

AGRAARTEADUS

2010 ♦ XXI ♦ 1 – 2

Väljaandja: Akadeemiline Põllumajanduse Selts
Peatoimetaja: Maarika Alaru
Keeletoimetaja: Vaike Leola
Aadress: 51014 Tartu, Kreutzwaldi 1
e-post: agrt@eau.ee, maarika.alaru@emu.ee
www: <http://www.eau.ee/~aps/>
Agraarteaduses avaldatud teaduspublikatsioonid on retsenseeritud

SISUKORD

TEADUSTÖÖD

<i>M. Heinloo.</i> Ketaslaoturi laotusketta virtuaalse tööprotsessi visualiseerimine	3
<i>H. Kaldmäe, A. Olt, M. Ots, O. Kärt.</i> Erinevate kindlustuslisandite mõju lutsernisilo kvaliteedile	8
<i>S. Lehtsalu, T. Kaart, H. Kiiman.</i> Lehmvasikate kasvatamine sündimisest seemendamiseni	14
<i>M. Olle, I. Bender.</i> The effect of non-woven fleece on the yield and production characteristics of vegetables .	24
<i>P. Padrik, T. Hallap, T. Bulitko, T. Kaart, Ü. Jaakma.</i> CVM-geenidefekti ja Holsteini veresuse mõju sügavkülmutatud/sulatatud pullisperma kvaliteedile ja emasloomade tiinestumisele	30
<i>P. Padrik, T. Hallap, T. Bulitko, Ü. Jaakma.</i> Sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedinäitajate seos sesoonsuse ja sugupulli vanuse ning emasloomade tiinestumisega	38
<i>R. Põldaru, T. Roosmaa, J. Roots.</i> Modelling of milk purchase price in Estonia	47
<i>K. Tamm.</i> Teraviljakasvatuse võtte töötulemuste sõltuvus masinapargi koosseisust ja põldude asukohast	54
<i>R. Vettik.</i> Seakasvatustehnoloogiate ja tehnikakasutuse arvutipõhine optimeerimine	61

KROONIKA

<i>A. Joandi.</i> Varsti saab sada täis!	67
--	----

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE

2010 ♦ XXI ♦ 1 – 2

Published by:	Academic Agricultural Society
Editor in Chief:	Maarika Alaru
Technical Editor:	Vaike Leola
Address:	51014 Tartu, Kreutzwaldi 1
e-mail:	agrt@eau.ee, maarika.alaru@emu.ee
www:	http://www.eau.ee/~aps/

CONTENTS

SCIENTIFIC WORKS

<i>M. Heinloo</i> . Visualization of the working process of a spreading disk of a disk spreader	3
<i>H. Kaldmäe, A. Olt, M. Ots, O. Kärt</i> . Different additives effects on quality of lucerne silage	8
<i>S. Lehtsalu, T. Kaart, H. Kiiman</i> . Rearing female dairy calves from birth to first insemination	14
<i>M. Olle, I. Bender</i> . The effect of non-woven fleece on the yield and production characteristics of vegetables .	24
<i>P. Padrik, T. Hallap, T. Bulitko, T. Kaart, Ü. Jaakma</i> . CVM-genedefect and grade of Holstein genes in relation to sperm quality characteristics of Estonian Holstein dairy bulls	30
<i>P. Padrik, T. Hallap, T. Bulitko, Ü. Jaakma</i> . Influence of bull age and season to frozen-thawed semen qual- ity and fertility	38
<i>R. Põldaru, T. Roosmaa, J. Roots</i> . Modelling of milk purchase price in Estonia	47
<i>K. Tamm</i> . The dependence on the structure of machinery and the locality of plots on cereal farm work activi- ties	54
<i>R. Vettik</i> . Computer-aided optimization of pig farming technologies and machinery use	61
CHRONICLE	
<i>A. Joandi</i> . It will soon be a hundred years!	67

KETASLAOTURI LAOTUSKETTA VIRTUAALSE TÖÖPROTSESSI VISUALISEERIMINE

Mati Heinloo

Eesti Maaülikool, Mati.Heinloo@emu.ee

ABSTRACT. This paper considers a spreading disk of a disk spreader. The mathematical model for study the working process of the spreading disk has been composed by Reintam (1995). This paper presents the method for creation of the video clip visualizing virtual working process of the spreading disk on the worksheet of Computer Package Mathcad.

Keywords: agricultural machinery, disk spreader, spreading disk, visualization.

Sissejuhatus

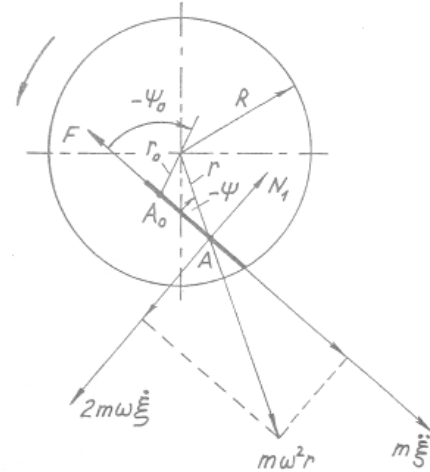
Arvutiekraanil simuleeritavale reaalsusele (ehk virtuaalreaalsusele, Burdea, 2003) tuginevad meetodid on kasulikud ka masinaelementide analüüsimisel ja sünteesimisel. Neid meetodeid on kasutatud sõnnikupressuri manipulaatori analüüsil ja sünteesil (Heinloo *et al.*, 2005 (a, b); Heinloo, Leola, 2006 (a, b, c); Heinloo, Leola, 2007; Heinloo, Leola, 2008), kartulipõllu reasharimise põimmasina muldamisorgani uurimisel (Heinloo, Olt, 2006), mustikakombaini haspli tööprotsessi analüüsil (Heinloo, 2007) ja põllutöomasina kivikaitse uurimisel (Heinloo, Olt, 2009).

Käesolevas töös kasutatakse virtuaalreaalsusele tuginevat meetodit ketaslaoturi laotusketta virtuaaltööprotsessi visualiseeriva videoklipi koostamisel arvutipaketi Mathcad.

Matemaatiline mudel

Vaatleme ketaslaoturi laotusketta skeemi (joon 1). Laotuskettale on kinnitatud labad liikuvate materjaliosakeste suunamiseks. Üks labadest on näidatud joonisel 1 paksu joonega. Käesoleva töö seisukohalt olulised tähistused joonisel 1 on: R – laotusketta raadius, ψ_0 – nurk väetiseosakese algasendi A_0 polaarradiuse ja laba sihi vahel, r – väetiseosakese jooksva asendi A polaarradius, ψ – nurk väetiseosakese jooksva asendi polaarradiuse ja laba sihi vahel.

Joonisel 1 näidatud skeemi abil koostas Reintam (1995) materjaliosakese (väetis, liiv, sool) suhtelise



Joonis. 1. Reintami (1995) koostatud laoturketta skeem
Figure 1. The scheme of the spreading disk, composed by Reintam (1995)

liikumise modelleerimiseks labal konstantsete kordajatega mittehomogeenne diferentsiaalvõrrandi

$$\frac{d^2}{dt^2} \xi(t) + 2f\omega \frac{d}{dt} \xi(t) - \omega^2 \xi(t) = A, \quad (1)$$

kus $A = \omega^2 r_0 [\cos(\psi_0) - f \sin(\psi_0)] - fg$, $\xi(t)$ – väetiseosakese kaugus algasendist A_0 jooksva asendini A , ω – laotusketta pöörlemise nurkkiirus, f – väetiseosakese ning laotusketta ja laba vaheline hõõrdetegur, g – raskuskiirendus. Erinevalt varasemast tööst (Reintam, 1995) loetakse käesolevas töös nurkade väärtused positiivseteks, kui nurki mõõdetakse väetiseosakeste polaarradiustest r_0 ja r ning x-teljest (joonisel 1 on x-telg horisontaalne) kellaosuti liikumisele vastupidises suunas, ja negatiivseteks vastupidisel juhul.

Kuna alghetkel $t = 0$ asub väetiseosakene asendis A_0 ja alustab liikumist ilma algkiirusega, tuleb diferentsiaalvõrrandi (1) erilahend leida algtingimustel:

$$\xi(0) = 0, \quad \xi'(0) = 0, \quad (2)$$

kus $\xi'(t) = \frac{d}{dt} \xi(t)$. Algtingimust $\xi'(0) = 0$ saab täita siis, kui väetiseosakene omab alghetkel laotuskettaga sama nurkkiirust. Selline võimalus on nüüdisaegsetes väetiselaoturites olemas. Diferentsiaalvõrrandi (1) erilahend algtingimustel (2) on Reintami (1995) järgi:

$$\xi(t) = C \left(1 - \frac{\lambda_2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t}}{\lambda_2 - \lambda_1} \right), \quad (3)$$

kus $e = 2.718\dots$ ja

$$C = \frac{fg}{\omega^2} - r_0 [\cos(\psi_0) - f \sin(\psi_0)],$$

$$\lambda_1 = \omega \left(-f + \sqrt{1 + f^2} \right)$$

$$\lambda_2 = \omega \left(-f - \sqrt{1 + f^2} \right)$$

Kehtivad võrdused (Reintam, 1995)

$$\xi(t) = -r_0 \cos(\psi_0) + \sqrt{r(t)^2 - r_0^2 \sin(\psi_0)^2} \quad (4)$$

$$r(t) \sin(\psi(t)) = r_0 \sin(\psi_0) \quad (5)$$

Seosest (4) ja (5) leiame

$$r(t) = \sqrt{r_0^2 + 2r_0 \cos(\psi_0) \xi(t) + \xi(t)^2} \quad (6)$$

$$\psi(t) = \arcsin \left[\frac{r_0 \sin(\psi_0)}{r(t)} \right] \quad (7)$$

Kus $\xi(t)$ on diferentsiaalvõrrandi (1) erilahend (3). Materjaliosakese laotuskettalt eemaldumise ajahetke t_e saab leida võrrandist

$$r(t_e) = R, \quad (8)$$

Kui kasutada lihtsustust

$$\lambda_2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t} = \lambda_2 e^{\lambda_1 t}, \quad (9)$$

siis erilahend (3) saab kuju

$$\xi(t) = C \left(1 - \frac{\lambda_2 e^{\lambda_1 t}}{\lambda_2 - \lambda_1} \right),$$

mille abil Reintam (1995) leidis võrrandist (8) aja t_e määramiseks ligikaudse valemi. Käesolevas uurimistöös teostatud numbrilised arvutused näitasid, et nimetatud ligikaudse valemi järgi leitavad aja t_e väärtused on kasutatud parameetrite väärtuste korral piisavalt täpsed. Käesoleva uurimistöös arvutustes lihtsustust (9) siiski ei kasutatud ja võrrand (8) lahendati aja t_e suhtes arvutipaketi Mathcad töölehel numbriliselt. Nurga polaarradiuste r_0 ja $r(t)$ vahel saab leida võrdusest

$$\alpha(t) = \psi_0 - \psi(t). \quad (10)$$

Fikseerime nüüd väetiseosakese algasendi A_0 laotusketta suhtes polaarkoordinaatidega r_0 ja φ . Polaarnurkade väärtused loetakse käesolevas töös positiivseteks, kui neid mõõdetakse x-telje positiivsest suunast (joonisel 1 vasakult paremale) vastupidiselt kellaosuti liikumise suunale. Väetiseosakese jooksva asendi A polaarkoordinaadid on $r(t)$ ja

$$\varphi_1(t, \varphi_0) = \varphi_0 + \alpha(t), \quad (11)$$

kus $\alpha(t)$ leitakse valemist (10). Väetiseosakese jooksva asendi A täisnurksed koordinaadid saab leida valemist

$$x(t, \varphi_0) = r(t) \cos[\varphi_1(t, \varphi_0) + \omega t], \quad (12)$$

$$y(t, \varphi_0) = r(t) \sin[\varphi_1(t, \varphi_0) + \omega t], \quad (13)$$

kus ω on laotusketta pöörlemise nurkkiirus. Väetiseosakese kiiruse projektsioonid x- ja y-teljel ja mooduli jooksvas asendis A saab leida valemist

$$v_x(t, \varphi_0) = \frac{d}{dt} x(t, \varphi_0), \quad v_y(t, \varphi_0) = \frac{d}{dt} y(t, \varphi_0), \quad (14)$$

$$v(t, \varphi_0) = \sqrt{v_x(t, \varphi_0)^2 + v_y(t, \varphi_0)^2}. \quad (15)$$

Visualiseerimine

Kiirusvektorite kujutamiseks joonisel saab kasutada Mathcadi programmi (Heinloo, 2003), mida käesolevas töös kasutatakse kujul

$$V(t, \varphi_0) = \begin{pmatrix} v_O \leftarrow A(t, \varphi_0)^T \\ I \leftarrow \begin{pmatrix} 0 & 0.85 & 0.85 & 1 & 0.85 & 0.85 \\ 0 & 0 & 0.03 & 0 & -0.03 & 0 \end{pmatrix}^T \\ \Omega \leftarrow \begin{pmatrix} \frac{v_x(t, \varphi_0)}{v(t, \varphi_0)} & \frac{v_y(t, \varphi_0)}{v(t, \varphi_0)} \\ \frac{v_y(t, \varphi_0)}{v(t, \varphi_0)} & \frac{v_x(t, \varphi_0)}{v(t, \varphi_0)} \end{pmatrix} \\ v_O + 0.015 \cdot v(t, \varphi_0) \cdot I \cdot \Omega \cdot s \end{pmatrix},$$

kus T tähistab maatriksi transponeerimist (ridade ja veergude vahetamist) ning s on aja t mõõtühik ning $A(t, \varphi_0)$ on kahe reaga ja kuue tulbaga maatriks

$$\begin{pmatrix} x(t, \varphi_0) & x(t, \varphi_0) & x(t, \varphi_0) & x(t, \varphi_0) & x(t, \varphi_0) & x(t, \varphi_0) \\ y(t, \varphi_0) & y(t, \varphi_0) & y(t, \varphi_0) & y(t, \varphi_0) & y(t, \varphi_0) & y(t, \varphi_0) \end{pmatrix}$$

ja see programm väljastab 2 tulbaga maatriksi, mille esimene tulp

$$v'_x(t, \varphi_0) = V(t, \varphi_0)^{(1)} \quad (16)$$

esitab väetiseosakese kiirusvektori, projektsiooni x-teljel. Teine tulp

$$v'_y(t, \varphi_0) = V(t, \varphi_0)^{(2)} \quad (17)$$

selle vektori projektsiooni y-teljel. Ühe labaga laotuskettale kinnitatud laba modelleerimiseks sirglõiguga defineerime järgmised ühetulbalised maatriksid

$$x'(t, \varphi_0) = \begin{pmatrix} r_0 \cos(\varphi_0 + \omega t) \\ R \cos(\varphi_0 + \alpha(t) + \omega t) \end{pmatrix}, \quad (18)$$

$$y'(t, \varphi_0) = \begin{pmatrix} r_0 \sin(\varphi_0 + \omega t) \\ R \sin(\varphi_0 + \alpha(t) + \omega t) \end{pmatrix}. \quad (19)$$

Kui laotusketta labade arv on 8, tuleb:

- 1) kiirusvektorite kujutamiseks joonisel ühetulbalised maatriksid (16), (17) asendada vastavalt maatriksitega, mis defineeritakse järgmiste Mathcadi programmidega:

$$X'_x(t) := \begin{cases} A \leftarrow \text{augment}\left(v'_x(t,0), v'_x\left(t, \frac{\pi}{4}\right)\right) \\ \text{for } i \in \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} \dots 2 \cdot \pi \\ A \leftarrow \text{augment}(A, v'_x(t,i)) \end{cases},$$

$$Y'_y(t) := \begin{cases} A \leftarrow \text{augment}\left(v'_y(t,0), v'_y\left(t, \frac{\pi}{4}\right)\right) \\ \text{for } i \in \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} \dots 2 \cdot \pi \\ A \leftarrow \text{augment}(A, v'_y(t,i)) \end{cases};$$

- 2) labade kujutamiseks joonisel ühetulbalised maatriksid (18), (19) asendada vastavalt maatriksitega, mis defineeritakse järgmiste Mathcadi programmidega:

$$X'(t) := \begin{cases} A \leftarrow \text{augment}\left(x'(t,0), x'\left(t, \frac{\pi}{4}\right)\right) \\ \text{for } i \in \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} \dots 2 \cdot \pi \\ A \leftarrow \text{augment}(A, x'(t,i)) \end{cases},$$

$$Y'(t) := \begin{cases} A \leftarrow \text{augment}\left(y'(t,0), y'\left(t, \frac{\pi}{4}\right)\right) \\ \text{for } i \in \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} \dots 2 \cdot \pi \\ A \leftarrow \text{augment}(A, y'(t,i)) \end{cases};$$

- 3) materjaliosakeste kujutamiseks joonisel tuleb võrduste (12), (13) asemel kasutada maatrikseid, mis defineeritakse järgmiste Mathcadi programmidega:

$$X(t) := \begin{cases} A \leftarrow \text{augment}\left(x(t,0), x\left(t, \frac{\pi}{4}\right)\right) \\ \text{for } i \in \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} \dots 2 \cdot \pi \\ A \leftarrow \text{augment}(A, x(t,i)) \end{cases},$$

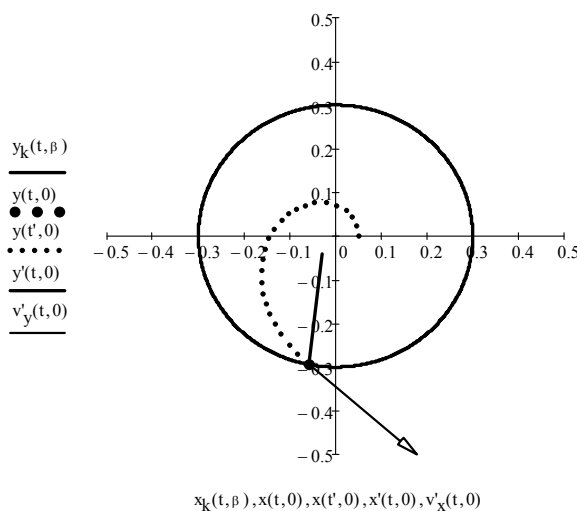
$$Y(t) := \begin{cases} A \leftarrow \text{augment}\left(y(t,0), y\left(t, \frac{\pi}{4}\right)\right) \\ \text{for } i \in \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} \dots 2 \cdot \pi \\ A \leftarrow \text{augment}(A, y(t,i)) \end{cases}$$

Nendes programmides tähistab Mathcadi funktsioon *augment* (A, B) funktsiooni, mis paigutab maatriksid A ja B teineteise kõrvale.

Tulemused

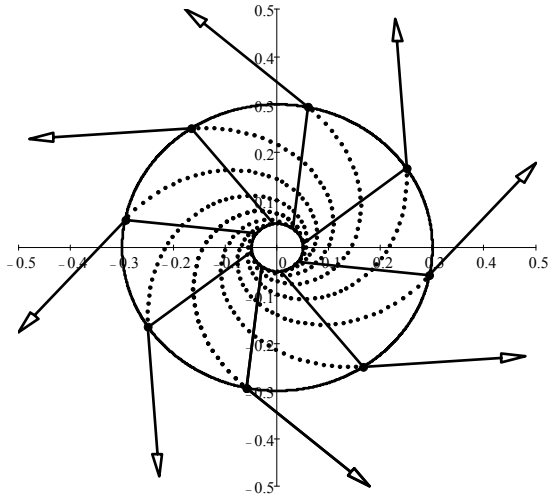
Reintami (1995) järgi võtame laoturketta parameetritele järgmised väärtused:

$$\omega = 57.6 \text{ rad/s}, R = 0.3 \text{ m}, f = 0.47, r_0 = 0.05 \text{ m}, \psi = 30^\circ, \varphi_0 = 270^\circ, g = 9.807 \text{ m/s}^2.$$



Joonis 2. Ühe labaga (sirglõik) laotusketta, materjaliosakese (punkt), selle trajektoori (punktjoon) ja osakese kiirusvektori kujutised kettalt lahkumise hetkel
Figure 2. The image of a spreading disk with a single blade (intercept), a particle of spreading material (point), its trajectory (dot line) and he vector of velocity of a particle at the moment of leaving the spreading disk

Joonisel 2 on kujutatud ühe labaga laotusketta kontuur (ringjoon), laba (sirglõik), materjaliosake (punkt), materjaliosakese kiirusvektor (nool) ja materjaliosakese trajektoori (punktjoon).

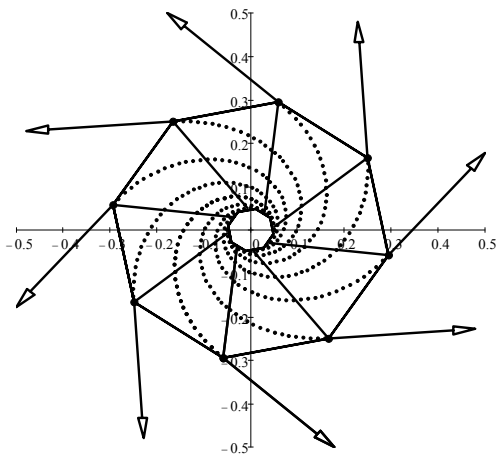


Joonis 3. Kaheksa labaga (sirglõigud) laotusketta, väetiseosakeste (punktid), nende trajektoore (punktjooned) ja kiirusvektorite kujutised materjaliosakese jaotuskettalt lahkumise ajahetkel $t = t_e$

Figure 3. The images of a spreading disk with 8 blades (intercept), particles of spreading material (points), their trajectory (dot line) and the vectors of velocities of particles at the moment of their leaving the spreading disk at the moment of the time $t = t_e$

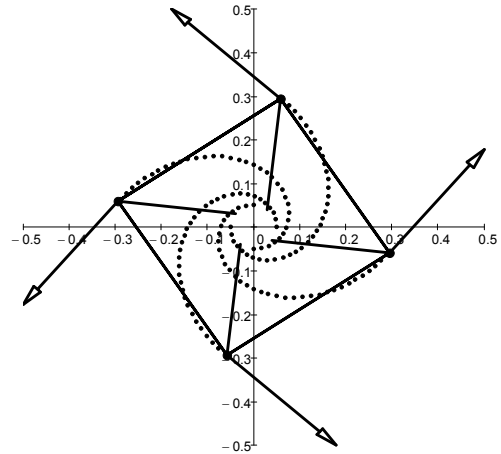
Joonisel 3 on kujutatud kaheksa labaga laotusketta kontuur (ringjoon), labad (sirglõigud), materjaliosakesed (punktid), materjaliosakeste kiirusvektorid (nooled) ja materjaliosakeste trajektoovid (punktjooned).

Ümmarguste laotuskettaste asemel võib kasutada ka hulknurkseid laotuskettaid. Joonistel 4 ja 5 on näidatud kaheksanurkne ja nelinurkne laotusketas.



Joonis 4. Kaheksa labaga (radiaalsed sirglõigud) kaheksanurkse laotusketta, väetiseosakeste (punktid) ning nende trajektoore (punktjooned) ja kiirusvektorite kujutised materjaliosakese jaotuskettalt lahkumise hetkel $t = t_e$

Figure 4. The images of a polygonal spreading disk with 8 blades (radial intercepts), particles of spreading material (points), their trajectory (dot line) and the vectors of velocities of particles at the moment of their leaving the spreading disk at the moment of the time $t = t_e$



Joonis 5. Nelja labaga (radiaalsed sirglõigud) nelinurkse laotusketta, väetiseosakeste (punktid) ning nende trajektoore (punktjooned) ja kiirusvektorite kujutised materjaliosakese jaotuskettalt lahkumise ajahetkel $t = t_e$

Figure 5. The images of a polygonal spreading disk with 8 blades (radial intercepts), particles of spreading material (points), their trajectory (dot line) and the vectors of velocities of particles at the moment of their leaving the spreading disk at the moment of the time $t = t_e$

Kokkuvõte

Antud artikkel näitas veel kord arvutipaketi Mathcad võimalusi masinaelementide tööprotsesside visualiseerimisel. Nüüdisajal on mõistlik enne masinaelemendi loomist uurida selle tööprotsessi mõne arvutiprogrammi abil, hoides sellega kokku nii aega kui raha.

Koostatud arvutusalgorithmid saab kasutada konkreetsete ketaskülvikute projekteerimisel. Seda algoritmi on võimalik üldistada ka juhule, kus labad ei ole sirged või kui materjali pealanne laotusketale toimub mõõda ringjoonest erinevat kõverat.

Üldistades Heinloo ja Olti (2009) artiklis esitatud arvutumetoodika juhule, kui materjaliosakesed lahkuvad ketaslaoturi laoturkettalt ajahetkel $t = t_e$ kiirusvektoritega näidatud suundades, on võimalik visualiseerida ka materjali (väetis, sool, liiv) virtuaalne külv ja määrata visuaalselt ketaslaoturi tööpiirkond. See aga on edaspidise uurimistöö teema.

Tänuavaldus

Täna emeritprofessor Aimu Reintami paljude huvitava diskussioonide ja asjalike konsultatsioonide eest viimase 15 aasta jooksul ja käesoleva artikli koostamisel. Täna ka professor Jüri Olti käesolevale uurimistööle kaasaaitamise eest.

Kirjandus

- Burdea, G., Coiffet, Ph. 2003. *Virtual Reality Technology*. J. Wiley and Sons Ltd. 464 p.
- Heinloo, M. Avalik e-kursus 'Mathcad algajaile'. <http://webct.e-uni.ee/>, osa 3.
- Heinloo, M. 2007. A Virtual Reality Technology Based Method for Study the Working Process of a Blueberry Harvester's Picking Reel. *CIGR Ejournal*, vol. IX, 12 p., <http://cigr-ejournal.tamu.edu/>.
- Heinloo, M., Leola, T. 2006a. Synthesis a Local Driver Driven Manipulator for the Scraper of a Press Manure Removal. *Proc. 34 Int. Symp. Agric. Eng., Opatija (Croatia)*, p. 527–534.
- Heinloo, M., Leola, T. 2006b. Virtual Reality Method Supported Synthesis of a Plane Manipulator. *Proc. 5th Int. DAAAM Conf. 'Industrial Engineering – Adding Innovation Capacity of Labour Force and Entrepreneurs'*. Tallinn, p. 29–34.
- Heinloo, M., Leola, T. 2006c. Multiparametric Synthesis the Manipulator of the Scraper of the Press Manure Removal. *J. Agr. Sci*, XVII, 2, p. 88–95, <http://www.eau.ee/~aps/pdf/20062/heinloolik.pdf>.
- Heinloo, M., Leola T. 2007. Development of Virtual Reality Methods Based Analysis and Synthesis of Mechanisms. *Proc. 12-th World Congress in Mechanism and Machine Science, Besancon 17.–21. June, 2007*, 6 p.
- Heinloo, M., Leola, T. 2008. Review on Development of Virtual Reality Technology – Based Methods for Design of Agricultural Machinery. *CD Proc. Int. Conf. AgEng 2008, Hersonissos, Crete – Greece, 23–25 June, 12 p.*
- Heinloo M., Leola T., Veinla V. 2005a. Modelling the Working Process of a Manipulator for the Manure Press Remover. *Proc. 33. Int. Symp. Agric. Eng., Opatija (Croatia)*, pp. 515–525.
- Heinloo, M., Leola, T., Veinla, V. 2005b. Synthesis of the Manipulator for the Scraper of a Press Manure Removal, *CIGR Ejournal*, vol. VII, 15 p., <http://cigr-ejournal.tamu.edu/>.
- Heinloo, M., Olt J. 2006. A Method of Virtual Reality for Creating a Disk-Ridging Tool. *CIGR Ejournal*, vol. VIII, January 21, <http://cigr-ejournal.tamu.edu/>.
- Heinloo, M., Olt, J. 2009a. Virtual Reality Technology Based Study of the Working Process of Stone Protectors for Stony Soil Tillage Implements. *XXXIII CIOSTA- CIGR V Conf., Regio Calabria (Italy)*, p. 541–545.
- Heinloo, M., Olt, J. 2009b. Väetiseosakese lennukauguse arvutusvalemist õhutakistuse arvestamisel, – *Agraarteadus XX, 2, lk 22–25*.
- Reintam, A. 1995. Mineraalväetiste ketaslaoturi laotusketta tööprotsessi uurimine matemaatilise modelleerimise teel. – *Agraarteadus VI, 4, lk. 435–448*.

Visualization of the working process of a spreading disk of a disk spreader

M. Heinloo

Estonian University of Life Sciences, Mati.Heinloo@emu.ee

This paper considers a spreading disk of a disk spreader. The mathematical model for study the working process of the spreading disk has been composed by Reintam (1995). This paper presents the method for creation of the video clip visualizing virtual working process of the spreading disk on the worksheet of Computer Package Mathcad.

Virtual reality (computer generated reality) based methods (Burdea, 2003) are also useful in the analysis and synthesis of machine elements. These methods had been used by Heinloo *et al.* 2005 (a, b); Heinloo, Leola, 2006 (a, b, c); Heinloo, Leola, 2007; Heinloo, Leola, 2008) in the analysis and synthesis of manipulator for manure press removal, by (Heinloo, Olt, 2006) in the study of the virtual disk-ridging tool of the potato field combine tillage machine, by (Heinloo, 2007) in the study of the working Process of a blueberry harvester's picking reel, by (Heinloo, Olt, 2009) in the study of the working process of a stone protectors for stony soil tillage implements.

This paper uses such method for visualization of virtual working process of circular, quadrangle and polygonal spreading disk of a disk spreader. The video clips, created on the worksheet of the Computer Package Mathcad, shows the simulation the motion of particles of a circular (Fig. 2, 3), polygonal (Fig. 4) and quadrangle (Fig. 5) spreading disk of a disk spreader. To see these simulations click in the online version of this article to the Figs 3, 4, 5. The vectors on these figures and in the video clips show the direction of velocities of particles of a material (fertilizer, salt, sand). The lengths of these vectors are proportional to the real velocities of these particles. The straight sections are modeling the blades on the spreading disk along that the particles of a material are moving.

Present paper shows how to use the Computer Package Mathcad for visualization of working processes of machine elements. Nowadays it is reasonable to do detail study of the machine elements on the computer before creation of real machine element to save money and time.

The algorithm, composed during this study can be used for creation real disk spreaders. This algorithm can be generalized to the case, when the blades are not planar or the loading of the spreading disk is realized along the curve, different form circle.

It is possible to visualize the virtual sowing of material and determine visually the working region of a spreader, if the algorithm of the paper Olt, Heinloo (2009) will be generalized to the case, when the particles of material leave the spreading disk in direction, shown by the vectors, in Figs 2–5, at the moment of the time $t = t_e$. This is the topic of the studies in the future.

ERINEVATE KINDLUSTUSLISANDITE MÕJU LUTSERNISILO KVALITEEDILE

Helgi Kaldmäe, Andres Olt, Meelis Ots, Olav Kärt

ABSTRACT. *Different additives effects on quality of lucerne silage.* The effect of different commercial additives on silage fermentation and nutritive value was studied. Silage was prepared from lucerne with a dry matter content after 24 hours of wilting of 309 g kg⁻¹ for the first cut, 506 g kg⁻¹ for the second cut and 215 g kg⁻¹ for the third cut. Test with four different inoculants were based on different strains of *Lactobacillus plantarum* which were used alone or in combinations with other lactic acid bacteria (BO, BI, SI, EC), and chemical additive (AIV Pro) were used.

All commercial inoculants improved the fermentation quality of lucerne silage under the conditions stated. DM losses during fermentation were the lowest in silage treated with AIV Pro additive (2.6% in I cut; 2.3% in II cut and 3.2% in III cut. In silages treated with biological additives these values were BO I – 3.5%; II – 4.6%, III – 3.8%; BI I – 5.8%, II – 3.2%, III – 4.9%; SI I – 5.8%, II – 4.8, III – 5.2%; EC I – 4.2% II – 5.8%, III – 4.0%, respectively and in untreated silage (I – 6.8%, II – 6.5%, III – 4.5%).

No important differences were found between organic matter digestibility of the inoculated and the control silage for the first, the second and the third cut. Digestibility of the lucerne silage treated with AIV Pro was higher than that of the control silage by 4.9% for the first cut and by 5.1% for the second cut and by 4.0% for the third cut ($P < 0.01$).

Keywords: lucerne silage, biological additive, fermentation, digestibility.

Sissejuhatus

Lutsern on liblikõieline kultuur, millest saab teha mitu niidet ja mis annab rikkaliku saagi. Lutserni juures on väga tähtis valida sileerimiseks sobiv koristusaeg, kui õiepungad on moodustunud, et saada optimaalne toitainetesisaldus (Yu *et al.*, 2004; Tytlova, Vyborna, 2005). Lutsern sisaldab vähe vees lahustuvaid suhkruid ja on kõrge puhverduvõimega, mille tõttu kuulub ta eriti raskelt sileeruvate heintaimede hulka. Sileeruvust püütakse parandada nii värske materjali närvutamiseks kui lisandite kasutamiseks.

Bioloogilised lisandid sisaldavad tavaliselt erinevaid tüüpi ja liike piimhappebaktereid. Enamik tüvesid on homofermentatiivsed, nagu *L. plantarum*, *E. faecium* ja *Pediococcus spp.*, ning toodavad peamiselt piimhapet, mille tõttu langeb pH. Nad hoiavad ka kõrget piimhapet

ja äädikhappe suhet, madalat alkoholi- ning ammoniaaklammastiku sisaldust ja vähendavad kuivainekadusid (Weiberg, Muck, 1996). Hetero-fermentatiivsed piimhappebakterid nagu *L. buchneri* toodavad rohkem äädikhapet, mille tõttu väheneb pärmi arvukus ning paraneb silo aeroobne stabiilsus (Filya, 2003; Kung, 2009). Kõik mikroorganismid vajavad aktiivseks kasvuks teatud keskkonna tingimusi, igale tüvele spetsiifilist temperatuuri ja niiskust. Näiteks lutserni närvutamisel kuivaineni 550 g kg⁻¹ on lisatud starterbakterite kasv pärsitud ja silo fermentatsioon piiratud (Whiter, Kung, 2001; Kung, 2009). Bioloogi-lised lisandid sisaldavad spetsiaalselt valitud mikroobi-tüvesid suurel hulgal, mis rohumaterjalile lisatuna hak-kavad loomuliku mikrofloora üle domineerima ja suunavad ning parandavad fermentatsiooni. Juuretised sisaldavad sageli mitut erinevat piimhappebakterite tüve, mille ülesandeks on juhtida silo fermentatsiooni ja säilitada rohu toiteväärtust. Silo tegemisel tuleb valik teha mitme erineva lisandi vahel. Uurimise eesmärgiks oli välja selgitada lutserni sileerimiseks sobivad bioloogilised lisandid ning nende mõju fermentatsioonile ja silo seaduvusele Eesti keskkonnatingimustes.

Materjal ja meetoodika

Lutserni sordist 'FSG 408 DP' tehti kolm niidet. Esimene ja teine niide koristati õiepungade moodustumise lõppfaasis, kuid kolmas niide õiepungade moodustumise algul. Rohumass närvutati 24 tundi põllul, hekseldati 2 cm tükikesteks ja sileeriti kolme-liitrilisesse purkidesse kodusarvuga kolm. Nii esimeses, teises kui kolmandas katses kasutati nelja erinevat bioloogilist ja ühte keemilist konservanti. Kontrollsilos purkidesse lisandit ei pandud. Uuritud bioloogiliste kindlustuslisandite bakterite kooslus ja päritolu on toodud tabelis 1. Keemiliseks lisandiks kasutati AIV Pro-d, mida manustati värskele materjalile 5 liitrit ühe tonni kohta. Juuretised lahustati ja lisati rohumassile vastavalt pakendil etteantud juhisele ning kogusele.

Silopurgid avati 90 päeva pärast ja analüüsiti.

Lenduvate rasvhapete (LRH), etanooli, pH ja ammoniaaklammastiku (NH₃-N) sisaldus määrati vesilahusest. pH määrati pH-meetriga (MP 210), NH₃-N sisalduse määramiseks kasutati Kjeltec 2300 (FOSS) analüsaatorit, etanooli, piimhappe ja LRH-sisaldus määrati kromatograafiliselt (Agilent Technologies 7890A GC system), kasutades kolonni täidisega 80/120 Carbowax B-DA/4% carbowax 20 M (Faithfull, 2002).

Tabel 1. Katsetes kasutatud bioloogilised kindlustuslisandid
Table 1. Inoculants used in the trials

Kood Code	Juuretis/Inoculant	Päritolu/Source
BO	<i>L. plantarum</i> , <i>P. pentosaceus</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. buchneri</i> (Bonsilage)	Schaumann Agri Austria GmbH & Co KG
BI	<i>L. plantarum</i> (Biosil)	Dr. Pieper Ltd. Wuthenow, Saksamaa
SI	<i>L. plantarum</i> , <i>E. faecium</i> , <i>P. acidilactici</i> , <i>L. salivarius</i> + 4 ensüümi (SilAll)	Alltech Biotechnology Centre, Co. Meath, Iirimaa
EC	<i>L. plantarum</i> MTD1 (Ecosil)	Ecosyl, Yorkshire, Suurbritannia

Kuivatatud konstantse kaaluni (60 °C juures) ja kuni 1 mm jämeduseks jahvatatud proovidest määrati kuivaine-, toorproteiini-, toortuha- ja toorkiusisaldus (AOAC, 2005). Toortuha kontsentratsiooni määramiseks proov tuhastati muhvelahjus 550°C juures 6 tunni jooksul. Toorproteiin määrati Kjeldahli meetodil, kasutades Kjeltex 2300 analüsaatorit (FOSS Tecator Technology). Toorkiusisaldus määrati Fibretec süsteemiga. Peale selle määrati proovidest neutraalkiu (NDF) ja happeki (ADF) sisaldus, kasutades kiuanalüsaatorit ANKOM 220 (ANKOM Technology) (Van Soest *et al.*, 1991).

Orgaanilise aine seeduvus määrati *in vitro* filterkoti meetodiga, kasutades DAISY II inkubaatorit ja ANKOM 220 analüsaatorit, ning pärast tuhastamist. Saadud tulemus korrutati 0.83 vastavalt *in vivo* tulemustele (Kaldmäe *et al.*, 2002).

Vees lahustuvad süsivesikud (WSC) määrati Bert-rani meetodil (Thomas, 1977) ja puhverduvõime (BC) piimhappe tiitrimisel pH 4.0.

Andmed analüüsi, kasutades statistikatarkvara SAS protseduuri GLM. Kindlustuslisandi mõju välja-selgita-

miseks kasutati ortogonaalseid kontraste. Nullilisi väärtusi sisaldavate tunnuste analüüsil kasutati väärtuste astakuid ning ülejäänud tunnused logaritmiti.

Tulemused ja arutelu

Pärast 24 tundi närvutamist sisaldas I niite rohumass 309 g kg⁻¹, teine 506 g kg⁻¹ ja kolmas 215 g kg⁻¹ kuivaine, toorproteiini vastavalt 182 g kg⁻¹, 199 g kg⁻¹ ja 170 g kg⁻¹ ning NDF 410 g kg⁻¹, 419 g kg⁻¹ ja 462 g kg⁻¹ kuivaines (tabel 2). Lutserni I niite WSC oli 43 g kg⁻¹ ja BC 93 g kg⁻¹, teisel niitel vastavalt 20 g kg⁻¹ ja 70 g kg⁻¹ ning kolmandal niitel 30 g kg⁻¹ ja 67 g kg⁻¹. Lutsernimassi fermentatsioonikoefitsient (FC) I katses oli 35, II 53 ja III 25. Esimese ja kolmanda katse FC oli väiksem kui 45, mis näitab, et materjal on raskesti fermenteeruv (Pahlow *et al.*, 2002). Materjali kuivainesisaldus sõltus ilmastikutingimustest, mis olid kõige soodsamad II niite närvutamisel ja koristamisel.

Tabel 2. Lutsernist silomaterjali keemiline koostis ja puhverduvõime (g kg⁻¹ KA-s)

Table 2. Chemical composition (g kg⁻¹ of DM) and buffering capacity of the lucerne material before ensiling

Niide Cut	Kuivaine DM	Toorproteiin Crude protein	Toortuhk Crude ash	NDF	ADF	N-ta e.-a. N-free extractives	Vees lahustuvad süsivesikud Water soluble carbohydrates	Puhverduvõime Buffering capacity
I	309	182	112	410	306	409	43	93
II	506	199	110	419	342	390	20	70
III	215	170	95	462	376	480	30	67

Erinevate lisanditega ja lisandita katsesilode keemiline koostis, orgaanilise aine seeduvus ja kuivaine kaod esimesest niitest on toodud tabelis 3, teisest niitest tabelis 4 ja kolmandast niitest tabelis 5.

I niite silode kuivainesisaldus varieerub 276–304 g/kg⁻¹, kusjuures on veidi madalam kui algmaterjalil. Nii juuretised kui keemiline lisand AIV Pro vähendasid I niitest silode kuivaine kadusid, võrreldes

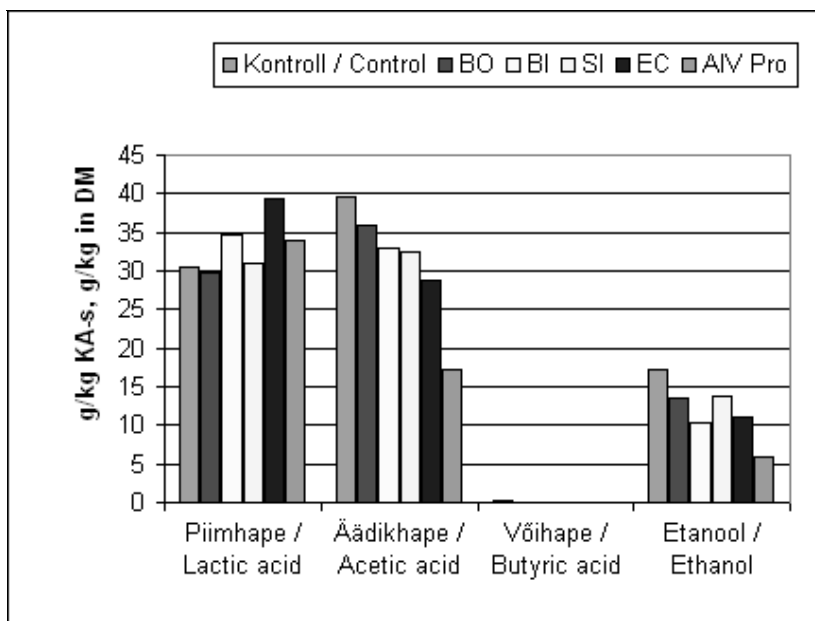
kontrolliga 1–4.2% ühiku võrra (P<0.05). Kui katsesilode kuivainesisaldus veidi vähenes, siis toorproteiini- ja kiufraktsioonidesisaldus suurenes rohu keemilise koostisega (tabel 3) võrreldes. Kuivainekaod, sealjuures põhiliselt suhkrute kasutamine mikroorganismide fermentatsioonil, muudavad toitainete kontsentratsioone (Pahlow *et al.*, 2003).

Tabel 3. Lutsernist I niite silo keemiline koostis, orgaanilise aine seeduvus (OAS) ja kuivaine kaod
Table 3. Chemical composition (in DM), digestibility, and DM losses of lucerne in the first cut silages

Lisand <i>Treatment</i>	Kuivaine <i>Dry matter</i> g kg ⁻¹	Kuivaine kaod DM losses %	Proteiin <i>Crude protein</i> g kg ⁻¹	NDF g kg ⁻¹	ADF g kg ⁻¹	pH	NH ₃ -N üld N-st NH ₃ -N of total N %	OAS <i>OMD</i> %
Kontroll / <i>Control</i>	279	6,8	187	427	334	4,7	8,0	62,4
BO	293	3,5	179	424	335	4,6	7,6	63,1
BI	276	5,8	178	423	333	4,6	7,8	64,2
SI	277	5,8	181	419	333	4,6	7,6	64,6
EC	298	4,2	188	413	328	4,6	7,7	65,2
AIV Pro	304	2,6	194	414	315	4,5	7,5	67,3
<i>Erinevus/Significant difference, P</i>								
C vs BO	0,006	0,011	0,050	0,144	0,311	0,008	0,199	0,313
C vs BI	0,084	0,044	0,023	0,053	0,211	0,008	0,433	0,020
C vs SI	0,099	0,049	0,060	0,022	0,230	0,008	0,079	0,145
C vs EC	<0,001	0,005	0,369	0,053	0,107	0,008	0,197	0,098
C vs AIV Pro	<0,001	<0,001	0,060	0,003	<0,001	0,007	0,069	0,002

Kõik katsesilod fermenteerusid normaalselt. Lisanditega silode pH oli madalam kui kontrollsilodel ($P < 0.01$), samuti ammoniaaklämmastiku sisaldus. Võihapet (0.2 g kg^{-1}) sisaldas ainult kontrollsilode. Juuretised ja AIV Pro vähendasid silodes ka äädikhappe- ja etanoolisisaldust (joonis 1).

Juuretistega valmistatud silode orgaanilise aine seeduvus (OAS) ei erinenud oluliselt kontrollist. Kuid AIV Pro-ga silo OAS oli parem 4.9% ühiku võrra, võrreldes kontrolliga ($P < 0.01$) (tabel 3).



Joonis 1. Esimesest niitest valmistatud lutsernisilo piim-, äädik- ja võihappe ning etanoolisisaldus
Figure 1. The content of lactic-, acetic- and butyric acids, and ethanol in the first cut lucerne silages

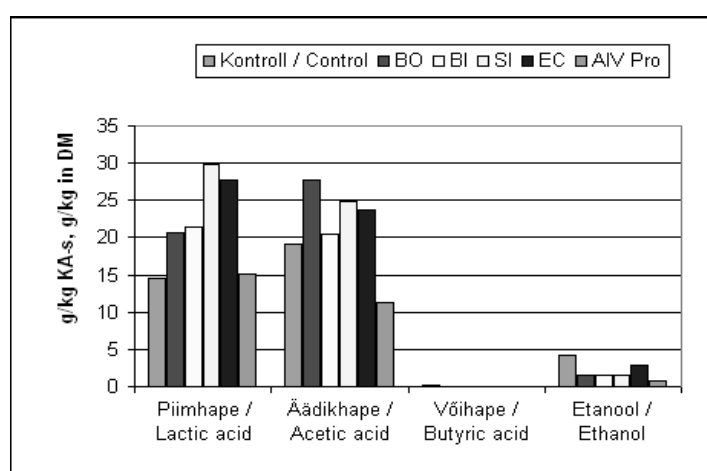
II niite katsesilod olid suhtelised kuivad, kuivainesisaldusega $438\text{--}515 \text{ g kg}^{-1}$. Sileerimise kuivaine-kaod olid juuretistega silodel väiksemad ($P < 0.05$) ja keemilise lisandiga silodel isegi 2.8 korda väiksemad kui lisandita silodel (tabel 4). Ka II niitest lisanditega silode pH väärtus ja ammoniaaklämmastiku sisaldus oli kontrolli-

ga võrreldes madalam. Lisanditega silode fermentatsioonil võihapet ei tekkinud (joonis 2).

II niitest lutsernisilode orgaanilise aine seeduvus sarnanes I niitega. AIV Pro-ga silode OAS oli kontrolliga võrreldes parem 5.1% ühiku võrra ($P < 0.001$).

Tabel 4. Lutsernist II niite silo keemiline koostis, orgaanilise aine seeduvus (OAS) ja kuivaine kaod
Table 4. Chemical composition (in DM), digestibility, and DM losses of lucerne in the second cut silages

Lisand <i>Treatment</i>	Kuivaine <i>Dry matter</i> g kg ⁻¹	Kuivaine kaod DM losses %	Proteiin <i>Crude protein</i> g kg ⁻¹	NDF g kg ⁻¹	ADF g kg ⁻¹	pH	NH ₃ -N üld N-st NH ₃ -N of total N %	OAS OMD %
Kontroll / <i>Control</i>	477	6,5	210	451	354	5,2	7,7	62,7
BO	500	4,6	210	461	355	4,9	6,1	63,4
BI	515	3,2	207	447	346	4,9	5,3	64,5
SI	450	4,8	199	427	348	4,7	4,5	64,0
EC	438	5,8	198	427	347	4,7	6,5	67,5
AIV Pro	495	2,3	204	447	352	4,7	6,2	67,8
<i>Erinevus/Significant difference, P</i>								
C vs BO	0,006	0,031	0,484	0,105	0,412	0,157	0,078	0,278
C vs BI	0,003	0,006	0,045	0,287	0,078	0,157	0,015	0,054
C vs SI	0,002	0,017	0,002	0,013	0,138	0,067	0,006	0,057
C vs EC	0,008	0,050	0,007	0,008	0,113	0,085	0,099	0,001
C vs AIV Pro	0,005	<0,001	0,041	0,327	0,381	0,091	0,053	<0,001



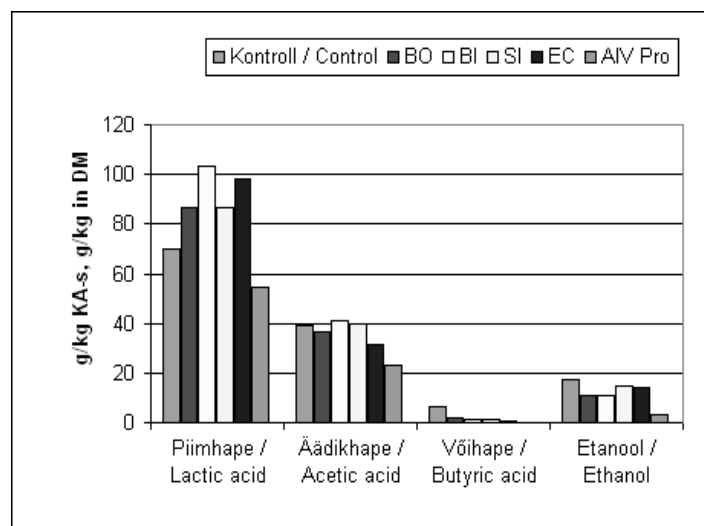
Joonis 2. Teisest niitest valmistatud lutsernisilo piim-, äädik- ja võihappe ning etanoolisisaldus
Figure 2. The content of lactic-, acetic- and butyric acids, and ethanol in the second cut lucerne silages

III niitest silode kuivainesisaldus varieerus 206–212 g kg⁻¹, mis Eesti tingimustes on tava-pärane. Sileerimise kuivainekaod olid kontrolliga võrreldes väiksemad ainult keemilise lisandi kasutamisel (tabel 5). III niitest katsesilode keemilises koostises usutavaid erinevusi ei olnud. Parim katsesilo kvaliteet saavutati AIV

Pro kasutamisel, mis näitas väiksemat pH väärtust, väiksemat etanoolisisaldust ja võihappe puudumist (joonis 3). Nagu tabelitest 3, 4 ja 5 nähtub, on AIV Pro silodel suhteliselt kõrge ammoniaaklammastiku sisaldus, mis on tingitud sellest, et kindlustuslisand AIV Pro sisaldab ammoniumformiaati 30,3%.

Tabel 5. Lutsernist III niite silo keemiline koostis, orgaanilise aine seeduvus (OAS) ja kuivaine kaod.
Table 5. Chemical composition (in DM), digestibility, and DM losses of lucerne in the third cut silages

Lisand <i>Treatment</i>	Kuivaine <i>Dry matter</i> g kg ⁻¹	Kuivaine kaod DM losses %	Proteiin <i>Crude protein</i> g kg ⁻¹	NDF g kg ⁻¹	ADF g kg ⁻¹	pH	NH ₃ -N üld N-st NH ₃ -N of total N %	OAS OMD %
Kontroll / <i>Control</i>	209	4,5	180	490	411	4,6	11,9	56,2
BO	212	3,8	179	483	407	4,4	10,0	56,3
BI	206	4,9	183	479	411	4,4	9,5	57,7
SI	203	5,2	180	481	404	4,5	10,0	58,9
EC	211	4,0	180	474	403	4,4	8,9	59,3
AIV Pro	205	3,2	184	484	405	4,3	10,7	60,2
<i>Erinevus/Significant difference, P</i>								
C vs BO	0,175	0,117	0,330	0,090	0,349	0,004	<0,001	0,479
C vs BI	0,043	0,085	0,043	0,017	0,493	0,024	<0,001	0,104
C vs SI	0,008	0,015	0,491	0,108	0,229	0,051	<0,001	0,032
C vs EC	0,204	0,096	0,474	0,023	0,243	0,004	<0,001	0,023
C vs AIV Pro	0,109	0,002	0,035	0,199	0,286	<0,001	<0,001	0,006



Joonis 3. Kolmandast niitest valmistatud lutsernisilo piim-, äädik- ja võihappe ning etanoolisisaldus
Figure 3. The content of lactic-, acetic- and butyric acids, and ethanol in the third cut lucerne silages

III niitest juuretistega silode orgaanilise aine seeduvuse erinevus ei leidnud statistilist kinnitust. Keemilise lisandiga valmistatud katsesilode OAS oli aga 4% võrra teistest parem ($P < 0.01$). Kui I ja II niitest lutsernisilode OAS oli peaaegu sama, siis III niitest silode seeduvus oli madalam 5.1–7,6% ühiku võrra. Lutserni ja tema silo seeduvus sõltub kiusisaldusest, mis oleneb sordist, arengufaasist ja kasvuaja tingimustest (Riday *et al.*, 2002; Katić *et al.*, 2007). Toorkiu, NDF ja ADF sisaldus varieerub sesoonselt, sõltudes õhutemperatuurist ja mulla niiskusest (Vasiljević *et al.*, 2009). Katić *et al.* (2007) andmetel suurenes samas arengufaasis niidetud lutserni kiusisaldus sesoonselt, olles I niites 411.9 g kg^{-1} NDF ja 320.9 g kg^{-1} ADF, II niites vastavalt 499.3 g kg^{-1} ja 401.6 g kg^{-1} ning III niites 508.3 g kg^{-1} ja 409.3 g kg^{-1} . Sama tendents esines ka antud uuringutes (tabel 1). Kuna III niitest silode kiusisaldus oli suurem kui I ja II niitel, oli väiksem ka nende seeduvus.

Juuretistega valmistatud silode OAS ei erinenud oluliselt kontrollist ühegi niite juures. Kuid AIV Pro-ga valmistatud silode seeduvus paranes 4–5.1% võrra, olenevalt niitest. Juuretiste kasutamine parandab silo fermentatsiooni, kuid mitte seeduvust, märgitakse paljudes uuringutes (Weiberg, Muck, 1996; Filya *et al.*, 2007).

Järeldused

Kasutades mikrobioloogilisi lisandeid närvutatud lutserni sileerimisel, paraneb silo frementatsioon ja kvaliteet: suureneb piimhappe- ja väheneb või-happe- ning alkoholisisaldus, vähenevad ammoniaaklammastiku sisaldus ning pH väärtus. Kõik uuritud bioloogilised lisandid (Bonsilage, Biosil, Sil-All ja Ecosyl) parandasid lutserni silo fermentatsiooni antud tingimustes. Bioloogilised lisandid silode seeduvust ei suurenda, kuid keemilise lisandiga AIV Pro valmistatud silo seeduvus suurenes kuni 5.1% ühiku võrra.

Tänuavaldus

Tänud Eesti Haridusministeeriumile projekti B0165 finantseerimise eest, mille raames töö on läbi viidud.

Kasutatud kirjandus

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.
- Faithfull, N. T. 2002. Methods in Agricultural Chemical Analysis: a practical handbook, CABI Publishing, UK, 266 pp.
- Filya, I. 2003. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. – *J. Dairy Sci.* 86, p. 3575–3581.
- Filya, I., Muck, R.E., Contreras-Govea, F.E. 2007. Inoculant effects on alfalfa silage: fermentation products and nutritive value. – *J. Dairy Sci.* 90, p. 5108–5114.
- Kaldmäe, H., Kirsell R., Kärt, O., Vadi, M. 2002. Studies on the digestibility of feeds in the ruminants and different methods for measuring it. – International scientific conference proceedings, Jelgava, Latvia 22–24 May, 2002. p. 83–87.
- Katić S., Mihailović V., Milić D., Karagić D., Glamočić D., Jajić I. 2007. Genetic and seasonal variations of fibre content in lucerne. – *Proceedings of the XXVIIth EUCARPIA Symposium on improvement of fodder crops and amenity grasses, Copenhagen, Denmark, 19–23 August 2007*, p. 130–135.
- Kung, L.Jr. 2009. Potential factors that may limit the effectiveness of silage additives. *XVth International Silage Conference Proceedings July 27–29, 2009 Madison, Wisconsin, USA*, p. 37–45.
- Pahlow, G., Rammer, C., Slottner, D., Touri, M. 2002. Ensiling of legumes. – Legumes silages for animal production: LEGSIL. Eds. R. J. Wilkins, C. Paul. Braunschweig, Germany, p. 27–31.
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Oude Elferink, S. J.W.H., Spoelstra, S. F. 2003. Microbiology of ensiling. – *Silage Science and Technology, Madison, WI*, p. 31–93.

- Riday, H., Brummer, E. C., Moor, K. 2002. Heterosis of forage quality in alfalfa. – *Crop Sciences*, 42, p. 1088–1093.
- Thomas, T.A. 1977. An automated procedure for the determination of soluble carbohydrates in herbage. – *J. Sci. Food Agric.* 28, p. 639–642.
- Tyrolova, Y., Vyborna A. 2005. Effect of stage of maturity on the nutrient content of alfalfa. – *Proceedings of the XIVth International Silage Conference Belfast. Wageningen Academic Publ.* p. 181.
- Van Soest, P. J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. – *J. Dairy Science*, 74, p. 3583–3597.
- Vasiljević, S., Milić, D., Mikić, A. 2009. Chemical attributes and quality improvement of forage legumes. – *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25 (5–6), p. 493–504.
- Yu, P., Christensen, D. A., McKinnon, J. J. 2004. In situ rumen degradation kinetics of timothy and alfalfa as affected by cultivar and stage of maturity. – *Canadian Journal of Animal Science*, 84 (2), p. 255–263.
- Weinberg, Z.G. & Muck, R.E. 1996. New trends in development and use of inoculants for silage. – *FEMS Microbiol. Rev.* 19, 53–68.
- Whiter, A.G., Kung, L. Jr. 2001. The effect of a dry or liquid application of *Lactobacillus plantarum* MTD1 on the fermentation of alfalfa silage. – *J. Dairy Sci.*, 84. p. 2195–2202.

Different additives effects on quality of lucerne silage

H. Kaldmäe, A. Olt, M. Ots, O. Kärt
Eesti Maaülikool

Summary

The effect of different commercial additives on silage fermentation and nutritive value was studied. Silage was prepared from lucerne with a dry matter content after 24 hours of wilting of 309 g kg⁻¹ for the first cut, 506 g kg⁻¹ for the second cut and 215 g kg⁻¹ for the third cut. The material conserved in 3-litre glass jars. The number of replicates was three. The each trial comprised six treatments (untreated control, four inoculants and chemical additive). Test with four different inoculants were based on different strains of *Lactobacillus plantarum* which were used alone or in combinations with other lactic acid bacteria (BO, BI, SI, EC), and chemical additive (AIV Pro) were used.

All commercial inoculants improved the fermentation quality of lucerne silage under the conditions stated. Biological inoculants and chemical additive had a positive effect on lucerne silage characteristics in terms of lower pH and ammonia. There was no detectable butyric acid in the silages of the first and the second cut. DM losses during fermentation were the lowest in silage treated with AIV Pro additive (2.6% in I cut; 2.3% in II cut and 3.2% in III cut. In silages treated with biological additives these values were BO I – 3.5%; II – 4.6%, III – 3.8%; BI I – 5.8%, II – 3.2%, III – 4.9%; SI I – 5.8%, II – 4.8, III – 5.2%; EC I – 4.2% II – 5.8%, III – 4.0%, respectively and in untreated silage (I – 6.8%, II – 6.5%, III – 4.5%).

No important differences were found between organic matter digestibility of the inoculated and the control silage for the first, the second and the third cut. Digestibility of the lucerne silage treated with AIV Pro was higher than that of the control silage by 4.9% for the first cut and by 5.1% for the second cut and by 4.0% for the third cut (P<0.01).

