



EESTI MAAÜLIKOOL
Majandus- ja sotsiaalinstituut

Sander Uusmaa

**VEDELSÕNNIKU LAOTUSTEHNOLOOGIATE KULUD
SARGVERE PÕLLUMAJANDUSÜHISTU NÄITEL**

**THE COSTS OF LIQUID MANURE TECHNOLOGIES ON THE
EXAMPLE OF SARGVERE PÕLLUMAJANDUSÜHISTU**

Magistritöö
Ökonoomika ja ettevõtluse õppekava

Juhendaja: lektor Katri Kall, *MSc*

Tartu 2016

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Sander Uusmaa		Õppekava: Ökonoomika ja ettevõtlus	
Pealkiri: Vedelsõnniku laotustehnoloogiate kulud Sargvere Põllumajandusühistu näitel			
Lehekülgi: 68	Jooniseid: 1	Tabeleid: 19	Lisasad: 5
Osakond: Majandus- ja sotsiaalinstituut Uurimisvaldkond: Põllumajandusökonomika (S187) Juhendaja: lektor Katri Kall, <i>MSc</i> Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2016			
<p>Vedelsõnniku kasutamise efektiivsus muutub järjest olulisemaks. Analüüsitav ettevõtte kasutab vedelsõnnikuga väetamisel paisklaotustehnoloogiat, mis on amortiseerunud ning põhjustab keskkonnaprobleeme. Sellest tulenevalt oli magistritöö eesmärgiks leida amortiseerunud paisklaotustehnoloogia asemele majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsem tehnoloogia läga laotamiseks.</p> <p>Uuringusse valiti kolme erineva suurusega lägatankhaagised, et leida optimaalne maht vedelsõnniku kogusest tulenevalt. Analüüsitavate laotustehnoloogiate töötunni kulud leiti 2015. aasta andmete põhjal. Vedelsõnniku laotamisel lenduv lämmastik arvestati kuluks.</p> <p>Laotustehnoloogiate omavahelises võrdluses lämmastiku emissiooni arvestamata olid ettevõtte amortiseerunud laotustehnoloogia kulud madalaimad (0,94 €/t). Kõrgeimate kuludega oleks lohisseedisega tehnoloogia koos randaalimisega (2,32 €/t). Võttes arvesse vedelsõnniku laotamisel tekkiva ammoniaagi kao rahalist väärtust, oli majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsemaks tehnoloogiaks segamisseadise ning rohumaa injektoriga varustatud 24 m³ mahuga lägatankhaagis (2,16 €/t).</p> <p>Ettevõtte amortiseerunud laotustehnoloogia tuleks töö tulemuste põhjal välja vahetada, et olla majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsem. Autor soovib uue tehnoloogia kasutamisel senisest suuremas mahus väetada rohumaid. Probleemiks uurimistöö tulemuste usaldusväarsuse osas on täpsemate toiteelementide analüüside puudumine vedelsõnniku kohta, mistõttu ka hinnangud lämmastiku emissiooni ja toiteelementide bilansi osas jäävad ligikaudseks.</p>			
Märksõnad: põllumajandusökonomika, keskkond, efektiivsus, väetamine, veiseläga			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Sander Uusmaa		Speciality: Economics and Entrepreneurship	
Title: The costs of liquid manure technologies on the example of Sargvere Põllumajandusühistu			
Pages: 68	Figures: 1	Tables: 19	Appendixes: 5
Department: The Institute of Economics and Social Sciences Field of research: Agricultural Economics (S187) Supervisor: lector Katri Kall, <i>MSc</i> Place and date: Tartu 2016			
<p>The efficient usage of cattle slurry is increasingly important. Analysed enterprise uses aged broadcast distribution technology for spreading liquid manure that causes negative effects on environment. The aim of the master's thesis was to find suitable replacement for depreciated broadcast technology that would be economically and environmentally efficient.</p> <p>Three different sizes of slurry tanks were selected to find out the optimum volume based on the amount of slurry. Annual operating costs of the analysed distribution technologies were calculated on the basis of 2015 data. The volatilised nitrogen from liquid manure spreading was considered as cost.</p> <p>The costs of depreciated broadcast distribution technology (0,94 €/t) were lowest in comparison to the other liquid manure distribution technologies. The costs of the trailing shoe distributor together with mixing into soil using disc harrow were the highest (2,32 €/t). Taking into account the value of ammonia losses during spreading of liquid manure, the environmentally and economically most efficient technology turned out to be the soil and grassland injector with a slurry tank capacity of 24 m³ (2,16 €/t).</p> <p>Based on the results of the analyse the enterprise should replace its depreciated distribution technology to more economically and environmentally efficient one. Author recommends also to increase the usage of slurry on grasslands. The problem with the reliability of the research results is the lack of accurate nutrient analyses of liquid manure, therefore the estimates of ammonia emission and nutrient balances remain imprecise.</p>			
Keywords: agricultural economics, environment, efficiency, fertilisation, cattle slurry			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. VEDELSÖNNIKU MAJANDUSLIK KASUTEGUR PÕLLUMAJANDUSES	7
1.1. Efektiivsuse olemus, majanduslik, tehniline ja keskkondlik efektiivsus.....	7
1.2. Masinkulude ökonoomika	9
1.3. Lägalaotustehnoloogiate efektiivsus.....	14
1.3.1. Laotustehnoloogiate omadused	14
1.3.2. Laotustehnoloogiate mõju keskkonnale ja põllukultuuride saagitasemele	16
1.3.3. Lägalaotustehnoloogiate tehniline ning majanduslik efektiivsus.....	19
1.4. Vedelsõnniku kasutamise efektiivsus lähtuvalt sõnniku omadustest	21
2. VEDELSÖNNIKU LAOTUSTEHTNOLOOGIATE KULUD SARGVERE PÕLLUMAJANDUSÜHISTUS.....	25
2.1. Uurimistöö metoodika	25
2.2. Sargvere Põllumajandusühistus kasvatatavad põllukultuurid ning nende väetamine	
27	
2.2.1. Ettevõtte üldandmed	27
2.2.2. Põllukultuuride väetusvajadus.....	30
2.2.3. Vedelsõnniku kasutamine ja toitainete bilanss.....	31
2.3. Vedelsõnniku laotustehnoloogiate masintööde kulud	37
2.3.1. Sargvere Põllumajandusühistu paisklaotustehnoloogia masintööde kulud 2015.	
aasta andmetel	37
2.3.2. Prognoositavad masintööde kulud alternatiivsete laotustehnoloogiate korral ..	40
2.4. Lägalaotuse kulud arvestades masintööde kulusid ja lämmastiku lendumist.....	46
KOKKUVÕTE	50
KASUTATUD KIRJANDUS	53
THE COSTS OF LIQUID MANURE TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF SARGVERE PÕLLUMAJANDUSÜHISTU	58
LISAD	61
Lisa 1. Vedelsõnnikuga ning mineraalväetistega antud toitainetekogused kokku, kui on arvestatud ammoniaagi kadu (kg/ha).....	62
Lisa 2. Vedelsõnnikuga väetatud põldude keskmine kaugus, km	63
Lisa 3. Traktorite töötunni kulude prognoos segamisseadise ning rohumaa injektori korral, €/h.....	64
Lisa 4. Põllukultuuride ning rohumaaade toitainete kadu erinevate laotusseadiste korral, kg	65
Lisa 4 järg	66
Lisa 5. Keskmised saagid Järvemaal 2011.-2015. aasta, t/ha (PM042)	67

SISSEJUHATUS

Põllumajandusettevõtte ressursside efektiivne kasutamine on muutunud järjest olulisemaks. Venemaa poolt kehtestatud impordipiirangute tõttu Euroopa Liidu toidukaupadele langes 2014. aastal piimahind. Järgmisel aastal 1. aprillis kadus piima müügikvoot, mis suurendas veelgi ülepakkumist piimaturul, kuna kvoodi kadumisel suurendasid paljud piimatootjad tootmiskahtusid. Sellises turuolukorras saavad hakkama need põllumajandustootjad, kes majandavad efektiivselt ning kasutavad efektiivselt tootmissisendeid.

Loomakasvatases tekib kõrvalsaadusena vedelsõnnik, mida saab kasutada taimekasvatases tootmissisendina mineraalväetiste asemel. Vedelsõnniku tähtsus on põllumajanduses suurenenud, sest mineraalväetiste hinnad tõusevad, mille üheks põhjuseks on kasvav fosforipudus maailmas. Vedelsõnniku kasutamise efektiivsus sõltub paljuski laotustehnoloogiast. Põllumajandusturul müüdavate laotustehnoloogiate valik on mitmekesine ning igal ajal on plussid ja miinused. Sobiva tehnoloogia valimine on küllaltki keeruline ning see eeldab põhjalikku müügil olevate masinate, ettevõtte vajaduste ning võimaluste tundmist tehnoloogia valiku puhul.

Eestis on suures osas ettevõtetes kasutusel vedelväetise paisklaotustehnoloogia, mis põhjustab keskkonnaprobleeme. Vedelsõnniku paisklaotamisel saastatakse õhku, kuna põllu pinnale laotatud lämmastik eraldub ammoniaagina atmosfääri. Keskkonnasaaste vähendamiseks on Euroopa Liit kehtestanud piirangud, millest tulenevalt on keskkonnaregulatsioonid karmimaks muutunud. See suunab ettevõtjaid tulevikus investeerima keskkonnaefektiivsemasse tehnoloogiasse.

Järvamaal asuv Sargvere Põllumajandusühistu (PÜ) alustas tegevust 1990. aastal. Ettevõtte põhitegevusalaks on piimatootmine. Lisaks tegeldakse ka taimekasvatusega, põhiliselt söödatootmise eesmärgil. Loomakasvatuse kõrvalsaadusena tekib 25 600 tonni veiseläga aastas, mida kasutatakse valdavalt põllukultuuride väetamiseks. Vedelsõnniku laotamisel on jätkuvalt kasutusel amortiseerunud paisklaotustehnoloogia. Läga laotatakse kevadest kuni sügiseni ning seetõttu toimub nii lämmastiku lendumine ja leostumine põldudelt. Ku-

na ettevõtte asub nitraaditundlikul alal, siis on keskkonnahoid eriti oluline. Selle tehnoloogia asendamiseks tuleb välja selgitada, milline alternatiivsetest võimalikest laotustehnoloogiatest oleks ettevõtte vajadusi arvestades sobivaim ja võimaldaks tekkivat vedelsõnnikut kõige paremini ära kasutada.

Magistritöö eesmärgiks on leida ettevõtte amortiseerunud paisklaotustehnoloogia asemele majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsem tehnoloogia läga laotamiseks.

