

## Uuden teknologian optimaalinen hyödyntäminen lypsykarjan uudistamisessa

Anna-Maija Heikkilä<sup>1)</sup> ja Jaana Peippo<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> MTT, Taloustutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, anna-maija.heikkila@mtt.fi

<sup>2)</sup> MTT, Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, 31600 Jokioinen, jaana.peippo@mtt.fi

### Tiivistelmä

Lypsylehmien hyvä hedelmällisyys on kannattavan maidontuotannon keskeinen vaatimus. Poikiminen on edellytys paitsi maidontuotannon käynnistämiseksi myös uudistamiseen tarvittavien vasikoiden tuotannolle. Nykyteknologia tarjoaa lehmien lisääntymiseen mahdollisuuksia, joilla voidaan vaikuttaa syntyvien jälkeläisten ominaisuuksiin. Alkionsiirrolla voidaan tuottaa paljon jälkeläisiä lehmiltä, joilla on hyvät maidontuotanto-ominaisuudet. Sukupuolilajitellun siemenen käytöllä tai alkioiden sukupuolilajittelulla voidaan puolestaan lisätä lehmävasikoiden osuutta syntyvistä jälkeläisistä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli optimoida perinteisten ja uusien teknologioiden käyttöä lypsykarjan uudistamisessa.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin lineaarista ohjelmointia, jolla maksimoitiin maidontuotannon kiinteille kustannuksille saatavaa katetta. Tarkasteltavat vaihtoehdot karjan uudistamisessa olivat siemennys joko lajittelemattomalla tai lajitellulla siemenellä, lajittelemattoman alkion luovutus tai siirto sekä sukupuolilajitellun alkion luovutus tai siirto. Sukupuolilajitellut alkioit olivat lajitellulla siemenellä tuotettuja tai sukupuoli oli määritetty tavanomaisella siemennyksellä tuotetuista alkioista. Optimointimallin biologiset lähtötiedot määritettiin suomalaisten maitotilojen seuranta-aineistoista vuodelta 2010. Hinnat edustavat ajankohdan keskimääräisiä panos- ja tuotoshintoja. Tarkasteluperiodi oli yksi vuosi ja karjan enimmäiskooksi asetettiin 60 lehmää. Mallissa otettiin huomioon uudistustavan vaikutus vasikka- ja alkiootuotoon, uudistuksen yksikkökustannukseen sekä uusimattomuusprosenttiin, joka vaikutti edelleen lehmien poikimavälin pituuteen. Karjan oletettiin tuottavan uudistukseen tarvittavat lehmävasikat. Kunkin uuden teknologioiden käyttö rajattiin enintään kolmasosalle karjan lehmistä. Tuloksen herkkyyttä mallin rajoitteiden, tuotostasojen ja hintojen muutoksille tarkasteltiin viidessä erilaisessa skenaariossa. Optimointimalli ratkaistiin MATLAB-ohjelmalla.

Perusskenaariossa parhaimman katteen kiinteille kustannuksille antoi karja, jossa oli mallin sallima enimmäismäärä, 20 lehmää, lajittelemattoman alkion luovuttajia. Muista lehmistä 14 siemennettiin lajittelemattomalla ja 8 lajitellulla siemenellä. Vastaavasti 6 hiehoa siemennettiin lajittelemattomalla ja 12 lajitellulla siemenellä. Karjaan ei tullut mukaan yhtään alkion vastaanottajaa.

Optimaalisen karjan kokoonpano vaihteli mallin lähtöoletusten mukaan, mutta alkioita luovuttavien lehmien ylivertaisuus näkyi kaikissa skenaarioissa. Lajitellun siemenen käyttö lehmävasikan tuottamiseen tähtäävässä siemennyksessä oli taloudellisesti perusteltua, mutta vain osalle karjasta. Optimaaliset valinnat voivat vaihdella tilakohtaisesti muun muassa lehmien tuotostason mukaan. Jotta uusien teknologioiden vaikutus myös karjan geneettiseen edistymiseen voitaisiin ottaa huomioon, optimointiin tulisi staattisten mallien lisäksi kehittää dynaamisia malleja. Dynaamiset mallit palvelisivat myös kasvavia karjoja.