LEHMVASIKATE KASVATAMINE SÜNDIMISEST SEEMENDAMISENI

Signe Lehtsalu, Tanel Kaart, Heli Kiiman

Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

ABSTRACT. *Rearing female dairy calves from birth to first insemination. Dairy calf and heifer management practices throughout the rearing process have an impact on the longevity of a dairy cow and the herd economy as a whole. Short rearing periods are desirable primarily from economic and genetic standpoints. Dairy calf growth rate is an indicator of the effectiveness of farm management. The aim of the present study was to assess the female dairy calf weight gain from birth to first artificial insemination on a production farm. Experimental data for this investigation were obtained from Halinga OÜ and Agroland SYD OÜ. The data included the birth weights of 67 and body weights of 55 Estonian Holstein female dairy calves from birth to on an average 763 days (determined using a tape measure once every 1.5 months). The statistical analyses of the data revealed that the average birth weight of a dairy calves was 36.3 kg. The birth weight of dairy calf did not have a statistically significant effect on the average daily gain. The average growth rate from birth to the first artificial insemination was 545 grams, thereby in the first year 684 and in the second year 384 grams. At the first insemination the average age of heifers was 22.7 months and body weight 414 kg. On an average the test bulls' daughters were artificially inseminated 28 days earlier and at 26 kg lower body weight, compared with the daughters of the proven bulls.*

Keywords: *female dairy calf, dairy farm, birth weight, body weight*

Sissejuhatus

Sünnist kuni täiskasvanuks saamiseni toimuvad vasika organismis olulised anatoomilised ja füsioloogilised muutused, mis mõjutavad looma kogu edasist elukäiku ning tema kasumlikkust omanikule. Puudulikult arenenud lehmvasikast ei saa kunagi lehma, kes oma piimajõudluse geneetilist potentsiaali täielikult ära kasutaks. Vajakajäämised vasikakasvatusevõtetes põhjustavad vasikate suuremat haigustele vastuvõtlikkust ning esmapoegimisvanuse ja üleskasvatuskulude suurenemist. Tagasisidet vasikakasvatuse programmi (pidamisviisi ja -tingimuste, söötmise ning haiguste ennetamise) efektiivsusest farmis on võimalik saada vasikate massi-iivete põhjal.

Tootmisfarmides ei pöörata lehmvasikate perioodilisele kaalumisele kuigipalju tähelepanu, seetõttu ei teata ka vasikate täpseid massi-iibeid. Katsefarmidest saadud tulemused ei pruugi olla kohaldatavad tootmisfarmidele, sest sageli on suuri erinevusi karjade majandamises, veterinaarteenistuses ja majanduslike otsuste langetamises. Käesoleva uurimistö eesmärgiks oli jälgida tootmisfarmis lehmvasikate kasvu sünnimisest esmakordse

seemendamiseni, hinnata ööpäevaseid massi-iibeid ning uurida nende sõltuvust vasikate vanemaist ja seoseid vasikate tiinestumisega.

Võtmesõnad: *vasikas, piimafarm, massi-iive.*

Materjal ja meetodika

Andmed. Uuring viidi läbi Pärnu maakonnas Halinga vallas paiknevates põllumajandusettevõtetes Halinga OÜ ja Agroland SYD OÜ. Ettevõtete tegevuseks oli eesti holsteini tõugu veiste piimakarjakasvatamine. Kahe ettevõtte peale kokku oli neli lüpsifarmi. Lüpsifarmid olid lõaspidamisega ja lehmad olid aastaringtsel laudaspidamisel. Seisuga 5. detsember 2005. aasta oli Halinga OÜ-s 364 ja Agroland OÜ-s 800 holsteini tõugu lüpsilehma.

Kõigis lüpsifarmides paigutati sündinud vasikad esmalt vasikakuutidesse või individuaalaedikutesse, millest liikumine noorkarjalauta toimus vastavalt võimalustele. Noorkari oli vabapidamisel eraldi noorkarjalaudas. Vasikate esimese 6 kuu söödaratsioon nägi vanuses 1–30 päeva ette 6 kg täispiima, vanuses 21–60 päeva 0,5 kg ning vanuses 61–180 päeva 1,5 kg vasikate segasööta „Starter“, vanuses 31–90 päeva 6 kg vadakul põhinevat piimaasendajat „Kalvolact“ ning vanuses 31–180 päeva 0,075 kg vitamiiniseeritud ja mikroelementidega rikastatud mineraalsööta päevas, hein, silo ja joogivesi olid vabalt ees alates teisest elukuust. Võõrutamisvanuseks oli keskmiselt 90. elupäev. Üle 6 kuu vanustel vasikatel oli vabalt ees silo ja hein, samuti oli vabalt saadaval joogivesi ja mineraalsööt.

Uurimistöö aluseks olevad andmed koguti 67-lt holsteini tõugu lehmvasikalt, kes sündisid 2005. aasta septembris ja oktoobris neljas erinevas laudas. Vasikatest neli praagiti esimese elukuu jooksul, ülejäänud viidi keskmiselt 64 päeva vanuselt noorkarjalauta. Seemendamiseni püsis karjas 55 vasikat.

Lehmvasikate sünnimass ja edasised massi-iibe arvutamise aluseks olnud kehamassid määrati mõõdulindiga. Mõõtmised toimusid keskmiselt 45-päevaste vahedega kuni keskmiselt 763 päeva vanuseni (minimaalselt 645, maksimaalselt 857 päeva vanuseni). Viimane mõõtmine toimus 31.01.2008. Individuaalsete juurdekasvude modelleerimisel ja analüüsid kasutati üksnes seemendamiseni karjas püsinud vasikate kehamasse. Kokku sisaldas vasikate kehamasside andmebaas 67 vasika hinnangulisi sünnimasse ja 55 seemendamiseni karjas püsinud vasika 933 edasise mõõtmise tulemusi. Lisaks fikseeriti andmed lehmvasikate vanemate, nende aretusväärtuste, ema vanuse ja vasika seemenduste kohta.

Statistiline analüüs. Lehmvasikate kasvu modelleeriti kahekordse logistilise regressioonimudeli abil kujul

$$y_i(t) = y_{1,i} + \frac{(y_{2,i} - y_{1,i})}{2} \times \left\{ \frac{1}{1 + \exp[(d_{1,i} - t)/s_{1,i}]} + \frac{1}{1 + \exp[(d_{2,i} - t)/s_{2,i}]} \right\} + \varepsilon_i(t),$$

kus $y_i(t)$ on i . vasika kehamass vanuses t , $y_{1,i}$, $y_{2,i}$, $d_{1,i}$, $s_{1,i}$, $d_{2,i}$ ja $s_{2,i}$ on vasikale i vastavad mudeli parameetrid ning $\varepsilon_i(t)$ on erinevus i . vasika tegeliku ja mudeli alusel prognoositud kehamassi vahel vanuses t . Mudeli parameetrid $y_{1,i}$ ja $y_{2,i}$ määravad ära kehamasside alumise ja ülemise piiri, $d_{1,i}$ ja $d_{2,i}$ vastavad esimese ja teise kasvuperioodi keskpunktile (vanusele, millal kasv on kõige kiirem) ning $s_{1,i}$ ja $s_{2,i}$ iseloomustavad juurdekasvu kiirust vastavalt esimesel ja teisel kasvuperioodil (mida 0-st erinevam, seda aeglasem kasv). Kirjeldatud mudeli alusel hinnati seemendatud vasikate kehamassid 60, 460 ja 550 päeva (ligikaudu 2, 15 ja 18 kuu) vanuses ning esimesel seemendamisel, lisaks leiti kuuppöünoomi abil vasikate hinnanguline vanus 380 kg kehamassi saavutamise päeval.

Sünnifarmi mõju vasikate sünnimassile ja juurdekasvu kiirusele testiti dispersioonanalüüsiga. Test- ja hinnatud pullide tütarde sünnimasse, juurdekasvu iseloomustavaid parameetreid ja esmaseemendusvanuseid võrreldi t -testiga, tiinestuvuse erinevust testiti Fisheri täpse testiga ja seemenduste arvu erinevust Wilcoxon'i testiga. Esimesel seemendusel tiinestunud ja mitte tiinestunud vasikate sünnimasse, juurdekasvu iseloomustavaid parameetreid ja esmaseemendusvanuseid võrreldi t -testiga. Vasikate vanemate aretusväärtuste ja emade vanuste seoseid vasikate sünnimassi, juurdekasvu iseloomustavate parameetrite ja esmaseemendusvanustega uuriti korrelatsioonanalüüsi abil.

Vasikate juurdekasvu modelleerimine ning seoste ja erinevuste statistilise olulisuse testimine viidi läbi statistikapaketis SAS, joonised konstrueeriti tabelarvutussüsteemis MS Excel.

$$y(t) = \frac{(627,2 - 0)}{2} \times \left\{ \frac{1}{1 + \exp[(155,1 - t)/89,1]} + \frac{1}{1 + \exp[(745,9 - t)/72,1]} \right\}.$$

Mudeli, millele vastab paks valge joon joonisel 2, parameetrid näitavad, et vasikate kasvamise võib jagada kaheks perioodiks, kusjuures kasvukiirus on maksimumne vanustes 155 ja 746 päeva ning juurdekasv teisel, seemendamisele eelneval ja järgneval kasvuperioodil on kiirem, võrreldes esimesel eluaastal toimuva kasvuga. Veelgi selgemalt on kasvukiiruse dünaamika näha jooniselt 3, kus on esitatud keskmine ööpäevane juurdekasv vanuses 0–750 päeva. Esimesel eluaastal on keskmine ööpäevane juurdekasv 684 g (tabel 1). Peale maksimumse kasvukiiruse (keskmiselt 881 g ööp-1) saavutamist keskmiselt 155. päevaks vasikate ööpäevane juurdekasv vähenes, jõudes miinimumini (keskmiselt 187 g ööp-1) 460. päevaks. Ööpäevase juurdekasvu uus

Katsetulemused ja arutelu

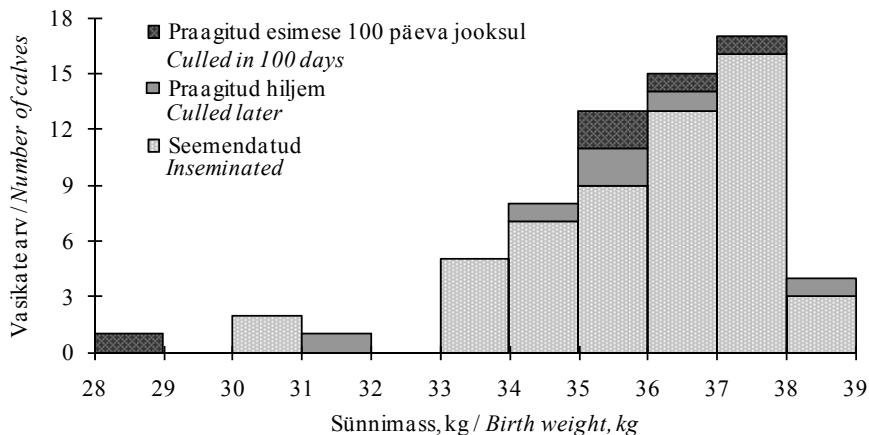
Vasikate sünnimass ja juurdekasv. Vasikate jaotumine sünnimassi alusel on kujutatud joonisel 1 ja olulisemad arvarakteristikud on ära toodud tabelis 1. Enamuse vasikate sünnimass jääb 33 kg ja 39 kg vahele, mis Jõudluskontrolli Keskuse klassifikatsiooni (Jõudluskontrolli Keskus, 2008a) kohaselt vastab keskmisele sünnimassile. Väiksemate sünnimassidega vasikatest 29 kg ja 32 kg kaalunud vasikad praagiti, aga kaks sündimisel 31 kg kaalunud vasikat kasvasid normaalselt suureks, seemendati ja jäid ka tiineks. Vasikate keskmine sünnimass antud uuringus oli 36,3 kg, mis on väiksem, kui mitmes viimastel aastatel ilmunud holsteini tõugu lehmade uuringus raporteeritud vastav näitaja. Näiteks Coffey jt. (2006) said oma Suurbritannias läbi viidud uuringus vasikate keskmiseks sünnimassiks 43,4 kg, Bayram ja Aksakal (2009) Türgis mahefarmis teostatud uuringus 41,3 kg.

Vasikate juurdekasvu modelleerimise tulemused on kujutatud joonisel 2. Kuigi üksikute vasikate kasvukõver hõlbib loomulikust S-laadsest kõverast, on see tingitud nende suurest kehamassist 400–500 päeva vanuses, millele hiljem enam sedavõrd suurt kehamassi muutust ei järgnenud; seemendusaegse kehamassi prognoosimisel andsid just need kõverad parima kooskõla seemendusele eelneval ja järgneval kaalumisel saadud kehamassidega. Kasutatud mudeli sobivust vasikate juurdekasvu modelleerimiseks näitab ka mudeliga prognoositud kehamasside ja tegelike kehamasside vahelist sarnasust mõõtev mitmene korrelatsioonikordaja, mille väärtus oli kogu andmestiku kohta 0,99 ning jäi üksikute vasikate kaupa arvutades vahemikku 0,98–1,00; mudeli standardviga ehk prognoosijääkide standardhälve oli kogu andmestiku kohta 12,3 kg ning varieerus vasikatel vahemikus 4,7–25,2 kg.

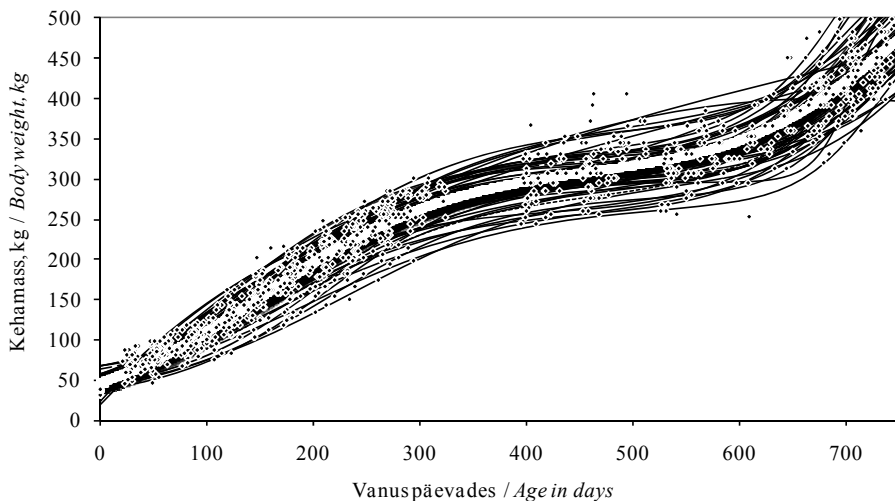
Vasikate keskmine kehamass vanuses t on hinnatav mudelist

tõus tipnes keskmiselt 746. päeva vanuses keskmiselt 1092-grammise kehamassi suurenemisega ööpäevas. Keskmine ööpäevane juurdekasv teisel eluaastal kuni esimese seemenduseni keskmiselt 693 päeva vanuses oli 384 g ööp-1.

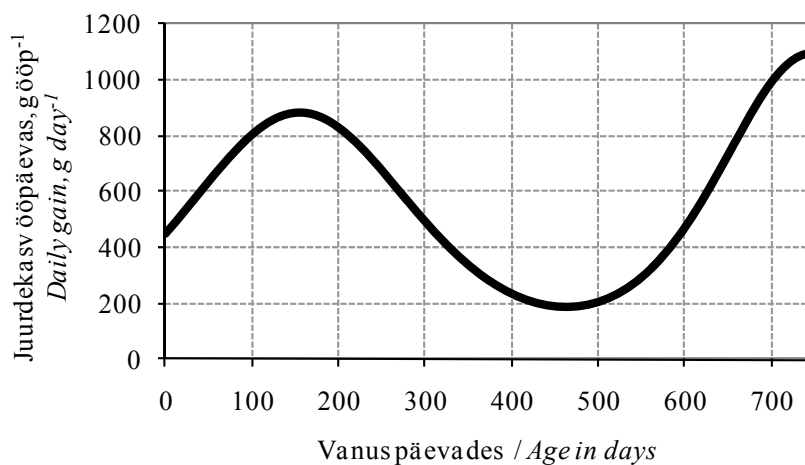
Keskmine ööpäevane juurdekasv sünnist esmaseemenduseni oli antud uuringus 545 g ööp-1 (tabel 1). Keskmine kehamass 460 ja 550 päeva (15 ja 18 kuu) vanuses oli vastavalt 307,5 ja 324,4 kg ning keskmine vanus 380 kg saavutamisel 620,4 päeva. Esimene seemendus toimus keskmiselt 693 päeva (22,7 kuu) vanuselt, millal mullikad kaalusid keskmiselt 414,0 kg, ning tiinestav seemendus keskmiselt 721 päeva (23,6 kuu) vanuselt, millal mullikad kaalusid keskmiselt 448,0 kg.



Joonis 1. Uuritud vasikate jagunemine sünnimassi järgi.
Figure 1. Distribution of calves by birth weight.



Joonis 2. Vasikate mõõdetud kehamassid ja modelleeritud individuaalsed juurdekasvud (analüüsist on välja jäetud 12 praagitud vasika andmed). Paksu valge joonega on tähistatud vasikate keskmine kasvukõver.
Figure 2. Body weights and modelled individual growth curves of studied calves. Bold white line marks the average growth curve.



Joonis 3. Vasikate keskmine ööpäevane juurdekasv (g ööp^{-1}), leitud vasikate keskmise kasvukõvera alusel.
Figure 3. The average daily gain of calves (g day^{-1}), found on the basis of the average growth curve.

Tabel 1. Vasikate sündimassi ($n = 67$) ning juurdekasvu iseloomustavate parameetrite ja seemendusvanuse ($n = 55$) olulisemad arvarakteristikud.**Table 1.** Descriptive statistics of calves' birth weight ($n = 67$), weight gain parameters and insemination age ($n = 55$).

	Keskmine	Mediaan	Standard- hälve	Miimum	Maksimum
	<i>Average</i>	<i>Median</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
Sünnimass, kg <i>Birth weight, kg</i>	36,3	37,0	2,0	28	39
Juurdekasv ööpäevas esmaseemenduseni, g ööp-1 <i>Daily gain from birth to first insemination, g day-1</i>	545	539	47	442	654
sh. esimesel eluaastal <i>including the first year</i>	684	685	69	537	806
teisel eluaastal kuni esmaseemenduseni <i>the second year</i>	384	389	94	181	594
Vanus 380 kg saavutamisel, päeva <i>Age at 380 kg, days</i>	620,4	620,4	50,5	519,5	730,7
Kehamass 460 päevaselt, kg <i>Body weight at the age of 460 days, kg</i>	307,5	306,8	26,7	252,5	360,2
Kehamass 550 päevaselt, kg <i>Body weight at the age of 550 days, kg</i>	324,4	321,7	29,1	264,4	393,1
Kehamass esmaseemendusel, kg <i>Body weight at the first insemination, kg</i>	414,0	408,5	40,5	341,9	527,2
Kehamass tiinestaval seemendusel, kg <i>Body weight at the last successful insemination, kg</i>	448,0	428,3	68,7	341,9	764,6
Esmaseemendusvanus, päeva <i>Age at the first insemination, days</i>	692,7	696,0	40,8	598	775
Vanus tiinestaval seemendusel, päeva <i>Age at the last successful insemination, days</i>	721,0	716,0	64,9	598	1016

Heinrichs ja Losinger (1998) leidsid ameerika holsteini tõugu mullikate juurdekasvu uurimuses keskmiseks 380 kg saavutamise vanuseks 441 päeva (14,5 kuud); keskmine kehamass 14,5 ja 15,5 kuu vanuselt oli vastavalt 380,7 kg ja 409,3 kg ning 17,5 ja 18,5 kuu vanuselt vastavalt 443,7 kg ja 458,2 kg. Pettersson jt. (2001) leidsid oma uurimistöös, et Rootsi piimafarmides oli vasikate keskmine kehamass 15 kuu (460 päeva) vanuselt 301,7 kg ja 18 kuu (550 päeva) vanuselt 336,3 kg; keskmine esmaseemendusvanus oli 16 kuud, mis on pool aastat varem, kui antud uuringus. Foldager ja Sejrson (1991), kelle Taani piimaveiste baasil läbi viidud uurimistöös oli mullikate keskmine vanus 380 kg saavutamisel 620,8 päeva ehk 20 kuud, näitasid, et kõrge söötmistase ning selle tulemusena suured ööpäevased massi-iibed peale suguküpsuse saavutamist ja tiinuse ajal annavad tulemuseks suurema kehamassi poegimisel ning suurenenud piimatoodangu. Svensson ja Hultgren (2008) leidsid oma Rootsi piimakarja kohta käivas uurimistöös, et mida suurem on mullikate ööpäevane massi-iive võõrutusest esmaseemenduseni, seda suurem on ka edasine piimatoodang, samas omab esmapoegimisaegne ülekaal (kõrge toitumushinne) toodangule negatiivset mõju. Sarnaselt mitmetele teistele uuringutele (Hoffman, *et al.*, 1996; Mäntysaari, *et al.*, 2002), leidsid ka Svensson ja Hultgren (2008), et esmapoegimisiga on piimatoodanguga positiivselt seotud – mida vanem on lehm esmakordsel poegimisel, seda madalam on tema energiavajadus edasiseks juurdekasvuks ning seda suurem on toodang. Poegides 32 kuu vanuselt, võrreldes ≤ 26 kuu vanusega, on esimese laktatsiooni piimatoodang peaaegu 1000 kg võrra suurem. Teisalt seostub kõrge esmapoegimisvanus lühema tootliku eluea ja väiksema eluea piima kogutoodanguga (Lin *et al.*, 1988; Nilsforooshan, Edriss, 2004). Lühem eluiga ja kõrgem

esmapoegimisvanus tähendavad aga vajadust kasvatada üles rohkem mullikad ja suuremaid söötmiskulusid mullika kohta (Tozer, Heinrichs, 2001). Seetõttu on piimatootjatel, hoolimata väikese esmapoegimise negatiivsest mõjust esimese laktatsiooni piimatoodangule, soovitatud seemendada mullikad pigem varem kui hiljem, et vähendada veise mittetootlikku perioodi (Mourits *et al.*, 1997). Majanduslikult kasulikuks esmapoegimisvanuseks on pakutud 24 kuud (730 päeva; Hoffman, Funk, 1992), mis teeb tiinestava seemenduse toimumise vanuseks umbes 14,7 kuud (450 päeva).

Jõudluskontrolli keskuse andmeil (Jõudluskontrolli keskus, 2008b; 2010) oli eesti holsteini tõugu mullikate keskmine esmapoegimisiga 2007. aastal 28,4 kuud (866 päeva) ning 2009. aastal 27,9 kuud (850 päeva), Läti 2007. aasta jõudluskontrolli tulemuste alusel (Valsts aģentūra Lauksaimniecības datu centrs, 2008) toimus nende jõudluskontrolli all olevates karjades holsteini tõugu lehmade esimene poegimine keskmiselt 28 kuu vanuselt. Tiinestava seemenduse vanuse saame, kui lahutame esmapoegimisvanusest tiinuse kestuse (veistel keskmiselt 280 päeva). Seega toimus tiinestav seemendus eesti holsteini tõugu mullikatel 2007. aastal keskmiselt 586 päeva (19,2 kuu) vanuselt ning 2009. aastal keskmiselt 570 päeva (18,7 kuu) vanuselt, Lätis 2007. aastal aga keskmiselt 18,8 kuu vanuselt, mis on ligikaudu neli kuud varem, kui antud uuringus. Läti 2007. aasta jõudluskontrolli tulemustes on avaldatud ka esmaseemendusvanus, mis holsteini tõugu mullikatel oli keskmiselt 16,2 kuud – seega juba üle poole aasta varem, kui antud uuringu 22,7 kuud (693 päeva).

Uurimise all olnud vasikate küllaltki hiline seemendamine on ilmselt ühelt poolt tingitud üldisest Pärnu maakonnale omasest tendentsist – esmapoegimine toimus seal 2007. aastal keskmiselt 29,7 kuu vanuselt

(Jõudluskontrolli keskus, 2008b) ning tiinestav seemendus seega umbes 20,7 kuu vanuselt (so 1,5 kuud hiljem kui samal aastal Eesti jõudluskontrollialustes karjades keskmiselt), teiseks saavutasid uurimise all olnud vasikad esmaseemendamiseks sobivaks peetud vanuse ja kehamassi 2007. aasta suvel, millal oli nende inna tuvastamine karjamaal viibimise tõttu problemaatiline ning sestap seemendati enamuse vasikaid alles oktoobris peale suviselt karjamaalt lauta toomist.

Vasikate kasvukiiruse muutumine S-laadse kõvera kujuliselt on loomulik kasvuprotsess, samas on selle muutumise suur ulatus antud uuringus põhjendatav ka vasikate söötmis- ja pidamistingimuste muutumisega. Nimelt oli 2006. aasta suvi, millal uuringusse kaasatud vasikad olid 8–10 kuu vanused, põuane ega võimaldanud vasikaid enne augustit karjamaale viia. Sööda nappuse tõttu hoiti loomi kuivanud karjamaal võimalikult kaua ning toodi lauta alles novembri lõpus, samas nappis ka talviseid põhisoõtasid, mistõttu söödeti loomi peamiselt põhuga. Kirjeldatud ajavahemik vastab uuringusse kaasatud vasikate vanusele 8–17 kuud, mis jooniste 2 ja 3 alusel ühtib kasvukiiruse pidurdumise ja minimaalse juurdekasvu perioodiga. Ilmselt on söödanappusega 2006. aasta lõpus ja 2007. aasta alguses seletatav ka vasikate kogu teise eluaasta keskmisest madalam juurdekasv, mida mingil määral siiski kompenseeris 2007. aasta suvel (so vanuses 20–24 kuud) heades tingimustes järsult suurenenud kasvukiirus.

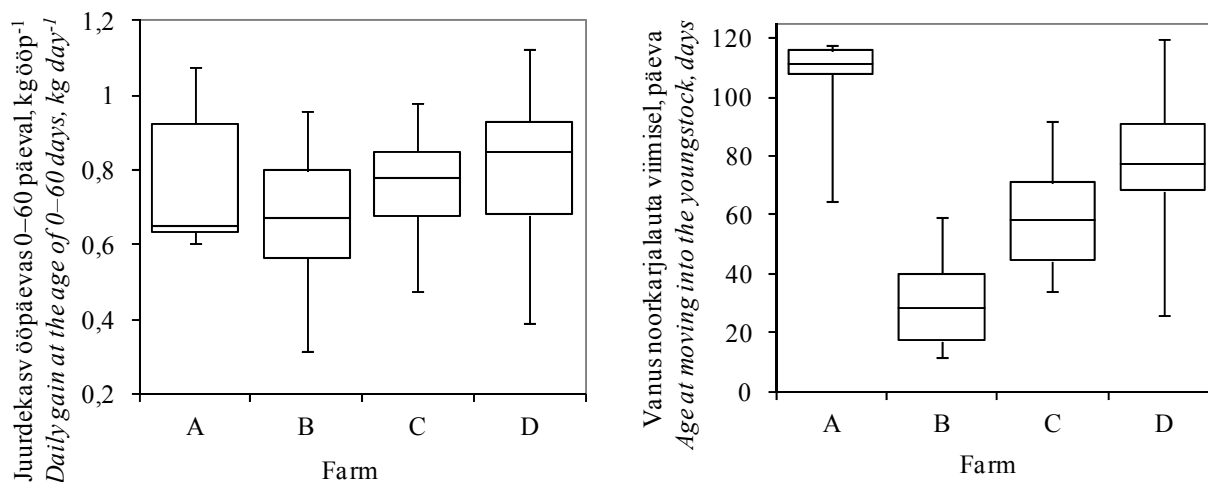
Seega on nii kasvukiiruse suur muutus kui ka kõrge esmaseemendusvanus antud uuringus põhjendatavad eelkõige ilmastiku, söötmise ja pidamistingimustega vaatlusalusel ajaperioodil. Sellest omakorda nähtub, et kuigi iga tootmisfarm püüdleb suurema ökonoomsuse suunas, mängivad igapäevaelus rolli paljud tegurid: ilmastik (karjatamise ja söödatootmise seisukohalt), seemendustehnik ja loomade arv (õige innaaja tuvastamine, seemendusprotsessi edukus), loomade tervislik seisund (haigused, stress) ning majanduslik olukord mõjutavad oluliselt seatud eesmärkide teostamist.

Sünnifarmi mõju vasikate kehamassile. Uuritud vasikad sündisid neljas erinevas farmis ja viidi keskmiselt 64 päeva vanuselt samasse noorkarjalauta. Vasikate sünnimassides farmide lõikes suuri erinevusi ei ilmnenud (tabel 2). Samas olid statistiliselt oluliselt erinevad vasikate vanused noorkarjalauta viimisel ($p < 0,001$) ning küllaltki suur, aga siiski statistiliselt mitteoluline, erinevus ilmnis ka erinevatest sünnifarmidest pärit vasikate esimese 60 päeva kasvukiiruses ($p = 0,075$). Ilmnes selge tendents, et varajane noorkarjalauta viimine pärssis kasvukiirust esimestel elukuudel (tabel 2 ja joonis 4). Ilmselt on põhjuseks pidamistingimuste muutus ning üleviimisega kaasnenu stress. Esimese eluaasta lõpuks oli kirjeldatud kehamasside ning juurdekasvu kiiruste erinevus tasandunud ning hilisemale juurdekasvu kiirusele ja kehamassile sünnifarm ja noorkarjalauta viimise vanus mõju ei avaldanud.

Tabel 2. Vasikate keskmised (\pm standardhälve) sünnimassid ning juurdekasvu iseloomustavad parameetrid sõltuvalt sünnifarmist. Farmide vaheliste erinevuste statistilist olulisust testiti dispersioonanalüüsiga.

Table 2. Average (\pm standard deviation) birth weights and gain parameters depending on the birth farm. The farms' differences were tested with the analysis of variance.

Sünni-farm	Vasikate / Calves'					
	arv (seemendatute arv)	sünnimass, kg	juurdekasv ööpäevas 0–60 päeval, g ööp-1	vanus noorkarjalauta viimisel, päeva	juurdekasv ööpäevas esma- seemenduseeni, g ööp-1	kehamass 550 päevaselt, kg
Birth farm	number (No. of inseminated animals)	birth weight, kg	daily gain at the age of 0–60 days, g day-1	age at moving into the young stock, days	daily gain from birth to first insemination, g day-1	body weight at the age of 550 days, kg
A	6 (5)	35,5 (\pm 1,4)	779 (\pm 210)	103,6 (\pm 21,9)	538 (\pm 58)	314,1 (\pm 36,4)
B	14 (13)	35,7 (\pm 1,8)	640 (\pm 202)	33,0 (\pm 16,3)	530 (\pm 39)	321,3 (\pm 23,6)
C	29 (24)	36,8 (\pm 2,3)	775 (\pm 130)	58,1 (\pm 16,0)	552 (\pm 48)	326,5 (\pm 32,4)
D	18 (13)	36,3 (\pm 1,8)	808 (\pm 199)	74,6 (\pm 21,1)	550 (\pm 49)	327,9 (\pm 26,9)
<i>p</i> -väärtus <i>p</i> -value		0,313	0,075	<0,001	0,569	0,792



Joonis 4. Vasikate ööpäevane juurdekasv vanuses 0–60 päeva ning vanus noorkarjalauta viimisel sõltuvalt sünnifarmist. Joonisel on esitatud minimaalsed väärtused, alumised kvartiilid, mediaanid, ülemised kvartiilid ja maksimaalsed väärtused.

Figure 4. Daily gain at the age of 0–60 days and age at moving into the young stock depending on the birth farm. On the diagrams the minimum, lower quartile, median, upper quartile and maximum values are presented.

Isa ja ema mõju vasika kehamassile. Kuuekümmne kaheksa katselooma isaks oli üheksa erinevat pulli, kellest neli oli hinnatud pullid ja viis ootepullid. Seemendamiseni püsisid karjas ja olid seeläbi juurdekasvu analüüsid kasutatavad kaheksa erineva pulli järglased. Tabelis 3 on ära toodud kõik kasutatud pullid, nende tütarde arv ning tütarde keskmised sünnimassid ja ööpäevased juurdekasvud. Statistiliselt olulisi erinevusi erinevate pullide tütarde sünnimassis ja juurdekasvus ei ilmnenud ($p > 0,05$), mis on ilmselt tingitud uuritud pullide ja nende tütarde väiksest arvust.

Erinevad uurijad on holsteini tõugu vasikate sünnimassi ja juurdekasvu kiiruse päritavusele saanud erine-

vaid hinnanguid. Näiteks Bayram ja Aksakal (2009) hindasid oma Türgis läbi viidud uuringus sünnimassi päritavuseks 0,23; Weller ja Ezra (2008) uurisid Iisraelis holsteini tõugu vasikate kasvukiirust vanuses 150–500 päeva ja said vastava näitaja päritavuseks 0,33. Coffey jt. (2006) said oma Suurbritannias läbi viidud uuringus vasikate sünni- ja võrutusmassi päritavuseks vastavalt 0,53 ja 0,45 ning esmapoegimisaegse kehamassi päritavuseks 0,75; aasta hiljem sama populatsiooni baasil teostatud uuringus hindasid Brotherstone jt. (2007) kehamassi ja juurdekasvu kiiruse päritavuste dünaamikat vanuses 0–1000 päeva ning said kehamassi päritavuseks 0,41–0,82 ja ööpäevase juurdekasvu päritavuseks $>0,68$.

Tabel 3. Vasikate isad ning nende tütarde arv ja keskmised (\pm standardhälve) sünnimassid ja ööpäevased juurdekasvud.

Table 3. Used bulls and average (\pm standard deviation) birth weights and daily gain parameters of their daughters.

Pulli kood <i>Number</i>	Pulli nimi <i>Name</i>	Test- või hinnatud pull <i>Test or proven bull</i>	Tütardel / <i>Daughters'</i>		
			arv (seemendatute arv) <i>number (No. of inseminated animals)</i>	sünnimass, kg <i>birth weight, kg</i>	juurdekasv ööpäevas, g <i>daily gain, g day⁻¹</i>
26279	ARNAR	testpull	2 (1)	33,0 ($\pm 1,4$)	442 (-)
26308	DELGADO-ET	testpull	4 (4)	36,3 ($\pm 1,0$)	546 (± 35)
26301	FELIPE	testpull	4 (4)	35,0 ($\pm 2,9$)	553 (± 28)
26305	MAURIZZO-ET	testpull	2 (2)	37,5 ($\pm 0,7$)	517 (± 6)
25964	JÖRN	hinnatud pull	2 (2)	37,5 ($\pm 0,7$)	514 (± 14)
25995	LUDGER-ET	hinnatud pull	4 (3)	37,5 ($\pm 1,7$)	537 (± 32)
25965	PROFIL-ET	hinnatud pull	29 (22)	36,0 ($\pm 2,2$)	564 (± 49)
25953	RUBY-ET	hinnatud pull	20 (17)	36,9 ($\pm 1,5$)	532 (± 47)

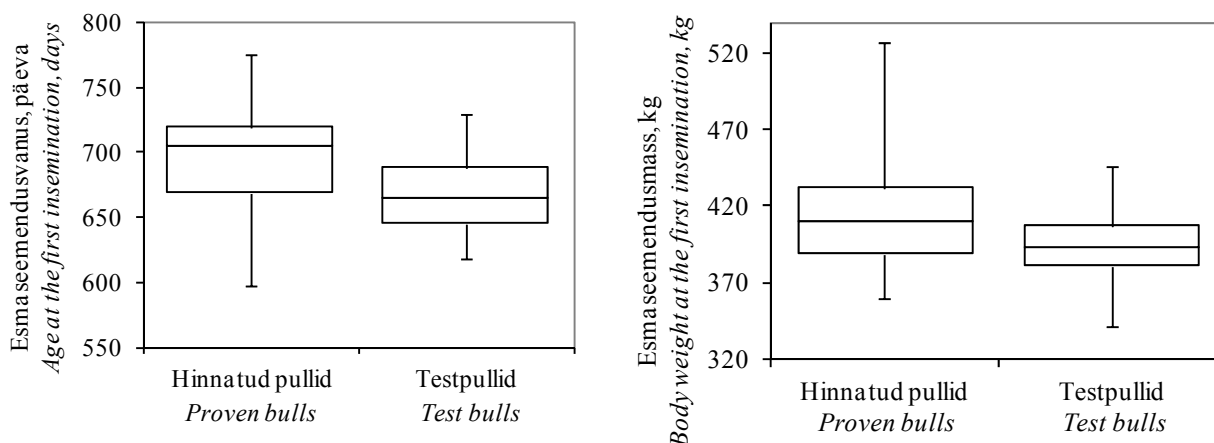
Jagades antud uuringus kasutatud pullid test- ja hinnatud pullideks, ilmneb statistiliselt oluline erinevus nende tütarde keskmiste esmaseemendusvanuste vahel ($p = 0,044$) ja keskmiste kehamasside vahel esmaseemendamisel ($p = 0,019$). Testpullide tütreid on seemendatud keskmiselt 28 päeva varem, millest on tingitud ka nende keskmiselt 26 kg võrra väiksem kehamass esmaseemendamisel (tabel 4, joonis 5). Testpullide tütarde varasemast seemendamisest on tingitud ka nende väiksem hinnanguline juurdekasvu kiirus teisel eluaastal – on ju

selle parameetri arvutamisel võetud arvesse kehamassi suurenemist kuni esimese seemenduseni, mis aga testpullide tütardele jätab kõrvale suurima kasvukiirusega perioodi 700 päeva vanuses (vt joonis 3). Statistiliselt olulisi erinevusi test- ja hinnatud pullide tütarde sünnimasside ja kasvukiiruste vahel ei ilmnenud, samuti puudusid erinevused tiinestuvuses esimesest seemendusest ja tiinestumiseks kulunud seemenduste arvust.

Tabel 4. Tütarde keskmised (\pm standardhälve) sünnimassid ning juurdekasvu ja seemendamist iseloomustavad parameetrid hinnatud ja testpullidel. Hinnatud ja testpullide erinevuste statistiline olulisus leiti t-testiga, va seemenduste arv (Wilcoxon test) ja tiinestuvus (Fisheri täpne test).

Table 4. Average (\pm standard deviation) birth weights, gain parameters and insemination parameters of test and proven bulls' daughters. The differences were tested with t-test, except the number of inseminations (Wilcoxon test) and non-return rate (Fisher exact test).

	Hinnatud pullid <i>Proven bulls</i>	Testpullid <i>Test bulls</i>	<i>p</i> -väärtus <i>p</i> -value
Sünnimass, kg <i>Birth weight, kg</i>	36,5 (\pm 2,0)	35,5 (\pm 2,2)	0,125
Juurdekasv ööpäevas esmaseemenduseni, g ööp-1 <i>Daily gain from birth to first insemination, g day-1</i>	548 (\pm 48)	534 (\pm 42)	0,391
sh. esimesel eluaastal <i>including the first year</i>	679 (\pm 69)	704 (\pm 70)	0,287
teisel eluaastal kuni esmaseemenduseni <i>the second year</i>	399 (\pm 94)	326 (\pm 75)	0,021
Kehamass 550 päevaselt, kg <i>Body weight at the age of 550 days, kg</i>	323,2 (\pm 29,3)	329,5 (\pm 29,1)	0,523
Kehamass esmaseemendamisel, kg <i>Body weight at the first insemination, kg</i>	419,2 (\pm 41,9)	393,4 (\pm 26,8)	0,019
Esmaseemendusvanus, päeva <i>Age at the first insemination, days</i>	698,2 (\pm 40,5)	670,6 (\pm 35,7)	0,044
Tiinestuvus esimesest seemendusest <i>Non-return rate at the first insemination</i>	0,50 (\pm 0,51)	0,45 (\pm 0,52)	0,254
Seemenduste arv <i>Number of inseminations</i>	1,82 (\pm 1,15)	2,00 (\pm 1,26)	0,683



Joonis 5. Vasikate esmaseemendusvanus ja -mass sõltuvalt isa kuulumisest hinnatud või testpullide hulka. Joonisel on esitatud minimaalsed väärtused, alumised kvartiilid, mediaanid, ülemised kvartiilid ja maksimaalsed väärtused.

Figure 5. Age and body weight at the first insemination of test and proven bulls' daughters. On the diagrams the minimum, lower quartile, median, upper quartile and maximum values are presented.

Vasikate kehamassi ja selle muutust iseloomustavate näitajate lineaarsed korrelatsioonikordajad isa ja ema geneetiliste parameetrite ja ema vanusega on esitatud tabelis 5. Nii isade kui ka emade suhtelised somaatiliste rakkude aretusväärtused (SSAV) ei ole märkimisväärselt seotud järglaste kehamassiga. Küll on ema suhtelisel piimajõudluse aretusväärtusel (SPAV) nõrk positiivne ja statistiliselt oluline ($p < 0,05$) seos järglaste

sünnimassiga ning nõrk negatiivne seos kasvukiirusega. Pullide SPAV järglaste kasvukiirusega ja sünnimassiga seotud pole. Seevastu Coffey jt. (2006), kes võrdlesid kõrge ja keskmise rasva- ja valgutoodangu aretusväärtusega vanemate järglaste kasvukiirust, leidsid, et suurema rasva- ja valgutoodangu aretusväärtusega vasikad kasvasid kiiremini ja olid esimesel poegimisel raskemad.

Tabel 5. Vasikate kehamassi ja selle muutust iseloomustavate näitajate lineaarsed korrelatsioonikordajad isa ja ema geneetiliste parameetrite ja ema vanusega.**Table 5.** Linear correlations between calves' body weight parameters and sires' and dams' breeding values and dams' calving age.

	Isa / Sire		Ema / Dam		
	SPAV	SSAV	SPAV	SSAV	Vanus poegimisel Calving age
Sünnimass <i>Birth weight</i>	0,096	-0,107	0,274*	-0,190	-0,220
Juurdekasv ööpäevas esmaseemenduseni <i>Daily gain from birth to first insemination</i>	-0,106	0,125	-0,123	-0,023	0,317*
Vanus 380 kg saavutamisel <i>Age at 380 kg</i>	0,006	-0,137	0,206	-0,107	-0,336*
Kehamass 550 päevaselt <i>Body weight at the age of 550 days</i>	0,106	0,059	-0,214	0,087	0,284 *
Kehamass esmaseemendamisel <i>Body weight at the first insemination</i>	-0,289*	0,277*	0,058	0,007	0,266*
Esmaseemendusvanus <i>Age at the first insemination</i>	-0,276*	0,169	0,283*	-0,007	-0,037

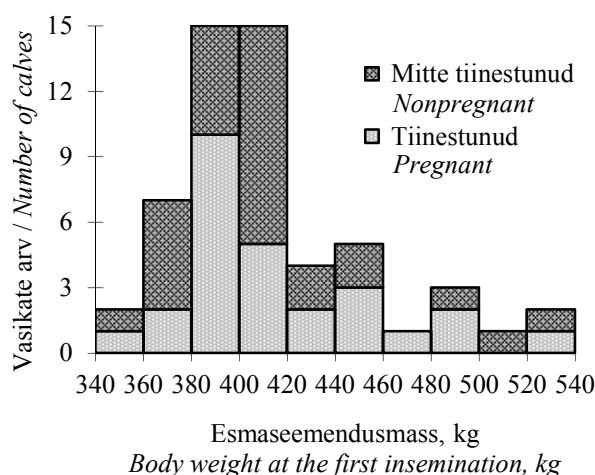
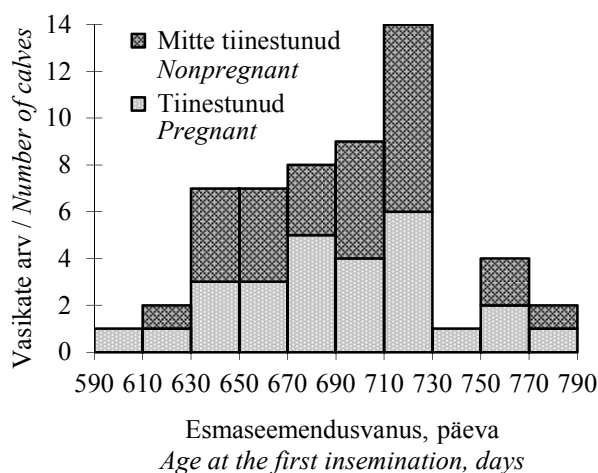
* $p < 0,05$

Mullikate esmaseemendusvanus ja kehamass esimesel seemendamisel on negatiivselt seotud isa suhtelise piimajõudluse aretusväärtusega – mida kõrgema SPAV-ga oli pull, seda varem tema tütar keskmiselt seemendati ja seda väiksema kehamassiga see tütar siis ka oli. See seos on tingitud test- ja hinnatud pullide suurest erinevusest antud uuringus, testpullide tütreid seemendati oluliselt varem, samas oli testpullide SPAV statistiliselt oluliselt suurem kui hinnatud pullide SPAV (vastavalt 109,5 ja 97,7; $p = 0,010$).

Ema vanus poegimisel on statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$) seotud järglaste kasvukiirusega, kusjuures mida vanem on ema, seda kiiremini vasikas kasvab. Nõrk statistiliselt oluline positiivne seos on ka ema vanuse ja järglase 550 päeva kehamassi ning esimese seemendamise aegse kehamassi vahel. Ema vanuse ja järglase sünnimassi vahel on nõrk aga statistiliselt mitteoluline ($p > 0,05$) negatiivne seos – mida vanem on ema, seda väiksem on keskmiselt vasika sünnimass. Statistiliselt olulise negatiivse seose ema vanuse ja järglase sünnimassi vahel leidsid oma uurimistöös aga Bayram ja Aksakal (2009).

Seemendamine, tiinestuvus. Esimesel seemendamisel tiinestunud ja mitte tiinestunud mullikate jagunemine esmaseemendusvanuste ja esmaseemendusmasside alusel on kujutatud joonisel 6. Mingit erinevust esmaseemendusvanuste ja esmaseemendusmasside jaotustes ei ilmne. Keskmised sünnimassid ja juurdekasvu iseloomustavad suurused sõltuvalt esimese seemenduse edukusest on toodud tabelis 6. Mitte ühegi uuritud suuruse korral tiinestunud ja mitte tiinestunud vasikate vahel statistiliselt olulist erinevust ei ilmenud ($p > 0,05$).

Seevastu Hansen (1999) leidis oma uurimustöös, et nii väiksema kehamassiga mullikate kui ka 1.–3. laktatsiooni lehmade tiinestamiseks kulub vähem seemendus-kordi võrreldes suurema kehamassiga veistega. Samuti leidis ta, et produktiivne eluiga oli väikest kasvu veistel 15,4% pikem, kui suurt kasvu veistel. Weller ja Ezra (2008) raporteerisid oma uurimistöös negatiivsest seosest vasikate 150–500 päeva kasvukiiruse ning sigivuse ja eluea vahel.

**Joonis 6.** Vasikate jagunemine esmaseemendusvanuste ja esmaseemendusmasside alusel sõltuvalt tiinestumisest.**Figure 6.** Distribution of calves by age and body weight at the first insemination depending on the pregnancy rate after the first insemination.

Tabel 6. Esimese seemenduse tulemusel tiinestunud ja mitte tiinestunud vasikate keskmine (\pm standardhälve) sünnimass ja hinnangulised juurdekasvu iseloomustavad suurused ning nende vahelise erinevuse statistiline olulisus (t-testi alusel).

Table 6. Average (\pm standard deviation) birth weights and gain parameters depending on the pregnancy rate after the first insemination. The differences were tested with t-test.

	Tiinestunud <i>Pregnant</i>	Mitte tiinestunud <i>Nonpregnant</i>	<i>p</i> -väärtus <i>p-value</i>
Sünnimass, kg <i>Birth weight, kg</i>	36,4 (\pm 1,8)	36,5 (\pm 1,8)	0,850
Juurdekasv ööpäevas esmaseemenduseni, g ööp-1 <i>Daily gain from birth to first insemination, g day-1</i>	548 (\pm 49)	543 (\pm 45)	0,698
sh. esimesel eluaastal including the first year	688 (\pm 68)	680 (\pm 71)	0,684
teisel eluaastal kuni esmaseemenduseni the second year	384 (\pm 95)	384 (\pm 95)	0,970
Kehamass 550 päevaselt, kg <i>Body weight at the age of 550 days, kg</i>	329,2 (\pm 28,3)	319,9 (\pm 29,6)	0,237
Kehamass esmaseemendamisel, kg <i>Body weight at the first insemination, kg</i>	414,6 (\pm 41,7)	413,4 (\pm 40,0)	0,910
Esmaseemendusvanus, päeva <i>Age at the first insemination, days</i>	690,9 (\pm 42,4)	694,4 (\pm 40,0)	0,749

Kokkuvõte ja järeldused

Käesolevas töös uuriti lehmvasikate kasvamist tootmisfarmis sündimisest seemendamiseni. Andmed koguti 67 holsteini tõugu lehmvasikalt, kes sündisid 2005. aasta septembris ja oktoobris neljas laudas. Lehmvasikate sünnimass ja edasised massi-iibe arvutamise aluseks olnud kehamassid määrati mõõdulindiga. Mõõtmised toimusid keskmiselt 45-päevaste vahedega kuni keskmiselt 763 päeva vanuseni ning lehmvasikate kasvukõver modelleeriti kahekordse logistilise regressioonimudeli abil. Lisaks fikseeriti andmed lehmvasikate vanemate, nende aretusväärtuste, ema vanuse ja vasika seemendus- te kohta.

Andmete analüüsimisel jõuti järgmiste tulemusteni.

- Vasikate keskmine sünnimass antud uuringus oli 36,3 kg; seejuures ei sõltunud sünnimass statistiliselt oluliselt vasikate isadest ja sünnifarmidest, nõrk positiivne seos ilmnas vaid vasika sünnimassi ja ema suhtelise piimajõudluse aretusväärtuse vahel ($r = 0,274$) ning nõrk negatiivne seos vasika sünnimassi ja ema vanuse vahel ($r = -0,220$).
- Sünnimass ei mõjutanud statistiliselt oluliselt vasikate edasist juurdekasvu ja tiinestumist.
- Vasikate noorkarjalauta viimise vanused olid erinevate sünnifarmide korral statistiliselt oluliselt erinevad, kusjuures see erinevus peegeldus ka vasikate sünnijärgses kasvukiiruses – mida varem vasikad noorkarjalauta viidi, seda väiksem oli nende kasvukiirus esimesel kahel elukuul. Edasist juurdekasvu ja tiinestumist sünnifarm ja noorkarjalauta üleviimise aeg ei mõjutanud.
- Vasikate keskmine juurdekasv ööpäevas sünnist esmaseemenduseni oli 545 grammi, sh esimesel eluaastal 684 grammi ja teisel eluaastal kuni esimese seemenduseni 384 grammi.
- Vasikate kasvamine toimus kahes etapis – hinnanguline kasvukiirus oli maksimaalne vanustes 155 ja 746 päeva (keskmiselt 881 ja 1092 g ööp-1) ning minimaalne vanuses 460 päeva (keskmiselt 187 g ööp-1). Keskmine kehamass 460 ja 550 päeva (15 ja 18 kuu) vanuses oli vastavalt 307,5 ja 324,4 kg ning keskmine vanus 380 kg saavutamisel 620,4 päeva.

- Esimene seemendus toimus keskmiselt 693 päeva (22,7 kuu) vanuselt, millal mullikad kaalusid keskmiselt 414,0 kg, ning tiinestav seemendus keskmiselt 721 päeva (23,6 kuu) vanuselt, millal mullikad kaalusid keskmiselt 448,0 kg. Tiinestuvus esimesest seemendusest ei sõltunud vasikate kasvukiirusest ja seemendamisaegsest kehamassist.

- Nii kasvukiiruse suur muutus kui ka kõrge esmaseemendusvanus antud uuringus on eelkõige põhjendatavad ilmastiku, söötmise ja pidamistingimustega vaatlusalusel ajaperioodil.

- Testpullide tütreid seemendati keskmiselt 28 päeva varem ja 26 kg kergemana kui hinnatud pullide tütreid, need erinevused olid ka statistiliselt olulised. Juurdekasvu kiiruses ja tiinestuvuses test- ja hinnatud pullide tütarde vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei ilmnend.

Kasutatud kirjandus / References

- Bayram, B., Aksakal, V. 2009. Estimates of genetic and phenotypic parameters for the birth weight of calves of holstein friesian cattle reared organically. – Journal of Animal and Veterinary Advances, 8, 568–572.
- Brotherstone, S., Coffey, M. P., Banos, G. 2007. Genetic Parameters of Growth in Dairy Cattle and Associations Between Growth and Health Traits. – Journal of Dairy Science, 90, 444–450.
- Coffey, M. P., Hickey, J., Brotherstone, S. 2006. Genetic Aspects of Growth of Holstein-Friesian Dairy Cows from Birth to Maturity. – Journal of Dairy Science, 89, 322–329.
- Foldager, J., Sejrsen, K. 1991. Rearing intensity in dairy heifers and the effect on subsequent milk production. – Report No. 693. The National Institute of Animal Science, Foulum, Denmark.
- Hansen, L. B., Cole, J. B., Marx, G. D., Seykora A. J. 1999. Productive Life and Reasons for Disposal of Holstein Cows Selected for Large Versus Small Body Size. – Journal of Dairy Science, 82, 795–801.
- Heinrichs, A. J., Losinger, W. C. 1998. Growth of Holstein dairy heifers in the United States. – Journal of Animal Science, 76, 1254–1260.
- Hoffman, P. C., Brehm, N. M., Price, S. G., Prill-Adams, A. 1996. Effect of Accelerated Postpubertal Growth and

- Early Calving on Lactation Performance of Primiparous Holstein Heifers. – *Journal of Dairy Science*, 79, 2024–2031.
- Hoffman, P. C., Funk, D. A. 1992. Applied Dynamics of Dairy Replacement Growth and Management. – *Journal of Animal Science*, 75, 2504–2516.
- Jõudluskontrolli Keskus. 2008a. Muutub sündmuste esitamine. [<http://www.jkkeskus.ee/uudis36.htm>]. 18. mai 2010.
- Jõudluskontrolli Keskus. 2008b. Jõudluskontrolli Keskuse Aastaraamat 2007. Elmatar, Tartu, 52 lk.
- Jõudluskontrolli Keskus. 2010. Jõudluskontrolli Keskuse Aastaraamat 2009. Elmatar, Tartu, 52 lk.
- Lin, C. Y., McAllister, A. J., Batra, T. R., Lee, A. J. 1988. Effects of Early and Late Breeding of Heifers on Multiple Lactation Performance of Dairy Cows. – *Journal of Dairy Science*, 71, 2735–2743.
- Mourits, M. C. M., Dijkhuizen, A. A., Huirne, R. B. M., Galligan, D. T. 1997. Technical and Economic Models to Support Heifer Management Decisions: Basic Concepts. – *Journal of Dairy Science*, 80, 1406–1415.
- Mäntysaari, P., Ojala, M., Mäntysaari, A. E. 2002. Measures of before and after breeding daily gains of dairy replacement heifers and their relationship with first lactation milk production traits. – *Livestock Science*, 75, 313–322.
- Nilsforooshan, M. A., Edriss, M. A. 2004. Effect of Age at First Calving on Some Productive and Longevity Traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. – *Journal of Dairy Science*, 87, 2130–2135.
- Pettersson, K., Svensson, C., Liberg, P. 2001. Housing, Feeding and Management of Calves and Replacement Heifers in Swedish Dairy Herds. – *Acta Veterinaria Scandinavica*, 42, 465–478.
- Svensson, C., Hultgren, J. 2008. Associations Between Housing, Management, and Morbidity During Rearing and Subsequent First-Lactation Milk Production of Dairy Cows in Southwest Sweden. – *Journal of Dairy Science*, 91, 1510–1518.
- Tozer, P. R., Heinrichs, A. J. 2001. What Affects the Costs of Raising Replacement Dairy Heifers: A Multiple-Component Analysis. – *Journal of Dairy Science*, 84, 1836–1844.
- Valsts aģentūra Lauksaimniecības datu centrs. 2008. Results of animal recording 2007. Madonas poligrāfists, Rīga, 80 lk.
- Weller, J. I., Ezra, E. 2008. Genetic analysis of the growth rate of Israeli Holstein calves. – *Animal*, 2, 1717–1723.

Rearing female dairy calves from birth to first insemination

S. Lehtsalu, T. Kaart, H. Kiiman

Summary

Dairy calf and heifer management practices throughout the rearing process have an impact on the longevity of a dairy cow and the herd economy as a whole. Short rearing periods are desirable primarily from economic and genetic standpoints. Dairy calf growth rate is an indicator of the effectiveness of farm management. Age is the most common criteria used for deciding both weaning and breeding time. The aim of the present study was to assess the female dairy calf weight gain from birth to first artificial insemination on a production farm. Experimental data for this investigation were obtained from Halvinga OÜ and Agroland SYD OÜ.

The data included the birth weights of 67 and body weights of 55 Estonian Holstein female dairy calves from birth to on an average 763 days (determined using a tape measure once every 1.5 months). Data on parents, breeding values and inseminations were also used.

The statistical analyses of the data revealed that the average birth weight of a dairy calves was 36.3 kg. The bull did not affect the birth weight of dairy calf, but a weak positive connection was observed between birth weight and mother's breeding value ($r = 0,274$). A weak negative relationship was found between the birth weight and mother's age ($r = -0,220$). Birth weight of a dairy calf did not have a statistically significant effect on the average daily gain. The average growth rate from birth to the first artificial insemination was 545 grams, thereby in the first year 684 grams and in the second year 384 grams. The growth of female dairy calves occurred in two distinctive periods – the estimated growth rate was maximal at 155 and 746 days (881 and 1092 grams per day, on average) and the lowest at 460 days (187 grams per day, on average). The mean body weight at 460 and 550 days (i.e. at the age of 15 and 18 months) was 307.5 kg and 324.4 kg, respectively, while the mean age at gaining 380 kg was 620.4 days. At the first insemination the average age of heifers was 22.7 months and body weight 414 kg. On an average, the test bulls' daughters were artificially inseminated 28 days earlier and at 26 kg lower body weight, compared with the daughters of the estimated bulls. These differences were statistically significant.

THE EFFECT OF NON-WOVEN FLEECE ON THE YIELD AND PRODUCTION CHARACTERISTICS OF VEGETABLES

Margit Olle*, Ingrid Bender

*Jogeva Plant Breeding Institute, J. Aamisepa 1 Jõgeva alevik 48309 Estonia
margit.olle@jpbi.ee*

ABSTRACT. *The aim of present investigation was to give an overview about the effect of non-woven fleece on the yield and production characteristics of vegetables. Non-woven fleece increased early yield, total yield, germination, development and growth speed, plant height, number and area of leaves of plants and protects against low temperature and frost. Use of non-woven fleece reduced insect pests damage, and protection quality regarding to lower content of pigments, vitamin C, dry matter and sugar.*

Keywords: *vegetables, non-woven fleece, yield, quality, production characteristics.*

Introduction

Non-woven fleece is used to modify a plants natural environment in order to optimize plants growth. It is also used to protect plants from insects, cold and wind. Protecting from frost is important to extend the growing season of a crop. By using non-woven fleece as plant cover generally results in early crop production, which gives higher crop prices at local markets.

Non-woven fleece is generally used to enclose one or more rows of plants in order to enhance crop growth and production by increasing both air and soil temperatures and reducing wind damage.

A medium weight non-woven fleece will give from 2 to 6 degrees of frost protection and has about 70 to 85 percent light transmission. The heavier materials offer up to 8 degrees of frost protection, but they inhibit day-light transmission down to as much as 50%.

The lighter non-woven fleece is so light that it can 'float' right on top of most seedlings. As the plants grow, they push the row cover fabric up. Medium and heavier grades need to be supported on wire hoops to form a low tunnel in which plants thrive.

Non-woven fleece is known under several other names: Agribon cover of polypropylene, agrotexile, agryl cover, Agryl cover sheet, floating row cover, Grow-Web fleece, non-woven fabrics, non-woven fabrics row cover, non-woven polypropylene, non-woven polypropylene agrotexile, polypropylene, polypropylene cover, polypropylene film, polypropylene fleece, polypropylene needled cloth, polypropylene non-woven fabric Agryl P-17, polypropylene sheeting cover, row cover, spunbonded polypropylene, spunweb covering. Covers are sold under several trade names, including Agribon, Agronet, Harvest Guard and Agryl, Reemay, Spunweb, Typar, all available in a variety of widths and lengths.

Several investigations have been carried out to assess the effect of non-woven fleece on the yield of vegetables. Few investigations are carried out considering the effect of non-woven fleece on the production characteristics of plants. The aim of present investigation was to give an overview about the effect of non-woven fleece on the yield and production characteristics of vegetables.

Growth of vegetables

Row covers promoted earlier growth of lettuce (Rekika *et al.*, 2009). Covering the squash crop with polypropylene cover improved vegetative growth (Lopez, 1998). Covering carrots with non-woven polypropylene enhanced growth (Grudzien, 1994). Lettuce plants covered with Agryl cover sheet grew faster than uncovered plants (Anonym, 2006). Hamamoto (1996) showed that spinach plants covered with spunbonded polypropylene grew more rapidly than non-covered ones. Covering cabbages with non-woven fabrics row cover increased the daytime temperature by about 3°C in comparison to cabbages grown without covers, which promoted plant growth (Morishita, Azuma, 1990). **Conclusions:** Vegetables covered with non-woven fleece grew faster than uncovered plants.

