

Lyypsylehmän ruokinnan taloudellinen optimointi pitkällä aikavälillä

Risto Seppälä¹⁾, Matti Ryhänen¹⁾, Timo Sipiläinen¹⁾ Marketta Rinne²⁾, Pekka Huhtanen²⁾, Antti Suokannas³⁾

¹⁾*Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi*

²⁾*MTT/Eläinravitsemus, 31600 Jokioinen, ³⁾MTT/Maatalousteknologia, 03400 Vihti, etunimi.sukunimi@mtt.fi*

Johdanto

Tuotteiden ja panosten hinnat laskivat poikkeuksellisen voimakkaasti vuonna 1995, kun Suomi liittyi EU:n jäseneksi. Samalla kasvi- ja kotieläintuotannon suorat tuet kasvoivat. Tuotantoteorian mukaan optimaalinen panosten käyttömäärä ratkaistaan tuotantoteknologian asettamissa rajoissa hintasuhteiden perusteella. Kun viljan hinta laskee suhteessa nurmirehun hintaan, viljalla kannattaa korvata nurmirehujä. Van Soestin (1994) mukaan väkirehujen hintojen lasku johtaa nautaeläinten ruokinnan ennen pitkää pois niiden biologisesti luonnollisesta ruokinnasta, jos nurmirehun yksikkökustannuksia ei kyetä vastaavasti alentamaan. Nurmen kilpailukyvyyn parantamiseksi Suomi sai oikeuden maksaa nurmitukea säilörehunurmille vuodesta 2000 lähtien.

EU-jäsenyysaikana suomalaisten maitotilojen toimintaympäristö on muuttunut suuresti, mikä vaikuttaa maidontuottajien päätöksiin. Maidontuottajan **pitkän aikavälin tuotantotoiminnan suunnittelussa** on oleellista tietää,

- millaisella säilörehu-väkirehuyhdistelmällä lyypsylehmät kannattaa ruokkia,
- miten säilörehun korjuu ja varastointi kannattaa järjestää,
- miten säilörehun määrä ja laatu vaikuttavat maidontuotannon taloudelliseen tulokseen eli miten säilörehun korjuu kannattaa ajoittaa Agenda-toimintaympäristössä.

Nurmirehut poikkeavat muista panoksista siinä, että ne tuotetaan pääsääntöisesti tilalla, jolla ne kulutetaan. Nurmisadon määrän ja laadun kehitys vaihtelee kasvukauden aikana. Myös säilörehun säilönällinen laatu vaihtelee suuresti. Säilörehu ei ole homogeeninen tuote eikä panos. Lisäksi säilörehuille ei ole muodostunut väkirehun kaltaista markkinahintaa. Näiltä osin tuotantoteoreettiset oletukset eivät ole voimassa. Lehmän optimaalisen ruokinnan ratkaiseminen on haasteellinen tehtävä (mm. Fagerberg ja Torssell 1990). Koska säilörehun määrä ja laatu sekä lisärehun tarve muuttuvat korjuuajan kohdan mukaan, säilörehun tuottaminen yhdistetään tässä tutkimuksessa lopputuotteen eli maidon tuotantoon. Tällöin voidaan tutkia sitä, miten säilörehuntuotannossa tehtävät ratkaisut vaikuttavat maidontuotannon taloudelliseen tulokseen (vrt. Rotz ym. 1989; Torssell ja Fagerberg 1990).

Koska säilörehulla ei ole yleistä markkinahintaa, hinta määritetään tuotantokustannusmenetelmällä. Säilörehun viljelystä aiheutuvat kustannukset siirretään rasittamaan maidontuotantoa, jolloin säilörehun yksikkökustannus vastaa rehun käytöstä aiheutuvaa todellista kustannusta kuten ostoväki-rehun osalta markkinahinta.