**Asiasanat:** maidontuotanto, alkionsiirto, sukupuolilajiteltu siemen, optimointi

## Johdanto

Lypsylehmien hyvä hedelmällisyys on kannattavan maidontuotannon keskeinen vaatimus. Poikiminen on edellytys paitsi maidontuotannon käynnistämiseksi myös uudistamiseen tarvittavien vasikoiden tuotannolle. NykYTEknologia tarjoaa lehmien lisääntymiseen mahdollisuuksia, joilla voidaan vaikuttaa sekä syntyvien jälkeläisten sukupuoleen että tuotanto-ominaisuuksiin. Alkionsiirrolla voidaan tuottaa paljon jälkeläisiä lehmiltä, joilla on hyvät maidontuotanto-ominaisuudet. Sukupuolilajittelun siemenen käytöllä voidaan puolestaan lisätä lehmävasikoiden osuutta syntyvistä jälkeläisistä. Alkionsiirron ja sukupuolilajittelun yhdistämisellä voidaan edelleen tehostaa toivotunlaisten lehmävasikoiden saamista karjaan.

Taloudellisessa mielessä uusilla teknologioilla on sekä etunsa että haittansa (Weigel, 2004). Niiden käyttö lisää muun muassa siemennuskustannusta sukupuolilajitellun siemenen ollessa tavanomaista siementä kalliimpaa. Lisäksi intensiivinen kiimantarkkailu, joka on tarpeen näiden teknologioiden onnistuneelle käytölle, kasvattaa työkustannusta - tai konekustannusta, mikäli kiimantarkkailuun käytetään automatisoituja menetelmiä. Lajiteltua siementä käytettäessä tiinehtymistulokset ovat heikkommat kuin lajittelemattomaa siementä käytettäessä. Heikennys kasvattaa poikimavälin pituutta, mikä saattaa aiheuttaa välillisiä lisäkustannuksia maidontuotantoon. De Vries ym. (2008) listaavat lajitellun siemenen käytön etuna muun muassa seuraavat seikat: lehmävasikoiden arvon ja siten hinnan nousu suhteessa sonnivasikoihin, lisääntyvä mahdollisuus arvokkaiden risteytysvasikoiden tuotantoon, poikimavaikeuksien väheneminen, karjan geneettisen edistymisen nopeutuminen ja tautiriskien väheneminen eläinten ostotarpeen vähentyessä. Eduista ei kuitenkaan olla täysin yksimielisiä. DeJarnette ym. (2009, 2010) pitävät sukupuolen ennalta määräämistä hitaana ja tehottomana keinona tuottaa lehmävasikoita. Lähitulevaisuudessa ei sitä paitsi ole odotettavissa kehitystä, joka parantaisi kyseisen teknologian käytön tehokkuutta (DeJarnette ym., 2010).

Jotta maidontuottaja osaisi arvioida kunkin lisääntymisteknologian nettohyötyjä ja pystyisi löytämään karjaansa niiden sopivan käyttöyhdistelmän, hän tarvitsee tarkoitukseen soveltuvia työkaluja. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli rakentaa malli, jonka avulla voidaan määrittää, missä suhteessa perinteisiä ja uusia teknologioita on taloudellisesti optimaalista käyttää.

## Aineisto ja menetelmät

Tutkimusmenetelmänä käytettiin lineaarista ohjelmointia (Hazell ja Norton, 1986), jolla maksimoitiin maidontuotannossa kone- ja rakennuskustannuksille jäävää katetta. Tarkasteltavat vaihtoehdot karjan uudistamisessa olivat siemennys joko lajittelemattomalla tai lajitellulla siemenellä, lajittelemattoman alkion luovutus tai siirto sekä sukupuolilajitellun alkion luovutus tai siirto. Tavanomaisessa siemennyksessä voitiin käyttää joko maito- tai liharotuista siementä. Sukupuolilajitellut alkiot tuotettiin joko siementämällä lehmät lajitellulla siemenellä tai lajittelemalla tavanomaisella siemennyksellä tuotetut alkiot sukupuolen mukaan.