Development of vegetables

Floating row covers can be used to stimulate germination of radish (Rekika *et al.*, 2008 a). Covering cucumber plants with non-woven polypropylene reduced the period from seeds sowing to seedlings emergence in a cool year (Rumpel, 1994). The floating row cover decreased emergence time of carrots plants by 0.5 day compared to control plants (Rekika *et al.*, 2008b). Leaves of spinach plants covered with spunbonded polypropylene appeared and extended more rapidly than non-covered ones (Hamamoto, 1996). Cerne (1994) reported that covering cucumbers with agrotexiles increased the vegetative development rate. Reghin *et al.* (2002a) found that non-woven polypropylene promoted faster chinese cabbage plant development. Row covers promoted earlier maturity of lettuce (Rekika *et al.*, 2009). Broccoli heads grown under polypropylene non-woven fabric Agryl P-17 were 3–4 days earlier ready to harvest in comparison with the control plants (Kunicki *et al.*, 1996). **Conclusions:** Vegetables covered with non-woven fleece germinate faster and reach earlier maturity than plants in control. The development rate of

vegetables is increased when plants are grown under non-woven fleece.

Yield of vegetables

Head weights of lettuce were heavier, when plants were grown under polypropylene cover than in control (Rekika *et al.*, 2009). Head weights of lettuce under agrotexile low tunnels were higher than those from the control plots (Jenni *et al.*, 2003). Anonym (2006) harvested lettuce 10 to 14 days earlier under Agryl cover sheet as compared with uncovered plants. Moreover, Agryl cover sheet increased the total yield, number of exportable lettuce and increased the head quality compared with lettuce grown in open field. White polypropylene row cover produced positive results in yield and early harvest of lettuce (Reghin *et al.*, 2002 b). Rekowska and Skupien (2007) reported that covering with non-woven polypropylene was found to increase the yield of spring garlic in comparison to open field cultivation. The highest yield was obtained, when dill plants were grown under polypropylene film (Słodkowski *et al.*, 1999). Broccoli heads grown under polypropylene non-woven fabric Agryl P-17 were significantly heavier than those from control plants (Kunicki *et al.*, 1996). Chinese cabbage heads grown under non-woven fleece were heavier than those from control plants (Moreno *et al.*, 2001a; Moreno *et al.*, 2001b). Fresh weight of chinese cabbage was greater under non-woven fleece polypropylene cover compared to control (Pulgar *et al.*, 2001). Hernandez *et al.* (2004) found that under polypropylene sheeting cover the yield of chinese cabbage increased compared to control plants. Under non-woven polypropylene grown chinese cabbage plants had higher fresh weight compared to control plants (Reghin *et al.*, 2002a). Polypropylene cover increased early yield and total yield of sweet pepper (Ibarra-Imenez, Rosa-Ibarra, 2004). The use of polypropylene cover significantly increased sweet pepper yield compared to plants in control (Gajc-Wolska, Skapski, 2002). The same results by sweet pepper were found by Rumpel, Grudzien (1990). Lopez (1998) concluded that covering the squash crop with polypropylene cover increased fruit yield. Yield of carrots increased under polypropylene cover compared to uncovered plants (Anyszka *et al.*, 1996). In contrast Peacock (1991) findings demonstrate that covering the crop with polypropylene cover did not significantly increase carrot yield. Furthermore Grudzien (1994) concluded that covering with non-woven polypropylene brought about twice as high early yield of carrots as compared that of the uncovered control. The floating row cover increased fresh weight of carrot leaves and roots during early development compared to control plants (Rekika *et al.*, 2008b). Covering cucumbers with agrotexiles increased the early yield and total yield compared to plants in the open field (Cerne, 1994). Covering cucumber plants with non-woven polypropylene increased the early yield, whereas total marketable yield increased only in the less favourable years (Rumpel, 1994). Higher early yield and total yield of cucumber were recorded in treatments, where plants

were covered with Agribon cover of polypropylene compared to plants in control (Ibarra-Jimenez *et al.*, 2004). Covering plants with a spunbonded non-woven polypropylene fabric increased beet root biomass compared to uncovered plants (Gimenez *et al.*, 2002). Biesiada (2008) demonstrated that the application of flat covers as non-woven polypropylene agrotexile provided significantly higher early and marketable yield of kohlrabi in comparison to the non-covered control. By using polypropylene row cover marketable yield of tomatoes on open land could be significantly higher than in control (Žnidarcic *et al.*, 2003). The early yield of tomatoes was significantly increased by the use of spunbonded polypropylene cover compared to control (plants grown on open field) (Reiners, Nitzsche, 1993). Covering by polypropylene non-woven fabric increased the yields of beetroot, carrot, radish and spinach (Sodkowski, Rekowska, 2004a). The yield of vegetables grown under polypropylene non-woven fabric cover was significantly higher in comparison to the control (non-covered) (Sodkowski, Rekowska, 2004b). **Conclusions:** Early and total yields are higher when plants are grown under non-woven fleece compared to non-covered plants.

Vegetables characteristics

Row covers promoted the greater leaf area of broccoli (Kunicki *et al.*, 1996). The use of polypropylene cover significantly increased sweet pepper plant height compared to plants in control (Gajc-Wolska, Skapski, 2002). Covering cucumbers with agrotexiles increased the length of vines and number of leaves per plant (Cerne, 1994). Salas *et al.* (2008) found that lettuce plants cultivated under agrotexile were superior with regard to the number of leaves per plant and height aboveground parts. Under non-woven polypropylene grown chinese cabbage plants had higher plant height and diameter (Reghin *et al.*, 2002a). Leaf colour of winter spinach in control was superior to those under spunbonded polypropylene cover (Murakami *et al.*, 2001). **Conclusions:** Vegetables grown under non-woven fleece had greater leaf area, increased number of leaves and increased plant height compared with non-covered plants.

Chemical composition of vegetables

Covering with non-woven polypropylene was found to decrease the amount of dry matter and vitamin C in spring garlic in comparison to open field cultivation (control) (Rekowska, Skupien, 2007). Polypropylene fleece favoured an increase in the levels of NO_3^- in chinese cabbage (Moreno *et al.*, 2002). Moreno *et al.* (2001b) demonstrated that chinese cabbage heads grown under polypropylene contained lowest amount of chlorophyll a, chlorophyll b and carotene than those from control plants. They also found that at the same time the content of heavy metals as Pb and Cd was higher in plants grown under polypropylene compared to plants in control. Chinese cabbage heads grown under non-

woven polypropylene contained higher amounts of lysine, methionine, serine and threonine than in control (Moreno *et al.*, 2005). The concentrations of soluble sugars and pigments of chinese cabbage shoots were lower under non-woven fleece polypropylene cover compared to control (Pulgar *et al.* 2001). Reghin *et al.* (2002a) found that under non-woven polypropylene was higher dry matter content in chinese cabbage plants. Polypropylene cover reduced the chlorophyll content in cauliflower (Anyszka, Dobrzanski, 2004). The content of chlorophyll in the cauliflower leaves was lower under polypropylene cover grown plants than in control plants (Anyszka, Dobrzanski, 2003). Covering the squash crop with polypropylene cover reduced leaf N, P, and K concentrations (Lopez, 1998). The application of flat covers as non-woven polypropylene agrotexile resulted in less dry matter and total sugars, but had little effect on the level of vitamin C in edible parts of kohlrabi in comparison to the non-covered control (Biesiada, 2008). Wierzbicka *et al.* (2007) found that the concentrations of N, Ca and Fe increased significantly in cucumber plants grown under polypropylene needled cloth. Under polypropylene sheeting cover the foliar Ca content in outer leaves of chinese cabbage was lower than in control plants, whereas reverse was true in the inner leaves (Hernandez *et al.*, 2004). Content of ascorbic acid and total sugar of winter spinach in control was superior to those under spunbonded polypropylene cover (Murakami *et al.*, 2001). **Conclusions:** Quality of plants, regarding to chemical composition, is lower, because the content of pigments, vitamin C, dry matter and sugar in vegetables is lower than in non-covered plants.

Pest control

Different trials have been carried out to discover the effect of non-woven fleece on the number of vegetables damaging insects. Floating row covers could be used to reduce insect pests like cabbage maggots (*Delia radicum* L.) and beetle (*Phyllotreta* ssp.) in radish (Rekika *et al.*, 2008a). Aphids and tarnished plant bug damage on crisphead lettuce were almost completely excluded by covers (Rekika *et al.*, 2009). The agrotexile was effective as a physical barrier against insect pests in lettuce, reducing infestation (Salas *et al.*, 2008). Broccoli plants grown under polypropylene non-woven fabric Agryl P-17 showed a good control of the cabbage fly (*Delia brassicae*), which destroyed a large number of plants in the control plots (Kunicki *et al.*, 1996). Cebenko (1997) showed that row covers are especially useful against very mobile pests like cabbage moth and most aphids. Non-woven fabrics row cover protected cabbage from insect pests such as aphids and lepidopterous larvae (Morishita, Azuma, 1990). The non-woven fleece gave a good control on both cabbage and carrot plots by reducing damage by the cabbage root fly, and the carrot fly (Nawrocka, 1996). Polypropylene film covers applied to carrots to exclude adult flies reduced carrot fly damage compared to plants in control (Davies and Collier, 2000). The floating row cover reduced carrot weevil damage compared to control plants (Rekika *et al.*, 2008 b). Jeraša *et al.* (2003)

reported that lesser extent of damage caused by feeding of onion thrips on leek was found in plots with polypropylene cover compared to plants in control. Covering turnips with non-woven fleece excluded both *Myzus persicae* and *Bemisia tabaci* injury on plants compared to control plants (Bedford *et al.*, 1994). **Conclusions:** Non-woven fleece can be used to reduce insect pests damage on vegetables.

Frost protection

Floating row covers can be used to protect radish crops from low temperature (Rekika *et al.*, 2008 a). White polypropylene row cover protected lettuce plants against the frost (Reghin *et al.*, 2002 b). Covering cucumber plants with non-woven polypropylene prevented cucumber seedlings from frost damage at late spring frost of -3.2°C (Rumpel, 1994). Reghin *et al.* (2002a) found that non-woven polypropylene protected the chinese cabbage plants against frost. **Conclusions:** Non-woven fleece protects vegetables against low temperature and frost.

Discussion

Early yield of vegetables is higher when plants are grown under non-woven fleece compared to non-covered plants. Non-woven fleece is important tool to use gathering vegetables yield earliness. The mechanism is simple: in the spring time, when vegetables are sown or planted the temperature is not reached the optimum of each plant type, therefore covering plants with non-woven fleece helps to increase the air and soil temperature (Cerne, 1994). If temperature increases and it will be more near optimum the development of vegetables fastens.

The total yield of vegetables is higher when plants are grown under non-woven fleece compared to non-covered plants. The total yield of vegetables is influenced by higher temperature under the non-woven fleece, but it is influenced by the factor that temperature under the fleece is more even regarding the lower temperature during the nights and higher temperature during the days. Low temperatures can result in poor growth. Photosynthesis is slowed down at low temperatures. Since photosynthesis is slowed, growth is slowed, and this results in lower yields. Plants grown at low temperatures have a lower capacity for water and solute uptake than those grown under non-woven fleece, where the temperature is higher. In May and June, when temperatures are not reached optimum for each crop, under non-woven polypropylene cover the temperature was higher and the yield of sweet pepper was also higher (Gajc-Wolska, Skapski, 2002). Therefore the greatest advantage of non-woven fleece gained from soil warming occurred early in the growing season, but the advantages decreased as the season progressed (Gimenez *et al.*, 2002). High temperatures it means temperature over the optimum (normally over 30°C) de-

creases the yield of several agronomical crops (McKeown *et al.*, 2006).

Vegetables covered with non-woven fleece grew faster than uncovered plants. Under the fleece the microclimate is favoured, temperature is higher and it is more even and therefore the plants grow faster (Hammoto, 1996). Some authors (Hamouz *et al.*, 2006a); (Hamouz *et al.*, 2006b); (Morishita, Azuma, 1990) have recorded that the temperature under the non-woven fleece can be 2–3°C higher than plants grown without covers. In general, growth is promoted when temperature rises and inhibited if the temperature falls. Each species has a minimum temperature, below which it fails to grow; an optimum at which the growth rate is highest; and a maximum, above which, growth comes to an end. The optimum temperature may vary with each stage of development and with the length of time the temperature prevails.

Vegetables covered with non-woven fleece germinate faster and reach earlier maturity than plants in control. Seeds from different species and even seeds from the same plant germinate over a wide range of temperatures. Often seeds have a set of temperature ranges where they will germinate and will not do so above or below this range, many vegetables seeds germinate at temperatures slightly higher than room-temperature (16–24°C), while others germinate just above freezing and others germinate only in response to alternation in temperature between warm and cool. Those main part of seeds, which germinate at temperatures slightly higher than room-temperature (16–24°C), are responding very quickly to the changes of temperature, and if the temperature is already 3 degrees higher (normally in the spring time the temperature is not too high in Northern countries) then it fastens up germination process. Germination is mostly influenced by the soil temperature. Covering plants with non-woven fleece of course increases the soil temperature, which results in quicker germination process.

The vegetative development of vegetables is increased when plants are grown under non-woven fleece. Under non-woven fleece plants are grown in higher temperature conditions. All stages of development are sensitive to temperature. It is the main factor controlling the rate of crop development. Development generally accelerates as temperature increases, a phenomenon that is often described as a linear function of daily average temperature. The growing degree day concept is a common example of a linear model of developmental response to temperature.

Vegetables grown under non-woven fleece had greater leaf area, increased number of leaves and increased plant height compared with non-covered plants. Soil temperature is increased under non-woven fleece. Early-season soil temperature affects leaf appearance and expansion rates. Under higher temperature in the beginning of growing season the leaf area development enhances (Gimenez, 2002). The shoot length is shorter at lower temperatures, because plants grown at low temperatures have a lower capacity for water and solute uptake than those grown under non-woven fleece, where the temperature is higher.

Quality of plants, regarding to chemical composition, is lower, because the content of pigments, vitamin C, dry matter and sugar in vegetables is lower than in non-covered plants. Plant quality may be evaluated by the combination of any number of plant characteristics, like pigments, vitamin C and sugar content. Covered plants received higher air and root temperatures and showed the lowest chlorophyll a, chlorophyll b and carotene contents (Moreno *et al.*, 2001b). A temperature higher than optimum during the growing season for each crop decreases the content of carotene (Ibrahim *et al.*, 2006). Carotene content may be reduced by high temperatures prevailing in the hot summer period. High temperatures decreased the content of chlorophyll (Ibrahim *et al.*, 2006). Highest content of total ascorbic acid can be found at lower temperatures than optimum for each crop (Proietti *et al.*, 2009). A temperature higher than optimum for each crop increases respiration rates, reducing sugar content of produce (Pulgar *et al.*, 2001). Vegetables grown in heat will be less sweet. The general conclusion drawn from the reports of several other investigators is that too high temperatures decelerate and under certain conditions inhibit photosynthesis.

Non-woven fleece can be used to reduce insect pests and birds damage on vegetables, because it protects vegetables and therefore pests and birds can not damage plants. Non-woven fleece protects vegetables against low temperature, wind and frost.

Non-woven fleece have many positive effects on the growth of vegetables, but still it has also negative effects like the contents of important vitamins and sugars are lower.

Conclusions

Non-woven fleece increased early yield, total yield, germination, development and growth speed, plant height, number and area of leaves of plants and protects against low temperature and frost. Use of non-woven fleece reduced insect pests damage, and protection quality regarding to lower content of pigments, vitamin C, dry matter and sugar.

References

- Anonym. 2006. Effects of Agril (Polypropylene) Cover Film on the Microclimate, Yield and Quality of Lettuce. – Egyptian Journal of Applied Sciences, 21(5), p. 279–295.
- Anyszka, Z., Dobranski, A. 2003. Weed infestation and herbicides performance in early cauliflower grown under non-woven polypropylene cover. – Sodininkyste ir Darziniukyste, 22(3), p. 488–496.
- Anyszka, Z., Dobranski, A. 2004. Influence of herbicides on some ecophysiological factors on the growth and chlorophyll content in leaves of vegetables. – Progress in Plant Protection, 44(2), p. 580–583.
- Anyszka, Z., Dobranski, A., Paczynski, J. 1996. Weed control in carrots under covers of non-woven polypropylene. – Proceedings of the second international weed control congress, Copenhagen, Denmark, 25–28 June 1996, Volumes 1–4, p. 1049–1052.

- Bedford, I. D., Markham, P. G., Strauss, P. A. 1994. A study of the effectiveness of crop covering with IPM, using an Amoco non-woven fleece as a barrier to aphids, whiteflies and their associated plant viruses. – *Proceedings – Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases, 1994, vol. 3*, p. 1163–1168.
- Biesiada, A. 2008. Effect of flat covers and plant density on yielding and quality of kohlrabi. – *J. Elementol.*, 13(2), p. 167–173.
- Cebenko, J. J. 1997. Organic pest controls. – *Organic gardening*, 44(5), p. 45–48, 50.
- Cerne, M. 1994. Different agrotexiles for direct covering of pickling cucumbers. – *Acta Horticulturae*, 371, p. 247–252.
- Davies, J., Collier, R. 2000. Strategies for controlling carrot fly while minimizing pesticide inputs. – *Acta Horticulturae*, 533, p. 575–582.
- Gajc-Wolska, J., Skapski, H. 2002. Yield of field grown sweet pepper depending on cultivars and growing conditions. – *Folia Horticulturae*, 14(1), p. 95–103.
- Gimenez, C., Otto, R. F., Castilla, N. 2002. Productivity of leaf and root vegetable crops under direct cover. – *Scientia Horticulturae*, 94(1–2), p. 1–11.
- Grudzien, K. 1994. Timing of early carrots by means of direct covers. – *Acta Horticulturae*, 371, p. 323–326.
- Hamamoto, H. 1996. Effect of non-woven rowcover on plant environment and growth. – *Japan Agricultural Research Quarterly*, 30(1), p. 49–53.
- Hamouz, K., Lachman, J., Dvorak, P., Trnkova, E. 2006a. Influence of non-woven fleece on the yield formation of early potatoes. – *Plant, Soil and Environment*, 52(7), p. 289–294.
- Hamouz, K., Dvorak, P., Pazdera, J. 2006b. Influence of non-woven fleece on the yield of early irrigated potatoes. – *Collection of Scientific papers, Faculty of Agriculture in Ceske Budejovice, Series of Crop Sciences*, 23(2), p. 69–74.
- Hernandez, J., Soriano, T., Morales, M. I., Castilla, N. 2004. Row covers for quality improvement of Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *Pekinensis*). – *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32(4), p. 379–388.
- Ibarra-Jimenez, L., Rosa-Ibarra, M. 2004. Comparison between microtunnels with polyethylene and polypropylene in cucumber and sweet pepper with plastic mulching. – *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 10(2), p. 133–139.
- Ibarra-Jimenez, L., Quezada-Martin, M. R., Rosa-Ibarra, M. 2004. The effect of plastic mulch and row covers on the growth and physiology of cucumber. – *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, p. 91–94.
- Ibrahim, M. A., Nissinen, A., Prozhnerina, N., Oksanen, E. J., Holopainen, K. 2006. The influence of exogenous monoterpene treatment and elevated temperature on growth, physiology, chemical content and headspace volatiles of two carrot cultivars (*Daucus carota* L.). – *Environmental and experimental Botany*, 56(1), p. 95–107.
- Jenni, S., Dubuc, J. F., Stewart, K. A. 2003. Plastic mulches and row covers for early and midseason crisphead lettuce produced on organic soils. – *Canadian Journal of Plant Science*, 83(4), p. 921–929.
- Jeraša, M., Milevoj L., Osvald, J., Trdan, S. 2003. Control of pests and diseases of leek (*Allium porrum* L.). – *Lectures and papers presented at the 6th Slovenian Conference on Plant Protection, Zrece, 4–6 March 2003*, p. 537–541.
- Kunicki, E., Cebula, S., Libik, A., Siwek, P. 1996. The influence of row cover on the development and yield of broccoli in spring production. – *Acta Horticulturae*, 407, p. 377–384.
- Lopez, M. V. 1998. Growth, yield and leaf NPK concentrations in crop-covered squash. – *Journal of Sustainable Agriculture*, 12(4), p. 25–38.
- McKeown, A. W., Warland, J., McDonald, M. R. 2006. Long-term climate and weather patterns in relation to crop yield: a minireview. – *Canadian Journal of Botany*, 84(7), p. 1031–1036.
- Moreno, D. A., Villora, G., Hernandez, J., Castilla, N., Romero, L. 2001a. The response of shoot accumulation of trace elements in Chinese cabbage to microclimate modification. – *Journal of Environmental Science and Health*, A36(9), p. 1611–1620.
- Moreno, D. A., Lopez-Lefebvre, L. R., Villora, G., Ruiz, J. M., Romero, L. 2001b. Floating row covers affect Pb and Cd accumulation and antioxidant status in Chinese cabbage. – *Scientia Horticulturae*, 89(1), p. 85–92.
- Moreno, D. A., Villora, G., Soriano, M. T., Castilla, N., Romero, L. 2002. Floating row covers affect the molybdenum and nitrogen status of Chinese cabbage grown under field conditions. – *Functional Plant Biology*, 29, p. 907–907.
- Moreno, D. A., Villora, G., Soriano, M. T., Castilla, N., Romero, L. 2005. Sulfur, chromium, and selenium accumulated in Chinese cabbage under direct covers. – *Journal of Environmental Management*, 74(1), p. 89–96.
- Morishita, M., Azuma, K. 1990. Use of row cover to protect cabbage from diamondback moth, *Plutella xylostella* L. – *Proceedings of the Kansai Plant Protection Society*, 32, p. 29–34.
- Murakami, K., Inoue, S., Kumakura, H., Iwamami, H., Araki, Y. 2001. Effect of plastic films and row covers on growth and quality of winter spinach. – *Acta Horticulturae*, 559, p. 103–105.
- Nawrocka, B. 1996. The use of non-woven polypropylene fleece and polythene nets for protecting cabbage and carrot crop from attacks by pest Diptera. – *Bulletin OILB/SROP* 19(11), p. 195–199.
- Peakock, L. 1991. Effect of weed growth of short term cover over organically grown carrots. – *Biological Agriculture & Horticulture*, 7(3), p. 271–279.
- Proietti, S., Moscatello, S., Famiani, F., Battistelli, A. 2009. Increase of ascorbic acid content and nutritional quality in spinach leaves during physiological acclimation to low temperature. – *Plant Physiology & Biochemistry*, 47(8), 717–723.
- Pulgar, G., Moreno, D. A., Villora, G., Hernandez, J., Castilla, N., Romero, L. 2001. Production and composition of Chinese cabbage under plastic rowcovers in southern Spain. – *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76(5), p. 608–611.
- Reghin, M. Y., Otto, R. F., Vinne, J. van der, Feltrin, A. L. 2002a. Yield of pack choi crop under non woven polypropylene. – *Horticultura Brasileira*, 20(2), p. 233–236.
- Reghin, M. Y., Purissimo, C., Feltrin, A. L., Foltran, M. A. 2002b. Mulching and row cover in lettuce crop. – *Scientia Agraria*, 3(1/2), p. 69–77.
- Reiners, S., Nitzsche, P. J. 1993. Rowcovers improve early season tomato production. – *HortTechnology*, 3(2), p. 197–199.
- Rekika, D., Stewart, K. A., Boivin, G., Jenni, S. 2008a. Reduction of Insect Damage in Radish with Floating Row Covers. – *International Journal of Vegetable Science*, 14(2), p. 177–193.
- Rekika, D., Stewart, K. A., Boivin, G., Jenni, S. 2008b. Floating Rowcovers Improve germination and Reduce carrot Weevil Infestations in Carrot. – *HortScience*, 43(5), p. 1619–1622.

- Rekika, D., Stewart, K. A., Boivin, G., Jenni, S. 2009. Row Covers Reduce Insect Populations and Damage and Improve Early Season Crisphead Lettuce Production. – International Journal of Vegetable Science, 15(1), p. 71–82.
- Rekowska, E., Skupien, K. 2007. Influence of flat covers and sowing density on yield and chemical composition of garlic cultivated for bundle-harvest. – Vegetable crops research bulletin, 66, p. 17–24.
- Rumpel, J. 1994. Plastic and agrotexile covers in pickling cucumber production. – Acta Horticulturae, 371, p. 253–260.
- Rumpel, J., Grudzien, K. 1990. Suitability of nonwoven polypropylene for a flat covering in sweet pepper cultivation. – Acta Horticulturae, 267, p. 53–58.
- Salas, F. J., Moraes, C. A. P., Garcia, S., Sabundjian, T. T. 2008. Evaluation of lettuce crop protected with floating row cover and its performance in different types of applications. – Arquivos do Instituto Biologico, 75(4), p. 437–442.
- Slodkowski, P., Orłowski, M., Rekowska, E. 1999. Effect of using covers at dill cultivation on the quality and quantity of its yield. – Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych, 466, p. 165–171.
- Sodkowski, P., Rekowska, E. 2004a. Efficiency of flat covers of some vegetable species grown for bunch harvest. – Agricultura, 93, p. 361–365.
- Sodkowski, P., Rekowska, E. 2004b. The influence of flat covers on yielding of some vegetable species grown for early harvest. – Agricultura, 93, p. 355–359.
- Žnidarcic, D., Trdan, S., Zlatic, E. 2003. Impact of various growing methods on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yield and sensory quality. - Zb. Biotech. Fak. Univ. Ljubl. Kmet. 18–2, p. 341–348.
- Wierzbicka, B., Majkowska-Gadomska, J., Nowak, M. 2007. Concentrations of some bionutrients in partenocharpic cucumber fruits in forced cultivation. – Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus 6(1), p. 3–8.

Katteloori mõju köögiviljade saagile ja selle kvaliteedile

M. Olle, I. Bender

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli anda ülevaade katteloori mõjust köögiviljade saagile ja selle kvaliteedile. Võrreldes avamaal kasvanud köögiviljadega oli katteloori all kasvanud köögiviljade varane saak suurem, kogusaak suurem, idanesid kiiremini, arenesid kiiremini, kasvukiirus suurem, taime kõrgus suurem, taime lehtede arv oli suurem. Katteloori kaitses madalate temperatuuride ja öökülmade vastu. Katteloori kasutamine vähendas kahjurite kahjustusi. Katteloori all kasvanud köögiviljad sisaldasid vähem pigmente, C vitamiini, kuivainet ja suhkrut.

CVM-GEENIDEFEKTI JA HOLSTEINI VERESUSE MÕJU SÜGAVKÜLMUTATUD/ SULATATUD PULLISPERMA KVALITEEDILE JA EMASLOOMADE TIINESTUMISELE

Peeter Padrik^{a,b*}, Triin Hallap^b, Tanel Bulitko^a, Tanel Kaart^b, Ülle Jaakma^b

^a Eesti Tõuloomakasvatavate Ühistu, 79005 Keava, Eesti

^b Sigimisbioloogia osakond, Veterinaarmeditsiini ja Loomakasvatuse Instituut, Eesti Maaülikool, Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu, Eesti

*tel.+3727313466; fax +3727313706; e-mail: peeter.padrik@mail.ee

ABSTRACT. CVM-genedefect and Grade of Holstein Genes in Relation to Sperm Quality Characteristics of Estonian Holstein Dairy Bulls. The aim of the current study was to investigate the influence of CVM- (Complex Vertebral Malformation.) genedefect and grade of Holstein genes on sperm motility, membrane integrity, membrane lipid architecture status and mitochondrial membrane potential in frozen-thawed (FT) semen, collected from Estonian Holstein (EHF) bulls. Thirty six ejaculates from 13 EHF bulls age (14–44 months) were examined for motility (using a computer assisted motility analyzer (CMA)), hypo-osmotic swelling (HOS), membrane lipid architecture status (Merocyanine 540 staining) and mitochondrial membrane potential (MitoTracker Deep Red 633 staining). The results showed a significant difference in the incidence of sperm linearity, (LIN), amplitude of lateral head displacement (ALH), plasma membrane integrity (HOS), membrane stability (LSM) and mitochondrial activity (MTDR-H ($P < 0.05$)) between the bull groups with the different grade of Holstein genes. The bull groups with and without CVM carriers differed in the incidence of general motile (GMot) and progressively motile (PMot), spermatozoa, curve line velocity (VCL), ($P < 0.001$). The results showed positive correlation between results of GMot, PMot, VCL, ALH, LSM, MTDR-H and NRR (non return rate 60-day). Strong positive correlation was found between PNRR (predictive non-return rates) and NRR ($P < 0.001$). We conclude that the bulls' grade of Holstein genes and CVM-genedefect have an effect on sperm quality parameters. Frozen/thawed sperm motility parameters, LSM and MTDR-H are related to NRR of cows and heifers and could be used for the prediction of bull's fertility.

Key words: Bull, Sperm quality, Grade of Holstein Genes, CVM.

Sissejuhatus

Edukas aretustöö sõltub suurel määral õigest paaridevalikust. Paaridevalikul tuleb aretusväärtuse ja põlvnemise kõrval arvestada kindlasti ka sugupulli sperma kvaliteeti, millest kõrge aretusväärtusega pulli efektiivne kasutamine piimakarja populatsioonis olulisel määral sõltub.

Homogeense põlvnemisega tipp-pullide kasutamine holsteini tõu aretuses on üheks põhjuseks, miks

populatsiooni inbriidingukoefitsient suureneb. Kearney *et al.* (2004) leidsid, et Suurbritannia ja Iiri holsteini populatsiooni inbriidingukoefitsient hakkas tõusma 1990. aastatel ning selle negatiivset mõju on mitmetele emaslooma fertiilsusnäitajatele nagu poegimisvahemik, tiinestumine ja seemenduste arv edasistes uuringutes näidatud (Wall *et al.*, 2005; Mc Parland *et al.*, 2009). Van Eldik *et al.* (2006) leidis, et inbriidingukoefitsiendi suurenemine põlvnemises mõjutab täku spermide morfoloogilist kvaliteeti. Ka meie oleme oma varasemastes uuringutes täheldanud holsteini veresuse suurenemise ja spermide morfoloogilise kvaliteedi vahelist negatiivset seost (Padrik, Jaakma, 2001a).

Üheks geenidefektist põhjustatud probleemiks, mille esinemissagedus võib holsteini tõugu sugupullide aretuse homogeensemaks muutumisel suureneka, on kompleksne lülisamba väärareng (Complex Vertebral Malformation, CVM), mida kirjeldasid Taani teadlased esmakordselt 2000. a. (Nautra, 2001). Kanae *et al.* (2005) leidsid oma uuringus, et CVM on autosoomselt retsessiivne tunnus, mis on põhjustatud mutatsioonist veiste serotoniini transporteri geenis (SLC35A3). Tavaliselt sünnivad CVM-geenidefektiga vasikad surnult, neil esinevad märgatavalt lühenenud lülisamba kaela- ja/või rinnaosa, väärarenenud või lühenenud tagajalad ning südamerikked (Kanae *et al.*, 2005; Thomsen *et al.*, 2006). Ameerika ja Euroopa holsteini populatsioonides on välja selgitatud mitmeid kõrge aretusväärtusega pulle, kes kannavad CVM-geenidefekt: USAs Carli-M Ivanhoe Bell; Taanis Taurus Bruma, Ftrisvard, KOL Nixon; Hollandis Lord Lily (Milchrind, 2000; Agerholm *et al.*, 2001). Meie eelnevatest uuringutest on selgunud, et CVM-geenidefekt kandvate eellaste olemasolu sugupulli põlvnemises mõjutab pullisperma kvantitatiivseid ja spermide kvalitatiivseid omadusi (Padrik, 2001; Padrik, Jaakma, 2001b; Padrik, Bulitko, 2004).

Mida rohkem erinevaid funktsionaalsete parameetrite mõõtmisi sügavkülmutatud/sulatatud spermide kohta teha, seda täpsemalt saab nende põhjal prognoosida spermide viljastamisvõimet (Rodriguez-Martinez, 2006; Rodriguez-Martinez, Barth, 2007). Paljud autorid on oma uuringutes täheldanud voolutsütomeetria meetodite efektiivsust ja täpsust spermide omaduste hindamisel, tuues esile võimalust mõõta mitut erinevat tunnust korraga tuhandetes spermides (Kasimanickam *et al.*, 2006; Peña *et al.*, 2007). Hallap *et al.*, (2005) täheldas oma uurimistöös, et spermide mitokondriaalse aktiivsuse määramine voolutsütomeetria kasutades MitoTracker Deep Red 633 värvingut korreleerus hästi

spermide liikuvusparameetritega. Sügavkülmutatud/sulatatud spermide membraanide stabiilsuse hindamisel on osutunud sobivaks *Merocyanine 540* (M540) värving (Hallap *et al.*, 2006), mis annab informatsiooni fosfolipiidide ümberpaigutumisest plasmamembraani siseselt (Harrison *et al.*, 1996).

Samas on spermide membraanide seisundi hindamiseks ka teisi võimalusi, näiteks hüpoosmootne test (Jeyendran *et al.*, 1984) ja selle modifikatsioonid (Padrik, 1999), mis on kergesti rakendatavad ka seemendusjaama praktikas. Hüpoosmootse testi ja selle modifikatsioonide abil saab määrata spermimembraani terviklikkust ja hüpoosmootset resistentsust (Avery *et al.*, 1990; Petrunkina *et al.*, 2001).

Spermide liikuvuse hindamisel on nii uurimistöös kui ka suurtes seemendusjaamades kasutusel kompuuteralalüüs (*computer assisted sperm analysis, CASA*), mille tulemused korreleeruvad hästi emasloomade tiinestumisega (Al-Qarawi *et al.*, 2002; Januskauskas *et al.*, 2003; Schäfer-Somi, Aurich, 2007). Kasutatakse ka energiarikka ühendi adenosinotriifosfaadi (*ATP*) sisalduse määramist spermas bioluminestsentsmeetodil (Söderquist *et al.*, 1991). Nimetatud autorid leidsid positiivse korrelatsiooni spermide liikuvuse ja *ATP*-sisalduse vahel.

Käesoleva uurimistöös eesmärgiks oli *CASA*, hüpoosmootse testi ja voolutsütomeetrite uuringute abil selgitada, milline on holsteini veresuse suurenemisest sugupulli põlvnemises tingitud mõju sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedinäitajatele, missugused on *CVM*-geenidefekt kandvate ja mittekandvate sugupullide sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedinäitajad ning kas uuritud spermide kvaliteedinäitajate põhjal on võimalik prognoosida emasloomade tiinestumist.

Materjal ja meetodika

Pullid, sperma kogumine ja töötlemine

Selgitamaks holsteini veresuse mõju sugupulli sügavkülmutatud/sulatatud spermide liikumiskarakteristikele, spermimembraani stabiilsusele ja osmoresistentsusele ning spermide mitokondriaalsele potentsiaalile uuriti 13 sugupulli 36 ejakulaati. Pullid jagati kahte gruppi: 87.5–93.8% holsteini veresusega pullid (Lamberg EHF 5843; Madjar EHF 6061; Alsum EHF 6062; Belmar EHF 6077; 4 pulli, 9 ejakulaati; keskmine emasloomade tiinestumine 55.4%; varieeruvus 42.9–69.2%) ja 100% veresusega pullid (Jaap EHF 5840; Jaco EHF 5841; Lambro EHF5842; Cedrik EHF 5845; Cels EHF 5846; Bellamo EHF 6060; Hilt EHF 5952; Fremos EHF 6063; Sivert EHF 6064; 9 pulli, 27 ejakulaati; keskmine emasloomade tiinestumine 54.3%; varieeruvus 22.8–72.7%).

Selgitamaks *CVM*-geenidefekt mõju sugupulli sügavkülmutatud/sulatatud spermide liikumiskarakteristikele, spermimembraani stabiilsusele ja osmoresistentsusele ning spermide mitokondriaalsele potentsiaalile uuriti 3 *CVM*-geenidefekt kandva pulli (Lamberg EHF 5843; Hilt EHF 5952; Lambro EHF5842) 9 ejakulaati (keskmine emasloomade tiinestumine 50.0%;

varieeruvus 22.8–67.0%) ja 3 *CVM*-geenidefekt mitte kandva pulli (Jaap EHF 5840; Jaco EHF 5841; Cels EHF 5846) 10 ejakulaati (keskmine emasloomade tiinestumine 60.7%; varieeruvus 52.2–71.1%). *CVM*-geenidefekt olemasolu oli eelnevalt kindlaks tehtud Göttingeni ülikooli laboris (*Tierärztliches Institut der Georg-August-Universität, Göttingen*). Katses olnud pullid olid 87.5–100.0% holsteini veresusega.

Sugupullidelt sperma varumiseks kasutati kunstvagiinat (*Minitüb GmbH&CO, Germany*). Sperma lahjendamiseks kasutati Triladyli (*Minitüb GmbH&CO, Germany*) ja munarebu (kanamunad pärit Kehтна Моис ОÜ, Eesti) lahjendit. Värske sperma lahjendati pärast viieminutilist temperatuuride ühtlustamist lahjendi ja sperma vahel (+35°C vesivannis) vahekorras 1:1. Teine lahjendamine toimus 15 minutit hiljem toatemperatuuril (+20°C). Lahjendit lisati niipalju, et ühte seemendusdoosi jääks ~30–40×10⁶ sperm. Seejärel asetati lahjendatud sperma külmikusse (+4°C). Kahetunnilise jahutamise järel pakendati sperma 0.25 ml spermakõrrekestesse (*Minitüb GmbH&CO, Germany*). Pärast kahetunnilist ekvilibreerumist spermakõrrekesed sügavkülmutati ning säilitati vedelas lämmastikus -196°C juures.

Spermide liikumiskarakteristike, spermimembraani stabiilsuse ja osmoresistentsuse, spermide mitokondriaalse potentsiaali ja tiinestumise vaheliste seoste kindlakstegemiseks uuriti 13 sugupulli 36 ejakulaati. Nendest ejakulaatidest valmistatud seemendusdoosidega tehti 2828 katseseemendust (keskmiselt 218 seemendust pulli kohta ja 79 seemendust ejakulaadi kohta). Tiineks loeti emasloomad, kes ei innelunud uuesti 60 päeva jookul pärast seemendamist.

Spermimembraani terviklikkuse määramine

Funktsionaalselt tervikliku membraaniga spermide osakaalu määramiseks kasutati traditsioonilist hüpoosmootset testi (HOT) (Jeyendran *et al.*, 1984). Kaks spermakõrrekest sulatati +35°C juures vesivannil 20 sekundi jookul ja tühjendati katseklaasi 1 ml HOT lahusesse (0.735 g naatriumtsitraati (*Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH, Germany*), 1.351 g fruktoosi (*Merck KGaA, Germany*), 100 ml destilleeritud vett; lahuste osmootne rõhk 150 mOsm kg⁻¹). Pärast hoolikat segamist vorteksi loksutis (*VORTEX; Europe*) asetati katseklaas termostaati (*Memmert GmbH, Germany*) ning inkubeeriti 60 minutit +37°C juures. Seejärel lisati katseklaasi 0.3 ml eosini (0.99%, *Pioneer Research Chemicals, Ltd. England*), valmistati märgpreparaat ja loendati pundunud sabaga spermid 1000x suurendusel faaskontrastmikroskoobis (*Olympus BX40, Japan*). Igast preparaadist loendati 100 spermid ning pundunud spermide osakaal avaldati protsentides kahe preparaadi keskmisena.

Spermide liikumiskarakteristikute määramine

CASA abil

Spermide liikumiskarakteristikud sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas määrati kompuuteranalüüsil (*Computer Assisted Cell Motion Analyser, Sperm Vision, Minitüb GmbH&CO, Germany*). Spermakõrreke sulatati +35°C juures vesivannis (*Memmert GmbH, Germany*) 20 sekundi jooksul ja uuriti Makleri kambris (*Makler Counting Chamber, Sefi-Medical Instruments, Israel*) 400x suurendusel iga proovi 4–5 erinevalt väljalt kokku ~400 sperm. Määrati järgmised näitajad: liikuvate spermide (LS) % / *Motility (GMot %)*; otseliikuvate spermide % (OLS; %) / *Progressive Motility (PMot %)*; spermide kiirus liikumistekonnal (SKL, $\mu\text{m/s}$) / *Velocity Curve Line (VCL, \mu\text{m/s})*; spermide otseliikuvus (SOL, SKS/SKL) / *Linearity LIN (VSL/VCL)*; spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektorist (SKA, μm) / *Amplitude of Lateral Head Displacement (ALH, \mu\text{m})*.

Spermimembraani stabiilsuse määramine

Spermimembraani stabiilsuse määramiseks valmistati 1mM *Merocyanine 540 (M-540; Molecular Probes, M24571, Leiden, Holland)* ja 25 μM *Yo-PRO 1 (Molecular Probes, Y3603, Leiden, The Netherlands)* põhilahused dimetüülsulfooksiidis (*AppiliChem; Germany; DMSO*). Pestud spermidele lisati 25 nM *Yo-PRO 1* ja inkubeeriti 38°C juures pimedas 9 min (*Harrison et al., 1996*). Seejärel lisati 10 μL 40 μM *M-540* lahust *SP-TALP*-is, et saada lõplik *M-540* kontsentratsioon 2.7 μM ja segati 10 s enne voolutsütomeetris (*FacsCalibur, Becton Dickinson, San Jose, USA*) analüüsimist. Andmete kogumist alustati 60 sekundit pärast *M-540* lisamist. Mõõtmised tehti voolutsütomeetriga, mis oli varustatud standardsete optiliste laseritega. *Merocyanine-540* ja *Yo-PRO 1* ergastati argoonioon 488 laseriga 15 mW juures. Otse- ja kõrvalhajuvuse väärtused toodi lineaarskaalale ja fluorestseeruvad väärtused logaritmskaalale. Maksimaalse tundlikkuse jaoks sätestati neeldunud kiirguse ala, et saavutada L-kujuline otsevalgus (hajuv/külgsuunaline valgus hajutab spermide jaotumise). *Yo-PRO 1* fluorestsents määrati detektoris FL 1 (530/28nm BP), samal ajal kui *M-540* fluorestsents määrati detektoris FL 2 (585/2 nm BP). Igast spermiproovist tehti 10000 mõõtmist, voolukiirusega ca 200 rakku/s. Kasutati *CellQuest Pro* tarkvara (*Becton Dickinson, San Jose, USA*). Punkt-diagrammid autonoomseteks analüüsideks tehti *WinMDI 2.8. abil (free software by J. Trotter, available at http://facs.scripps.edu/software.html)*. Detektorite FL 1/FL 2 (*Yo-PRO 1/M-540*) kohta koostati punktogrammide ala, et diferentseerida elusad stabiilse plasmamembraaniga ESM (*Yo-PRO 1* negatiivne ja *M-540* negatiivne); elusad ebastabiilse plasmamembraaniga EVM (*Yo-PRO 1* negatiivne ja *M-540* positiivne) ja surnud spermid (*Yo-PRO 1* positiivne).

Spermide mitokondriaalse aktiivsuse määramine

Spermide mitokondriaalse aktiivsuse määramiseks kasutati Hallap *et al.*, (2005) poolt kirjeldatud metoodikat. Mõõdistamised tehti *FacsCalibur* voolutsütomeetris

(*Becton Dickinson, San Jose, USA*). *SYBR-14 (Sperm Viability Kit L-7011, Molecular Probes Inc., Eugene, OR, USA)* värvaine ergastati 15 mW argoonioon 488 nm laseriga, samal ajal kui *MitoTracker Deep Red* ergastati 17 mW *HeNe* 633 nm laseriga. *SYBR-14* fluorestsents (tervikliku plasmamembraaniga rakud) määrati kindlaks detektoris FL 1 (530/28 nm) ja *MitoTracker Deep Red* fluorestsents (kõrge mitokondriaalne aktiivsus) määrati kindlaks detektoris FL 3 (670 LP). Otse- ja kõrvalhajuvuse väärtused toodi lineaarskaalale ja fluorestseeruvad väärtused logaritmskaalale. Tasakaalustamine tehti vastavalt Roedererile (2000). Kasutati *CellQuest Pro* tarkvara (*Becton Dickinson, San Jose, USA*). Voolutsütomeetrit kasutati madalal voolukiirusel (6–24 $\mu\text{L}/\text{min}$). Tehti ~10000 *SYBR-14* positiivset mõõtmist ja andmed salvestati järgnevateks analüüsideks. Punktogrammил FL1/FL2 eristati spermid muudest partiklitest *SYBR-14* fluorestsentsi (DNA sisaldus) alusel. Punktogrammил *SYBR-14/MitoTracker Deep Red (FL 1/FL 3)* määrati kindlaks madala (MMA) ja kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermid (KMA).

Statistiline analüüs

Uuringute tulemuste statistilises analüüsis kasutati erinevuste olulisuse hindamiseks *t*-testi ja dispersioonanalüüsi. Tunnustevahelised erinevused loeti tõenäoseks, kui $P < 0.05$. Tunnustevaheliste seoste hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonikordajat. Tunnustevahelist seost loeti järgnevalt: nõrk seos, kui $|r| \leq 0.3$; keskmine seos, kui $0.3 < |r| < 0.7$; tugev seos, kui $|r| \geq 0.7$. Kordumvõõdistuste üldlineaarsete mudelite analüüsid esitati SAS süsteemis (versioon 9.1.3; *SAS Institute Inc., Cary, NC, USA*), et võrrelda spermide kvaliteedinäitajaid pulligruppide ja ejakulaatide lõikes. Sperma kvaliteedi ja prognoositud tiinestumistulemuste vaheliste seoste leidmiseks kasutati astmelise regressiooni analüüsi.

Tulemused

Holsteini veresuse mõju spermide funktsionaalsetele parameetritele

Uurimistulemustest selgus, et 87.5–93.8 % holsteini veresusega pullidel olid HOT, SOL, SKA, ESM ja KMA väärtused ejakulaatide lõikes ($P < 0.05$) ja SOL ning SKA pullide lõikes ($P < 0.05$; tabel 1) oluliselt kõrgemad kui 100% holsteini veresusega pullidel.

CVM-geenidefekti mõju spermide funktsionaalsetele parameetritele

Uuringutest selgus, et *CVM*-geenidefekti mittekandvate pullide grupis olid spermide kvaliteedinäitajad LS, OLS, SKL ($P < 0.001$; tabel 2) ning SOL, SKA ja ESM ejakulaatide arvestuses ($P < 0.05$) paremad kui *CVM*-geenidefekti kandvatel pullidel. Sama tendents esines ka pullide arvestuses

Tabel 1. Holsteini veresuse mõju sügavkülmutatud sperma kvaliteedile
Table 1. Influence of grade of Holstein genes on quality of FT semen (means \pm S.D.).

Kvaliteediparameeter/Sperm parameters	Holsteini veresus / Grade of Holstein genes		Holsteini veresus / Grade of Holstein genes	
	Ejakulaatide lõikes / Batch level		Pullide lõikes / Bull level	
	87.5–93.8 %	100.0%	87.5–93.8 %	100.0%
	n=9	n=27	n=4	n=9
HOT(%)/ HOS(%)	39.8 \pm 6.8 ^a	31.9 \pm 10.0 ^b	39.2 \pm 5.3	33.2 \pm 6.4
LS(%)/ GMot (%)	76.7 \pm 10.1	74.4 \pm 9.1	75.8 \pm 6.5	75.0 \pm 8.7
OLS(%)/ PMot (%)	62.3 \pm 10.3	57.5 \pm 13.4	61.2 \pm 6.8	60.2 \pm 10.5
SKL (μ m/sek)/ VCL (μ m/sec)	89.5 \pm 4.9	95.7 \pm 11.5	88.7 \pm 6.7	96.8 \pm 9.4
SOL/ LIN	0.51 \pm 0.02 ^a	0.49 \pm 0.05 ^b	0.51 \pm 0.01 ^a	0.47 \pm 0.04 ^b
SKA (μ m)/ ALH(μ m)	2.7 \pm 0.2 ^a	2.9 \pm 0.4 ^b	2.6 \pm 0.3 ^a	2.9 \pm 0.3 ^b
ESM%/ LSM%	63.1 \pm 11.5 ^a	50.1 \pm 16.0 ^b	63.8 \pm 11.2	53.2 \pm 14.3
KMA%/ MTDR-H%	82.0 \pm 7.0 ^a	69.5 \pm 25.1 ^b	83.7 \pm 4.4	73.1 \pm 17.4

HOT–funktsionaalselt tervikliku membraaniga spermid; LS–liikuvad spermid; OLS–otseliikuvad spermid; SKL–spermide kiirus liikumisteedekonnal; SOL–spermide otseliikuvus, SKA–spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektorist; ESM–elusad stabiilse membraaniga spermid; KMA–kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermid;

HOS –intact plasma membranes; GMot–general motile; PMot–progressively motile; VCL–curve line velocity; LIN–linearity; ALH–amplitude of lateral head displacement; LSM–live stable membrane; MTDR-H–high mitochondrial activity;

^{a, b} Erinevate ülaindeksitega väärtused samas reas on statistiliselt erinevad/Values with different superscripts in a row are significantly different ($P < 0.05$).

Tabel 2. CVM-geenidefekti seos sügavkülmutatud/sulatatud sperma kvaliteediga
Table 2. The quality of FT semen of CVM–carriers and CVM-free bulls (means \pm S.D.).

Kvaliteediparameetrid /Sperm parameters	Ejakulaatide lõikes / Batch level		Pullide lõikes/ Bull level	
	CVM-vaba/ CVM	CVM-kandja /CVM	CVM-vaba/ CVM	CVM-kandja/CVM
	free	carrier	free	carrier
	n=10	n=9	n=3	n=3
HOT(%)/ HOS(%)	26.5 \pm 9.2	31.9 \pm 9.1	27.5 \pm 6.7	33.1 \pm 6.8
LS(%)/ GMot (%)	79.4 \pm 5.3 ^c	64.6 \pm 15.2 ^d	79.9 \pm 1.5	69.1 \pm 13.4
OLS(%)/ PMot (%)	63.3 \pm 5.8 ^c	45.7 \pm 16.9 ^d	64.0 \pm 2.0	51.7 \pm 14.2
SKL (μ m/sek)/ VCL (μ m/sec)	102.7 \pm 7.1 ^c	85.2 \pm 11.9 ^d	103.2 \pm 4.4	87.7 \pm 9.8
SOL/ LIN	0.46 \pm 0.03 ^a	0.50 \pm 0.05 ^b	0.45 \pm 0.02	0.48 \pm 0.04
SKA (μ m)/ ALH(μ m)	2.8 \pm 0.2 ^a	2.8 \pm 0.4 ^b	3.1 \pm 0.4	2.8 \pm 0.3
ESM%/ LSM%	5.2 \pm 7.6 ^a	38.1 \pm 20.5 ^b	52.4 \pm 7.3	46.6 \pm 18.2
KMA%/ MTDR-H%	76.3 \pm 14.9	54.7 \pm 30.4	75.4 \pm 8.8	67.4 \pm 27.9

HOT–funktsionaalselt tervikliku membraaniga spermid; LS–liikuvad spermid; OLS–otseliikuvad spermid; SKL–spermide kiirus liikumisteedekonnal; SOL–spermide otseliikuvus, SKA–spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektorist; ESM–elusad stabiilse membraaniga spermid; KMA–kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermid;

HOS –intact plasma membranes; GMot–general motile; PMot–progressively motile; VCL–curve line velocity; LIN–linearity; ALH–amplitude of lateral head displacement; LSM–live stable membrane; MTDR-H–high mitochondrial activity;

^{a, b, c, d} Erinevate ülaindeksitega väärtused samas reas on statistiliselt erinevad/Values with different superscripts in a row are significantly different (^{a, b} $P < 0.05$; ^{c, d} $P < 0.01$).

Emasloomade tiinestumise ja sügavkülmutatud/sulatatud spermide funktsionaalsete parameetrite vaheline seos

Ilmnes tugev positiivne korrelatsioon emasloomade tiinestumise ja liikuvate spermide osakaalu vahel, nii ejakulaatide kui ka pullide lõikes (vastavalt: $r=0.70$; $P < 0.001$ ja $r=0.73$; $P < 0.01$). Otseliikuvate spermide osakaalu ja emasloomade tiinestumise vahel oli keskmine korrelatsioon nii pullide ($r=0.64$; $P < 0.05$) kui ka ejakulaatide lõikes ($r=0.64$; $P < 0.001$). Tiinestumise ja SKL vahelist seost iseloomustas korrelatsioonikordaja $r=0.67$ ($P < 0.001$ ejakulaatide) ja $r=0.75$ ($P < 0.01$ pullide arvestuses).

Sarnane oli ka seos tiinestumise ja spermide liikumistrajektorist kõrvalekaldeamplituudi vahel nii pullide kui ka ejakulaatide arvestuses (vastavalt $r=0.77$ ja $r=0.63$; $P < 0.001$) ning ESM ja KMA ning tiinestumise

vahel ejakulaatide arvestuses (vastavalt: $r=0.45$ ja $r=0.49$; $P < 0.01$).

Sugupullide viljastamisvõime prognoosimine

Sugupullide viljastamisvõime prognoosimiseks sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedi põhjal koostati lineaarne mudel, millesse kuulusid järgnevad spermide kvaliteediparameetrid: spermide otseliikuvus (OLS), spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektorist (SKA), elusad stabiilse membraaniga spermid (ESM) ja kõrge mitokondriaalse aktiivsusega (KMA) spermid. Ejakulaatide arvestuses oli parim mudel emasloomade tiinestumise prognoosimiseks järgmine:

Prognoositud tiinestumine = $-25.283 + 0.136 \times \text{OLS} + 0.275 \times \text{SKL} + 11.472 \times \text{SKA} + 0.118 \times \text{ESM} + 0.0915 \times \text{KMA}$

Determinatsioonikordaja: $R^2=0.58$; kohaldatud determinatsioonikordaja: $R^2=0.52$

Pullide viljastamisvõime prognoosimiseks koostatud mudel tulemi ja emasloomade tegeliku tiinestumistulemuse (mitteümberindlemine 60 päeva) vahel ilmnis tugev positiivne korrelatsioon ($r=0.79$; $P<0.001$).

Arutelu

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli selgitada, kas sugupullide holsteini veresuse aste ja *CVM*-geenidefakti esinemine on seotud sügavkülmutatud/sulatatud sperma kvaliteediga ja ning kas meie poolt analüüsitud sperma kvaliteedinäitajate põhjal on võimalik prognoosida emasloomade tiinestumist.

Oleme oma varasemas uuringus (Padrik, 2001) leidnud, et koos holsteini veresuse suurenemisega sugupulli põlvnemises suureneb ka patoloogilise morfoloogiaga spermide osakaal värskes pullispermas ($P<0.001$). Samuti tegime kindlaks (Padrik, Jaakma, 2001a), et 100% holsteini veresusega sugupullid on sesoonsusest tuleneva välistemperatuuri kõikumise suhtes vastuvõtlikumad, kuna patoloogilise morfoloogiaga spermide osakaal värskes pullispermas suurenes kevad-suvisel perioodil oluliselt rohkem kui pullidel, kelle põlvnemises holsteini veresus jäi alla 96.9%. Kuigi Cassell *et al.* (2003) leidsid oma uuringus, et holsteini veresus ei mõjuta oluliselt päevade arvu lehmade esmakordse seemendusest pärast poegimist, on paljud uurijad täheldanud inbreedingu mõju mitmetele lehmade fertiilsusnäitajatele nagu poegimisvahemik, seemenduste arv, poegimiskused, surnultsünnid ja ümberindlemine (Wall *et al.*, 2005; González-Recio *et al.*, 2007; Mc Parland *et al.*, 2007; 2009). Käesolevast uuringust selgus, et 87.5–93.8% holsteini veresusega pullide grupis olid spermide funktsionaalsed kvaliteedinäitajad sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas kõrgemad kui 100% holsteini veresusega pullide grupis, seda nii ejakulaatide kui ka pullide lõikes. Statistiline erinevus tein äras ilmnes HOT, SOL, SKA, ESM ja KMA osas ejakulaatide lõikes ($P<0.05$) ning SKA ja SOL osas pullide lõikes ($P<0.05$).

Meie uuringutest selgus, et *CVM*-geenidefakti mittemovavate pullide sperma kvaliteet oli parem kui *CVM*-geenidefakti kandvatel pullidel, mis ilmnis nii liikuvate, otseliikuvate spermide osakaalu kui ka SKL ($P<0.01$) ning SOL, SKA ja ESM ($P<0.05$) osas ejakulaatide arvestuses. Oma varasemates uuringutes olime analüüsinud pullide sperma kvaliteedi seost *CVM*-geenidefakti esinemisega sugupulli eellastel, defektse alleeli olemasolu kohta pullil endal meil andmed puudusid. Nii leidsime (Padrik, Bulitko, 2004), et spermide kontsentratsioon värskes ejakulaadis ja liikuvate ning otseliikuvate spermide osakaal sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas oli oluliselt suuremad nendel pullidel, kelle põlvnemises ei esinenud *CVM*-geenidefakti kandvaid eellasi. Patoloogilise morfoloogiaga sperme esines oluliselt rohkem nende pullide värskes spermas, kelle põlvnemises kuni neljanda põlvkonnani esines *CVM*-geenidefakti kandev eellane (Padrik, Jaakma 2001a, 2001b). Samas uuringus leidsime, et patoloogilise morfoloogiaga sperme esines kõige enam nende pullide värskes spermas, kelle põlvnemises esines *CVM*-geenidefakti kandev eellane nii ema- kui ka isaliinis.

Berglund *et al.* (2004) leidis oma uuringus, et *CVM*-geenidefakti mittekandvate pullide suhteline aretusväärtus lehmade ümberindlemise järgi pärast 168 päeva möödumist seemendusest, oli võrreldes *CVM*-geenidefakti kandvate pullidega kõrgem ($P<0.039$). Ka Persson (2003) leidis oma uuringus, et *CVM*-geenidefakti kandvate pullide spermaga seemendades esineb lehmadel ümberindlemisi (56-päeva möödudes seemendusest) rohkem kui *CVM*-geenidefakti mittekandvatel pullidel. Ghanem *et al.* (2008) uurisid Jaapani holsteini populatsiooni ja *CVM*-geenidefakti vahelisi seoseid, leidis, et *CVM*-geenidefakti kandvatel lehmadel oli poegimisvahemik pikem ($P<0.0008$) ning nende tiinestamiseks vajati 1.7 seemendust rohkem ($P<0.0003$), võrreldes *CVM* geenidefakti mittekandvate lehmadega.

Meie uuringust selgus, et sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas määratud spermide kvaliteediparameetreid (liikuvate ja otseliikuvate spermide osakaal, SKL, SKA, ESL ja KMA) ja emasloomade tiinestumise vahel esines keskmine positiivne korrelatsioon. Tugev oli korrelatsioon liikuvate spermide osas, seda nii ejakulaatide kui ka pullide lõikes ning spermide liikumistrajektorist kõrvalekaldeamplituudi osas. Ka teised uurijad on täheldanud seoseid spermide liikuvusparameetrite ja emasloomade tiinestumise vahel (Correa *et al.* 1997; Zhang *et al.*, 1998; Verberckmoes *et al.*, 2002; Januskauskas *et al.*, 2003). Januskauskas *et al.* (2003) ja Verberckmoes *et al.* (2002) poolt läbiviidud uurimustest selgus, et sügavkülmutatud/sulatatud spermas olevate otseliikuvate spermide osakaalu ja emasloomade tiinestumise vahel oli keskmine positiivne korrelatsioon (vastavalt $r=0.61$ ja $r=0.66$; $P<0.01$). Käesolevas uuringus ilmnenu oluline seos emasloomade tiinestumise ja EMS ning KMA vahel erineb Hallap *et al.* (2005, 2006) varasematest tulemustest, kus statistiliselt olulist korrelatsiooni EMS ja KMA spermide ja emasloomade tiinestumise vahel ei esinenud. Saadud tulemuse põhjuseks võis olla väike ning homogeenne pullide grupp varasemas katses. Liikuvuse, mitokondriaalse aktiivsuse ja membraani funktsionaalse tervikkuse määramist spermide viljastamisvõime hindamisel on märkinud teisedki autorid (Hua *et al.*, 2006; Kathiravan *et al.*, 2008).