Aineisto ja menetelmät

Säilörehun määrä ja laatu kullekin korjuupäivälle (vuodet 1996 – 2000) määritettiin Rinteen ym. (2000) havaintojen perusteella. Korjuuketjut muodostettiin tutkimustulosten ja normien perusteella. Laskelmat laaditaan vuoden 2001 hinta- ja tukitasossa. Tuet oletetaan täysimääräisiksi. Koeaineistojen sadot ylittävät käytännön tilojen sadot. Jotta koetuloksia voidaan soveltaa käytännön tiloille, ne suhteutetaan vastaamaan käytännön tilojen satoja. Koska Jokioinen sijaitsee B-tukialueella, koetulokset suhteutetaan B-tukialueella sijaitsevien MKL:n Hila-tilojen mediaanisatojen perusteella.

Laskentamallilla selvitetään säilörehun korjuuketjun ja -ajankohdan vaikutus maidontuotantoon erikoistuneen tilan taloudelliseen tulokseen. Nurmi- ja vilja-alan suhde oletetaan vakioksi siten, että nurmen uudistuslalla viljellään rehuviljaa. Nurmiala sisältää säilörehunurmi- ja laidunalan (3/4 peltoalasta). Peltoala määräytyy optimointiprosessin tuloksena. Väkirehulisä (vilja ja rypsirouhe) ostetaan. Vaihtoehtoisia korjuuketjuja on kolme: kelasilppuri-, tarkkuussilppuri- ja pyöröpaalausketju. Kela- ja tarkkuussilppuriketjuissa rehu säilötään laakasiiloon. Pyöröpaalausketjussa paalit varastoidaan pellolla, josta ne kuljetetaan myöhemmin talouskeskukseen. Laskelmat laaditaan 15, 30 ja 60 lehmän karjakoolle.

Vaihtoehtoja arvioidaan lopputuotteen tuotannon kautta. Biologis-fyysisiin riippuvuussuhteisiin perustuva tarkastelu on sopiva tai jopa ainoa keino tutkia seurauksia, kun tuotantoympäristössä tapahtuu huomattavia muutoksia (mm. Berentsen ja Giesen 1995; Ryhänen 1996; DeLorenzo ja Thomas 1996). Ruokintasuunnitelmissa on otettu huomioon syönnin, rehun laadun ja maitotuotoksen yhteys. Poikimisajankohdan vaikutusta ei huomioida. Säilörehun tuotanto ja kulutus vastaa karjan sisäruokintakauden tarvetta. Oletus tehtiin, koska maidontuotantoa ei nykyisellään voida perustaa ostosäilörehun varaan eikä säilörehun laajamittaiselle kaupalle ole ollut edellytyksiä.

Kaavassa 1 esitetään ylijäämien maksimointiin käytettävä LP -malli. Ylijäämä lasketaan maitotuoton ja rehukustannuksen erotuksena siten, että rehukustannukseen sisältyvät kaikki rehun hankkimiseen liittyvät kustannukset.

$$\begin{aligned} \max z = & p \sum_{i=a}^t x_i y_i + p \sum_{i=a}^t \sum_{j=1}^r x_{ij} y_{ij} + (A - R - w_v) \sum_{i=a}^t H_i^k - \sum_{i=a}^t w_i x_i \\ & - \sum_{i=a}^t \sum_{j=1}^r w_j x_{ij} - w_c (x_c^k + x_c^s) - F - G - U \end{aligned} \quad (1)$$

ehdoilla, että

$$\begin{aligned} 1) \quad & \sum_{i=a}^t \sum_{j=1}^r H_{ij}^s = \sum_{i=a}^t H_i^k & 2) \quad & \sum_{i=a}^t H_i^k + P = 3V & 3) \quad & H_i^k = \sum_{j=1}^r H_{ij}^s & 4) \quad & x_i l_i \leq L_d \\ 5) \quad & x_{ij} l_{ij} \leq L_d & 6) \quad & \sum_{i=a}^t x_{ij} l_{ij} \leq L_d & 7) \quad & x_i = n f_i D_i \\ 8) \quad & x_{ij} = n f_{ij} D_{ij} & 9) \quad & x_c^k = n \sum_{i=a}^t x_{ci}^d D_i & 10) \quad & x_c^s = n \sum_{i=a}^t \sum_{j=1}^r x_{cj}^d D_{ij} \\ 11) \quad & \sum_{i=a}^t D_i + \sum_{i=a}^t \sum_{j=1}^r D_{ij} = 205 \end{aligned}$$

