



Lypsylehmien jalostusmenetelmien vaikuttavuus eläinainekseen

Laura Kuhmonen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2021

Luonnonvara- ja ympäristöala

Agrologi (AMK), maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Kuhmonen, Laura

Lypsylehmiä jalostusmenetelmien vaikuttavuus eläinainekseen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2021, 35 sivua.

Luonnonvara- ja ympäristöala, agrologi (AMK), Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Lypsykarjan jalostus on viime vuosikymmeninä ottanut suuria harppauksia eteenpäin. Kuitenkin, jalostuksen tulokset ovat riippuvaisia jalostusvalinnoista. Onnistuneet jalostusvalinnat perustuvat tietoon perinnölliseen edistymiseen vaikuttavista tekijöistä ja siitä, kuinka edistymistä voidaan nopeuttaa ja millä jalostusvalinnoilla saadaan suurin ja taloudellisesti kannattavin perinnöllinen edistyminen. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millä jalostusmenetelmällä saavutetaan suurin perinnöllinen edistyminen kohdekarjassa. Perinnöllistä edistymistä mitattiin maitotuotoksen sekä kokonaisindeksin kehityksen osalta. Rakenteen merkitystä jalostuksessa käsiteltiin omassa luvussaan. Laskelmissa ei huomioitu alkionsiirtojen vaikutusta.

Tutkimus toteutettiin case-tutkimuksena, jossa kohdekarjan tuotosseuranta- ja jalostussuunnitelman perusteella laadittiin havaintomatriisi, josta ilmeni eläimen tuotostiedot, poikimakerta sekä jalostusarvo. Puolueettomuuden varmistamiseksi eläimiä ei kirjattu tunnistettavasti aineistoon. Havaintomatriisin tietoja käytettiin aineistona perinnöllisen edistymisen laskemiseksi eri valintaperusteilla ja jalostettavilla joukoilla. Laskelmat toteutettiin tandemvalinnan osalta, jossa jalostettavana ominaisuutena oli maitotuotos kiloina, energiakorjattu maitomäärä sekä indeksivalintana eläinten kokonaisjalostusarvon perusteella.

Ennako-oletusten mukaisesti maitokiloihin perustuvalla valinnalla maidon pitoisuuksien perinnöllinen edistyminen oli negatiivista ominaisuuksien välisten korrelaatioiden vuoksi. Sukupuolilajiteltua siementä käyttämällä jalostettava joukko oli pienempi ja perinnöllinen edistyminen suurempaa. Energiakorjattu maitomäärä jalostusperusteena ei tuottanut ennako-odotusten mukaisia tuloksia, vaan maidon valkuaispitoisuuden kehittyminen oli negatiivista. Kokonaisindeksiin perustuva valinta sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä sekä energiakorjattuun maitomäärään perustuva valinta sekä sukupuolilajiteltua että tavanomaista siementä käytettäessä tarjosivat kokonaisuuden kannalta otollisimmat tulokset, ja positiivista edistymistä tapahtui kaikkien tuotannollisesti merkittävien ominaisuuksien osalta.

Avainsanat (asiasanat)

Jalostusmenetelmät, lypsykarja, perinnöllinen edistyminen, heritabiliteetti, geneettinen korrelaatio, fenotyyppinen korrelaatio

Kuhmonen, Laura

Effectivity of breeding methods in dairy cattle

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2021, 35 pages.

Natural resources. Agricultural and rural industries. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The breeding of dairy cattle has made great strides forward in recent decades. However, the results of the breeding process depend on breeding choices. Successful breeding choices are based on knowledge of the factors affecting genetic improvement and how the progress can be accelerated and which breeding choices will provide the greatest and most economically viable genetic improvement. The aim of the thesis was to find out which breeding method achieves the greatest genetic improvement in the target herd. Genetic improvement was measured in terms of milk production and the development of the overall index. The significance of structure in breeding was discussed in its own chapter.

The study was carried out as a case study, in which an observation matrix was prepared based on the target herd's observed yield and breeding plan, showing the animal's yield data, calving total and breeding value. To ensure impartiality, the animals were not recognizably recorded in the material. The information in the observation matrix was used as data to calculate genetic improvement using different selection criteria and breeding groups. The calculations were carried out for tandem selection, in which the characteristic to be processed was milk imported in kilograms, the energy-adjusted amount of milk and the index selection based on the total breeding value of the animals. The calculations did not consider the effect of embryo transfers.

As expected, the genetic improvement of milk concentrations was negative due to the correlations between the traits when using milk kilograms as a breeding criteria. Using gender-sorted seed, the breeding groups were smaller and genetic improvement greater. The energy-adjusted amount of milk as a breeding basis did not produce the expected results, as the development of the protein content of the milk was negative. The most favorable results for the process at hand were achieved by index selection when using gender-sorted seed, as well as by choosing gender-sorted and conventional seed based on energy-adjusted milk amount. In this case, positive genetic improvement occurred in all the productional traits.

Keywords/tags (subjects)

Breeding methods, dairy cattle, genetic improvement, heritability, genetical correlation, phenotypical correlation

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Keskeistä sanasto	7
2	Jalostusmenetelmät.....	8
2.1	Jalostusvalintojen merkitys	8
2.2	Valintaperiaatteet	9
2.3	Ominaisuuksien periytymisasteita	10
2.4	Geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot.....	11
2.5	NTM.....	12
2.6	Jälkeläisarvostelu ja genomivalinta.....	14
2.7	Jalostusprosessi tilalla	15
2.7.1	Kantakirjaus	16
2.7.2	Karjantarkkailu ja tuotosseuranta	16
3	Perinnöllinen edistyminen	16
3.1	Perinnöllisen edistymisen laskeminen	19
3.2	Rakenteen merkitys jalostuksessa	19
4	Tutkimus	21
4.1	Menetelmä.....	21
4.2	Aineistonkeruu	22
4.3	Analysointi.....	22
5	Tulokset.....	25
5.1	Maitokiloihin perustuva valinta	25
5.2	EKM kg perustuva valinta.....	26
5.3	Indeksivalinta	28
5.4	Yhteenveto	29
6	Pohdinta.....	30
6.1	Luotettavuus ja eettisyys	32
	Lähteet	33
	Liitteet	35
	Liite 1. Kiviojan karjan havaintomatriisi	35

Kuvat

Kuva 1. Pohjoismaisten punaisten lypsyrotujen tuotosominaisuuksien kehitys vuosina 2001-2020 (NAV Trends, nd.).....	18
Kuva 2. Kotimaisten punaisten lypsyrotujen rakenteen kehittyminen (NAV Trends, nd.)	20
Kuva 3. Kivojan karjan perinnöllinen edistyminen vuosina 2001-2020 (Sjöblom 2020)	23
Kuva 4. Kivojan karjan yhdistelmäindeksit (Sjöblom 2020)	24

Taulukot

Taulukko 1. Runko-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot keskivirheineen yläkolmiossa ja fenotyypiset korrelaatiot alakolmiossa (Tikkanen 2014, 37).	11
Taulukko 2. Hedelmällisyysominaisuuksien ja tuotosominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot yläkolmiossa ja fenotyypiset korrelaatiot alakolmiossa. Keskivirheet suluissa. (Tikkanen 2014, 37).	12
Taulukko 3. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä	25
Taulukko 4. Perinnöllinen edistyminen tavanomaista siementä käytettäessä	25
Taulukko 5. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua ja tavanomaista siementä käytettäessä	26
Taulukko 6. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä	26
Taulukko 7. Perinnöllinen edistyminen tavanomaista siementä käytettäessä	27
Taulukko 8. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua ja tavanomaista siementä käytettäessä	27
Taulukko 9. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä.	28
Taulukko 10. Perinnöllinen edistyminen tavanomaista siementä käytettäessä.	28
Taulukko 11. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua ja tavanomaista siementä käytettäessä.	29
Taulukko 12. Perinnöllinen edistyminen siementyyppin ja valintaperusteen mukaan lajiteltuna	30

1 Johdanto

Vuonna 2020 suomalaisten lypsylehmien keskituotos nousi ennätysellisiin lukemiin keskituotoksen ollessa 10 168 kg. Tämä on 231 kiloa enemmän verrattuna edelliseen vuoteen. Energiakorjatun maitomäärän keskituotos oli 10 771 kg. Viimeisen viidentoista vuoden aikana tuotosseurantaan kuuluvien karjatilojen määrä Suomessa on laskenut noin kuudella tuhannella, mutta lehmien määrä ei ole laskenut samassa suhteessa. Vuonna 2005 lehmien määrä tuotosseurannassa oli 244 559 ja vuonna 2020 määrä oli vain 40 000 vähemmän. Pitkäjänteinen, suunnitelmallinen ja useiden toimijoiden yhteistyöllä toteutettu karjanjalostus on nostanut maidon keskituotosta kymmenessä vuodessa 1282 kiloa. (Nokka 2021.) Jalostuksen tavoitteena on parantaa tuotannon taloudellista kannattavuutta parantamalla eläinainesta (Juga, Maijala, Mäki-Tanila, Mäntysaari, Ojala & Syväjärvi 1999, 137).

Suomalainen karjanjalostus alkoi vuonna 1898, kun ensimmäinen kotimainen karjanjalostusyhdistys perustettiin (Juga ym. 1999, 3). Suomi aloitti tuotosseurannan viidentenä maailmassa. 1930-luvulla tarkkailutoiminta alkoi vakiintua ja tarkkailukarjakot suorittivat mittalypsyt tiloilla kerran kuukaudessa. 1960-luvulla Suomi liittyi ICARI:iin, joka on kansainvälinen tuotosseurannan organisaatio. 1990-luvulla Suomi siirtyi ensimmäisenä maailmassa tuotosseurannan omatoimitarkkailuun. (Tuotosseuranta 120 vuotta, 2018.) Pohjoismaisessa vertailussa kotimainen karja-aines on tasaväkistä ja ainoastaan maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksissa havaittiin eroa kotimaisen karja ja muiden pohjoismaiden karjan välillä. (NAV Trends, nd.)

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten jalostusmenetelmät vaikuttavat eläinainekseen ja millä jalostusmenetelmällä saadaan suurin perinnöllinen edistyminen. Perinnöllistä edistymistä tutkittiin maitotuotoksen perinnöllisen edistymisen osalta. Perinnöllisen edistymisen ymmärtäminen on perusedellytys johdonmukaiselle ja kannattavalle eläinten jalostamiselle. Kun ymmärtää ominaisuuksien periytyminen ja sitä kautta saatu perinnöllisen laadun kehittyminen, eläinainekes kehitty nopeammin tiedostettujen jalostuspäätösten avulla.

1.1 Keskeistä sanasto

Faba osk	Valtakunnallinen jalostusorganisaatio
Fenotyyppi	Eläimen ilmiäsu, genotyyppi + ympäristön vaikutus
Genotyyppi	Eläimen perimä
Heritabiliteetti	h^2 periytymisaste
Heterotsygootti	Eriperintäinen, vastingeenit eri alleelit
Homotsygootti	Samaperintäinen, vastingeenit samat alleelit
ICAR	International Committee for Animal Recording, kansainvälinen organisaatio, jonka tehtävä on kehittää tuotosseurantaa sekä luoda standardeja taloudellisesti merkittävien ominaisuuksien määrittelylle ja mitaamiselle.
Keskivirhe	keskimääräinen virhe
Korrelaatio	Muuttujien välinen yhteys, positiivinen tai negatiivinen muuttujien mukaan
Perinnöllinen edistyminen	Eläinaineksen perimän kehittyminen ja eläinaineksen perinnöllisen laadun parantuminen
Valintaero	valittujen yksilöiden keskiarvon ja populaation kaikkien yksilöiden keskiarvon erotus. Valittujen eläinten paremmuus suhteessa koko karjaan. (Juga ym. 1999, 286.)