Tarkasteluperiodi oli yksi vuosi ja karjan enimmäiskooksi asetettiin 60 lehmää. Karjan oletettiin tuottavan uudistukseen tarvittavat lehmävasikat uudistusprosentin ollessa 30. Kunkin uuden teknologian käyttö rajattiin enintään kolmasosalle karjan lehmistä. Optimointimalli ratkaistiin MATLAB 7.11.0 –ohjelmalla (Matworks Inc., USA).

Optimointimallissa otettiin huomioon uudistustavan vaikutus vasikka- ja alkiotuottoon, uudistuksen yksikkökustannukseen sekä uusimattomuusprosenttiin, joka vaikutti edelleen lehmien poikimavälin pituuteen. Mallin biologiset lähtötiedot määritettiin suomalaisten maitotilojen seuranta-aineistoista vuodelta 2010 (Taulukko 1). Uusimattomuusprosentit perustuvat lehmille (485 342) ja hiehoille (149 918) tehtyihin tavallisiin siemennyksiin sekä lehmille (13 083) ja hiehoille (9 225) lajitellulla siemenellä tehtyihin siemennyksiin. Sukupuolilajiteltua siementä käytettäessä vasikoista 90 % oletettiin olevan tavoiteltua sukupuolta (Seidel, 2003). Tavallista alkiontuotantoa varten lehmät oletettiin siemennettävän kahdesti, yksi siemenannos kummassakin siemennyksessä. Keskimäärin huuhtelua kohti saatujen alkioiden määrät perustuvat 628:aan hiehoille ja 172:een lehmille tehtyyn huuhteluun. Sukupuolilajiteltua siementä alkiotuotannossa käytettäessä siemennyksiä tehtiin kaksi, joista kumpikin sisälsi kaksi annosta siementä. Alkiosaannot perustuvat 132:een hiehojen huuhteluun ja 110:een lehmien huuhteluun. Näin syntyneistä alkioista 90 % oletettiin olevan toivottua sukupuolta (Peippo ym., 2009). Ei-toivottua sukupuolta olevilla alkiolla ei ole markkinoita, joten niillä ei mallissa ollut taloudellista arvoa. Menetelmä, jolla määritetään tavallisella siemennyksellä aikaansaatu

Taulukko 1. Mallin biologiset lähtötiedot (perusskenaario)

	Maito- tuotos, l/vuosi	Lehmä- vasikat, kpl	Sonni- vasikat, kpl	Alkiot, kpl	Uusimat- tomuus- prosentti	Poikima- väli, pv
<b>Siemennys lajittelemattomalla siemenellä</b>						
hiehot		0,49	0,51		56,3	384
lehmät	8 600	0,49	0,51		43,8	393
<b>Siemennys lajittelemattomalla liharotuisella siemenellä</b>						
lehmät	7 400	0,49	0,51		56,3	393
<b>Siemennys lajitellulla siemenellä</b>						
hiehot		0,9	0,1		42,3	394
lehmät	9 800	0,9	0,1		30,2	402
<b>Lajittelemattoman alkion luovutus</b>						
hiehot		0,49	0,51	7,2	56,3 <sup>c)</sup>	426
lehmät	9 800	0,49	0,51	12,0	43,8 <sup>c)</sup>	435
<b>Lajittelun alkion luovutus (siemennys lajitellulla siemenellä)</b>						
hiehot		0,49	0,51	6,8 <sup>a)</sup>	56,3 <sup>c)</sup>	426
lehmät	9 800	0,49	0,51	4,5 <sup>a)</sup>	43,8 <sup>c)</sup>	435
<b>Lajittelun alkion luovutus (alkioiden lajittelu)</b>						
hiehot		0,49	0,51	3,5 <sup>b)</sup>	56,3 <sup>c)</sup>	426
lehmät	9 800	0,49	0,51	5,9 <sup>b)</sup>	43,8 <sup>c)</sup>	435
<b>Lajittelemattoman alkion siirto</b>						
hiehot		0,49	0,51		66,2	378
lehmät	8 600	0,49	0,51		66,2	378
<b>Lajittelun alkion siirto (alkiot tuotettu lajitellulla siemenellä)</b>						
hiehot		0,9	0,1		66,2	378
lehmät	8 600	0,9	0,1		66,2	378
<b>Lajittelun alkion siirto (alkiot lajiteltu)</b>						
hiehot		0,9	0,1		66,2	378
lehmät	8 600	0,9	0,1		66,2	378