Töö eesmärgi täitmiseks on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

- Selgitada välja vedelsõnniku laotustehnoloogiate omadused lähtuvalt tootlikkusest, lämmastiku emissioonist ja tehnilistest aspektidest.
- Tuua välja vedelsõnniku laotamisega seotud piirangud ja keskkonnaregulatsioonid.
- Selgitada välja laotustehnoloogiale majandusliku hinnangu andmisel olulised masintööde kulud ning põllukultuuride väetusvajadusest ja vedelsõnniku omadustest tulenevad mõjud sõnniku laotamisele.
- Tuua välja potentsiaalselt kasutusele võetavate laotustehnoloogiate prognoositavad kulud võrreldes paisklaotustehnoloogia kuludega.
- Teha analüüsi põhjal põhjendatud valik sobiva laotustehnoloogia kasuks.

Magistritöö on jagatud kaheks osaks. Teoreetilises osas on selgitatud efektiivsuse olemust ning põllumajandusmasinate efektiivsuse analüüsimisel arvesse võetavaid kulusid. Antud on ülevaade Eestis pakutavatest tehnoloogiatest ja uuringutulemustest nende kohta. Välja on toodud vedelsõnniku kui tootmissisendi omadused, sh toitainete sisaldus, mõju keskkonnale ning kaasnevaid piiranguid.

Töö empiirilises osas tuuakse välja vedelsõnniku laotustehnoloogiate valikud tulenevalt ettevõttes tekkivast vedelsõnniku mahust ja laotamispiirangutest. Arvutuste aluseks on ettevõttes tekkinud läga kogus 2015. aastal mõõdetud andmete põhjal. Laotustehnoloogiate kuludes on arvesse võetud nii otsesed masinkasutusega seotud kulud kui ka läga laotamisel tekkiva lämmastiku kao rahaline väärtus. Senise kasutusel olnud paisklaotustehnoloogia kulusid on võrreldud kolme erineva mahuga tankhaagise ja erinevate laotusseadiste kuludega. Saadud tulemuste põhjal on välja toodud soovitusel nii uue tehnoloogia valikuks kui ka vedelsõnniku efektiivsemaks kasutamiseks läbi töö parema korraldamise.

1. VEDELSÕNNIKU MAJANDUSLIK KASUTEGUR PÕLLUMAJANDUSES

1.1. Efektiivsuse olemus, majanduslik, tehniline ja keskkondlik efektiivsus

Efektiivsus saavutatakse, kui investeeringu tegemisel tootmisprotsessi vähendatakse kulusid ning saavutatakse suurem tootlikus. Efektiivsust saab sõnastada erinevalt ning järgnevalt on toodud eri autorite definitsioonid efektiivsusele ning selle liikidele.

Tootjad on efektiivsed kui nad on maksimaalselt ära kasutanud tootmissisendeid väljundi saamiseks ning kui väljund on toodetud minimaalse omahinnaga (Porcelli 2009: 3). Kalle (2007: 8) nimetab efektiivsuseks kui saavutatakse planeeritud eesmärgi aste või tegevuse lõpetamise määr. Mereste (2003a: 145) defineerib efektiivsust kui resultatiivsust, kus võimalikult väikeste kuludega saavutatakse planeeritud tulemus. Efektiivsuse eesmärgid võivad olla tehnilised, majanduslikud, sotsiaalsed, teaduslikud ning keskkondlikud. Efektiivsust saab iseloomustada selle järgi kui hästi saavutati planeeritud eesmärk võrreldes oodatava väljundiga. Kitsamalt võib efektiivsust väljendada seosega 1 (Kalle 2007: 8):

$$Efektiivsus = \frac{Eesmärk}{Vahendid} \quad 1)$$

Saavutatava efektiivsuse eesmärgiks võib olla toodang, teenus, resultaat, efekt ning sisen did selleks on tööjõud, tooraine, energia, kapital ning informatsioon. Selliselt vaadelduna hõlmab efektiivsus enda alla ka tootlikkuse. (*Ibid.*: 8) Tootlikkuse kasvu saab tagada, kui tegutseda efektiivselt ning säästlikult (*Ibid.*: 9).

Üheks efektiivsuse liigiks on majanduslik efektiivsus, mis kujutab endast majandustegevusel saavutatud majandusliku efekti tehtud kulutuste või kasutatud ressursside näol. Majandlikku efektiivsust saab hinnata kulutuste ning ressursside tõhusal kasutamisel. (Alver, Alver 2011b: 12) Mereste (2003a: 553-554) määratleb majanduslikku efektiivsust kui majandustegevuse tagajärge, mida saab mõõta laiemal majandusliku tausta põhjal ning mida

hinnatakse kindla kriteeriumi järgi. Seda saab uurida kogu rahvamajanduse, ettevõtte, majandusharu või ürituse ulatuses. Üldlevinud käsitluses leitakse majanduslik efektiivsus kahe näitaja suhte põhjal, aga majandusliku efektiivsuse maatrikskontseptsioonis ei mõõdetata efektiivsussuhet, vaid efektiivsusvälja seisundit. Kalle (2007: 7) nimetab majanduslikuks efektiivsuseks seda kui väljundid ja sisendid on rahalises väärtuses.

Tehniline efektiivsus näitab, kui tõhusalt suudetakse tootmissisendit toodanguks muuta (Mereste 2003b: 352). Tehnilist tootlikkust ei mõjuta hinnad ning selle väljundid ja sisendid on naturaälühikutes (Kalle 2007: 7). Tehnilist efektiivsust saab hinnata kahe lähene-misviisi alusel (Porcelli 2009: 4):

- Tootmissisendi seisukohalt tuleb vältida kadude tekkimist, et toota võimalikult palju väljundit kui sisendid lubavad;
- Väljundi saamiseks tuleb võimalikult vähe kasutada tootmissisendeid, et kaod oleksid minimaalsed.

Ettevõtetel on väga oluline vahend keskkonna hoidmisel ökoloogilise efektiivsuse mõõtmine. Kirjanduse põhjal on ökoloogilise efektiivsuse mõistel mitmeid definitsioone. Maa-ilma säästva arengu ärinõukogu (World Business Council For Sustainable Development) määratlus ütleb, et keskkonna efektiivsus saavutatakse siis kui konkurentsivõimelise hin-naga kaubad ja teenused rahuldavad inimeste vajadusi ning tõstavad elukvaliteeti, samal ajal kui vähendatakse keskkonnamõju ja ressursimahukaid töid, et see oleks kooskõlas Maa hinnangulise võimekusega. Ökoloogilist efektiivsust mõõdetakse tavaliselt tegevuse tulemuslikkuse näitajatega, mis põhinevad materjalide ja energia bilansil. Keskkonna tulemus-likkuse näitajaid saab kasutada kas sihtmärk - tulemuslikkuse võrdluses, aja jooksul võr-reldes, sisemiste või välimiste ökoloogilistel võrdlusuuringutel. Ökoloogilise efektiivsuse mõõtmisel tuleb mõnikord kasutada majanduslikke näitajaid. (Dyckhoff, Allen 2001: 313-314)

Analüüsides üksikasjalikult ettevõtte tootmisprotsesse, on võimalik kindlaks määrata kit-saskohad, mis muudavad ettevõtte ebaefektiivseks. Maailm ning tehnoloogia on pidevas muutuses ja selleks, et püsida konkurentsisis, tuleb toota efektiivselt. Põllumajanduses on efektiivsus olulisel kohal, kuna seda tootmisharu mõjutavad süvenev tööjõu puudus, maa-

piirkondades sisendite kallinemine, ebastabiilsed maailmaturu hinnad, Euroopa Liidu poliitika jne.

Uued tehnoloogilised lahendused aitavad põllumeestel paremini kasutada tootmisressursse ning hoida ümbritsevat keskkonda. Näiteks vedelsõnniku laotustehnoloogiad on muutunud tehniliselt, keskkondlikult ning majanduslikult efektiivsemaks. Õige laotustehnoloogia valik on põllumehe jaoks keeruline, kuna seadmed erinevad hinna, tootlikkuse ning keskkonna efektiivsuse poolest.

1.2. Masinkulude ökonomika

Põllumajandusvaldkond nõuab tööde tegemiseks spetsiifilisi masinaid ning seadmeid. Selleks, et omada ning kasutada põllumajandustehnoloogiat tuleb teha suuri kapitali investeeringuid. Soovitud efektiivsuse saamiseks peavad tootjad leidma aega, et juhtida oma masinate investeeringuid. (Pflueger 2005: 1)

Ühed kõige suuremad kulud igas põllumajanduslikus tootmises on masinate kasutusega seotud kulud. Suurendades põllumajandustehnika efektiivsust, võib oluliselt vähendada tootmiskulusid. Enamasti ettevõtte juhid ei tea täpselt, kui efektiivselt töötavad nende masinad põllul või kust tuleneb seadmete ebaefektiivsus. (Ehsani 2010: 1)

Masinressursside juhtimisel peavad põllumajandustootjad kasutama efektiivset strateegiat. Efektiivseks masinressursside kasutamiseks tuleb leida vastused järgnevatele küsimustele (Dalsted 2008: 1):

- Millise suurusega masinad on ökonomisemad?
- Kui palju masinaid läheb vaja lähtuvalt haritavast pinnast?
- Kas masinaid tuleks liisida, rentida, osta või kasutada teenustööd?
- Kas tuleks osta uus või kasutatud masin?
- Kui kaua on põhjendatud masinat kasutada enne kui see välja vahetada?

Nendele küsimustele vastamiseks on vaja omada ülevaadet masinkuludest, et leida efektiivsem lahend. Kahjuks paljud põllumehed ei registreeri masinatega seotuid kulutusi.

Need on vajalikud andmed, kuna ilma nendeta on raske teha kuluprojektsioone (Dalsted 2008: 1).

Vedelsõnniku laotamisel on võimalik valida erineva efektiivsusega tehnoloogiaid. Selleks, et leida nende hulgast majanduslikult efektiivseim, tuleb võtta arvesse tehnoloogia hankimise ja kasutamisega kaasnevad kulud.

Kulude arvestamisel tuleb ettevõttes välja selgitada kuluobjektid, mida tahetakse mõõta ning arvestada. Kuluobjekti arvestusel selgitatakse kõik kulud, mis on seotud objekti analüüsimisega. Selleks on oluline teada, kus tekivad kulud ning miks nad tekivad. Kuluarvestuse tegemisel tuleb kulud liigitada sõltuvalt kuluobjektist ning kulukohast. (Karu 2008: 72-73)

Oluline on tähelepanu pöörata kulude käitumisele ning grupeerida neid püsi- ja muutuvkuludeks (*Ibid.*: 112-113). Tegevusmahu muutmisel suurenevad muutuvkulud lineaarselt tegevuse muutusega. Püsikulude kogusumma lühiajalisel perioodil ei sõltu tootmismahust (Caplan 2010).