2 Jalostusmenetelmät

2.1 Jalostusvalintojen merkitys

Nopeat poistot laskevat lypsylehmien valinnan tehoa ja korkeampi poistoikä tuo lisää vaihtoehtoja karsinnalle. Karsinta riippuu karjakoosta ja keskipoikimakerrasta, sillä pienissä karjoissa on vähemmän valinnanvaraa. Karjatoon kasvu ja keskipoikimakerran nostaminen tuo enemmän mahdollisuuksia karsintaan. Lihasonnin käyttö on hyvä tapa varmistaa, että ei-halutun lehmän vasikkaa ei käytetä maidontuotannossa. (Juga ym. 1999, 149.) Suunnitelmallisen ja järjestelmällisen jalostuksen ja jalostuspäätösten myötä eläinainees paranee. Jalostussuunnitelman teettäneillä karjoilla eläinten tuotos on korkeampi kuin muilla tarkkailukarjoilla. Suunnitelmallinen jalostus nopeuttaa myös eläinainees laadun kehittymistä ja eläinten tuotostason parantumista. Myös muilla tarkkailukarjoilla eläinainees on vuosien saatossa parantunut tiedon ja osaamisen lisääntyessä ja parempilaatuisten jalostusyksilöiden saatavuuden seurauksena. (Juga ym. 1999, 147.)

Jalostusvalintoja tehdessä huomioidaan eläimen geneettinen laatu sekä eläimen ulkonäkö. Ympäristötekijät vaikuttavat alhaisen periytymisasteen ominaisuuksiin enemmän. Ympäristötekijät jaetaan kahteen ryhmään: systemaattiset sekä satunnaiset ympäristötekijät. Systemaattisia tekijöitä ovat mm. eläimen saama ruokinta, hoito sekä elinolosuhteet. Myös eläimen poikimakerta ja tuotosvaihe vaikuttavat fenotyyppiin, eli eläimen ulkonäköön. Satunnaiset ympäristötekijät ovat mitattavirheet sekä eläimet kohtaamat sairastumiset tai tapaturmat. (Aro, Toivonen & Vahlsten 2020, 32.)

Jalostustavoitteiden saavuttamiseksi on huomioitava ominaisuuksien laatu ja niiden periytyminen. Kvalitatiiviset ominaisuudet ovat yksinkertaisesti perityviä ja geenit sijaitsevat yhdessä lokuksessa. (Aro ym. 2020, 29.) Mendelin 1. säännön mukaisesti yksilöt ovat joko homotsygootteja tai heterotsygootteja. Homotsygootilla sukusoluissa olevat alleelit ovat samoja, joko dominoivia tai resessiivisiä. Heterotsygootilla sukusoluissa olevat alleelit ovat dominoiva sekä resessiivinen. (Juga ym. 1999, 37–38.) Ympäristötekijät eivät vaikuta kvalitatiivisten ominaisuuksien kehittymiseen. Esimerkiksi eläimen sarvellisuus on kvalitatiivinen ominaisuus, eli eläimellä joko on tai ei ole sarvia riippuen perimästä. (Aro ym. 2020, 29.)

Kvantitatiivisiin ominaisuuksiin vaikuttaa suurempi määrä geenejä. Myös ympäristötekijät vaikuttavat ominaisuuden kehittymiseen. Esimerkiksi maitotuotos on kvantitatiivinen ominaisuus, johon vaikuttaa perimän lisäksi eläimen ruokinta, tuotantokausi sekä elinolosuhteet. (Aro ym. 2020, 31.) Kvantitatiivisten ominaisuuksien periytymistä ei voida esittää samalla tavoin kuin yllä olevaa nupoutta, johon vaikuttavat geenit sijaitsevat yhdessä alleelissa. Useissa lokuksissa sijaitsevien geenien periytyminen on Mendelin 2. säännön mukaisen satunnaisuuden vuoksi mahdotonta ennustaa varmaksi ja tämä osaltaan vaikeuttaa jalostettavien eläinten valintaa. Vaikka vanhempien geenit olisivat tiedossa, on mahdotonta ennustaa niiden järjestäytyminen sukusoluihin ja sitä kautta jälkeläiseen. Satunnaisuus ylläpitää myös jalostuksen mahdollistavaa geneettistä erilaisuutta. (Juga ym. 1999, 41.)

Yhdessä tai muutamassa lokuksessa sijaitsevien geenien perusteella määräytyvät ominaisuudet ovat poikkeuksia, ja ne eivät ole kotieläinjalostuksen taloudellisen tuloksen kannalta merkittävimpiä. Taloudellisesti tärkeimmät ominaisuudet määräytyvät useissa lokuksissa sijaitsevien geenien perusteella, jolloin yksittäisen geenin vaikutus on pientä. (Juga ym. 1999, 41.)

2.2 Valintaperiaatteet

Kun jalostusvalinnat tehdään eläinaineksen laadun parantamiseksi, huomioidaan usean ominaisuuden tavoitteet ja onnistuneet jalostusvalinnat edellyttävät usean ominaisuuden vaikutuksen huomioinnin. Yksittäisen ominaisuuden jalostaminen ei ole kannattavaa, sillä ominaisuuksien väliset korrelaatiot voivat heikentää toista ominaisuutta toisen parantuessa. Edistyminen on hidasta sukupolvien välisen ajan takia.

Tandemvalinnassa valinta toteutetaan yhdelle ominaisuudelle asetetun karsintarajan mukaan. Jalostusvalinnat toteutetaan määrätyn ominaisuuden perusteella tietyn aikavälin ajan, jonka jälkeen valinta tehdään toisen ominaisuuden perusteella. Valintaa voidaan vaihtaa myös yhden ominaisuuden suhteen vuorotellen peräkkäisissä sukupolvissa. (Juga ym. 1999, 89.) Yhden ominaisuuden jalostaminen ei ole kannattavaa korrelaatioiden vuoksi, esimerkiksi maitotuotoksen ja hedelmällisyyden välillä on negatiivinen korrelaatio, joten maitotuotoksen kasvaessa eläimen hedelmällisyys kärsii. (Aro ym. 2020, 35.) Geneettisistä korrelaatioista enemmän seuraavassa luvussa. Mikäli jalostusvalinnat tehdään yhden ominaisuuden perusteella vuodesta toiseen, tuloksena on jalostuksen kohteena olleen ominaisuuden maksimaalinen perinnöllinen edistyminen. Samalla kuitenkin

negatiivinen korrelaatio heikentää muita ominaisuuksia. Ominaisuuksien, joiden välillä on epäsuotuisa yhteys, kehittäminen on erittäin hidasta. Edistymisen nopeus riippuu kyseisten ominaisuuksien välisten geneettisten korrelaatioiden vahvuudesta. (Juga ym. 1999, 90.)

Jalostusyksilöt voidaan valita toisistaan riippumattomien karsintarajojen kautta, jolloin eläimet, jotka täyttävät kullekin ominaisuudelle asetetut rajat valikoidaan jalostuskäyttöön. Tuloksena ne eläimet, jotka täyttävät asetetut vähimmäisrajat valikoituvat jalostukseen ja eläimet, jotka eivät täyttäneet kaikkien ominaisuuksien vähimmäisrajoja jäävät jalostuksen ulkopuolelle.

Usean ominaisuuden indeksiin perustuva valinta tapahtuu kokonaisindeksin perusteella. Eläimet, jotka ylittävät asetetun indeksiarvon, valitaan jalostuskäyttöön. Pelkkään indeksiin pohjautuva valinta ei huomioi fenotyyppiä tai ympäristön vaikutusta. (Juga ym. 1999, 89–90.)

2.3 Ominaisuuksien periytymisasteita

Periytymisaste (heritabiliteetti, h^2) ilmaisee, kuinka suuri osuus ominaisuudessa havaittavasta muuntelusta on perimästä johtuvaa. Periytymisaste ilmastaan joko prosenttilukuna 0–100 % tai suhdelukuna 0–1. Suurempi periytymisaste nopeuttaa jalostuksen vaikutusta ominaisuuteen ja sen kehittymiseen. Periytymisaste ei ole yleispätevä, vaan ympäristömuuntelun vuoksi se on pätevä vain sille populaatiolle, jolle se on laskettu. Matala ominaisuuden periytymisaste tarkoittaa, että ympäristön vaikutus ominaisuuden kehittämisessä on suurempi. (Aro ym. 2020, 32.)

Periytymisaste lasketaan seuraavasti:

$$\frac{\text{Perinnöllinen muuntelu}}{(\text{Perinnöllinen muuntelu} + \text{ympäristömuuntelu})}$$

Ominaisuuksien periytymisasteet vaihtelevat ominaisuuden mukaan. Heikointa periytyminen on hedelmällisyysominaisuuksien (0,01–0,05) ja terveysominaisuuksien (0,01–0,03) kohdalla. Maidon tuotosominaisuuksien periytyminen on vahvempaa. Maidon rasva- ja valkuaispitoisuuden periytymisaste vaihtelee 0,4–0,5. (Aro ym. 2020, 36.) Muiden tuotosominaisuuksien periytymisasteet vaihtelevat 0,15–0,30 välillä (Aro ym. 2020, 32).

Rakenneominaisuuksien periytyminen on osittain vahvempaa kuin tuotos- ja hedelmällisyysominaisuuksien. Periytymisasteet vaihtelevat 0,12–0,63 välillä, periytymisasteen ollessa suurin takakorkeuden osalta ja pienin sorkkakulman osalta. Runko-ominaisuuksien periytymisaste vaihtelee 0,16–0,63, jalkaominaisuuksien 0,12–0,42, utareominaisuuksien 0,22–0,36 ja vedinominaisuuksien 0,24–0,42. (NAV routine genetic evaluation of Dairy Cattle – data and genetic models 2020, 57.)

2.4 Geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot

Geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot ominaisuuksien välillä hidastavat eläinten perinnöllisen aineksen jalostamista. Korrelaatiot ilmaistaan lukuarvoina asteikolla -1,00–1,00. 0 tarkoittaa, että ominaisuuksien välillä ei ole yhteyttä. (Aro ym. 2020, 35.) Alla olevassa taulukossa (ks. taulukko 1) on ilmaistu runko-ominaisuuksien välisiä geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot. Rungon syvyyden ja takakorkeuden välillä on positiivinen geneettinen korrelaatio, joka tarkoittaa, että takakorkeuden kasvaessa myös rungon syvyys kasvaa. Korrelaatioiden vahvuus vaihtelee ominaisuuksien mukaan. Vahvin positiivinen geneettinen korrelaatio on lantion leveyden ja takakorkeuden välillä ja heikoin geneettinen korrelaatio on lantion kulman ja lypsytyypisyyden välillä. (Tikkanen 2014, 37.)

Taulukko 1. Runko-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot keskivirheineen yläkolmiossa ja fenotyypiset korrelaatiot alakolmiossa (Tikkanen 2014, 37).

