarjanjalostuksella tuloksiin. Helsinki: Opetushallitus.

Toivonen, M. 2007. Jalostuksen teoriaa. Teoksessa: Tauriainen, S. (toim.) Mittaa ja valitse – lypsykarjanjalostuksella tuloksiin. Helsinki: Opetushallitus.

Toivonen, M. 2009. Trendit tarkastelussa. Maidon valkuainen ja rasva. *Nauta* 2/2009, 8.

Vahtiala, S. 2012. Alkiovuosi 2011 oli aktiivinen. *Nauta* 1/2012. 18–19.

Veijonen, P-L. 1984. Kotieläinjalostuksen perusteet. 2. Painos. Vantaa: Keinosiemennysyhdistysten liitto

TUTKIMUKSEN OTOKSET: AYRSHIRE

AYRSHIRE, KAIKKI ALKIOELÄIMET

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Yhteensä
NTM/JA	209	245	201	335	422	322	275	354	381	273	3017
Tuotosindeksi	174	207	173	281	344	261	218	94	0	0	1752
Utarerakennesindeksi	155	184	144	238	262	191	131	42	0	0	1347
Jalkarakennesindeksi	156	184	144	238	262	191	131	42	0	0	1348
Maitotuotos	146	189	152	245	307	226	121	0	0	0	1386
Rasvatuotos	146	189	152	245	307	226	121	0	0	0	1386
Valkuaistuotos	146	189	152	245	307	226	121	0	0	0	1386

AYRSHIRE, ASMO-YDINKARJAN HUUHTELUT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Yhteensä
NTM/JA	92	113	137	173	159	126	119	180	191	139	1429
Tuotosindeksi	75	93	121	146	130	100	94	57	0	0	816
Utarerakennesindeksi	71	86	105	128	108	75	66	33	0	0	672
Jalkarakennesindeksi	71	86	105	128	108	75	66	33	0	0	672
Maitotuotos	60	83	102	119	111	81	46	0	0	0	602
Rasvatuotos	60	83	102	119	111	81	46	0	0	0	602
Valkuaistuotos	60	83	102	119	111	81	46	0	0	0	602

AYRSHIRE, TUONTIALKIOT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Yhteensä
NTM/JA	8	9	2	16	13	23	39	57	63	55	285
Tuotosindeksi	5	8	2	10	12	20	27	5	0	0	89
Utarerakennesindeksi	5	8	2	6	6	15	7	1	0	0	50
Jalkarakennesindeksi	5	8	2	6	6	15	7	1	0	0	50
Maitotuotos	3	7	2	7	10	17	12	0	0	0	58
Rasvatuotos	3	7	2	7	10	17	12	0	0	0	58
Valkuaistuotos	3	7	2	7	10	17	12	0	0	0	58

Jalostuksellinen edistyminen lypsykarjan alkionsiirtojalostuksessa Suomessa vuosina 2000–2009

AYRSHIRE, TILOJEN OMAT HUUHTELUT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Yhteensä
NTM/JA	61	86	42	124	195	160	97	89	124	75	1053
Tuotosindeksi	47	76	33	105	156	131	80	17	0	0	645
Utarerakenneindeksi	34	63	26	84	109	92	48	3	0	0	459
Jalkarakenneindeksi	34	63	26	84	109	92	48	3	0	0	459
Maitotuotos	42	72	31	99	142	120	51	0	0	0	557
Rasvatuotos	42	72	31	99	142	120	51	0	0	0	557
Valkuaistuotos	42	72	31	99	142	120	51	0	0	0	557

AYRSHIRE, FABAN SOPIMUSHUUHTELUT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Yhteensä
NTM/JA	44	37	17	26	54	11	20	28	3	4	244
Tuotosindeksi	43	30	14	20	45	9	17	15	0	0	193
Utarerakenneindeksi	42	27	9	18	38	8	10	5	0	0	157
Jalkarakenneindeksi	42	27	9	18	38	8	10	5	0	0	157
Maitotuotos	37	27	14	19	43	7	12	0	0	0	159
Rasvatuotos	37	27	14	19	43	7	12	0	0	0	159
Valkuaistuotos	37	27	14	19	43	7	12	0	0	0	159