Põllumajandusmasinate kasutamise kulud jaotatakse analüüsimiseks enamasti samuti kahte kategooriasse: püsi- ning muutuvkulud.

Masinate kasutamisel püsikulude hulka kuuluvad amortisatsioon, laenuintress, masina hoiustamiskulud, kindlustusmaksed ja ettevõtte üldkulud (Loko jt 2012: 3).

Amortisatsioonikulu arvestamiseks põllumajandusmasinate puhul kasutatakse lineaarset meetodit. Selle meetodi alusel sõltub amortisatsioonikulu põhivara kasulikust elueast ning iga-aastane amortisatsiooni summa on sama. (Karu 2008: 195) Põhivara kasutuslik eluiga on tavaliselt väiksem kui masina tööiga, sest ettevõtted vahetavad tehnika enne täieliku amortiseerumist välja (Edwards 2009: 1) Amortisatsiooni liigitamine püsikuluks on vaieldav kuna amortisatsioon oleneb masinakasutusest ning seega peaks see olema muutuvkulu. Kuigi sellel argumendil on omad head küljed, on teadlased leidnud, et aeg on peamine faktor seletamiseks väärtuse langust. Seega amortisatsioonimäär on üldiselt fikseeritud sõltumata kasutamisest. (Dalsted 2008: 2) Aeg, mis kulub alates masina ostust kuni kulumiseni või moraalse vananemiseni varieerub eri liiki masinate vahel. Aktsepteeritav vahemik on

Plfueger (2005: 2) järgi 6-8 aastat ning Edwards'il (2009: 1) 10-12 aastat. Masina eeldatav majanduslik eluiga töötunde jälgides on tavaliselt 10 000 töötundi (Lips 2013: 133).

Kui masina ostu finantseerimisel kasutatakse võõrkapitali, arvestatakse laenuintressi maksmist püsikulude arvestamisel (Loko jt 2012: 4).

Masinaid hoitakse tavaliselt hoiustamisruumides, et kaitsta neid ilma negatiivse mõju eest. Varju all hoides pikeneb masinate eluiga, vähenevad remondikulud ning masina väline ilme kahjustub vähem. (Dalsted 2008: 2) Hinnanguliselt on hoiustuskulud 0,5% masina soetumaksumusest (Edwards 2009: 4)

Masinatele tehtud kapitaliinvesteeringuid kindlustavad farmerid tulekahju, varguse, vandalismi ning vigastuste vastu (Dalsted 2008: 2). Liiklus- ja varakindlustus sõlmitakse traktorile terveks aastaks (Loko jt 2012: 5).

Püsikuludeks on ka ettevõtte üldkulud: raamatupidamise kulud, juhi ja spetsialistide töötasud jpm. Üldkulud arvestatakse protsentides firma kogukuludest, liites kokku püsi- ning muutuvkulud. Üldkulud jäävad üldjuhul 6-12% piiresse püsi- ning muutuvkulude summast. (*Ibid.*: 5)

Põllumajandusmasinate kasutamisega soetud muutuvkulud on kütuse- ja määrdeaine kulu, korrashoiukulud, töötasu ning töökindlus.

Muutuvkuludest on masintööl kütusekulu osakaal kõige suurem (Loko jt 2012: 5). Kütusekulu sõltub eelkõige mootori suuruselt, põllutöö liigist ning kütuse kvaliteedist (Dalsted 2008: 3). Juhul, kui puuduvad andmed kütuse koguste kohta töötunnis, siis see on leitav valemiga 1:

$$L = \frac{qk_1p_m}{p}, \quad (1)$$

kus L – kütusekogus, l/h,
 q – diislikütuse erikulu, kg/kWh,
 k_1 – mootorivõimsuse kasutamise tegur ehk koormusaste: raskel tööl 0,6-0,7; keskmise raskusega tööl 0,4-0,5; kergel tööl 0,3,
 p_m – traktori või liikurmasina mootori nimivõimsus, kW,
 p – diislikütuse tihedus, kg/l, $p=0,86$ kg/l. (Loko jt 2012: 5)

Liikurmasinatel kasutatakse ka määrdeaineid ning kõige rohkem kulub mahuliselt diisliõli. Diisliõli kuluks hinnatakse Lääne traktoritel keskmiselt 1,2% diislikütuse kogusest. Vanadel Ida traktoritel on diisliõlikulu suurem (1,5-2,0% diislikütuse kogusest). Lisaks diisliõlile kasutatakse ka kallimaid määrdeid, mille väärtuseks tuleks arvestada 1,1-1,2 kordset diisliõli hinda. (*Ibid*: 6) Määrdeainete valem on järgnev (valem 2):

$$u_m = 1,2 \frac{mr_m L}{100\%}, \quad (2)$$

kus u_m – kulu määrdeõlile, €/h;
 m – määrdeõlikogus, % kütusekogusest;
 r_m – määrdeõli hind, €/l;
 L – diislikütuse kulu l/h.

Korrashoiukulud tekivad rutiinse hoolduse, kulumise, õnnetuse tagajärjel ning need kasvavad vastavalt masina kasutuse kasvuga. Korrashoiukulud erinevad sama masina puhul sõltuvalt geograafilisest piirkonnast, pinnasetüübist, kividest, maastikust, kliimast jne. Samas piirkonnas olevatel farmidel erinevad remondikulud ettevõtte juhtimisstiili ning tööliste oskuste poolest. Parimad andmeallikad remondikulude ennustamiseks on ettevõtte varasemate remondikulude dokumentatsioon. Hea andmestiku põhjal saab anda hinnangu, kas masinatel on olnud üle või alla keskmise remondikulud. (Edwards 2009: 4)

Täpseid prognoose korrashoiukulude tegemiseks on raske teha, kuna paranduskulud erinevad samade masinate ning töötundide puhul, kui tehakse erinevaid põllutöid. Näiteks traktor, mida kasutatakse rasketel töödel, vajab tõenäoliselt rohkem remonti kui kergemaid töid tegev masin. (Dalsted 2008: 2)

Traktori puhul, mille töökoormus on aastas 1000 tundi, võib arvestada materjalikuludeks (õlid, filtrid jm) aastas keskmiselt 1,7% masina asendushinnast. Korrashoiukuludeks arvestatakse koos remondikuludega 3,4-3,6% traktori asendushinnast 1000 töötunni kohta. Idast pärinevate masinate korrashoiukulud on 4-5% asendushinnast. Vanadel traktoritel, mis on töötanud üle 8000 tunni, võivad korrashoiukulud 1000 töötunni kohta asendushinnast olla kuni 8-10%. (Loko jt 2012: 6)

Korrashoiukulu on leitav valemiga 3:

$$u_s = \frac{sM_a}{100\%W} \quad (3)$$

kus u_s – korrashoiukulu, €/h;

s – korrashoiukulu, % masina asendushinnast;

W – töötundide arv aastas, h;

M_a – masina asendushind, €. Uue masina puhul sama, mis ostuhind.

Erineva suurusega masinad vajavad erinevas mahu tööjõudu tööülesannete täitmiseks ning selle tõttu on oluline arvestada tööjõukulu masinakulude analüüsimisel. Tööjõukulu rolli on oluline arvestada, kui võrreldakse kulusid masina omamisel ning teenustöö kasutamisel. (Edwards 2009: 5)

Lisaks otsestele muutuvsisenditele masintööde puhul käsitletakse ühe muutuvkuluna ka töökindlust. Kui masinal on tehnilised probleemid ja ei suudeta täita tööülesandeid õigeaegselt, siis võib esineda saagikuse või kvaliteedi kahjusid. Töökindlusega seotud kulud tõusevad vastavalt masina vanusega ning sõltuvad sellest, mis tööd tehakse. Töökindlusega seotud kulusid on raske täpselt hinnata ning lisaks puuduvad põhjalikud uurimistööd tööde õigeaegsuse ja saagikuse suhte vahel. (Dalsted 2008: 4) Selle tõttu ei esitata siin töös töökindlusega seotuid kulusid.

Õigeaegsuse kulud on tihedalt seotud masina suurusega ning ei lange püsiva ka muutuvkulude kategooriasse. Alati tekib kulu saagikuse ja töö kvaliteedi langemisel, kui ei suudeta töid õigel ajaperioodil teha. Tööoperatsiooni tegemine õigel ajal on suuresti sõltuv masina suurusest ning võimsusest. Õigeaegsuse kulusid, mis on seotud vähesel võimsusega masinatega, on raske määratleda. Sellised kulud ei erine mitte ainult põllukultuuride vahel vaid ka tööoperatsioonist, mis on tehtud põllukultuurile. Kulude kindlakstegemist raskendab veelgi ettearvamatu ilmastik. (Dalsted 2008: 4)

Eelnevalt välja toodud kuluelementide abil arvutatakse nii traktori kui ka laotusagregaadi kasutamise seotud kulud töötunni kohta. Masina ning laotusagregaadi töötunnikulu (€/h) arvutatakse alul eraldi ning kokkuliitmise teel saadakse terve masinkomplekti kulud. Teades jõumasina ning töömasina tunnitootlikkust, saab leida kulu tööühikule (€/t).

1.3. Lägalaotustehnoloogiate efektiivsus

1.3.1. Laotustehnoloogiate omadused

Vedelsõnniku laotustehnoloogiate valikul on aktuaalseks küsimuseks nii masinkulude suurus tulenevalt seadmete parameetritest ja ettevõtte töömahust kui ka keskkonnanõuetest. Ettevõttele sobiva tehnoloogia leidmiseks tuleb tagada tehnoloogiate omadustest põhjalik ülevaade.

Vedelsõnnikut saab põllule vedada, laotada ja mulda viia nii otseveona lägalaoturiga kui ka ümberpumpamistehnoloogiaga. Sellisel juhul toimub läga ettevedu eraldi transpordimasinatega. Etteveo ja laotamismasina ooteaja vähendamiseks kasutatakse põllul ka vahemahuteid (Siim jt 2013: 59).

Vedelsõnnikut saab põllule laotada kolmel erineval moel:

- laotatakse põllu pinnale;
- laotatakse põllu pinnale ja samaaegselt segatakse mulda ketasseadmega;
- vedelsõnnik viiakse lõhedega seadiste tehnoloogiaga mulda või rohukamarasse.