Ominaisuus	Takakorkeus	Rungon syvyys	Rinnan leveys	Lypsytyypisyys	Selkälinja	Lantion leveys	Lantion kulma
Takakorkeus		0,17 (0,06)	0,09 (0,08)	0,41 (0,06)	0,24 (0,09)	0,55 (0,05)	0,05 (0,07)
Rungon syvyys	-0,1		0,51 (0,07)	0,36 (0,07)	-0,36 (0,1)	0,31 (0,07)	0,05 (0,07)
Rinnan leveys	-0,09	0,42		-0,09 (0,1)	-0,57 (0,1)	0,38 (0,08)	0,06 (0,09)
Lypsytyypisyys	-0,19	0,31	0,14		0,16 (0,12)	0,16 (0,08)	0,02 (0,08)
Selkälinja	0,28	0,17	0,64	-0,06		-0,06 (0,11)	0,14 (0,07)
Lantion leveys	0,05	-0,13	0,05	-0,24	-0,08		-0,1 (0,07)
Lantion kulma	0,24	0,14	-0,02	-0,04	0,1	0,1	

Hedelmällisyysominaisuuksien ja ensikkotuotoksen sekä elinikäistuotoksen väliset korrelaatiot (ks. taulukko 2) vaihtelivat negatiivisen ja positiivisen välillä genotyypisissä korrelaatioissa sekä fenotyypisissä korrelaatioissa. Genotyypisissä korrelaatioissa negatiiviset korrelaatiot olivat elinikäistuotoksen ja lepokauden välillä (-0,07) sekä lepokauden ja siemennysten lukumäärän välillä (-0,11). Vahvinta geneettinen korrelaatio oli siemennyskauden ja siemennysten lukumäärän välillä

(0,99) sekä ensikkotuotoksen ja elinikäistuotoksen välillä (0,54). Myös elinikäistuotoksen ja siemennysten lukumäärän ja siemennyskauden pituuden välillä oli kohtalainen geneettinen korrelaatio. Siemennyskauden pituuden ja elinikäistuotoksen välillä ei havaittu fenotyypistä korrelaatiota. (Tikkanen 2014, 37.)

Taulukko 2. Hedelmällisyysominaisuuksien ja tuotosominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot yläkolmiossa ja fenotyypiset korrelaatiot alakolmiossa. Keskiarvot sulussa. (Tikkanen 2014, 37).

Ominaisuus	Siemkausi	Siem lkm	Lepokausi	Ensikkotuotos	Elinikäistuotos
Siemkausi		0,99 (0,02)	-0,11 (0,21)	0,24 (0,16)	0,37 (0,18)
Siem lkm	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	

Myös geneettisten korrelaatioiden vahvuksien välillä on eroja eri maiden välillä. Maidon tuotosominaisuuksien geneettiset korrelaatiot ovat korkeampi Pohjois-Amerikan ja Länsi-Euroopan välillä kuin Pohjois-Amerikan ja Australian välillä. Geneettiset korrelaatiot ovat matalampia käyttöominaisuuksilla kuin maidon tuotanto-ominaisuuksilla. Geneettiset korrelaatiot eroavat maiden välillä genotyypin ja ympäristön yhteisvaikutuksen lisäksi toisistaan eroavien jalostusarvon määrittysten vuoksi. (Mulder, Veerkamp, Ducro, van Arendonk, Bijma 2006.)

Runko-ominaisuuksien ja elinikäistuotoksen geneettiset korrelaatiot vaihtelevat negatiivisen ja positiivisen välillä. Suurin positiivinen korrelaatio on lypsytyypisyyden ja elinikäistuotoksen välillä (0,45). Muiden ominaisuuksien väliset korrelaatiot vaihtelivat 0,01- -0,22 välillä. Fenotyypiset korrelaatiot sijoittuivat -0,04 ja 0,93 välille. (Tikkanen 2014, 35.)

2.5 NTM

NTM, eli Nordic Total Merit on kokonaisjalostusarvo, jonka tavoitteena on jalostaa terveitä, hedelmällisiä sekä hyvätuotoksia ja -rakenteisia eläimiä. NTM perustuu tuotos- ja terveystarkkailutuksiin ja se huomioi vallitsevat tuotanto-olosuhteet. Punaisilla lypsyroduilla NTM painottuu seuraavasti: Tuotos 63 %, käyttöominaisuudet 29 %, rakenne 6 % ja rehunsäästö 2 %. (NTM-Pohjoismainen kokonaisjalostusarvo, nd.)

NTM painottaa ominaisuuksia rotukohtaisesti eri tavalla saadakseen mahdollisimman todenmukaisen arvon eläimelle rotukohtaiset ominaisuudet huomioiden. Painokertoimet toimivat apuvälineinä halutun taloudellisen edistymisen saavuttamiseksi. (NTM- Pohjoismainen kokonaisjalostusarvo, nd.) Esimerkiksi tuotoksen painokerroin on joko 1,02 tai 0,93, jossa myöhemmin mainittua käytetään sonneilla ja genomitestatuilla lehmillä sekä genomitestaamattomilla lehmillä, joiden omia tyttäriä on laskennassa mukana. Muut painokertoimet sijoittuvat välille 0–0,36. Tuotoksen lisäksi suurimmat painokertoimet olivat hedelmällisyydellä (0,36) sekä utareterveydellä (0,26) ja pienimmät koolla (0) sekä luonteella (0,03). (NTM:n painokertoimet, 2020.)

NTM:n perusteella tehdyt jalostusvalinnat kehittävät eläinainesta tasapainoisesti taloudellisten ominaisuuksien osalta. Kokonaisindeksi on muuttuva, johon tehdään tarpeen mukaan muutoksia. Viimeisimmät muutokset tehtiin vuonna 2020, kun indeksiin lisättiin rehunsäästö. Indeksillä voidaan myös laskea eläimen taloudellinen arvo, josta voi olla hyötyä jalostustoimenpiteitä suunniteltaessa. (NTM- Pohjoismainen kokonaisjalostusarvo, nd.)

NTM:n ja jalostusohjelman ominaisuuksien välillä on vaihtelevia negatiivisia sekä positiivisia korrelaatioita, joiden tarkoituksena on jalostaa tasapainoisesti kehittyviä eläimiä ilman taloudellista kannattavuutta parantavien ominaisuuksien heikentymistä korrelaatioiden vuoksi. Korrelaatioiden vaihteluväli ominaisuudesta riippuen oli -0,13–0,7. Kaikkien muiden ominaisuuksien ja NTM:n välinen korrelaatio on vaihtelevalla voimakkuudella positiivinen, paitsi kasvun (-0,05) ja koon (-0,13). Tämä johtuu siitä, että lypsykarjalla ei haeta niin suurta kasvua tai kokoa. Vahvimmat positiiviset korrelaatiot olivat tuotoksen (0,7) ja kestävyuden (0,47) kohdalla. (Korrelaatiot NTM:n ja ominaisuuksien välillä, 1.)

Korrelaatioista voidaan tulkita, kuinka suurta perinnöllistä edistymistä voidaan odottaa tapahtuvan, kun jalostusvalinnat tehdään NTM:n perusteella. Esimerkiksi kestävyuden ja NTM:n välinen korrelaatio on 0,47 eli kestävyuden perinnöllistä edistymistä voidaan parantaa 47 % verrattuna siihen, että jalostusvalinnat tehtäisiin vain tämän yhden ominaisuuden perusteella. (Korrelaatiot NTM:n ja ominaisuuksien välillä, nd.) Yhden NTM-yksikön tuoma lisätuotto lehmää kohti vuodessa on 10 euroa (NTM- Pohjoismainen kokonaisjalostusarvo, nd.).

Eläimen ikääntyessä sen jalostusarvo laskee eri ominaisuuksissa eri tavalla. Indeksien muutos johdetaan vertailuryhmästä. Vertailuryhmänä käytetään 7–9 vuotta aikaisemmin syntyneitä sonneja tai 3–5 vuotta aikaisemmin syntyneitä lehmiä ja vanhimmat sonnit sekä lehmät pudotetaan pois seuraavilla laskukerroilla. Eläinaineksen kehittymisen vuoksi vertailuryhmän taso nousee ja vanhojen eläinten jalostusarvot laskevat. (Aro ym. 2020, 38.)

2.6 Jälkeläisarvostelu ja genomivalinta

Jälkeläisarvostelussa eläimen jalostusarvo määräytyy sen jälkeläisten laadun perusteella. Laatu arvioidaan mitattavien tulosten perusteella, kuten esimerkiksi tuotosseurantatiedoista. Jalostusorganisaatiot valikoivat kiinnostavat sonnivasikat tuotosseurantatiloilta ja yksivuotiaina valikoidut sonnit aloittavat testisiemennykset. 40 % nuorsonnisiemennyksiä, jonka jälkeen sonnit jäävät odottamaan tyttäriltä saatavia tuotostietoja. Sonnit ovat noin viisivuotiaita jälkeläisarvostelun valmistuessa. (Juga ym. 1999, 50.) Jälkeläisarvostelujen perusteella jalostettavien ominaisuuksien jalostusarvot ovat hyvin tiedossa.

Genomiarvostelun arvosteluvarmuus on heikompi kuin jälkeläisarvostelun, mutta genomiarvostelun avulla sonneja saadaan jalostuskäyttöön aikaisemmin. Perinnöllinen edistymisen on suurempaa genomiarvostelussa, mikäli genomiarvostelun ja sukupolvien välinen aika on vähemmän kuin 4,35 vuotta. (Ahonen 2014.) Genomivalinnalla sukupolvien välinen aika lyhenee jopa puolella ja terveys- sekä hedelmällisyysominaisuuksissa, joiden periytymisaste on pieni, valinta helpottuu. (Aro ym. 2020, 48.)

Genomivalinnan ensimmäisessä vaiheessa selvitetään eläimen perimän emäsparien järjestäytymisen SNP-markkereiden avulla. Emäsparien järjestäytyminen tulkitaan jalostettavien ominaisuuksien osalta. Luotettavan ja onnistuneen arvioinnin edellytyksenä on riittävän laajan, vähintään 2000 luotettavasti arvioidun keinosiemennyssonnin tiedot, joista muodostetaan vertailuryhmä. Jalostusarvon ennusteiden luotettavuus on oltava vähintään 90 %. Suurempi vertailuryhmä kasvattaa tuloksen luotettavuutta. Punaisten rotujen arvosteluvarmuus on 30–67 %. (Aro 2020, 48.) Genomivalinnan toisessa vaiheessa uusille eläimille lasketaan genomisen jalostusarvo. Pohjoismaisten eläinten genomiarvojen laskennasta vastaa NAV. (Aro ym. 2020, 45–46.)

Genomitietoa ja jälkeläistietoa sisältävä arvostelu muuttuu vain jälkeläistietoa sisältäväksi arvosteluksi, kun tuotosominaisuuksille saadaan vähintään 90 % arvosteluvarmuus, sonnilla on 50 tytärtä ja hedelmällisyyden, sorkkaterveyden sekä muiden rakenteellisten ominaisuuksien osalta on saavutettu 75 % arvosteluvarmuus. Vain genomitietoa sisältävä arvostelu muuttuu genomi- ja jälkeläistietoa sisältäväksi arvosteluksi, kun tuotosominaisuuksilla on vähintään 60 % arvosteluvarmuus, 15 tytärtä, 35–60 % arvosteluvarmuus hedelmällisyyden sekä muiden rakenteellisten ominaisuuksien osalta. (NAV- jalostusarvojen julkaisu, nd.)

2.7 Jalostusprosessi tilalla

Suuri osa jalostustyöstä tehdään tilalla tilallisen toimesta ja se toimii perustana koko jalostukselle ja sonnivalinnoille. Ensimmäinen vaihe jalostusprosessissa on nykyisen eläinaineksen arviointi ja mittaaminen, jonka jälkeen laaditaan karjakohtaiset sekä yksilökohtaiset jalostustavoitteet karjan laadun parantamiseksi. Tavoitteiden perustalta laaditaan jalostussuunnitelma, johon on kirjattu kunkin eläimen tiedot sekä mahdolliset sonniehdotukset. Jalostussuunnitelma on voimassa yhden vuoden, jonka aikana voimassa olevaa suunnitelmaa toteutetaan ja eläinten jalostuspäätökset tehdään sen perusteella. Koska jalostuksen tulokset nähdään aikaisintaan parin vuoden kuluttua hiehon poikiessa ja siirtyessä maidontuotantoon, on seuranta pitkäjänteistä ja tulosten analysointi hidasta. Genomivalinnan avulla saadaan jo aikaisemmin tietoa eläimen perinnöllisestä laadusta ja siitä, mitä eläimestä voidaan odottaa. Jalostustulosten perusteella tehdään taas uusi eläinaineksen arviointi ja sen pohjalta uusi jalostussuunnitelma. (Aro ym. 2020, 138.)