Meie uurimusest selgus, et emasloomade tiinestumise prognoosimiseks sobis kõige paremini viie sügavkülmutatud/sulatatud sperma funktsionaalse parameetri põhjal koostatud mudel. Sellesse mudelisse kuulusid otseliikuvate spermide, elavate stabiilse membraaniga ja kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermide osakaal, spermide kiirus liikumistekonnal ning spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektorist. Mudeli põhjal prognoositud tiinestumise ja tegeliku tiinestumise vahel ilmnis tugev positiivne korrelatsioon ($r=0.79$; $P<0.001$) ning kohaldatud determinatsioonikordaja oli $R^2=0.52$. Sarnaseid mudeleid, lähtudes sügavkülmutatud/sulatatud spermide liikuvuse ja membraani tervikkuse parameetritest, on koostatud varem ka mitmete teiste uurijate poolt (Zhang *et al.*, 1999; Januskauskas *et al.*, 2000; Phillips *et al.*, 2004). Zhang *et al.* (1999) leidis oma uuringutes, et spermide liikuvus pärast sügavkülmutamist/sulatamist sobib hästi sperma viljastamisvõime hindamise mudelisse, kusjuures korrelatsioon emasloo-

made tegeliku tiinestumise ja prognoosimismudeli vahel oli $r=0.94$ ($P<0.001$) ning kohaldatud determinatsioonikordaja ($R^2=0.71$). Ka Januskauskas *et al.* (2000) märkis oma uuringus, et spermide liikuvus ja membraani funktsionaalne terviklikkus pärast sügavkülmutamist/sulatamist sobisid hästi emasloomade tiinestumise prognoosimismudelisse ning selle mudeli korrelatsioon emasloomade tiinestumisega oli $r=0.74$ ($P<0.002$; kohaldatud: $R^2=0.55$). Phillips *et al.* (2004) leidis, uurides austraalia piimatõugu sugupullide sügavkülmutatud/sulatatud spermat, et morfoloogiliselt normaalsete ja tervikliku membraaniga spermide põhjal koostatud viljastamisvõime prognoosimismudel kirjeldas emasloomade tiinestumise variatsiooni 76.5% ulatuses. Zhang *et al.* (1999) poolt, koostatud emasloomade tiinestumise prognoosimismudeli ning emasloomade tegeliku tiinestumise vaheline tugev korrelatsioon ($r=0.94$; $P<0.001$), tuleneb tõenäoliselt sellest, et mudel koosnes kaheksast erinevast sperma funktsionaalsest kvaliteediparameetrist. Kuna Januskauskas *et al.* (2000) ja meie uuringus moodustatud mudelitesse kuulus vastavalt neli ja viis spermi funktsionaalset kvaliteediparameetrit jäi ka seos emasloomade tegeliku tiinestumisega nõrgemaks. ($r=0.74-0.79$).

Kokkuvõte

Holsteini veresuse suurenemine sugupulli põlvnemises nõrgendab oluliselt sügavkülmutatud/sulatatud spermide membraani terviklikkust ja stabiilsust, funktsionaalseid liikuvusparameetreid ning mitokondriaalset aktiivsust.

CVM-geenidefekti kandvate sugupullide sügavkülmutatud/sulatatud spermide funktsionaalsed liikuvusparameetrid, liikumiskiirus, spermimembraani stabiilsus ja mitokondriaalne aktiivsus on väiksemad kui CVM-geenidefekti mittekandvatel sugupullidel

Sugupullide sügavkülmutatud/sulatatud spermide viljastamisvõime prognoosimiseks sobisid kõige paremini järgmised funktsionaalsed parameetrid: spermide otseliikuvus, spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektooriga, elavad stabiilse membraaniga spermid ja kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermid. Sugupullide viljastamisvõime prognoosimiseks koostatud mudeli tulemi ja emasloomade tiinestumistulemuste vahel ilmes tugev positiivne korrelatsioon.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetasid Eesti Teadusfond (grant 6089, grant 7814), ja SF 1080045s07. Täname Eesti Tõuloomakasvatavate Ühistut ja Niina Haasmaa tehnilise abi ja keelelise korrektuuri eest.

Kasutatud kirjandus

Agerholm, J.S., Bendixen, C., Andersen, O., Arnbjerg, J., 2001. Complex vertebral malformation in Holstein calves. – *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 13 (4), p. 283–289.

- Al-Qarawi, A.A., Abdel-Rahman, H.A., El-Mougy, S.A., El-Belely, M.S., 2002. Use of a new computerised system for evaluation of spermatozoal motility and velocity characteristics in relation to fertility levels in dromedary bulls. – *Animal Reproduction Science*, 74, p. 741–749.
- Avery, S., Bolton, V.N., Mason, B.A. 1990. An evaluation of the hypo-osmotic sperm swelling test as a predictor of fertilizing capacity in vitro. – *Journal of Andrology*, 13, p. 93–99.
- Berglund, B., Persson, A., Ståhlhammar, H. 2004. Effects of Complex Vertebral Malformation on Fertility in Swedish Holstein Cattle. – *Acta Veterinaria Scandinavica*, 45 (3–4), p. 161–165.
- Cassell, B.G., Adamec, V., Pearson, R.E. 2003. Effect of incomplete pedigrees on estimates of inbreeding and inbreeding depression for days to first and summit milk yield in Holstein and Jerseys. – *Journal of Dairy Science*, 86 (9), p. 2967–2976.
- Correa, J.R., Heerche, G. Jr., Zavos, P.M. 1997. Sperm membrane functional integrity and response of frozen-thawed bovine spermatozoa during the hypoosmotic swelling test incubation at varying temperatures. – *Theriogenology*, 4 (3), p. 715–721.
- Ghanem, M.E., Isobe, N., Kubota, H., Suzuki, T., Kasuga, A., Nishibori, M. 2008. Ovarian Cyclicity and Reproductive Performance of Holstein Cows Carrying the Mutation of Complex vertebral Malformation in Japan. – *Reproduction in Domestic Animals*, 43 (3), p. 346–350.
- González-Recio O., Lopez de Maturana E., Gutiérrez J.P., 2007. Inbreeding depression on female fertility and calving ease in Spanish dairy cattle. – *Journal of Dairy Science*, 90 (12), p. 5744–5752.
- Hallap, T., Nagy, S., Jaakma, Ü., Johannisson, A., Rodríguez-Martínez H., 2005. Mitochondrial activity of frozen-thawed spermatozoa assessed by MitoTracer Deep Red 633. – *Theriogenology*, 63 (8), p. 2311–2322.
- Hallap T., Nagy S., Jaakma Ü., Johannisson, A., Rodríguez-Martínez, H. 2006. Usefulness of a triple fluorochrome combination Merocyanine 540/Yo-Pro 1/Hoechst 33342 in assessing membrane stability of viable frozen-thawed spermatozoa from Estonian Holstein AI bulls. – *Theriogenology*, 65 (6), p. 1122–1136.
- Harrison, R.A.P., Ashworth, P.J.C., Miller, N.G.A. 1996. Bicarbonate/CO₂, an effector of capacitation, induces a rapid and reversible change in the lipid architecture of boar sperm plasma membranes. – *Molecular Reproduction and Development*, 45, p. 378–391.
- Hua, Y., Qian, X.M., Chen, B.G., Yang, J.H., Wu, X.Y., Ma, L., Chen C.L. 2006. Application of flow cytometry to the evaluation of semen quality. – *National Journal of Andrology*, 12(7), p. 608–611.
- Januskauskas, A., Johannisson, A., Rodríguez-Martínez, H. 2003. Subtle membrane changes in cryopreserved bull semen in relation with sperm viability, chromatin structure, and field fertility. – *Theriogenology*, 60 (4), p. 743–758.
- Januskauskas, A., Johannisson, A., Söderquist, L., Rodríguez-Martínez, H. 2000. Assessment of sperm characteristics post-thaw and response to calcium ionophore in relation to the fertility of Swedish dairy AI bulls. – *Theriogenology*, 53(4), p. 859–875.
- Jeyendran, R.S., Van der Ven, H.H., Perez-Pelaez M., Crabo, B.G., Zaneveld L.J.D. 1984. Development of an assay to assess the functional integrity of the human sperm membrane and its relationship to other semen characteristics. – *Journal of Reproduction and Fertility*, 70 (1), p. 219–225.

- Kanae, Y., Endoh, D., Nagahata, H., Hayashi, M. 2005. A method for detecting complex vertebral malformation in Holstein calves using polymerase chain reaction-primer introduced restriction analysis. – *Journal of Veterinary Diagnostics Investigations*, 17 (3), p. 258–262.
- Kasimanickam, R., Nebel, R.L., Peeler, I.D., Silvia, W.L., Wolf, K.T., McAllister, A.J., Cassell B.G. 2006. Breed differences in competitive indices of Holstein and Jersey bulls and their association with sperm DNA fragmentation index and plasma membrane integrity. – *Theriogenology*, 66 (5), p. 1307–1315.
- Kathiravan, P., Kalatharan, J., Edwin, M.J., Veerapandian, C. 2008. Computer automated motion analyser of crossbreed bull spermatozoa and its relationship with in vitro fertility in zona-free hamster oocytes. – *Animal Reproduction Science*, 104 (1), p. 9–17.
- Kearney, J.F., Wall, E., Villanueva, B., Coffey, M.P. 2004. Inbreeding trends and application optimized selection in the UK Holstein population. – *Journal of Dairy Science*, 87 (10), p. 3503–3509.
- Milchrind, 4, 2000. Neuer Gendefekt CVM: Alle warten auf weitere Testergebnisse – *Milchrind*, 4, 2000.
- Mc Parland S., Kearney F., Rath, M., Berry, D.P. 2007. Inbreeding effects on milk production, calving performance, fertility, and conformation in Irish Holstein-Friesians. – *Journal of Dairy Science*, 90 (9), p. 4411–4419.
- Mc Parland, S., Kearney, F., Berry, D.P. 2009. Puring of inbreeding depression within the Irish Holstein-Friesian population. – *Genetics Selection Evolution*, 41(1), p. 16.
- Nautra 2, 2001. Holstein-friisiläisrodussa esiintyviä periytyviä synnynnäisiä vikoja, joita voidaan testata. – *Nautra 2*, 2001.
- Padrik, P. 1999. Modified hypoosmotic swelling (HOS) test as a method for prediction of bull sperm fertilising ability. *Dairy Production in Estonia Today and Tomorrow. Proceedings from a symposium at the Estonian Agricultural University*. 1999. Tartu, p. 75–76.
- Padrik, P. 2001. Seemenduse resultatiivsus kui oluline aretus-edu faktor. – *Tõuloomakasvatuse*, 2, lk. 27–30.
- Padrik, P., Jaakma, Ü. 2001a. Relationships Between the Grade of Holstein Genes and Sperm Morphology in Estonian Holstein Bulls. *Reproductive Failure in Farm Animals. Proceedings from a symposium at the Estonian Agricultural University, June 14 Tartu, 2001, CRU Report 14, Uppsala*, p. 47–53.
- Padrik, P., Jaakma, Ü. 2001b. Sperma morfoloogiline kvaliteet CVM-geeni kandvaid eellasi omavatel eesti holsteini tõugu pullidel. – *Veterinaarmeditsiin*, Tartu, lk. 22–30.
- Padrik, P., Bulitko, T., 2004. Semen quality of CVM carriers and CVM free Estonian Holstein young bulls. *EAAP- 55th Annual Meeting 2004, Bled*, p. 195.
- Peña, F.J., Saravia, F., Johannisson, A., Wallgren, M., Rodriguez-Martinez, H. 2007. Detection of early changes in sperm membrane integrity: pre-freezing can estimate post-thaw quality of boar spermatozoa. – *Animal Reproduction Science*, 97 (1–2), p. 74–83.
- Petrunkina, A.M., Petzoldt, R., Sthalberg, S., Pfeilsticker, J., Beyerbach, M., Bader, H., Töpfer-Petersen, E. 2001. Sperm-cell volumetric measurements as parameters in bull semen function evaluation: correlation with nonreturn rate. – *Andrologia*, 33, p. 360–367.
- Phillips, N.J., McGowan, M.R., Johnston, S.D., Mayer, D.G. 2004. Relationship between thirty post-thaw spermatozoal characteristics and the field fertility of 11 high-use Australian dairy AI sires. – *Animal Reproduction Science*, 81, p. 47–61.
- Persson, A. 2003. Inverkan av den genetiska defekten Complex Vertebral Malformation på fruktsamheten hos SLB. *Dissertation*, Department of Animal Breeding and Genetics, SLU, Sweden.
- Roederer M., 2000. Compensation (an informal perspective). 2000; <http://www.drmmr.com/compensation>, 24 May.
- Rodriguez-Martinez, H., Barth, A.D. 2007. In vitro evaluation of sperm quality related to in vivo function and fertility. *Society of Reproduction And Fertility Supplement*, 64, p. 39–45.
- Rodriguez-Martinez, H. 2006. Can We Increase The Estimated Value of Semen Assessment? – *Reproduction In Domestic Animals*, 41 (2), p. 2–10.
- Schäfer-Somi, S., Aurich, C. 2007. Use of new computer-assisted sperm analyser for the assessment of motility and viability of dog spermatozoa and evaluation of four different semen extenders for predilution. – *Animal Reproduction Science*, 102 (1–2), p. 1–13.
- Söderquist, L., Rodriguez-Martinez, H., Jansson, L. 1991. Post-thaw motility, ATP content and cytochrome-C oxidase activity of A.I. bull spermatozoa in relation to their fertility. – *Zentralblatt Für Veterinärmedizin*, 38 (3), p. 165–174.
- Thomsen, B., Horn, P., Panitz, F., Bendixen, E., Petersen, A.H., Holm, L.E., Nielsen, V.H., Agerholm J.S., Arnbjerg, J., Bendixen, C. 2006. A missense mutation in the bovine SLC35A3 gene, encoding a UDP-N-acetylglucosamine transporter, causes complex vertebral malformation. – *Genome Research*, 16 (1), p. 97–105.
- Van Eldik, P., Van der Waaij, E.H., Ducro B., Kooper, A.W., Stout, T.A., Colenbrander, B. 2006. Possible negative effects of inbreeding on semen quality in Shetland pony stallions. – *Theriogenology*, 65 (6), p. 1159–1170.
- Verberckmoes, S., Van Soom, A., De Pauw, I., Dewulf, J., de Kruif, A. 2002. Migration of bovine spermatozoa in a synthetic medium and its relation to in vivo bull fertility. – *Theriogenology*, 58 (5), p. 1027–1037.
- Wall, E., Brotherstone, S., Kearney, J.F., Woolliams, J.A., Coffey, M.P. 2005. Impact of nonadditive genetic effects in the estimation of breeding values for fertility and correlated traits. – *Journal of Dairy Science*, 88 (1), p. 376–385.
- Zhang, B.R., Larsson, B., Lundeheim, N., Rodriguez-Martinez, H. 1998. Sperm characteristics and zona pellucida binding in relation to field fertility of frozen-thawed semen from dairy AI bulls. – *Journal of Andrology*, 21 (4), p. 1–10.
- Zhang, B.R., Larsson, B., Lundeheim, N., Håard, M.G., Rodriguez-Martinez, H. 1999. Prediction of bull fertility by combined in vitro assessments of frozen-thawed semen from young dairy bulls entering an AI-programme. – *Journal of Andrology*, 22 (4), p. 253–260.

CVMgene defect and Grade of Holstein Genes in Relation to Sperm Quality Characteristics of Estonian Holstein Dairy Bulls

P. Padrik, T. Hallap, T. Bulitko, T. Kaart and
Ü. Jaakma

Summary

The aim of the current study was to investigate the influence of CVM gene defect (Complex Vertebral Malformation.) and grade of Holstein genes to sperm motility, membrane integrity, membrane lipid architecture status and mitochondrial membrane potential characteristics in frozen-thawed (FT) semen from Estonian Holstein (EHF) bulls.

Thirty six ejaculates from 13 EHF bulls were divided into 2 groups according to the presence (3 bulls, 9 ejaculates) or absence (10 bulls, 27 ejaculates) of CVM-gene and according to the grade of Holstein genes (group I 87,5–93,8% Holstein genes, group II 100% Holstein genes). Semen was collected using an artificial vagina. Two consecutive ejaculates were pooled (hereafter referred to as a “batch”), extended with a commercial extender (Triladyl[®], Minitüb, Germany), packed in 0.25 ml plastic straws, each containing ~30–40x10⁶ spermatozoa, and frozen in a biological freezer and stored in liquid nitrogen until tested. The semen from two straws of the same batch was thawed by immersion in water +35°C 20 seconds then pooled and immediately used for testing. A post-thaw motility ≥50% was set up as threshold. Straws from each batch were used also for the test inseminations. Totally 2828 cows and heifers were inseminated (average 79 inseminations per ejaculate and 218 inseminations per bull) by 4 AI technicians in 4 different herds according to the breeding program. Inseminations were performed within 1 year of freezing on heifers and cows of different parity. NRR-60 days were recorded for each batch but not corrected for season, area, and parity. NRR-60 days ranged from 22.8 to 80,0%.

Hypo-osmotic swelling (HOS) test (Jeyendran, 1984), labelled as HOS, was performed by incubating a contents of 2 frozen/thawed semen straws together with 1 ml of a 150mOsm kg⁻¹ hypoosmotic solution at 37°C for 60 min. After incubation, 0.3 ml of eosin was added into the test tube. Wet preparation was evaluated under the phase contrast microscope (x 1000) and the ratio of spermatozoa with swollen tails was expressed in % as an average of two replicates. One hundred spermatozoa were assessed in each replicate.

Sperm motility characteristics were determined with a computer assisted motility analyzer (Computer Assisted Cell Motion Analyzer (CMA), Sperm Vision, Minitüb GmbH&Co, Germany). Samples of 5µl were placed in Makler chamber where ~400 post-thaw spermatozoa were tracked and assessed (x400) at +37°C. The following parameters were determined: the percentage of general motile (GMot) and progressively motile (PMot) spermatozoa, curve line velocity (VCL, µm/sec), linearity LIN(VSL/VCL) and amplitude of lateral head displacement (ALH, µm).

Sperm plasma membrane stability. Washed spermatozoa were stained with 25 nM Yo-PRO 1 (Molecular Probes, Y3603) and after incubation at 38°C in the dark with 2.7 µM Merocyanine 540 (M-540, Molecular Probes, M24571, Leiden, The Netherlands) as previously described (Harrison et al.1996). Analysis was performed on a flow cytometer (FacsCalibur, Becton Dickinson, San Jose, USA). Data collection was started at 60 s after M-540 addition. The M-540 and Yo-PRO 1 dyes were excited by an Argon ion 488 nm laser run-

ning at 15 mW. Forward and side scatter values were recorded on a linear scale; while fluorescent values were recorded on a logarithmic scale. Fluorescence of Yo-PRO 1 was detected on detector FL 1 (530/28nm BP), while M-540 fluorescence was detected on detector FL 2 (585/2 nm BP). From each sample, a total of 10,000 events were measured with flow rate of approx. 200 cells/s. Acquisitions were made using CellQuest Pro software (Becton Dickinson, San Jose, USA). Dot plots for offline analyses were drawn by WinMDI, version 2.8. Events accumulated in the lower left corner correspond to sample debris and were excluded from the analysis by gating. On FL 1/FL 2 (Yo-PRO 1/M-540) dot plots regions were set to differentiate viable, stable plasma membrane LSM (Yo-PRO 1 negative and M-540 negative); viable, scrambled plasma membrane (Yo-PRO 1 negative and M-540 positive); and dead (Yo-PRO 1 positive) events.

Sperm mitochondrial activity. The staining protocol was identical to that described by Hallap et al. (2005). The measurements were made using a FacsCalibur flow cytometer (Becton Dickinson, San Jose, USA). The SYBR-14 dye was excited by a 15 mW Ar ion 488 nm laser while MitoTracker Deep Red was excited by a 17 mW HeNe 633 nm laser. The SYBR-14 fluorescence (cells with intact plasma membrane) was detected on detector FL 1 (530/28 nm) while MitoTracker Deep Red fluorescence was detected by a detector FL 3 (670 LP). Forward and side scatter (FSC and SSC) values were recorded on a linear scale while fluorescent values were recorded on a logarithmic scale. Compensations were set according to Roederer (2000). Acquisitions were made using the CellQuest Pro software (BD). Non-sperm events were gated out based on SYBR-14 fluorescence (DNA content). The FC was used at a low flow rate (6–24 µL/min). Acquisitions were stopped after recording 10 000 SYBR-14-positive events and the data stored in list mode for further analysis. On SYBR-14 (FL 1/FL 2) dot plots, regions were drawn around the SYBR-14-positive cluster, and these events were classified as spermatozoa. In SYBR-14/ MitoTracker Deep Red dot plots sperm cells with low MTDR-L) and high (MTDR-H) Deep Red fluorescence were specified.

Results. Generally, the increase in the grade of Holstein genes was accompanied by the decrease in the FT semen quality. The results presented in Table 1 showed that there was a significant difference in the incidence of HOS, LIN, MTDR-H and LSM (P<0.05) on batches level and LIN (P<0.05) on bull level between the bull groups with the different grade of Holstein genes. CVM had significant influence on frozen/thawed sperm characteristics as well (Table 2). The mean of GMot, PMot and VCL was higher in FT semen of CVM free bulls on batches level (P<0.01).

Positive correlation was observed between the GMot, PMot, VCL, ALH, (P<0.001), LSM, MTDR-H (P<0.01) and NRR. on batches level and Gmot, PMot, VCL, ALH (P<0.05–0,001) on bulls level. The best predicted non return rate (PNRR) for bulls on batches level was obtained with the model including five parameters: PMot, VCL, ALH MTDR-H and LSM. Strong positive correlation was found between PNRR and NRR (r=0.79; P<0.001) on batches level.

Conclusion. We conclude that increase in the grade of Holstein Genes and presence of CVM-gene defect have negative effects on FT sperm quality in holstein bulls. The results of FT sperm motility, progressive motility, VCL ALH, LSM and MTDR-H are related to NRR of cows and heifers and could be used for the prediction of bull's fertility.

SÜGAVKÜLMUTATUD/SULATATUD SPERMIDE KVALITEEDINÄITAJATE SEOS SESOONSUSE JA SUGUPULLI VANUSE NING EMASLOOMADE TIINESTUMISEGA

Peeter Padrik^{a,b*}, Triin Hallap^b, Tanel Bulitko^a, Ülle Jaakma^b

^a Eesti Tõuloomakasvatajate Ühistu, 79005 Keava, Eesti

^b Sigimisbioloogia osakond, Veterinaarmeditsiini ja Loomakasvatuse Instituut, Eesti Maailikool, Kreutzwaldi 62, 51014 Tartu, Eesti

*tel. +3727313466; fax +3727313706; e-mail: peeter.padrik@mail.ee

ABSTRACT. Influence of bull age and season to frozen-thawed semen quality and fertility. The aim of the current study was to investigate the influence of season and bull age to sperm motility, membrane integrity, membrane lipid architecture status and mitochondrial membrane potential characteristics in frozen-thawed (FT) semen, collected from Estonian Holstein (EHF) bulls. Forty five ejaculates from 15 (1–7 years) EHF bulls were examined for motility (objectively using a computer assisted motility analyzer (CMA)), hypo-osmotic swelling (HOS), membrane lipid architecture status (Merocyanine 540 staining) and mitochondrial membrane potential (MitoTracker Deep Red 633 staining). Stained spermatozoa were assessed by FCM (flow cytometry). The results of the study showed that the increase in bulls' age from 1–2 years to 5–7 years was accompanied by the increase in general motility (GMot), membrane stability (LSM) and mitochondrial activity (MTDR-H) ($P < 0.05$), curve line velocity (VCL; $P < 0.01$), linearity (LIN) and amplitude of lateral head displacement (ALH; $P < 0.001$) on batch level. The quality of spermatozoa in FT samples varied between the seasons. The mean values for VCL, ALH and MTDR-H were higher in winter and autumn on both batch and bull level ($P < 0.05$). In relationship with NRR (non-return rate 60-day), strongest correlation was obtained for the ALH results on bull level ($P < 0.001$). We conclude that the bulls' age and season of semen collection have an effect on sperm quality parameters. Frozen/thawed sperm motility parameters, LSM and MTDR-H are related to NRR of cows and heifers and could be used for the prediction of bull's fertility.

Key words: Bull, Sperm quality, Age, Season, Fertility

Sissejuhatus

Piimatootmise efektiivsus ei sõltu ainult väärtusliku geneetilise materjali olemasolust, vaid ka paljudest teisest faktoritest, mille hulgas on tähtsal kohal lehmade optimaalne poegimisvahemik. Lehmade edukat tiinestamist pärast poegimist mõjutab oluliselt sügavkülmutatud pullisperma kvaliteet. Sügavkülmutatud pullisperma kvaliteeti mõjutavad omakorda mitmed tegurid nagu aastaaeg, millal sperma varuti (Mandal *et al.*, 2003; Padrik, Jaakma 2004; Koivisto *et al.*, 2009), sugupulli vanus (Pant *et al.*, 2003; Hallap *et al.*, 2004; Helbig *et al.*, 2007) jt. Samuti on selgunud et, mida rohkem on kvaliteedinäitajaid sügavkülmutatud/sulatatud spermide

kohta, seda täpsemalt võib nende põhjal prognoosida spermide viljastamisvõimet (Rodriguez-Martinez, 2006; Rodriguez-Martinez and Barth, 2007). Kuigi paljud seemendusjaamade laborid on juba varustatud uemate spermide funktsionaalsete omaduste hindamise tehnoloogiatega nagu liikuvuse kompuuteranalüüs (CASA), mis muudab labori töö oluliselt efektiivsemaks ja objektiivsemaks, jääb ainult selle kasutamine siiski ühekülgses, sest põhineb vaid spermide liikumisomadustel, samuti on hinnatavate spermide arv väike (ca 500 rakku). Uute, suurema jõudlusega meetodite juurutamine nõuab aga kõigepealt seniste, juba kasutusel olevate meetodite võrdlust uutega. Vajalik on testida uute meetodite sobivust nii seemendusjaama igapäevatoösse kui ka nende perspektiivikust emasloomade tiinestumise prognoosimisel.

Paljud autorid on oma uuringutes näidanud voolutsütomeetria efektiivsust ja täpsust spermide kvaliteedi hindamisel (Hallap *et al.*, 2006; Kasimanickam *et al.*, 2006; Peña *et al.*, 2007). Selle tehnoloogia puhul hinnatakse ühe analüüsiga keskmiselt 10000 rakku kiirusega 200 rakku/s. Kui spermide liikuvuse hindamine CASA abil annab objektiivse ülevaate nii värske kui ka sügavkülmutatud/sulatatud sperma kvaliteedist (Muiño *et al.*, 2008) ning selle tulemused korreleeruvad hästi emasloomade tiinestumisega (Januskauskas *et al.*, 2003), siis voolutsütomeetriliseks analoog-testiksi spermide funktsionaalsuse hindamiseks oleks spermis keskosas asuvate mitokondrite membraanipotentsiaali (MMP) määramine. Kõrge MMP viitab intensiivsele energia tootmisele, mida spermatoosid vajab edasilikumiseks teel viljastuspaika (Vishwanath *et al.*, 1986; Hua *et al.*, 2006; Wu *et al.*, 2006). Hallap *et al.* (2005) täheldas oma uurimistöös, et spermide mitokondriaalse aktiivsuse määramine MitoTracker Deep Red 633 ja voolutsütomeetri abil oli igati sobilik spermide liikumisvõime kaudselt hindamiseks kuna korreleerus hästi CASA tulemustega.

Spermimembraani funktsionaalse terviklikkuse hindamiseks on mitmeid võimalusi: traditsiooniline hypo-osmootne test (Jeyendran *et al.*, 1984), selle modifikatsioonid (Padrik, 1999; Petrunina *et al.*, 2001; Amorim *et al.*, 2009), spermide värvimine fluorestseeruvate kemikaalidega (Brito *et al.*, 2003) jne. Sügavkülmutatud/sulatatud spermide membraanide terviklikkuse kõrval on membraani stabiilsus oluliseks kvaliteedinäitajaks spermide funktsionaalsuse hindamisel (Hallap *et al.*, 2005). Selle määramise üheks võimaluseks on kasutada Merocyanine 540 (M540) värvingut ja voolutsütomeetriat, mis võimaldab kindlaks teha, kui suurel määral on toimunud fosfolipiidide ümberpaigutamine

spermimembraani siseselt. Merocyanine 540 värvimisel suureneb fluorestsents vastavalt sellele, mida rohkem on membraanis ümberpaigutunud fosfolipiide (Harrison *et al.*, 1996).

Kui eelnevates uuringutes (Padrik *et al.*, 2000; Padrik, 2001; Padrik, Jaakma 2002; 2004) oleme välja selgitanud pulli vanuse ja aastaaja mõju spermide morfoloogilisele kvaliteedile ning liikuvusparameetritele, siis käesoleva uuringu põhirõhk on suunatud uutele, suurema jõudlusega sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteeti hindavatele meetoditele ning spermi teiste funktsionaalsusparameetritele nagu membraani stabiilsus ja mitokondriaalne aktiivsus.

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada pulli vanuse ja sperma kogumise aastaaja mõju eesti holsteini tõugu pullide sügavkülmutatud/sulatatud spermide membraani terviklikkusele, liikumiskarakteristikutele, spermimembraani stabiilsusele ja mitokondriaalsele aktiivsusele ning nende näitajate seost emasloomade tiinestumisega

Materjal ja meetodika

Pullid, varutud ejakulaadid ja sperma töötlemine

Selgitamiseks sugupulli vanuse mõju sügavkülmutatud/sulatatud sperma kvaliteediparameetritele uuriti 15 sugupulli 45 ejakulaati. Pullid jaotati kolme gruppi: 1–2 aastased (7 pulli), 3–4 aastased (6 pulli) ja 5–7 aastased (2 pulli).

Sperma kogumise aastaaja mõju kindlakstegemiseks uuriti 15 pulli 45 ejakulaati. Sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedinäitajaid määrati talvel (detsember, jaanuar, veebruar), kevadel (märts, aprill, mai), suvel (juuni, juuli, august) ja sügisel (september, oktoober, november).

Sperme liikumiskarakteristikute, osmoresistentuse, spermimembraani stabiilsuse, mitokondrite aktiivsuse ja tiinestumise vaheliste seoste kindlakstegemiseks uuriti 13 sugupulli 36 ejakulaati. Nendest ejakulaatidest valmistatud spermadoosidega tehti 2828 katseseemendust (keskmiselt 218 seemendust pulli kohta ja 79 seemendust ejakulaadi kohta) 4 erinevas karjas 4 erineva seemendustehniku poolt ühe kalendriaasta jooksul (1999 ja 2001 aastal). Tiineks loeti emasloomad, kes ei innelnud uuesti 60 päeva jooksul pärast seemendamist (NRR-60). Tiinestusandmeid ei korrigeeritud olenevalt aastaajast, piirkonnast ja karjast. Erinevate ejakulaatide NRR-60 varieerus 22.8 kuni 80.0%-ni.

Sperma lahjendamiseks kasutati Triladyl'i (*Minitüb GmbH&CO, Germany*) ja munarebu (Kehtna Mõis OÜ, Eesti) lahjendit. Värske sperma lahjendati pärast viieminutilist temperatuuride ühtlustamist lahjendi ja sperma vahel (+35°C vesivannis) vahekorras 1:1. Teine lahjendamine toimus 15 minutit hiljem toatemperatuuril (+20°C). Lahjendit lisati niipalju, et ühte seemendusdoosi jääks ~30×10⁶ spermi. Seejärel asetati lahjendatud sperma külmikusse (+4°C). Kahetunnilise jahutamise järel pakendati sperma 0.25 ml spermakõrrekestesse (*Minitüb GmbH&CO, Germany*). Pärast kahetunnilist

ekvilibreerumist spermakõrrekesed sügavkülmutati ning säilitati vedelas lammastikus –196°C juures.

Spermide membraani terviklikkuse määramine

Funktsionaalselt tervikliku membraaniga spermide osakaalu määramiseks kasutati traditsioonilist hüpoosmootset testi HOT (Jeyendran *et al.*, 1984). Kaks spermakõrrekest sulatati +35°C juures vesivannis 20 sekundi jooksul ja tühjendati katseklaasi 1 ml HOT lahusesse (0.735 g naatriumsitraati (*Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH, Germany*), 1.351 g fruktoosi (*Merck KGaA, Germany*), 100 ml destilleeritud vett; lahuste osmootne rõhk 150mOsm, kg⁻¹). Pärast hoolikat segamist vorteksi loksutis (*VORTEX, Europe*) asetati katseklaas termostaati (*Memmert GmbH, Germany*) ning inkubeeriti 60 minutit +37°C juures. Seejärel lisati katseklaasi 0.3 ml eosini (0.99%, *Pioneer Research Chemicals, Ltd. England*), valmistati märgpreparaat ja loendati pundunud sabaga spermid 1000–kordsel suurendusel faaskontrastmikroskoobis (*Olympus BX40, Japan*). Igast preparaadist loendati 100 spermi ning pundunud spermide osakaal avaldati protsentides kahe preparaadi keskmisena.

Spermide liikumiskarakteristikute määramine

CASA abil

Spermide liikumiskarakteristikud sügavkülmutatud/sulatatud pullispermis määrati kompuuteranalüüsi (*Computer Assisted Cell Motion Analyser, Sperm Vision, Minitüb GmbH&CO, Germany*) abil. Spermakõrreke sulatati +35°C juures 20 sekundi jooksul ja uuriti Makleri kambris (*Makler Counting Chamber, Sefi-Medical Instruments, Israel*) 400× suurendusel iga proovi 4–5 erinevalt väljalt kokku ~400 spermi. Määrati järgmised näitajad: liikuvate spermide (LS) % / *Motility (GMot %)*; otseliikuvate spermide % (OLS; %)/ *Progressive Motility (PMot %)*; spermide kiirus liikumisteedekonnal (SKL, µm/s) / *Velocity Curve Line (VCL, µm/s)*; spermide otseliikuvus (SOL, SKS/SKL) / *Linearity LIN (VSL/VCL)*; spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektorist (SKA, µm) / *Amplitude of Lateral Head Displacement (ALH, µm)*.

Spermimembraani stabiilsuse määramine

Spermimembraani stabiilsuse (ESM) määramiseks valmistati 1mM *Merocyanine 540 (M-540; Molecular Probes, M24571, Leiden, Holland)* ja 25 µM *Yo-PRO 1 (Molecular Probes, Y3603 Leiden, The Netherlands)* põhilahused dimetüülsulfoksiidis (*DMSO; Applichem, Germany*). Pestud spermidele lisati 25 nM *Yo-PRO 1* ja inkubeeriti 38°C juures pimedas 9 min (Harrison *et al.*, 1996). Seejärel lisati 10 µL 40 µM *M-540* lahust *SP-TALP*-is, et saada lõplik *M-540* kontsentratsioon 2.7 µM ja segati 10 s. enne voolutsütomeetris (*FacsCalibur, Becton Dickinson, San Jose, USA*) analüüsimist. Andmete kogumist alustati 60 sekundit pärast *M-540* lisamist. Mõõtmised tehti voolutsütomeetriga, mis oli varustatud standardsete optiliste laseritega. *Merocyanine-540* ja *Yo-PRO 1* ergastati argoonioon 488 laseriga 15 mW juures. Otse- ja kõrvalhajuvuse väärtused toodi lineaarskaalale ja

fluorestseeruvad väärtused logaritmiskaalale. Maksimaalse tundlikkuse jaoks sätestati neeldunud kiirguse ala, et saavutada L-kujuline otsevalgus (hajuv/külgsuunaline valgus hajutab spermide jaotumise). *Yo-PRO 1* fluorestsents määrati detektoris *FL 1* (530/28nm BP), samal ajal kui *M-540* fluorestsents määrati detektoris *FL 2* (585/2 nm BP). Igast spermaproovist tehti 10000 mõõtmist, voolukiirusega ca 200 rakku/s. Kasutati *CellQuest Pro* tarkvara (*Becton Dickinson, San Jose, USA*). Punkt-diagrammid autonoomseteks analüüsideks tehti *WinMDI 2.8*. abil (free software by J. Trotter, available at <http://facs.scripps.edu/software.html>). Detektorite *FL 1/FL 2* (*Yo-PRO 1/M-540*) kohta koostati punktdiagrammide ala, et diferentseerida elusad stabiilse plasmamembraaniga ESM (*Yo-PRO 1* negatiivne ja *M-540* negatiivne); elusad ebastabiilse plasmamembraaniga EVM (*Yo-PRO 1* negatiivne ja *M-540* positiivne) ja surnud spermid (*Yo-PRO 1* positiivne).

Spermide mitokondriaalse aktiivsuse määramine

Spermide mitokondriaalse aktiivsuse (KMA) määramiseks kasutati Hallap *et al.* (2005) poolt kirjeldatud meetodikat. Mõõdistamised tehti *FacsCalibur* voolutsütomeetris (*Becton Dickinson, San Jose, USA*). *SYBR-14* (*Sperm Viability Kit L-7011, Molecular Probes Inc., Eugene, OR, USA*) värvain ergastati 15 mW argooniooni 488 nm laseriga, samal ajal kui *MitoTracker Deep Red* ergastati 17 mW *HeNe* 633 nm laseriga. *SYBR-14* fluorestsents (tervikliku plasmamembraaniga rakud) määrati kindlaks detektoris *FL 1* (530/28 nm) ja *MitoTracker Deep Red* fluorestsents (kõrge mitokondriaalne aktiivsus) määrati kindlaks detektoris *FL 3* (670 LP). Otse- ja kõrvalhajuvuse väärtused loodi lineaarskaalal ja fluorestseeruvad väärtused logaritmiskaalal. Tasakaalustamine tehti vastavalt Roedererile (2000). Kasutati *CellQuest Pro* tarkvara (*Becton Dickinson, San Jose, USA*). Voolutsütomeetrit kasutati madalal voolukiirusel (6–24 $\mu\text{L}/\text{min}$). Tehti ~10000 *SYBR-14*-positiivset mõõtmist ja andmed salvestati tulevasteks analüüsideks. Punktogrammide FL1/FL2 eristati spermid muudest partiklitest *SYBR-14* fluorestsentsi (DNA sisaldus) alusel. Punktogrammide *SYBR-14/MitoTracker Deep Red* (FL 1/FL 3) määrati kindlaks madala (MMA) ja kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermid (KMA).

Statistiline analüüs

Uuringute tulemuste statistilises analüüsis kasutati erinevuste olulisuse hindamiseks *t*-testi ja dispersioonanalüüsi. Tunnustevahelised erinevused loeti tõenäoseks, kui $P < 0.05$ (* kui $P < 0.05$; ** kui $P < 0.01$; *** kui $P < 0.001$). Tunnustevaheliste seoste hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonikordajat. Tunnustevahelist seost loeti järgnevalt: nõrk seos, kui $|r| \leq 0.3$; keskmine seos, kui $0.3 < |r| < 0.7$; tugev seos, kui $|r| \geq 0.7$.

Tulemused

Pulli vanuse mõju sügavkülmutatud/sulatatud spermide liikumiskarakteristikutele

Erinevas vanuses sugupullidelt kogutud sperma analüüs näitas, et vanuse suurenedes paranesid oluliselt mitmed spermide liikumisparameetrid (tabel 1). Nii oli liikuvate spermide osakaal ejakulaatide lõikes 5–7 ja 3–4 aastastel pullidel oluliselt suurem võrreldes 1–2 aastaste pullidega ($P < 0.05$). Spermide kvaliteedinäitajad SKL, SOL ja SKA olid samuti kõrgemad 3–4 ja 5–7-aastaste pullide vanusegrupis, erinedes oluliselt (vastavalt; $P < 0.01$; $P < 0.001$; $P < 0.001$) 1–2-aastaste pullide sügavkülmutatud/sulatatud sperma samadest näitajatest. Samuti selgus, et ka sperma plasmamembraani stabiilsus ja mitokondrite aktiivsus olid ejakulaatide lõikes oluliselt kõrgemad 5–7 aastastel pullidel erinedes 1–2 aastaste pullide samadest näitajatest ($P < 0.05$) ning 3–4 aastaste pullide tulemustest ESM osas ($P < 0.05$).

Funktsionaalselt teravikliku membraaniga spermide osas ei leitud vanusegruppide vahel statistilist erinevust, kuigi näitaja oli parem 1–2 aastastel pullidel. Uurimistulemustest selgus, et pullide lõikes olid vanusegruppide vahelised erinevused statistiliselt nõrgemini väljendunud, kuid järgisid üldjoontes samu trende kui ejakulaatide vahelises võrdluses. Oluliselt kõrgemad olid SKL ja SKA väärtused 3–4 ja 5–7-aastaste pullide vanusegrupis võrreldes 1–2-aastaste pullidega kusjuures statistiline erinevuste tõenäosus oli vastavalt $P < 0.05$ ja $P < 0.01$. Samas oli spermide SOL oluliselt suurem 1–2 aastaste pullidel võrreldes 3–4 aastastega ($P < 0.01$) ja 5–7-aastastega ($P < 0.05$).

Tabel 1. Pulli vanuse mõju sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedile ejakulaatide lõikes
Table 1. Influence of bulls' age on frozen/thawed sperm quality characteristics; batch level (means±S.D.)

Spermide kvaliteedinäitajad <i>Sperm quality characteristics</i>	Pulli vanus aastates/ <i>Age of bulls (year)</i>		
	1–2	3–4	5–7
Ejakulaate/ <i>No of ejaculates</i>	<i>n</i> =19	<i>n</i> =17	<i>n</i> =9
HOT(%) / <i>HOS</i> (%)	36.4 ± 9.3	31.2 ± 10.0	33.9 ± 9.8
LS(%) / <i>GMot</i> (%)	71.5 ± 12.3 ^b	78.9 ± 7.6 ^a	78.4 ± 9.2 ^a
OLS(%) / <i>PMot</i> (%)	55.1 ± 15.2	62.7 ± 7.7	61.7 ± 9.3
SKL (µm/sek) / <i>VCL</i> (µm/sec)	88.3 ± 7.9 ^c	100.7 ± 10.2 ^d	93.3 ± 3.9 ^d
SOL/ <i>LIN</i>	0.51 ± 0.04 ^f	0.45 ± 0.03 ^e	0.45 ± 0.03 ^e
SKA(µm) / <i>ALH</i> (µm)	2.7 ± 0.3 ^{c,f}	3.1 ± 0.3 ^e	3.0 ± 0.5 ^d
ESM(%) / <i>LSM</i> (%)	51.3 ± 20.8 ^a	55.6 ± 7.6 ^a	65.1 ± 11.8 ^b
KMA(%) / <i>MTDR-H</i> (%)	66.9 ± 23.7 ^a	78.4 ± 12.9	82.6 ± 7.6 ^b

HOT–funktsionaalselt tervikliku membraaniga spermid LS–liikuvad spermid; OLS–otseliikuvad spermid; SKL–spermide kiirus liikumisteekon-
 nal; SOL–spermide otseliikuvus, SKA–spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektorist; ESM–elusad stabiilse membraaniga spermid;
 KMA–kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermid;

HOS –intact plasma membranes; *Gmot*–general motile; *PMot*–progressively motile; *VCL*–curve line velocity; *LIN*–linearity; *ALH*–amplitude of
 lateral head displacement; *LSM*–live stable membrane; *MTDR-H*–high mitochondrial activity;

^{a, b, c, d, e, f} Erinevate ülaindeksitega väärtused samas reas on statistiliselt erinevad/Values with different superscripts in a row are significantly
 different (^{a, b} –*P*<0.05; ^{c, d} –*P*<0.01; ^{e, f} –*P*<0.001).

Aastaaegade mõju sügavkülmutatud/sulatatud spermide liikumiskarakteristikutele.

Spermide liikumiskiirused SKL ja SKA olid ejakulaatide lõikes suve-, sügise- ja talvekuudel (*P*<0.05) oluliselt kõrgemad võrreldes kevadega, mitokondrite aktiivsus oli kõrgem sügis-talvisel perioodil võrreldes kevad-suvise perioodiga (*P*<0.05–*P*<0.001). Samuti näitasid sarnast tendentsi liikuvate ja otseliikuvate spermide mõõtmistulemused.

Pullide lõikes ilmnes taas, et enamus mõõdetud kvaliteediparameetritest olid sügis-talvisel perioodil kõrgemad võrreldes kevad-suvise perioodiga. Statistiliselt oluline erinevus ilmnes ainult sügisel varutud sperma kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermide osakaalu puhul võrreldes kevadel varutud spermide sama näitajaga (*P*<0.001).

Tabel 2 Aastaaegade mõju sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedile ejakulaatide lõikes
Table 2. Seasonal variation in frozen/thawed sperm motility characteristics on batches level (means±S.D.)

Spermide kvaliteedinäitajad / <i>Sperm quality characteristics</i>	Aastaaeg/Season			
	Kevad <i>Spring</i>	Suvi <i>Summer</i>	Sügis <i>Autumn</i>	Talv <i>Winter</i>
Ejakulaate/ <i>No of ejaculates</i>	<i>n</i> =26	<i>n</i> =7	<i>n</i> =3	<i>n</i> =9
HOT(%) / <i>HOS</i> (%)	34.8 ± 8.9	33.5 ± 11.5	30.0 ± 0	31.1 ± 11.6
LS(%) / <i>GMot</i> (%)	74.8 ± 10.9	71.4 ± 14.5	83.0 ± 6.3	79.3 ± 7.0
OLS(%) / <i>PMot</i> (%)	58.3 ± 12.5	55.1 ± 15.1	65.0 ± 7.5	63.4 ± 8.6
SKL (µm/sek) / <i>VCL</i> (µm/sec)	91.7 ± 10.0 ^b	98.03 ± 10.8 ^a	97.2 ± 4.4 ^a	100.0 ± 8.7 ^a
SOL/ <i>LIN</i>	0.49 ± 0.04	0.48 ± 0.07	0.44 ± 0.01	0.47 ± 0.03
SKA(µm) / <i>ALH</i> (µm)	2.8 ± 0.3 ^b	3.0 ± 0.4 ^a	3.0 ± 0.2 ^a	3.1 ± 0.3 ^a
ESM(%) / <i>LSM</i> (%)	56.1 ± 19.3	48.7 ± 20.6	67.5 ± 7.6	56.9 ± 10.9
KMA(%) / <i>MTDR-H</i> (%)	72.5 ± 18.8 ^{b,c}	63.9 ± 18.2 ^b	89.5 ± 1.5 ^{a,f}	82.9 ± 7.1 ^a

HOT–funktsionaalselt tervikliku membraaniga spermid LS–liikuvad spermid; OLS–otseliikuvad spermid; SKL–spermide kiirus liikumisteekon-
 nal; SOL–spermide otseliikuvus, SKA–spermide kõrvalekaldeamplituud liikumistrajektorist; ESM–elusad stabiilse membraaniga spermid;
 KMA–kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermid;

HOS –intact plasma membranes; *Gmot*–general motile; *PMot*–progressively motile; *VCL*–curve line velocity; *LIN*–linearity; *ALH*–amplitude of
 lateral head displacement; *LSM*–live stable membrane; *MTDR-H*–high mitochondrial activity;

^{a, b, c, d, e, f} Erinevate ülaindeksitega väärtused samas reas on statistiliselt erinevad/Values with different superscripts in a row are significantly
 different (^{a, b} –*P*<0.05; ^{c, d} –*P*<0.01; ^{e, f} –*P*<0.001).

Emasloomade tiinestumise ja sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedikarakteristikute vaheline seos

Sügavkülmutatud/sulatatud spermas määratud liikuvate ja otseliikuvate spermide osakaalu ja emasloomade tiinestumise vahel oli keskmise tugevusega positiivne korrelatsioon nii pullide kui ka ejakulaatide lõikes (tabel 3). Spermide spetsiifiliste liikumiskarakteristikute osas

leiti keskmise tugevusega korrelatsioon SKA ja SKL ning emasloomade tiinestumise vahel. Kõige tugevam oli see näitaja SKA ja emasloomade tiinestumise vahel pullide lõikes *r*=0.77 (*P*<0.001). Uurimusest selgus, et ESM ning KMA ja emasloomade tiinestumise vahel ilmnes samuti oluline positiivne korrelatsioon (*P*<0.05; tabel 3) ejakulaatide lõikes.

Tabel 3. Emasloomade tiinestumise ja sügavkülmutatud/sulatatud spermide kvaliteedinäitajate vaheline seos
Table 3. Correlations between sperm quality characteristics in frozen/thawed semen and 60-days NRR

Spermide kvaliteedinäitajad/ Sperm quality characteristics	Tiinestumise %/60-days non-return rate (NRR)%	
	Ejakulaatide lõikes/ Batch level	Pullide lõikes/ Bull level
	n=36	n=13
	<i>r</i>	<i>r</i>
HOT(%)/ HOS(%)	0.10	0.01
LS(%)/ GMot(%)	0.70 ***	0.73 **
OLS(%)/ PMot(%)	0.64 ***	0.64 *
SKL(µm/sek)/ VCL (µm/sec)	0.67 ***	0.75 **
SOL/LIN	-0.49	-0.66
SKA(µm)/ ALH(µm)	0.63 ***	0.77 ***
ESM(%)/ LSM(%)	0.45 **	0.32
KMA(%)/ MTDR-H(%)	0.49 **	0.51

HOT–funktsionaalselt tervikliku membraaniga spermid; LS–liikuvad spermid; OLS–otseliikuvad spermid; SKL–spermide kiirus liikumistekonnal; SOL–spermide otseliikuvus; SKA–spermide kõrvalekalde-amplituud liikumistrajektorist; ESM–elusad stabiilse membraaniga spermid; KMA–kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermid; HOS–intact plasma membranes; GMot–general motile; PMot–progressively motile; VCL–curve line velocity; LIN–linearity; ALH–amplitude of lateral head displacement; LSM–live stable membrane; MTDR-H–high mitochondrial activity
 *($P<0.05$), **($P<0.01$), ***($P<0.001$).

Arutelu

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada pulli vanuse ja sperma kogumise aastaaja mõju eesti holsteini tõugu pullide sügavkülmutatud/sulatatud spermide membraani terviklikkusele, liikumiskarakteristikutele, spermimembraani stabiilsusele ja mitokondrite aktiivsusele ning määrata nende näitajate seos emasloomade tiinestumisega.

Meie uuringud näitasid, et kõige enam oli liikuvaid ja otseliikuvaid sperme sügavkülmutatud/sulatatud spermas 3–4- ja 5–7-aastaste pullide vanuserühmas võrreldes 1–2-aastaste pullidega, kuigi statistiline erinevus ilmnes ainult liikuvate spermide osas ejakulaatide lõikes ($P<0.05$). Mitmed autorid on ka varem täheldanud sugupulli vanuse ja spermide liikuvuse vahelist seost (Hallap *et al.*, 2004; Devkota *et al.*, 2008). Meie uuringust selgus, et ka spermide spetsiifilised liikuvusparameetrid SKL, SOL ja SKA kasvasid pulli vanuse suurenedes 1-aastast kuni 3–4-aastani ja sealt edasi kuni 5–7-aastani. Väikest langustendentsi 5–7-aastastel pullidel võrreldes 3–4-aastastega näitas SKL. Uuringust selgus samuti, et stabiilse membraaniga ja kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermide osakaal oli kõige suurem 5–7-aastaste pullide vanusegrupis. Ka Hallap *et al.* (2005) leidis oma uuringus, et pullide vanus mõjutab spermide mitokondriaalset aktiivsust, kuid ESM puhul ei olnud pullide vanusegruppide vahelist erinevust (Hallap *et al.*, 2006). Liikuvate ja otseliikuvate spermide osakaalu suurendamine pulli vanuse suurenedes võib olla tingitud sugupulli jätkuvast kasvust ja arengust, millega kaasneb ka munandite kasv ja übermõõdu suurendamine. Devkota *et al.* (2008) ja Lozano *et al.* (2008) leidsid oma uuringutes, et munandite übermõõdu on tugevalt seotud sugupulli kehahassiga ja vanusega. Forsberg

(1996) ja Andrade *et al.* (2008) märkisid, et munandi übermõõdu suurenedes tõuseb ka testosterooni tase vereplasmas. Munandi übermõõdu suurendamine sugupulli kasvades ja vereplasma testosteroonisaldus mõjutab omakorda nii spermide morfoloogilist kvaliteeti kui ka spermide liikuvust (Pinho *et al.*, 2008; Devkota *et al.*, 2008). Üksikute sperma liikuvuskarakteristikute langustendents 5–7-aastaste sugupullide grupis võrrelduna 3–4-aastaste pullidega võib olla tingitud spermatogeneesi reguleerivate hormoonide – folliikuleid stimuleeriva hormooni, luteiniseeriva hormooni ja testosterooni (Hafez and Hafez, 2000) taseme langusest või kõikumisest (Forsberg, 1996) sugupulli vananedes.

Sperma kvaliteedi sõltuvust aastaegadest iseloomustasid spetsiifiliste liikuvusparameetrite suuremad väärtused sügis-talvisel perioodil võrreldes kevad-suvise perioodiga ($P<0.05$). Samas selgus, et kõige rohkem kõrge mitokondriaalse aktiivsusega sperme esines sügisel kogutud sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas, erinedes kõige enam kevadel varutud ejakulaatidest (16.0% võrra; $P<0.001$). Aastaaegade mõju spermide kvaliteedile on märkinud paljud autorid (Mandal *et al.*, 2003; Janett *et al.*, 2003a,b; Koonjaenak *et al.*, 2007a,b; Koivisto *et al.*, 2009). Janett *et al.* (2003a,b) leidis oma uuringus, et suvel oli liikuvaid ja morfoloogiliselt normaalseid sperme täkuspermas vähem kui teistel aastaegadel ($P<0.05$). Koonjaenak *et al.* (2007b), uurides vesipühvlite spermat, leidis, et spermide liikumiskiirus SKL oli juulis-oktoobris (vihmaperioodil) suurem kui suvisel perioodil (märts-juuni; $P<0.05$ – 0.001). Samast uurimisest selgus statistiline erinevus ka spermimembraani terviklikkuse ja stabiilsuse osas, mis oli talvisel perioodil (november-veebruar) parem võrreldes nii suvisel kui ka vihmaperioodiga. Mandal *et al.* (2003) märkis oma uurimuses, et pühvlite spermas oli liikuvate spermide osakaal talvisel perioodil (november-märts) suurem kui teistel aastaegadel. Muutused spermide kvaliteedinäitajate osas olenevalt aastaajast võivad olla tingitud asjaolust, et kevad-suvine temperatuuri tõus võib põhjustada mitmete hormoonide taseme kõikumist. Shubbur *et al.* (1989) leidsid oma uuringus, et testosterooni tase sugupulli vereplasmas oli kõige kõrgem detsembris. Park Yi, (2002), uurides kultide sperma kvaliteeti täheldas, et testosterooni tase oli kõige kõrgem kevadel ($P<0.05$) ning leidis samas, et ka spermide morfoloogia, liikuvus ja kontsentratsioon oli samuti kõrgeimad kevadel. Ax *et al.* (1987) andmeil põhjustab suvine kõrge temperatuur patoloogiliste spermide esinemissageduse suurendamist ja spermide liikuvuse vähenemist. Ka Godfrey *et al.* (1990) leidis, et testosterooni-taseme kõikumine sugupulli vereplasmas sõltub aastaajast, kuid Koivisto *et al.* (2009) ei leidnud aastaegade mõju testosterooni-taseme kõikumisele.

Meie uurimisest selgus, et sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas määratud liikuvate spermide osakaalu ja emasloomade tiinestumise vahel esines tugev korrelatsioon, seda nii ejakulaatide kui ka pullide lõikes (vastavalt $r=0.70$ ja $r=0.73$; $P<0.001$). Teiste hinnatud kvaliteedinäitajate (otseliikuvate spermide osakaal, SKL, SKA, ESM ja KMA) ja emasloomade tiinestumise vahel esines keskmine positiivne korrelatsioon. Ka

Correa *et al.* (1997) ja Januskauskase *et al.* (2003) poolt läbiviidud uurimustest selgus, et liikuvate spermide osakaal sügavkülmutatud/sulatatud spermas ja emasloomade tiinestumine on omavahel seotud (vastavalt $r=0.53$ ja $r=0.61$). Meie uuringust selgus, et nii spermimembraani stabiilsuse kui ka mitokondriaalse aktiivsuse ja emasloomade tiinestumise vahel ilmnes statistiliselt oluline positiivne korrelatsioon. Sarnaselt meie uuringule, leidis ka Kasai *et al.* (2002), uurides inimeste spermide *in vitro* viljastamisvõimet, et kõrge mitokondriaalse aktiivsusega spermidel on parem viljastamisvõime. Erinevalt meie uuringust selgunule ei leidnud Hallap *et al.* (2005, 2006) statistiliselt olulist korrelatsioon ESM ja KMA spermide ja emasloomade tiinestumise vahel. Seega on teadusandmed tihti vastuolulised ja tulemused sõltuvad uuritud populatsioonist, loomade ja spermapiiride arvust ning variatsioonist. Sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas olevate tervikliku membraaniga spermide osakaalu ja emasloomade tiinestumise vahel oli meie uuringus nõrk positiivne korrelatsioon. Tervikliku membraaniga spermide osatähtsust sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas tuleb siiski lugeda oluliseks, kuna see annab hea ülevaate spermimembraanide võimest oma funktsiooni täita (Pommer *et al.*, 2002) korreleerudes hästi teiste kvaliteedinäitajatega (Moskovtsev *et al.*, 2005; Zuge *et al.*, 2008) ja ka emasloomade tiinestumisega (Revell, Mrode, 1994; Correa *et al.*, 1997; Lagares *et al.*, 2000; Perez-Llano *et al.*, 2001) ning lihtsa meetodika tõttu sobib hästi sperma viljastamisvõime prognoosimiseks seemendusjaamades (Brito *et al.*, 2003; Tartaglione, Ritta, 2004).

Kokkuvõte

Sugupulli vanus mõjutab oluliselt liikuvate spermide osakaalu ja spetsiifiliste liikumiskarakteristikute SKL, SOL, SKA, väärtusi sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas. Nimetatud parameetrite keskmised väärtused on kõrgeimad 3–4-aastastel pullidel. ESM ning KMA näitajad on aga kõige suuremad 5–7-aastastel pullidel.

Liikuvate ja otseliikuvate spermide osakaal, spetsiifiliste liikumiskarakteristikute näitajad (SKL, SOL, SKA) ja ESM ning KMA sügavkülmutatud/sulatatud pullispermas sõltuvad sperma kogumise aastaajast.

Sügavkülmutatud/sulatatud spermas määratud liikuvate ja otseliikuvate spermide osakaalu SKL, SOL, SKA, ESM ning KMA ja emasloomade tiinestumise vahel olid keskmise tugevusega positiivne korrelatsioon ejakulaatide lõikes.

Sugupulli vanus ning aastaage, millal sperma varuti, mõjutab oluliselt spermide kvaliteeti sügavkülmutatud/sulatatud spermas. Optimaalne oleks deponeerimiseks suunatav sügavkülmutatud pullisperma varuda 3–7-aastatelt pullidelt ning sügis-talvisel perioodil. Sügavkülmutatud/sulatatud spermide liikumisparameetrite, mitokondriaalse aktiivsuse ning membraani stabiilsuse ja emasloomade tiinestumise vahel oli positiivne seos, seepärast sobivad need parameetrid emasloomade tiinestumise prognoosimiseks

Tänuavaldused

Uurimistööd toetasid Eesti Teadusfond (grant 6089, grant 7814), ja SF 1080045s07. Täname Eesti Tõuloomakasvatajate Ühistut ja Niina Haasmaad tehnilise abi ja keelelise korrektuuri eest.