<sup>a)</sup> Sisältää 10 % ei-toivottua sukupuolta

<sup>b)</sup> 90% siirtokelpoisia

<sup>c)</sup> Siemennys vasikan tuottamiseksi alkionluovutuksen jälkeen

alkioiden sukupuoli, on sinänsä tehokas, mutta alkioden käsittely heikentää niiden elinvoimaisuutta. Siksi lajittelusta oletettiin saatavan 10 % vähemmän lehmäalkioita (44 %) kuin niitä tuotetaan lajittelemattomalla siemenellä (49 %).

Mallia varten laadittiin katetuottolaskelmat kutakin lisääntymisteknologiaa edustavasta hiehosta ja lehmästä. Näistä katetuottolaskelmista johdettiin mallin tavoitefunktion kertoimet ja mallin rajoitteet. Tuottoina otettiin huomioon maitotuotto (tuotantotuki mukaan luettuna), poistolehmissä saatava lihatuotto sekä vasikoiden ja alkioden myynnistä saadut tuotot. Muuttuvina kustannuksina huomioitiin seuraavista tuotantopanoksista aiheutuvat kustannukset: ruokinta, siemennys, alkionhuuhtelu, alkionsiirto, eläinlääkintä, uudistus, kotieläintyö, muut kotieläintalouden kustannukset sekä korko (5 %) eläin- ja liikepääomalle. Mallissa käytetyt hinnat (Taulukko 2) edustavat ajankohdan keskimääräisiä panos- ja tuotoshintoja (ProAgria, 2009; Faba, 2011; Niemi ja Ahlstedt, 2011; Tike, 2011). Tuottojen ja kustannusten erotus jää katteeksi maidontuotannon rakennus- ja konekustannuksille.

Vuotuiseksi työnmenekiksi perinteisesti siemennettävillä lehmillä arvioitiin 58 tuntia, mikä vastaa keskimääräistä työnmenekkiä noin 60 lehmän suomalaiskarjoissa (MTT 2011). Sukupuolilajittelun siemenen käytön arvioitiin kasvattavan työnmenekkiä yhdellä tunnilla lisääntyneen kiimantarkkailun ja useampien siemennysten takia. Alkionhuuhtelussa työnmenekin laskettiin kasvavan 10 tunnilla ja alkion siirrossa yhdellä tunnilla lehmää ja vuotta kohti.

Tuloksen herkkyyttä mallin rajoitteiden, tuotostasojen ja hintojen muutoksille tarkasteltiin viidessä erilaisessa skenaariossa: kaikilla useamman kerran poikineilla lehmillä yhtä korkeat tuotokset (skenaario 1), uudistusprosentti 35 (skenaario 2), ei rajoitetta minkään teknologian käyttömäärälle (skenaario 3), alkion hinnan lasku 200 eurolla (skenaario 4) ja maidon hinnan lasku 20 prosentilla (skenaario 5).

Taulukko 2. Yksikköhinnat (perusskenaario)

Tuotos, yksikkö	€	Panos, yksikkö	€	Panos	€
Maito, l	0,406	Nurmisäilörehu, kg ka	0,15	Siemennys (maitorotu)	37 - 41
Maidon tuotantotuki, per litra	0,084	Vilja, kg	0,18	Siemennys (liharotu)	43
Lehmän liha, kg	1,61	Valkuaisväkirehu, kg	0,30	Siemennys sukupuolilajitellulla siemenellä	56 - 63
Lehmävasikka	60 100 140	Kivennäiset, kg	0,55	Siemennys alkiontuotantoa varten (lajittelematon siemen)	82
Sonnivasikka	150	Vasikkarehu, kg	2,00	Siemennys alkiontuotantoa varten (lajiteltu siemen)	206
Risteytyslehmävasikka	140	Uudistushieho	1 200 1 400 1 600	Alkion luovutus (lajittelematon alkio)	1 279 – 1 441
Risteytyssonnivasikka	250	Työ, h	14,00	Alkion luovutus lajiteltu siemen)	933 – 1 113
Lajittelematon alkio	400	Kantakirjausmaksu	18,00	Alkion luovutus (lajiteltu alkio)	1 188 – 1 263
Sukupuolilajiteltu alkio	600			Alkion siirto (lajittelematon alkio)	658
				Alkion siirto (lajiteltu alkio)	858