Suomessa karjantarkkailu toteutetaan nk. B-tarkkailuna, joka on kansainvälinen tunnus tarkkailulle, jossa maidontuottaja tekee itse osan mittauksista. Tarkkailun neljä muotoa ovat perustarkkailu, joka käsittää maidontuottajan tekemät maidon mittaukset ja maitonäytteiden oton ja maitotilaneuvojan säännölliset käynnit ylläpitämässä tarkkailurekisteriä. Tämä on yleisin tarkkailumuoto. B1-tarkkailussa maitotilaneuvoja käy itse mittaamassa kuukausittain maidot. B2-tarkkailussa maidontuottaja vastaa mittalypsystä joka toinen kuukausi ja joka toinen kuukausi maitotilaneuvoja käy mittaamassa maidot, ottamassa maitonäytteet sekä tekee paperityöt. Omatoimisessa B3-tarkkailussa maidontuottaja mittaa ja ottaa maitonäytteet itse ja lähettää tiedot analysoitavaksi ja maitotilaneuvoja käy tilalla vain tarvittaessa. (Juga ym. 1999, 138.)

Lypsykarjasta saadaan tietoa polveutumistietojen kautta, tuotosseurannasta sekä terveystarkkailusta. Eläinten käyttöomaisuudet, kuten vuoto, lypsettävyys tai poikimavaikkeudet selviävät karjanomistajan tietojen perusteella. Jalostusorganisaatioiden asiantuntijoiden suorittamat rakennearvostelut antavat luotettavaa tietoa eläinten rakenteesta ja sen puutteista. Sorkkaterveydestä saadaan säännöllistä tietoa sorkanhoitajan avulla sorkkahoitokertojen yhteydessä. (Aro ym. 2020, 53.)

2.7.1 Kantakirjaus

Kantakirjoja ylläpitää Faba osuuskunta. Kantakirjauksen yhteydessä eläimelle annetaan kantakirjanumero, josta ilmenee eläimen rotu, sukupuoli, sukupolviluokka sekä jalostusarvoluokka. Sonneilla kantakirjanumeroon on merkattu myös sukuryhmä. Perusluokkaan hyväksyttävän eläimen tulee polveutua vanhemmista sekä isovanhemmista, jotka on merkitty ko. rodun kantakirjaan. Valioluokkaa hyväksymisen edellytyksenä on, että niiden kokonaisjalostusarvot sekä arvostelujen luotettavuus ylittävät asetetut vähimmäisarvot. 50- ja 100-tonnin luokkiin eläimen on mahdollista päästä, kun karjantarkkailutiedot todistavat eläimen tuottaneen vähintään 50- tai 100- tonnia maitoa. (Juga ym. 1999, 136–137.)

2.7.2 Karjantarkkailu ja tuotosseuranta

Luotettava yksittäisen eläimen tunnistaminen ja polveutumistietojen paikkansapitävyys ovat edellytyksiä luotettaville jälkeläisarvosteluille. Polveutumistiedot voidaan rekisteröidä joko emän poikimailmoituksen yhteydessä tai eläinrekisteri-ilmoituksessa. Nautaeläinrekisteriin merkataan syntyneen vasikan korvanumero, nimi, sukupuoli, rotu sekä syntymätunnus. Tuotosseurannassa mittalypsy suoritetaan kerran kuussa lehmäkohtaisten tuotostietojen saamiseksi ja maitonäytteet otetaan vähintään joka toinen kuukausi. Näiden tietojen perusteella lasketaan lehmille 305-päivän tuotostulokset ja tiloille lähetetään karjantarkkailuraportti. (Juga ym. 1999, 137–138.)

3 Perinnöllinen edistyminen

Perinnöllinen edistyminen on eläimen perimän laadun kehittymistä, joka mahdollistaa eläinaineksen kehittymisen. Sukupolven vaihtuminen on edellytys perinnölliselle edistymiselle. (Juga ym. 1999, 11.)

Perinnöllisen edistymisen maksimointia rajoittaa taloudelliset ja biologiset tekijät. Arvosteluvarmuus, valintaero sekä sukupolvien välinen aika vaikuttavat toisiinsa ja yhden tekijän muuttuessa muut muuttuvat ominaisuudet voivat muuttua epäedullisesti. Taloudellisilla tekijöillä tarkoitetaan perinnöllisen edistymisen saavuttamisen kustannuksia sekä tuottoja. (Juga ym. 1999, 83.)

Perinnöllinen edistyminen mitataan yleensä sukupolven väliä kohti ja sukupolvien välinen aika on kääntäen verrannollinen edistymisen nopeuteen. Lyhyt sukupolvien välinen aika tarkoittaa nopeaa edistymistä vuositasolla. Perinnöllistä edistymistä voidaan edistää myös ankarammalla jalostusvalinnalla, jolloin jalostetaan pienempää joukkoa populaatiosta. Kun jalostusvalintoja tehdessä käytetään ankaraa karsintaa, vaaditaan jalostukseen käytettäviltä eläimiltä useampia jälkeläisiä ja pidempää käyttöaikaa, jotta eläinmäärä pysyy tasaisena. (Aro ym. 2020, 41.)

Perinnöllinen edistyminen ja arvosteluvarmuus ovat suoraan verrannollisia ja mikäli jalostusarvon tulos on oikein, jalostusarvon perusteella tehdyt jalostuspäätökset tuottavat parempilaatuisia jälkeläisiä. Korkean arvosteluvarmuuden saavuttamiseksi sonnilta edellytetään useita tyttäriä. Perinnöllinen hajonta vaikuttaa perinnölliseen edistymiseen ja hajontaan ei voida vaikuttaa. (Aro ym. 2020, 41–42.)

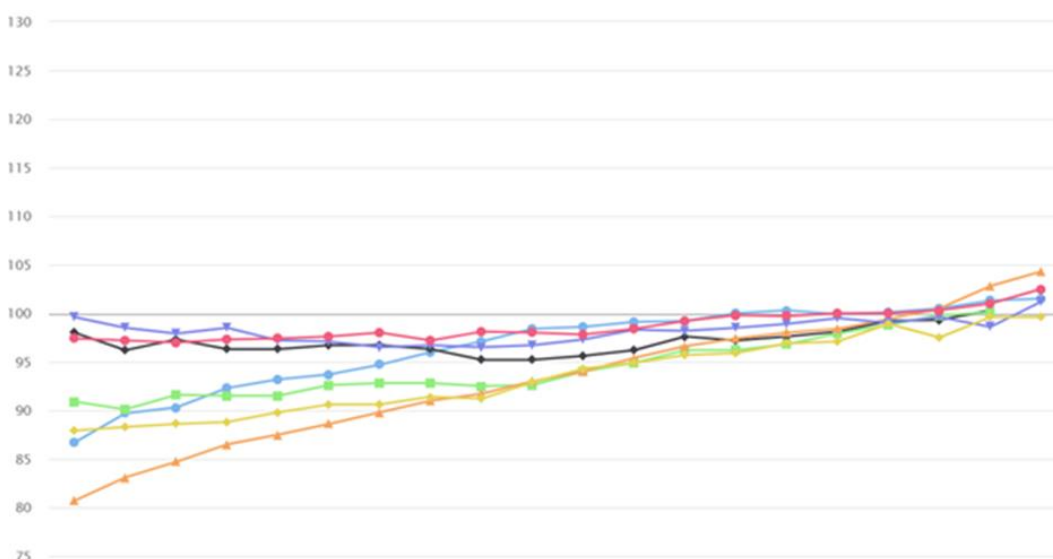
Valintaero kuvastaa valinnan ankaruutta. Alhainen jalostusvalintojen ankaruus pienentää valintaeroa ja hidastaa perinnöllistä edistymistä. Kun jalostukseen valitaan suuri joukko eläimiä, valittujen eläinten keskiarvollisen laadun poikkeama koko karjan keskiarvoon on pieni ja jälkeläisten laatu paranee vain vähän verrattuna koko karjan keskiarvoon. Ankaruutta jalostusyksilöiden karsinta nostaa valintaeroa ja kasvattaa perinnöllistä edistymistä suhteessa muuhun karjaan. Jalostukseen valittujen yksilöiden keskiarvollinen laatu on huomattavasti korkeampi kuin koko karjan keskiarvo, jolloin perinnöllinen edistyminen on suurta. (Aro ym. 2020, 42.)

Perinnöllistä edistymistä seurataan kehityskäyrien avulla ja vertailemalla tuloksia eri sukupolvien välillä. Toinen tekijä edistymisen seurannassa on aineistosta havaittava valinta. Jalostusarvosteluohjelma odottaa nuorten eläinten keskiarvon olevan sama kuin vanhempien, mikäli uuden sukupolven vanhemmat valitaan aina edellisen sukupolven parhaiden perusteella. Vuotuinen perinnöllinen edistyminen vaihtelee yhden ja kahden prosentin välillä ilmaistuna ominaisuuden

keskiarvosta. Lypsykarjalla vuotuinen edistyminen maidontuotannossa noin 1 % karjan keskiarvosta. Maksimaalista teoreettista edistymistä ei saavuteta yksittäisissä ominaisuuksissa, kun usein valitaan samaan aikaan useita ominaisuuksia samanaikaisesti ja tämä hidastaa yksittäisten ominaisuuksien edistymistä. (Juga ym. 1999, 127–128.)

Perinnöllistä edistymistä voidaan nopeuttaa käyttämällä sukupuolilajiteltua siementä, jolloin karjan parhaista eläimistä saadaan varmemmin tyttäriä jatkamaan karjassa. Myös alkiohuuhteluiden avulla voidaan nopeuttaa perinnöllistä edistymistä, kun samalta lehmältä saadaan moninkertainen määrä jälkeläisiä ja heikompileatuiset eläimet eivät jatka omaa perimäänsä karjassa. Alkionsiirrossa kuitenkin tulee huomioida alentunut tiinehtyvyys ja huuhtelukelpoisten alkioiden määrä. Keskimäärin yhdessä huuhtelussa saatiin kuusi siirtokelpoista alkioita (Heikkilä 2015, 7) joista noin 50 % on sonneja ja 50 % lehmiä. Ensimmäisen luokan alkioiden tiineyttämisprosentti on noin 55–62, joten jos yhdessä huuhtelussa saadaan kuusi siirtokelpoista alkioita, joista kolme on sonneja, jäljelle jää kolme alkioita, joilla on 55–62 % tiineytysteho. Tämä tarkoittaa, että yhdestä huuhtelusta saadaan keskimäärin 1–2 lehmävasikkaa. (Aro ym. 2020, 181.)

Alla olevassa kuviossa (ks. kuva 1) on kuvattu suomalaisten punaisten lypsyrotujen hedelmällisyyden, utareterveyden, lypsettävyyden sekä maidon ja pitoisuuksien kehittymistä vuosina 2001–2020. Suurinta kehitys on ollut maitotuotoksen osalta. (NAV Trends, nd.)



Kuva 1. Pohjoismaisten punaisten lypsyrotujen tuotosominaisuuksien kehitys vuosina 2001-2020 (NAV Trends, nd.)