Kasutatud kirjandus

- Amorim, E.A., Torres, C.A., Graham, J.K., Amorim, L.S., Santos, L.V. 2009. The hypoosmotic swelling test in fresh rabbit spermatozoa. – *Animal Reproduction Science*, 111 (2–4), p. 338–343.
- Andrade, V.J., Dias, J.C., Martins, J.A.M., Emerick, L.L., Ivo, J.C., Vale Filho, V.R., Silva, M.A., Souza, F.A. 2008. Seric testosterone concentration (STC) in young Guzerat bulls (*Bos taurus indicus*) and its association with reproductive traits. – *Proceedings of 16th International Congress on Animal Reproduction July 13–17 2008. Budapest*, 3, p. 160 (abstract).
- Ax, R.L., Dickson, K., Lenz, R.W. 1984. Induction of acrosome reaction in response to chondroitin sulfates *in vitro* corresponds to non-return rates of dairy bulls. – *Journal of Dairy Science*, 68 (2), p. 387–390.
- Brito, L.F.C., Barth, A.D., Bilodeau-Goeseels, S., Panich, P.L., Kastelic, J.P. 2003. Comparison of methods to evaluate the plasmalemma of bovine sperm and their relationship with *in vitro* fertilization rate. – *Theriogenology*, 60 (8), p. 1539–1551.
- Correa, J.R., Heerche, G. Jr., Zavos, P.M., 1997. Sperm membrane functional integrity and response of frozen-thawed bovine spermatozoa during the hypoosmotic swelling test incubation at varying temperatures. – *Theriogenology*, 4 (3), p. 715–721.
- Devkota, B., Koseki, T., Matsui, M., Sasaki, M., Kaneko, E., Miyamoto, A., Amaya Montoya, C., Miyake, Y. 2008. Relationships among age, body weight, scrotal circumference, semen quality and peripheral testosterone and estradiol concentrations in pubertal and postpubertal Holstein bulls. – *The Japanese Society Of Veterinary Science*. 70 (1), p. 119–121.
- Godfrey, R.W., Lunstra, D.D., Jenkins T.G., Berardinelli, J.G., Guthrie, M.J., Neuendorff D.A., Long, C.R., Randel, R.D. 1990. Effect of season and location on semen quality and serum concentration of luteinizing hormone and testosterone in Brahman and Hereford bulls. – *Journal of Animal Science*, 68 (3), p. 734–749.
- Forsberg, M. 1996. Hormonal Control of Male Reproductive Function. – *Nordic Research Course in Diagnostic and Experimental Animal Andrology, Uppsala, May, 1996*.
- Hafez, E.S.E., Hafez, B. 2000. *Reproduction in Farm Animals*. 7th edition. Lippincott Williams & Wilkins, Kiawah Island, South Carolina, USA. p. 495.
- Hallap, T., Nagy, S., Häärd, M., Jaakma, Ü., Larsson, B., Rodriguez-Martinez, H. 2004. Variations in quality of frozen-thawed semen from Swedish Red and White sires at 1 and 4 years of age. – *Journal of Andrology*, 27 (3), p. 166–171.
- Hallap, T., Nagy, S., Jaakma, Ü., Johannisson, A., Rodriguez-Martinez, H. 2005. Mitochondrial activity of frozen-thawed spermatozoa assessed by MitoTracker Deep Red 633. – *Theriogenology*, 63 (8), p. 2311–2322.
- Hallap, T., Nagy, S., Jaakma, Ü., Johannisson, A., Rodriguez-Martinez, H. 2006. Usefulness of a triple fluorochrome combination Merocyanine 540/Yo-Pro 1/Hoechst 33342 in

- assessing membrane stability of viable frozen-thawed spermatozoa from Estonian Holstein AI bulls. – *Theriogenology*, 65 (6), p. 1122–1136.
- Janison, R.A.P., Ashworth, P.J.C., Miller, N.G.A. 1996. Bicarbonate/CO₂, an effector of capacitation, induces a rapid and reversible change in the lipid architecture of boar sperm plasma membranes. – *Molecular Reproduction and Development*, 45, p. 378–391.
- Helbig, L., Woodbury, M.R., Haig, J.C., Barth, A.D. 2007. The onset of puberty in North American bison (*Bison bison*) bulls. – *Animal Reproduction Science*, 97 (1–2), p. 12–24.
- Hua, Y., Qian, X.M., Chen, B.G., Yang, J.H., Wu, X.Y., Ma, L., Chen, C.L. 2006. Application of flow cytometry to the evaluation of semen quality. – *National Journal Of Andrology*, 12 (7), p. 608–611.
- Januskauskas, A., Johannisson, A., Rodriques-Martinez, H. 2003. Subtle membrane changes in cryopreserved bull semen in relation with sperm viability, chromatin structure, and field fertility. – *Theriogenology*, 60 (4), p. 743–58.
- Janett, F., Thun, R., Niederer, K., Burger, D., Hassig, M. 2003a. Season changes in semen quality and freezability in the Warmblood stallion. – *Theriogenology*, 60 (3), p. 453–461.
- Janett, F., Thun, R., Bettschen, D., Burger, D., Hassig, M. 2003b. Season changes of semen quality and freezability in Franches-Montagnes stallion. – *Animal Reproduction Science*, 77 (3–4), p. 213–221.
- Jeyendran, R.S., Van der Ven, H.H., Perez-Pelaez, M., Crabo, B.G., Zaneveld, L.J.D. 1984. Development of an assay to assess the functional integrity of the human sperm membrane and its relationship to other semen characteristics. – *Journal of Reproduction and Fertility*, 70 (1), p. 219–225.
- Kasai, T., Ogawa, K., Mizuno, K., Nagai, S., Uchida, Y., Ohta, S. 2002. Relationship between sperm mitochondrial membrane potential, sperm motility, and fertility potential. – *Asian Journal of Andrology*, 4 (2), p. 97–103.
- Kasimanickam, R., Nebel, R.L., Peeler, I.D., Silvia W.L., Wolf, K.T., McAlliste, A.J., Cassell, B.G. 2006. Breed differences in competitive indices of Holstein and Jersey bulls and their association with sperm DNA fragmentation index and plasma membrane integrity. – *Theriogenology*, 66 (5), p. 1307–1315.
- Koivisto, M.B., Costa M.T., Perri, S.H., Vicente, W.R. 2009. The effect of season on semen characteristics and freezability in *Bos indicus* and *Bos taurus* bulls in the southeastern of Brazil. – *Reproduction In Domestic Animal*, 44 (4), p. 587–592.
- Koonjaenak, S., Johannisson, A., Pongpeng, P., Wirojwuthikul, S., Kunavongkrit, A., Rodriguez-Martinez, H. 2007a. Seasonal variation in nuclear DNA integrity of frozen-thawed spermatozoa from Thai AI swamp buffaloes (*Bubalus bubalis*). – *Journal Of Veterinary Medicine*, 54 (7), p. 377–383.
- Koonjaenak, S., Pongpeng, P., Wirojwuthikul, S., Johannisson, A., Kunavongkrit, A., Rodriguez-Martinez, H. 2007b. Seasonality affects post-thaw plasma membrane intactness and sperm velocities in spermatozoa from Thai swamp buffaloes (*Bubalus bubalis*). – *Theriogenology*, 67 (9), p. 1424–1435.
- Lagares, M.A., Petzoldt, R., Sieme, H., Klug, E., 2000. Application of hypo-osmotic swelling test for prediction of equine semen fertilizing capacity. – *14th International Congress on Animal Reproduction 2000*, 2, 30 (abstract).
- Lozano, H., Jimenez, C. 2008. Pursuit of scrotal circumference, evaluation of semen quality and testicular ultrasonography in Brahman bulls within 18 to 21 and 21 to 24 months of age. – *Proceedings of 16th International Congress on Animal Reproduction July 13–17 2008. Budapest*, 3, p. 166 (abstract).
- Perez-Liano, B., Lorenzo, J.L., Yenes, P., Trejo, A., Garcia-Casado, P. 2001. A short hypoosmotic swelling test the prediction of boar sperm fertility. – *Theriogenology*, 56 (3), p. 387–398.
- Mandal D.K., Nagpaul P.K., Gupta A.K., 2003. Motion characteristics of murrah buffalo bull spermatozoa in various seasons and its relationship with functional integrity of the plasmalemma. – *Theriogenology*, 60 (2), p. 349–358.
- Moskovtsev, S.I., Wilis, J., Azad, A., Mullen, J.B.M. 2005. Sperm DNA integrity: correlation with sperm plasma membrane integrity in semen evaluated for male infertility. – *Archives of Andrology*, 51, p. 33–40.
- Muiño, R., Tamargo, C., Hidalgo, C.O., Pena, A.I. 2008. Identification of sperm subpopulations with defined motility characteristics in ejaculates from Holstein bulls: effects of cryopreservation and between-bull variation. – *Animal Reproduction Science*, 109 (1–4), p. 27–39.
- Padrik, P. 1999. Modified hypoosmotic swelling (HOS) test as a method for prediction of bull sperm fertilising ability. – *Dairy Production in Estonia Today and Tomorrow. Proceedings from a symposium at the Estonian Agricultural University. Tartu*, p. 75–76.
- Padrik, P., Jaakma, Ü., Mürsepp, I. 2000. Eesti holsteini tõugu seemenduspullide värske sperma kvaliteet. – *Agraarteadus*, XI, 1, 71–80.
- Padrik, P. 2001. Sperm morphology in Estonian Holstein bulls of various Age and Grade of Holstein genes. – *Proceedings of the 7th Baltic Animal Breeding Conference, 17–18 April, Tartu*, p. 71–75.
- Padrik, P., Jaakma, Ü. 2002. Eesti Holsteini tõugu sugupullide spermide morfoloogia, seda mõjutavad tegurid ja seos emasloomade tiinestumisega. – *Agraarteadus*, XIII, 4, 243–256.
- Padrik, P., Jaakma, Ü. 2004. Eesti holsteini tõugu sugupullide sügavkülmutatud/sulatatud spermide liikumiskarakteristikud ja nende seos emasloomade tiinestumisega. – *Agraarteadus*, XV 4, 225–233.
- Pant, H.C., Sharma, R.K., Patel, S.H., Shukla, H.R., Mittal, A.K., Kasiraj, R., Misra, A.K., Prabhakar, J.H. 2003. Testicular development and its relationship to semen production in Murrah buffalo bulls. – *Theriogenology*, 60 (1), p. 27–34.
- Park, C.S., Yi, Y. J. 2002. Comparison of semen characteristics, sperm freezability and testosterone concentration between Duroc and Yorkshire boars during seasons. – *Animal Reproduction Science*, 73 (1–2), p. 56–61.
- Peña F.J., Saravia F., Johannisson A., Wallgren M., Rodriguez-Martinez H., 2007. Detection of early changes in sperm membrane integrity pre-freezing can estimate post-thaw quality of boar spermatozoa. – *Animal Reproduction Science*, 97 (1–2), p. 74–83.
- Petrunkina, A.M., Petzoldt, R., Sthalberg, S., Pfeilsticke, J., Beyerbach, M., Bader, H., Töpfer-Petersen, E. 2001. Sperm-cell volumetric measurements as parameters in bull semen function evaluation: correlation with nonreturn rate. – *Andrologia*, 33 (6), p. 360–367.
- Pinho, T., Fragua, J.D., Salamanca, E., Rincon, O.M., Emerick, L.L., Dias, J.C., Andrade, V.J., Vale Filho, V.R., 2008. Andrologic characteristics of 2 to 6 years old Nelonen bulls raised under pasture condition in Minas

- Gerais State, Brazil. –*Proceedings of 16th International Congress on Animal Reproduction, July 13–17 2008. Budapest 3*, p. 169 (abstract).
- Pommer, A.C., Rutllant, J., Meyers, S.M. 2002 The role of osmotic resistance on equine spermatozoal function. – *Theriogenology*, 58 (7), p. 1373–1384.
- Revell, S.G., Mrode, R. A., 1994. An osmotic resistance test for bovine semen. – *Animal Reproduction. Science*, 36, p. 77–86.
- Rodriguez-Martinez, H., Barth A.D. 2007. In vitro evaluation of sperm quality related to in vivo function and fertility. – *Society of Reproduction and Fertility Supplement*, 64, p.39–45.
- Rodriguez-Martinez, H. 2006. Can We Increase The Estimative Value of Semen Assessment. – *Reproduction In Domestic Animals*, 41 (2), p. 2–10.
- Roederer, M., 2000. Compensation (an informal perspective). 2000; <http://www.drmr.com/compensation>, 24 May.
- Shubbur, A., Goffaux, M., Thibier, M. 1989. Seasonal evolution of blood levels of thyroxine and triiodothyronine in the post-pubertal bull in France and Iraq. Concomitant variations of LH and testosterone. – *Reproduction Nutrition and Development*, 29 (3), p. 309–315.
- Tartaglione, C.M., Ritta, M.N. 2004. Prognostic value of spermatological parameters as predictors of in vitro fertility of frozen-thawed bull semen. – *Theriogenology*, 62 (7), p. 1245–1252.
- Vishwanath, R., Swan, M.A., White, I.G. 1986. Effect of triton X-100 on ultrastructure, reactivation, and motility characteristics of ram spermatozoa. *Gamete Research*, 15 (4), p. 361–371.
- Wu, Y.M., Xia, X.Y., Pan, L.J., Shao, Y., Jin, B.F., Huang, Y.E., Wang, X.L., 2006. Evaluation of sperm mitochondrial function using Rh123/PI dual fluorescent staining. – *National Journal of Andrology*. 12 (9), p. 803–806.
- Zuge, R.M., Bertolla, R.P., Nichi, T.B.S., Cortada, C.N.M., Bols, P.E.J., Barnabe, V.H. 2008. Correlation between bovine sperm membrane integrity and mitochondrial activity in *Bos taurus* bulls. –*Proceedings of 16th International Congress on Animal Reproduction, July 13–17 2008. Budapest, 3*, p. 172 (abstract).

Influence of bull age and season to frozen-thawed semen quality and fertility

P. Padrik, T. Hallap, T. Bulitko and Ü. Jaakma

Summary

The aim of the current study was to determine the effects of bulls' age and season of semen collection on frozen/thawed sperm motility, membrane integrity, membrane lipid architecture status and mitochondrial membrane potential characteristics in frozen-thawed (FT) semen of Estonian Holstein bulls and estimate the relations between sperm quality characteristics and bulls' in vivo fertility expressed as 60-days non-return rate (NRR) of the dairy cows and heifers.

Semen was collected from 13 Estonian Holstein (EHF) bulls (1–7years) using an artificial vagina. Two consecutive ejaculates were pooled (hereafter referred to as a “batch”), extended with a commercial extender (Triladyl[®], Minitüb, Germany), packed in 0.25 ml plastic straws, each containing ~30–40x10⁶ spermatozoa, and frozen using biological freezer. Semen evaluation was performed immediately after thawing. The semen from two straws of the same batch was thawed by

immersion in water +35°C 20 seconds then pooled and used for testing. Following preservation, a post-thaw motility ≥50% was set up as threshold. Forty five ejaculates were used for the test inseminations. Altogether, 2828 cows and heifers (average 79 inseminations per ejaculate and 218 inseminations per bull) were inseminated by 4 AI technicians in 4 different herds according to the breeding program. Inseminations were performed routinely within 1 year of freezing on heifers and cows of different parity during all seasons of the year. Non-return rates (NRRs) 60 days after AI were recorded for each batch but not corrected for season, area, and parity. Fertility values NRR-60 days ranged from 22.8 to 80,0%.

Traditional hypo-osmotic test (Jeyendran, 1984), labelled as HOS, was performed by incubating a contents of 2 frozen/thawed semen straws together with 1 ml of a 150mOsm kg⁻¹ hypoosmotic solution at 37°C for 60 min. After incubation, 0.3 ml of eosin was added into the test tube. Wet preparation was evaluated under the phase contrast microscope (×1000) and the ratio of spermatozoa with swollen tails was expressed in % as an average of two replicates. One hundred spermatozoa were assessed in each replicate.

Sperm motility characteristics were determined with a computer assisted motility analyzer (Computer Assisted Cell Motion Analyzer (CMA), Sperm Vision, Minitüb GmbH&Co, Germany). Samples of 5µl were placed in Makler chamber where ~400 post-thaw spermatozoa were tracked and assessed (x 400) at +37°C. The following parameters were determined: the percentage of general motile (GMot) and progressively motile (PMot) spermatozoa, curve line velocity (VCL, µm/sec), linearity LIN(VSL/VCL) and amplitude of lateral head displacement (ALH, µm).

Sperm plasma membrane stability. The following working solutions were prepared: Merocyanine 540 (M-540; Molecular Probes, M24571, Leiden, The Netherlands) 1mM in dimethyl sulfoxide (DMSO) and Yo-PRO 1 (molecular Probes, Y3603) 25 µM in DMSO. Washed spermatozoa were stained with 25 nM Yo-PRO 1 and incubated at 38°C for 9 min in the dark as previously described (Harrison et al.1996). Thereafter 10 µL of a 40 µM solution of M-540 in SP-TALP was added to give a final M-540 concentration of 2.7 µM and vortexed for 10 s before analysis on a flow cytometer (FacsCalibur, Becton Dickinson, San Jose, USA). Data collection was started at 60 s after M-540 addition. Measurements were made with a flow cytometer, equipped with standard optical lasers as excitation sources. The M-540 and Yo-PRO 1 dyes were excited by an Argon ion 488 nm laser running at 15 mW. Forward and side scatter values were recorded on a linear scale; while florescent values were recorded on a logarithmic scale.

Obscuration bars were set for maximum sensitivity in order to obtain L-shaped forward light – scatter/sideways light scatter distribution of sperm cells. Fluorescence of Yo-PRO 1 was detected on detector FL 1 (530/28nm BP), while M-540 fluorescence was detected on detector FL 2 (585/2 nm BP). From each sample, a total of 10,000 events were measured with flow rate of approx. 200 cells/s. Acquisitions were made using CellQuest Pro software (Becton Dickinson, San Jose, USA). Dot plots for offline analyses were drawn by WinMDI, version 2.8. Events accumulated in the lower left corner correspond to sample debris and were excluded from the analysis by gating. On FL 1/FL 2 (Yo-PRO 1/M-540) dot plots regions were set to differentiate viable, stable plasma membrane LSM (Yo-PRO 1 negative and M-540 negative); viable, scrambled plasma membrane (Yo-PRO 1 negative and M-540 positive); and dead (Yo-PRO 1 positive) events.

Sperm mitochondrial activity. The staining protocol was identical to that described by Hallap et al. (2005). The measurements were made using a FacsCalibur flow cytometer

(Becton Dickinson, San Jose, USA). The SYBR-14 dye was excited by a 15 mW Ar ion 488 nm laser while MitoTracker Deep Red was excited by a 17 mW HeNe 633 nm laser. The SYBR-14 fluorescence (cells with intact plasma membrane) was detected on detector FL 1 (530/28 nm) while MitoTracker Deep Red fluorescence was detected by a detector FL 3 (670 LP). Forward and side scatter (FSC and SSC) values were recorded on a linear scale while fluorescent values were recorded on a logarithmic scale. Compensations were set according to Roederer (2000). Acquisitions were made using the CellQuest Pro software (BD). Non-sperm events were gated out based on SYBR-14 fluorescence (DNA content). The FC was used at a low flow rate (6–24 $\mu\text{L}/\text{min}$). Acquisitions were stopped after recording 10 000 SYBR-14-positive events and the data stored in list mode for further analysis. On SYBR-14 (FL 1/FL 2) dot plots, regions were drawn around the SYBR-14-positive cluster, and these events were classified as spermatozoa. In SYBR-14/ MitoTracker Deep Red dot plots sperm cells with low MTDR-L) and high (MTDR-H) Deep Red fluorescence were specified.

Results. The results of the study showed that the increase in bulls' age from 1–2 years to 5–7 years was accompanied by

the increase in the proportions of motile sperm (GMot), sperm with stable membrane (LSM) and high mitochondrial activity (MTDR-H) (Table 1; $P<0.05$), curve line velocity (VCL), amplitude of lateral head displacement (ALH) ($P<0.01$) and linearity (LIN) ($P<0.001$) on batch level. Season of semen collection had significant influence on frozen/thawed sperm motility characteristics (Table 2). The overall sperm motility was significantly higher in ejaculates collected in autumn and winter. The means of VCL, ALH and MTDR-H were higher in winter and autumn on batch and bull level ($P<0.05$). Medium correlations were observed between the GMot, PMot, VCL, ALH, LSM, MTDR-H and NRR. ($r=0.49\text{--}0.70$; $P<0.01$ Table 3) on batches level and ($r=0.64\text{--}0.77$; $P<0.01$) on bull level. Strongest correlation was obtained between the ALH results and NRR on bull level ($r=0.77$; $P<0.001$).

Conclusion. We conclude that the bulls' age and season of semen collection have an effect on sperm quality parameters. Frozen/thawed sperm motility, progressive motility, VCL ALH, LSM and MTDR-H are related to NRR of cows and heifers and could be used for the prediction of bull's fertility.

MODELLING OF MILK PURCHASE PRICE IN ESTONIA

Reet Põldaru, Talvi Roosmaa, Jüri Roots

*Estonian University of Life Sciences
Kreutzwaldi 1, Tartu, 51014, Reet.Poldaru@emu.ee*

ABSTRACT. Milk purchase price is an essential indicator which characterises the situation in dairy sector. The primary objective of the present study was the creation of an experimental econometric model of milk purchase price in Estonia. The model was created using the macro-econometric model for the Estonian dairy sector, which outlines the linkage between the milk purchase price and input factors: cheese and butter prices in the European market and barley price in Estonian market. Nonlinear equations (Cobb-Douglas function) enable to analyse the formation of milk purchase price in detail. The stochastic equations are estimated by full information maximum likelihood (FIML) method. The equations were estimated using data from 1992 to 2008 inclusive. The parameters of structural equation of milk purchase price have theoretically consistent signs and are significant. Projections for the milk purchase price are run out over a five-year period. Using the isoprice curves, the impacts of an increase in the price of cheese, price of butter and price of barley to milk purchase price are evaluated. The possible substitution values between two different inputs (price of cheese, price of butter and price of barley in different combinations) are evaluated. Some results from those evaluations are then presented. Perspective implementation of milk purchase price model is discussed. The milk purchase price model for the Estonian agriculture may be used for projection and analysis purposes.

Keywords: Dairy sector, milk purchase price, macro-economic modelling, simultaneous equations, isoprice curve

Introduction

The European Union (EU) dairy sector is facing a period of significant changes due to enlargement, the Luxembourg reform and ongoing World Trade Organisation (WTO) trade liberalisation negotiations. The entry of ten new member states in 2004 and two more in 2007 has increased both the production capacity and the demand for dairy products in the EU.

Enlargement, domestic policy reforms and trade liberalisation all affect the EU dairy sector.

The new member states present a number of challenges to the successful modelling of the agricultural sector. The milk sector across the EU differs considerably between EU member states. Differences exist in terms of milk production systems (pasture, feed grain and hybrid systems), production costs (land, labour and other inputs) and milk utilisation (fresh products, specialist food ingredients and basic commodities).

Previous studies have analysed their separate impacts on the dairy sector. For example, the impact of further trade liberalisation was studied by Larivie`re and Meilke (1999), Cox *et al.* (1999), Shaw and Love (2001) and Donnellan and Westhoff (2002). INRA-Wageningen Consortium (2002) developed an in-depth study of dairy sector reform proposals in preparation for the Luxembourg reform. The impacts of this reform were then analysed by, among others, Binfield *et al.* (2003) and Bouamra-Mechemache *et al.* (2003). Studies of the impact of EU enlargement on the dairy sector include Banse and Grethe (2005).

Estonia is one of the new members of the European Union. The EU enlargement means for East European countries a lot of changes in their agriculture. These changes are at the political, economical and technical level. This means that information systems on agriculture (databases, models etc) have to move along with those changes. Consequently, the economic models in Estonia have either to be created, developed or renewed, and must be harmonised with the European requirements. The created models should enable to analyse the current situation and develop predictions for different political decisions in EU and Estonia. Hopefully, we can use new information technology to lead such evolutions.

We recognise that there is variation in the behavioural characteristics of the agricultural production systems over time as well as between countries. The diverse nature of agricultural production systems and agri-food markets across the EU poses a challenge to anyone seeking to develop a model that can be used to analyse policy at an EU and member state level.

The guiding principle in constructing the national level commodity models is that the models are first and foremost an economic model, and as such economic theory is our first guide in specifying the models. The economic relationships in the national commodity models are based, in so far as is practicable, on time series econometric estimates of these relationships. Theory and expert judgement is also used in the verification and, if necessary, adjustment of econometrically estimated equations, particularly when used to generate projections.

Improving the competitiveness of agriculture is a priority objective of Estonian agricultural policy. The outcome and impacts of those policy actions will strongly depend on the developments of the world agricultural markets. The dairy is the most competitive sector of Estonian agriculture. Consequently, the need to further improve the competitiveness of the Estonian dairy farms is obvious.

Milk purchase price is an essential indicator which characterises the situation in dairy sector.

The concept of “milk purchase price” has in world dairy literature different nominations. In FAPRI EU GOLD model is used term “the fluid milk price received by farmers”. Some authors use term “farm milk price” or “farm gate milk price”. Also nomination “raw milk price” is used. While Statistical Yearbook of Estonia uses nomination (term) “milk purchase price”, we use that nomination in this paper.

Milk purchase prices are the final outcome of the interaction of supply and demand for hundreds of dairy products in world and domestic markets.

The milk purchase price is very important characteristic for milk producers (farmers) and for milk manufacturers. Milk producers income depend essentially from milk purchase price and milk manufacturers cost of production also depends essentially from milk purchase price. Consequently, using correctly predicted milk purchase price values enables milk producers (farmers) and milk manufacturers to plan their future developments. The milk purchase price is also important characteristic to develop predictions for different political decisions in Estonia.

The objective of this study is the creation of milk purchase price model in the Estonia at the national aggregate level, the estimation the model parameters and analysis of results.

The paper discusses and demonstrates various approaches to agricultural economic modelling, including some of the potential advantages of combining different models into integrated frameworks. A specific objective of the paper is the demonstration, how different model approaches can be combined in order to perform such integrated analyses, and how results from different models can supplement and support each other.

This paper is organized as follows. First, we present a review of literature on modelling purchase milk price and the models are proposed. Next, the results, which were analysed using simultaneous equation modelling, are reported. The final section discusses the findings of the study and concludes the paper.

Models and methods

For modelling milk purchase price different models may be used.

- Regression models;
- Time series models;
- Simultaneous equation (macro-econometric) models etc.

While the data for parameter estimation of macroeconomic models are time series data, and time series for Estonia are short, then regression models and time series models give results with low confidence. Previous

studies also assert Greene (2008), that “Intuition would suggest that system methods, 3SLS, GMM, and FIML, are to be preferred to single-equation methods, 2SLS and LIML. Indeed, if the advantage is so transparent, why would one ever use a single-equation estimator. An obvious practical consideration is the computational simplicity of the single-equation methods. But the current state of available software has all but eliminated this advantage.”

Since the least-squares estimator is extremely sensitive to outliers, we aim to construct a robust alternative. An overview of strategies to robustify the multivariate regression method is given in Maronna and Yohai (1997) in the context of simultaneous equations models.

Therefore in this paper simultaneous equation (macro-econometric) model is used.

We at the Estonian University of Life Sciences (Department of Business Informatics and Econometrics) have investigated the possibilities implementing simultaneous equation (macroeconomic) models in Estonian agriculture. The results of investigations are published in many papers and conference theses (Põldaru *et al.*, 2006; Põldaru *et al.*, 2007; Põldaru *et al.*, 2008).

The modelling methodology employed in this paper follows closely that which has been used by FAPRI for many years with great success (Hanrahan, 2001). This also facilitates the use of world and EU projections to be utilised by the Estonian model (Binfield *et al.*, 2000). At present, a small country assumption is used for Estonia, which can be justified given its relatively small size (Donnellan *et al.*, 2002).

The FAPRI system is a dynamic, partial equilibrium, global model (Hanrahan, 2001). As a partial equilibrium model, macroeconomic factors such as population, real GDP per capita, GDP deflator, GDP growth, and growth rates for the general economy, and various manufacturing producer price indices are exogenous to the system.

Figure 1 shows how the Estonian dairy model successive components (endogenous variables, key relationships) link with one other. Most essential endogenous variable in Figure 1 is purchase price of milk. The purchase price of milk has twofold role in the model. First, the milk purchase price depends from prices of cheese, butter, SMP, WMP and other variables and, second, milk purchase price influence the production, consumption, export and import of cheese, butter, SMP and WMP.

The Estonian dairy model consists of 41 equations – 23 stochastic equations and 18 identities. Stochastic equations are estimated from the historical data. Identities are equations that hold by definition; they are always true. There are 41 endogenous variables, 42 exogenous variables and many lagged endogenous and lagged exogenous variables.

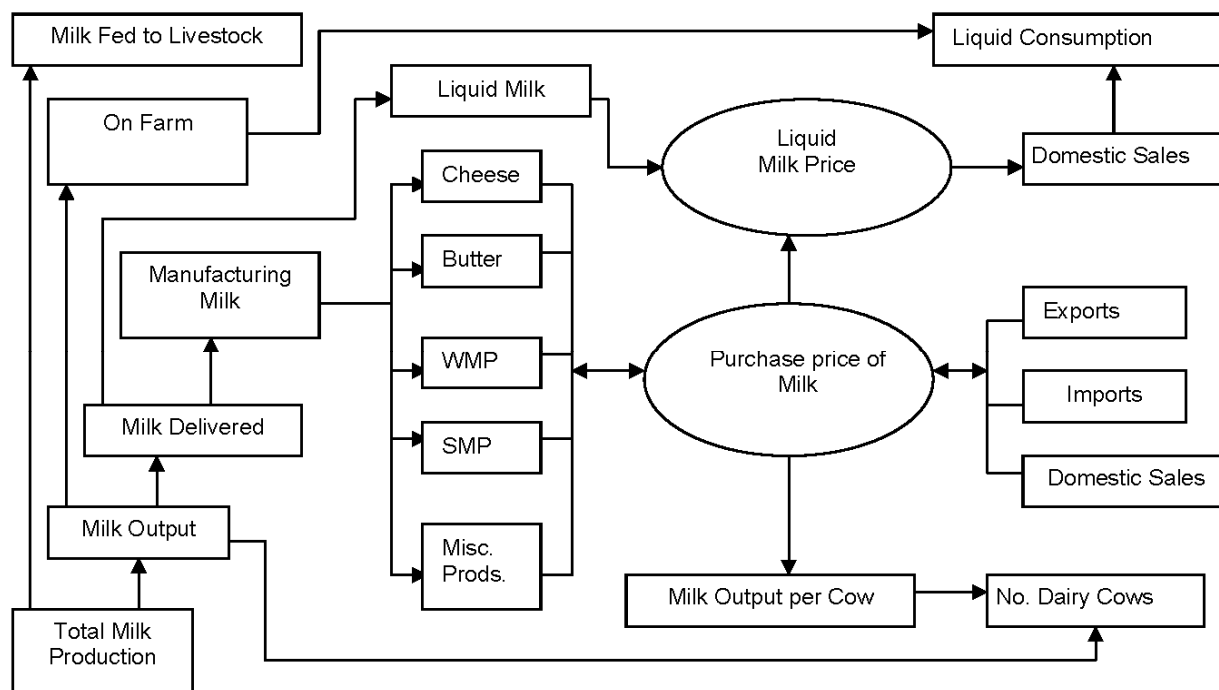


Figure 1. Flow diagram showing key relationships in the dairy sector model

The dairy model equations are estimated econometrically using historical data from 1992 to 2009 inclusive and are then solved simultaneously.

The stochastic equations are estimated by full information maximum likelihood method (FIML). The stochastic equations are log-linear or constant elasticity models.

The Fair-Parke program (Fair *et al.*, 2003) was used for the estimation of dairy model parameters.

Results and discussion

Overview of milk production in Estonia

Next we discuss the dynamics of milk purchase price in Estonia. The time series data of milk purchase price over the last 19 years in the Estonia provided in Figure 2.

Figure 2 shows that there has been substantial rise in milk purchase price in Estonia during the years 1992–2008. When in 1992 the milk purchase price was 0.08 € per kg, then by 2008 the milk purchase price had risen to 0.30 € per kg (the change has been more than three-fold compared with 1992). The average milk purchase price in EU was 0.33 € per kg in 2007. So the milk purchase price in Estonia has approached the EU average milk purchase price. For that reason it is important to analyse the factors influencing the milk purchase price.

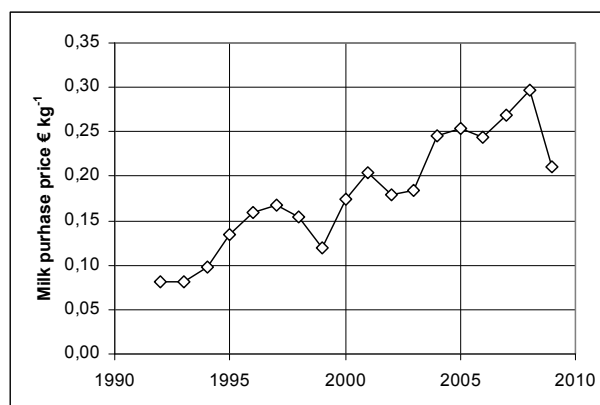


Figure 2. Milk purchase price in Estonia, 1992–2009

For the purpose of discussing markets and prices, it is useful to separate dairy products into fluid and manufactured categories.

The time series data of raw milk use over the last 19 years in the Estonia is provided in Figure 3. This shows that fraction of manufactured products is changing.

In 1992–1997 fluid milk and cream took only about 20% of the milk supply. The relatively high share of manufactured products was due to the intensive export of dairy products to Russia in those years. In 1998–2001 the share of manufactured products diminished to 60%. In those years the Estonian dairy sector was hit by the collapse of the lucrative Russian market. In 2002–2005 the share of manufactured products was relatively invariable on the level of 65%. In 2006–2007 the share of manufactured products diminished to 54%. In those years the Estonian powders production and export diminished substantially.

It should be mentioned, that milk utilization noted here is based on the accounting the amount of milk in dairy products using the butterfat content of the products.

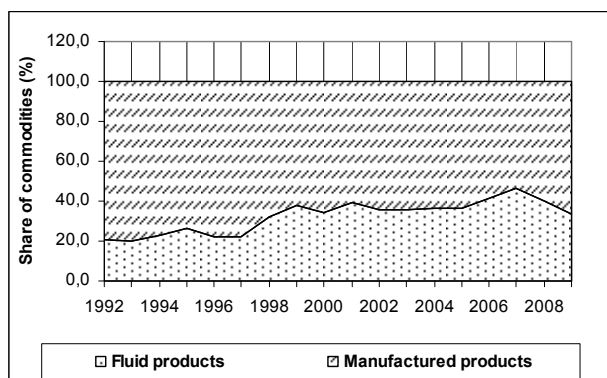


Figure 3. Share of different commodities (fluid and manufactured products) in Estonian dairy sector, 1992–2009

For the purpose of discussing markets and prices, it is useful to separate dairy products into domestic use and export categories.

Next we discuss the share of export of different manufactured product category (Figure 4).

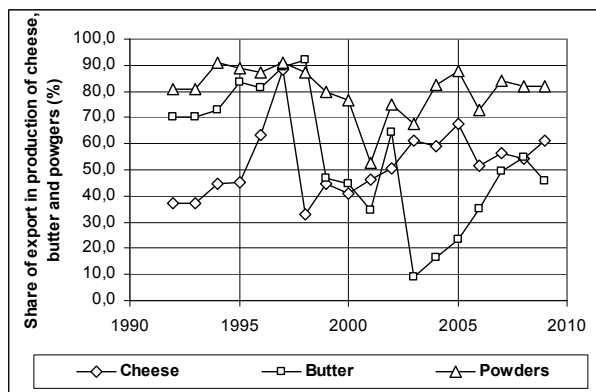


Figure 4. Share of export in production of cheese, butter and powders, 1992–2009

The proportion of exported powders has the highest value. In 1992–1999 the export of powders took about 80–90% of the powder production. In next years the proportion of powders used for export has gone down and diminished to 50% in 2001. From this time onward the proportion of powder export increased and in 2003–2009 took about 80% of powder production.

Analogously varies the proportion of butter export. In 1992–1998 the export of butter took about 70–90% of the butter production. In next years the proportion of butter used for export has gone down substantially and diminished to 10% in 2003. From this time onward the proportion of butter export steadily increased and in 2008 took 55% of butter production.

In 1992–2009 the proportion of cheese export varied on a smaller scale than proportion of powders and but-

ter. In 2002–2009 the export of cheese took about 50–60% of the cheese production.

Summarising the discussion on proportions of export in production of different dairy products it should be concluded, that export of dairy products is an essential factor for Estonian dairy sector.

Consequently, developments in export markets, including prices of cheese, butter and powders in those markets have an essential influence on Estonian dairy sector including to milk purchase price in Estonia.

Milk purchase price model

Based on the simultaneous equation analysis, the equation presented in the paper was the most reliable, where the independent variables were price of cheese (x_1) and price of butter (x_2) in EU, and barley purchase price (x_3) in Estonia.

The last version of milk purchase price mode is log-linear or constant elasticity model. In the model logs of dependent variable are regressed on logs of exploratory variables. The equation is equal to

$$LN(Y) = -1,053 + 0,361 \cdot LN(x_1) + 0,216 \cdot LN(x_2) + 0,728 \cdot LN(x_3) \quad (1),$$

where

x_1 – price of cheese € per kg,

x_2 – price of butter € per kg,

x_3 – price of barley € per kg.

As Figure 5 illustrates, for the period of 1992 to 2008 the time series values and the projected value of milk purchase price did not differ substantially. The coefficient of determination for equation of milk purchase price was relatively high – 0.635. Consequently, the milk purchase price projections based on the mentioned equation, characterised the real milk purchase price changes during the analysed period comparatively well.

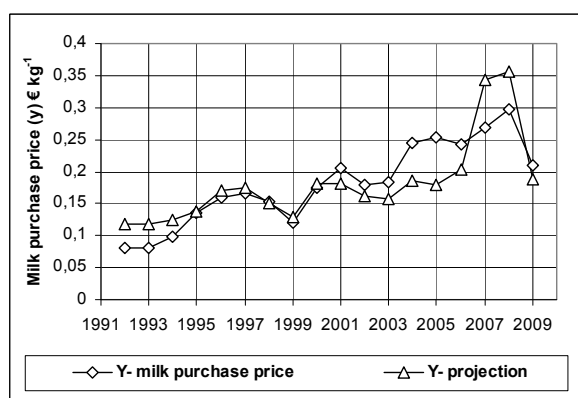


Figure 5. Time series data of milk purchase price (y) and projections of that variable

Next we analyse the behaviour of milk purchase price depending on the parameters of the model. For that purpose the isoprice curves were used.

In economics, an isoprice curve (line) (derived from price and the Greek word iso, meaning equal) is a con-

tour line drawn through the set of points at which the same output price is formed while changing the quantities of two or more inputs. Isoprises are analogous to isoquants, which are typically drawn on capital-labor graphs, showing the tradeoff between capital and labor in the production function, and the decreasing marginal returns of both inputs. In the case of isoprises the graphs are drawn on two inputs x_1 and x_2 , showing the tradeoff between inputs x_1 and x_2 in the price function. Adding one input while holding the other constant eventually leads to decreasing marginal output, and this is reflected in the shape of the isoprise. A family of isoprise curves can be represented by an isoprise map, a graph combining a number of isoprise curves, each representing a different quantity of output.

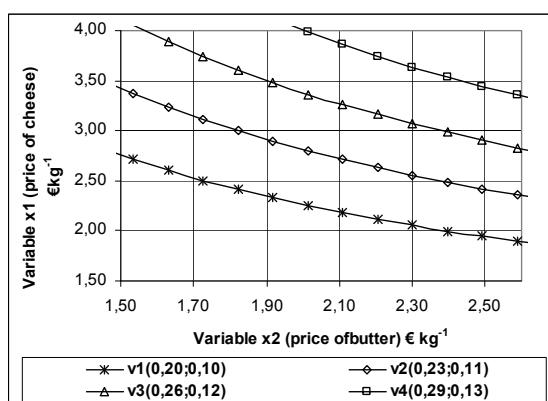


Figure 6. Isoprise curves of variables x_1 – price of cheese and x_2 – price of butter (for different milk purchase price level and for different price of barley), where the first number in the parentheses indicates the value of milk purchase price and the second the value of price of barley for different variants

Figure 6 shows that for the maximal level of milk purchase price – 0.29 € per kg (v4 (0.29;0.13)) the price of barley should have value 0.13 € per kg and the price of cheese varies in the interval 3.40–4.00 € per kg and the price of butter varies in the interval 2.00–2.70 € per kg. Hence, at the maximal level of milk purchase price, the potential range (variability) of price of cheese (0.6 € per kg) and the potential range of price of butter (0.7 € per kg) are practically the same.

For the minimal level of milk purchase price – 0.20 € per kg (v1 (0.20;0.10)) the price of barley should have value 0.10 € per kg and the price of cheese varies in the interval 1.90–2.70 € per kg and the price of butter varies in the interval 1.50–2.70 € per kg. Hence, at the minimal level of milk purchase price the potential range of price of cheese (0.8 € per kg) and the potential range of price of butter (0.8 € per kg) are also the same.

Consequently, the substitution rate of prices of cheese and butter in milk purchase model is practically the same.

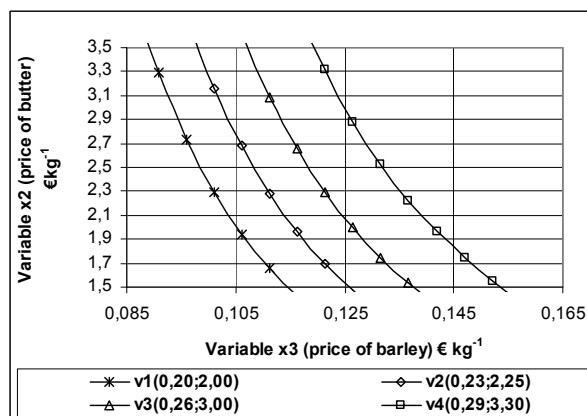


Figure 7. Isoprise curves of variables x_2 – price of butter and x_3 – price of barley (for different milk purchase price level and for different price of cheese), where the first number in the parentheses indicates the value of milk purchase price and the second the value of price of cheese for different variants

Figure 7 shows that for the maximal level of milk purchase price – 0.29 € per kg (v4 (0.29;3.30)) the price of cheese should have value 3.30 € per kg and the price of butter varies in the interval 1.50–3.50 € per kg and the price of barley varies in the interval 1.12–1.53 € per kg. Hence, at the maximal level of milk purchase price, the potential range of price of butter (2.0 € per kg) and the potential range of price of barley (0,033 € per kg) are essentially different. Thereby the price of barley changed in small quantity.

For the minimal level of milk purchase price – 0.20 € per kg (v1 (0.20;2.00)) the price of cheese should have value 2.00 € per kg and the price of butter varies in the interval 1.50–3.50 € per kg and the price of barley varies in the interval 0.089–0.115 € per kg. Hence, at the minimal level of milk purchase price the potential range of price of butter (2.00 € per kg) and the potential range of price of barley (0.026 € per kg) are also essentially different. Thereby the price of barley changed slightly.

Consequently, the substitution rates of prices of butter and barley are essentially different compared the previous case. In the present case the price of barley has considerable impact on milk purchase price. A relatively modest change in the price of barley causes the transition to next isoprise curve.

Figure 8 shows that for the maximal level of milk purchase price – 0.29 € per kg (v4(0.29;2.50)) the price of butter should have value 2.50 € per kg and the price of cheese varies in the interval 1.50–4.00 € per kg and the price of barley varies in the interval 0.122–0.185 € per kg. Hence, at the maximal level of milk purchase price, the potential range of price of butter (2.5 € per kg) and the potential range of price of barley (0,063 € per kg) are essentially different. Thereby the price of barley did not change much.

For the minimal level of milk purchase price – 0.20 € per kg (v1(0.20;1.25)) the price of butter should have value 1.25 € per kg and the price of cheese varies in the interval 1.50–4.00 € per kg and the price of barley varies in the interval 0.089–0.137 € per kg. Hence, at

the minimal level of milk purchase price the potential range of price of butter (2.50 € per kg) and the potential range of price of barley (0.048 € per kg) are also essentially different. Thereby the price of barley changed a little.

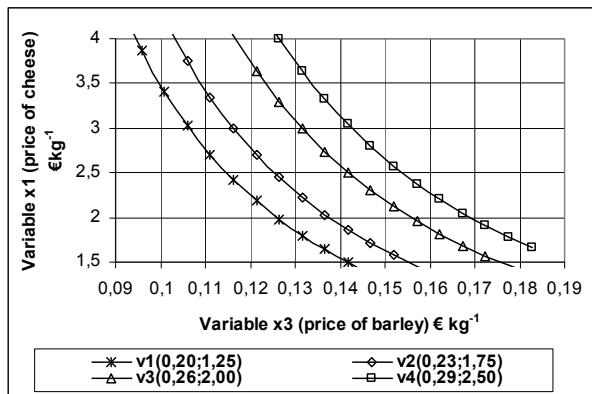


Figure 8. Isoprice lines (curves) of variables x_1 – price of cheese and x_3 – price of barley (for different milk purchase price level and for different price of butter), where the first number in the parentheses indicates the value of milk purchase price and the second the value of price of butter for different variants

Let us next discuss the possible use of isoprice lines or isoprice map.

Isoprice maps may be implemented to test the milk purchase price model's capability for work in critical (extreme) situations. Using isoprice maps we considered two extreme situations: in 2008 the milk purchase price was maximal in February 2008 – 0.35 € per kg and dropped very sharply to 0.19 € per kg in July 2009.

As an example on an isoprice map (Figure 9) are presented all possible values of independent variables (x_1, x_2, x_3) of milk price model (for the case $y = 0.35$). Let us consider the possible use of that map.

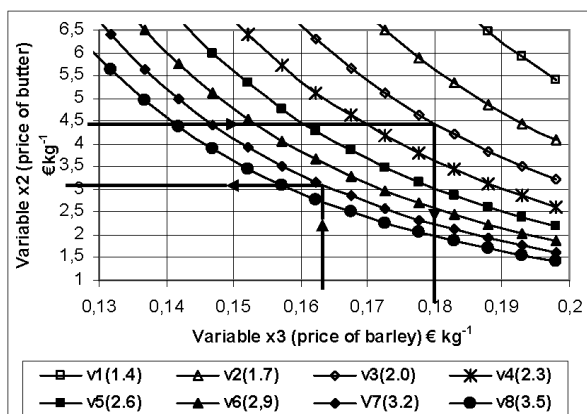


Figure 9. Isoprice lines (curves) of variables x_2 – price of butter and x_3 – price of barley (for constant milk purchase price – 0.35 € per kg and for different price of cheese), where the number in the parentheses indicates the value of price of cheese for different variants

Figure 9 shows isoprice map of variables x_2 – price of butter and x_3 – price of barley (for 8 different values of price of cheese), where for different variants the number in the parentheses indicates the value of price of cheese in € per kg. The isoprice value is the same for all 8 variants – 0.35 € per kg.

In 2008 the predicted milk purchase price has maximal value – 0.35 € per kg. On the isoprice map (Figure 9) are presented all possible values of independent variables (x_1, x_2, x_3) of milk price model (for the isoprice value $y = 0.35$). The real values of the independent variables are following: $x_1 = 3.20$, $x_2 = 2.50$ and $x_3 = 0.163$. Let us consider some examples.

In the first case let us proceed from price of barley. The price of barley is equal to 0.163 € per kg. Further, select on the x-axis (Figure 9) the value 0.163 and move to the desired isoprice line. Arrows on the graph indicate the moving path. The price of cheese equals to 3.20 € per kg. Consequently, in that case we should move to the appropriate variant v_7 (3.2). Further, moving from the selected isoprice line to y-axis, we conclude that the price of butter should be 3.07 € per kg.

In the second case let us proceed from price of butter. Suppose that the price of butter is equal to 4.5 € per kg. Further, select on the y-axis (Figure 9) the value 4.5 and move to the desired isoprice line. Arrows on the graph indicate the moving path. Suppose that the price of cheese equals to 2.0 € per kg. Consequently, in that case we should move to the appropriate variant v_3 (2.0). Further, moving from the selected isoprice line to x-axis, we conclude that the price of barley should be – 0.18 € per kg.

Consequently, milk purchase price – 0.35 € per kg may be formed in different combinations of independent variables, and isoprice map enables to analyse different variants in detail.

Analogous isoprice maps may be constructed and analysed for different desired values of milk purchase price.

Conclusions

Summarising the results it should be concluded:

- Macroeconomic modelling provide a new approach to the economic analysis.
- An experimental econometric milk purchase price model for the Estonian agriculture was created.
- The milk purchase price model may be used for projection and analysis purposes.
- Nonlinear equations (Cobb-Douglas function) enable to analyse the formation of milk purchase price in detail.
- In order to insure a survival of the system, a partial methodological improvement as well as a systematic validation of the model is necessary.
- Systems estimators are used where economic theory suggests they are necessary or advantageous.
- Of course any modelling exercise is an ongoing evolutionary process, which is also seen in the current Estonian dairy model.

In conclusion, it should be mentioned that to ensure the competitiveness of the milk sector, economists should constantly observe the economic changes, and compose and renew the econometric models to assure the theoretical and practical usability of the different models.

The obvious advantage in this model is that it allows Estonian researchers to interact with the FAPRI World and EU models and to get the modelling experience.

References

- Binfield J., Donnellan, T., McQuinn, K. 2000. The Econometric Modelling of Irish Agriculture. – *Proceedings of the AES Annual Conference 2000. Manchester, UK*. Available at: <http://www.tnet.teagasc.ie/fapri/>. Accessed 19 October 2002.
- Binfield, J. T., Donnellan, T., Hanrahan, K. 2008. An examination of milk quota expansion at EU member state level with specific emphasis on Ireland. – *In 107th EAAE Seminar 'Modelling of Agricultural and Rural Development Policies' 29 January–1 February, Sevilla, Spain*.
- Boumra-Mechemache, Z., Chavas, J.P., Coc, T., Requillart, V. 2002. Partial market liberalization and the efficiency of policy reform: the case of the European dairy sector. – *American Journal of Agricultural Economics*, 84, p. 1003–1020.
- Boumra-Mechemache, Z., Jongeneel, R., Requillart, V. 2008. Impact of a gradual increase in milk quotas on the EU dairy sector. – *European Review of Agricultural Economics*, 35, p. 461–491.
- Boumra-Mechemache, Z., Requillart, V., Soregaroli, C., Trevisiol, A. 2008. Demand for dairy products in the EU. – *Food Policy*, 33, p. 644–656.
- Donnellan T., Hanrahan, K., McQuinn, K., Riordan, B. 2002. Policy Analysis with the AG-MEMOD Model: Dealing with diversity in the EU Agri-Food Sector. – *Proceedings of EAAE Congress August 28–31 2002. Zaragoza*. Available at: <http://www.tnet.teagasc.ie/fapri/>. Accessed 15 October 2003.
- Fair, R.C., Parke, W.R. 2003. The Fair-Parke Program for the Estimation and Analysis of Nonlinear Econometric Models. – *User's Guide*. Available at: <http://fairmodel.econ.yale.edu/fp/>. Accessed 17 May 2005.
- Greene, W.H. 2008. *Econometric Analysis*. Pearson Prentice Hall, New York, 1178 p.
- Hanrahan, K. 2001. The EU GOLD Model 2.1. An Introductory Manual, Rural Economy Research Centre, Teagasc. Available at: <http://www.tnet.teagasc.ie/agmemod/>. Accessed 15 September 2002.
- Leeuwen, M., van, Tabeau, A. 2005. Dutch AG-MEMOD Model. A Tool to Analyse the Agri-Food sector. The Hague, Agricultural Economics Research Institute (LEI), 2005 Report. 128 pp.
- Maronna, R.A., Yohai, V.J. 1997. Robust estimation in simultaneous equation models. – *J. Statist. Plann. Inference*, 57, p. 233–244.
- Põldaru, R., Roots, J., Viira, A-H., Värnik, R. 2006. A Macroeconomic (Simultaneous Equation) Model Of The Estonian Dairy Sector. – *Proceedings of the 4th World Congress on Computers in Agriculture and Natural Resources July 24–26 2006. Orlando, Florida USA*, p. 775–780. Published by American Society of Agricultural and Biological Engineers: ASABE Publication 701P0606. Library of Congress Card number (LCCN) 2006929870. International Standard Book Number (ISBN) 1–892769–55–7.
- Põldaru, R., Roots, J., Viira, A-H., Värnik, R. 2007. A Macroeconomic (Simultaneous Equation) Model Of The Estonian Grain Sector. – *Proceedings of the 6th Biennial Conference of the European Federation of IT in Agriculture July 2–5 2007. Scotland, CD–ISBN-10 1–905866–10–0. ISBN-13 978–905866–10–6*.
- Põldaru, R., Roots, J., Viira, A-H., Värnik, R. 2008. A macroeconomic (simultaneous equation) model of the Estonian livestock sector. – *Proceedings of the World Conference on Agricultural Information and IT (IAALD AFITA WCCA 2008) August 24–27 2008. Tokyo University of Agriculture, CD–ISBN 978–4–931250–02–4*.

Piima kokkuostuhinna modelleerimine Eestis

R. Põldaru, T. Roosmaa, J. Roots

Kokkuvõte

Antud artiklis käsitletakse piima kokkuostuhinna mudeli koostamist Eesti piimandussektori makroökonomeetrilise mudeli baasil. Artiklis antakse lühiülevaade Eesti piimandussektori makroökonomeetrilisest mudelist, mille üheks oluliseks võrrandiks on piima kokkuostuhinna võrrand. Analüüs näitas, et piima kokkuostuhind Eestis sõltub eelkõige juustu, või ja pulbrite hinnast maailmaturul. Üksikasjalikult on analüüsitud piima kokkuostuhinna võrrandit, mille sõltumatuteks muutujateks on juustu ja või maailmaturu- hind ning odra kokkuostuhind Eesti siseturul. Modelleerimiseks kasutati Cobb-Douglaste funktsiooni. Mudeli parameetrite hindamiseks kasutatud andmestik hõlmas ajavahemikku 1992–2009. Mudeli parameetrite leidmiseks on kasutatud tarkvarapaketti Fair-Parke Program. Mudeli usaldusväärsuse ja kasutamisevõimaluste iseloomustamiseks on koostatud ja analüüsitud sõltumatute muutujate asendusgraafikuid (samahinnajooni). Analüüs näitas, et mudel kirjeldab usaldusväärselt piima kokkuostuhinna kujunemist Eesti siseturul ning mudeli abil on võimalik prognoosida piima kokkuostuhinna kujunemist tulevikus ja välja selgitada erinevate sõltumatute muutujate mõju piima kokkuostuhinna kujunemisele.

TERAVILJAKASVATUSETTEVÖTTE TÖÖTULEMUSTE SÕLTUVUS MASINAPARGI KOOSSEISUST JA PÕLDUDE ASUKOHAST

Kalvi Tamm

Eesti Maaviljeluse Instituut, Kalvi.Tamm@eria.ee

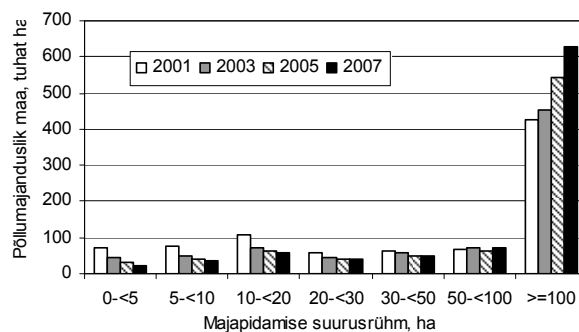
ABSTRACT. This is an overview paper about thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Agricultural Machinery; defended on 2009 in Estonian University of Life Sciences.

The dominant trend of enlarging the production area of farms is causing a growth in transportation costs making the profitability of cultivating distant plots questionable. The aim of this study was to provide a method to evaluate the rationality of using a plot depending on its distance, area and cultivation technology. A mathematical model was composed to calculate the total costs depending on the distance to the plot. The transportation costs of machines and materials, cost of management travel and timeliness costs are taken into account in the model to enable determination of the maximum distance or the minimum area of the plot necessary for profitable cultivation. On the basis of the calculations performed by means of the model, it can be concluded that the profitable distance increases with plot size. In the economic conditions used in the thesis, the economically maximum distance for plots over 25 ha falls within the interval of 18–25 km. Simulations allow us to conclude that the growth in yield and selling price of the production allow an increase in the limit value of driving costs and, thus, the profitable distance of the plot; on the other hand, it means also an increase of timeliness costs as a limitation for extending distance. Exploitation of more distant plots can be uneconomical in coming years because of increasing fuel costs.

Keywords: farm size, plot, distance, transport costs, timeliness, economic evaluation, mathematical models.

Sissejuhatus

Järjest teravnevas konkurentsipüüavad põllumehed tootmist laiendada, mis tähendab muuhulgas kasutatava maa pindala suurendamist. Aastail 2001 kuni 2007 kasvab Eestis suurte, üle 100-hektariliste ja vähenes väikesete, alla 50 ha pindalaga majapidamiste osa summaarses põllumaas (joonis 1) (Statistics Estonia, 2009). Sarnaseid arenguid võib märgata mujalgi maailmas: näiteks Soomes (Suomi *et al.*, 2003), Ungaris (Burger, 2001), USA-s (Schnitkey, 2005) ja Inglismaal (Burton, Walford, 2005).



Joonis 1. Põllumajandusmaa jaotuse kujunemine Eestis olenevalt majapidamiste suurusest

Figure 1. Division of agricultural land according to farm sizes by the year.

Peamine põhjus, miks tootjad maad ostavad või rendivad, on võimalus suurendada oma kasumit (Gwyer *et al.* 2005). Tootmise laiendamine mõjutab tavaliselt nii väljaminekuid kui sissetulekuid. Haritava maa suurenedes kasvab masinate kasutamise tõhusus ja muutumatu masinapargi puhul vähenevad püsikulud hektari kohta. Samas aga võivad suurenedes masinate hoolduse ja remondiga seotud väljaminekud.

Tootmispinna suurendamine mõjutab ka transpordikulu osa toodangu omahinnas. Vahemaade pikenedes transpordikulu kasvab (Steinsholt, 1997). Teatud tingimustel võib see ületada tootmispinna avardumisega kaasneva tulude suurenemise ning ettevõtte kasum hakkab vähenema.

Maakasutuse tõhustamine ja teised probleemid, mis on seotud muuhulgas energia, tööjõu ja teiste tootmisvahendite kallinemisega, tekitavad vajaduse luua otsuseid toetavaid süsteeme põllumajandusliku tootmise analüüsimiseks ja kavandamiseks. Mitmed uurijad (Bouma *et al.*, 1998) on leidnud, et tuleks koostada meetod põllumajandusettevõtte maa-ala optimaalse suuruse leidmiseks. Oluliseks meetodiks on siin matemaatiline modelleerimine. 1990-ndate lõpupoolel koostas Eesti Põllumajandusülikooli põllumajandusliku tootmise modelleerimise töögrupp arvutusmeetodi ringikujulise talu kasumi leidmiseks olenevalt selle suuruselt (Asi *et al.*, 1999). Kryachkov ja Sharova (2005) uurisid Venemaal Kurski piirkonna põllumajandusettevõtete optimaalset suurust ja leidsid koefitsiendid, mille abil prognoosida transpordikuludid lähtuvalt ettevõtte suuruselt. Esitati ka matemaatiline mudel projekteeritava talu tõhususe leidmiseks lähtuvalt tootismahust.

Nende uurimuste eesmärk on olnud koostada meetod ettevõtte maa-ala optimaalse suuruse leidmiseks. Küsitav on aga selle parameetri rakendatavus tootmises. Kas põllumees peaks loobuma kaugemal asuvate maade

kasutamise ning üritama n-õ ringi sisse jäävad alad tootmisesse hõivata? Tegelikuses on konkreetsed põllud nii omaduste kui kasvatatavate kultuuride ja seega töömahtude ning tootmiskulude osas erinevad (Jabarin, Epplin, 1994). Põllu omadustest on antud kontekstis oluline selle suurus. PRIA andmeil oli Eestis 2008. aastal 156,157 deklareeritud põllust 46,339 väiksemad kui üks ja 107,909 väiksemad kui viis hektarit. Keskmine põllu suurus on 5.64 ha. Seega on väikseid põlde palju. Aaltonen *et al.* (1999) andmeil asub EL-is enamik põldusid lähemal kui 3.7 km keskusest, Soomes aga 6.6 km. Eesti kohta sellised andmed puuduvad. Tõenäoliselt ei tasu aga masinakeskusest kaugel asuvat väikest põldu kasutusele võtta – sõidukulud võivad osutada nii suureks, et kasumit pole sellelt maatikilt võimalik saada isegi juhul, kui see asub n-õ optimaalse ringi sees. Tootmise kavandamisel on vaja meetodit, milles analüüsitakse põllu kaugusest sõltuvaid kulusid arvestades pindala ja viljelustehnoloogiat.

Oma ülevaates agrologistikaalastest uurimustest märgib Hahn (2006), et sellealased teoreetilised käsitlused on kirjanduses ikka veel haruldus. Ka Morlon ja Trouche (2005) leiavad, et vastavad teadustekstid on vaevalt kättesaadavad ning olemasolevad põhinevad vananenud lihtsustatud skeemidel ning mudelitel, mis pole kaasaja tingimustes enam praktikas rakendatavad.

Siiski võib kirjandusest leida viiteid uurimustest, mis taimekasvatuse probleeme käsitledes lähtuvad ka vahe-maast. Ühe esimese uurimuse selles vallas on teadaolevalt teinud Saksa ökonomist Johann Hermann von Thünen (1783–1850), kes koostas mudeli, mille abil kirjeldatakse maakasutust lähtuvalt kaugusest linna turuplat-sini (Crosier, 2009). Selle mudeli kohaselt peaks keskset turgu ümbritsema ringjad, kindla põllumajandusliku tootmissuunaga maa-alad. Turule lähimal tuleks viljeleda tootmist, mille tulem on suurima kasumiga, aga keeru-kaim transportida. Kauguse suurenedes muutub toodangu liik aina vähetasuvamaks, kuid lihtsamini teisaldatava-maks. Thüneni esitatud lähenemine on ilmekas näide kaugusepõhisest gradientanalüüsist (näiteks maa rendi muutus lähtuvalt selle kaugusest linna keskusest).

Põldude ja ettevõtte keskuse vahelise kauguse mõju nii ettevõtte kasumile kui kultuuride jaotusele põldudel on uurinud de Garis De Lisle (1982). Uurimus viidi läbi Manitoba farmide põhjal, kasutades põllumajanduskul-tuuride kindlustusagentide kogutud andmeid. Tulemu-sena selgus, et kultuuride valikut põldudele mõjutavad nii põllu kaugus talu keskusest kui mullaviljakus. Orga-nisatsiooniliste ja viljeluslike ümberkorraldustega on võimalik kauguse mõju kasumile kompenseerida. Myyrä ja Pietola (2002) hindasid PROBIT-mudeli abil Soome põllumeeste otsuseid tootmissuuna valikul läh-tuvalt põllu suurusest ja kaugusest keskuseni. Uurimu-sest ilmneb, et väikesed põllutükid ja suur kaugus mõju-tasid oluliselt taluniku valikut viia enamik maid teravilja või rohumaa-de alla. Harasimowicz (1997) on kirjelda-nud hindamisüsteemi, kus põllu kaugus keskusest on üks tegur, mis mõjutab põllumajandusliku maa kasumi-potentsiaali iseloomustavat hinnet. Selle parameetri puhul hinnatakse kaugemal asuvaid põlde vähem vää-rtuslikeks kui ligemaid.