Põllu pinnale laotamiseks on kasutusel kaks tehnoloogiat, paisk- või lohislaotur. Paisklaotamisel paisatakse vedelsõnnik õhu kaudu laiali. Lohislaoturil jaotatakse vedelsõnnik terve töölaie ulatuses laiali lohisvoolikutega. (Koik jt 2008: 11)

Paisklaoturitel võib olla üks, kaks, kolm või enam paiskeseadist. Levinud variandi kohaselt suunatakse survestatud vedelsõnniku juga kaldu asetatud plaadile, mis paiskab vedelsõnniku laiali. Paisklaoturitel on suur tootlikkus ja masina soetusmaksumus on võrreldes teistega madalam. Selline tehnoloogia põhjustab olulisi keskkonnaprobleeme. Paisklaoturid võivad vedelsõnniku jaotada põllule ebahühtlaselt. (Siim jt 2013: 82) Paisklaoturite kasutamine on raskendatud rohumaade väetamisel, kuna vedelsõnnikuga saastunud taimedest ei saa teha kvaliteetset sööta (Koik jt 2008:11). Lisaks tehnoloogiale mõjutab töö efektiivsust töötegija. Deflektori vale asendi tõttu laotub vedelsõnnik põllule ebahühtlaselt. Hoolimatusest võivad tekkida ülekatted või jääda vahed.

Lohislaoturitel on terve töölaiuse ulatuses ühtlaste vahedega poomi külge kinnitatud voolikud, mis ulatuvad maapinnani. Lohisvoolikute kaudu jaotatakse vedelsõnnik ühtlaste laiuste ribadena mulla pinnale. Läga liigub voolikutesse jagamispea kaudu, mis võib olla vertikaalne, horisontaalne ning on varustatud lõikeseadmega. Lohisvooliklaotur on sobilik põllu- ja rohumaa väetamiseks. (Koik jt 2008.: 11) Rohumaale laotamisel peab jälgima, et vedelsõnnik läheb taimiku alla. Vastasel korral võib probleem tekkida silo tegemisel, kui taimed on vedelsõnnikuga saastunud. Vihmase perioodi jooksul saavad taimed puhtaks, kuid kuiva ilma korral kuivab vedelsõnnik taimedele ning lämmastik eraldub õhku.

Segamslaotamisel suunatakse läga mulda voolikutega ning segatakse ketastega või vedrupiidega. Kevadel haagitakse külvieelselt laoturitele tüükultivaatorid või kergrandaalid, mille korral saab teha nõ kaks tööd korraga. (Siim jt 2013: 79) Väetatakse ning haritakse maad samaaegselt. Selle tehnoloogiaga ei saa väetada taimkattega põllumaid.

Vedelsõnniku mulda või kamarasse viimiseks on kaks võimalust. Esimese variandi puhul lõigatakse ketastega maapinda mõne sentimeetri sügavused lõhed, kuhu siis voolikute abil suunatakse vedelsõnnik. Teise variandi puhul kasutatakse survet vedelsõnniku maasse viimiseks. (Koik jt 2008: 12)

Avatud lõhede seadiste puhul suunatakse vedelsõnnik 50-150 mm sügavusele maapinda. Lõhede lõikamiseks kasutatakse nugasid või kettaid. Lõhe üleujutamise vältimiseks tuleb reguleerida välja paisatava sõnnikujoa intensiivsust. Sellise tehnoloogia puhul on negatiivseks asjaoluks see, et põllud ei tohi olla kivised ega raskete muldadega, sest siis esineb probleeme lõhe lõikamisega. (*Ibid.*: 11-12) Mõnede tootjafirma ketasseadistega laotustehnikad ei ole osutunud vastupidavaks suure töömahu juures, ning ka põldude eripärast. Masinaid peab tihti remontima ning korralikult hooldama. (Kadaja jt 2009: 45) Seega on sellise masina kasutamine seotud suuremate remondikuludega.

Suletud lõhega seadistel viiakse läga 50-200 mm sügavusele pinnasesse. Lõhe suletakse surveratta või rullikuga. Sõnniku laotamise käigus kobestatakse mingil määral ka mulda. Seadme puudusteks on väike töölaius, suure võimsusega traktori vajadus ning võimalus vigastada kasvava taime juurestikku. Seadis ei sobi kivirohketele ja ega savistele muldadele. (Koik jt 2008: 12) Sobivates tingimustes on sulglõhega seadised kõige keskkonnasõbralikumad.

Survega sisseviimisel pressitakse vedelsõnnik (kuni 13 atmosfäärise rõhuga) jaotuskambrite abil kuni 5 cm sügavusele. Sellist lahendit on võimalik kasutada madala kasvuga taimestikuga ja pinnakivideta põldudel. (Koik jt 2008: 12)

1.3.2. Laotustehnoloogiate mõju keskkonnale ja põllukultuuride saagitasemele

ÜRO ja Euroopa Liit on seadnud eesmärgiks piirata ammoniaagi (NH_3) emissiooni atmosfääri, et takistada keskkonna kahjustamist. NH_3 emissiooni allikaks on peamiselt loomakasvatus, kuna põllule laotatud vedelsõnnikust eraldub atmosfääri palju lämmastikku. Globaalsest NH_3 emissioonist moodustab 50% põllumajandus ning Euroopas on intensiivsetes loomakasvatuspriirkondades ammoniaagi emissioon üle 70% (Sommer, Hutchings 2001: 1-2)

Lämmastiku lendumise vähendamiseks ning seeläbi ümbritseva keskkonna hoidmiseks on farmeril võimalik kasutada keskkonnasõbralikemaid laotustehnoloogiaid. Huijsmans jt (2001: 323-342) uurisid ammoniaagi lendumist rohumaal kolme erineva laotustehnoloogia kohta. Laotustehnoloogiatest kasutati paisk, lohis- ning sisestusseadet. Uuringu läbiviimisel arvestati mullatüüpe, vedelsõnniku koostist, ilmastikutingimusi, pinnasevee koostist ning taime pikkust. Katsete tulemustest selgus, et vedelsõnniku mulla pinnale laotamisel oli NH_3 kadu 77%, lohisvoolikseadmega 20% ning sügavale mulda viies mulla kamarasse sisestamisel 6%. Uuringust saab järeldada, et erinevate tehnoloogiatega kasutamisega on võimalik suurendada või vähendada keskkonnaefektiivsust.

Huijsmans jt (2001) uuring näitas sisestusseadmete efektiivsust, kuid nende kasutamise kohta on esinenud kriitikat. Kritisereijate arvates on ammoniaagi emissioon paisklaotuse korral üle tähtsustatud. Rohumaade saagikused sisestusseadmete kasutamisel ei tõuse kuna mullastik tiheneb või ammoniaagi kadu on vahetunud teist tüüpi lämmastiku kaoga. Hollandis tehtud katsete põhjal aastatel 1989-1993 ning 1995-2003 oli rohumaa väetamisel veise vedelsõnnikuga ammoniaagi kadu paisklaotusega keskmiselt 74%, lohisvoolikseadisega 26% ning sisestusseadme korral 16% (Huijsmans, Schils 2009: 13-18). Nende katsete tulemused näitavad, et keskkonnasõbralikumad tehnoloogiad vähendavad oluliselt NH_3 emissiooni. Lisaks ei leidnud kinnitust väited, et rohumaa saagikus ei

tõuse, kuna mulla kvaliteet kannatab ning lämmastik läheb kaduma teises vormis. Kritiseerijad püstitasid hüpoteesi, et kui omavahel kombineerida madala proteiini sisaldusega söödaratsiooni piimakarjale ning laotada vedelsõnnikut paisklaotustehnoloogiaga sobilikes ilmastikuoludes, siis see on efektiivne alternatiiv sisestustehnoloogia tehnoloogiaga võrreldes. Alternatiivne lahendus võib odavam olla, aga pole nii efektiivne ning on raske kasutada. (Huijsmans jt 2015: 1-8)

Ka Eestis on uuritud vedelsõnniku mõju rohumaa saagikusele. 2010. aastal tehtud tootmiskatses selgus, et lohis- ning sisestusseade andsid saagikuses sarnased tulemused ning võrreldes nullkatsega oli saagikuse tõus 22-29% (Vedelsõnniku kasutamine... 2011: 14-15). Rodhe ja Halling (2014: 265) uuringus vähendasid laotustehnoloogiaid, mis sisestavad vedelsõnniku otse rohukamarasse, rohumaa saagikust. Saagikust mõjutas ka laotusaeg, kuna kevadisel laotamisel oli kahju suurem kui suvel. Erinevus on tingitud sellest, et kevadisel laotusperioodil ei ole taime juurestik nii vastupidav. Sisestusseadmega läheb toitaineid vähem kaduma, aga selle tõttu kannatab kevadisel väetamisel rohumaa saagikus.

Vedelsõnniku laotusviiside mõju saagitasemele lämmastikukao tõttu on uuritud ka teravilja väetamisel. Tabelis 1 on näidatud vedelsõnniku mõju odra saagikusele kevadisel muldaviimisel tehnoloogiast lähtuvalt.

Tabel 1. Vedelsõnniku kevadise muldaviimise viisi mõju odra saagikusele (Kadaja jt 2012: 49)

Laotustehnoloogia	Saagikus, t/ha	Saak võrreldes kontrolliga	
		t/ha	%
Vedelsõnnik mulda ketasseadise laoturiga (kontroll)	4,20	-	-
Vedelsõnnik mullapinnale lohisvooliklaoturiga ja ühe tunni pärast mulda rullrandaaliga	3,41	-0,79	-18,8
Vedelsõnnik mullapinnale lohisvooliklaoturiga ja 24 tunni pärast mulda rullrandaaliga	3,12	-1,08	-25,7
Vedelsõnnik mullapinnale lohisvooliklaoturiga ja 48 tunni pärast mulda rullrandaaliga	2,81	-1,49	-37,5

Kontrollsaagiks oli 4,2 t/ha, mille puhul vedelsõnnik segati mullaga. Kui vedelsõnnik viidi tund aega hiljem mulda, siis langes saagikus 0,79 tonni ning 48 tunni pärast mulda viies juba 1,49 tonni. Mullapinnale laotades võib lämmastiku kadu olla esimestel tundidel 9-10

kg hektari kohta. (Kadaja jt 2012: 49) Sisestustehnoloogia avaldab positiivset mõju teravilja saagikusele, kuna NH₃ kadu on minimaalne võrreldes mullapinnale laotamisega.

Selleks, et iseloomustada laotustehnoloogiate keskkonnaefektiivsust, on tabelis 2 esitatud andmed teadusuuringutusest NH₃ kao kohta. Paisk- ning lohislaoturiga peab laotatud sõnniku kiiresti mullaga segama, et vähendada toitainete kadu. Paisklaoturi korral on ammoniaagi kadu ilma muldasegamiseta kuni 70%, isegi kui segatakse mullaga 12 tunni jooksul, on kadu 55%. (*Ibid.*: 70). Kõige väiksem ammoniaagi kadu (1%) on siis kui kasutada suletud lõhega mulda viimist, mis on kõige efektiivsem tehnoloogia vedelsõnnikuga väetamisel.