z = ylijäämä, mk

p = maidon hinta + hintatuki, (mk/kg)

x_i = säilörehun korjattu määrä kunakin kevätkorjuupäivänä (kg ka); hävikit vähennetty

y_i = tietyllä etukäteen valitulla väkirehutasolla (kg ka) ja tietyllä kevät-säilörehun D-arvolla (kunakin korjuupäivänä) tuotettu maitomäärä (kg/säilörehun kg ka)

a = kevätkorjuun aloituspäivä

t = kevätkorjuun lopetuspäivä

x_{ij} = säilörehun korjattu määrä tiettyä kevätkorjuupäivää (i) vastaavana syyskorjuupäivänä (j) (kg ka)

y_{ij} = tietyllä etukäteen valitulla väkirehümäärällä (kg ka) ja tietyllä syys-säilörehun D-arvolla (kutakin kevät-korjuupäivää (i) vastaavana syyskorjuupäivänä (j) korjattu rehu) tuotettu maitomäärä (kg/säilörehun kg ka)

r = kutakin kevätkorjuupäivää vastaavat syyskorjuupäivät

A = suora tuki yhteensä (mk/ha)

P = laidunala (ha)

V = vilja-ala (ha)

H_i^k = tietynä kevätkorjuupäivänä korjattu säilörehuala, ha; ($H_i^k = x_i/\text{ha-sato}$)

H_{ij}^s = tiettyä kevätkorjuupäivää (i) vastaavana syyskorjuupäivänä (j) korjattu säilörehuala, ha; ($H_{ij}^s = x_{ij}/\text{ha-sato}$)

w_i = tuotetun säilörehun määrän mukaan muuttuvat yksikkökustannukset kevätrehulla (mk/kg ka)

w_j = tuotetun säilörehun määrän mukaan muuttuvat yksikkökustannukset syysrehulla (mk/kg ka)

F = säilörehukoneista ja kalustosta aiheutuva vuotuiskestäminen (mk/tila)

G = siilon peittämisen työkestäminen (mk)

U = siilorakennuksen vuotuiskestäminen ja muovikustannus (mk)

R = pellon kustannus, mk/ha (salaojien vuotuiskestäminen ja pellon korko / vuokra)

w_v = vakio nurmen perustamis- ja lannoituskustannus sekä liikepääoman korko (mk/ha)

w_c = väkirehun hinta (mk/kg ka)

x_c^k = väkirehun määrä kevät-säilörehua syötettäessä (kg ka)

x_c^s = väkirehun määrä syys-säilörehua syötettäessä (kg ka)

l_i = työnmenekki tietynä kevätkorjuupäivänä (tuntia/kg ka)

l_{ij} = työnmenekki tiettyä kevätkorjuupäivää (i) vastaavana syyskorjuupäivänä (j) (tuntia/kg ka)

L_d = käytettävissä oleva työn määrä korjuupäivää kohti (tuntia)

- f_i = kutakin kevätkorjuupäivää vastaavan säilörehun syönti (kg ka/päivä/lehmä)
 f_{ij} = kutakin kevätkorjuupäivää (i) vastaavana syyskorjuupäivänä (j) korjatun säilörehun syönti (kg ka/päivä/lehmä)
 D_i = kutakin kevätkorjuupäivää vastaavan säilörehun syöntiaika (vrk)
 D_{ij} = kutakin kevätkorjuupäivää (i) vastaavana syyskorjuupäivänä (j) korjatun säilörehun syöntiaika (vrk)
 x_{ci}^d = väkirehun syönti kevätsäilörehulla (kg ka/päivä/lehmä)
 x_{cj}^d = väkirehun syönti syyssäilörehulla (kg ka/päivä/lehmä)
 n = lehmämäärä