Paraku ei sisalda ükski teadaolev uurimus meetodit põllu kasutamise otstarbekuse hindamiseks selle kaugu-sest sõltuvate kulude põhjal. Käesoleva uurimuse ees-märk on koostada matemaatiline mudel nende kulude arvutamiseks ja seega ka põllu kasutamise otstarbekuse hindamiseks. Mudel arvestab agregaatide ja materjalide transpordikulu, tulukadu põllutööde aja pikenemisest ning kulu organisatsioonilistele sõitudele. See on reali-seeritud tarkvaras 'Põllu kaugus', mille abil on võimalik suhteliselt kiiresti hinnata erinevate tehnoloogiate kasu-tamise majanduslikku otstarbekust teatud põllul, lähtu-valt selle kaugusest ja suurusest. Artikkel annab ülevaa-te koostatud mudelist ning selle rakendusest erinevate mullaharimistehnoloogiate puhul. Mudelkatsete abil hinnatakse kütuse ja saagi hinna ning saagikuse mõju põllu majanduslikult lubatavale suurimale kaugusele. Arutelus käsitletakse põllu kasutamise valikuid lähtuvalt kaugusest.

Mudel

Põllu kaugusest sõltuvad majandusnäitajad

Tulenevalt eesmärgist koostada matemaatiline mudel põllu kasutamise otstarbekuse hindamiseks lähtuvalt kaugusest, keskendusin ainult sellest tegurist sõltuvatele majandusnäitajatele. Muudest tootmiskuludest eristasin maatikki kaugusest põhjustatud väljaminekud: põllutöö-masinate ja materjalide transpordi ning organisatsiooni-liste sõitudega seotud kulud. Lisaks väljaminekutele mõjutab kaugus ka sissetulekuid. Kauguse kasvades väheneb põllutöömehina päevatootlus, suureneb tööpäe-vade arv ning tööde tegemise aja hälbimine optimaalsest ajast ja seetõttu langeb ettevõtte keskmine saagikus. Sellest tingitud tulukadu arvestan samuti kuluna. Seega:

$$K_h = U + V + M + \Delta B, \quad (1)$$

kus K_h on kaugusest sõltuvate kulude summa, kr ha⁻¹; U põllutöömehina masinakeskusest põllule ja tagasisõidu kulud, kr ha⁻¹; V kulud materjalide veoks põllule ja sealt ära, kr ha⁻¹; M kulud organisatsioonilistele sõitudele, kr ha⁻¹ ja ΔB kaugusest tingitud tulukadu, kr ha⁻¹.

Põllu kasutamise otstarbekuse hindamine

Teatud kaugusega põllu kasutamine on majanduslikult otstarbekas juhul, kui kaugusega seotud kulud K_h jäävad madalamaks teatud maksimaalsest piirväärtusest $K_{h,max}$ ($K_h \leq K_{h,max}$). Viimane on määratav valemiga

$$K_{h,max} = T - K_m, \quad (2)$$

kus T on prognoositav tulu, kr ha⁻¹ ja K_m kaugusest mit-tesõltuvad kulud (väetis, seeme, pestitsiidid, põllutööd), kr ha⁻¹. Kui mudeli kasutaja soovib arvestada ka toot-miskasumit ja -riski, tuleb need lisada K_m -ile.

Selgitamaks majanduslikult põhjendatud suurim va-hemaa keskusest teatud pindala ja tehnoloogiaga põllu-ni, tuleb leida selle kauguse väärtus $K_{h,max}$ korral. Kuna kaugus ei ole K_h arvutamiseks koostatud võrrandite süs-teemist analüütiliselt leitav, kasutasin iteratiivset meeto-

dit. Sellega leitakse kaugus, mille korral kulude summa on lähim piirväärtusele ehk $K_h \rightarrow K_{h,max}$. Selle meetodi puhul rakendatakse mudeli kasutaja kogemuste põhjal määratud tolerantsi δ , millesse mahtumisel arvutusprotseduur lõpetatakse ehk täidetud peab olema tingimus:

$$|K_h - K_{h,max}| \leq \delta. \quad (3)$$

Kui valem (3) kehtib, siis K_h arvutamisel kasutatud põllu kaugus ongi majanduslikult põhjendatud suurim vahemaa keskusest maatükini teatud pindala ja tehnoloogia korral.

Iteratiivse meetodi puhul rakendatakse alglahti leidmist, lõikajate meetodit (Weisstein, 2006a) ja lõigu poolitamist (Weisstein, 2006b). Senised arvutuste tulemused on näidanud, et rahuldava lahendi leidmiseks piisab 50 arvutustsükli kasutamisest. Mudeli testimise tulemusel sain lahendi otsimiseks järgneva skeemi: 1. tsükkel – alglahti leidmine, 2.–5. tsükkel – lõikajate meetod ja 6.–50. tsükkel – lõigu poolitamise meetod.

Väikseim põllu pindala on leitav sarnase algoritmi abil. Erinevus on vaid selles, et algselt määratakse kindel kaugus d ja siis otsitakse sellele vastavat väikseimat põllu pindala teatud piirkulu $K_{h,max}$ korral. Kui kaugus on suhteliselt suur või piirkulu suhteliselt väike, võib juhtuda, et minimaalne põllu pindala pole leitav.

Ülevaade kaugusest sõltuvate kulude arvutusmudelid

Käesolevas uurimuses mõeldakse põllu kauguse all põllumajandusmasinaga läbitava lühima teekonna pikkust ettevõtte masinakeskusest põllu lähima sissesõidupunkti. Kuigi mõnes ettevõttes asub osa tootmishooneid, nagu loomakasvatushooned või saagi järeltöötlemise ja hoiustamiskohad, keskusest eraldi, eeldati esialgse arvutusskeemi loomisel lihtsustusena, et kõik põlluga seotud sõidud lähtuvad keskusest. Kulude summa arvutusmudeli koostamisel peeti silmas, et arvestatakse kogu tehnoloogiaga, mida vaadeldaval põllul saagiaasta kestel rakendatakse. Mudel koosneb neljast osast: agregaatide transpordikulu, materjalide veokulu, organisatsiooniliste sõitudega seotud kulu ja tulukadu kevadtööde venimisest.

Agregaatide transpordikulude arvutamisel arvestatakse võimalusega, et ühte tööd võidakse teha mitme erineva agregaadiga mitme tööpäeva vältel. Eeldatud on, et tööpäeva lõpus juht sõidab agregaadiga keskusesse tagasi. Transpordikulu arvutusskeem põhineb agregaadid tühisõidu tunnihinnal, arvestades masinate teel liikumise kulusid (Witney, 1988; Hunt, 2001).

Materjalide veo puhul arvestatakse, et ühe nimetuse transportimiseks võidakse kasutada mitut veotsükli ja erinevat sõidukit. Veoseid eristatakse kandevõime kasutamise klasside järgi. See määrab järelvankri kandevõime kasutamise teguri (ATK 1984). Veokulu arvutusskeem põhineb veoki sõidutunni hinnal, mille leidmisel peetakse silmas kütusekulu sõltuvust masina koormatusest veotsükli erinevatel etappidel (Grisso *et al*, 2006).

Organisatsiooniliste sõitudega seotud väljaminekute arvutusskeemi koostamisel eeldatakse, et sõiduki koormus ei muutu oluliselt kogu põllulkäigu vältel. Vaja on

teada, mitu sõitu saagiaastal vaadeldavale põllule mingi liiklusvahendiga tehakse, masinate keskmist kiirust ja sõidutunni hindu.

Tulu ja põllu kauguse vahelise seose leidmisel lähtusin uurimustest (Giunta *et al.*, 2007; Haller, 1969; Karmin, 1975; Toro, 2005), mille kohaselt saagikus sõltub põllutööde tegemise ajast (päevades):

$$h_t = h_{max} (1 - bt^2), \quad (4)$$

kus h_t on kultuuri saagikus t päeval seemendatud alalt, h_{max} saagikus külviks sobivaimal päeval, b külviaja ajastamatuses tingitud saagilangust arvestav regressioonitegur ja t sobivaimast külvipäevast hõlbitud päevade arv.

Vahemaade suurenedes kulub üha enam tööpäevast põllule ja tagasi sõiduks. Sellega seoses lüheneb aeg, mis tööpäevast jääb töö tegemiseks põllul, ja kasvab päevade arv, mis on vajalik, et töö saaks põllul tehtud. Pikema tööperioodiga kaasneb üha suurem hõlbimine tööde tegemiseks sobivast ajast ja sellest tingitud saagikuse langus. Piisava põhjalikkusega on Eestis uuritud vaid külviaja ja saagikuse vahelist seost (Tamm, 1999). Sellest lähtuvalt arvestab mudel praegu külvieelse mullaharimis- ja külviagregaatide sõidu aja mõju saagikusele.

Mudeleksperimentide tulemused

Mullaharimise tehnoloogiate mõju

Mudeli abil võrreldi mullaharimisviisi mõju kaugusest tingitud kuludele (tabel 1). Minimeeritud harimisel on tööde ja seega agregaatide sõitude arv väiksem kui tava-tehnoloogial, otsekülvi puhul veelgi väiksem. Arvutustest selgus aga, et tehnoloogiate võrdluses oli põllu suurima kauguse erinevus siiski väike (joonis 2a). Agregaatide transpordi ja organisatsiooniliste sõitude kulu on otsekülvil küll teiste tehnoloogiatega võrreldes väiksem, kuid materjalide veokulu kasvas (tabel 1). Põhjuseks on asjaolu, et suurema tööde arvu ja seega ka traktori suurema aastakoormuse korral on püsikulude osa traktori tunnihinnas väiksem. Seega võrreldi tegelikult olukordi, kus on palju töid madalama tunnihinnaga ja vähe töid kõrgema tunnihinnaga.

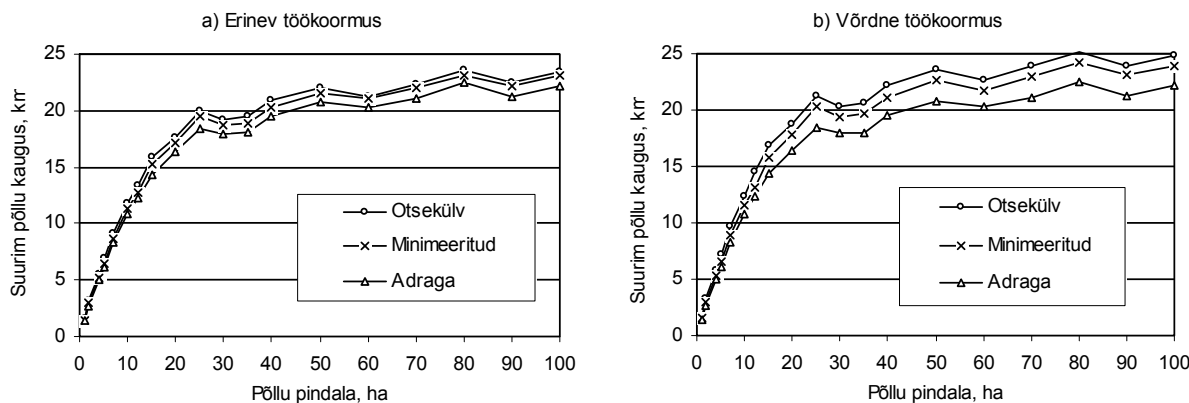
Tabel 1. Kaugusest tingitud kulud 20 km kaugusel asuva 16 ha suuruse põllu korral, kr ha⁻¹

Table 1. Costs (kr ha⁻¹) depending on distance if the plot distance is 20 km and area is 16 ha

Kulu nimetus	Tavaharimine	Miniharimine	Otsekülv
Agregaatide sõidukulu U	300	250	220
Materjalide vedu V	416	456	469
Saagilangusest tingitud tulukadu, AB	147	147	147
Organisatsioonilised kulud M	185	151	128
Kokku K_h	1,047	1,004	964

Võrdluseks simuleeriti olukorda, kus eeldatakse, et kõigi tehnoloogiate korral on masinate aastane töökoormus ja tunnihind sama suur kui tavaharimisel. Sel juhul vähenevad kõik kulud, välja arvatud tulukadu, koos tööde arvu vähenemisega ja erinevused põllu maksimaalse kauguse osas on mõnevõrra suuremad (joonis 2b) kui

erineva aastase töökoormuse korral. Näiteks 30 ha pindalaga põllul on erinevate töökoormuste korral tavaharimisel, miniharimisel ja otsekülvil maksimaalsed põllu kaugused vastavalt 17,9, 18,7 ja 19,2 km. Masinate ühesuguse töökoormuse korral on need kaugused 17,9, 19,4 ja 20,4 km.



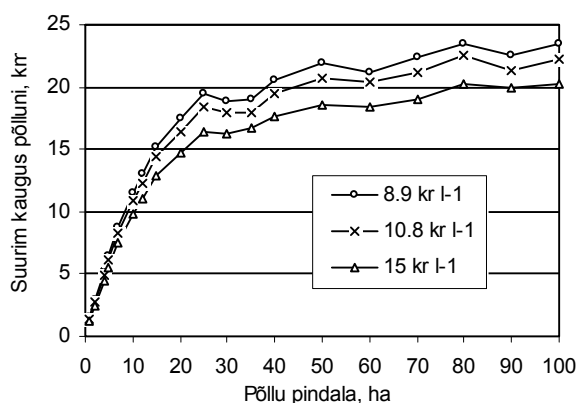
Joonis 2. Põllu suurima kauguse sõltuvus põllu pindalast erinevate harimistehnoloogiate korral, kui kaugusest sõltuvad kulud ei tohi ületada $1,000 \text{ kr ha}^{-1}$. Masinate aastane töökoormus a) sõltub tehnoloogiast, b) on kõik tehnoloogiate puhul sama mis adraga tehnoloogias

Figure 2. The maximum plot distance dependency on plot area in the case of different tillage technologies if costs depending on the distance should not exceed $1,000 \text{ kr ha}^{-1}$. The yearly workload of machines a) depends on the technology, b) are for all technologies same as in conventional tillage

Sõltuvalt põllu pindalast muutub maksimaalne kaugus kindla $K_{h,max}$ korral esialgu peaaegu võrdeliselt kuni põllu suuruseni umbes 15 ha. Edasi kasv küll mõnevõrra aeglustub, kuid jätkub intensiivselt kuni põllu pindalani 20 ha, et seejärel aeglustudes läheneda asümptootiliselt mingile piirväärtusele. Eestile omastes majandustingimustes, millele antud töös vaadeldud lähteandmed ligikaudu vastavad, jääb suurim tasuv kaugus suuremate põldude korral vahemikku 18–25 km. Kõveratel esinevad jõnksud (joonis 2) on tingitud mingi tööga või materjalide veoga seotud sõidukordade arvu muutusest.

Kütuse hinna mõju

Kütuse hinna mõju uurimiseks simuleeriti tavaharimise tehnoloogiat ja masinate tunnihinnad arvatati kolmel kütusehinna tasemel (joonis 3). Eestis on lubatud põllumajanduslikus tootmises kasutada eriotstarbelist diislikütust, mille aktsiis on väiksem kui diislikütuse tavatartbijatel. 2008. aasta alguses Eestis kütuseaktsiisid tõusid. Eriotstarbeline kütuse hind enne ja pärast aktsiisitõusu olid vastavalt umbes $8,9$ ja $10,8 \text{ kr l}^{-1}$. Kolmas hinnatase lähtub eeldusest, et põllumees kasutab tavatartbijale määratud kütust hinnaga 15 kr l^{-1} . Pindala suurenedes mõjutab kütuse hind põllu suurimat kaugust kasvavalt teatud maani – antud juhul kuni umbes 25 km-ni, kust alates kauguste vahed erinevatel hinnatasetel jäävad ligilähedasel samaks. Näiteks 30 ha pindalaga põllul on kütuse madalaimast kõrgeima hinnatasemeni suuremad kaugused vastavalt 18,7, 17,9 ja 16,2 km. Seega, mida kõrgem on kütuse hind, seda enam peab põllumees kaaluma kaugete põldude kasutamise otstarbekust.



Joonis 3. Põllu maksimaalse kauguse sõltuvus põllu pindalast kütuse erinevate hindade korral. Kaugusest tingitud kulude lubatavaks piiriks on võetud $1,000 \text{ kr ha}^{-1}$.

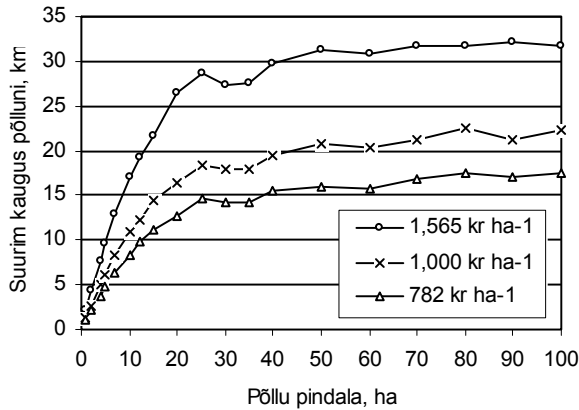
Figure 3. The maximum plot distance dependency on plot area using different fuel prices. The costs depending on the distance should not exceed $1,000 \text{ kr ha}^{-1}$.

Seega on olemas oht, et üldise kütusehinna tõusu taustal muutuvad kaugemal asuvad, kuid seni majanduslikult kasu toonud põllud, ebamajanduslikeks. See võib juhtuda ka kütuseaktsiiside tõusu tulemusena, kui kompensatsiooni ei paku toodangu hinna ja saagikuse tõus.

Teravilja hinna ja saagikuse mõju

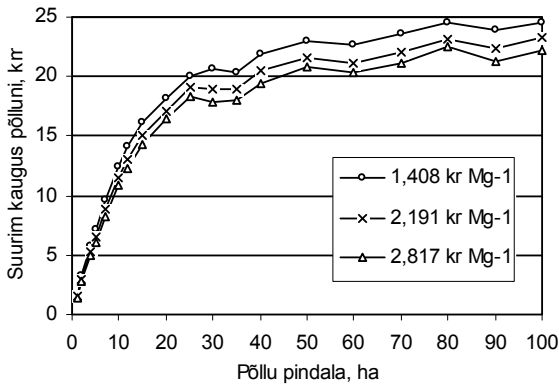
Teravilja müügihind ja saagikus mõjutavad põllult saadavat tulu ja seega piiri, milleni võivad kaugusest tingitud kulud ulatuda (valem 2). Kulude piirväärtus omab põllu maksimaalsele kaugusele märkimisväärset mõju (joonis 4). Antud mudelkatses on 30 ha pindalaga põllul kulude piirväärtuste 100, 64 ja 50 kr ha^{-1} korral maksimaalsed kaugused vastavalt 27,3, 17,9 ja 14,1 km. Piiri

suurendamine 50 kr ha^{-1} võrra võimaldab sel juhul kasutada 13 km kaugemal asuvat põldu.



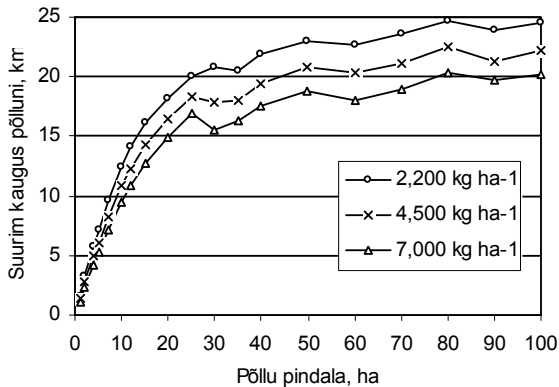
Joonis 4. Põllu maksimaalse kauguse sõltuvus põllu pindalast tavatehnoloogia korral, kui kaugusest tingitud kulude lubatavaks piiriks on 1,565, 1,000 ja 782 kr ha⁻¹

Figure 4. The maximum plot distance dependency on field area in the case of conventional technology if the costs depending on the distance should not exceed 1,565, 1,000 ja 782 kr ha⁻¹



Joonis 5. Põllu suurima kauguse sõltuvus põllu pindalast erinevate teravilja hindade korral. Kaugusest tingitud kulude lubatavaks piiriks on võetud $1,000 \text{ kr ha}^{-1}$ ja teravilja saagikuseks on $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$

Figure 5. The maximum plot distance dependency on plot area in the case of unlike grain prices. The costs depending on the distance should not exceed $1,000 \text{ kr ha}^{-1}$ and grain yield is $4,500 \text{ kg ha}^{-1}$



Joonis 6. Põllu suurima kauguse sõltuvus põllu pindalast erinevate teraviljasaagikuste korral. Kaugusest tingitud kulude lubatavaks piiriks on võetud $1,000 \text{ kr ha}^{-1}$ ja teravilja hinnaks on $2,817 \text{ kr Mg}^{-1}$

Figure 6. The maximum field distance dependency on plot area in case of unlike grain yields. The costs depending on the distance should not exceed 64 kr ha^{-1} and grain price is $2,817 \text{ kr Mg}^{-1}$

Teisalt aga suureneb koos müügihinna ja saagikuse kasvuga ka tulukaadu ühe hilinetud külvipäeva kohta (joonis 5 ja 6). Seega on külvitööde õigeaegsus ja sõitudele kuluva aja minimeerimine olulisem just kõrge saagipotentsiaaliga põldudel. See tähendab, et kõrge saagipotentsiaaliga põllule tuleks külviagregaat toimetada võimalikult kiiresti ja võimalusel seemendada seda ilma vahepealsete keskustesse sõitudeta.

Keskmiselt sõltub maksimaalse kauguse muutus näitearvutustes uuritud parameetritest järgnevalt: 1) 1.38 km kuludepiiri 100 kr ha^{-1} kohta (kuludepiir on summa, mida on võimalik kasutada kaugusest sõltuvate kulude katmiseks); 2) 1.26 km saagi hinna 1 kr kg^{-1} kohta; 3) 0.7 km teraviljasaagi 1 t ha^{-1} kohta ja 4) 0.36 km kütuse hinna 1 kr l^{-1} kohta.

Võrreldes omavahel kaugusest sõltuvaid kulusid, selgub, et materjalide veokulud on võrreldes teiste kululiikidega oluliselt suuremad (tabel 1) ja väikseimad on organisatsioonilistest sõitudest tingitud kulud. Mineeraalväetistele põhinevas teraviljakasvatuses langeb saagi veole põhiline osa materjalide veokuludest. Võrreldes omavahel agregaatide sõidukulud, ilmnes, et neist moodustab märkimisväärse osa kombaini sõidukulu. Kui 16 ha põllu kaugus oli 20 km ja põllule tuli sõita kahel päeval, siis kombaini sõidukulud moodustasid 30% adraga-tehnoloogia korral, kaks künniagregaat kokku 20 % ja ülejäänud põllutööriistad igatüki ca 5% agregaatide sõidukuludest.

Väitekirjas esitatud põllu kauguse majandusliku hindamise meetodika koostamisel ilmnes, et selle meetodika rakendamisel tuleb arvestada teatud tingimustega: 1) masinad sõidavad põllu ja masinakeskuse vahet tööpäeva sees ja 2) põllutööagregaat sõidab tööpäeva lõpus alati masinakeskusesse tagasi.

Koostatud mudel vajab edasist arendamist. Praegu arvestab mudel seoses põllu kaugusega ainult külvitööde mõju tulukaole, kuid tulevikus vajab mudel täiendamist ka teiste tööde osas. Lisaks tuleks luua algoritm, mille abil oleks, juhul kui põld on suurem kui vahetuse tootlus, võimalik otsustada, kas oleks otstarbekaim põllult naasta, jääda põllu lähisteile ööbima või sooritada töö mitme järjestikulise vahetuse vältel. Põllu kauguse analüüsiks koostatud mudel ja selle põhjal loodud tarkvara on praktiliseks abivahendiks põllumehel, teadurile või nõustajale, võimaldades võrrelda erinevate tehnoloogiliste võtete mõju kaugusega seotud kuludele.

Arutelu põllu kasutamise valikutest sõltuvalt kaugusest

Mitmes uurimuses on selgitatud põldude struktuuri mõju kultuuride valikule (De Garis de Lisle 1982; Myyrä, Pietola 2002). Teraviljade transpordikulud on väiksemad kui näiteks kartulil ja seega on seda otstarbekam viljeleda ettevõtte keskusest kaugemal põldudel. Juba 19 sajandil soovitas von Thünen oma mudelite põhjal turule lähemal viljeleda (Crosier 2009) kallemaid ja suurema transpordikuluga kultuure. Sarnane suundumus ilmnes käesoleva mudeliga tehtud teravilja hinna ja saagikuse analüüsist – iga lisanduva külvipäevaga kaasneb

tulukadu, lisaks kaasneb täiendav külvi transpordikulu. Samuti suureneb saagikusega ka terade transpordikulu. Seega, kõrgema saagikuse ja müügihinnaga kultuure peaks viljelema ettevõtte keskusele lähemal.

Käesolevas uurimuse mudeleksperimentides kasutatud tingimuste korral on suurte põldude majanduslikult suurim kaugus vahemikus 18–25 km. Lötjönen *et al.* (2003) ja teised analüüsid tootmiskulusid teraviljakoristusel, arvestades muuhulgas ka põllu suurust ja kaugust. Nad leidsid, et ühe töötaja korral on majanduslik suurim kaugus väiksem kui 10 km. Kui koristusel osaleb kaks töötajat, on majanduslik kaugus 20–30 km.

Kultuurist sõltuvad saagikus ja tulu. Suvi- ja taliviljade külvi ajastamatuse tegurid on erinevad (regressioonitegur *b* valemis 4). Taliviljad on külvi hilinemise suhtes enam tundlikud kui suviviljad. Kaugemale teraviljapõllule on sõiduaeg ja seetõttu ka külviperiood pikem. Viimane tingib aga keskmise saagikuse languse ja seetõttu peaks talivilju viljelema keskusele lähemal kui suvivilju.

Taliviljasid väetatakse sõnnikuga. Arvestades kaugust, on ka see oluline tegur põllu valikul. Sõnniku transport on võrreldes mineraalväetisega kallid (Tamm, Vettik, 2007) ja taliviljade kasvatamiseks tuleks valida sõnnikuhoidlale lähemal asuvad põllud.

Tulemused näitavad, et majanduslik suurim põllu kaugus kasvab teatud maani koos põllu suurusega. Seetõttu on otstarbekas ühendada kauged väiksemad põllud või otsida võimalust kasutada lähedastel põldudel sama tehnoloogiat. Arvutused näitavad, et ühendamist tasuks kaaluda põldudel suurusega alla 25 ha. Kapfer ja Kantelhardt (2008) arvutasid põldude struktuuri parandamise eesmärgil majanduslike võtmetegurite väärtusi ja leidsid, et põllu suurus peaks olema vähemalt 20 ha.

Lötjönen *et al.* (2003) märgivad, et otstarbekas oleks rakendada masinate ühiskasutust. Eri ettevõtete, kuid sama tehnoloogiaga naaberpõllud on võimalik korraga töödelda sama masinaga. Teine võimalus, et põllumees harib talle lähedal asuva põllu, mis kuulub kokkuleppepartnerile, aga asub tolle keskusest kaugel.

Kaugematel põldudel tuleks eelistada tehnoloogiaid, mille korral põllul tehtavate tööde ja seega sinna sõitude arv oleks võimalikult väike nagu näiteks otsekülvi korral. Väitekirjas vaadeldud tehnoloogiate korral pidi adraga-tehnoloogias põllul sõitma 10, miniharimise korral 8 ja otsekülvi korral 6 põllutöö agregaat. Sellest tulenev põllule sõitude kulu on vastavalt 300, 250 ja 220 kr ha⁻¹.

Masinate valikul tuleks kaugematel põldudel eelistada suurema tootlikkusega masinaid, kuna see aitab vähendada just suurematel põldudel tööpäevade ja seega põllule sõitude arvu. Samas tuleb siin arvestada, et suurema tootlusega masinate transpordikulud on üldiselt suuremad kui väiksema tootlusega masinate. Seega peab otsus lähtuma transpordikulude analüüsist.

Kasutatud kirjandus

Aaltonen, J., Järvenpää, M., Klemola E., Laurila, I. 1999. Viljan korjuu-, kuivaus- ja logistiikkakustannukset Suo-

- messa. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Selvityksiä 2/1999, 22 p.
- Asi, M., Möller, H., Soonets, K., Tamm, K., Vettik, R. 1999. Optimization of crop-growing farm and its machinery park parameters. Actual tasks on agricultural engineering. *Proceedings of 27. International Symposium on Agricultural Engineering*// Opatija, Croatia, p. 21–27.
- ATK 1984. Põllumajandustööde normid. Mehhaniseeritud tööd. Eesti NSV ATK Info- ja Juurutusvalitsus, 383 lk.
- Bouma, J., Varallyay, G., Batjes, N. H. 1998. Principal land use changes anticipated in Europe. *Agriculture Ecosystems & Environment* 67 (2–3), p. 103–119.
- Burger, A. 2001. Agricultural development and land concentration in a central European country: a case study of Hungary. *Land Use Policy* 18 (3), p. 259–268.
- Burton, R. J. F., Walford, N. 2005. Multiple succession and land division on family farms in the South East of England: A counterbalance to agricultural concentration? *Journal Of Rural Studies* 21 (3), p. 335–347.
- Crosier, S. 2009. Johann-Heinrich von Thünen: Balancing Land-Use Allocation with Transport Cost By Scott Crosier. Cited 26 January 2009. Updated 1 January 2009. Available on the Internet: <http://www.csiss.org/classics/content/9>.
- Garis De Lisle, D. de. 1982. Effects of Distance on Cropping Patterns Internal to the Farm. *Annals of the Association of American Geographers* 72 (1), p. 88–98.
- Giunta, F., Motzo, R., Pruneddu, G. 2007. Trends since 1900 in the yield potential of Italian-bred durum wheat. *European Journal of Agronomy* 27 (1), p.12–24.
- Grisso, R. D., David H. Vaughan, D.H., Roberson, G. T. 2006. Method for Fuel Prediction for Specific Tractor Models. ASABE Paper No. 061089. St. Joseph, Mich.: ASABE.
- Gwyer, B., King, T., McKenzie, B., Stothers, S. 2005. Land Expansion: Establishing Values and Options. Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives. Cited 30 August 2007. Updated May 2005. Available on the Internet: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/financial/farm/cap07s01.html>
- Hahn, J. 2006. Logistik. Jahrbuch Agrartechnik/Yearbook Agricultural Engineering. Band 18. VDMA Landtechnik/VDI-MEG/ KTBL. Landwirtschaftsverlag. p. 52–58.
- Haller, E. 1969. Idanemiskeskonna mõju põllukultuuride saagile. Tallinn, 275 lk.
- Harasimowicz S. 1997. Influence of plot and farm characteristics on the value of land. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja w Krakowie. Geodezja* (Poland), no. 16, p. 77–85.
- Hunt, D. 2001. Farm power and machinery management. – 10th ed. Iowa. 368 p.
- Jabarin, A. S., Epplin, F. M. 1994. Impacts of land fragmentation on the cost of producing wheat in the rain-fed region of northern Jordan. *Agricultural Economics* 11 (2–3), p. 191–196.
- Kapfer, M., Kantelhardt, J. 2008. A method to calculate economic key figures with regard to plot structure improvements. The 82nd Annual Conference of the Agricultural Economics Society Royal Agricultural College. 31st March to 2nd April 2008. Cirencester, UK. Cited 29. 04.2009. Updated 02.04.2008. Available on the Internet: http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/36858/2/Kapfer_kantelhardt.pdf.
- Karmin, M. 1975. Mullaharimise ja külvi kvaliteet. Tallinn: Valgus, 118 lk.
- Kryachkov, I., Sharova, N. 2005. Justification of optimal sizes of agricultural enterprises. *Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal*, 4, p. 30–33.

- Lötjönen, T., Suomi, P., Mikkola, H. J. 2003. Modelling of grain harvesting from field to storage. Management and technology applications to empower agriculture and agro-food systems *XXX CIOSTA-CIGR V Congress Proceedings* Turin, Italy September 22–24, 2003 : volume 1, p 395–399.
- Morlon, P., Trouche, G. 2005. New stakes of field work logistics for annual crops in French conditions. II. The spatial organization of crops: Examples and questions. *Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures*. 14 (3), p. 305–11.
- Myyrä, S., Pietola, K. 2002. Economic importance of parcel structure on Finnish farms. *Agricultural and Food Science in Finland* 11 (3), p. 163–173.
- Schnitkey, G. 2005. Growth in farm size. Farm business management. Farm Economics Facts and Opinions. University of Illinois Extension. Cited 28 August 2007. Updated 25 Juny 2005. Available on the Internet: http://www.farmdoc.uiuc.edu/manage/newsletters/fefo05_12/fefo05_12.html
- Statistics Estonia. 2009b. Agricultural land by size class and legal form of holder. Cited 25 January 2009. Updated 17 April 2008. Available on the Internet: <http://www.stat.ee/agriculture>.
- Steinsholt, H. 1997. Calculation system for working time need at changes in field size, field shape and distance within the farm area. *Informasjonsmoete i Landbruksoekonomi 1997*, Oslo (Norway), 4–5 Nov 1997.
- Suomi, P., Lötjönen, T., Mikkola, H. 2003. Modelling of grain harvesting and storing. *Nordic Association of Agricultural Scientists 22nd Congress*, July 1–4 2003, Turku, Finland.
- Tamm, K. 1999. Optimierung der Grundparameter des Getreideanbaubetriebes nach der Belastung des Maschinenparks. Eine Dissertation zur Erlangung des Magistergrades. Estnische Landwirtschaftliche Universität. p. 76.
- Tamm, K., Vettik, R. 2007. Distance and costs of transportation to the field if slurry is used for fertilising. *Agronomy 2007*, Saku, p. 155–58.
- Toro, A. de. 2005. Influences on timeliness costs and their variability on arable farms. *Biosystems Engineering* 92 (1), p. 1–13.
- Weisstein, E. W. 2006a. 'Secant Method'. From MathWorld--A Wolfram Web Resource. Cited 18 December 2007. Updated 24 March 2006. Available on the Internet: <http://mathworld.wolfram.com/SecantMethod.html>.
- Weisstein, E. W. 2006b. 'Bisection'. From MathWorld--A Wolfram Web Resource. Cited 18 December 2007. Updated 1 March 2004. Available on the Internet: <http://mathworld.wolfram.com/Bisection.html>
- Witney, B. 1988. *Choosing and Using Farm Machines*. New York. 412 p.

The Dependence on the Structure of Machinery and the Locality of Plots on Cereal Farm Work Activities

K. Tamm

Eesti Maaviljeluse Instituut, Kalvi.Tamm@eria.ee

The methods of agrological analysis facilitate evaluation of the role of transportation distance in the production results of an agricultural enterprise. Information from the studies of the influence of the plot distance on the profit potential of the plot can assist farmers' decisions about employing different cultivation technologies. The method presented in this study enables farmers to estimate the options of using a particular technology depending on the size and distance of the plot as well as to determine the maximum value of the distance or minimum value of the plot size. The calculation method presented in this paper is realised in software. One can consider plot distance and area while making decisions about the usage of arable land and thus support the competitiveness of the farm.

On the basis of the calculations performed by means of the model, it can be concluded that the economically profitable distance grows proportionally with plot size. Under the present Estonian economical conditions, in the farm with an average yield level, the increase in maximum plot distance continues until the plot area reaches 20 ha, with larger plot sizes the distance remains in the interval 18–25 km.

The results of the simulations show that tillage technology has more influence on the maximum distance when yearly workloads of machines are equal in all technologies, as compared to the case when the workload depends on technology. The calculation outcomes also show that the prognosticated price of fuel must be taken into account when making plot-related decisions. Using distant plots that have been cost-effective until now may become unprofitable due to higher fuel cost. Larger yield or selling price of production are increasing the limit value of costs and, thus, increasing the profitable distance of the plot; on the other hand, the income losses are increasing due to timeliness of operations, lessening the tendency to increase distance.

The composed model needs further elaboration. Today, the model considers only the sowing works influence on the income loss related to driving distance, but in the future the model needs to be complemented with other operations; for example, to address driving not only starting from the compound, but also from other points on the farm. It would also be beneficial to create the possibility to evaluate which conditions would be most rational: to return to the farm compound with the application aggregate after the work day, leave it close to the plot, or perform the operation in several consecutive shifts.

SEAKASVATUSTEHNOLOGIATE JA TEHNIKAKASUTUSE ARVUTIPÕHINE OPTIMEERIMINE

Raivo Vettik

Eesti Maaviljeluse Instituut, raivo.vettik@eria.ee

ABSTRACT. This is an overview paper about thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Agricultural Machinery; defended on 2007 in Estonian University of Life Sciences.

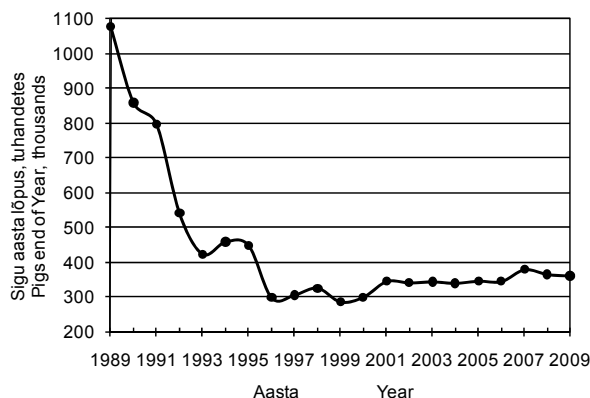
The aim of this thesis was to develop methods for finding optimum values for parameters characterising different pig farming technologies (time consumption of human work, need for feed, necessary area of arable land etc) in a company involved in pig farming and crop growing. This research work deals the creation of the methodology and the respective computer software application, by means of which it is possible to find the optimum size of a grain growing and pig farming company in the case of different grain yield levels and pig farming technologies, depending on the length of the working day during top load period, and also considering the restrictions on the use of manure proceeding from the environmental protection requirements established in Estonia.

The calculation results revealed that a pig farming and crop growing company with one employee, in which also the main feed for pigs is produced, cannot provide sufficient workload for the machinery based on a 60-kW tractor. For the better loading of the machinery the area of arable land should be larger. But the working time left for crop growing works does not enable it. Therefore extra labour force should be used in the high season of crop farming works (sowing and harvesting). Another possibility would be to increase the proportion of purchased feeds.

Keywords: pig farming technology, time consumption of human work, regression equation, feed consumption, grain yield, workload of machinery, slurry utilization.

Sissejuhatus

Sealiha tootmine on Eestis toimunud tõusude ja mõõnadena. Aastatel 1989–1996 sigade arv vähenes olulisel määral, v.a aastad 1994 ja 1995 (Statistika andmebaas, 2010). Järgnevatel aastatel sigade arv nii suurel määral muutunud ei ole. Viimastel aastatel on mitmesuguste toetuste abil ehitatud uusi ja rekonstrueeritud olemasolevaid sigalaid, samuti on rajatud moodsaid tootmistehnoloogilisi lahendusi. Sellest võib järeldada, et Eestis soovitakse seakasvatusega tegeleda ja lähiajal sealiha tootmine ei tohiks väheneda. Parema ülevaate saamiseks on joonisel 1 esitatud sigade arvu muutumist kirjeldav graafik.



Joonis 1. Sigade arv Eestis aastatel 1989–2009
Figure 1. Number of Pigs in Estonia years 1989–2009

Seakasvatusega kaasneb toodetava sõnniku realiseerimise vajadus. Põhilised võimalused on järgmised:

- vedelsõnnikuna põldude väetamiseks (Põllumehed..., 2004);
- mitmesuguste materjalidega segatult komposti valmistamiseks (Fleming and MacAlpine, 1999; Wanga et al., 2003)
- biogaasi tootmiseks (Nielsen, 2002; Tänavsuu, 2007).

Käsitlеме sõnniku kasutamist põldude väetamiseks ja seetõttu on vajalik põllumaa (kas oma või rendimaa) olemasolu (Sõnniku keskkonda säästev hoidmine ja käitlemine, 2004). Kui põllumaa olemasolu on vajalik, võiks tegeleda ka taimekasvatusega. Põllumajanduslike tööde tegemisel on inimesel abiks mitmesugused masinad ja seadmed. Selleks, et kulutused muretsesud masinate ja seadmete tehtava töö ühiku kohta oleksid võimalikult väikesed, peaksid masinad ja seadmed olema võimalikult tööga koormatud. Töö koormuse inimestele ja masinatele annavad haritav maa, peetavad loomad jms, mistõttu on vajalik, et ettevõttes tootmistööks nõutava töö maht ja masinate tehtava töö võimalik maht sobivalte agrotehnilistel ajavahemikel oleksid võrdsed. Kui tegeletakse nii taime- kui ka seakasvatusega, on loomulik määrata taimekasvatuses kasutatav külvikord sellisena, et see rahuldaks võimalikult täielikult seakasvatuse vajadusi. Samuti võiks vaadata, et vajalike juurdeostetavate söödakomponentide kogus, mis sisalduvad ettevõttes toodetud söötades liiga vähe või üldse mitte, oleks väiksem. Kui näiteks toodetakse sealiha, siis piisab, kui külvikord koosneks teraviljakultuuridest. Muude kultuuride kasvatamine võib tuua kaasa vajaduse muretseda täiendavalt kalleid masinaid. Seetõttu peavad haritava maa pindala suurus ja sellele vastavate kultuuride kasvupinnad ning rakendatavad tootmistehnoloogiad või-

malikult täielikult koormama taimekasvatustöödeks muretsetud masinapargi. Samuti peaksid sigade arv ja valitud pidamistehnoloogia koormama omakorda seakasvatustes kasutatavad masinad ja seadmed. Seakasvatustehnoloogia hõlmab nii sigade söötmiss- ja pidamistehnoloogiat kui ka muid seakasvatusega seotud tegevusi (Farmide mehhaniseerimine, 1987).

Sea- ja taimekasvatusega tegelev ettevõtte saab taimekasvatustes toodetud teravilja arvel vähendada kulutusi ostusöödale. Selle fakti kinnituseks tegeleb ka selline suur seakasvatusefirma nagu AS Ekseko taimekasvatusega (13. maarahva teatmik-kalender aastavakk 2005, 2005).

Internetist on võimalik leida päris palju seakasvatusega seotud arvutiprogrammide kirjeldusi (~45), samuti ka taimekasvatuse modelleerimise programmirakenduste kirjeldusi. Selliseid programmirakendusi, mis käsitleks sea- ja taimekasvatust koos, enamasti ei leia.

Nii doktoriväitekirjas (Strid Eriksson, 2004) kui ka Rootsi uurimuses (Stern *et al.* 2005) on käsitletud jätkusuutliku seakasvatuse erinevate stsenaariumide korral nii sea- kui ka taimekasvatust. Sarnase uurimuse kirjelduse Saksamaal on võimalik leida artiklist (Jungbluth *et al.*, 2006), kus võrreldi omavahel nelja seakasvatuse tehnoloogilist lahendust. Rootsis kasutatavate seakasvatustehnoloogiate majanduslikust efektiivsusest on antud ülevaade doktoriväitekirjas (Campos Labbé, 2003). Sea- ja teraviljakasvatusega tegeleva maheettevõtte modelleerimist Austria tingimustes on tutvustatud artiklis (Omelko und Schneeberger, 2005). Sea- ja taimekasvatuse on maheettevõttes ühe ja sama tootmistsükli osad. Taimekasvatuse toodab sigadele sööta, mille seakasvatuse väärib orgaaniliseks väetiseks põldudele, suurendades mulla viljakust ja parandades mulla struktuuri (Mahepõllumajanduslik..., 2005).

Seakasvatusega tegeleva ettevõtte optimaalse suuruse määramist Saksamaa tingimustes on käsitletud artiklis (Kleversaat und Nellinger, 1997). Siin on esitatud ettevõtte optimaalse suuruse määramise võimalused. Samuti on antud artiklis vaatluse all põllumajandusettevõtte optimaalne suurus ja keskkonnamõjud. Näiteks, seakasvatuse tekkiv vedelsõnnik tuleb mulda viia, kuid põllu pindalaühikule on lubatud aastas anda kindel kogus väetisi. Sellest tuleneb vajalik põllumaa pindala ja kulutused veotöödele.

Austrias, Rootsis ja Saksamaal kehtivad keskkonnanaitse määrused on Eestis kehtivatest (Sõnniku keskkonda säästev hoidmine ja käitlemine, 2004) mõnevõrra erinevad. Seetõttu ongi käsitletud teravilja- ja seakasvatusega tegeleva ettevõtte modelleerimist (mudeli koostamine, analüüsimine ja rakendamine) Eestis kehtivate keskkonnanaitse nõuete alusel.

Teravilja- ja seakasvatusega tegeleva ettevõtte mudel

Selleks, et leida seakohtade arv sõltuvalt tööpäeva kestusest tööde kõrgperioodil, arvestades sõnniku kasutamise piirangut, tuleb lahendada optimeerimisülesanne, kus optimeerimiskriteeriumiks on seakohtade arvu mak-

simaalsus ($n \rightarrow \max$) ja kitsendused avalduvad järgmiselt:

$$\begin{cases} n > 0 \\ \frac{a}{60}n^2 + \left(\frac{\eta e t_a}{h \delta l} + \frac{b}{60}\right)n + \frac{c}{60} \leq t_u, \\ (t_u - t_s)\frac{l}{t_a} \geq \frac{n}{l_u l_a \eta_t} \end{cases} \quad (1)$$

kus n on seakohtade arv; a, b, c – regressioonikordajad; η – seakohtade kasutustegur; e – sea söödatarve kasvuperioodil ettevõttes toodetavate söötade osas, kg; t_a – inimtöö ajakulu külvikorra algühikule tööde kõrgperioodil, h (ha päevas)⁻¹; h – söödakultuuride keskmise saagikus, kg ha⁻¹; δ – tegur, mis näitab, kui suure osa moodustab sigade söödakultuuride kasvupind ettevõtte haritava maa pindalast; l – väljade arv külvikorras; t_u – tööpäeva kestus tööde kõrgperioodil, h; t_s – tööajakulu seakasvatuse, h päevas⁻¹; l_u – hektarile lubatud loomühikute arv; l_a – loomade arv loomühikus; η_t – loomade arvu realiseerimise tegur (kui soovitakse pidada nii palju sigu, kui on lubatud, siis $\eta_t = 1$, kui vähem, siis $\eta_t < 1$, kui rohkem (koos liigse sõnniku realiseerimisega väljapoole ettevõtet), siis $\eta_t > 1$).

Esimene kitsendus määrab, et seakohtade arv on positiivne. Teise kitsendusega määratakse, et summaarne inimtööaja kestus päevas oleks väiksem või võrdne valitud tööpäeva kestusega tööde kõrgperioodil. Kolmanda kitsendusega kontrollitakse, et ettevõttes oleks haritavat maad sama palju või rohkem, kui on tarvis toodetava sõnniku paigutamiseks. Selle optimeerimisülesande lahendamiseks on koostatud programmirakendus, mis kasutab MS Exceli keskkonnas töötavat optimeerimismoodulit SOLVER.

Tööajakulu leidmist taimekasvatustöödele raskendab asjaolu, et teraviljasaagikus on muutuv suurus. Põllumajandusteadlased on välja töötanud seosed, mis võimaldavad leida taimetoiteelementide vajaduse, mis on eelduseks põllukultuuride teatud saagikusetaseme saavutamiseks. Sõnnikuga efektiivseks väetamiseks peab aga teadma selle toiteainetesisaldust, mis võib olla üsna erinev. Selle leidmiseks võetakse sõnnikust proove, millest määratakse põhitoiteainete sisaldus. Sõnniku kasutusnormi määramisel tuleb arvestada lisaks taimetoiteelementide sisaldusele ka kultuuride järjestust külvikorras ja sõnniku järeloomu (Lember *et al.*, 1999). Erinevatel aastatel kujunev saagikus sõltub aga ilmastikutingimuste mõjust (deToro, 2004; Möller *et al.*, 1998). Seostes ja programmides kasutatavad teraviljasaagikuse väärtused 2000–4500 kg/ha on pikema ajavahemiku keskmised, mis on taimekasvatusteadlaste andmetel prognoositavad, lähtudes põldude mullaviljakusest. Mida madalam on teravilja saagikus, seda enam on tarvis külvipinda sigadele vajaliku söödavilja tootmiseks ja seda suurem on ka taimekasvatustööde ajakulu. Leides summaarsed tööajakulud sigade erinevate pidamistehnoloogiate ja saagikuse erinevate tasemete korral, selgus, et summaarse tööajakulu muutumise iseloom

sigade erinevate pidamistehnoloogiate korral on sarnane (Vettik *et al.*, 2005).

Kõrgemate saagikuste korral võib taimekasvatustes toodetav sigadele söödaks sobilike kultuuride kogus olla suurem ja madalamate saagikuste korral väiksem, kui on sigade söödavajadus aastas. Sööda üle- või puudujäägi (E_e) saab leida järgmise seose abil.

$$E_e = \frac{l\delta h(t_l - t_s)}{t_a} - n\eta e, \quad (2)$$

kus E_e on söödakultuuride üle- või puudujääk, kg; l – väljade arv külvikorras; δ – tegur, mis näitab, kui suure osa moodustab sigade söödakultuuride kasvupind ettevõtte haritava maa pindalast; h – söödakultuuride keskmine saagikus, kg ha⁻¹; t_l – limiteeritud päevane töötajakeskus tööde kõrgperioodil, h päevas⁻¹; t_s – ajakulu sigade pidamisel, h päevas⁻¹; t_a – inimtöö ajakulu külvikorra algühikule tööde kõrgperioodil, h (ha·päevas)⁻¹; n – seakohtade arv; η – seakohtade kasutustegur; e – sea söödatarve kasvuperioodil ettevõttes toodetavate söötade osas, kg.

Mudeleksperimentide tulemused

Arvutusnäidetes võrreldi omavahel kahte töömahukuselt üsna erinevat sigade pidamistehnoloogiat:

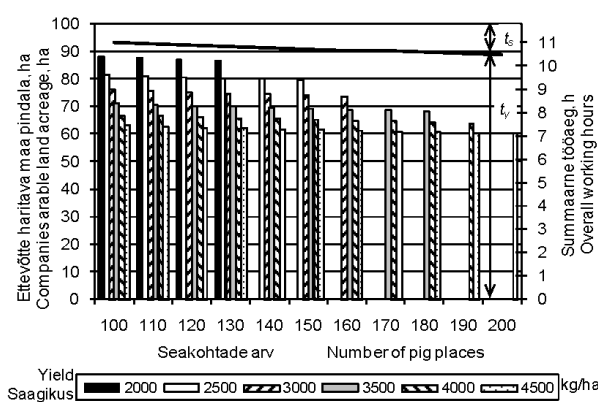
- 1) pidamine allapanuta osalisel respõrandal, kuivisööt jaotatakse paiksete tross-seibkonveieritega;
- 2) pidamine allapanul, sõnnik eemaldatakse konveieritega, kuivisööt jaotatakse ämbriga lauda-kärust.

Eeldati, et taimekasvatustes on kasutusel neljaväljaline külvikord ja söödakultuuride kasvupinna osakaal külvikorras moodustab kogu haritava maa pindalast poole. Artiklis (Vettik *et al.*, 2003) on vaadeldud olukorda, kus sigade söödakultuuride kasvupinna osakaalu külvikorras oli suurendatud kolmveerandini haritava maa pindalast. Sellisel juhul piiras saagikuse 2,000–2,500 kg/ha korral seakohtade arvu samuti ettevõttes toodetava sööda nappus, saagikuste 3,500–4,500 kg/ha korral muutus seakohtade arvu piiravaks teguriks seakasvatustes toodetava sõnniku kogus. Saagikuse 3,000 kg/ha korral oli seakasvatustes toodetav sõnnikukogus täpselt võrdne lubatuga ja taimekasvatustes toodetav sigadele söödaks sobivate teraviljade kogus võrdne sigade söödatarbega aastas.

Ühe töötaja töötaja jagunemine taime- ja seakasvatustööde vahel on põhimõtteliselt kahe piirulukorra vahel: 1) üks töötaja tegeleb nii taime- kui ka loomakasvatustöödega, 2) üks töötaja tegeleb aastaringselt seakasvatusega ja palkab hooajaliste taimekasvatustööde teostamiseks vajaliku hulga töötajate koos üürimasinatega.

Esiteks. Mitme tootmissuunaga ettevõttes tegeleb nii taime- kui ka loomakasvatustöödega üks töötaja. Tööpäeva kestuseks tööde kõrgperioodil oli võetud kümme tundi ja sigade söödakultuuride kasvupinna osakaal külvikorras moodustas kogu haritava maa pindalast poole. Vaadeldud juhul piiras seakohtade arvu ettevõttes toodetava sööda nappus, sest taimekasvatusele jäävast töötajast ei piisa söödakultuuride kasvatamiseks vajalikul määral. Taimekasvatustes toodetava söödavilja koguse suurendamiseks võiks pikendada tööpäeva kestust tööde kõrgperioodil, näiteks 11.8 tunnini. 11.8 tundi oli vali-

tud järgmistel kaalutlustel. Ühe töötaja aastane töökoormus on ~1,880 tundi. Nii taime- kui ka seakasvatusega tegeleva töötaja aastane töömaht (juhul, kui tööde kõrgperioodil on tööpäeva kestus kümme tundi) oli arvutustes ~1,540 tundi. See on ~82% soovitud töökoormusest. Põhilised taimekasvatustööd tehakse kuue kuu jooksul, kusjuures kogu selle perioodi kestel ei ole töökoormus ühtlane. Tippkoormus langeb kevadisele külvitöö perioodile ja sügisele teraviljakoristuse ajale. Seetõttu oli aastase töökoormuse suurendamiseks teravilja sealihatootmisega tegelevas ettevõttes pikendatud tööde kõrgperioodil tööpäeva kestust 18% võrra. Programmirakenduse abil leitud seakohtade arv ja haritava maa pindala sigade pidamisvariandi nr 1 korral, sõltuvalt päevasest töötajakeskusest tööde tippkoormuse perioodil teravilja erinevate saagikustasemetel korral, on esitatud graafiliselt joonisel 2.



Joonis 2. Seakohtade arv (jooned) ja ettevõtte haritava maa pindala (tulpeid) sõltuvalt päevasest töötajakeskusest tööde tippkoormuse perioodil erinevate teravilja saagikustasemetel korral

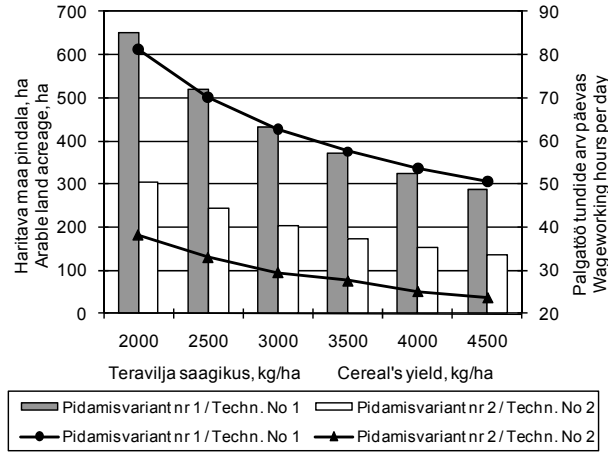
Figure 2. Numbers of pig places (lines) and companies arable land acreages (bar graphs) in dependence on daily working hours during the labour peak periods on different yield levels

Joonisel puudub osale seakohtade arvudest vastava haritava maa pindala näitav graafiku tulp. See on põhjendatud sellega, et vastavate saagikustasemetel korral ei kindlusta haritava maa pindala sigu vajaliku söödakogusega. Joonistelt saab seega välja lugeda, et teravilja saagikuse 2,000 kg/ha korral on suurim võimalik seakohtade arv 130 ja teravilja saagikuse 4,500 kg/ha korral 200.

Arvutustulemustest selgus, et ühe töötajaga ettevõtte kõigil vaadeldud töötaja taime- ja seakasvatuse vahel jaotamise juhtudel ei suudeta masinaparki, mis baseerub 60 kW-sel traktoril, piisavalt koormata (Vettik, 2000). Masinapargile optimaalse koormuse tagamiseks peaks haritava maa pindala olema suurem (sõltuvalt teraviljade saagikusest ~75–90 ha) (Tamm, 1999). Ühe töötaja töötajafond seda aga ei võimalda.

Teiseks. Üks töötaja tegeleb aastaringselt seakasvatusega ~5 tundi päevas ja palkab hooajaliste taimekasvatustööde teostamiseks vajaliku hulga töötajate koos üürimasinatega. Lühem tööpäev seakasvatustes oli valitud seetõttu, et töötaja peab tegelema lisaks taimekasvatustöödeks õigeks ajaks ja vajalikul hulgal palgatöötajate muretsemisega ning nende töö kvaliteedi kontrollimi-

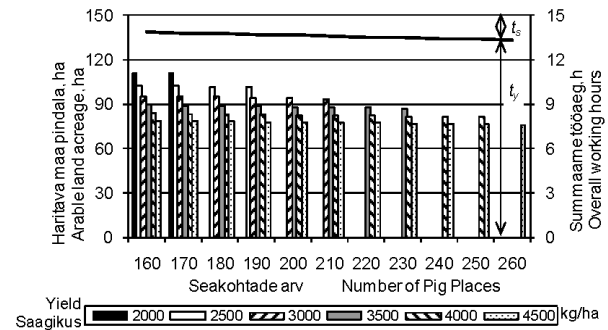
sega. Sigade söödavajaduse tagamiseks vajaliku sööda-kultuuride kasvupinna alusel leitakse ettevõtte haritava maa pindala. Ühe hektari kohta aastas toodetav sõnnikukogus oli antud näites täpselt võrdne lubatuga. Programmirakenduse abil leitud seakohtade arv sigade pidamisvariantide nr 1 ja 2 korral ning haritava maa pindala on esitatud graafiliselt joonisel 3.



Joonis 3. Haritava maa pindala (tulbad) ja vajalik taimekasvatuse palgatööliste töötundide arv päevas (jooned)
Figure 3. Arable land acreages (bar graphs) and necessary wageworking hours per day in grain growing (lines)

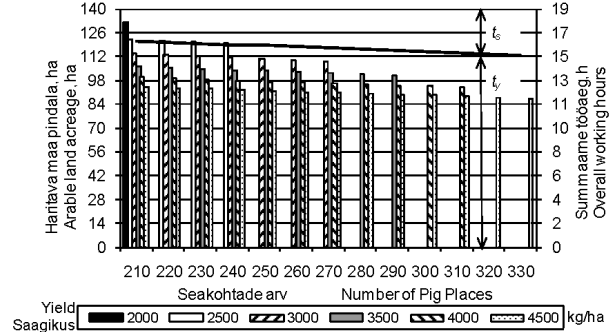
Järgnevalt on vaadeldud kahe töötaja tööajabilansi taime- ja seakasvatuse vahel jaotamise kahte võimalust.

Võimalus 1. Selleks, et ettevõtte masinapargile tagada piisav koormus, palgatakse näiteks taimekasvatustöödele appi teine töötaja, kes töötab taimekasvatustööde kõrgeperioodil 10 tundi päevas. Kõik tööd tehakse ühel traktoril baseeruva masinapargiga. Sellisel juhul oli tööde kõrgeperioodi päevaseks tööajakestuseks võetud 15 tundi. Põhitöötaja ise töötab tööde kõrgeperioodil, nii sea- kui ka taimekasvatuses, päevas kokku ~5 tundi, muul ajal ~2,5 tundi. Koostatud meetodika ja vastava arvutiprogrammi rakenduse abil leitud tulemused sigade ühe pidamisvariandi nr 1 korral on esitatud graafiliselt joonisel 3.



Joonis 3. 15-tunnise töötaja jagunemine seakasvatusele (t_s) ja taimekasvatusele (t_y) (jooned) ning haritava maa pindala (tulbad) erinevate saagikustasemete korral
Figure 3. Distribution of 15-hours working time between pig farming works (t_s) and cereals growing (t_y) (lines) and arable land acreage (bar graphs) with different grain yield levels

Võimalus 2. Kui lähtuda sellest, et töötaja aastane tööajafond on ~1,880 tundi, siis peaks seakasvatustöötaja töötama aastaringiselt ~5 tundi päevas. Sellisel juhul oleks tema töökoormus sigade sama pidamistehnoloogia korral kõige pingelisemal tööperioodil ~9 tundi päevas (kahe töötaja summaarne töötundide arv 19, joonis 4).