3.1 Perinnöllisen edistymisen laskeminen

Perinnöllisen edistymisen laskemiseen tarvitaan tieto eläinten jalostusarvojen arvosteluvarmuudesta, valintaero, geneettinen hajonta sekä sukupolvien välinen aika. Perinnöllisen edistymisen kaava voidaan kirjoittaa myös seuraavaan muotoon, jos mitataan vuotta kohti tapahtuvaa edistymistä. (Juga 1999, 83.)

$$\Delta G_v = \frac{r_{TI} i \sigma_{GA}}{L}$$

eli

$$\text{Perinnöllinen edistyminen} = \frac{\text{arvosteluvarmuus} \times \text{valinnan ankaruus} \times \text{perinnöllinen hajonta}}{\text{sukupolvien välinen aika}}$$

ΔG_v = Jalostuksen kohteena olevan ominaisuuden odotettavissa oleva perinnöllinen muutos vuoden aikana, perinnöllinen edistyminen

r_{TI} = eläinten jalostusarvojen arvosteluvarmuus

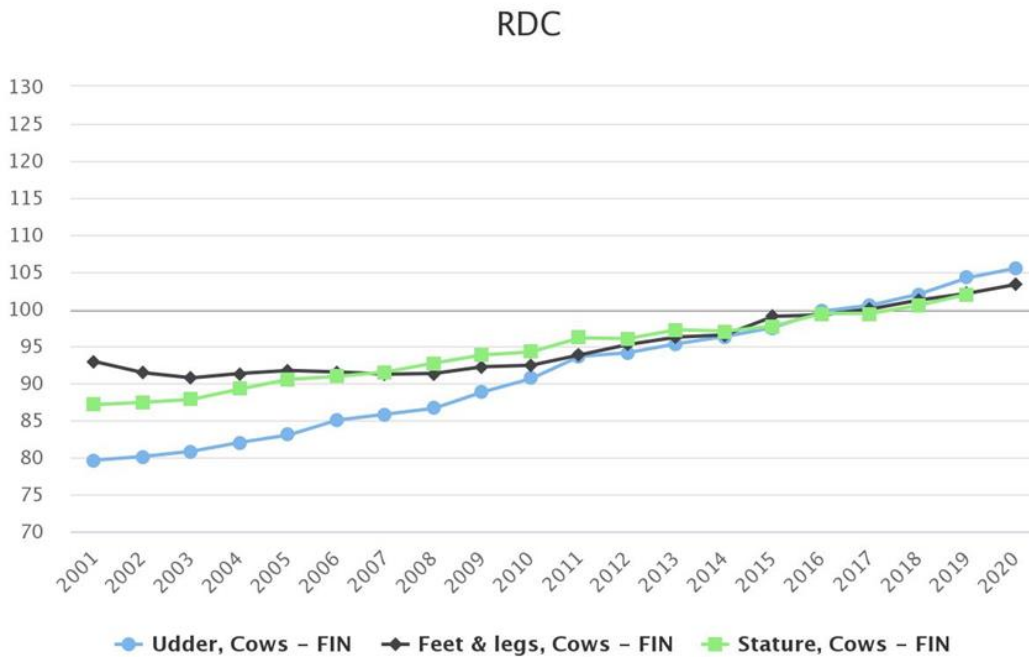
i = valintaero

σ_{GA} = perinnöllinen hajonta

L = sukupolvien välinen aika

3.2 Rakenteen merkitys jalostuksessa

Lehmien elopainot ovat olleet kasvusuunnassa jo vuosikymmeniä. Eläinten kasvunopeutta on pyritty tehostamaan lihantuotantoa varten. (Juga ym. 1999, 29.) Kestävällä ja pitkäikäisellä eläimellä on hyvä rakenne, joka korostuu varsinkin jalkojen ominaisuuksissa. Hyvä rakenne helpottaa poikimisia ja liikkumista ja näin ollen vähentää myös eläinlääkärikäyntejä ja taloudellisuus paranee. Alla olevassa kuvassa (ks. kuva 2) on kuvattu kotimaisten punaisten lypsyrotujen rakenteen kehittymistä utareen, jalkojen ja koon osalta vuosina 2001–2020. Kaaviosta huomataan jalka- sekä utareominaisuuksien tasainen kehitys.



Kuva 2. Kotimaisten punaisten lypsyrotujen rakenteen kehittyminen (NAV Trends, nd.)

Yleiskuva eläimen rakenteesta saadaan rakennearvostelun avulla. Takakorkeus ilmastaan senttimetreinä eikä sille ole asetettu tarkkaa optimiarvoa. Rungon syvyys mitataan selkälinjan ja vatsan pohjan etäisyydestä ja lypsytyyppisyys kylkiluiden kaarevuuden ja kulman perusteella. Lantion leveydessä Ayrshirella arvon 1 erittäin kapealla lantiolla istuinluiden väli on noin 10 senttimetriä. Keskimääräinen lantionleveys arvolla 5 on noin 18 senttimetriä ja erittäin leveä lantio on noin 26 senttimetriä. Lonkkakulma lasketaan lonkkakyhmyn ja istuinluiden välisestä kulmasta, ja optimi on noin neljän senttimetrin lasku lonkkakyhmystä istuinluuhun. Kintereen optimikulma on arvolla 5 noin 150–155 astetta. Takajalat takaa optimiarvo on 8, jolloin takajalkojen asento takaa on suora. Etuvedinten pituuden optimi on 5 cm ja paksuus 23 mm. Vedinten paksuudessa luokkaväli on 2 millimetriä. (Lypsykarjan rakennearvostelu Pohjoismaissa, 2021.)

Painokertoimet ominaisuuksilla vaihtelevat 0–30:n välillä. Suurin painokerroin on rinnan leveydellä. Selkälinjalle, lantion kulmalle ja tasapainolle ei ole asetettu painokerrointa. Muita pieniä painotuksia on takavedinten sijainnilla ja takakiinnityksen leveydellä ja korkeudella. Suurempia (0,20–0,25) painotuksia on asetettu muuan muassa kinnerlaadulle, rungon syvyydelle sekä lantion leveydelle. (Rakenneominaisuuksien optimit ja painokertoimet, 2018.)

Rakennearvostelun luokituksessa runko-ominaisuuksien ja jalkojen osuus on yhteensä 60 % ja utareen ominaisuuksien 40 %. Luokitusrajoituksina ensikoiden saama maksimipistemäärä on 89 pistettä ja kaksi kertaa poikineilla 91 pistettä. Osapistemäärät voivat ylittää nämä rajat. Luokituspisteiden luokat jakautuvat seuraavasti (Lypsykarjan rakennearvostelu Pohjoismaissa, 2021.):

Excellent	90 –
Very good	86–89
Good plus	80–84
Good	75–79
Fair	70–74
Poor	60–69

4 Tutkimus

4.1 Menetelmä

Tutkimus toteutettiin käyttämällä moniotteista tutkimusmenetelmää, jonka tarkoituksena oli ymmärtää esitetyn tutkimuskysymyksen lopputulos ja siihen vaikuttavat tekijät. Case-tutkimukselle tyypillisesti tutkimuksessa käytettiin kvalitatiiviselle sekä kvantitatiiviselle tutkimukselle tyypillisiä menetelmiä. (Kananen 2013, 24.)

Tutkimusta varten laadittiin kolme perinnöllisen edistymisen laskelma, joista ilmenee kunkin jalostusmenetelmän saama perinnöllinen edistyminen. Laskelmassa eläinten uudistusprosentti oli 31 %, mikä tarkoittaa vasikkakuolleisuuden huomioiden, että vuosittain tarvitaan 13 lehmävasikkaa. Sukupuolilajitellulla siemenellä saadaan 90 % varmuudella lehmävasikka (Lajitellulle siemenelle on kysyntää, nd.), joten sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä uudistuskäyttöön tarvitaan 15 lehmää. Tavanomaista siementä käytettäessä laskelmassa on huomioitu, että puolet syntyvistä vasikoista on sonneja, joten uudistuseläinten määrä on 26. Tavanomaista ja sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä uudistuseläinten määrä on 21, kun sukupuolilajiteltua siementä käytetään viidelle lehmälle.

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, millä jalostusmenetelmällä saavutetaan suurin perinnöllinen edistyminen. Tutkimuksessa käytettävät jalostusmenetelmät olivat tandemvalinta sekä indeksivalinta. Tandemvalinta suoritettiin energiakorjatun maitomäärän sekä maitokilojen perusteella. In-

deksivalinta tehtiin NTM:n perusteella. Kahden toisistaan riippumattoman ominaisuuden valintaperiaate jätettiin laskelmien ulkopuolelle, mutta rakenteen merkitystä jalostuksessa käsitellään luvussa 3.2. Laskelmissa ei myöskään käsitelty alkionsiirtojen vaikutusta perinnölliseen edistymiseen, mutta huomioitiin sukupuolilajitellun siemenen käytön vaikutus. Laskelmat toteutettiin kolmen valintaperiaatteen mukaisesti niin, että jokaisen valintaperiaatteen mukaan laskettiin perinnöllinen edistyminen karjalle, jos käytettäisiin vain sukupuolilajiteltua siementä, vain lajittelematonta siementä tai kumpaakin.

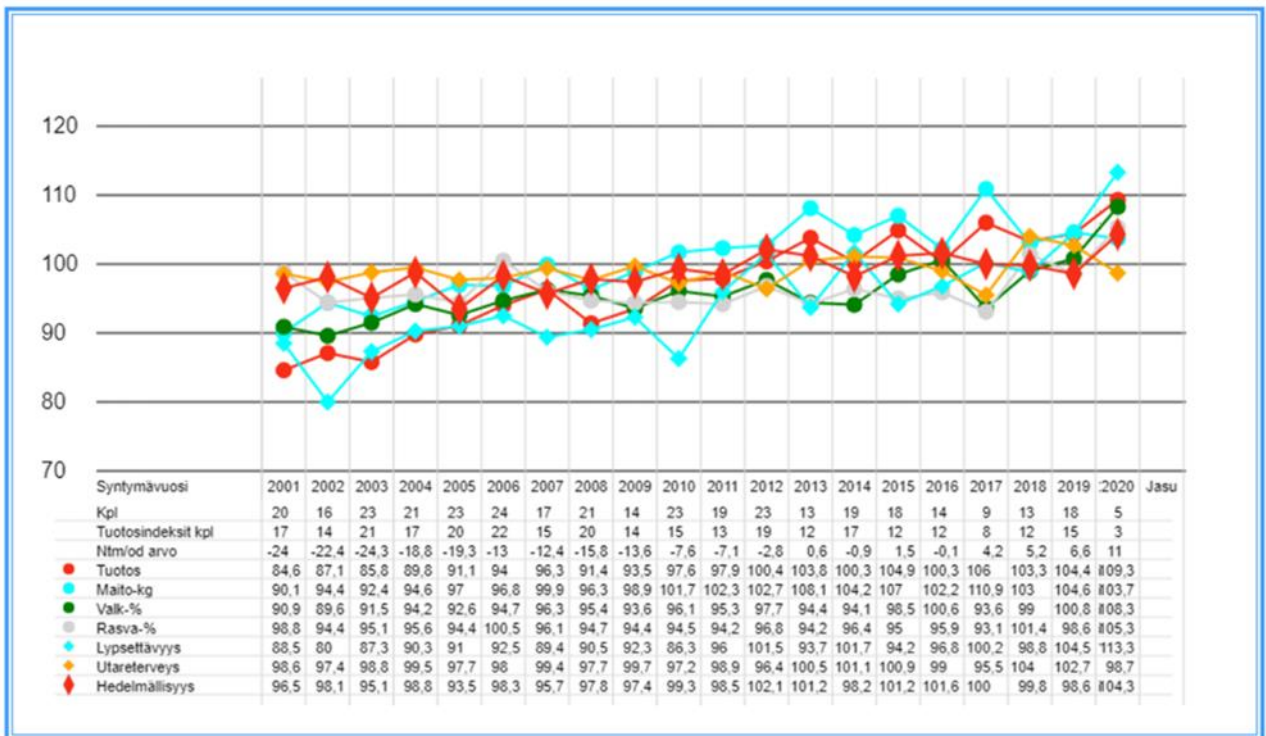
4.2 Aineistonkeruu

Aineistonkeruu suoritettiin keräämällä kesän 2020 aikana tuotos-, luonne- sekä rakennetietoja aineistokarjasta. Tuotostietoja kerättiin noin kymmenen viime vuoden ajalta tuotosseurannan vuosikokouksissa ja lypsykausitilastojen osalta. Tuotannon vuosiraporteista saatiin tietoa karjan hedelmällisyydestä, eläinten poistoista, sairastumisista sekä muista tuotannollisesti merkittävistä tunnusluvuista. Aineistoa saatiin myös jalostusorganisaatio FABA osk: lta tuotosseurannan tietojen sekä jalostussuunnitelman ja kantakirjatietojen muodossa. Perinnöllisen edistymisen kuvaajat sekä rakenneominaisuuksien kehittymisen kaaviot Kiviojan karjan osalta saatiin Fabalta.