Tabel 2. Keskmise ammooniumlämmastiku kadu erinevate laotamistehnoloogiate korral (Koik jt 2008: 70)

Laotusviis	Ammoniaagi emissioonifaktor, %
Paisklaotus, muldasegamiseta	70,0
Paisklaotus, muldasegamine 12 tunni jooksul	55,0
Lohisvooliklaotamine, millele ei järgne mullaga segamine	24,0
Lohisvooliklaotamine, 12 tunni jooksul muldasegamine	10,0
Lohisvooliklaotamine kasvavatele taimedele (taimiku kõrgus on 10–30 cm)	20,0
Lohisjalaslaotamine kasvavatele taimedele (taimiku kõrgus on vähemalt 8 cm)	18,0
Avalõhe-sisestus rohumaal	10,0
Laotus sõbastamisega (mulda segamine)	5,0
Sulglõhe-sisestus rohumaal	1,0
Sulglõhe-sisestus põllumaal	1,0

Ümbritseva keskkonna seisukohalt tuleks kasutada võimalikult keskkonnaefektiivseid laotustehnoloogiaid. Ebaefektiivne väetamine põhjustab toitainete kadu, veekogude reostumist ning Läänemere eutrofeerumist (Surovtsev jt 2012: 146). Vedelsõnniku sisestamine rohumaale on keskkonnaefektiivsem lahendus, kuid laotusseadis on kallid ja kahjustab taimestikku. Erinevate laotustehnoloogiate saab oluliselt mõjutada odra saagikust ning seeläbi on võimalik suurendada müügitulu. Selgitamaks, kas keskkonnasäästliku masina kasutamine korvab ära masinale tehtud kulutuse, tuleb teha majanduslikke arvutusi.

1.3.3. Lägalaotustehnoloogiate tehniline ning majanduslik efektiivsus

Keskkonnasäästlikuma tehnoloogia kasutamise on võimalik suurendada toitainete jõudmist mulda, kuid seadmete soetamiseks peab põllumees rohkem investeerima. Mitmed autorid on välja toonud, et kokkuvõttes, mida saavutatakse vedelsõnniku efektiivsel kasutamisel, ei kompenseeri suurenevaid kulusid, mis on tehtud tehnikasse investeerimisel, et vähendada saastumist. Mitte kõik Euroopa Liidu põllumajandustootjad ei saa hüvitist keskkonnasõbralikuma tehnoloogia ostmisel ning kui isegi saavad, siis see ei kata kogu lisanduva investeeringu kulu. (Jakobson jt 2002 lk: 9) Eeltoodust tulenevalt on ettevõtte juhi jaoks oluline valida tehniliselt ning majanduslikult efektiivseim tehnoloogia taimede väetamiseks.

Eestis on lägalaotustehnoloogia optimaalseid valikuid uurinud Kalvi Tamm ja Raivo Vettik (2012) ning nad leidsid, et vedelsõnniku laotustehnoloogia tehnilist efektiivsust saab mõjutada optimaalse paakhaagise suuruse valikuga. Laotusvõimsust mõjutab töölaius, sõidukiirus, transpordikaugus, laadimisaeg ning lägatankhaagise suurus. Kõige suuremat mõju laotamisvõimsusele avaldab lägatankhaagise maht. Kui võrreldi erinevate suurustega lägatankhaagiste kulusid samades töötingimustes (tööpäevade arv, põllu kaugus, aastane vedelsõnniku kogus), siis selgus, et vedelsõnniku m³ kohta võisid kulud küllaltki vähe erineda. Kuid lahknevused terve aasta kohta või masina eluea jooksul olid suured. Seega ala- või ülehinnates lägatankhaagise suurust väheneb majanduslik efektiivsus. (Tamm, Vettik 2012: 244-250) Ostes suure mahutavusega lägatankhaagise, millega saab läga kiirelt ära laotada, on võimalik võita küll ajaliselt, aga kaotada rahas, kuna tootlikus on liiga suur.

Iirimaal kasutatakse peamiselt rohumaadel vedelsõnnikuga laotamisel paisklaotustehnoloogiat. Kuna põllumaad on seal kivised ning mullad on tekstuuri rasked, siis sellistes tingimustes sobib keskkonna efektiivsematest laotustehnoloogiatest lohisvoolikseade. Kui võrreldi omavahel laotustehnoloogiate masinkulusid, siis oli paisklaotustehnoloogia masinkulu ühe tonni läga kohta väiksem kui lohisvoolikseadmel. Lisaks kui arvestati juurde ammoniaagi kadu, siis selgus, et täiendava investeeringu tegemine lohisvoolikuga laotustehnoloogiasse ei tasunud ära. (Lalor 2008: 76-79)

2012. aastal uurisid EMVI teadurid erinevate laotamistehnoloogiate majanduslikku efektiivsust, kui arvestati NH₃ lendumist. Uuringus vaadeldi kulusid, mis tekivad vedelsõnniku

vedamisel ning laotamisel. Kui arvestada ammoniaagi lendumist, siis tõuseb vedelsõnniku kulu kõige rohkem paisklaotusel (tabel 3). Põllu pinnale laotades eraldub 12 tunni jooksul arvestatav hulk ammoniaaki, mis muudab paisk- ning lohisseedised kõige ebaefektiivsemateks tehnoloogiteks. Vedelsõnniku otseveol on kõige odavam lahendus kuni ühe km raadiuses vedrupiiga segamislautamine, sealt edasi lõikeketaslaotamine. Kui kasutada ümberlaadimist siis sõltumata veokaugusest on odavaim variant vedrupiidega segamislautamine. Ümberlaadimistehnoloogia on alates kolmandast kilomeetrist odavam kui otsevedu põllule. (Siim jt. 2013: 61)

Tabel 3. Vedelsõnniku veo- ja laotuskulud €/m³ sõltuvalt veokaugusest ja veo- ning laotamisvariantidest, arvestades ammoniaagi lendumiskadu (Siim jt 2013: 61)

Veokaugus, km	Variandid				
	paisk	lohisvoolik	lõikeketas	vedrupii	randaal
Vedu laoturiga					
1	3,82	3,81	3,39	3,30	3,37
3	4,61	4,66	4,30	4,30	4,46
5	5,40	5,52	5,21	5,31	5,55
10	7,39	7,68	7,49	7,83	8,28
15	9,37	9,84	9,78	10,35	11,01
Vedu paakhaagistega					
1	4,45	4,40	3,94	3,79	3,82
3	4,47	4,41	3,95	3,80	3,83
5	4,48	4,42	3,96	3,82	3,84
10	4,77	4,72	4,23	4,08	4,11
15	5,12	5,07	4,55	4,41	4,44

Vedelsõnniku majanduslikku ning tehnilist efektiivsust mõjutab laotatav aastane kogus. Laotusseadmed, mis on keskkonnaefektiivsed, nõuavad suurt investeringut ning aastane töömaht peab olema küllaltki suur. Farmidel, millel on vedelsõnniku aastane kogus 4 000 m³, on efektiivsemaks lahendiks kasutada teenustööd. Vedelsõnniku aastakoguseni 11 000 m³ on 40 päevase laotusperioodi korral teenustööna põllule vedu ja laotamine soodsam. Suurema aastakoguse korral on odavam lahend kasutada põllule veoteenust ning laotada oma laoturiga. Kui aastane vedelsõnniku kogus on 16 000 m³, siis oleks efektiivsem lahendus kuni 2,5 km kauguseni kasutada oma laoturiga vedu ning laotamist. (Kadaja jt 2012: 94)

1.4. Vedelsõnniku kasutamise efektiivsus lähtuvalt sõnniku omadustest

Eestis toodetakse iga aastaga järjest rohkem vedelsõnnikut, mis on tingitud loomapidamise intensiivistumisest (Siim jt 2013: 13) ja vedelsõnniku tehnoloogiale üleminekust. Aastas tekib umbkaudselt 1,5 miljonit tonni veisevedelsõnnikut (Sammler 2013:12). Sargvere PÜ territooriumil on vedelsõnnikut kasutatud alates 1980ndatest aastatest. 1983. aastal avaldatud artiklis on välja toodud tollase Paide rajooni Lenini-nimelise kolhoosi esimehe negatiivne hinnang läga kasutamise efektiivsuse kohta. Teravilja, heintaimede ja kartulisaak oli Sargvere osakonnas väiksem kui teistes osakondades, kus kasutati tahesõnnikut. Olulise märkusena toodi välja ka keskkonnareostuse oht. (Mis on saa...1983: 100) Negatiivne kogemus läga väetusväärtusest oli peamiselt tingitud madalast kuivainesisaldusest. Kui 33 aastat tagasi nähti vedelsõnnikus pigem probleeme, siis tänaseks on sellest saanud oluline väetis põllumehe jaoks.

Läga, mis eemaldatakse laudast veega, kuivaine sisaldus sõltuvalt veehulgast on $\geq 5-7,9\%$ (Sõnniku koostise nõuded 2014, § 1). Vedelsõnnikut on kerge pumbata ning see voolab raskusjõu toimel (Saastuse... 2013: 19). Läga on arvestatav kohalik väetis mineraalväetiste kõrval, kuna sisaldab taimedele vajalikke toitaineid: N, P, K, Ca, S, Mg jt (Koik jt 2008: 7).

Eesti Statistikaameti andmetel on teraviljakasvatuses saagi omahinnale suurt mõju avaldanud väetiste hindade tõus, aastatel 2003-2010 oli kulud mineraalväetistele tõusnud 78% (Koik, Matveev 2011: 32). Teraviljahinnad olid samas ajavahemikus tõusnud 41% (PM063 2016). Mineraalväetiste hindade tõusuga on vedelsõnnikust saanud oluline väetusallikas taimedele. Vedelsõnnikuga väetamine annab olulist saagilisa ning seega vähendab kulutusi mineraalväetistele.