Joonis 4. 19-tunnise töötaja jagunemine seakasvatusele (t_s) ja taimekasvatusele (t_y) ning haritava maa pindala (tulpdiaagramm) erinevate saagikustasemete korral
Figure 4. Distribution of 19-hours working time between pig farming works (t_s) and cereals growing (t_y) (lines) and arable land acreage (bar graphs) with different grain yield levels

Arvutusnäidetes vaadeldi kahe töötaja tööaja jagunemise kahte võimalust. Tegelikuses on neid võimalusi palju rohkem. Samuti võib töötajaid olla rohkem kui kaks. Valides töötajate arvu ja määrates nende tööaja jagunemise taime- ja seakasvatustööde vahel, on võimalik autori koostatud meetodika ja arvutiprogrammi rakenduse abil teostada vastavad arvutused.

Mudeli testimine ja arutelu

Mudeli testimisel oli aluseks täistootmistsükliga seakasvatuseettevõtte, OÜ Linnamäe Peekon.

Nuumakohti oli ettevõtte nuumasigalas 3,520 ja võõrdpõrsaste sigalas 1,920. Sugusigade farmis oli 530 põhiemist, 120 nooremist ja 13 kultu. Nuumasigalas oli kaasutusel vedelsöödaline söötmine ja nuumsigu peeti allapanuta. Sugusigade farmis oli kasutusel kuivisöödaline söötmine.

Mudeli testimine on üsna aeganõudev ja mahukas tegevus. Seetõttu vaadeldi ainult mõningate tootmisnäitajate (söödakulu, inimtöö ajakulu, nuumsigade toodang eluskaalus, seavedelsõnniku kogus aastas jne) mudeliga prognoositud ja seakasvatuseettevõtte kahe aasta vastavate näitajate tegelikke väärtusi. Mudeli ja testimisel osalenud seakasvatuseettevõtte tegelikke tootmisnäitajate võrdlus on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Mudeliga prognoositud ja seakasvatusevõtte tegelike tootmisnäitajate võrdlus
Table 1. Comparison of model prognosticated and actual production indicators of the pig farming company

Tootmisnäitaja <i>Production indicator</i>	Mudel <i>Model</i>	Aasta 1 <i>Year 1</i>	Aasta 2 <i>Year 2</i>	Keskmine <i>Mean</i>	Mudel – keskmine <i>Model – mean</i>	Erinevus <i>Difference</i>
Söödakulu nuumaperioodil, kg <i>Feed consumption in fattening period, kg</i>	231	207	224	215.5	15.5	7.19%
Söödakulu aastas, t <i>Feed consumption per year, ton</i>	3,491	3,933	3,721	3,827	-336	-8.78%
Nuumsigade kaaluiv, g ööpäevas ¹ <i>Weight gain of fattening pigs, g per 24 hours</i>	671.3	707	693	700	-28.7	-4.10%
Keskmine tööajakulu ööpäevas, min <i>Mean consumption of working time, min per day</i>	2,130	2,310	2,340	2,325	-195	-9.01%
Seavedelsõnnik aastas, t <i>Slurry per year, ton</i>	9,017	8,500	9,000	8,750	267	3.05%
Sead eluskaalus aastas, t <i>Pig live weight per year, ton</i>	1,087	1,205	1,119	1,162	-75	-6.45%
Pörsaid emiselt aastas, tk <i>Piglets per sow, pcs</i>	20.7	21.9	20.7	21.3	-0.6	-2.82%
Teravilja kasvatamiseks vajalik pindala, ha <i>Needed area for crop growing, hectare</i>	797	412	412	412	385	93.45%
Sõnniku paigutamiseks vajalik pindala, ha <i>Needed area for manure spreading, hectare</i>	372	412	412	412	-40	-9.71%

Enamike vaadeldud näitajate (8 näitajat 9-st) korral jääb erinevus 10% piiresse. Teraviljade kasvatamiseks vajaliku haritava maa pindala korral on erinevus mudeliga prognoositud ja tegelike näitajate vahel üsna suur (93%). See on seletatav sellega, et oma põldudel kasvatatav teravili moodustab ainult 23% sigadele söödaks vajalikust teraviljast ja ülejäänud 77% ostetakse juurde.

Eestis on sõnnikuga lubatud anda haritava maa ühe hektari kohta keskmisena kuni 170 kg lämmastikku aastas (Veeseadus, 1994). Sigade vedelsõnnik sisaldab keskmiselt 3.6 kg t⁻¹ lämmastikku (Sõnniku..., 2004). 9,017 t vedelsõnniku paigutamiseks on vaja minimaalselt 191 ha põllumaad. Seakohtade arvu alusel leitud ja vedelsõnniku koguse alusel arvatud sõnniku paigutamiseks vajalik põllu pindala on erinev, sest sigade arv on aasta jooksul muutuv.

Kasutatud kirjandus

13. maarahva teatmik-kalender aastavakk 2005. (2005). / Vasutatav väljaandja Ü. Russak. Tallinn: Tallinna Raamatutrükikoda, 192 lk.
- Campos Labbé, M. 2003. The Economics of Technologies in Swedish Pig Production. *Doctoral Thesis*. [WWW] <http://dissepsilon.slu.se/archive/00000459/01/Agraria436.pdf> (01.07.2005)
- deToro, A. 2004. Assessment of Field Machinery Performance in Variable Weather Conditions Using Discrete Event Simulation. *Doctoral Thesis*. [WWW] http://diss-epsilon.slu.se/archive/00000553/Agraria_462.pdf (28.07.2006)
- Farmide mehhaniseerimine. 1987. Koostaja V. Veinla. 2. ümbertöötatud trükk. Tallinn: Valgus, 648 lk.
- Fleming, R. and MacAlpine, M. 1999. Development of a Farm-Scale System to Compost Liquid Pig Manure. [WWW] http://www.ridgetown.ca/research/documents/fleming_compost.pdf (01.07.2005).
- Jungbluth, T., Pflanz, W., Beck, J. A. F., Troxler, J., Schrade, H. 2006. Assessment of four innovative Pig Fattening Systems in the Frame of a Field Study. – *CIGR World Congress: Agricultural Engineering for a Better World. Book of Abstracts*. [CD-ROM]
- Kleversaat K., Nellinger L. 1997. Die optimale Betriebsgröße in der Schweinehaltung. – *Berichte über Landwirtschaft. Landwirtschaftsverlag Band 75*. Münster-Hiltrup, S. 250–271.
- Lember, A., Luts, V., Roosmaa, Ü., Oja, A. 1999. Seakasvatus ja sealiha tootmine. Tartu Bookmill, 171 lk.
- Mahepõllumajanduslik seakasvatus. 2005 Põllumajandusministeerium. [WWW] <http://web.agri.ee/link.php3?id=12099&filename=seakasvatus.pdf> (05.02.2007)
- Möller, H., Asi, M., Soonets, K., Tamm, K., Vettik, R. 1998. Teraviljandustalu masinapargi optimaalkoormus. – *Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised*, 7. Tartu, lk 65–68.
- Nielsen, Per H. 2002. Heat and Power Production from Pig Manure. [WWW] <http://www.lcafood.dk/processes/energyconversion/heatandpowerfrommanure.htm> (01.07.2005)..
- Omelko, M., Schneeberger, W. 2005. Einfluss der Schweinehaltung auf die organisation und Wirtschaftlichkeit im Biobetrieb. [WWW] http://www.wiso.boku.ac.at/oega/Tagung/2004/04_Omelko.pdf (01.07.2005).
- Põllumehed hindavad Ekseko vedelsõnnikut. 2004, 12. mai. – Sakala.
- Stern, S., Sonesson, U., Gunnarsson, S., Kumm, K. I., Öborn, I., Nybrant, T. 2005. Sustainable pig production in the future – development and evaluation of different scenarios. *Report FOOD 21 No 5/2005*. [WWW] http://www-mat21.slu.se/publikation/pdf/mat21nr5_2005.pdf (26.06.2006)
- Strid Eriksson, I. 2004. Environmental systems analysis of pig production – development and application of tools for evaluation of the environmental impact of feed choice. *Doctoral Thesis*. [WWW] <http://diss-epsilon.slu.se/archive/00000459/01/Agraria491.pdf> (01.07.2005)
- Sõnniku keskkonda säästev hoidmine ja käitlemine. 2004. [WWW] http://www.envir.ee/vesi/Sonniku_keskkoda_saastev_hoidmine.pdf (01.07.2005).

- Statistika andmebaas. 2010. [WWW] <http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/statfile2.asp> (05.04.2010)
- Tamm, K. 1999. Teraviljandustalu põhiparameetrite optimeerimine masinapargi töökoormuse järgi. *Väitekiri tehnikateaduse magistrakraadi taotlemiseks põllumajandustehnika erialal*. / Juh. H. Möller, M. Asi; Eesti Põllumajandusülikool. Põllumajandustehnika instituut. Tartu. 76 lk.
- Tänavsuu, T. 2007, 25. jaanuar. Eesti Energia teeb sõnnikust elektrit. – Eesti Päevaleht.
- Veeseadus. 1994. – Riigi Teataja I osa [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12769937> (05.04.2010).
- Vettik, R. 2000. Sealihatootmistalu põhiparameetrite prognoosimine masinapargi töökoormuse järgi. *Väitekiri tehnikateaduse magistrakraadi taotlemiseks põllumajandustehnika erialal*. / Juh. H. Möller, M. Asi; Eesti Põllumajandusülikool. Põllumajandustehnika instituut. Tartu. 72 lk.
- Vettik R., Möller H., Asi M. 2005. Consumption Of Direct Labour And Machine Hours With Different Pig Farming Technologies. *Proceedings 33. International Symposium on Agricultural Engineering. – Actual tasks on agricultural engineering*. Croatia, Opatija, pp. 483–488.
- Vettik R., Möller H., Asi M. 2003. Planning Of Human Labour And Machinery Use In Farm With Several Production Lines. *Proceedings 31. International Symposium on Agricultural Engineering. – Actual tasks on agricultural engineering*. Croatia, Opatija, pp. 125–132.
- Wanga, P., Changaa, C.M., Watsonb, M.E., Dickb, W.A., Chenc, Y. and Hoitink, H.A.J. 2003. Maturity indices for composted dairy and pig manures. [WWW] <http://plantpath.osu.edu/Wangetal2004.pdf> (01.07.2005).

Computer-aided Optimization of Pig Farming Technologies and machinery use

R. Vettik

*Estonian Research Institute of Agriculture,
raivo.vettik@eria.ee*

The methods developed by the author and the respective computer software application working in MS Excel environment, by means of which the optimum size of a pig farming and crop growing company can be found depending on the length of the working day during the high season of works, and also taking into consideration the restriction on manure use. The calculations can be made for different pig farming technologies and in the case of different crop yield levels. Consequently, to find the number of pig places depending on the length of the working day during the high season of works, taking into account the restriction of manure use, an optimization task shall be solved.

The methodology of forecasting the composition of feed rations, finding the feed consumption, and consumption of human labour is applied in the complex pig-farming programme of the advisory and information system 'TALU-TARK' ['WISEFARMER'] of Estonian Farmers' Federation.

The calculation results revealed that a pig farming and crop growing company with one employee, in which also the main feed for pigs is produced, cannot provide sufficient workload for the machinery based on a 60-kW tractor. For the better loading of the machinery the area of arable land should be larger. But the working time left for crop growing works does not enable it. Therefore extra labour force should be used in the high season of crop farming works (sowing and harvesting). Another possibility would be to increase the proportion of purchased feeds.

There are many options of distribution of the working time between the pig farming and crop growing works in a company with more than one employee. If there are many workers, the machinery of the company can be sufficiently loaded with work, e.g. by using the shift system etc.

VARSTI SAAB SADA TÄIS!

Aimur Joandi

ABSTRACT. *It will soon be a hundred years! The article introduces the establishing and activity of a scientific organisation “Academic Agricultural Society (APS=AAS)” with an aim of educating and developing students at the Tartu University in autumn 1920. Based on archival data, new facts are published about the initial years of the AAS. The AAS gained good results in deriving new speciality-related terms and words, in 1927 the journal “Farm Mistress” began to be published, summer’s day gatherings and excursions were organised, the AAS obtained its own house with a 4000-volume library in it etc.*

In 1945, required by Soviet rule, the activity of the AAS was stopped and replaced by Students’ Scientific Society which, however, managed to preserve the pre-war mentality and zeal, granting the continuity of Estonian agricultural science. Because of the war, most of the AAS members fled to Sweden, Germany, Canada, USA and elsewhere where, when in exile, they re-founded their several societies of speciality.

Estonian Society of Agronomists in Sweden started its activity in Uppsala in April 1945, Agricultural Society of Free Estonians was set up in 1949 and the latter joined the Union of European Agriculturalists in 1956. The AAS was re-established in autumn 1989.

The article explains various terms which were used in students’ organisations about a century back, such as academic mater, academic pater and suspension from a students’ organisation.

Keywords: Societies, Students’ organisations, Academic Agricultural Society (APS=AAS), students’ research, coining terms of speciality, Students’ Scientific Society in 1945, exile of agriculturalists, Agricultural Society of Free Estonians, re-establishment of AAS in 1989, academic mater, academic pater, suspension from a students’ organisation.

APSi tegevusest arhiivandmetel

Tänavu sügisel oktoobris, novembris ja detsembris möödub organisatsiooni asutamisest, põhikirja kinnitamisest ja registreerimisest üheksakümmend aastat. Sel puhul on paslik korraks seisatuda ja teha väike tagasi-vaade, et saaks heita põgusa pilgu läbikäidud teele.

APSi tegevuse algusaja kohta leiame huvitavaid andmeid arhiivalidest, mis asuvad Eesti Ajalooarhiivi ja Eesti Riigiarhiivi fondides, vastavalt Tartus ja Tallinnas.

Tähtis on arhiivifond *Akadeemiline Põllumajanduslik Selts 1920–1944*, mis asub Tartu Ülikooli Raamatukogu käsikirjade ja haruldaste raamatute osakonnas (TÜR KHO), kokku 84 säilikut (s 1–77, 10a, 14a, 16a, 28a, 36a, 59a, 59b).

Läbi tuleks vaadata veel mõned väiksemad säilikud Tartus Ajaloo- ja Tallinnas Riigiarhiivis, sest, ilma eelnimetatute läbitöötamiseta pole mõeldav ammendava või vähemalt rahuldava ajaloo ülevaate kokkuseadmine APSi tegevusest.

Järgnevas loos on toodud noppeid Tartu arhiivides leiduvaist mõnedest arhiivalidest, mis selgitavad APSi asutamise vajadust 1920. aastal ning heidavad valgust seltsi tegevusharudele enne Teist maailmasõda.

Kodumaa vajab haritud põllumehi!

Muistsest vabaduspõlvest oli möödunud ligi seitsesada aastat. Kahekümnenda sajandi esimesel veerandil avanes soodne võimalus ka Eestile – luua oma iseseisev vaba riik. Koos riigi tekkega alustas 1. detsembril 1919 emakeelset õppetööd Tartu Ülikool, mille juures rajati hulgaliselt mitmesuguseid kutse- ja erialaseid üliõpilasseltsi, sealjuures põllumajanduslikke.

Algse nimetusega Akadeemiline Põllumajanduslik Selts – APS – asutati üliõpilaste arendamise eesmärgil, mille tegevuses võisid osaleda ka õppejõud ja vilistlased. APSi juurde loodi metsanduse, põllumajandusoskussõnade ja muud toimkonnad, millede kaudu ja abil tehti juba esimestel tegevusaastatel tähtsat üldkultuurilist tööd. APSist kujunes lühikese aja jooksul üks kandvaim, viljakaim “kasvulava” tulevase põllumajanduskaadri ettevalmistamisel omariikluse tarvis järgneva paarikümne aasta kestel. Vähihimagi kahtluseta võib väita – APSi mõju põllumajandusteadlaste kasvamisel ja kasvatamisel on kandnud vilja läbi sõja ja okupatsiooni-aja tänapäevani.

APSi liikmeteks üliõpilastena osutusid peaaegu kõik tulevased tuntud ja hiljem väga tunnustatud teadlased ja põllumajandusala tegelased, nagu sel ajal üliõpilased Karl Zolk (Kaarel Leius), Hans (Ants) Käsebier, Elmar Gerberon (Järvesoo), Elmar Liik, Tõnis Kind (Kint), Aleksander Adojaan, Richard Tomson (Toomre), aga ka Riia Polütehnikumis 1910–1915 põllumajandust (põllutulundust) õppinud agronoom Jaan Mets jpt. Kõiki ei jõua siinkohal üles lugeda. APS tegi tihedat koostööd Eesti Agronoomide Seltsiga, liikmesus sageli kattus, kuuluti samal ajal mõlemasse nimetatud organisatsiooni.

Akadeemiline isa

Selleks, et üliõpilastele, nende seltside-korporatsioonide noorliikmetele paremini selgeks saaksid kõnepidamise ja akadeemilise esinemise kõrval muudki eluks vajalikud käitumisreeglid, seltskonna- ja lauakombed, võeti eeskujuna arenenud Euroopa riikidest, suuremalt osalt

Saksamaa ülikoolides levinud üliõpilasseltside tavadest. Naisorganisatsioonides võidi noorliikmetele valida akadeemiline ema, kus aga liikmeteks olid ainult mehed, valis tulevane “värvikandja” – noor liige ise enesele oma eakaaslaste – juba varem seltsi liikmeks astunute või ka vanemate vilistlasliikmete hulgast akadeemilise isa – ladina keeles *pater*. Viimasest sai temale parim sõber ja õpetaja kogu eluks, *pangem tähele – kogu eluks*, kes pidi teda igati kaitsma ja toetama. Näiteks hilisema professori Emar Halleri (1907–1985) akadeemiline isa oli Cerelius Ruus (29.VI.1906 Tallinn – 23.I.1974 Tartu), hiljem tuntud linnukasvatusteadlane, bioloogiadoktor, kes lõpetas TÜ 1935. aastal, oli 1951–1974 EPA õppejõud, 1958–1974 eriloomakasvatuse kateedri juhataja, Ülemaailmse Linnukasvatuse Teadusliku Assotsiatsiooni liige (Joandi, 2007:33).



Foto 1. Elmar Haller ja tema akadeemiline isa Cerelius Ruus u. 1934. aastal. Halleri erakogu

Nõukogude ajal heideti kõrgkoolides vanad traditsioonid, kombed ja tavad sunni viisil kõrvale. Akadeemilist isa ei valitud. Üliõpilastele määrati diplomitööks vajalike uurimiste läbiviimiseks ja vormistamiseks teaduslikud juhendajad ning diplomandi ja juhendaja suhe tavaliselt lõppes töö kaitsmisega. Kahtlemata oli nõukogude ajal häid juhendajaid.

Rukkimine

Üks karistamise viis, tava või komme üliõpilasseltsides oma liikmete kasvatamisel või koguni korrale kutsumiseks oli *rukkimine*, mis oli väga karm karistus. Rukkimine tähendas kellegi eiramist – boikoteerimist – üleannetu teo sooritanud liikmega enam teatud aja jooksul ei suheldud mitte sõnagi. Seda võtet rakendati mitte eriti tihti, enamasti siis, kui liige oli hakkama saanud millegi väga näotu teoga, näiteks oli kedagi solvanud rumalate väljendite kasutamisega, polnud pidanud antud ausõna, oli end purju joonud, siis kakerdanud, ropendanud, sülitanud või muud ebasüüdsast korda saatnud. Rukkimine võis lõppeda seltsist, korporatsioonist väljaheitmisega.

APS-i põhikiri 1920

Ajalooarhiivi säilikus (2100–19–74) leidub esmane APS-i põhikiri, koostatud sügisel 1920. Põhikirjas, mis esitati ülikooli valitsusele novembris 1920 ja mida mõistagi hiljem täiendati, on selgelt välja öeldud vajadus arendada riigi põllumajanduskultuuri. See eeldas seltsi loomist, mille läbi põllumajandust õppima asunud üliõpilasi kasvatada, et ette valmistada neist vabariigile oma põllumajandusteadlaste ja katsetajate ning uurijate koosseis. Sel ajal ja edaspidi vajas kodumaa hädasti haritud põllumehi.

Tartu Ülikooli Raamatukogus hoitavas APSi arhiivifondis on olemas ka tegelikult vastu võetud põhikiri, mis on põhimõtteliselt sama, kuid sõnastus eeltoodust veidi üksikasjalikum, näiteks esialgse 21 asemel on 32 põhikirja punkti (TÜR KHO F 56, s 1).

Seltsi siht, ülesanded, õigused ja asukoht.

§ 1. Akad. Põllumajand. Seltsi siht on:

- Oma liikmete igakülgele arenemisele kaasa aidata ja nende kutsehuvisid kaitsta.
- kodumaa põllumajandust ja tema arenemist igakülgselt tundma õppida,
- põllumajanduslist teadust ja haridust edendada, ja
- üldist kodumaa põllumajanduslist kultuuri tõsta.

§ 2. Oma sihtide saavutamiseks võimaldab Selts

- oma liikmetele tutvumist kodu- ja välismaade põllumajanduslike kirjandusega,
- korraldab kõne, vaielus- ja töö koosolekuid, avalikke kõnesid, õppe reise,
- annab välja põllumajanduslist kirjandust.
- asutab kapitalisid teaduslikeks otstarbeks, kui ka liikmete toetuseks,
- kogub teateid oma liikmete kutsehuvidesse puutuvate küsimuste üle ja on nende huvide kaitsjaks vastavates asutustes.
- edendab oma liikmete vahel sõbralikku vahekorda.

§ 3. Seltsil on juriidilise isiku õigused.

§ 4. Seltsil on oma märk ja oma pitsat pealkirjaga: “Akadeemiline Põllumajanduslik Selts, Tartus.”

§ 5. Seltsi asukohaks on Tartu linn, tegevuse piirkonnaks Eesti vabariik.

Seltsi koosseis

§ 6. Seltsil on tegev- ja toetajad ja auliikmed.

§ 7. Seltsi liikmeteks võivad olla kõik Tartu Ülikooli endised ja praegused kodanikud.

§ 8. Seltsi toetajaks liikmeks võib olla igaüks, kes oma liikmemaksu ära tasub.

§ 9. Seltsi auliikmed valib Seltsi üldkoosolek iseäraliste teenete eest.

§ 10. Seltsi toetajate ja tegevliikmete vastuvõtmise otsustab juhatus.

§ 11. Liige võib igal ajal Seltsist väljaastuda, sellest kirjalikult juhatajale teatades.

§ 12. Samuti võib juhatus liikme väljaastunuks kuulutada, kui selle liikmemaks õigeks ajaks tasutud ei ole.

§ 13. Väljaastunud liikme liikmemaksu tagasi ei maksta.

§ 14. Liikme väljaheitmine võib sündida üldkoosoleku poolt juhatajale ettepanekul.

§ 15. Iga liige allub Seltsi kodukorrale.

Üldkoosolekud

§ 16. Üldkoosolekud on kutsutud- ja lihtüldkoosolekud.

§ 17. Seltsi liikmed astuvad üks kord aasta jooksul ülikooli tegevuse ajal kutsutud üldkoosolekuks kokku.

§ 18. Liht- ja ka kutsutud üldkoosolekuid kutsutakse kokku tarvidust mööda juhatus oma äranägemisel, kui ka revisjoni komisjoni ehk 1/5 liikmete nõudmisel.

§ 19. Kutsutud üldkoosoleku võimupiirkonda kuulub juhatuse poolt esitatud aasta aruande ja eelarve kinnitamine, juhatuse ja revisjonikomisjoni valimine ja põhikirja muutmine.

§ 20. Liht- ja üldkoosolekute otsustada on kõik teised seltsi ellu puutuvad küsimused kui ka juhatusele ligemate juhtnõuandete andmine.

§ 21. Kutsutud üldkoosolek on otsustusvõimeline, kui juhatuse poolt kõigile liikmetele kirjalikud kutsed päevakorraga vähemalt 7 päeva enne koosolekut on kätte saadetud.

§ 22. Lihtüldkoosolek on otsustusvõimeline, kui temast 3 päeva enne avalikult teada on antud.

§ 23. Otsused üldkoosolekul tehakse lihtääälteenamusega.

Märkus: Põhikirja võib muuta 2/3 liikmete hääälteenamusega.

Seltsi juhatus

§ 24. Seltsi juhtimiseks ja asjade ajamiseks, põhikirja ja üldkoosolekute otsuste piires valib kutsutud üldkoosolek ühe aasta päälle 5 liikmelise juhatuse: esimees, abiesimees, kirjatöömaja, abikirjatöömaja ja laekahoidja ja 3 juhatuse liikme asemikku.

§ 25. Kui üks juhatuse liige aasta jooksul juhatusest välja langeb, kutsutakse esimees ühe asemiku tema asemele ametisse.

§ 26. Juhatus koosolekud on otsusevõimulised, kui vähemalt kolm juhatuse liiget koos on. Otsused tehakse lihtääälteenamusega.

Seltsi tuluallikad

§ 27. Seltsi tuluallikad on 1) liikmemaksud 2) abirahad asutustelt, ühisustelt ja isikutelt, 3) annetused ja kingitused, 4) Seltsi poolt korraldatud loteriidest ja 5) Seltsi ettevõtetest.

Revisjoni komisjon

§ 28. Üldkoosolek valib ühe aasta päälle 3 liikmelise revisjoni komisjoni.

Märkus: Revisjoni komisjoni liige ei või muus seltsi vastavas ametis tegev olla.

§ 29. Revisjoni komisjoni ülesandeks on Seltsi tegevuse revideerimine.

Toimkonnad

§ 30. Üksikute tegevusalade teostamiseks kinnitab juhatuse toimkonnad.

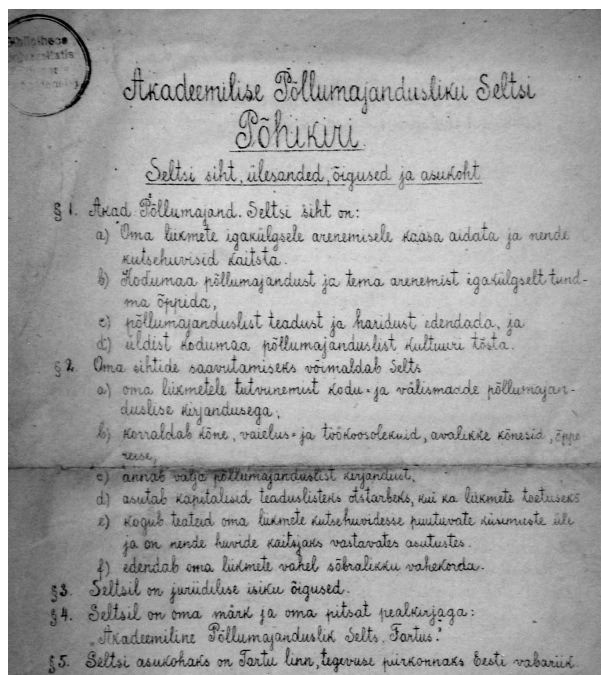
Seltsi likvideerimine

§ 31. Seltsi tegevust võib likvideerida 2/3 liikmete koosolemisel 3/4 hääälteenamusega.

§ 32. Seltsi varanduse saatuse otsustab Seltsi likvideerimise koosolek.

APSi asutajaliikmed novembris 1920

APSi poolt saadeti 28. novembril 1920 Tartu Ülikooli Valitsusele palve seltsi registreerida ja põhikirja kinnitada (EAA 2100-19-74, l 4). Kirjaga oli kaasas liikmete nimekiri, iga liikme nime ees tema suhe ülikooliga (kas üliõpilane, vabakuulaja vm) ning nime järel elukohta aadress. Tähelepanu väärib asjaolu, et liikmete hulgas oli küllalt suur osakaal naistel, keda oli 16, ehk ligi 30% kogu arvust.



Agronoomia üliõpilased (*Stud. agr.*):

1. August Eslas
2. Karl Zolk
3. Arnold Buldas
4. Abel Käbin
5. Hans Käsebier
6. Gleb Jakobson
7. Martin Gross
8. Rudolf Tamm
9. Jaakob Weide
10. Leo Rosnikof
11. Richard Riisberg
12. Artur Laan
13. Johannes Okas
14. Liisa Martinson
15. Aino Reimann
16. Nikolai Jensen
17. Hermann Anderson
18. Elmar Liik
19. Johann Walfisch
20. Alfred Pless
21. Tõnis Kind
22. Gustav Abel
23. Johann Vitsut
24. Voldemar Piller
25. Paul Reim
26. Marta Pärtelpoeg

27. Ida Kama
28. Arnold Mägar
29. Nikolai Roosa
30. Lonni Eller
31. Voldemar Bachmann
32. Herbert Lamberg
33. Aleksander Lepikson
34. Heinrich Jakobson
35. Anete Suurkivi
36. Liisa Juut
37. Anna Rist
38. Elvine Klemkel
39. Anton Õun
40. Johann Lukats
41. Alfred Trubok
42. **Stud. rer. merc.**¹ Voldemar Tarto

Vabakuulajad:

43. August Miljan
44. Henni Valk
45. Salme Rebane
46. Marie Kohlap
47. Antoniina Kõrgesaar
48. Karl Veissberg
49. Reinhold Miller
50. Glafiira Jöks
51. Amanda Johanson
52. Elly Kurrik
53. Ellen Koppel
54. Linda Parts

alla kirjutanud: Akad. Põllum. Seltsi esimees K. Zolk, kirjatoimetaja A. Eslas

APSi asutamise käik

Enne põhikirja kinnitamist kuni 2. detsembrini 1920 peeti mitu juhatus- ja üldkoosolekut. Juhatus liikmed arutasid põhikirja **7. oktoobril 1920** peetud koosolekul **Holmi tn 12**, samas juba võeti vastu uusi liikmeid: August Eslas, Reinhold Miller, Arnold Buldas, Marie Kohlap, Abel Käbin, Gleb Jakobson (hiljem eestistas Peet Jaagupsaar, jäi Eestisse), Martin Gross, Rudolf Tamm, August Miljan, Tõnis Kind (Kint), Georg Abel, Nikolai Roosa jmt (TÜR KHO F 56, s 4, l 1). Aga põhikiri ei läinud kohe läbi. Ülikooli sekretär oli juhtinud tähelepanu asjaolule, et varem sellist põhikirja pole veel vastu võetud, mille järgi vabakuulajatel üliõpilastega ühesugune *õigus* on!

Ja seda, kas kõik formaalsused on täidetud, arutati uuesti järgmisel, samuti Holmi tn 12 peetud **juhatus koosolekul 12. novembril 1920** kella kaheksast poole kümneni õhtul, sellel koosolekul võetakse taas uusi liikmeid: Alexander Lepikson, Heinrich Jakobson, Anette Suurkivi, Johannes Lukats, Ellen Koppel, Voldemar Tarto jt. Edaspidi otsustatakse pidada juhatus koosolekuid kord nädalas igal reedel. Põhikirja arutati veelkord 16. novembri ja täiendavalt ka 26 novembri

juhatus koosolekutel, mis toimusid ikka Holmi tänav 12. Viimati mainitud koosoleku lõpul tegi Abel Käbin ettepaneku korraldada ekskursioon Vahi õppetalusse 3. detsembril, mis ka teoks sai (TÜR KHO F 56, s 4, l 2–6).

Lõpuks 28. novembril saadab seltsi esimees Karl Zolk APSi põhikirja ülikooli valitsusele palvega selts registreerida ja põhikiri kinnitada. Kirjaga on kaasas nimekiri, milles on 54 liiget

APS registreeriti 2. detsembril 1920

Mis kuupäeval asutati APS?

Asja teeb põnevamaks asjaolu, et oma tähtpäevi pidas APS sügisel novembris. Nii teatab 1930. aastal Postimees, et Akadeemiline Põllumajanduslik Selts pühitseb 16. novembril oma 10 a. kestvuspäeva, sel puhul on seltsi ruumides Suurturg 8 kl. 12 pidulik aktus. Ja 5. novembril 1935. aastal teatab Postimees, et täna saab Tartu Ülikooli juures tegutsevatest arvukatest akadeemilistest seltsidest silmapaistvaim Akadeemiline Põllumajanduslik Selts 15 aastat vanaks, loo juures on avaldatud juhatus liikmete pilt ja selgitus, et 15 aasta kestel on selts suutnud enese ümber koondada arvukalt mitme ala teadlasi, kõnelemata põllumajandusteaduskonna üliõpilastest, märgitakse, et alates 1927. a. ilmub ajakiri Taluperenaine, seltsi majas Peeeter Põllu tn 5 asub 4000 köiteline raaamatukogu, välja on antud hulk põllumajanduslikku kirjandust jne

APS asutati 1920. aasta sügisel, lühikese aja kestel, novembris, kuid APSi juriidiliseks asutamise kuupäevaks on 2. detsember 1920, mil ülikooli juures registreeriti selts ja kinnitati selle põhikiri (Karelson 1995: 248–256).

Seltsi eelarve 1920.–1921. aastal

APSi arhiivfondi säilikus 4 oleva protokoll nr 6 järgi toimus järjekordne juhatus koosolek 1921. aasta 11. veebruaril, algusega kella 8 õhtul, Üliõpilasmajas tuba nr 11 (TÜR KHO F 56, s 4, l 8–9). Päevakorras aruan-de ja eelarve kokkuseadmine.

1921. aasta I semestri eelarve võetakse vastu järgmisena:

Sissetulekuid: liikmemaks 1920. a 2000 mk., 1921. a. 5000 mk., toetussummad ja ettenägemata sissetulekud 18 000 mk., kokku sissetulekuid 25000 marka.

Väljaminekuid toimikondadele 18000 marka, majanduskuludeks 2000 ja muudeks kuludeks 5000, kokku 25000 marka.

Märgitud on, et eelarvesse võetud toetussummad loodetakse saada ülikooli valitsuse, omavalitsuste ja teiste ühistegevuslike asutuste poolt, kelle poole tulevased juhatus liikmed peavad pöörduma. Selle koosoleku lõpul teatab esimees Karl Zolk, et temal ei ole enam võimalik aja puudusel esimehe kohuseid täita. Samas arvatakse heaks ja peetakse soovitavaks, et Karl Zolk astuks läbirääkimistesse õppejõududest dotsent Peeter Kõpp'uga ja teeks temale sellekohase ettepaneku (TÜR KHO F 56, s 4, l 8 ja 8 prd.).

¹ studiosus rerum mercantilium, stud. rer. merc. - kaubandus-teaduse üliõpilane.

Muid küsimusi kirjavahetuses ülikooliga

APSi asutaja esimees on Karl Zolk

Ajalooarhiivis hoitav arhivaal (2100–19–74) APSi kirjavahetusest ülikooliga annab hea ülevaate APS-i suhtest ülikooli valitsusega.

APSi asutamine ja tegevus rajanes liikmeks olevate üliõpilaste ja õppejõudude ühisjõul, asutajaliikmeid oli 54. Aktiivselt osales APSi asutamisel juba üliõpilaspõlves õppejõuna töötanud Karl Zolk – uue nimega Kaarel Leius (1891–1969), hilisem rakenduszoologia õppetooli ning samanimelise katsejaama ja instituudi juhataja. Analoogilisi ühiste kutsetöö, huvi- ja erialade akadeemilisi seltse asutati Tartu Ülikooli juures aastatel 1920–1939 koguni 37. Nende liikmeskonda kuulus 1939. aastal 37% üliõpilastest, ka osa ülikooli õppejõude (Karelson 1995: 248–256).

Ka järgmine kiri annab ülikooli valitsusele teada, et APSi esimees on K. Zolk, abiesimees Abel Käbin ja kirjatoimetaja A. Eslas (EAA 2100–19–74, l 10). Tartu Ülikooli Valitsus oma kirjas 8.veebruaril 1921 heidab ette, et APSi liikmeteks on isikud, kellel põhikirja p. 4 alusel pole õigust tegevliikmed olla, sest see õigus on ainult üliõpilastel, mitte aga vabakuulajatel. APSi vastuskirjas 21. märtsist 1921 tähendatakse, et seltsi tegevliikmeteks on siiski vastu võetud ainult üliõpilased, kuna vabakuulajad toetajaliikmeiks on arvatud.



Foto 2. Kaarel Leius; 1891–1969, üliõpilasena Karl Zolk, hilisem rakenduszoologia õppetooli ning samanimelise katsejaama ja instituudi juhataja. Ajalooarhiivi foto

Kaarel Leius (Karl Johannes) Leius (Zolk), oli rakenduszoologia õpetaja 1921–1944 ning ühtlasi Raadi rakenduszoologia katsejaama juhataja, kelle juhendamisel kujunes nimetatud katsejaam tähtsaks taimekaitse keskuseks ja uurimiskohaks Eestis. Kaarel Leius sooritas suurel hulgal uurimusi taimekahjurite, nagu naerimardikas, oraseöölane, ürask, õunamähkur, metsakahjurite jm bioloogia ja tõrje selgitamiseks, avaldas õppevahendeid ja käsiraamatuid putukate tõrje kohta.

Karl Zolk kirjutab rektorile 10. augustil 1920 kirja palvega, milles tähendab, et ta astus Tartu Ülikooli 1913. aastal ja kuulus kuni 1916 sügiseni põlluteadust, kuid siis ilma- ja vabadussõda ei lasknud lõpetada haridusteed ja nüüd sõjaväest vaba olles soovib ta õpinguid jätkata põllumajandusteaduskonnas (EAA 2100–1–18877). 13. septembril 1922 palub Zolk end põllumajandusüliõpilasest maha võtta ja arvata matemaatika-, loodusteaduskonna zoologia üliõpilaseks. Avaldusele on samal päeval, 13. septembril 1922 peale kirjutatud dekaan A. Nõmmik: Üleminekuks takistusi ei ole.

Samas Karl Zolk'i ülikooli toimikus on Tartu Ülikooli tõend, mille järgi 8. augustil 1891 sündinud Karl Zolk on olnud Tartu Ülikooli matemaatika-lodusteaduskonna üliõpilane 1922.a. teisest semestrist kuni 24. märtsini 1927. Ülikooli astumisel on Zolk esitanud oma tunnistuse nr 940, 4. juunist 1913 Aleksandri I nimelise gümnaasiumi kursuse lõpetamise kohta.

APSi esimeheks valitakse õppejõud Peeter Kõpp

1921. aastast on APSi juhatuse esimees Peeter Kõpp, hilisem põllumajandusökonomika professor, kellele vastavalt 11. veebruaril 1921 juhatuse koosoleku otsusele, asuda esimehe kohale, tegi ettepaneku senine esimees Karl Zolk (TÜR KHO F 56, s 4, l 8 ja 8 prd.). Asi otsustatakse 15. veebruaril 1921 peetud APSi üldkoosolekul, protokoll nr 1, mille järgi koosolek toimus ülikooli põllumajandusteaduskonna kabinetis ja kestis õhtul kella veerand kaheksast kuni kella üheteistkümmeni. Koosolekul esines pikema ettekandega dotsent Peeter Kõpp teemal *Kõrgema põllumajandusliku hariduse küsimus Euroopa riikides*. Senise tegevuse aruande esitas August Eslas toonitades, et esimesed sammud on alati rasked. Aruande järgi 1921. aastal, eelmisel semestril, seltsi alustusest peale, on ära peetud 3 üldkoosolekut ja 6 juhatuse koosolekut pluss 2 ajutise juhatuse koosolekut. Eelnevast võib oletamisi järeldada, et kõiki koosolekuid ei protokollitud, kuna neid ei ole APSi arhiivis.



Foto 3. Peeter Kõpp (3.IV/22.III.1888 Kärstna v, Viljandimaa – 20. VIII 1960 Chicago, USA) õppejõud, hilisem põllumajandusökonomika professor, alates 1921 kuni 1944 APSi juhatuse esimees

Edasi kannab aruandja A. Eslas koosolekule ette, et 3. detsembril 1920 korraldas selts ekskursiooni Vahi põllutöökooli katsetallu, millest 30–40 üliõpilast osa võtsid ning õppejõududest osalesid härrad Johann Rüütel, kes andis tegelikku aiandust ja mesindust ning Anton Nõmmik, kes õpetas mullateadust ja agrokeemiat. Seltsil oli 56 liiget (TÜR KHO F 56, s 7, leht 1–3).

Eelmainitud koosolekul, 15. veebruaril 1921, valiti APSi esimeheks Peeter Kõpp, abiesimeheks Abel Käbin, kirjatoimetajaks August Eslas.

APS-i korraline kiri 28. septembrist 1921 annab ülikooli valitsusele teada, et 1921 II semestrist on juhatuse esimees dotsent Peeter Kõpp, abiesimeheks üliõpilane Abel Käbin, kirjatoimetajaks üliõpilane August Eslas, abikirjatoimetajaks üliõpilane Artur Trubok (aastast 1935 Tarmet, läks 1944 Rootsi) ja laekahoidjaks üliõpilane Martin Gross.

Revisjoni toimkonnas on Karl Zolk, Ants Käsebier ja August Buldas. Oskussõnade toimkonna juhataja on üliõpilane August Oja ja kirjatoimetaja üliõpilane Rudolf Tamm. Muuseumi toimkonna juhataja õpet. A. Lukksepp ja kirjatoimetaja üliõpilane P. Reim, metsaasjanduse toimkonnas juhataja üliõpilane P. Reim ja kirjatoimetaja üliõpilane S. Kelder. Seltsi asukohaks on dotsent Peeter Kõpp'i korter **Tiigi tn 31** krt 1. Juurde on lisatud liikmete nimekiri, milles on kirjas 62 tegevliiget.

Seltsi asukoht, liikmete arv, oma kirjalp, postkast ja telefon

Algul ilmselt ei olnud APSil kindlat asukohta. Kirjadest ülikooli valitsusele saame varaseima teate seltsi asukohast juba eelpool mainitud kirjas, mis saadeti välja 28. novembril 1920, alla kirjutatud seltsi esimees Karl Zolk, aadressiks **Kivi tn 20–2**. See ei saanud olla Zolk'i korter, kuna juuresolevas nimekirjas on Zolk'i nime järel tema aadressiks Peterburi t. nr. 73–1.

APSi kirjas 6. veebruarist 1921 teatatakse ülikooli valitsusele, et selts asub aadressil **Suurturg 8**, samas on kaasas liikmete nimekiri, milles on kirjas 106 liiget, kirjale on alla kirjutatud esimees P. Kõpp. Juba järgmisel päeval, 7. veebruaril 1921 saabub ülikooli valitsusele APSi kiri Nr. 1, milles teatatakse, et seltsi asukohaks on **Hetseli tän nr 1**, tuba 11. Kirjale on alla kirjutatud seltsi esimees K. Zolk ja kirjatoimetaja A. Eslas (EAA 2100–19–74, l 10).

APSi kiri 18. novembrist 1921 annab teada ülikooli valitsusele, et seltsi edaspidine aadress, kuni uue teatamiseni on Tartu **Väike Tähe tn 13** krt. 3 stud. agr. A. Eslas. Kirjas 8. veebruaril 1922 teatatakse, et APS-i esimees on dotsent P. Kõpp, abiesimees A. Käbin, kirjatoimetaja A. Eslas, abikirjatoimetaja A. Trubok, laekahoidja M. Gross ning seltsi asukoht on taas dotsent Peeter Kõpp'i korter **Tiigi tn 31 krt 1** ning samas lisas olevas nimekirjas on 71 liiget. APSi kirjas 26. veebruarist 1922 teatatakse rektorile, et APS-i 15. veebruaril toimunud aastakoosolekul valiti endiselt esimeheks dotsent Peeter Kõpp, abiesimeheks üliõpilane Nikolai Roosa, kirjatoimetajaks Aksel Mälson (aastast 1922 Mägiste, 1900–1950, Kanada), abikirjatoimetajaks üliõpilane Hans

(Ants) Käsebier ja laekahoidjaks üliõpilane Jakob Kükamees.

Teise semestri, 16. oktoobri 1923 kirjas teatatakse, et APSi esimees on Peeter Kõpp, abiesimees üliõpilane Nikolai Roosa, kirjatoimetaja Elmar Roger, abikirjatoimetaja Jaan Viilip ja laekahoidja dotsent Nikolai Rootsi. Edaspidistes aruandekirjades on samuti lisatud enamasti liikmete nimekiri, milles nende arv järjest suureneb.

Nii oli 1924. a. esimese semestri seisuga APSil 143 liiget, 1925 I semestri seisuga oli nimekirjas 182 liiget, 1925. aasta II semestril oli juba 237 liiget. Abiesimeheks valiti Elmar Roger ja Heinrich Västriku, laekahoidjaks dotsent Nikolai Rootsi ning abilaekahoidjaks üliõpilane Artur Vask, sekretär oli Aksel Mägiste, abikirjatoimetajad Johanes Pullerits, Johannes Wellbaum, ametita juhatuse liikmeteks on märgitud dotsent Leo Rinne ja agronoom Jaan Mets. Seltsi korter asub Tartus **Suurturg 8**. Tartu oktoober 1925, alla kirjutatud Johannes Pullerits.

Oma kirjaga oktoobris 1926 teatab APS ülikooli valitsusele liikmete arvuks 291 (EAA 2100–19–74, l 75), sügissemestril 1927 on liikmeid 322, oktoobris 1928 on 449 liiget ning I semestril 1929 on liikmete arvuks märgitud 396. Teise semestri 1931 aruandes ülikooli valitsusele märgitakse liikmete arvuks 295, 1933. aastal 220 liiget. Hiljem ongi liikmete arv 250 ringis (1937. aastal on 235, 1938 262 jne.)

Meinhard Karelsoni järgi APSi liikmete arv sõltus agronoomiat õppivate üliõpilaste arvust, see aga omakorda vabariigi põllumajanduse majanduslikust olukorrast. Ülemaailmse majanduskriisi tagajärjel asus näiteks 1933. aasta sügisel agronoomiat õppima ainult 13 uut üliõpilast. APSil oli liikmeid kõige rohkem 1928. aastal – 449, 1939. aastal oli neid 295 (Karelson 1995: 248).

Alates kirjast 19. veebruarist 1926 on APSil oma kirjalp ja telefon nr 9–37. Kirjale on alla kirjutatud abikirjatoimetaja Johannes Wellbaum (EAA 2100–19–74, l 49). APSi kirjas TÜ Valitsusele **1933** teatatakse, et APS asub uutes ruumides **Peeter Põllu 5**, telefon 9–37, postkast 126.

Teaduslikud toimkonnad, õppe-ekskursioonid, kursused

Kohe APSi asutamisel moodustati seltsi juurde toimkondi mitmete põllumajandusalade, sealhulgas põllumajandusteaduse oluliste või koguni valuliste küsimuste lahendamiseks. Riigis oli alanud ja käimas tõsine talumajanduse ülesehitustöö. Nii näiteks APSi kirjas 12. IV 1921 palutakse ülikooli valitsuselt luba pidada 12. aprillil 1921 kl 9 õhtul Aia tn 38a Geodeesia kabinetis metsamajanduse toimkonna asutamise koosolek. Kirjale on alla kirjutatud esimehe eest Martin Gross.

Oskussõnade loomisele pühenduti erilise huviga: juba ühel esimesel APSi juhatuse koosolekul 7. novembril 1920 võeti vastu otsus moodustada ja koostada oskussõnade nimestikke.

Oskussõnade toimkonna tegevusest

Sada aastat tagasi oli põllumajandussõnavara ebaühtlane. Erialakeel muutus kiiresti ja täienes pidevalt, eriti enne Esimest maailmasõda ja kohe pärast seda. Eri autorid kasutasid sama mõtte väljendamiseks erinevaid sõnu, olenevalt, kes kus ja miskeelse maa koolis õppinud oli. Üldiselt kujunes eesti põllumajandussõnavara tugevasti saksa keele järgi, segunedes või omades tugevamalt soome, varem ka rootsi, vähemal määral vene mõju, hiljem nõukogude ajal muidugi oli vene keele mõju rohkem.

Tõsiselt võeti arutusele ja hakati korrastama põllumajandusteaduslikku sõnavara 1920. aastal Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi ja Eesti Agronoomide Seltsi poolt ajakirjas Agronoomia. Selleks moodustati APSi juurde oskussõnade toimkond. Suurelt osalt võeti aluseks saksakeelne sõnavara. Oskussõnade ühtlustumise alal tegutseti samuti Eesti Agronoomide Seltsis (Joandi 2007: 110–111).

Oskussõnade loomist peeti nii tähtsaks, et juba ühel esimesel APSi juhatause koosolekul 7. oktoobril 1920 tehti kohuseks juhatause liikmele Marie Kohlapile innustada vanema kursuse üliõpilasi, et need *ees-õõmeeskonnas* sooviksid töötada, kokku seada oskussõnade nimesikke. Ja juba juhatause koosolekul 12. novembril kinnitati oskussõnade toimkond ja otsustati luba küsida selle esimene koosolek ära pidada 16. novembril 1920. Juhatause liikmetele tehti kohuseks, et nood ärgitaksid mõtet korraldada referaate ja pidada kõnekoosolekuid, millest juhatausele teatataks, et oleks võimalik muretseda lubasid ja ruume (TÜR KHO F 56, s 4, 1 1–2.).

APSi juurde moodustatud oskussõnade toimkond võttis asja tegelikult arutusele ja alustas tööd 1921. aasta esimesel ehk sügissemestril, millest ajakirjas Agronoomia kirjutab APSi oskussõnade toimkonna nimel August Oja. Oja järgi lähtus toimkond põhimõttest, et *ei tule mitte tarvitusele võtta liiga palju võõrakeelseid sõnu, eriti aga seal, kus võimalik oleks oma kohast eestipärasemat sõna leida* (Oja 1923: 194–195).

Nagu eelnimetatud artiklis 1923. aastal Oja märgib, olid komisjoni töös alalisteks liikmeteks dotsent Peeter Kõpp ja lektor Johannes Voldemar Veski ning üliõpilane August Oja. Vähemal määral osalesid toimkonna töös professor Kaarlo Teräsvuori, dotsent Anton Nõmmik ja üliõpilased A. Eslas, N. Roosa, Einberg, Sild ja mitmed teised. Samas Oja lisab, et toimkond on töötanud teatavate vaheegadega ligi 2 aastat, läbi oli arutatud umbes 350 mõistet kahekordsel lugemisel. Samas 1923. aasta Agronoomia numbris avaldatakse see osa majandusteaduse sõnu, mis toimkond ülevõtähendatud 31 töökoosolekul on suutnud kahekordsel läbiarutamisel kindlaks määrata ja vastu võtta. Samas palutakse lugejatel saata arvamusi, ettepanekuid oskussõnade toimkonna aadressile Tartu Suurturg 8, II korrus.

Kümme aastat hiljem 1933. a. avaldatakse Postimehe lühiteates, et APSi juures töötab juba selle alguspäevist alates oskussõnade toimkond, ilmunud on rida uusi oskussõnastikke põllumajapidamise, aianduse, sordiaretuse, taimekaitse alalt, ilmumas on loomakasvatuse eksterjöörõpetuse käsiraamat ja põllumehe käsiraamat, võrdlemisi lühikese aja kestel on ilmunud käsiraamatuid mahuga 2000 lehekülge. Samas tähendatakse, et üle viie

aasta tagasi ilmunud raamatud tunduvad nüüd keele poolest üsna kohmakatena (10.000 ... oskussõna 1933).

Arnold Kivimäe, sel ajal veel Steinberg, märgib, et tema astus APSi liikmeks 1926. aastal, olles tegev oskussõnade, ekskursiooni, kõnede jt toimkondades ning kuuludes pikemat aega ka APSi juhatusse. Kivimäe rõhutab: *APS oli põllumajanduse üliõpilastele "teine kodu," airates mitmeti kaasa nende arenemisele ja isetegevusele...* (Kivimäe 1983: 8).

Oskussõnade toimkonna sekretärina pidi Kivimäe välja valima uusi sõnu ja nende sisu kontrollima eriala kirjanduse järgi, toimkonna istungid toimusid igal nädalal ja neist võttis osa J. V. Veski ja ülikooli vastava ala õppejõud ning vahest ka üliõpilased. Ilmunud oli valik oskussõnu loomade söötmise alalt, ca 1300 ja aretuse alalt ca 1700 ning koduloomade eksterjöörü alalt ca 2000 sõna, seega kokku ca 5000 uut erialast oskussõna.

Enne 1940. aastat ilmunud trükiseid oskussõnade kohta

Enne 1940. aastat käis üsnagi vilgas tegevus muude erialade kõrval ka uute põllumajanduslike oskussõnade väljatöötamisel, mille loomisega tegelesid veel Akadeemiline Loomaarstiteaduslik Selts, Akadeemiline Ühis-tegevuse Selts jmt.

Tähelepanu vääriv on, et võimalikult kiiresti avaldati oma tööd trükis, et neid saaks hinnata avalikult ja sobivuse korral ruttu kasutusele võtta. Oskussõnu loodi ka pärast sõda, nõukogude korra ajal. Siinkohal toome valiku enne 1940. aastat ilmunuist.

1. Põllumajanduslikud oskussõnad. I, Maaviljusedulundusteaduse oskussõnad. [Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi Oskussõnade Toimkond. eessõna: Aug. Oja] Tartu 1923, lk 193–200.
2. Põllumajanduslikud oskussõnad. II, Sordiarenduse oskussõnad. [Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi Oskussõnade Toimkond.] Tartu 1924.
3. Metsanduslikud oskussõnad. Tallinn 1925. 24 lk.
4. Põllumajanduslikud oskussõnad. III, Aianduse oskussõnad. [Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi Oskussõnade Toimkond.] Tartu 1926.
5. Valik oskussõnu loomade söötmise alalt. [Loomakasvatuse oskussõnade toimkond; toimetajad: J. V. Veski jt., eessõna: J. Mägi.] Tartu 1930.
6. Loomaarstiteaduslised oskussõnu. Koostatud APS'i oskussõnade toimkonna poolt, trükki toimetanud J. Karlson (1936 Johannes Kaarde) Tartu: Akadeemiline Loomaarstiteaduslik Selts 1931.
7. Valimik ühistulise oskussõnu. Tartu: Akadeemiline Ühistegevuse Selts 1936
8. Loomade eksterjöörü kirjeldus erimärkide ("steno-graafia") abil J. Mägi [S.I. 1930].
9. Valik oskussõnu loomade aretuse alalt / [Loomakasvatuse oskussõnade toimkond; toimetajad: J. V. Veski jt.; eessõna: J. Mägi] Tartu, 1932.
10. Taimekaitse oskussõnu = Fachausdrücke aus dem Gebiete des Pflanzenschutzes. [Koostanud A. Käsebier, E. Lepik, J. V. Veski ... [jt.] Tartu 1932.

Traktoristide kursus

APSi kirjas 6. aprillil 1923 palub esimees Peeter Kõpp luba korraldada Aia 38a toas nr 37 igal esmaspäeval, teisipäeval, neljapäeval ja reedel kella kolmest kuueni peale lõunat traktori kursus, mis kestaks 9. aprillist 28. aprillini, sealjuures võtab APS kõik kulud, nagu valgustus, küte oma kanda. Kirjale on peale kirjutatud 7. aprillil 1923 A. Rammul – Takistus minu poolt pole.

Suvepäev, 30. juunil 1929, Raadil

Kirjas rektorile 6. juunil 1929 palub APSi suvepäeva toimkonna nimel Arnold Steinberg (Kivimäe) luba korraldada traditsiooniline suvepäev 30. juunil Raadi pargis, kohas, mis asub Eesti Rahva Muuseumi ja viinavabriku vahelisel alal, järve kaldal, ühtlasi palutakse korraldajatele anda luba takistada võõraste liikumist nimetatud pargi osas suvepäevade toimumise ajal.

Ülikooli valitsus on asja arutanud ja otsustanud, et eriõigusi APSile pargi tarvitamiseks anda ei saa (EAA 2100–19–74, I 121). Ürituse korraldamise keeldu pole. 1932. a. suvel korraldati APSi liikmetele ekskursioon Valga-, Viljandi- ja Pärnumaa taludesse prof P. Kõpu korraldusel, osavõtjaid oli 27 (EAA 2100–19–74, I 156.)

Õppe-ekskursioonist Soome, juunis 1932

APSi kirjas TÜ Valitsusele 1932 teatatakse ekskursioonist Soome 16–27. juunini 1932. Külastatakse Soome katsejaamu, keskkühisust “Hankkija” ja “Valio” meiereid ja piimatööstusettevõtteid, asutusi, Lõuna-Soomes külustatakse väike- ja suurtalundeid. Ekskursiooni juhib professor Peeter Kõpp, osavõtjaid 25–30. Ülikoolilt palutakse iga isiku kohta 70–75 krooni vahetusraha. Tartu Ülikooli Põllumajandus-teaduskond arutab avaldust 25. mail 1932, see on protokoll nr 13 punkt 2 all läbi vaadatud ja leitud, et õppereis Soome on soovitatav ja toetab valuuta andmist ekskursantidele. Alla on kirjutatud dekaani eest professor Jaan Mägi (EAA 2100–19–74, I 172.).

Millised toimkonnad tegutsesid 1933. aastal

Võib märkida, et 1933. aastaks oli APS välja kujunenud ja jõudnud nii öelda täisikka oma tegutsemisaladel. Sama aasta aruande järgi tegutsesid järgmised toimkonnad:

1. Raamatukogu toimkond: juhataja stud agr. Meinhard Johannes
 2. Kodumajanduse toimkond: juhataja agr. Benita Eljas
 3. Ühispere toimkond: juhataja stud. agr. August Miljan
 4. Oskussõnade toimkond: juhataja stud agr. Albert Irs
 5. Kõnede ja arvustuste toimkond: juhataja stud agr. August Miljan
 6. Ajakirjanduse toimkond: juhataja dipl. agr. Arnold Steinberg,
- Raadio toimkond: juhataja Karl Zolk.

APSi juhtkond 1933. aastal

Ülikooli valitsusele antud aruande järgi oli 1933. aastal APSi juhtkond järgmine:

Esimees Peeter Kõpp

I abiesimees agronoom Arnold Steinberg (Kivimäe),

II abiesimees dipl. agronoom Joosep Nõu

Kirjatoimetaja st. agr. Elmar Gerberson (Järvesoo)

I abikirjatoimetaja dipl. agr. Hans Nurk

II abikirjatoimetaja dipl. agr. Johannes Sumberg

laekur dots. dr. Martin Gross

abilaekur st. agr. Richard Tomson (Toomre)

Majaisa stud. agr. Endel Neuman

ametita juhatusel liige prof. Leo Rinne, agr. Liis Käbin ja

dipl. agr. Alfred Truu ning Elmar Roger.

Revisjoni toimkonnas agr. Nikolai Roosa, stud. agr.

Vaarlam Umal ja dipl. agr. Johannes Hindrikson (EAA 2100–19–74, I 191prd.).

APSi juhtkond kevadel 1940

APSi aastakoosolekul 10. aprilli 1940, märgiti APSi liikmeid olnud 1939. aastal kokku 295, kusjuures aasta jooksul võeti juurde 22 uut liiget.

Koosolekul valiti esimeheks, seekord 1940-ndaks aastaks, endiselt kauaaegne esimees P. Kõpp, laekuriks prof. M. Järvik ja sekretäriks üliõpilane E. Kuris ning juhatusse veel esimene abiesimees mag. L. Yllo, teine abiesimees üliõpilane J. Haljasmaa, abisekretärid üliõpilased Aino Kaldmäe ja H. Mandel, abiulaekur agronoom O. Aule, majaisaks üliõpilane J. Saaremaa, ametita juhatusel liikmeteks prof. L. Rinne, prof. E. Lepik, prof. P. Rubel, mag. H. Sutter ja üliõpilane E. Toiger. Revisjonikomisjoni valiti mag. A. Kivilaan, agr. K. Liivjõe ja üliõpilane A. Loit (Postimees 13. aprill 1940 lk. 6).

APSi tegevus varemotel

Nõukogude okupatsioon 1940

Kuigi arhiivisäilikus leidub märke, et APSi tegevust ei lõpetatud *enamliku režiimi tulekuga* sõja eel 1940. aastal, siiski pärsiti APSi tegevus täielikult, nimelt toimus muudatus juhatusel koosseisus. Kui enne oli alates 1921. aastast olnud esimees prof. Peeter Kõpp, siis nüüd määrati prof. Peeter Rubel (1905–1941) (EAA 2100–19–74, I 285). Samas palju kahju tegi seltsi varade laiali vedamine, mida võime lugeda Peeter Kõpu käega kirjutatud tähendusest Ülikooli valitsusele 19. novembril 1942 saadetud kirja allserval (EAA 2100–19–74, I 285. I 263).

Kirja allservas on esimees Peeter Kõpu pikem märged:

Enamliku režiimi tulekuga natsionaliseeriti esiti parema väärtusega varandus, nagu tammepuu ja nahkmööbel,apid ja vitriinid, suurem rahasumma (30.000 kr), rahvariiete ja mudelite kogud, mis kõik viidi Tallinnasse ja Moskvasse. Peale selle natsionaliseeriti kõik seltsi oma kirjandus umbes 80000 kr. väärtuses, Seltsi käest võeti 11 toaline korter (Peeter Põllu t. 5).

Selts muutus partei propaganda asukohaks uues vaimus ühes uue esimehega, seltsile jäeti vaid ostetud teaduslik raamatukogu, natuke kantselei seadeldist ja umbes 50 tooli ühes lihtsamate kappide ja laudadega, mis praegusel juhul asuvad osalt seltsi ruumis Lai t 34 ja osalt ülikooli instituutides kasutamisel.