4.3 Analysointi

Vuonna 2020 Kiviojan karja sijoittui sijalle 318 ProAgrian laatimassa Parhaat 500 karjaa EKM-listauksessa. Karjan energiakorjatun maitomäärän keskituotos oli 11946 kg. Maitokiloja kertyi keskimäärin 11022 kiloa, valkuaiskiloja 389 ja rasvakiloja 490. Energiakorjatun maitomäärän kehitys vuodesta 2010 vuoteen 2020 on 2705 kiloa. Tuotosseurannassa tila on ollut vuodesta 1990 lähtien.

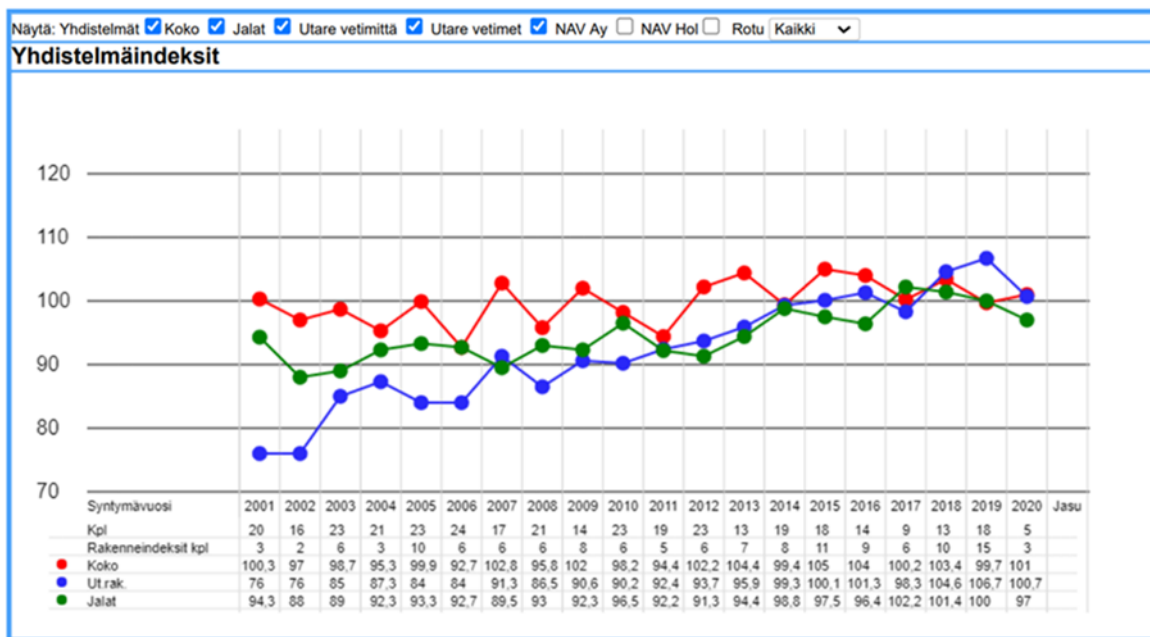
Koko karjan keskituotos vuonna 2019 oli 10 108 kiloa maitoa ja energiakorjattu maitomäärä oli 10868 kg. Ensikkokauden maitotuotoksen keskituotos oli 8 564 kiloa, toisella lypsykaudella 9 268 kiloa ja kolmannella tai myöhemmällä lypsykaudella 11 365 kiloa. Energiakorjattu maitomäärä ensikkokaudella 9524 kg, toisella lypsykaudella 10 065 kg ja kolmannella tai myöhemmällä kaudella 12 007 kg. Poistettujen keski-ikä vuonna 2019 oli 5,7 vuotta ja poistoprosentti 31 %. Poistoprosenttia käytettiin opinnäytetyön tutkimuksen laskelmissa uudistusprosenttina.



Kuva 3. Kiviojan karjan perinnöllinen edistyminen vuosina 2001–2020 (Sjöblom 2020)

Kiviojan karja on kehittynyt tasaiseen tahtiin viimeisen kahdenkymmenen vuoden ajan (ks. kuva 3). Karjan eläinten keskimääräinen jalostusarvo oli vuonna 2001–24 ja vuonna 2020 11. Ainoastaan utareterveyden osalta ei ole tapahtunut merkittävää edistymistä. Verrattaessa kotimaiseen karja-ainekseen, Kiviojan karja sijoittuu keskiarvon yläpuolelle maitotuotoksen, maitokilojen, maidon pitoisuusominaisuuksien, hedelmällisyyden sekä lypsettävyyden osalta. Utareterveys on maan keskiarvoa (102,5) heikompaa (NAV Trends, nd.).

Karjan yhdistelmäindekseistä selviää, että eläinten koko on vuosien aikana pysynyt suhteellisen samana (ks. kuva 4). Suurin edistyminen on tapahtunut utarerakenteen osalta. Myös jalkojen ominaisuuksien kehittyminen on ollut positiivista. Utareominaisuuksien vahvuudet ovat etukiinnitys sekä muoto. Utareen tasapaino, keskiside sekä takakiinnityksen korkeus ovat keskimääräisiä. Heikkoutena utarerakenteessa on takakiinnityksen leveys. Vedinominaisuuksissa etuvedinten sijoitus on keskimääräinen, muutoin ominaisuudet vedinten piteuden, paksuuden sekä sijainnin osalta ovat hieman keskimääräistä heikommät. Jalkaominaisuuksiltaan karja on melko hyvälaatuista, ainoana heikkoutena takajalkojen asento takaa katsottuna.



Kuva 4. Kivojan karjan yhdistelmäindeksit (Sjöblom 2020)

Valintaperiaatteesta riippumatta tavanomaista siementä käytettäessä samoja eläimiä valikoitui kuhunkin laskelmaan 15 kappaletta, sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä viisi kappaletta ja sukupuolilajiteltua sekä tavanomaista siementä käytettäessä 11 kappaletta. Samojen eläinten valinta valintaperiaatteesta riippumatta selittyy kohdekarjan koolla. Pienillä karjoilla valinnanvaraa jalostettaessa on vähemmän, jolloin valintaperiaatteesta riippumatta jalostusryhmä koostuu samoista eläimistä. Perinnöllistä edistymistä voidaan pienillä karjoilla nopeuttaa käyttämällä siemenyksissä Sukupuolilajiteltua siementä sekä alkiosirtoja, jolloin seuraavan sukupolven emiksi tarvitaan vähemmän eläimiä ja alkiosirtojen avulla hyvälaatuisille eläimille saadaan useampia jälkeläisiä.

Maitokiloihin ja energiakorjattuun maitomäärään perustuvat valintaperiaatteet suosivat vanhempia lehmä, joiden tuotos oli korkeampi kuin ensimmäisiä kausia lypsävillä lehmillä. Karjassa eläinten ensimmäisten lypsykausien maitotuotokset olivat maltillisia verrattaessa kolmannella tai neljännellä kaudella oleviin eläimiin. Indeksivalinta puolestaan painotti valintaa nuoriin eläimiin, sillä vanhempien eläinten indeksit ovat matalampia vertailuryhmän vaikutuksesta.

5 Tulokset

5.1 Maitokiloihin perustuva valinta

Maitokiloihin perustuva valinta kasvatti siementyyppistä riippumatta eniten maitokiloja ja samalla heikensi maidon pitoisuusominaisuuksia ominaisuuksien välisistä korrelaatioista johtuen.

Enegiakorjattu maitomäärä kasvoi jokaisessa tapauksessa maitokilojen kasvun seurauksena.

Taulukko 3. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,4	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	12063,7	4,3	513,9	3,5	420,5	12518,6	4,5	-1,7
Kynnysarvovalinta	1743,3	-0,1	61,4	-0,2	45,4	1558,0	1,1	-2,2
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	0,953	-0,297	0,745	-0,588	0,738	0,838	0,473	-0,233
Perinnöllinen edistyminen	435,8	-0,04	15,4	-0,04	11,3	389,5	0,3	-0,55

Sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä maitokiloihin perustuvassa valinnassa (ks. taulukko 3) maitokilojen perinnöllinen edistyminen on maksimaalista, mutta maidon rasva- ja valkuaispitoisuuden perinnöllinen edistyminen on negatiivista. NTM on myös laskussa, sillä valinnassa ei huomioitu kokonaisindeksiä. Valintaintensiteetti sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä on suurin ankarasta karsinnasta johtuen. Jalostettavan joukon maitokilojen keskiarvo on 12 063,7 kg ja koko karjan keskiarvo 10 320,5 kg.

Taulukko 4. Perinnöllinen edistyminen tavanomaista siementä käytettäessä

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,4	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	11392,3	4,3	489,9	3,6	410,2	11978,4	4,1	0,8
Kynnysarvovalinta	1071,8	-0,1	37,4	0,0	35,1	1017,9	0,7	0,3
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	0,6	-0,2	0,5	-0,2	0,6	0,5	0,3	0,0
Perinnöllinen edistyminen	267,9	-0,03	9,3	-0,011	8,8	254,5	0,2	0,1

Tavanomaista, eli sukupuolilajittelematonta siementä käytettäessä (ks. taulukko 4), maitokilojen perinnöllinen edistyminen on maltillisempaa kuin sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä suu-

remmasta jalostettavasta joukosta johtuen. Jalostukseen valittujen eläinten maitokilojen keskituotos 11 392,3 kg. Maidon pitoisuusominaisuuksissa ja keskipoikimakerran kehittymisessä nähdään samansuuntaista kehitystä kuin taulukossa 3. NTM on suuremman otannan seurauksena nousussa, kun valinta on kohdistunut myös nuorempiin eläimiin, joilla on korkeampi indeksi.

Taulukko 5. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua ja tavanomaista siementä käytettäessä

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,4	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	11666,9	4,3	502,9	3,5	413,2	12229,1	4,0	0,8
Kynnysarvovalinta	1346,4	-0,1	50,4	-0,1	38,1	1268,5	0,6	0,3
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	0,7	-0,2	0,6	-0,4	0,6	0,7	0,3	0,0
Perinnöllinen edistyminen	336,6	-0,02	12,6	-0,03	9,5	317,1	0,2	0,1

Sukupuolilajiteltua sekä tavanomaista siementä käytettäessä (ks. taulukko 5) perinnöllinen edistyminen on suurempaa kuin pelkkää tavanomaista siementä käytettäessä. Jalostukseen valittujen eläinten maitokilojen keskiarvo on 11 066,9 kg. Maitokilot ja energiakorjattu maitomäärä kasvavat taas ominaisuuksista eniten. Rasva- ja valkuaispitoisuus ovat edellisten taulukoiden mukaisesti laskussa.