Vedelsõnniku kasutamisel tuleb arvestada toitainete sisaldust ja kättesaadavust taimedele. Lägas esineb lämmastik orgaanilises kui ka anorgaanilises vormis. Mineraalne lämmastik on taimedele koheselt kättesaadav, aga orgaanilised lämmastikühendid peavad mullas mineraliseeruma. (Viiralt 2014) Paljudes põllumajanduspiirkondades on lämmastik (N) kõige piiravam taime toitelement taimekasvatuses ning selle tõhus kasutamine on majandusliku jätkusuutlikkuse säilimisel oluline. N arendab taime juurestikku ning seeläbi pareneb taime

vee ja toitainete omastamine. Lämmastikuliig teisalt poolt suurendab liigselt taime vegetatiivset kasvu, raskendab saagivalmimist ning põhjustab lamandumist. (Fageria ja Baligar 2005: 97-98, 104-106) Lämmastiku kõrval on üheks oluliseks makroelemendiks fosfor. Seda elementi olulisust ei saa asendada ühegi teise elemendiga, kuna ta on oluline taimekasvus ning geneetilise materjali pärandamisel järgmisele põlvkonnale. Fosforipuudusel aeglustub taime juurte areng, mistõttu pidurdub ka taime maapealsete vegetatiivosade kasv. (Functions of... 1999: 6,7) Erinevate uuringute tulemused näitavad, et kaalium suurendab analoogselt lämmastikule proteiini tootmist, parandab vee kasutamise efektiivsust, ja suurendab vastupanuvõimet haigustele. (Rehm, Schmitt 2002)

Vedelsõnnikuga väetamisel on peamised keskkonna riskifaktorid lämmastiku emissioon atmosfääri ammoniaagina ning lämmastiku oksiididena ja ka leostumine nitraatidena pinnajal ja põhjavette (Siim jt 2013: 81). NH_3 mõjutab ka kaudselt mullaviljakust, muutes vee ja mulla happelisemaks (Sepp 2009: 14). Happelises mullas on taimedel toitainete omastamine raskendatud. Loomade söötmisel kasutatakse proteiinirohkeid söötasid, mis sisaldavad lämmastikku. Lämmastik, mida ei ole looma organism ainevahetuse käigus tarvitanud väljutatakse seedimise lõpp-produktina organismist ning mikroorganismide tegevusel vabaneb NH_3 . (Gray, Knowlton 2009: 1)

Laotustehnoloogiate valikuga on võimalik mõjutada toitainete kadu, aga NH_3 emissioon on tugevas seoses ka vedelsõnniku kuivaine-, lämmastiku sisaldusega ning pH-ga. Uuringute tulemused, mis on tehtud erinevates riikides paisklaotustehnoloogia kasutamisel lämmastiku kao kohta, on erinevad. Erinevuste üheks põhjuseks on vedelsõnnikus oleva kuivaine (KA) sisaldus. Hollandis on veiseläga keskmine KA sisaldus 8% ja keskmine NH_3 emissioon rohumaa laotamisel on 74% paisklaotuse korral. Irimaal on KA sisaldus 7% ja NH_3 kadu 54% ning Suurbritannias on emissioon vahemikus 40-60% kui KA sisaldus on 6%. (Huijsmans jt 2015: 2)

Vedelsõnniku laotamisel tuleb arvestada ka ilmastikutingimuste mõjuga. Temperatuuri ning tuule kiiruse tõusmisega suureneb lämmastiku emissioon. Hommikul vedelsõnnikut laotades on NH_3 kadu väiksem kui keskpäeval. Tuule kiiruse tõusmisega suureneb emissioon paisk-, lohisvoolik ning avalõhe sisestustehnoloogia korral (Sögaard jt 2002: 3314). Kevadel võib temperatuur küntud põllul tõusta keskpäeval 40 kraadini või veel rohkem. Sellistes tingimustes võib tugeva tuule korral pinnale laotatud lämmastiku kadu olla üle

50%. Kui õhutemperatuur on 8-10 kraadi vahel, siis on kadu 22-40% vahel. (Kadaja jt 2012: 49) Laotades paisktehnoloogiaga 10 kraadise õhutemperatuuri juures väheneb emissioon 10% võrreldes 15 kraadise õhutemperatuuri korral (Huijsmans jt 2015: 5). Laboris tehtud katse põhjal oli 80% ammoniumlämmastikust alles 90 päeva möödumisel, kui õhutemperatuur oli -2 kraadi (Engström jt 2005: 19). Ammoniaagi emissioon on suhteliselt madal kui laotada läga kuivale mullale, isegi sel juhul kui õhu- ja mullatemperatuur on kõrge, kuna kuiva mulla läbilaskevõime on suurem. Laboratoorsete uuringute tulemusel on kuiva mulla ammoniaagi kadu 30% väiksem kui niiskema mulla korral. (Sõgaard jt 2002: 3314) Lämmastiku emissiooni mõjutab ka vihmane ilm. Saju korral on NH₃ kadu väiksem, kuna toitained imuvad kiiremini mulda (Huijsmans jt 2015: 2). Vedelsõnnik on agronoomiliselt oluline taimede väetamisel kuna sisaldab taimedele vajalikke toitaineid. Vedelsõnniku vääral kasutamisel võivad seal olevad toitained kergesti kaduma minna. Ökonoomilisest seisukohast vaadatuna tuleb läga väärtust efektiivselt ära kasutada, sest toitainete kadumisega väheneb saagikus.

Vedelsõnnikuga väetamisel tuleb järgida piiranguid, mis on välja toodud veeseaduses. Need piirangud on selleks, et hoida ümbritsevat keskkonda kahjustamisest. 2015. aastal korraldatud keskkonna infopäeval toodi välja, et Eesti pinna- ja põhjavee kvaliteet on langenud põllumajandusliku tegevuse tõttu. Sellest tulenevalt otsustati muuta väetamise reeglistikku karmimaks.

Veeseaduse uusima reduktsiooni (2016: § 26¹) järgi tohib sõnnikuga anda 170 kg lämmastikku ja 25 kg fosforit ühe hektari kohta, arvestades ka karjatamisel mahajäävat sõnnikut. Fosfori kogust võib suurendada või vähendada, aga kogus ei tohi ületada 25 kg hektari kohta viie aasta keskmisena. Vedelsõnniku laotamine on keelatud 1. detsembrist kuni 20. märtsini ning muul ajal, kui maapinda katab lumekiht, on külmunud või üleujutatud. Alates 2023. aastast tohib vedelsõnnikut laotada 21. märtsist kuni 31. oktoobrini. Keskkonnaamet võib halvenenud ilmastiku korral kehtestada piirangu 15. oktoobrist. (Veeseaduse muutmise seadus, § 1) Laotusaja muutus on tingitud sellest, et Euroopa Komisjoni jaoks oli laotamise periood põhjendamatult pikk. Enne uue veeseaduse kehtimist võis kevadel laotamist alustada 1. aprillist. Laotusaja varasemaks toomine on positiivne, kuna on aastaid kui saaks varem põllule minna. See annab ka võimaluse teisi töid õigemaegselt teha.

Sõnnik tuleb mulda viia 48 tunni jooksul pärast laotamist, kui põllul ei ole kasvavaid kultuure, et vähendada keskkonna kahjustamist (Veeseadus 2016, § 26¹). Kuid 2021. aastal tuleb vedelsõnnik mulda viia 24 tunni jooksul ning ületalve jääva taimiku korral tuleb peale 20. septembrit vedelsõnniku laotamisel kasutada sisestuslaotusagregate. (Veeseaduse muutmise seadus, § 1)

Lisaks keskkonnaseadusest tulenevatele piirangutele tuleb põllumajandustootjal arvestada ka väetamise agronoomiliste ja majanduslike aspektidega. Kuigi kaaliumi leostumist seadusandlus ei reguleeri, tuleb orgaaniliste väetiste kasutamisel arvestada kaaliumi leostumise ohuga ja sellest tulenevalt majandusliku kahjuga. Aastatel 1994-1998 analüüsiti kaaliumi leostumist maisi kasvatamisel silokultuurina. Uuringu tulemustest selgus, et lämmastiku leostumise suurenedes kasvas ka kaaliumi väljauhtumine mullast. Tähelepanu pöörati intensiivsele loomakasvatusele, sest tihti laotatakse vedelsõnnikut samadele põldudele ning sellest tulenevalt tõuseb kaaliumi varu mullas, mis suurendab leostumise ohtu. (Kayser jt 2012: 548-549) Tampere jt. (2014: 393) uuringust selgus, et rohumaadel toimub kaaliumi leostumine ning see on sõltuv taimikuliigist ning lämmastiku varust mullas.

Keskkonnaseaduse pideval karmistumisel tuleb olla valmis suuremateks investeeringuteks laotustehnoloogiatesse. Kui veeseaduses rakenduvad uue nõuded aastatel 2021 ning 2023, siis sellest lähtuvalt tuleb teha ettevalmistusi seaduse täitmiseks. Juhul, kui ettevõtte ei ole võimeline tulevikus vedelsõnnikut laotama uute piirangute kehtestamisel, siis tuleb investeerida uue tehnoloogia kasutuselevõttu. Laotustehnoloogiate valik on mitmekesine ning nende omaduste kohta on olemas küllaltki palju informatsiooni.

Vedelsõnniku laotamisel tuleb arvestada tehnilist, majandusliku ning keskkondliku efektiivsust, lisaks ka ettevõtte eripära. Tehnoloogiate efektiivsuse kohta on tehtud uuringuid nii välismaal kui ka Eestis. Teadusuuringute põhjal on sisestusseadmed keskkonnaefektiivsemad, kuid nõuavad suuremaid investeeringuid. Selliste investeeringute jaoks tuleb hooliga analüüsida masinkulude muutumist ning mõju ettevõttele. Ainuüksi masinkulude analüüsimisest ei piisa põhjalikke järelduste tegemiseks, kuna arvestada tuleb ka ammoniaagi kaoga. Ammoniaagi kadu on varieeruv eritehnoloogiate puhul ning selle arvestamisel on võimalik hinnata laotustehnoloogia efektiivsust ning leida sobilik laotustehnoloogia ettevõtte vajadustest lähtuvalt.

2. VEDELSÕNNIKU LAOTUSTEHNOLOOGIATE KULUD SARGVERE PÕLLUMAJANDUSÜHISTUS

2.1. Uurimistöö metoodika

Uurimistöös käsitletakse vedelsõnniku laotustehnoloogiatega seotud kulusid veisevedelsõnniku laotamisel Sargvere PÜ näitel. Analüüsitava ettevõtte Sargvere PÜ, nagu jätkuvalt paljud teised põllumajandusettevõtted, kasutab vedelsõnniku laotamisel amortiseerunud paisklaotustehnoloogiat. Lähitulevikus on vaja investeerida uude tehnoloogiasse, mis oleks tehniliselt, majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsem kui senine paisklaotustehnoloogia.

Selleks, et leida ettevõttele efektiivne vedelsõnniku laotustehnoloogia, tuleb selgitada välja tehnoloogia valikuga seotud tingimused ja piirangud. Veeseadust järgides võib vedelsõnnikut laotama hakata 21. märtsist, juhul kui ilmastik on soodne. Sellest tulenevalt on kevadine laotusaeg piiratud, kuna enne külvi on vaja planeeritud põllud vedelsõnnikuga väetada. Praktiliste kogemuste põhjal on Sargvere PÜs kevadeti 40 päevaga vajalik laotada 15 000 tonni vedelsõnnikut, seega on vedelsõnnikuga väetamisel oluline roll laotamisvõimsusel. Tööpäeva pikkus laotusperioodil on 11 tundi ning tööd tehakse igapäevaselt.