LP-malli laadittiin olettaen, että säilörehusato ja sadon laatu (D-arvo) muuttuvat päivittäin, mutta ovat vakioita kunakin korjuupäivänä. Jos kevätkorjuu jakautuu usealle päivälle, korjuu tehdään yhtäjaksoisesti. Jakson vaihtuessa sadon määrä, laatu ja säilörehun yksikkökustannus muuttuvat. Tiettynä päivänä korjatun säilörehun syönti ja maitotuotos on määritetty portaittain eri väkirehutasoille. Säilörehun määrä sopeutetaan vastaamaan kyseistä tuotostasoa vastaavaa tarvetta. Ruokinnan rajoitteena käytetään säilörehun NDF-kuidun osuutta koko rehuannoksessa. Jos säilörehusta peräisin olevan NDF-kuidun osuus jää alle 25 prosentin, kyseinen väkirehutaso jätetään pois mallista.

Mallissa säilörehun hehtaarisato ja D-arvo kytketään korjuuajankohtaan ja -kapasiteettiin. Tullusuhteiden vaikutus voidaan sisällyttää malliin pellon ja talouskeskuksen keskimääräistä etäisyyttä kuvaavalla muuttujalla. Työkoneiden työsaavutusta voidaan muuttaa päiste- ja häiriölisillä. Mallissa oletetaan, että nurmea kasvatetaan viljelykierron mukaisesti kaikilla lohkoilla.

Kaavassa 1 on esitetty LP-malli, joka on laadittu kelasilppuriteknologialle (etukäteen määrätty kevätkorjuunaikaväli ja väkirehutaso 5 – 14 kg/lehmä/päivä). Väkirehutaso on määritetty erikseen kevät- ja syyskorjattua säilörehua varten, joten väkirehutaso voi olla ratkaisussa erilainen kevät- ja syysrehulla. Eri korjuupäivinä korjatun säilörehun D-arvon muutokset vaikuttavat lehmän päivittäin tarvitsemaan säilörehun määrään ja maitotuotokseen tiettyä väkirehutasoa tarkasteltaessa. Esim. vuoden 1998 aineistosta 15 lypsylehmän kelasilppuriteknologiaa käyttävälle tilalle ratkaistaan 2700 LP-mallia. Kun LP-mallit on ratkaistu, optimiratkaisuista poimitaan kunkin kevätkorjuuajankohdan suurimman ylijäämän antama ratkaisu.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Lypsylehmien pitkän aikavälin ruokintastrategia määräytyi optimoinnin tuloksena. Tässä tutkimuksessa korkeimmat väkirehuannokset antoivat parhaan taloudellisen tuloksen. Tulosten mukaan pitkällä aikavälillä lypsylehmien ruokintaa kannattaa muuttaa nykyisestä säilörehuvaltaisesta ruokinnasta väkirehuvaltaisen (vilja-rypsirouhe) ruokinnan suuntaan. Viljan ja rypsirouheen käytön lisäys perustuu suurelta osin siihen, että niiden hinnat ovat alentuneet huomattavasti suhteessa säilörehun kokonaisyksikkökustannukseen, mikä johtaa nautojen ruokinnan yhä etäämmälle niiden luonnollisesta, karkearehuvaltaisesta ruokinnasta. Tulevaisuudessa säilörehun korjuukoneiden yhteiskäyttöä ja urakointia kannattaa lisätä, mikä mahdollistaa konekapasiteetin tehokkaan hyödyntämisen. Vaikka koneyhteistyöllä ja urakoinnilla voidaan alentaa säilörehun kokonaisyksikkökustannusta, sillä ei kuitenkaan saada alennettua säilörehun kokonaisyksikkökustannusta riittävästi, jotta lypsylehmien ruokinnasta tulisi säilörehuvaltaista. Tutkimuksessa käytetyillä vuoden 2001 hinta- ja tukioletuksilla vilja-rypsirouheseoksen optimitasoiksi saatiin koeaineiston kaksi ylintä tasoa (13 – 14 kg). Siten vilja-rypsirouheseoksen osuus kuiva-aineesta on 51 – 57 prosenttia.

