

SEAKASVATUSTEHNOLOOGIATE 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.

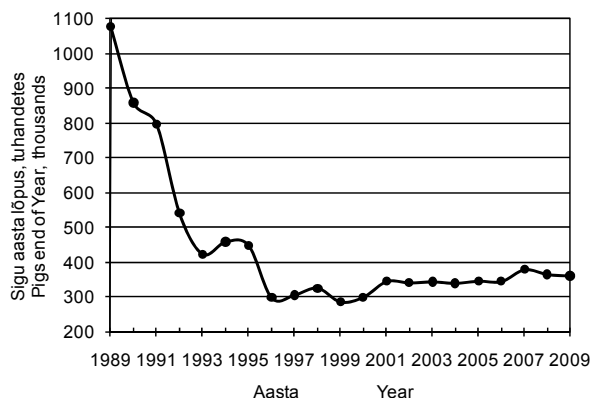
The aim of this thesis was to develop methods for finding optimum values for parameters characterising different pig farming technologies (time consumption of human work, need for feed, necessary area of arable land etc) in a company involved in pig farming and crop growing. This research work deals 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 söötis- 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 seakasvatustehnik-firma 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 – inimitöö 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 seakasvatustes, 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 inimitööaja 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 taimekasvatuses toodetav sigadele söödaks sobilike kultuuride kogus olla suurem ja madalamate saagikuste korral väiksem, kui on sigade söödavajadus aastast. 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:

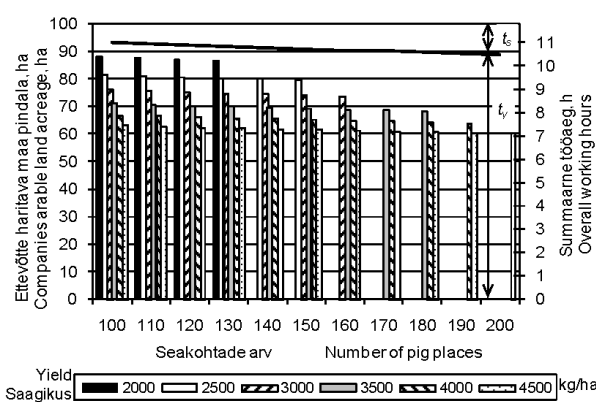
- 1) pidamine allapanuta osalisel respõrandal, kuivisööt jaotatakse paiksete tross-seibkonveieritega;
- 2) pidamine allapanul, sõnnik eemaldatakse konveieritega, kuivisööt jaotatakse ämbriga lauda-kärust.

Eeldati, et taimekasvatuse osakul 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 seakasvatuse toodetava sõnniku kogus. Saagikuse 3,000 kg/ha korral oli seakasvatuse toodetav sõnnikukogus täpselt võrdne lubatuga ja taimekasvatuse toodetav sigadele söödaks sobivate teraviljade kogus võrdne sigade söödatarbega aastast.

Ühe töötaja töötaja jagunemine taime- ja seakasvatustööde vahel on põhimõtteliselt kahe piirilukorra vahel: 1) üks töötaja tegeleb nii taime- kui ka loomakasvatustöödega, 2) üks töötaja tegeleb aastaringselt seakasvatusega ja palkab hooajaliste taimekasvatustööde teostamiseks vajaliku hulga töötajad 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. Taimekasvatuse 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 saagikustasemetega 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 saagikustasemetega korral

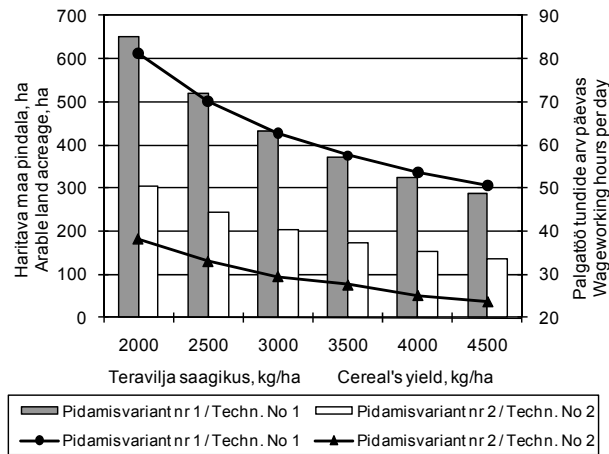
Figure 2. Numbers of pig places (lines) and companies arable land acreages (bar graphs) in dependence on daily working hours during the labour peak periods on different yield levels

Joonisel puudub osale seakohtade arvudest vastava haritava maa pindala näitav graafiku tulp. See on põhjendatud sellega, et vastavate saagikustasemetega korral ei kindlusta haritava maa pindala sigade 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 töötajad koos üürimasinatega. Lühem tööpäev seakasvatuse oli valitud seetõttu, et töötaja peab tegelema lisaks taimekasvatustöödeks õigeks ajaks ja vajalikul hulgal palgatöötajate muretsemisega ning nende töö kvaliteedi kontrollimi-

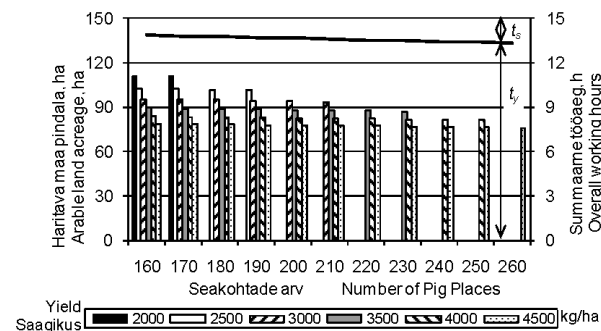
sega. Sigade söödavajaduse tagamiseks vajaliku söödakultuuride kasvupinna alusel leitakse ettevõtte haritava maa pindala. Ühe hektari kohta aastas toodetav sõnnikukogus oli antud näites täpselt võrdne lubatuga. Programmirakenduse abil leitud seakohtade arv sigade pidamisvariantide nr 1 ja 2 korral ning 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)

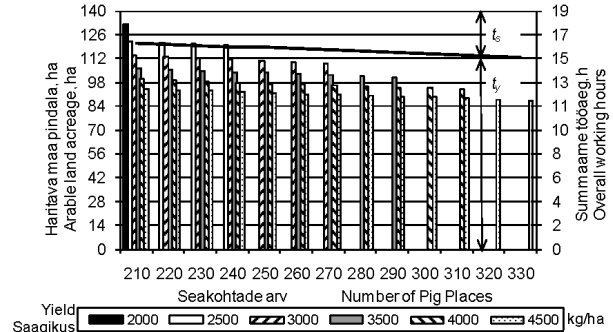
Järgnevalt on vaadeldud kahe töötaja tööajabilansi taime- ja seakasvatuse vahel jaotamise kahte võimalust.

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.php?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.