5.2 EKM kg perustuva valinta

Energiakorjattuun maitomäärään perustuva valinta kasvatti maidon energiakorjattua maitomäärää maksimaalisesti tandemvalintaan perustuvan jalostusvalinnan mukaisesti. Valkuaispitoisuuden kehittyminen oli negatiivista sukupuolilajiteltua siementä sekä tavanomaista siementä käytettäessä.

Taulukko 6. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,4	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	11876,8	4,5	532,5	3,6	429,9	12769,9	4,0	3,1
Kynnysarvovalinta	1556,3	0,1	79,9	0,0	54,7	1809,3	0,6	2,7
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	0,9	0,2	1,0	-0,1	0,9	1,0	0,3	0,3
Perinnöllinen edistyminen	389,1	0,02	20,0	-0,01	13,7	452,3	0,2	0,7

Taulukossa 6 jalostettavan joukon energiakorjatun maitomäärän keskiarvo on 12 769,9 kg ja koko karjan keskiarvo 10 960,6 kg. Energiakorjatun maitomäärän kasvu on maksimaalista yksipuolisesta valinnasta johtuen. Maitotuotos kiloina on kasvussa. Maidon rasvapitoisuuden kehittyminen on positiivista, mutta valkuaispitoisuus laskee seuraavalla sukupolvella. Keski-poikimakerta kasvaa ja NTM:n kehitys on positiivista.

Taulukko 7. Perinnöllinen edistyminen tavanomaista siementä käytettäessä

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,41	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	11251,8	4,45	498,0	3,6	408,6	12029,1	4,1	2,0
Kynnysarvovalinta	931,3	0,04	45,5	-0,01	33,4	1068,5	0,7	1,5
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	0,51	0,08	0,55	-0,03	0,54	0,57	0,30	0,16
Perinnöllinen edistyminen	232,8	0,01	11,4	-0,002	8,4	267,1	0,2	0,4

Tavanomaista siementä käytettäessä (ks. taulukko 7) perinnöllinen edistyminen on pienempää, mutta samansuuntaista kuin muissa energiakorjattuun maitomäärään perustuvissa laskelmissa. Valkuaispitoisuuden kehitys on lievästi negatiivista. Maidon rasvapitoisuus on lievässä kasvussa, mutta valkuaispitoisuuden kehitys prosentteina on edelleen negatiivista. Laskelmasta huomataan myös, että valkuaiskilot kasvavat seuraavalle sukupolvella 8,4 kg, mutta lisääntyneestä maidontuotannosta johtuen valkuaispitoisuus prosentteina on laskussa. Energiakorjattu maitomäärä kasvaa vähemmän kuin sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä.

Taulukko 8. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua ja tavanomaista siementä käytettäessä

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,4	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	11515,3	4,7	488,9	3,7	423,9	12413,7	3,8	3,6
Kynnysarvovalinta	1194,8	0,3	36,4	0,0	48,7	1453,1	0,4	3,1
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	0,65	0,68	0,44	0,12	0,79	0,78	0,18	0,33
Perinnöllinen edistyminen	298,7	0,08	9,1	0,009	12,2	363,3	0,1	0,8

Sukupuolilajiteltua ja tavanomaista siementä käytettäessä (ks. taulukko 8) maidon valkuaispitoisuuden perinnöllinen edistyminen on positiivista. Rasvakilojen kehitys jää 10 kiloa pienemmäksi kuin sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä. Energiakorjattu maitomäärä kasvaa enemmän kuin

maitokiloihin perustuvassa valinnassa, vaikka jalostettavasta eläinjoukosta 18 eläintä oli samoja. Poikimakertojen kehitys on positiivista.

5.3 Indeksivalinta

Taulukko 9. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä.

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,4	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	10412,9	4,6	479,6	3,7	388,9	11442,5	2,8	10,5
Kynnysarvovalinta	92,5	0,2	27,1	0,1	13,7	481,9	-0,6	10,0
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	0,05	0,42	0,33	0,28	0,22	0,26	-0,27	1,06
Perinnöllinen edistyminen	23,1	0,05	6,8	0,02	3,4	120,5	-0,2	2,5

Sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä (ks. taulukko 9) kaikkien tuotosominaisuuksien perinnöllinen edistyminen on positiivista. Keskipoikimakerta laskee NTM:n laskutavan vuoksi, jossa vanhempien eläinten indeksit laskevat vertailuryhmän vaikutuksesta (Aro ym. 2020, 38). Indeksien kehittyminen maksimaalista, joka samalla jalostaa eläimiä kokonaisvaltaisesti kaikkien tuotannollisesti ja taloudellisesti kannattavien ominaisuuksien osalta. Tuloksena eläinaineksen laatu paranee kokonaisuutena. NTM:n kehitys seuraavalla sukupolvella 2,5.

Taulukko 10. Perinnöllinen edistyminen tavanomaista siementä käytettäessä.

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,4	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	10164,7	4,6	466,3	3,7	378,2	11098,7	2,7	6,3
Kynnysarvovalinta	-155,8	0,2	13,7	0,1	3,0	138,1	-0,7	5,8
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	-0,1	0,4	0,2	0,3	0,0	0,1	-0,3	0,6
Perinnöllinen edistyminen	-39,0	0,05	3,4	0,02	0,8	34,5	-0,2	1,4

Tavanomaista siementä käytettäessä (ks. taulukko 10) maitokilojen perinnöllinen edistyminen on laskussa, mutta maidon pitoisuusominaisuuksien kehitys on positiivista. Energiakorjattu maitomäärä kasvaa lähes 35 kiloa seuraavalla sukupolvella. Maidon pitoisuuksien kehitys on hyvin mal-

tillista. Poikimakerran kehitys jälleen negatiivista. Tavanomaista siementä käytettäessä indeksivalinnassa huomattavaa edistymistä tapahtuu vain kokonaisindeksissä ja energiakorjatussa maitomäärässä.

Taulukko 11. Perinnöllinen edistyminen sukupuolilajiteltua ja tavanomaista siementä käytettäessä.

Keskiarvot	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Koko karja	10320,5	4,4	452,5	3,7	375,2	10960,6	3,4	0,5
Jalostukseen valitut	10118,7	4,6	466,1	3,8	379,7	11088,2	2,6	7,9
Kynnysarvovalinta	-201,8	0,2	13,6	0,1	4,5	127,6	-0,8	7,4
Keskihajonta	1828,6	0,5	82,4	0,3	61,5	1858,6	2,3	9,5
Valintaintensiteetti	-0,1	0,5	0,2	0,4	0,1	0,1	-0,3	0,8
Perinnöllinen edistyminen	-50,5	0,06	3,4	0,03	1,1	31,9	-0,2	1,9

Tavanomaista ja sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä (ks. taulukko 11) maitokilojen perinnöllinen edistyminen on eniten laskussa, mutta energiakorjatun maitomäärän kehityksen ero taulukossa 10 saatuun kehitykseen on vain 2,6 kiloa. Maidon rasva- ja valkuaispitoisuuden kehitys vähäistä, mutta positiivista niin määrällisesti kuin prosentuaalisesti. NTM:n odotettu perinnöllinen edistyminen on suurempaa kuin tavanomaista siementä käytettäessä.

5.4 Yhteenveto

Suurimmat perinnölliset edistymiset saavutettiin tekemällä jalostuspäätökset indeksivalintaan perustuen ja käyttämällä sukupuolilajiteltua siementä tai käytettäessä valintaperusteena energiakorjattua maitomäärää ja käytettäessä sukupuolilajiteltua sekä tavanomaista siementä. Laskelma todistaa myös sen, että jo pienillä jalostusvalinnoilla voidaan saada merkittävä ero perinnöllisen edistymisen määrässä. Alla olevassa taulukossa (ks. taulukko 12) on yhteenveto jalostusmenetelmien vaikuttavuudesta siementyypeittäin.

Epäedullisin perinnöllinen edistyminen saavutettiin sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä maitokiloperusteissa valinnassa, kun maidon pitoisuusominaisuudet sekä eläinten kokonaisindeksit laskivat. Tuloksena tällaiselle pitkäaikaiselle jalostukselle olisi maidon pitoisuuksien lasku entisestään ja todennäköinen eläinten rakenteen heikentyminen indeksiin laskiessa sukupolvesta toiselle.

Indeksiin perustuvassa valinnassa tavanomaista siementä sekä sukupuolilajiteltua ja tavanomaista siementä käytettäessä maitokilojen negatiivinen perinnöllinen edistyminen voi tasaantua, mikäli laskelma toteutetaan uudestaan myöhemmin.

Taulukko 12. Perinnöllinen edistyminen siementyyppin ja valintaperusteen mukaan lajiteltuna

Siemen	Valintaperuste	Maito kg	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
Sukupuolilajiteltu	Maito kg	436	-0,04	15	-0,04	11	390	0,27	-0,6
	EKM	389	0,02	20	-0,01	14	452	0,15	0,7
	NTM	23	0,05	7	0,02	3	120	-0,15	2,5
Tavanomainen	Maito kg	268	-0,03	9	-0,01	9	254	0,18	0,1
	EKM	233	0,01	11	-0,002	8	267	0,17	0,4
	NTM	-39	0,05	3	0,02	1	35	-0,17	1,4
Sukupuolilajiteltu ja tavanomainen	Maito kg	337	-0,02	13	-0,03	10	317	0,16	0,1
	EKM	299	0,08	9	0,01	12	363	0,10	0,8
	NTM	-50	0,06	3	0,03	1	32	-0,20	1,9

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää eri jalostusmenetelmien vaikuttavuutta eläinainekseen ja perinnöllisen edistymisen suuruuteen eläinten tuotosominaisuuksien edistymisen osalta. Samalla tutkimus tarjosi tietoa jalostusvalintojen vaikutuksesta karjan kokonaisindeksiin sekä poikimaker-taan. Tutkimuksen tuloksena selvisi, että parhaisiin tuloksiin päästään, kun jalostusvalinnat toteu-tetaan indeksiin pohjautuvalla valintaperiaatteella ja kaikki eläimet siennetään sukupuolilajitel-lulla siemenellä, tai jalostusvalinta tehdään energiakorjattuun maitomäärään perustuen ja vain osa eläimistä siennetään sukupuolilajitellulla siemenellä. Epäedullisin perinnöllinen edistyminen saavutettiin vain sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä maitokiloihin perustuvaa valintaa. Täl-löin maitokilot kasvoivat maksimaalisesti muiden ominaisuuksien kustannuksella ja maidon pitoi-suusominaisuudet sekä eläinten kokonaisindeksit laskivat seuraavalla sukupolvella. Mikäli karjaa jalostettaisiin tällä tavoin useamman sukupolven ajan, tuloksena olisi eläinten rakenteen pettämi-nen sekä maidon pitoisuusominaisuuksien romahtaminen. Tutkimuksen avulla saatiin kartoitettua jalostusvalintojen vaikutusta eläinainekseen teoreettisella tasolla, mutta laskelmissa jätettiin huo-mioimatta eläinten fenotyyppiset ominaisuudet tai hedelmällisyys kaikissa muissa laskelmissa paitsi indeksivalinnassa, jossa nämä ominaisuudet sisältyivät indeksiin. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää kohdekarjan jalostuksessa apuvälineenä.