Koska suuret väkirehuannokset häiritsevät lypsylehmän pötsin toimintaa ja vaarantavat lehmän terveyttä, tässä tutkimuksessa rajattiin yli 14 kg/päivä olevat väkirehuannokset tutkimuksen ulkopuolelle. Optimiratkaisuissa säilörehun NDF-kuidun osuus vaihteli 25 %:sta 29 %:iin koko rehuannoksen kuiva-aineesta.

Käytännön kokemukset ovat osoittaneet, että väkirehun osuutta voidaan lehmien sairastumatta lisätä tässä tutkimuksessa esitettyjä määriä suuremmiksi, mutta tällöin tiloilla on käytetty pääsääntöisesti teollisesti valmistettuja kotiseosta monipuolisempia väkirehuja, jotka ovat tässä tutkimuksessa käytettyä kotiseosta huomattavasti kalliimpia. Tällaisen rehustuksen taloudellisuutta tässä tutkimuksessa ei voitu selvittää teollisten rehujen koeaineistojen puuttumisen vuoksi.

Tulosten mukaan kevätsäilörehusadon optimaalinen korjuuajankohta keskimääräisellä D-arvolla mitattuna vaihteli välillä 67-71. Vastaavasti syyskorjuun optimaalinen korjuuajankohta ajoittui tarkastellun syyskorjuuajanjakson loppupuolelle, jolloin syysadon ry- ja kuiva-ainesato olivat korkeimmillaan. Syysadon D-arvo pysyi suhteellisen tasaisena tarkasteluajavälillä. Kevätkorjuuta myöhästämillä ry-kokonaissatoa voitiin lisätä, mutta samalla rehun keskimääräinen D-arvo heikkeni,

mikä alentaa maitotuotosta. Jos kevätsato korjattiin korkean D-arvon aikaan, koko kesän ry- ja kuiva-ainesato jäi pienemmäksi kuin myöhäisessä kevätkorjuussa. Suurin ry-sato saatiin, kun kevätkorjuu ajoitettiin D-arvovälille 60-65. D-arvoltaan paras kokonaissato saatiin, kun kevätkorjuu ajoitettiin D-arvoon 70. Optimointitulosten mukaan kevätkorjuuajankohdan valinnalla (D-arvoväli 63-72) voitiin vaikuttaa lehmäkohtaiseen ylijäämään vain vähän (4-17 mk), kun korjuu siirtyi päivällä.

Korjuumenetelmä vaikutti enemmän ylijäämään kuin korjuuajankohta. Parhaaseen tulokseen päästiin, kun tutkituilla 15-60 lehmän tiloilla käytettiin pyöröpaalausurakointia. Kela- ja tarkkuussilppuriketjuista aiheutui 500-1500 mk suurempi kustannus lehmää kohti kuin pyöröpaalausurakoinnista. 60 lehmän tilalla tai kahden 30 lehmän tai neljän 15 lehmän tilan kannattaa harkita oman pyöröpaalausketjun hankintaa, koska sillä jäätin alle 100 mk pienempään ylijäämään lehmää kohti kuin pyöröpaalausurakoinnilla. Koska säilörehun korjuuajankohta tutkitulla aikavälillä vaikuttaa suhteellisen vähän ylijäämään, säilörehun korjuuaikaa voidaan pidentää nykyisestä, mikä mahdollistaa yksikkökustannusten alentamisen mm. tilayhteistyön avulla.

Johtopäätökset

Tulosten mukaan säilörehun osuus lypsylehmän dieetissä vähenee, mikä johtuu pääosin viljan ja rypsirouheen hinnan voimakkaasta laskusta. Samaan aikaan säilörehun korjuutekniikka kehittyi ja tilayhteistyö yleistyi, mikä mahdollistaa säilörehun yksikkökustannuksen alentamisen. Tilayhteistyön lisäämistä suosii aiempaa pitempi säilörehun taloudellinen korjuuaika. Säilörehun yksikkökustannus ei kuitenkaan alene riittävästi, jotta lypsylehmien ruokinta säilyisi säilörehuvaltaisena. Kun säilörehun korjuuketjut kehittyvät nopeasti, kannattaa välttää kalliita ja pitkäkestoisia investointeja etenkin, jos on ilmeistä, että niitä ei ehditä suunnitellussa ajassa poistaa. Viljelijät näyttävät tiedostaneen muutoksen. Pyöröpaalainten myynti on noussut noin 600:aan kun samaan aikaan kela-, kaksois- ja tarkkuussilppureiden yhteenlaskettu myyntimäärä on laskenut alle 500:an.