## Tulokset

Optimointimalli tuotti tuloksena kokonaiskatteen, eri tavalla uudistettavien lehmien ja hiehojen määrät, myytävien vasikoiden ja alkioiden määrät sekä lihan ja maidon tuotantomäärän. Perusskenaarion ja neljän muun skenaarion tulokset esitetään taulukossa 3. Hiehot taulukossa 3 tarkoittavat ensimmäistä lypsykauttaan lypsäviä lehmiä, jotka ovat hiehoina saaneet taulukossa mainitun käsittelyn. Uudistushiehot puolestaan tarkoittavat uudistusta varten kasvamassa olevia hiehoja.

Perusskenaariossa optimaaliseen ratkaisuun tulivat perinteisen siemennyksen lisäksi mukaan lajitellun siemenen käyttö ja lajittelemattoman alkion luovutus (Taulukko 3). Risteytysvasikoiden tuottaminen tuli kysymykseen vain siinä tapauksessa, että liharotuisella siemennellä siemennettävillä lehmillä oli yhtä korkea maitotuotos karjan muiden lehmien kanssa (skenaario 1). Uudistusprosentin kasvaessa oli optimaalista lisätä hiehojen siemennystä lajitellulla siemenellä ja vastaavasti vähentää lajitellun siemenen käyttöä lehmillä (skenaario 2). Kun uusien tekniikoiden käytölle ei asetettu mitään rajoitteita, karjan kaikki hiehot ja lehmät olivat alkion luovuttajia. Alkiontuotantoa varten lehmät siemennettiin lajittelemattomalla, hiehot lajitellulla siemenellä (skenaario 3). Alkioiden hinnan lasku, lajittelemattomalla suhteessa enemmän kuin lajitellulla, piti alkioita luovuttavien eläinten määrän mallin sallimassa maksimissa, mutta toi optimiratkaisuun mukaan tavallisella siemenellä tuotettujen alkioiden lajittelun (skenaario 4). Maidon hinnan pudotus 20 prosentilla ei muuttanut optimiratkaisua, mutta pienensi katetta 36 prosentilla (skenaario 5).

Taulukko 3. Optimoinnin tulos erilaisilla lähtöoletuksilla

	Perus- skenaario	Skenaario 1 <sup>a</sup>	Skenaario 2 <sup>b</sup>	Skenaario 3 <sup>c</sup>	Skenaario 4 <sup>d</sup>
<b>Karjan eläinmäärä</b>					
Hieho, siemennys lajittelemattomalla siemenellä	6		6		6
Lehmä, siemennys lajittelemattomalla siemenellä	14	2	14		14
Lehmä, siemennys lajittelemattomalla liharotuisella siemenellä		20			
Hieho, siemennys lajitellulla siemenellä	12	18	15		
Lehmä, siemennys lajitellulla siemenellä	8		5		20
Lehmä, lajittelemattoman alkion luovutus	20	20	20	42	
Hieho, lajitellun alkion luovutus (siemennys lajitellulla siemenellä)				18	12
Lehmä, lajitellun alkion luovutus (alkiot lajiteltu)					8
Uudistushieho, 1 400 €	6		6		6
Uudistushieho, 1 600 €	12	18	15	18	12
<b>Myyntiin</b>					
Lehmävasikka, 60 €	3	1	3		3
Lehmävasikka, 140 €	13	5	10	7	13
Sonnivasikka	20	11	20	26	20
Risteytyslehmävasikka		9			
Risteytyssonnivasikka		9			
Alkio, lajittelemattomalla siemenellä tuotettu	202	202	202	423	
Alkio, lajitellulla siemenellä tuotettu				94	61
Alkio, lajiteltu alkio					37
Maitoa, l	528 360	544 800	521 160	544 800	528 360
Lihaa, kg	4 200	4 200	4 860	4 200	4 200
<b>Taloudellinen tulos</b>					
Kate kone- ja rakennuskustannuksille, €	145 505	211 570	138 764	234 904	110 821