Laskelmissa jätettiin ulkopuolelle myös eläinten rakenteellinen edistyminen, sillä tarvittavia tietoja ei ollut saatavilla kaikista eläimistä ja havaintoaineiston rajaaminen rakennetietojen perusteella olisi vääristänyt lopullisia tuloksia eläinmäärän vähentymisen vuoksi. Rakenteen merkitystä jalostuksessa päädyttiin sivuamaan omassa luvussaan (ks. luku 3.2). Myöskään kahden toisistaan riippumattoman ominaisuuden valintaa ei käsitelty tutkimusosassa edellä mainituista syistä.

Tutkimuksen tulokset vastasivat alun viitekehyksen luomia odotuksia suurimmalta osin. Indeksivalintaan perustuvalla valinnalla saadut tulokset poikkesivat ennakko-oletuksista maitokilojen negatiivisen perinnöllisen edistymisen vuoksi ja energiakorjattuun maitomäärään perustava jalostusvalinta tuotti negatiivisen perinnöllisen edistymisen maidon valkuaispitoisuuden osalta. Negatiivinen maitokilojen kehitys voidaan selittää ensikoiden matalalla herumisella, joka huomataan tutkimuksen havaintomatriisista (ks. liite 1). Jalostusvalinnat kohdistuivat osaksi eläimiin, joiden maitotuotos ensimmäisellä 305-päivän kaudella oli 6000–7000 kiloa, joka laskee maitokilojen keskiarvoa. Energiakorjattu maitomäärä on nousussa, kun paremmat maidon pitoisuudet korreloivat vähentyneitä maitokiloja. Muiden ominaisuuksien perinnöllinen edistyminen on hitaampaa, mutta positiivista. Kokonaisindeksin kehitys kolmesta vaihtoehdosta pienintä, johtuen suuresta jalostettavasta eläinjoukosta. Suurempi jalostettava eläinmäärä pakottaa valitsemaan seuraavan sukupolven emiksi myös lehmiä, joiden kokonaisindeksi oli nollan tuntumassa tai alle. Tällaisessa tilanteessa alkiosierrojen käyttö voisi olla suositeltua.

Laskelmista huomataan valinnan ankaruuden vaikutus valintaindeksiin ja sitä kautta perinnölliseen edistymiseen. Maitokiloihin ja energiakorjattuun maitomäärään perustuvassa valinnassa karjan keskipoikimakerran kehitys oli positiivista, joka johtuu siitä, että valinta suosii vanhempia ja suurituotoksisempia yksilöitä. Indeksiiin perustuvassa valinnassa keskipoikimakerta laskee NTM:n laskuperiaatteen vuoksi, jossa vanhempien eläinten indeksit laskevat vertailuryhmän vaikutuksesta.

Tulevaisuudessa tutkimusta olisi mielenkiintoista käsitellä koskemaan rakenteellista edistymistä, joka tässä tutkimuksessa jäi ulkopuolelle. Laskelmissa olisi myös mielenkiintoista huomioida eläinten hedelmällisyys sekä muut valintaan vaikuttavat ominaisuudet, jotka tässä jäivät huomioimatta.

6.1 Luotettavuus ja eettisyys

Tutkimuksen tulokset perustuvat tuotosseurannan ja jalostussuunnitelman tietoihin, joten laskelmien tulokset ovat luotettavia. Tulokset eivät kuitenkaan ole yleispäteviä totuuksia jalostusmenetelmien vaikuttavuudesta eläinainekseen, vaan ovat päteviä vain kyseisen aineistokarjan kohdalla. Ominaisuuksien periytymisasteet ja ominaisuuksien väliset korrelaatiot eivät kuitenkaan vaihtele karjasta toiseen, joten tuloksien voidaan olettaa olevan samansuuntaisia, mikäli ne toteutettaisiin toisella aineistolla. Luotettavuuden lisäämiseksi tutkimus tulisi toteuttaa suuremmalla havaintomatriisilla.

Valintaperiaatteiden mukaisissa jalostuspäätöksissä ei ole huomioitu eläinten rakennetta, hedelmällisyyttä tai muuta ulkoista ominaisuutta, joka voisi vaikuttaa todellisuudessa eläimen käyttöön jalostuksessa. Puolueettomuuden vuoksi eläimiä ei ole nimikoitu tai kirjattu aineistoon muutoin tunnistettaviksi, esimerkiksi korvanumeron avulla.

Lähteet

- Ahonen, E. 2014. Vuonna 2008 syntyneiden Holstein-sonnien genomiarvostelujen toteutunut arvosteluvarmuus. Helsingin yliopiston pro gradu. Viitattu 26.4.2021. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155725>
- Aro, J. Niemi, A. Toivonen, M. & Vahlsten, T. 2020. Testaa ja valitse-lypsykarjanjalostuksella tuloksiin. 29, 31–32, 35–36, 41–42, 45–46, 48, 50, 53, 138, 181. Opetushallitus. 1. painos.
- Heikkilä, L. 2015. Naudan alkionsiirto. Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma. Helsingin yliopisto. 7. Viitattu 26.4.2021. <https://core.ac.uk/download/pdf/33736955.pdf>
- Juga, J. Maijala, M. Mäki-Tanila, A. Mäntysaari, E. Ojala, M & Syväjärvi, J. 1999. Kotieläinjalostus. 3, 11, 37–38, 41, 83, 86–87, 89–90, 127–128, 136–138, 147, 149, 286. Suomen kotieläinjalostusosuskuunta. 1. painos
- Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. 24. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisusarja.
- Korrelaatiot NTM:n ja osaominaisuuksien välillä. 2020. NAV-Nordic Cattle Genetic Evaluationin julkaisu. Viitattu 20.4.2021. https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2020/08/Correlations-between-NTM-and-sub-indices_FIN.pdf
- Lajitellulle siemenelle on kysyntää. nd. VikingGeneticsin verkkosivut. Viitattu 19.4.2021. <https://www.vikinggenetics.fi/tuotteet-ja-ratkaisut/lajiteltu-siemen>
- Lypsykarjan rakennearvostelu Pohjoismaissa. 2019. Faba osk. Viitattu 26.4.2021. <https://www.faba.fi/wp-content/uploads/2019/03/FabaRANE-pohjoismainen-lypsyrotujen-rakennearvostelu-2019.pdf>
- Mulder, H. A., Veerkamp, R. F., Ducro, B. J., van Arendonk, J. A. M., Bijma, P. 2006. Optimization of dairy cattle breeding programs for different environments with genotype x environment interaction. Sähköinen artikkeli. Journal of dairy science. Viitattu 1.5.2021. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(06\)72242-1/fulltext#secd23683044e1140](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(06)72242-1/fulltext#secd23683044e1140)
- NAV routine genetic evaluation of Dairy Cattle – data and genetic models. n.d. NAV – Nordic Cattle Genetic Evaluation. Viitattu 15.4.2021. https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2020/12/NAV-routine-genetic-evaluation_CORRECmetabolic-efficiency-01102020.pdf s 57
- NAV routine genetic evaluation of Dairy Cattle – data and genetic models. 2021. NAV – Nordic Cattle Genetic Evaluation. 57. 11. painos. Viitattu 1.3.2021. https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2021/04/NAV-routine-genetic-evaluation_CORRECweightJersey-27042021.pdf
- NAV Trends – Dairy. nd. Perinnöllisen edistymisen kuvaajat. NAV – Nordic Cattle Genetic Evaluation. Viitattu 2.4.2021. <https://nordic.mloy.fi/NAVtrends>
- NAV-jalostusarvojen julkaisu. 2017. NAV – Nordic Cattle Genetic Evaluation. Viitattu 1.3.2021. https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2017/06/Publication-of-NAV-breeding-values_FIN.pdf

Nokka, S. 2021. Lypsykarjan tuotosseurannan tulokset 2021. ProAgrian maidontuotannon tulosesminaari. Viitattu 26.4.2021. https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/lypsykarjan_tuotosseurannan_tulokset_2020.pdf

NTM- Pohjoismainen kokonaisjalostusarvo. nd. Nordic Cattle Genetic Evaluation. Viitattu 23.3.2021. <https://www.nordicebv.info/fi/ntm/>

NTM:n painokertoimet. 2020. NAV-Nordic Cattle Genetic Evaluation. Viitattu 18.5.2021. https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2020/08/NTM-%E2%80%93weight-factors_11082020_FIN.pdf

Rakenneominaisuuksien optimit ja painokertoimet. 2018. NAV- Nordic Cattle Genetic Evaluation. Viitattu 14.4.2021. https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2021/04/Conformation_optimums_weights_FIN-Nov-2018.pdf

Sjöblom, K. 2020. Sähköpostikeskustelu Kiviojan karjan perinnöllisestä edistymisestä.

Tikkanen, M. 2014. Hedelmällisyyden sekä runkorakenteen ja maitotuotoksen perinnölliset yhteydet ayrshirerodulla. 35, 37. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos. Maisterin tutkielma. Viitattu 26.4.2021. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135754/minna_tikkanen_maisterintutkielma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liitteet

Liite 1. Kiviojan karjan havaintomatriisi

Tilastoyksikkö	Maitotuotos	Rasva %	Rasva kg	Valkuainen %	Valkuainen kg	EKM	Poikimakerta	NTM
1	10534	3,89	410	3,79	399	10703	9	-9
2	13616	3,64	495	3,29	448	12894	8	-14
3	12708	4,32	549	3,71	471	13500	8	-10
4	9515	3,96	377	3,49	332	9529	7	-13
5	10149	4,51	458	3,84	390	11118	5	-7
6	11476	5,23	600	3,69	424	13447	5	6
7	11927	4,33	517	3,36	401	12363	5	5
8	10723	4,52	485	3,75	402	11686	4	8
9	11022	4,06	448	3,47	382	11155	4	0
10	14724	4,34	639	3,54	521	15484	4	10
11	11407	4,76	543	4,02	459	13002	4	12
12	9849	3,77	371	3,56	351	9688	4	1
13	10561	3,79	400	3,45	364	10324	3	-14
14	11196	4,34	486	3,61	404	11834	3	-8
15	11147	4,06	453	3,03	338	10904	4	-8
16	12035	4,6	554	3,58	431	13075	3	0
17	10823	4,85	525	3,63	393	12130	3	8
18	12159	4,79	582	3,63	441	13538	3	-9
19	8873	5,41	480	3,72	330	9638	3	1
20	10602	4,28	454	3,86	409	11333	3	12
21	11850	4,25	504	3,8	450	12569	3	11
22	9629	4,78	460	3,49	336	10606	3	0
23	9450	4,63	438	3,6	340	10316	3	-3
24	10784	4,61	497	3,86	416	11962	3	18
25	10290	4,58	471	4,12	424	11582	2	4
26	9653	4,5	434	3,84	371	10563	3	0
27	8899	3,89	346	3,54	315	8870	2	-6
28	10556	4,65	491	3,66	386	11598	2	10
29	10372	4,49	466	4,09	424	11537	2	16
30	11197	3,37	377	3,38	378	10312	1	-4
31	12168	4,27	520	3,3	401	12467	2	0
32	7735	4,74	367	4,12	319	8857	1	2
33	6894	3,83	264	3,42	236	6757	1	5
34	6007	4,41	265	3,98	239	6572	1	-18
35	8367	4,79	401	3,49	292	9226	1	12
36	7383	5,23	386	4,27	315	8981	1	1
37	8526	3,96	338	3,47	296	8525	1	-7
38	8673	5,36	465	3,95	343	10474	1	14
39	7016	4,89	343	3,95	277	8071	1	10
40	12324	3,59	442	2,91	359	11234	10	-17