Sargvere PÜ kasutusel oleva laotustehnoloogia kuluandmed on saadud 2015. aasta raamatupidamise dokumentatsioonist. Kogutud andmete põhjal on arvatud ettevõtte senised vedelsõnniku masinkulud paisklaotustehnoloogia kasutamisel. Masinkulude leidmisel töötunni kohta on aluseks Eesti Taimakasvatuse Instituudi teadlase Enno Koiki poolt väljatöötatud arvutusalgoritmi. Töötunni kulu on leitud kolme laotuskomplekti kohta, mida on 2015. aastani kasutatud. Mulla pinnale laotades tuleb läga mulda viia ning sellest lähtuvalt on välja toodud ka randaalimise kulu.

Ettevõtte paisklaotustehnoloogia efektiivsuse hindamiseks antakse võrdlev hinnang alternatiivsete laotustehnoloogiatega. Optimaalse lägatankhaagise suuruse määratlemiseks tulevikus valitakse võrdlusesse kolme erineva mahuga lägatankhaagised. Tankhaagiste mahu

valiku on teinud töö autor. Arvutused tehakse 15 m³, 21 m³ ja 24 m³ mahuga tankhaagiste kohta. Kevadise laotamisvõimsuse vajaduse rahuldamiseks tuleb valida 15 m³ ja 21 m³ tankhaagiseid kaks tükki. Laotusseadistest võrreldakse omavahel lohisvoolik-, segamisseadist ja rohumaa injektorit. Laotusagregaatide ning traktorite hindade aluseks on kalkulasioonid PRIA hinnakataloogi andmed 2016. aastast. Traktorite valik lähtub sellest, et masinal oleks laotamiseks piisava jõuvaruga mootor. Intressikulu leidmiseks kasutati Swedbanki liisingukalkulaatorit (Swedbank seadmeliising 2016). Diislikütuse kulu määramisel kasutati valemit 1 (lk 11).

Selleks, et leida laotuse masintööde kulud ühe tonni vedelsõnniku kohta, mõõdeti kõigi laoturitega veokulu aega erinevate põldude lõikes. Laoturite summaarne veo- ja laotusaeg korrutati algoritmi abil leitud töötunni kuluga. Summaarsete vedelsõnniku koguste ja masinkulude alusel on arvutatud kulud tonni vedelsõnniku kohta.

Läगतankhaagiste tööjõudluse prognoosimiseks kasutatakse ettevõttes 2015. aastal registreeritud andmeid, mille alusel on leitud veoage põldude keskmise kauguse kohta (lisa 2). Keskmise põllu kauguse leidmiseks vedelsõnnikuhoidlast kasutati veebikaarti. Vahemaad on mõõdetud mööda sõidetavat teed kuni põllu keskpunktini. Veoaja andmestikus muudetakse laotamisele ning pumpamisele kuluvat aega vastavalt analüüsitud läगतankhaagiste pumbavõimsusele. Nende andmete tulemusel saab prognoosida, kui palju aega kulub ühel või kahel läगतankhaagisel vedelsõnniku laotamiseks. Kahe läगतankhaagise (2x15 m³ ja 2x21 m³) vahel jagatakse võrdselt ära vedelsõnniku aastane kogus, et leida läगतankhaagiste aastane töömaht. Optimaalseks paakhaagise suuruseks valitakse kõige madalama töötunni kuluga lahend.

Käideldava vedelsõnniku koguse leidmiseks koguti 2015. aastal laotusperioodi jooksul igapäevaselt autori poolt andmed põllule viidud läga koguste kohta. Veetud tankhaagiste arv korrutati paagimahuga, et leida veetud vedelsõnniku kogus tonnides. Masinad kaaluti ühekordsel kaalumisel, et teada kui mitu tonni vedelsõnnikut paakhaagis mahutab.

Vedelsõnniku toitainetesisalduse määramisel on kasutatud Põllumajandusuuringu Keskuse agrokeemia laboratooriumi analüüsi tulemusi. Planeeritava saagi toitainetevajaduse määramisel kasutatakse väetistarbe kaarte ning Põllumajandusuuringute Keskuse poolt koostatud juhendmaterjali „Väetamise ABC“ (Kanger jt 2014). Materjal on toodud vajamineva

NPK kogused kultuuride lõikes vastavalt planeeritavale saagile. Vedelsõnnikuga väetatud põldude kohta on töös koostatud toitainete üldbilansi tabel.

Vedelsõnniku laotustehnoloogiate puhul on nii keskkondlikust kui majanduslikust aspektist oluline arvesse võtta lämmastiku lendumist. Erinevate tehnoloogiate puhul on lämmastiku lendumise osa kogulämmastikust varieeruv. Lendumise protsentuaalne määr eri laotustehnoloogiate puhul käesolevas uuringus baseerub kirjanduses toodud andmetel (tabel 2, lk 18). Lendumise määramisel ei ole kalkulatsioonides arvestatud laotusaegset temperatuuri, tuule ja mullaniiskuse mõju, kuna ei kogutud ilmastiku andmeid. Paisklaotustehnoloogia puhul on NH₃ kaoks võetud 55% haritaval maal ja 70% rohumaal. Lohisseadise puhul arvestati NH₃ kaoks 10% haritaval maal, rohumaal 20%; rohumaa injektoril on kadu 10% ja segamisseadisel 5%. Haritavale põllupinnale laotatud vedelsõnnik viiakse mulda 12 tunni jooksul. Analüüsitava tehnoloogiate kasutamise võrdluse saamiseks arvestatakse lendunud lämmastik kuluks.

Lendunud NH₃ väärtus määratakse ammooniumnitraadi hinna põhjal, kuna kaduma läinud N tuleks asendada mineraalväetisega. Vedelsõnniku laotamiskulusid (€/t) eri tehnoloogiate puhul võrreldakse koos juurde arvestatud lämmastikukao kuluga. NH₃ kulu arvestamisega leitakse ettevõttele parim tehnoloogia lahendus, mis on majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsem.

2.2. Sargvere Põllumajandusühistus kasvatatavad põllukultuurid ning nende väetamine

2.2.1. Ettevõtte üldandmed

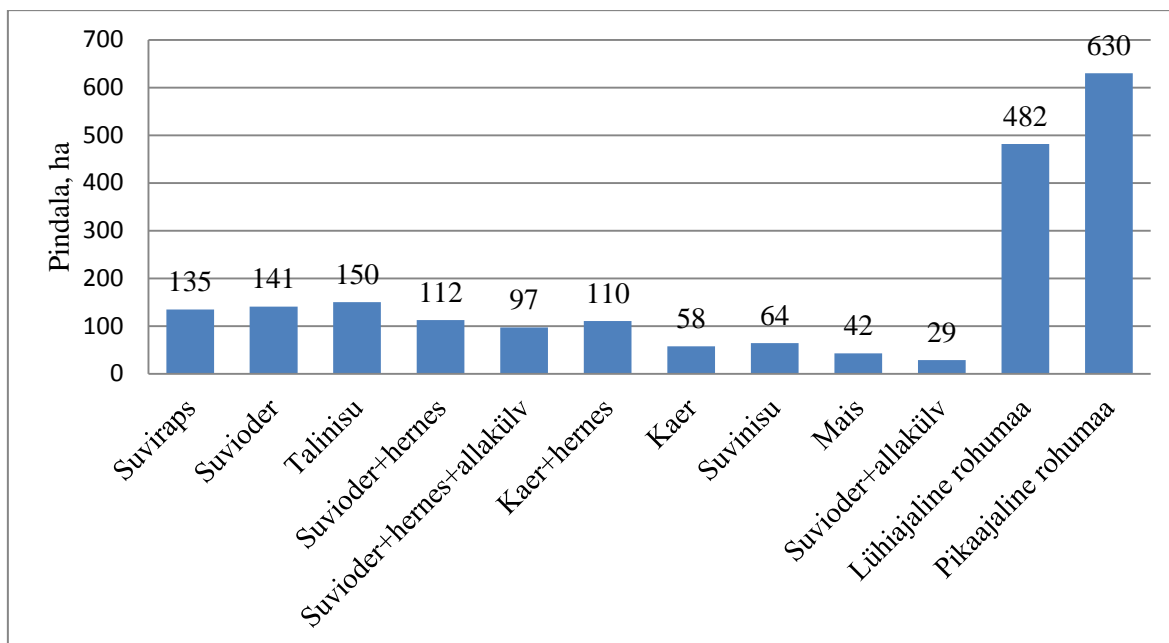
Sargvere Põllumajandusühistu põhineb Eesti kapitalil ning asub Järvamaal, Paide vallas, Sargvere külas. 1990. aastal eraldus Sargvere osakond Lenini-nimisest kolhoosist ning loodi iseseisev juriidiline isik põllumajanduslik ühistu Sargvere. Viimase põhikirja vastuvõtmisest alates 27. novembril 2003. aastal on ühistu nimeks Sargvere PÜ. Ühistu esimees on Toomas Uusmaa ning osanikke on 13. Ettevõtet juhib üheliikmeline juhatus ning nõukogusse kuulub kolm liiget. Põhitegevusaladeks on piimatootmine, lisandub teravilja- ja

rapsikasvatus. Teravilja kasvatakse nii ettevõtte sisetarbeks kui ka müügiks. Sargvere PÜs oli 2015. aastal maad kokku 2108,47 ha, millest põllumaa moodustas 2051,06 ha. Omandis maad oli 925,3 ha, kasutusvalduses olevat maad 32,48 ha ja rendile võetud maad 1150,69 ha.

Lehmade keskmine arv on ettevõttes tõusnud vahemikus 486 lehmalt 2013. aastal 508 lehmani 2015. aastal. Noor- ja nuumveiste arv on langenud samal ajavahemikul 801 loomalt 794 loomani. Piimalehmade arvu tahetakse tõsta, kuna laudas on ruumi veel 50 lehmale. Ettevõttes kasutatakse vedelsõnniku hoidmiseks laguuntüüpi hoidlaid. Ettevõttes on kolm lägahoidlat kogumahutavusega 24 500 m³. Sargveres asub kaks lägalaguuni (15 500 m³) ning umbes kolme kilomeetri kaugusel asub kolmas lägahoidla. Kuna vedelsõnniku hoidlad asuvad erinevas kohas, siis on põldude ja hoidlade vaheline veokauguse raadius aastase vedelsõnniku kohta küllaltki väike. 2013. aastal valminud lauda tõttu on vedelsõnniku aastane tekkiv kogus kasvanud umbes 25 600 tonnini. Ettevõttes tekib aastas ka 600 tonni tahesõnnikut, mis on väike kogus.

Piimahinna langus on tugevalt mõjutanud ettevõtte majandustegevust. 2013. majandusaastal oli Sargvere PÜ kasum suurem, kui oli saadud toetuste summa, mis on olnud igaaastane eesmärk ettevõtte juhtimisel. Seevastu 2015. majandusaastal oli kasum väiksem kui saadavate toetuste summa. Eesti põllumajandust tabanud kriisis ollakse suures sõltuvuses toetustest.