<sup>a)</sup> vähintään kaksi kertaa poikineilla lehmillä sama tuotostaso

<sup>b)</sup> uudistusprosentin kasvu 5 prosenttiyksikköä

<sup>c)</sup> ei rajoitetta lisääntymistekniikoiden käytölle

<sup>d)</sup> alkion hinnan lasku 200 €

### Tulosten tarkastelu

Perusskenaarion optimiratkaisussa karjassa käytettiin sekä lajiteltua että lajittelematonta siementä. Hiehoille käytettiin enemmän lajiteltua kuin tavallista siementä, lehmillä suhteet olivat päinvastoin. Ero johtui hiehojen lehmiiä paremmasta uusimattomuusprosentista lajiteltua siementä käytettäessä. Lehmien tiinehtymisen heikkeneminen lajiteltua siementä käytettäessä on todettu myös aiemmissa tutkimuksissa (mm. Andersson, 2006). Teknologian kehittäjä suosittelee lajitellun sperman käyttöä tois- taiseksi vain hiehoille.

Vuoden 2010 alkionhuhuteluiden tulokset olivat parempia kuin aiemmin suomalaisaineistosta raportoidut tulokset (Peippo, 2009; Kaimio, 2010). Niinpä alkionluovuttajia oli kaikissa skenaarioissa mallin sallima enimmäismäärä. Nykyisillä alkiosaannoilla ja hintasuhteilla alkiontuotantoa ja sukupuolen ennalta valintaa ei kannattanut yhdistää. Toivottua sukupuolta olevien alkioiden nettosaanto oli lajittelematonta siementä käytettäessä jopa parempi kuin lajiteltua siementä käytettäessä tai alkioita sukupuolen mukaan lajiteltaessa.

Alkionsiirto ei sisältynyt optimiratkaisuun missään skenaariossa, vaikka alkion vastaanottajien uusimattomuusprosentit olivat tarkasteltujen vaihtoehtojen parhaat ja sen myötä poikimavälit kaikkein lyhimmät. Osasyynä tulokseen voi olla se, ettei staattinen malli ota huomioon alkionsiirrolla saavutettavaa lehmien geneettisen edistymisen nopeutumista, mitä muun muassa Ettema ym. (2011) pitävät tärkeänä erilaisten uudistusstrategioitten arvioinnissa.

Liharotuisen siemenen käyttö jäi optimiratkaisun ulkopuolelle sen vuoksi, että risteytysvasikoitten tuotantoon soveltuvien lehmien tuotokset olivat karjan alhaisimmat. Käytännössä karjoissa kuitenkin on lemmiä, joiden tuotos on muita heikompi ja joiden jälkeläisistä ei haluta kasvattaa uudistuseläimiä. Näille lehmille liharotuisen siemenen käyttö on kannattavaa edellyttäen, että uudistukseen saadaan tuotettua riittävästi lehmävasikoita karjan muilla lehmillä.

## Johtopäätökset

Erilaisten uudistusmenetelmien optimaalinen yhdistelmä vaihtelee tilakohtaisesti, koska muun muassa karjassa olevien lehmien tuotostaso vaikuttaa eri menetelmien soveltuvuuteen ja näin ollen siihen, miten niiden käyttö on optimoinnissa tarkoituksenmukaista rajata. Siksi on tarpeen kehittää helppokäyttöisiä ja helposti saatavilla olevia työkaluja, joilla optimointi voidaan tehdä tapauskohtaiseen lähtöaineistoon perustuen. Jotta uusien teknologioiden vaikutus myös karjan geneettiseen edistymiseen voitaisiin ottaa huomioon, optimointiin tulisi staattisten mallien lisäksi kehittää dynaamisia malleja. Dynaamiset mallit palvelisivat myös kasvavia karjoja.

## Kirjallisuus

**Andersson, M., Taponen, J., Kommeri, M. & Dahlbom, M.** 2006. Pregnancy rates in lactating Holstein-Friesian cows after artificial insemination with sexed sperm. *Reprod. Domest. Anim.* 41, 95-97. doi: 10.1111/j.1439-0531.2006.00625.x.