Tuloksia sovellettaessa käytäntöön tulee muistaa, että yritystoiminta koostuu kokonaisuudesta, jonka muodostavat mm. pellon määrä, laatu ja saatavuus, lehmien laidunnusmahdollisuus, tuotantokokyky sekä monet muut tekijät. Ne vaikuttavat tilakohtaisiin valintoihin. Jos tilakohtaisia laskelmia ei ole mahdollista laatia, tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää suunnittelun pohjana. Tulosten hyödynnettävyyden lisäämiseksi tarvitaan lisää tietoa nurmisadon kehityslinjoista erityisesti jälkikasvussa maidon päätuotantoalueilta kuten Pohjanmaan ja Pohjois-Savon tuotanto-oloista.

Maidontuottajien on keskeistä ymmärtää päätöksenteossa lyhyen ja pitkän aikavälin ero. Pitkän aikavälin suunnittelun lisäksi tilalla tehdään jatkuvasti lyhyen aikavälin päätöksiä. Lyhyellä aikavälillä säilörehun hintana käytetään muuttuvaa yksikkökustannusta kokonaisyksikkökustannuksen sijasta ja kiinteitä kustannuksia pidetään uponneina kustannuksina. Jos tilalla ei ole tuotantovälineistön uusimistarvetta ja jos tuotantoa ei laajenneta, säilörehun tuotantomenetelmät kannattaa lyhyellä aikavälillä säilyttää ennallaan.

Tutkimuksessa oletettiin, että kevät- ja syyssäilörehun D-arvolla on samanlainen vaikutus maitotuotokseen. Toisen sadon ruokinnallinen arvo saattaa olla heikompi kuin ensimmäisen sadon. Tältä osin tulosten varmentamiseksi tarvittaisiin eläimillä suoritettavat maidontuotantokokeet.

Berentsen, P.B.M. & Giesen, G.W.J. 1995. An environmental-economic model at farm level to analyse institutional and technical change in dairy farming. *Agricultural Systems* 49: 153-175.

DeLorenzo, M.A. & Thomas, C.V. 1996. Dairy records and models for economic and financial planning. *Journal of Dairy Science* 79: 337-345.

Fagerberg, B. & Torssell, B.W.R. 1990. Harvest time predictions in leys. 2. Economic consequences of harvest time at two contrasting feeding strategies. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 20: 11-18.

Rinne, M., Hellämäki, M., Nousiainen, J., Aura, E. & Huhtanen, P. 2000. Kevätkorjuun optimoinnista koko kesän nurmisadon hallintaan. Maataloustieteen päivät 2000. Kotieläintiede. Maaseutukeskusten liiton julkaisuja 952: 126-129.

Rotz, C.A., Black, J.R., Mertens, D.R. & Buckmaster, D.R. 1989. DAFOSYM: A Model of the Dairy Forage Systems. *Journal of production agriculture* 2: 83-91.

Ryhänen, M. 1996. Maatalousyrittäjän päätöksenteko. Teoksessa Yläalo M. (toim.) Maatalousyritysten sopeutuminen EU:ssa vallitseviin hintasuhteisiin. Tuotanto- ja kustannusteoreettinen tarkastelu kasvinviljelyyn ja kotieläintuotantoon sovellettuna. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja 12: 9-23.

Torssell, B.W.R. & Fagerberg, B. 1990. Predicting economic optimum and nitrogen balance in the ley – ruminant system. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Crop Production Science. *Crop Production Science* 10: 1-45.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2 nd. ed. New York. 476 p.