AYRSHIRE, VERROKKIRYHMÄ

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Yhteensä
NTM/JA	210	240	197	320	394	293	276	321	352	355	2958
Tuotosindeksi	153	193	145	239	301	210	200	92	0	0	1533
Utarerakenneindeksi	69	89	57	99	113	93	58	13	0	0	591
Jalkarakenneindeksi	69	89	57	99	113	93	58	13	0	0	591
Maitotuotos	134	173	125	211	274	190	142	12	0	0	1261
Rasvatuotos	134	173	125	211	274	190	142	12	0	0	1261
Valkuaistuotos	134	173	125	211	274	190	142	12	0	0	1261

TUTKIMUKSEN OTOKSET: HOLSTEIN-FRIISILÄINEN

HOLSTEIN-FRIISILÄINEN, KAIKKI ALKIOELÄIMET

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	yhteensä
NTM/JA	63	77	101	167	207	166	205	235	298	246	1765
Tuotosindeksi	55	64	88	147	178	138	157	41	0	0	868
Utarerakenneindeksi	53	59	79	125	147	109	103	13	0	0	688
Jalkarakenneindeksi	53	59	79	125	147	109	103	13	0	0	688
Maitotuotos	51	58	79	135	162	127	78	0	0	0	690
Rasvatuotos	51	58	79	135	162	127	78	0	0	0	690
Valkuaistuotos	51	58	79	135	162	127	78	0	0	0	690

HOLSTEIN-FRIISILÄINEN, TUONTIALKIOT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	yhteensä
NTM/JA	3	2	6	26	22	24	54	34	36	49	256
Tuotosindeksi	3	2	5	25	17	21	33	6	0	0	112
Utarerakenneindeksi	2	1	5	22	13	18	22	3	0	0	86
Jalkarakenneindeksi	2	1	5	22	13	18	22	3	0	0	86
Maitotuotos	2	1	5	22	13	18	22	0	0	0	83
Rasvatuotos	2	2	5	23	15	19	10	0	0	0	76
Valkuaistuotos	2	2	5	23	15	19	10	0	0	0	76

HOLSTEIN-FRIISILÄINEN, TILOJEN OMAT HUUHTELUT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	yhteensä
NTM/JA	38	61	78	134	168	131	123	178	258	195	1364
Tuotosindeksi	33	52	68	116	147	108	104	31	0	0	659
Utarerakenneindeksi	32	49	60	98	122	83	66	9	0	0	519
Jalkarakenneindeksi	32	49	60	98	122	83	66	9	0	0	519
Maitotuotos	31	48	59	106	134	99	58	0	0	0	535
Rasvatuotos	31	48	59	106	134	99	58	0	0	0	535
Valkuaistuotos	31	48	59	106	134	99	58	0	0	0	535

Jalostuksellinen edistyminen lypsykarjan alkionsiirtojalostuksessa Suomessa vuosina 2000–2009

HOLSTEIN-FRIISILÄINEN, FABAN SOPIMUSHUHTELUT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	yhteensä
NTM/JA	18	13	8	4	11	10	25	18	4	0	111
Tuotosindeksi	15	10	7	4	10	9	20	4	0	0	79
Utarerakenneindeksi	15	9	6	3	9	8	15	1	0	0	66
Jalkarakenneindeksi	15	9	6	3	9	8	15	1	0	0	66
Maitotuotos	14	8	7	4	9	9	10	0	0	0	61
Rasvatuotos	14	8	7	4	9	9	10	0	0	0	61
Valkuaistuotos	14	8	7	4	9	9	10	-	0	0	61

HOLSTEIN-FRIISILÄINEN, VERROKKIRYHMÄ

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	yhteensä
NTM/JA	65	87	90	149	154	138	157	198	232	324	1594
Tuotosindeksi	56	76	74	122	117	116	116	70	0	0	747
Utarerakenneindeksi	32	45	46	79	76	63	60	23	0	0	424
Jalkarakenneindeksi	32	45	46	79	76	63	60	23	0	0	424
Maitotuotos	45	68	64	109	106	103	86	9	0	0	590
Rasvatuotos	45	68	64	109	106	103	86	9	0	0	590
Valkuaistuotos	45	68	64	109	106	103	86	9	0	0	590