Saksa okupatsioon 1941

Aasta lõpul 1941 määrati APSile ülikooli poolt rahaline toetus. Rektori sekretär teatab 10. detsembril 1941, et

vastavalt APS-i poolsele palvele, on seltsile määratud veerandaastaseks toetuseks 450 riigimarka ning juhib tähelepanu asjole, et seltsi teenistuses olevatele isikutele tuleb Tartu välikomandandi määruse kohaselt maksta juurde elukalliduslisa RM. 24.- kuus ja aruanne eelarve täitmise kohta tuleb esitada rekorile 1. veebruariks 1942. Kevadel 1942 määrati APSile hooldaja, tegevus seiskus.

Rektor Edgar Kant saadab kirja 7. mail 1942, millega APSile määratakse hooldaja, sellega seltsi tegevus peatatakse. Kirjas teatakse, et vastavalt Haridusdirektori abi otsusele 19. veebruaril 1942 määrab rektor APSi hooldajaks härra professor dr. P. Köpp'i ja hooldaja abiks härra mag. agr. Hugo Sutteri arvates 5. maist 1942. Tähendatakse, et hooldaja ülesandeks on seltsi jooksvate asjade ajamine ja seltsi varade eest hoolitsemine. Ühtlasi teatab rektor samas kirjas, et seoses hooldaja määramisega lõpevad Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi esimehe, juhatuse jt kollektiivsete organite funktsioonid (EAA 2100–19–74, l 263).

APSi tegevus 1942. aasta esimesel poolel

Keset suve 18. juulil 1942 kirjutab APSi hooldaja professor Peeter Köpp rektorile seltsi tegevuse aruande 30. jaanuarist kuni 15. juulini. Seltsi asjaajajaks määrasin vanema kursuse üliõpilase Juta Simm'i palgaga 100 RM kuus. Ruumide koristajana ka varem töötanud M. Ratnik saab 45 RM kuus. Asjaajaja ülesanne on: raamatukogu korraldamine, bibliografeerimine, laenutamine, seltsi varade järele valvamine jm jooksvad asjad.

Tegevuse aruanne:

1. Seltsi Tartus olevate varade inventeerimine, hindamine, raamatusse kandmine.
2. Lugemislaua korraldamine, tellitud olid tähtsamad kohalikud ajalehed, põllumajanduslikud ajakirjad ning Saksamaalt 10 põllumajanduslikku ajakirja.
3. Jätkus kirjanduse bibliografeerimine
4. Õiendati seltsi arveid teiste isikute ja asutustega.
5. Peeti 5 oskussõnade koosolekut, kus töötati läbi umbes 200 uut mõistet.
6. Välja jagati 5 mitmesugust uurimisteemat, ühele "Eesti põllumajandus 18. sajandil" on 4 trükipoogna osas käsikiri esitatud, ligemal ajal on oodata uurimust "Külmakindlate ploomi-, kirsi- ja pirnipuude esinemine Eestis." (EAA 2100 – 19 – 74, l 261 ja pöördel).

Rahaline seis suvel 1942

Samas eelmainitud aruandekirjas annab esimees prof. P. Köpp ülevaate seltsi rahalisest olukorrast, märkides lühidalt, et Tartu Ülikooli poolt antud summast, 700 riigimargast, on 664,82 kulutatud palkadeks ja ajalehete, ajakirjade ostmiseks ning muudeks väiksemateks kulutusteks, seega on järel 35,18 riigimarka (EAA 2100–19–74, l 261 ja pöördel).

APSi palub rektorilt küttepuid

APSi arhiivifondi säilikus nr 10 on Peeter Köpu poolt viimane tema omakäeline kiri-aruanne saadetud ülikooli valitsusele 14. oktoobril 1942, milles ta teatab, et APSi viimase kolme kuu aruande järgi on väike raha ülejääk 243,93 riigimarga ulatuses tingitud sellest, et Saksa-

maalt tellitud raamatute eest on tasumata, kuna arve pole saabunud. Teiseks palub Köpp rektori nõusolekut, saada ülikoolilt APSile kuuluva kolme küttekolde ja vesivarustusega ruumide kütteks 10 m³ puid.

APSilt, sel korral asukohaga Tartu **Lai tn 34**, saabub ülikooli sekretärile kiri 20. novembril 1942. Kirjas teatakse, et APS ei ole registreeritud Teaduste Akadeemia vaid kogu aeg ülikooli juures ning on registreeritud ka Siseministeriumis (Sisedirektooriumis). Samas märgitakse, et APS-i tegevust ei katkestatud, ega lõpetatud enamliku reziimi tulekuga, küll aga toimus juhatuse koosseisus järgmine muudatus: esimees: varem prof. P. Köpp, asemele P. Rubel jne (EAA 2100 – 19 – 74, l 285).

Viimane koosolek 1944

Üldkoosolek 1. veebruaril 1944. APSi arhiivifondis oleva üldkoosolekute protokolliraamatu järgi toimus viimane üldkoosolek 1944. aasta 1. veebruaril Tartus Lai tn. 34, kella veerand üheksast kella kümneni õhtul.

Päevakorras oli: Koosoleku avamine ja rakendamine, informatsioon 1941, 1942, 1943. a. tegevusest, eelarve ja tegevuskava 1944, valimised, kohalalगतatud küsimused.

Esimees professor Peeter Köpp selgitas: **Praegune tegevus toimub APSi varemetel.** APSi mitmekülgne tegevus katkes punaste võimuletulekuga, kirjastus likvideeriti, laod ja kassad võeti üle, tegevusse tulid uued isikud. Nüüd on ülikooli valitsuse poolt tegevuse jätkamiseks luba saadud, täna õhtul kell 18 kinnitati uus põhikiri, suurem muudatus on, et liikmeskond jaguneb: **tegevliikmed**, kelleks on ülikooli lõpetanud, teaduslikult silmapaistnud isikud, siis **lihtliikmed** on üliõpilased jt ning **kirjavahetaja liikmed** ja **auliikmed**. Edasi märgib esimees Köpp, et tegevuskava on erakordsete aegade tõttu väga raske kindlaks määrata, ta näeb ette kõnekoosolekute pidamist, teadusliku kirjanduse (brošüürid) ja ajakirja Agronoomia väljaandmise jätkamist, sidemeid teiste akadeemiliste seltsidega sise- ja välismaal, näiteks ka ühistegevuse osakonna loomist jm. Eelarve osas, nagu esimees Köpp koosolekul sõnavõttu märgib, on samuti olukord ebamäärane ja raske midagi kindlat ette näha.

Viimane APSi juhtkond kevadel 1944

Samal üldkoosolekul 1. veebruaril 1944 oli ette nähtud valida uue põhikirja järgi vähemalt viieliikmeline juhatust. Professor Leo Rinne teeb ettepaneku valida juhatus 7-liikmeline, kellest 2 on ametita ja nendele 3 asemikku, revisjoni komisjon aga kolmeliikmeline, kahe asemikuga.

Nii valitakse ühel häälel: Juhatus esimees Peeter Köpp, abiesimees prof. Leo Rinne, sekretär mag. Hugo Sutter, abisekretär assistent E. Kalder, laekur professor Mart Järvik, ametita liikmed professor Kaarel Liidak ja August Muuga. Asemikud V. Teeäär, agronoom Helmut Neerut, agr. Aleksander Kivilaan (kuni 1935 Arnold Kontson).

Revisjoni komisjoni valiti magister A. Kivilaan, agronoom K. Liivjõe. agr. J. Taubel ning asemikud neile agr. K. Nagel ja agr. A. Ennevere (TÜR KHO F 56, s10, l 168–169).

APSi sõjajärgse tegevuse kohta ei õnnestunud leida arhiividokumente.

M. Karelson: APSi tegevus ja tegevusetus okupatsiooniaastatel

Nõukogude võimu kehtestamisel 1940–1941 sai APSi juhatuse esimeheks ülikooli uuele juhtkonnale sobiv adjunktprofessor Peeter Rubel (1905–1941). APSi tegevust 1942–1944 juhtis juhatuse abiesimees agronoomiamagister Leonid Yllo, kelle algatusel esitati APSi taotlus tegevuse jätkamiseks ülikooli rektorile professor Edgar Kant'ile 10. jaanuaril 1942, kes omakorda taotles selleks luba Tartu Gebietskomissarilt (Kurt Mee- nen). Vastus jäi saamata.

Veel taotles ülikooli rektor E. Kant luba 12 akadeemilise seltsi tegevuse jätkamiseks kirjalikult Tartu prefektilt 30. juulil ja Tartu Gebietskomissarilt 31. juulil 1943.

Veebruaris 1944 ajakirja "Põllumajandus" numbris 2/3 kirjutati, et APS alustas uuesti tööd, olles uutele alustele vastavalt kujunenud puhtteaduslikuks seltsiks. Märgitakse, et APS jätkab uurimistööd ning ühtlasi töötab välja uurimiste teemad õppejõududele ja assistentidele.

Pool aastat hiljem muutus aga taas riigikord. Aasta pärast nõukogude võimu taaskehtestamist 27. detsembril 1945 kirjutab Postimees APSi kohta: APSi sihiks on võimaldada oma liikmeil saada põllumajanduslikes küsimustes täielikumad ülevaadet, uurida igakülgselt ENSV põllumajandust ja tema arenemist, edendada põllumajanduslikku teadust ja haridust ning kaasa aidata ENSV põllumajandusliku kultuuri taseme tõstmiseks. Agrotehnika arendamine tuleb suunata Darwini õpetuse rööbastesse. Meie põllumajandusteadus peab omastama nõukogude darvinistide – Mišurini ja Lössenko koolkonna saavutused."

Artikli lõpus selgub, et selle kirjutajaks oli August Marland, järjekordselt uus APSi juhatuse esimees, hilisem TRÜ ja EPA fütopatoloogia professor, Venemaalt saabunud õppejõud. Artiklis teatab A. Marland, et toimub APSi liikmete registreerimine ja uute liikmete vastuvõtmine (Lai t. 34).

APSi saatust võib välja lugeda aasta hiljem 26. augustil 1946 Postimehes avaldatud kõlava pealkirjaga artiklist "Tartu Riikliku Ülikooli saavutusi kahe vabadusaasta kestel". Selles kirjutatakse:

"Üliõpilaste hulgas töötasid mitmed teaduslikud huviringid, nagu põllumajandusliku teadusliku uurimise ring, keemiaring, farmaatsiaring ... ligi 60 poliitringi, kus käsitleti aktuaalseid poliitilisi teemasid."

Aastatel 1940–1946, analoogselt APSiga, tabas sama saatust ka teisi Tartu Ülikooli üliõpilaste ja õppejõudude organisatsioone. Algas Üliõpilaste Teadusliku Ühingu (ÜTÜ) tegevusperiood, millega okupatsiooni tingimustes jätkati üsnagi edukalt või vähemalt rahuldavalt noorema põlvkonna teaduskaadri ettevalmistamist.

Kes on süüdi?

APS vahetati välja 1945. aasta sügisel Üliõpilaste Teadusliku Ühingu vastu, millega APSi tegevus sumbus ja vaibus päriselt ning mida kokkuvõttes võib ajada punaste valitsuse süüks, aga kas oli seegi üks, üle maa käis veel sõjaaegne saksa okupatsioon, mis samuti tugevasti pärssis tegevust.

Lühidalt, aga tabavalt on okupatsioonide aegset põllumajanduse olukorda meenutanud loomakasvatustege- lane ja teadlane Arnold Kivimäe (1908–1988) oma 1983. aastal Uppsalas ilmunud raamatus, autobiograa- fias (Kivimäe, Arnold 1983: 14–16).

Kivimäe järgi: *Rahvas lootis üldiselt Eesti iseseisvuse taastamist, milleks andis põhjust elav metsavendade tegevus ja nende koostöö saksa sõjaväega. Hingati kergendatult, otsiti küüditamise ajal metsa põgenenud inimesi ja sõja eest samasse varjule aetud loomi. Paar päeva pärast Tallinna vallutamist saksa vägede poolt, selle tänavad ja pargid kubisesid sinna kokkuaetud veis- test ja hobustest, Nõmme ümbruse metsad Raku farmist lahti lastud hõbe- ja sinirebastest. Arnold Kivimäed süüdistati mõni aeg hiljem selle eest, et nad olid loomad omanikele tagastanud, seega saksa sõjasaagi (Kriegsbeute) omandanud ja ta lubati maha lasta. Asja lahendas Wi-Komandi juhataja Hunnius, endine Habaja mõisa omanik, kes tundis olukorda* (Kivimäe, Arnold 1983: 15).

Saksa okupatsioonivõimud ei tahtnud asutusi ministeeriumi nimega, seepärast moodustati Põllumajanduse Keskvalitsus, juhatajad olid agronoomid, alul Hans Saar, hiljem Heino Leik. Taastati enne nõukogudeaeg- seid tõuseltse ja kontrollühinguid. Peamiseks tegevus- alaks oli segiaetud talude ja nende karjade taastamine, sest bolševistlik maareform oli tühistatud.

Generalkomisariat Estland alustas tegevust 1941. aasta detsembris, millega seoses algasid mitmesugused raskused. Nimelt nende natsionaalsotsialistliku tõlgen- duse kohaselt arvati kõik Nõukogude Liidule kuulunud varad, ka maa ja talud, sõjasaagina Saksa riigile kuulu- vaks.

Arnold Kivimäele meenub Kirepis Enno talu õuel 1942 peetud kõnelus, kus üks kindralkomisariaadi esi- ndaja ja üks Berliini "Sonderführer" (eriülemus – A.J.) seletasid, et Enno talu tuleb kohe üle anda sakslaste asutusele Landbewirtschaftungsgesellschaft Ostland (LO), kuna talu omanik agronoom Endel Haljasmaa perekonnaga oli küüditatud. Samas, küüditamisest pää- senud taluomaniku vend Juhan Haljasmaa aga dekla- reeris, et ainult üle tema laiba võivad sakslased talu ära võtta. Kivimäe tõlkis selle üteluse "Sonderführerile," kelle nägu läinud seda kuuldes mustaks, kuid sellele ei järgnenud ei arreteerimist ega küüditamist ning Kivi- mäe leiab, et "selles õieti seisneski vahe bolševistliku ja natsionalistliku okupatsiooni vahel." (Kivimäe, Arnold 1983: 15).



Foto 4. Arnold Kivimäe (1908–1988)

Arnold Kivimäe märgib, et Saksa võimudega tuli ette tülisid üsna omapärasel pinnal. Näiteks 1943. aastal tuli käsk: kõik Bretoni päritolu riigisugutätkud Tori hobusekasvanduses kohe kastreerida, sest see olla lubamatu tõugude segamine (“Rassenschande”), kui külma-vereliste täkkudega paaritatakse soojaverelisi märke. See aktsioon suudeti suure vaevaga nurjata (Kivimäe, Arnold 1983: 16).

Pikemaks tüliõunaks, nagu märgib Kivimäe, oli Piistaoja talu hollandi-früisitõugu kari, mis kuulus Theodor Poolile, kes aga kogu perega küüditati Siberisse nädal enne sõja algust. Piistaoja oli antud hooldamisele Kuusiku katseinstituudile. Sakslaste LO tahtis seda talu korduvalt üle võtta ja isegi karja ära vedada. Neid aktsioone aitas tollaegne majandusdirektor dr. Vent (Vendt!) t nurjata.

Professor Peeter Kõpp meenutustes

Peeter Kõpp (3.IV/22.III.1888 Kärstna v, Viljandimaa – 20. VIII 1960 Chicago, USA), metsavahi poeg, sündis Kärstna vallas Viljandimaal, õppis 1904–1907 Viljandi linnakoolis, sooritas 1907 Peterburis linnakooli õpetaja kutseksami, seejärel oli Viljandis ja Otepääl kooliõpetaja. Omandas eksternina Moskvas gümnaasiumi küpsustunnistuse. Õppis 1912–14 Königsbergi Ülikoolis põllumajanduse ökonomikat. Töötas õpetajana 1914–1919 Viljandimaal Kõos Eesti Aleksandrikooli Alam-põllutöökoolis. Alates 1919 Tartu Ülikooli põllumajandusteaduskonna esimene dekaan, olles valitud sellele kohale kuni 1940. aastani kolmel korral.

Peeter Kõpp oli APSi asutaja ja esimees kogu iseisvusajal, alates 1921 ja veel ka 1944. aastal, mil ta põgenes Saksamaale, kus töötas 1945–46 Geislingeni eesti gümnaasiumi õpetajana, oli samas Eesti Põllumeeste Seltsi ja Eesti Agronoomide Koondise esimees. 1950 siirdus USAsse Chicagosse, kus töötas põllumajanduse raamatupidamise alal.

Kodumaal oli Peeter Kõpp tegev Ühistegelise Liidu ja Konjunktuuriinstituudi põllumajandussektsiooni esimehena, Põllutöökoja, Riigi Majandusnõukogu ja Rooma Rahvusvahelise Põllumajandusinstituudi tegvliik-

mena jm. Peeter Kõpp organiseeris ka ajakirja Talupe-renaine väljaandmise, pani käima oskussõnade loomise, oli Põllumajandusliku entsüklopeedia toimetuse liige jm.

1940. aasta kevadel valiti Peeter Kõpp APSi esimeheks ja ainsaks auliikmeks kuni 1991. aastani.

Peeter Kõpu soovitajaks oli Aleksander Lukksepp

Aleksander Lukksepp (5.01.1876–5.02.1960 Tartu) lõpetas Tartu Ülikooli agronoomina 1913. aastal ja töötas samas ülikooli juures aastatel 1919–1950 põllutööriistade ja masinate õppejõuna, olles 1924 dotsent ja 1938 professor. Aleksander Lukksepp hindas kõrgelt Peeter Kõppu, teda ülikooli õppejõuks soovitades:

Tunnen hr. P. Kõpp'i sellest ajast, kui tema Nuustaku (Otepää – A. J.) Haridusseltsi koolijõuks 1908 või 1909 oli valitud. Haruldaselt hea pedagoog, osav oma õpilastega läbikäimises, hea organisaator, anderikas,, suure tahtejõuga ja teaduse himuga ning ausate püüetega inimene. Olen temaga palju mõtteid vahetanud põllumajanduse küsimustes. Kõo põllutöökooli õpetajana on ta end edasi arendanud ja täiendanud... (EAA 2100–2–463, 16).

Peeter Kõpp arhiiviandmetel

Peeter Kõpp määrati Eesti Vabariigi Haridusministeeriumi poolt ülikooli dotsendiks põllumajanduse õpetoolile alates 7. septembrist 1919... (EAA 2100–2–463, 1 1) ning valiti erakorraliseks professoriks Ülikooli Nõukogu otsusega 23. maist 1924 (7 poolt ja 2 vastu häält) ... (EAA 2100–2–463, 1 28).

Peter Kõpp kaitses doktoritöö *Der Einfluss der Preis-, Intensitäts- und Produktivitätsrelationsverschiebungen auf Rentabilität der Produktion der einzelnen landwirtschaftlichen Produkte mit besonderer Berücksichtigung der Kriegsverhältnisse* 30. mail 1926 rahuldavalt, st põllumajandusdoktori kraadi vääriliselt, mille kohta temale anti välja tunnistus nr. 6817 30. novembril 1927... (EAA 2100–2–463, 1 32).

Joosep Nõu meenutus

Agronoom Joosep Nõu meenutas 1963. aastal Vabade Eestlaste Põllumajandusliidu väljaandes Peeter Kõppu, kes olla tavatsenud summeerida “mitmeharulisi ja mitmesihilisi arenguvõimalusi” sõnadega “väga mitmesugustes oludes väga mitmet moodi.” Ja just niisamuti on Nõu arvates saatus paigutanud Kõpu endisi õpilasi väga mitmetesse oludesse ja väga mitmet moodi on kulgenud nende käekäik.

Joosep Nõu usub, et sama kehtib ka Kõpu kohta. Ning Kõpu õpilased, kuhu nad ka ei ole sattunud, ühinevad mõttes oma ära läinud õpetajaga, tänu kellele “Apsi vaim” ise elab edasi! (EAA 5360–1–85). Samas artiklis märgib Peeter Kõpu õpilane Joosep Nõu, et omariikluse ajal 1920–1940 kaitsesid Tartus agraarökonomika alal magistratõõ Peeter Rubel 1928, Karl Tõnnis 1933, Joosep Nõu 1934, Endel Vint 1935, Härm Luht 1935, Elmar Jaska 1937 ja Alfred Tealane 1939. Hiljem Jaska 1938 ja kui arvestada Kõpp 1926, siis on omariikluse ajal Tartu andnud kaks agronoomiadoktorit agraarökonomika erialal.

Nõu märgib, et kaitstud tööde arv ei olnud suur, kuid kujunemas oli traditsioon taoliste uurimuste vajalikkusest ja maad võtmas arusaam nende kasulikkusest ja vajalikkusest. Kõpu erilise teene agronoomide pealekasvu ja selle ala eriteadlaste väljakoolitamisel Tartus põhjustas see asjaolu, et Kõpp oskas “kohendada ja järele aidata” Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi (APS) tegevuse kaudu väga palju seda, mida alles kujundamisjärgus põllumajandusteaduskond piiratud ressursside juures ei suutnud pakkuda.

Peeter Kõpp täitis APSi kujunemisaastate kestel domineerivat osa, oli muidugi ka teisi vanemaid õppejõude, keda Joosep Nõu alahinnata ei taha, kuid õnnestunud algatuste kaudu oli just Kõpp APSi esimehena alates 1921 suutnud endale luua seesuguse positsiooni APSis, et esimehe koht püsivalt jäi tema kätte ja seda mitte kombineerimiste tulemusena, vaid tingituna organisatsiooni tegevuses osutatud teenetest. Nõu arvates Kõpu domineerimine APSis ei takistanud ka mitte “verevärskendust”, sest juhatuseliikmete kohad vahetusid reeglipäraselt, andes üliõpilastele ja noortele agronoomidele võimalusi tegutsemiseks ja karjääriks, kuna APSi peamine tegevus toimus toimkondades ja seal oli ruumi paljudele noortele tunglejatele (EAA 5360–1–85).

Meinhard Karelsoni artiklist 1995

Meinhard Karelson on meenutanud APSi 5. ja 10. aastapäeva tähistamise puhul paari lõiku Peeter Kõpu kirjutisest küsimusega, *kuidas viia kõike seda, mida ülikool pakub, tegelike põllumeeste keskele ja Kõpp leiab (1925), et nende küsimuste lahendamine peab sündima suuremal määral väljaspool ülikooli loodud organisatsioonides, nagu selleks on ka Akadeemiline Põllumajanduslik Selts... kelle liikmete vahel tuleb luua hea vahetõde – üksteist kasvatada ja ligemalt tundma õppida, et need, kes omas elukutses ühte iket veavad, üksteise kõrval hääde sõpradena esineks.*

Ja viis aastat hiljem 1930 rõhutab Peeter Kõpp, et iga APSi liikme ülesandeks olgu Eesti edumeelse põllumehe hingelaadi ja tema mõtlemisviisiga arvestamine, maaelu iseärasuste, selle heade ja halbade külgede tundmine. Sellepärast toimugu APSi tegevus, tema liikmete enesekasvatuse jm *täielikult poliitiliselt erapooletul alusel, mõistagi selleks, et parandada eeskätt põllumeeste kutsealast tegevust, samal ajal silmas pidades kodumaa majanduse üldiseid huve* (EAA 5360–1–85).

Jaagup Loosalu oli vanim APSi liige

Mitmed APSi liikmed töötasid edasi põllumajanduse alal. Viimase APSi liikmena kodumaal sängitati 1996. aastal maamulda 99. eluaastal lahkunud Jaagup Loosalu (aastani 1923 Jakob Veide, sündis 1. jaanuaril 1898/20. detsembril 1897 Harjumaal Aleksandri vallas (Kõue), suri 5. mail 1996 Pärnus). Jakob Loosalu omandas agronoomi diplomi 1945 Tartu Ülikoolis ja kaitses Kiievis 1973. a. põllumajanduskandidaadi dissertatsiooni suhkrupeedi kasvatuse alal, olles enne seda Eesti Vabariigis tuntud poliitik, ühiskonnategelane ja mitme väljaande peatoimetaja.

APSi liikmed, Eesti põllumajandusteadlased välismaal

Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi, nagu Eesti Agronoomide Seltsi ja teistegi samalaadsete erialaste organisatsioonide tegevuse peatas sõda, õieti sellega paratamatult kaasnenud okupatsioonid, mis tähendasid vägivalda. Ning vägivald tagajärjel APSi ja teiste samalaadsete seltside tegelased ja liikmed, piltlikult öeldes, justnagu kolisid ära välismaale, suuremalt jaolt, kuna enamik liikmeid olid sunnitud põgenema, paluma varjupaika, esialgu peamiselt Rootsist, kust hiljem suundusid mujale – Kanadasse, USA-sse, ka Austraaliasse.

Muidugi, eestlaste väljaränne oma emamaalt erinevatesse maailmaosadesse toimus juba 19. sajandil. Kuid siis oli see enamasti vabatahtlik, et leida paremaid töö- ja elamistingimusi. Aga olukord 70–80 aastat tagasi Euraasias võimaldas hitlerismi ja õige veidi varem stalinismi, kui äärmiselt julmade terrorite leviku Saksa- ja Venemaal, põhjustades Eesti ja teiste Balti riikide okupeerimise Nõukogude Liidu poolt ning siis veel lõpuks suure kokkupõrke, nende kahe voolu vahelise võitluse II maailmasõjas, mis tagatipus kutsuski esile eestlaste massilise emigreerumise. Aastad 1940–1941 olid andnud selleks küllalt põhjust (Põllumajanduse Akadeemia 1989. 9. ja 16. veebruar, nr 2, 4). 1940. aastaks suhteliselt hästi väljakujunenud ühistegevusega Eesti talumajandusele andis hoobi suure osa haritud põllumeeste, selle juhtivkaadri põgenemine kodumaalt 1944. aastal. Sellega lõhuti kindel ja väljakujunenud põllumajanduse organisatsioon (Joandi 2007: 53–74).

Eesti Agronoomide Selts Rootsist

Kodumaa pidid maha jätma ka väga paljud põllumajandusteadlased ning agronoomid. Kui pärast I maailmasõda oli Eestis vaid mõnikümmend kõrgharidusega agronoomi, siis aastatel 1919–1939 lõpetas Tartu Ülikooli põllumajandusteaduskonna agronoomia osakonna diplomiga 267 ning diplomita 91 üliõpilast. Seega kokku 348 inimest (professor Jüri Kuuma andmetel).

Neist kõrgharidusega agronoomidest emigreerus umbes 150–200 peamiselt Rootsi, Kanadasse, USA-sse, ka Austraaliasse jm. Vaatamata väga erinevatele kliimoludele neis maades suutis enamik end uude ellu sisse seada, täiendada teadmisi, rajada talud-farmid, aiad, mesilad. Asuti tööle põllumajandusteaduse, -hariduse ja -nõuande alal ning eesti agronoomide osa nende maade põllumajanduse edendamise heaks ei ole väike.

Eesti Agronoomide Selts registreeriti Tallinna-Haapsalu rahukogus 15. novembril 1920. aastal, esimeheks valiti dr Jaan Raamot, sekretäriks Jaak Ümarik, juhatusse Rudolf Allmann ja Juhan Kalm. Seltsi tegevus katkes 1940. aastal, kuid sõja järel jätkas see taas tööd, sedapuhku juba Rootsist sinna suundunud agronoomide, kellest paljud olid endised APSi liikmed, algatusel.

Eesti Agronoomide Selts Rootsist (EASR) alustas tegevust 1945. aasta aprillis Uppsalas, juhitud Rootsi Põllumajandusülikooli juurde Ultunasse tööle asunud prof Anton Nõmmiku, dr Enn Terasmäe, dots Jaan Metsa, mag Joosep Nõu, agronoomide Helmut Kolki, Tõnis Kinti jt poolt. Enamik neist olid kodumaal APSi liikmed. Hiljem astus seltsi liikmeks ka nooremaid agro-

noome. EASR korraldas eesti keeles erialaseid loenguid, vestlusi, õppusi ja kokkutulekuid. Rootsis tegutsenud agronoomide seltsi tegevusest 1945–1994 on koostatud hea ülevaade, mis on ilmunud 1994. aastal Tartu Ülikooli Kirjastuse väljaandena (Eesti Agronoomide Selts Rootsis 1995).

Arnold Kivimäe (19. detsember 1908 Eivere, Järva-maa – 28. august 1988 Uppsala) lõpetas Tartu Ülikooli 1931. Kuulus üliõpilasseltsi Raimla. Kaitses agronoomia alal Tartus 1933 magistri kraadi teemal *Tegurid, mis pääle söötmise mõjustavad veise piimatoodangut*. Oli Põllutöökoja loomakasvatuse nõunik 1935–1940. Loomakasvatuse Valitsuse juhataja 1941–1944. 1944 põgenes Rootsi, kus kaitses agronoomia alal doktori-kraadi Uppsalas 1959, Rootsis töötas riigiagronoomina linnukasvatuse alal. Kohe EASR-i asutamisel 1945 oli juhatuse sekretär, seejärel abiesimees ja lõpuks 25 aastat seltsi esimees. EASRI valis Arnold Kivimäe oma au- liikmeks 1978. aastal.

Arnold Kivimäe bibliograafias on enne sõda Eestis ilmunud 146 nimetust mitmesuguseid kirjatöid eeskätt loomakasvatuse alalt, esimene 1929. Agronoomias refereerat professor H. Isaacheni raamatust *Vitaminer saerlig med henblick paa husdyrens behov* kohta. Rootsis aastatel 1945–1982 ilmus Arnold Kivimäelt 293 kirjatööd, enamik rootsi keeles, ka soome, saksa ja välis-eesti väljannetes eesti keeles (Kivimäe 1983: 32–46).

Asutajaliige Tõnis Kint (17.08.1896–05.01.1991)



Foto 5. Asutajaliige Tõnis Kint.

APSi asutaja liige Tõnis Kint (kuni 20. märtsini 1939 Tõnis Kind) sündis 17. augustil 1896 Paasioja talus, Taevere vallas Viljandimaal ja suri 5. jaanuaril 1991 Örnköldsvik'is, Rootsis, üks esimesi agronome, kes sai erialase hariduse meie oma eesti ülikoolis Tartus, silmapaistev põllumajandustegelane ning poliitik, olles Põllutöökoja abi- ja tegevdirektor 1932–1938, direktor 1938–1940.

Saksa okupatsioonivõimude algatusel 1944. aasta kevadel vangistati ulatuslikult Eesti rahvuslasi, kes küll hiljem eluga vanglast pääsesid (Kint 1886: 43). Tõnis

Kint oli saksa okupatsiooni ajal lühikest aega Eesti Omavalitsuse turukorraldusvalitsuse juht, kuuludes otsestelt majandusdirektor dr. E. Vendt'i alluvusse. Viimane oli toitlustusüsimustes otsesteks sidepidajaks sakslaste kindralkomisariaadiga, kes tahtis korraldada talude aitade kontrolli, et tagada kõrge viljanormi täitmist. Kint oli sellele kategooriliselt vastu ja ta vallandati lahkheldede pärast okupatsioonivõimudega päeva pealt, jõulu ja uue aasta vahel 1942. Seejärel ta töötas ja elas isatalus Paasiojal, kuni 1944. aasta 22. septembril astus Põõsaspea sadamas väikesele kalapaadile, millega siirdus Rootsi, maabudes Norrtälje lahes asuval väikesel saarel Enkär, kuhu nedne paat jõudis õhtul hilja, 23. septembri öösel 1944 (Kint 1886: 44).

Olles eksiilis Eesti Vabariigi peaminister presidendi ülesannetes – 23. detsemberrist 1970 kuni 1. märtsini 1990, ülendas Kint Vabadussõja alguse 60. aastapäeval, 28. novembril 1978, kõik elusolevad Vabadussõja veteranid – sõdurid ja allohvitserid lipnikeks ja ohvitserid ühe astme võrra, arvates viimasest ülendamisest, kuni koloneli aukraadini.

Tõnis Kint oli agaralt tegev Vabade Eestlaste Põllumajandusliidu tegutsemises.

Vabade Eestlaste Põllumajandusliit

Juba alates 1925. aastast võtsid eesti põllumajanduse tegelased osa rahvusvahelise põllumajandusliku ühistegevuse liidu kongressidest (Kint 1886: 55). Pärast sõda välismaal ühinesid kõik, ka Kanada, USA jm asunud eesti agronoomia ja muude alade põllumajandusteadlased. Kanadasse saabus pärast sõda kokku 50 eesti agronoomi, neist põllumajandusteadlasi 40, aiandusteadlasi 2 ja lõpetamata kõrgharidusega agronome 8. Kanadas on aastatel 1945–1980 õppinud ja end täiendanud sealsete ülikoolide juures põllumajanduse alal kokku 17 eestlast (Irs 1984: 12–16)

Eino Kurise kogutud andmetel 1980. aastal tegutses siis Ontarios 40 Eesti mesinikku 289 mesilasperega (Kuris 1984: 17–21). Erilist märkimist väärib pikka aega mesindusnõuandjana mustikate tolmeldamise alal Kanadas Nova Scotias töötanud Endel Karmo (Karmo 1984: 21–26), kes hiljem ~1990 aitas kaasa, et ka Eestis mustikakasvatuse edeneks.

Paguluses olles moodustati 1949. aastal kõiki väliseestlasi-põllumehi koondav Vabade Eestlaste Põllumajandusliit (VEPL) ning 1956. aastal astuti Euroopa Põllumajandusliidu (*Confederation of European Agriculture, pr. Confédération Européenne d'Agriculture – CEA*, asutatud 1889, reorg. Bruggis Sveitsis 1948, mille esimene peakoosolek toimus Austrias Innsbruckis 1949) liikmeks. Nii võtsid väliseesti agronoomid VEPL-i kaudu osa iga-aastasest CEA kongressist. VEPL andis välja 20 aastaraamatut, kus üksikasjalikult tuuakse ülevaateid Eesti agronoomide, põllumajandusteadlaste tegevusest välismaal.

Kohtumine Rootsis, detsembris 1988

Selle loo autorile, kirutajale või jutustajale on meelde jäänud kohtumine 1. detsembril 1988 Stockholmis Eesti Majas selleaegse Eesti Agronoomide Seltsi esimehe Agr. lic. Kaarel Vahtrasega, seltsi liikmete Mihkel Mathieseni, Leo Karupää, Valter Soo, Annus Estra,

prof. Olaf Aule, Erich Kimberi, Enno Penno ja Artur Tarmetiga, ka etnoloogia professor Gustav Ränk oli tulnud, tekkis elav mõttevahetus selleaegse Eesti põllumajanduse probleemidest, talumajanduse taasarendamisest Eestis; selleks uut moodi hariduse vajadusest, kolhooside, sovhooside vahekorra taludega ja paljust muust.

Siis 1988, veel liiduvabariigi oludes, oli päevakorral maa andmine või nõudmine taludele tasuta põliseks kasutamiseks, nii uus-, kui ka endistele põlistaludele, millest nemad Rootsis hästi ei tahtnud aru saada, et mis asi, mis "supp" see riigimaa põline kasutus on? Nähtavasti tundus neile olevat keeruline lahendada omaniku jm suhted sel juhul. Aga selgesti on silme ees ja meeles see pilt, kui Eesti Maja 3. korrusele alla tulles liftis Mihkel Mathiesen ehk "Sindi Mihkel", nagu ta end ise nimetas, silma vaatas ja ütles, mõtlikult: "...no ega jah, seda eraomandust ärge kedagist nii väga ihake, sellel on ka oma varjuküljed..."

Ja Mihklil oli tuline õigus. Sest nüüd, 22 aastat hiljem meenub ridamisi juhtumisi, milliseid järgnevatel aastatel läbi ja üle elanud oleme – oi kui palju röövimisi, tapmisi ja muidu valskusi – kõik ja ikka toime pandud mammona kogumise, ehk eraomanduse peale jahi pidamise käigus, muidugi mõista vahendeid valimata, lubamatute võtetega, mitte seaduse viisil, mis on väga teretulnud nähtus.

Muidu aga, Eesti põllumajanduses sel ajal toimuva vastu tunti Rootsis suurt huvi, peeti võimalikuks oma poolt aidata põllumajandust ja parandada loodusloolu, suunata tulevase talupidajaid, üliõpilasi praktikal Rootsi põllutöökoolide juurde, luua kontakte teadustöö ja eriteadlaste ettevalmistamise alal Rootsi Põllumajandusülikooliga Ultunas.

Eesti agronoomid, kunagised APSi ja Eesti Agromõõde Seltsi liikmed välismaal aitasid jõudu mööda kaasa talude taastamisele Eestis. Eriti abivalmina on meelde jäänud Kaarel Vahtras (Joandi 1990: 3,3). ja Helmut Talts Rootsist. Neist viimane külastas siis ka eksiilis olles esimest korda Eestit ja Tartut, aidates oluliselt kaasa, et Eesti Talupidajate Keskliit 1989. aasta lõpul võeti vastu Euroopa Põllumajandusliidu liikmeks (Joandi. Maaleht 1989. 14. detsember).

Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi taastamine 1989

Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi taasasutamisest ja tegevusest uues vabas Eestis viimase kahekümne aasta vältel on ammendavad ülevaated koostanud professor Olev Saveli (Saveli 1999: 82–93).

Märkida vaid võib, et 1989. aastal oli juba poliitiline olukord NSVLi piirides vabam, vähemalt Eestis. Julgelt võidi taasasutada vanu seltse, ühinguid jms või rajada hoopis uusi ja kaasaegseid, selles riigis senitundmatuid. Nii taastati 9. aprillil 1989, ligi 50 aastat tagasi tegevuse peatanud Akadeemiline Põllumajanduslik Selts, ainult et nimetuse Akadeemiline Põllumajanduse Selts all. Mittetulundusühinguna, mille eesmärgiks seati kaasa aidata Eesti maaelu, põllumajanduse ja eriti põllumajandus-teaduse

arengule ning esindada oma liikmete huve ja õigusi.

Põhiliseks tegevusvormiks sai korraldada konverentse ja välja anda ajakirja Agraarteadus ning muud trüki-seid. Nähti ette korraldada ka näitusi, konkursse, loenguid, õppereise ja läbi viia rahvusvahelisi koostööprojekte jms. APSil on kokku ligi 300 liiget, teaduskraadiga inimesi üle Eesti, põhiliselt Eesti Maaülikooli, aga ka Jõgeva Sordiaretuse Instituudi, Sakus asuva Eesti Maaviljeluse Instituudi jpt asutuste töötajad (Saveli 1999: 82–93).

Iga aasta aprillikuu esimesel kolmapäeval toimub APS-i aastakonverents (4. aprillil 2007 oli juba XII), kus plenaaristungil räägitakse üldisematel teemadel, erialatoimkondades ja noortetoimkonnas juba konkreetsemate uurimustega mitme põlve teadlaste poolt. APSi tegevus viimasel paaril aastakümnel on olnud tulemuslik.

APSi esimene auliige

Juba 1920. aastal oli ette nähtud auliikme staatus, nimelt põhikirja kuuenda paragrahvi järgi võisid seltsil olla tegev-, toetaja- ja auliikmed ning paragrahviga üheksa määrati, et auliikme võis valida Seltsi üldkoosolek *iseäraliste teenete eest*.

APSi tegevusest enne 1940 aastat on varem Agraarteaduses kirjutanud huvitavalt Meinhard Karelson, kelle järgi APSi asutamine ja tegevus rajanes liikmeiks olevate üliõpilaste ja õppejõudude ühisjõul ning veel Karelson mainib, et APSi põhikirja täiendustena eksisteerib 1930. aastast eluaegse liikme ja 1936. aastast auliikme mõiste (Karelson 1995: 3, 248).

Viimast täiendas kutsutud üldkoosolek, mis tuli kokku kolmapäeval 25. märtsil 1936. aastal kl 8 õhtul ja peeti ära APSi ruumides (TÜR KHO F. 56, s 10, lk 225–236). Päevakorra seitsmes punkt oli põhikirja muutmine. Muuhulgas otsustati: Seltsi auliikmeid valib Seltsi pääkoosolek juhataja ettepanekul *iseäraliste teenete eest põllumajanduse alal või Seltsi elus*. Veel otsustati põhikirjas eraldi välja tuua, et ainult Seltsi tegevliikmel on hääleõigus Seltsi tegevuse juhtimisel jm. (TÜR KHO F. 56, s 10, lk 230).

Professor Olev Saveli artikli põhjal on omistatud alates 1991. aastast APSi auliikme staatus 25 ning elutööpreemia 18, aastapreemia 24 ja noortepreemia 15 teadlasele (Saveli, 2009: 1, lk 60–65). APSi auliige on mitmete ülikoolide audoktor president Arnold Rüütel, emeriitprofessorid Harald Tikk, Karl Annuk jpt. ning APSi aupresidentid on emeriitprofessor Olev Saveli ja Heldur Peterson.

Joosep Nõu järgi valiti esimeseks ja seni (1983) ainsaks APSi auliikmeks Peeter Kõpp APSi 20. tegevusaasta kevadel 1940 (Nõu 1963: 47 (asub EAA 5360–1–85)). Selle kohta saame napirealise teate APSi arhiivfondis olevast üldkoosoleku protokolliraamatust. Kõnesolev üldkoosolek toimus kolmapäeva õhtul algusega kell kaheksa, 10. aprillil 1940, aastal, APSi ruumides Peeter Põllu 1–5. Koosoleku juhatajaks valiti ühel häälel agronoom L. Yllö ja protokollijateks seltsi kasvandikud A. Kaldmäe ja H. Mandel. Kuuenda päevakorra punkti juures teeb koosoleku juhataja L. Yllö ettepaneku valida

dr. agr. P. Kõpp APSi auliikmeks. Otsus võetakse vastu ühel häälel (TÜR KHO F. 56, s 10, l 322–323.).

Teate Peeter Kõpu valimisest APSi auliikmeks toob laupäevane 13. aprilli Postimees, kuuendal leheküljel silmapaistva pealkirja all *Prof. P. Kõpp APS-i esimeseks auliikmeks*. Märgitakse, et valitud auliige P. Kõpp omab APSi asutamisel ja selle tegevuses suuri teeneid (Postimees 13. aprill 1940 lk. 6).

Väljavaated, eesmärgid tulevikuks

APSi, nagu paljude teiste üliõpilasorganisatsioonide asemele astus pärast sõda Üliõpilaste Teadusluk Ühing, lühidalt ÜTÜ. Julgelt võib ja peabki nentima, et ÜTÜ, tegutsedes nõukogude korra tingimustes küll sootuks teistel poliitilistel alustel, suutis oma liikmetes säilitada rahvusliku edumeelsuse ja täita sellega üle neljakümne aasta vältel tähtsat osa noorteadlastest uute põlvkondade kasvatajana, mis tagas eesti teadustöös järjepidevuse.

Kuid tähtis ongi sel ajal ÜTÜsse üle kantud, alleshoitud eesti meelsus ja vaimsus, mis sealt kandus edasi ja levis rahva keskel – mitte ükski teine jõud poleks suutnud läbi viia “laulvat” revolutsiooni. Kodumaa vajab pidevalt haritud põllumehi. APSi üheks peamiseks tegevussuunaks ja eesmärgiks edaspidi võiks natuke jõulisemalt ette võtta noorte inimeste kaasamise otseselt teadustöösse ja põllumajanduse päevaprobleemide lahendamisse, võimaldades seda kohe üliõpilaseks saamise järel, nende tulekuga ülikooli seinte vahele.

Küllalt on probleeme, millega noored saaksid tegeleda, näiteks ülimalt terav on oskussõnade küsimus nüüd, mil oleme langenud ingliskeele mõjusfääri ja vahest mõnda artiklit, tõlget lugedes võib, piltlikult öeldes, kohmakaid eestipäratuid sõnähendeid verides keele suhu ära murda. Noori tuleb kaasata võimalikult varakult, alates esimesest, teisest, äärmisel juhul kolmandast semestrist. Hiljem võib kergesti juhtuda see, et huvi teadustöö vastu on mitmel elulisel ja olulisel põhjusel häibunud.

Tulevases, koostada plaanitavas APSi ajaloolevavaates võiks seltsi üldist ja erialast tööd ning tegevust 90ne aasta kestel lahterdada mitmesse perioodi, vaadelda ja käsitleda seda alapunktide viisi, kui ühe pikaaelise inimese eluiga, näiteks varasemat perioodi umbes nii:

- APS-i tegevus üldjoontes enne Teist maailmasõda.
- Lapsepõlv, väljakujunemine 1920–1925.
- Noorusaeg, talumajaduse hoogne ülesehitustöö 1925–1940
- Täisiga, okupatsioon, sõja algus, sõda
- Seltsi tegevuse peatumine 1940–1944.
- Eesti põllumajandusteadlased, APSi liikmed paguluses.
- APSi tegevuse taastamine 1989.
- Ja küsimus 2010:
- Kas ja millal ometi hakkavad seltsi elus taaspuhuma hoogsalt värsked noorustuuled?

Kirjandus

1. EAA Fond 2100 nim 19 s 74. (Tartu Ülikool).
2. TÜR KHO Fond 56 s 1. Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi põhikiri, 4 l.
3. TÜR KHO Fond 56 s 4. Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi juhatuse koosolekute protokollid 7. oktoober 1920–23. sept. 1922. 1921–29. märts 1922, 59 lehte.
4. TÜR KHO Fond 56 s 7. Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi üldkoosolekute protokollid 15. veebr. 1921–29. märts 1922, 59 lehte.
5. TÜR KHO Fond 56 s 4. Akadeemilise Põllumajandusliku Seltsi juhatuse koosoleku protokollid 1920 – 1922. 57 lehte.
6. Eesti Agronoomide Selts Rootsis (EASR), 1945–1994. Tartu 1995. 63 lk.
7. Irs, Albert 1984. Eesti agronoomidest ja nende tööst Kanadas. – Vabade Eestlaste Põllumajandusliit. Aastaraamat XIX. Amherst Massachusetts, lk12 – 16, vt lk 12.
8. Joandi, Aimur 1989. Eesti agronoomid paguluses. – Põllumajanduse Akadeemia, 9., 16. veebruar, nr 2, 4.
9. Joandi, Aimur 1989. Mustikakasvatajak Nova Scotias. – Põllumajanduse Akadeemia. 25. mai, nr16(1092).
10. Joandi, Aimur 1989. Eesti talunikud CEA liikmeks. – Maaleht. 14. detsember, nr. 50 (116).
11. Joandi Aimur 1990. Kaarel Vahtras (16.07.1912–27.04.1990) surnud. – Talu, nr 3, lk 3.
12. Joandi, Aimur 2006. Ado Johanson Eesti põllumajanduse arendaja. Tartu. 271 lk.
13. Joandi, Aimur 2007. Professor Elmar Halleri elu ja töö. Tartu. 232 lk.
14. Joandi Aimur 2007. Eesti talu mõttest. – Eesti Põllumajandusmuuseumi Aastaamat I. Ülenurme 2007, lk 53–74.
15. Karelson, Meinhard 1995. Lehekülgi APSi ajaloost. – Agraarteadus, nr 3, lk 248–256.
16. Karmo, Endel 1984. Mustikakasvatajak Novo Scotias. – Vabade Eestlaste Põllumajandusliit. Aastaraamat XIX. Amherst Massachusetts, lk 21–26, vt lk 18.
17. Kint, Tõnis 1986. Mälestuskilde. Eesti Agronoomide Selts Rootsis. Uppsala. 63 lk.
18. Kivimäe, Arnold 1983. 50 aastat tööd loomakasvatuse alal. Autobiograafiline ülevaade. Eesti Agronoomide Selts Rootsis. Uppsala. 47 lk.
19. Kuris, Eino 1984. Kanada eestlaste aiandus ja talupidamine. – Vabade Eestlaste Põllumajandusliit. Aastaraamat XIX. Amherst Massachusetts, lk17–21, vt lk 18.
20. Nõu Joosep 1963. Agraarökonom Peeter Kõpp (1889–1960). – Vabade Eestlaste Põllumajandusliit. Aastaraamat IX. Stockholm 1963, lk 42–51 (asub EAA 5360–1–85).
21. Oja, August 1923. Põllumajanduslikud oskussõnad. – Agronoomia, nr 4, lk 194–195.
22. Saveli, Olev 1999. Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi 10 aastat. Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised, lk 82–93.
23. Saveli, Olev 2009. Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi 20 aastat. Aastad 1989–2010. – Agraarteadus, nr 1, lk 60–65.

Ajalehe teated

24. Ak. Põllumajanduslik Selts 15-aastane. – Postimees 1935. 5. november, lk 6.
25. Prof. P. Kõpp APS-i esimeseks auliikmeks. Postimees 13. aprill 1940 lk 6.
26. 10.000 põllumajanduslikku oskussõna. – Postimees 1933. 3. november, lk 3.

It will soon be a hundred years!

A. Joandi

Summary

In the autumn 1920, a scientific organisation named the Academic Society of Agriculture (ASA = APS) was founded at the University of Tartu to develop and educate students. Based on archival data, the given article presents some new aspects in the extensive activity of the ASA in its initial years, the suspension of the activity during WW II and the termination of it altogether immediately after the war.

Beginning with 1920, the ASA gained good results in coining new speciality-related terminology and words, in 1927 the journal „Farm Mistress” began to be published, summer’s day gatherings and excursions were organised, the ASA obtained its own house with a 4000-volume library in it, etc.

In 1945, required by Soviet rule, the activity of the ASA was terminated and the organisation was replaced by the Students’ Scientific Society, the SSS for short, which, however, managed to preserve the pre-war mentality and zeal, guaranteeing the continuity of Estonian agricultural science as part of Estonian science in general.

Because of the war, most of the ASA members emigrated to Sweden, Canada, USA and elsewhere and in exile they re-established several societies on their speciality, e.g., the Estonian Society of Agronomists in Sweden started its activity in Uppsala in April 1945, after that the Agricultural Union of Free Estonians was set up in 1949 and joined the Confederation of European Agriculture (CEA, founded in 1889) in 1956.

Thus one-time members of the ASA, Estonian agronomists abroad took, via the Agricultural Union of Free Estonians, annually part in the CEA congress. The Agricultural Union of Free Estonians published 20 yearbooks, presenting detailed historical overviews of Estonian agronomists abroad and in the native land.

With the help of the Agricultural Union of Free Estonians it was possible for the Estonian Farmers’ Central Union to achieve the membership of the CEA in 1989.

The ASA was re-established in the autumn 1989. In the course of time the ASA has decorated 25 honorary members, given 18 life’s work awards, 24 year’s work awards and 15 young agronomists’ awards to worthy scientists.

The article also explains the terms such as, suspension, academic pater and academic mater, which had been in use about a century ago in student organisations.

Jänesmäe, August 12–31 2010

Karl Annuk 80



Tuntud rohumateadlane, Eesti Maaülikooli emeriitprofessor põllumajandusdoktor Karl Annuk sündis 23. novembril 1930. aastal Põhja Tartumaal (hiljem Jõgevamaa) Kaarepere (nüüd Palamuse) vallas Kassivere (vahepeal liidetud Visustiga) küla Saare talus. 1939. aastal alanud koolitee kulges läbi Visusti alg- ja Kaarepere 7-kl kooli. Vaatamata poliitilistele muutustele ja sõja-aastatele õnnestus tal koolis aasta-aastalt edasi jõuda, ka jätsid rinnetest mahajäänud laskemoon ja lõhkekehad poisi ellu ja terveks. Tubli tunnistus Kaarepere koolist võimaldas edasi õppida Tartu Linna I Keskkoolis (1946–1950), alaline pinginaaber hilisem tuntud veterinaariadoktor Ilmar Müürsepp. Kuigi kodutalu maad läksid juba 1948. aastal Ausi sovhoosile ja talupidamise perspektiiv haihtus, otsustas Karl Annuk jätkata õpinguid Tartu Ülikooli põllumajandusteaduskonnas. Õpetatud agronoomi diplomi sai ta vahepeal moodustatud Eesti Põllumajanduse Akadeemiast 1955. Tookordne IV lend on oma 91 lõpetajaga andnud seni suurima täienduse kõrgharidusega agronoomide perre.

Juba ülikoolis õppimise ajal alustas Karl Annuk tööd taimekasvatuse kateedris osalise tööajaga vanemlaborandi ametikohal. Pärast akadeemia lõpetamist töötas lühikest aega EPA Raadi õppe-katsemajandis agronoomina, kust rektoraat kutsus ta tuttavasse taimekasvatuse kateedrisse tagasi ja võimaldas edasi õppida Leningradi Põllumajanduse Instituudi juures aspirantuuris, juhendajaks professor Ioill Vesselovski. 1962. aastal valmis kandidaadi väitekirja teemal: *Toidu- ja tööstuskartuli kvaliteet, rajoonitud ja perspektiivsete sortide ning hübriidide tähtsuse anatoomilised ja biokeemilised näitajad*. 27. märtsil kaitstud teaduskraad leidis VAK-is kinnitamist 8. detsembril, mis arvestades selleaegset tava oli väga hea tulemus. Kartulikasvatuse alane diplom- ja edukalt kaitstud kandidaaditöö oleks loogilise jätkuna võinud viia sellesuunalise doktoritööni, kuid olukord kujunes teiseks.

EPA taimekasvatuse kateedris pandi assistant Karl Annukile 1956. aasta sügissemestrist kohustus õpetada üliõpilastele hoopis sookultuuri, so ainet, mida nende agronoomide lennule õppejõu puudumisel ei õpetatudki. Sellekohase õppeprogrammi puudumisel tuli see Karl

Annukil endal koostada, õpiku puudumisel valmistada ette loengumaterjal ja praktikumi läbiviimiseks koguda vajalikud näidised. Pingelises olukorras oli erilise töökuse kõrval kasuks omaaegne Tooma praktikandisüvi (1953) ja sõprussidemed sealsete teaduritega. Toomal viibimine kuulus edaspidi ka tema üliõpilaste igasuvisse praktikumi kavva. Karl Annuk lävis aastakümneid bioloogidega, võttis osa Zooloogia ja Botaanika Instituudi ekspeditsioonidest Eesti eri paikadesse. Neil retkedel omandas ta väga hea taimetundmise ning koostas rikkaliku sootaimede herbaariumi. Viimast mäletavad kindlasti kõik agronoomid, kes sookultuuri EPA-s õppisid ja praktikumi lõpus arvestusel taimede tundmist vastama pidid.

Hiljem võeti Eesti eeskujul sookultuur Nõukogude Liidus 13 kõrgkooli õppekavasse ja seda õpetati kõikjal siinkoostatud, vene keelde tõlgitud programmi alusel.

1976. aasta sügisest võeti sookultuuri õppeaine Eesti Põllumajanduse Akadeemia Agronoomiateaduskonna õppekavast maha (esimesena Nõukogude Liidus), kuna dotsent Karl Annuk lahkus akadeemiast ja sama kompetentset õppejõudu polnud kusagilt asemele võtta. Lahkumise põhjuseks oli soov segamatult süveneda uurimistöösse ja koguda materjali doktoriväitekirja kirjutamiseks. Uueks töökohaks sai vanemteaduri ametikoht Eesti Maaviljeluse Instituudi kultuurrohumade osakonnas, asukohaga Jõgeva Sordiaretusjaamas. Asutuse vahetusega ei kaasnenu katsekohtade (Ihaste, Nõmmiku, Korva, Valguta, Räpina) ega elukoha vahetust. Seitse aastat ja seitse kuud Eesti Maaviljeluse Instituudis kestnud pingelise töö järel avanes Karl Annukil võimalus vahetada veelkord töökohta – seekord kodule ligemale. Eesti Loomakasvatuse Instituuti loodud rohumade sektor pakkus selleks soodsa võimaluse. Samaks ajaks oli valminud ka doktoriväitekirja. Viimase venekeelne korrektuur, trükimasinaga ümbertrükkimine, eelkaitsmine, kaitsmisnõukogu uue koosseisu kinnitamise ootamine ja muu bürokraatlik ajaviit võttis 3 aastat. 18. veebruariks 1988 olid kõik barjäärid murtud ja Lätis, Skriveris sai töö edukalt kaitstud. VAK-is läks kraadi kinnitamine kiiresti – sama aasta jaanipäevaks oli otsus dissertandil käes. Väitekirja materjalide põhjal ilmus 1992 monograafia: *Polderniitude rajamine ja intensiivne kasutamine turvasmuldadel* (Tallinn, 199 lk, vene keeles). 1990 valiti Karl Annuk Eesti Põllumajandusülikooli rohumaviljeluse kateedri professoriks (osalise koormusega), mis tähendas sookultuuri taasõpetamist järgneva 3 aasta jooksul. Arvestades väga pikka tööstaaži kõrgkoolis (kokku 28 aastat), valis EPMÜ nõukogu Karl Annuki emeriitprofessoriks (1993).

Seoses Eesti Loomakasvatuse Instituudi ja selle rohumade sektori likvideerimisega lõppes Karl Annuki töösuhe selle instituudiga 31. mail 1994. aastal.

Karl Annuk on olnud mitmes ühiskondlikus ametis: pikka aega agronoomiateaduskonna nõukogu sekretär, EPA väitekirjade kaitsmise nõukogu liige, põllumajandusteaduste ja majandusteaduste doktorinõukogu sekretär ja liige, ETF põllumajandusteaduste ekspert, Aka-

deemilise Põllumajanduse Seltsi asepresident (1989–1995), ajakirja Agraarteadus toimetuskolleegiumi liige ja sekretär (1989–1997) jne. Ta on oponenteerinud hulgaliselt magistri-, kandidaadi- ja doktoritöid. Kõigis neis ametis on tema täpsust ja kohusetundlikkust kõrgelt hinnatud.

Karl Annuki panust rohumaaiviljelusteaduse varasalve on raske üle hinnata. Lammi turvasmuldadel läbiviidud katsetes uuris ta niidutaimiku juurtesüsteemi kujunemist ja seda mõjutavaid tegureid, juurtekamara vastupidavuse reguleerimise võimalusi, mulla looduslikku seemnevaru, koristamissageduse negatiivse mõju leevendamise teid sookultuurniitudel, rajamiseelset varu väetiste andmise võimalusi, perioodilist väetamist ja väetamise järelmõju, külvikordi niiduviljeluses ja palju muid olulisi küsimusi. Oma 2002. aastal avaldatud personaalnimestikus (Tartu, 23 lk) on ära toodud 188 trükiteed, sh mitmeid õppevahendeid (korduvate kordustrükkidega) nagu: *Liblikõieliste ja kõrreliste heintaimede seemned* (Tartu, 1965, 44 lk), *Liblikõieliste ja kõrreliste heintaimede määraja* (Tartu, 1966, 112 lk), *Heintaimede määraja ja rohumaaiviljeluse praktikum* (Tallinn, 1971, 252 lk, kaasautor A. Sau). Lisaks personaal-

nimestikus toodutele on Karl Annuk hiljem trükitis avaldanud ridamisi töid, nii, et koguarv küünib nüüdseks üle 200. Pärast pensionile jäämist on ta pühendunud ajalooliste materjalide uurimisele. Temalt on ilmunud väljaanded: *Eesti Agronoomide Seltsi Rootsis* (Tartu, 1995, 64 lk), *Professor dr. sc. nat. Elmar Leppik* (Tartu, 1998, 64 lk), *Dr. agr. Professor Nikolai Rootsi* (Tartu, 1998, 56 lk), *Talude pärisostmisest eestikeelses Liivimaal* (Tartu, 2010, 29 lk) ja artikliteseeria *Taimikasvatustlikust katsetegevusest Eestimaal ja Põhja-Liivimaal XIX sajandil ja XX sajandi kahel esimesel aastakümnel* (Agraarteadus 2000, nr 1, 2, 3, 4).

Kokkuvõtvalt võime Karl Annuki puhul kinnitada, et ka ilma suure abiliste väeta ja vähese rahalise toetusega võib teaduses edu saavutada. Muidugi peab jätkuma visadust ja töökust, millest juubilaril puhul puudust pole olnud. Kas aga meil, tema kaasteelistel, küllalt taipu on olnud seda märgata ja tehtu eest tunnustust jagada?

Soovime juubilar Karl Annukile tugevat tervist ja õnne!

Ants Bender

JUUBILARID

85

Vilma Raudsepp

80

Karl Annuk
Kaarel Kadarik
Heiki Kuigo
Leopold Meensalu
Andres Reitalu
Leo Saluste
Peeter Tamm

75

Eerik Müts
Lembit Pettai
Hugo Remmelg
Eha Toomiste

70

Eino Härm
Mihkel Jalakas
Raimo Kõlli
Toivo Suuroja
Tõnu Sõõro
Arvo Tõnissoo
Toivo Univer

65

Ants Bender
Märt Nõges
Saima Vilu

60

Heldur Hiis
Andres Koppel
Jüri Resev

55

Ene Ilumäe
Ilmar Kallas
Vahur Kukk
Aleksander Lember
Paul Lättemäe
Viljo Viljasoo

50

Mati Koppel

In memoriam

Endel Laas	29.08.1915–01.11.2009
Leonhard Kevvai	07.04.1927–16.11.2009
Hugo Narusberg	21.10.1919–26.11.2009
Vilmar Kruus	07.04.1927–12.02.2010
Toomas Vain	05.05.1935–08.08.2010