**De Vries, A., Overton, M., Fetrow, J., Leslie K., Elcker, S. & Rogers, G.** 2008. Exploring the Impact of Sexed Semen on the Structure of the Dairy Industry. *J. Dairy Sci.* 91, 847-856. doi:10.3168/jds.2007-0536.

**DeJarnette, J.M., Nebel, R.L. & Marshall, C.E.** 2009. Evaluating the success of sex-sorted semen in US dairy herds from on farm records. *Theriogenology* 71, 49-58. doi:10.1016/j.theriogenology.2008.09.042.

**DeJarnette, J.M., Nebel, R.L. & Marshall, C. E.** 2010. Use of flow cytometrically sex-sorted semen in single and superovulating cows and heifers. *Proceedings of 26th Scientific Meeting of A.E.T.E., Kuopio, Finland, September 2010*, pp. 79-95. Accessed June 3, 2011. [http://www.aete.eu/pdf\\_publication/29.pdf](http://www.aete.eu/pdf_publication/29.pdf).

**Ettema, J.F. Østergaard, S. & Sørensen, M. K.** 2011. Effect of including genetic progress in milk yield on evaluating the use of sexed semen and other reproduction strategies in a dairy herd. *animal*, Available on CJO 2011 doi:10.1017/S175173111100108X.

**Faba.** 2011. Palveluhinnasto. Alkiokauppa. Nauta-lehti. Viitattu 15.6.2011.  
<http://www.faba.fi/palvelut/palveluhinnasto>  
<http://www.faba.fi/elainkauppa/alkiokauppa>  
[http://www.faba.fi/lehdet/nauta/arkisto/hyva\\_alkiovuosi-juttu](http://www.faba.fi/lehdet/nauta/arkisto/hyva_alkiovuosi-juttu) .

**Hazell, B.R. & Norton, R.D.** 1986. *Mathematical programming for economic analysis in agriculture.* Macmillan Publishing Company, New York, NY, USA.

**Kaimio, I., Lindeberg, H., Vahtiala, S., Vartia, K., Mikkola, M., Lidauer, P., Peippo, J. & Hannila, M.L.** 2010. Influence of sex sorted semen on embryo production in dairy cattle. Proceedings of 26th Scientific Meeting of A.E.T.E., Kuopio, Finland, September 2010, pp. 174-175. Viitattu 1.6.2011. [http://www.aete.eu/pdf\\_publication/29.pdf](http://www.aete.eu/pdf_publication/29.pdf).

**MTT.** 2011. Taloustohtori. Viitattu 1.4.2011. <http://www.mtt.fi/economydoctor>.

**Niemi, J. & Ahlstedt, J.** (toim.) (2011). Finnish Agriculture and Rural Industries 2011. MTT Economic Research. Julkaisuja 111a:1-96.

**Peippo, J., Vartia, K., Kananen-Anttila, K., Rätty, M., Korhonen, K., Hurme, T., Myllymäki, H., Sairanen, A. & Mäki-Tanila, A.** 2009. Embryo production from superovulated Holstein-Friesian dairy heifers and cows after insemination with frozen-thawed sex-sorted X spermatozoa or unsorted semen. Anim. Reprod. Sci. 11, 80-92. Epub 2008 Feb 13. doi:10.1016/j.anireprosci.2008.02.002.

**ProAgria.** 2009. Mallilaskelmia maataloudesta. ProAgria Keskusten Liitto, Vantaa, Suomi. Julkaisuja 1081.

**Seidel, G.E. Jr.** 2003. Economics of selecting for sex: the most important genetic trait. Theriogenology 59, 585-598. doi:10.1016/S0093-691X(02)01242-6.

**Tike.** 2011. Matilda, Maataloustilastot. Maataloustuotteiden tuottajahinnat. Viitattu 15.6.2011. [http://www.maataloustilastot.fi/en/prices-agricultural-products\\_en](http://www.maataloustilastot.fi/en/prices-agricultural-products_en).

**Weigel, K.A.** 2004. Exploring the Role of Sexed Semen in Dairy Production Systems. J. Dairy Sci. 87, E120-130. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)70067-3.