Joonisel 1 on välja toodud Sargvere PÜ maakasutus 2015. aastal. Maakasutusust üritatakse hoida igal aastal ühtlasena. 2015. aastal moodustus põllumajandusmaa kokku 2051,06 hektarit, sellest 54 % moodustus lühi- ning püsirohumaad. Teravilja kasvatati umbes 760 hektaril, sellest suurem osa on söödaks kasvatatav teraviljasegu. Odra-herne segust tehakse loomadele konserveeritud vilja. Konserveeritud vilja tegemisel saab pikendada koristuskonveierit, kuna seda saab hakata koristama vahaküpsusfaasis. Lisaks on konserveeritud viljal hea toiteväärtus ning on odavam kui kuivatatud teravili. Kaera-herne segust tehakse loomadele silo. Kaer on vähenõudlik ning hea tugikulutuuri hernega koos kasvatamisel. Kaera kasvupind on küllaltki väike, kuna selle teravilja müügihind on madal ja ta on loomadele madala toiteväärtusega. Suvirapsi kasvupind oli 135 hektarit. 2012. aastal hakati ettevõttes kasvatama maisi, kuna see on hea energiasõöt, mis vähendab söödaratsiooni keskmisi kulusid.



Joonis 1. Sargvere PÜ maakasutus 2015. aastal, hektarit

Kasvatatavate põllukultuuride saagikused on olnud ebahütlased (tabel 4). Tervikuna vaadates oli 2015. aasta nii Eestis kui ka Sargvere PÜs hea saagiaasta. Talinisu, odra, herne ja odra segu ning suvirapsi saagikused olid vaadeldava perioodi jooksul kõige kõrgemad. Saagikuste suur varieeruvus on peamiselt tingitud ilmastikuoludest.

Tabel 4. Keskmised saagid Sargvere PÜs 2011. – 2015. aasta, t/ha

Põllukultuur	2011	2012	2013	2014	2015
Talinisu	2 998	4 093	2 345	4 310	5 066
Suvinisu	3 049	1 632	3 245	3 743	3 729
Oder	2 343	2 641	3 441	3 123	4 732
Kaer	3 056	2 816	2 805	4 207	3 853
Oder + hernes konserveerimiseks	3 529	3 398	3 075	3 850	4 680
Kaer + hernes siloks	11 147	15 180	13 150	20 000	9 066
Mais	-	25 172	23 058	16 667	23 535
Raps	1 536	1 963	1 506	1 543	2 947

Eesti Statistikaameti andmebaasi põhjal on Järvamaa keskmised saagid vaadeldavate aastate jooksul olnud enamasti kõrgemad, kui Sargvere Põllumajandusühistu saagid (lisa 5). Erinevus on tingitud sellest, et ettevõtte ei ole eesmärgiks seadnud saada kõrgeid saake.

2.2.2. Põllukultuuride väetusvajadus

Taimekasvuks vajalikke toitaineid antakse väetamise teel ning selle tarbeks koostatakse väetusplaan. Väetamisplaan on üks osa edukast taimekasvatuse süsteemist. Tuleb järgida põhimõtet, et nii palju kui taim toitaineid mullast eraldab, tuleks tagasi anda mineraal- ja orgaaniliste väetistega. Sargvere PÜ 2015. aastal vedelsõnnikuga väetatud põldude andmestik on toodud tabelites 5 ja 6. Planeeritud saak on määratletud varasemate aastate saagikuste ning loodetava saagitaseme põhjal. N, P ja K vajaduse määramisel planeeritud saagitasemel on kasutatud Eesti Põllumajandusuuringute Keskuse mullaproovide analüüse. Selgub, et muldade lämmastiku tarve on väike, fosfori (vajaduse) tarve varieerub vahemikus väike kuni keskmine ning kaalium vahemikus väike kuni suur. Tonni, Koigi, Vaatetorni põllud esinevad tabelites kaks korda, kuna rohumaa järel künti põllud sügisel ning külvati talinisu.

Tabel 5. Vedelsõnnikuga väetatud rohumaaade toitainetevajadus Sargvere PÜs 2015. aastal, kg/ha

Põllu nimi	Kultuur	Planeeritud saak, t/ha	N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha
Laiakivi	püsirohumaa	6	100	8	65
Palu raba	püsirohumaa	3	80	14	87
Lõugu	lühiajaline rohumaa	12	0	13	30
Tonni: Paekivi	lühiajaline rohumaa	12	0	13	75

Kultuurid, mis peaksid igal kevadel vedelsõnnikut saama, on mais, kaera ja hernesegu ning suviraps (tabel 6). Teravilja ja herne segu kasvatamisel on lämmastiku vajadus küllaltki väike, kuna hernes on liblikõieline taim ning suudab lämmastikku siduda. USA teadlaste uurimistulemustest on selgunud, et hernes on võimeline aastas siduma 80 kg lämmastikku hektari kohta (Lauk 2008: 18). Orgaanilise väetise andmisel hernele ei ole mineraalväetist lisaks anda vaja.

Tabel 6. Vedelsõnnikuga väetatud põllukultuuride planeeritud saagid ja toitainetevajadus Sargvere PÜs 2015. aastal, kg/ha

Põllu nimi	Kultuur	Planeeritud, t/ha	N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha
Lammutus, Sandre, Soone, Liisbet	kaer+hernes	10	25	18	44
Koigi	kaer+hernes	10	25	18	33
Vaatetorni	kaer+hernes	10	25	24	44
Saia, Kolmnurk, Tammik	mais	30	111	23	107
Piirsoo, Pikalepiku	suviraps	2	90	20	60
Nesleri	suviraps	2	90	15	60
Nurga	suvinisu	4	95	18	70
Võimla	suvinisu	4	95	18	50
Elsatagune	suvioder	4	75	18	40
Tonni, Koigi, Vaatetorni	talinisu	4	20	6	60

Põllukultuuridest suurima lämmastikuvajadusega hektari kohta on mais (tabel 6), mis omastab väga hästi orgaanilist väetist. Maisi võib tugevalt väetada, kuna maisil ei ole lamandumise ja üleväetamise ohtu, kuid piirangu seavad keskkonnanõuded. Kuna ettevõtte asub nitraaditundlikul alal, siis on piirangud kehtinud juba alates 2003. aastast (Pandivere..., § 7). Maisi toitainete vajaduse määramisel on kasutatud Older Grupi veebileheküljel (Older Grupp 2016) olevaid andmeid. Selle allika põhjal eemaldab üks tonn maisi (kuivaines) 13,5 kg N; 2,8 kg P ja 13,0 kg P.

Orgaanilisel väetamisel on võimalik suurendada rapsi kasvatamise tasuvust. Väetiste mõju kohta rapsi õlisisaldusele tehtud uuringust selgus, et orgaaniline väetis suurendab rapsi õlisisaldust võrreldes mineraalväetisega (Gao jt 2010: 794). Rapsi suurema õlisisalduse korral on ühelt poolt võimalik teenida suuremat tulu ning teiselt poolt orgaanilisel väetamisel vähendada rahalisi väljaminekuid väetistele.

2.2.3. Vedelsõnniku kasutamine ja toitainete bilanss

Kultuuride toitainete vajadused tuleb tagada orgaaniliste ja mineraalväetistega. Orgaaniliste väetiste andmise planeerimise aluseks on väetise toitainete sisaldus. 2010. aastal lasi Sargvere PÜ Põllumajandusuuringute Keskuses analüüsida sõnnikuproove. Tehtud analüüside põhjal sisaldas 1 tonn veiseläga: N 2,1 kg, P 0,33 kg ja K 2,1 kg. Tabelis 7 on võrrel-

dud Sargvere PÜ näitajaid Eesti keskmisega. Selgub, et võrreldavate parameetrite puhul on kõik peale kaaliumi sisalduse ettevõttes väiksemad kui Eesti puhul keskmised näitajad. Erinevused on tingitud sellest, et ettevõtte vedelsõnniku veesisaldus on suurem ning selle tõttu on toitainete sisaldus väiksem. Analüüsi tulemused kehtivad ainult konkreetse proovi kohta, mitte terve ettevõttes oleva vedelsõnniku kohta. Seega võib toitaineteisaldus olla toodust kõrgem või madalam. Ära tasub märkimist, et vedelsõnniku hoidlatel puudub kate, mis takistaks oluliste ühendite lendumist. Samas on laguunidele tekkinud paks koorik, kuna vedelsõnnikut pole segatud.

Tabel 7. Vedelsõnniku koostis Sargvere Põllumajandusühistus ja Eestis keskmiselt (Põllumajandusüuringute Keskus; Viil 2012: 47)

Parameetri nimetus	Sargvere PÜ	Eesti
Kuivaine	6,6%	7,16%
Kogulämmastik (N)	2,10 kg/m ³	3,62 kg/m ³
Kogufosfor (P)	0,33 kg/m ³	0,68 kg/m ³
Kogukaalium (K)	2,10 kg/m ³	2,10 kg/m ³

2015. aasta kevadel väetati 6. aprillil – 22. maini 487 hektarit maad, rohumaad moodustasid sellest 114 hektarit. Suvel laotati vedelsõnnikut 41 hektarile ning sügisel 378 hektarile. Vedelsõnniku kasutusest ettevõtte põldudel annavad ülevaate tabelid 8 ja 9.

Kevadiste laotusnormide vahemik on olnud küllaltki suur, varieerudes 16 kuni 58 tonnini hektari kohta. Lammutuse, Sandre ja Koigi põldudel laotas traktorist vedelsõnnikut vale töökiirusega, millest tulenevalt on laotusnorm liiga suur. Peale neid põlde korregeeriti töökiirust, kui oli ilmnenud, et laotusnorm oli planeeritust suurem. Kuna mais tahab palju orgaanilist väetist saada, siis laotati seda ka rohkem. Saia põld sai planeeritust 8 t/ha vähem läga laotajate vähese tähepanelikkuse pärast. Suvirapsile laotatud vedelsõnniku norm vastas planeeritud eesmärgile. Suviodra põllu väike laotusnorm oli tingitud sellest, et külvaaja hakkas laotajatele järele jõudma ning selle tõttu pidid vedelsõnniku laotajad töökiirust tõstma. Lohakat tööd oli tehtud ka Võimla põllul.

Tabel 8. Vedelsõnniku kasutus 2015. aasta kevadel Sargvere PÜs, kg/ha

Põllu nimi	Väetatud pindala, ha	Laotusnorm, t/ha	Kultuur	N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha
Lammutus	8,37	58	kaer+hernes	121,8	19,14	121,8
Sandre	8,58	47	kaer+hernes	98,7	15,51	98,7
Koigi	18,79	50	kaer+hernes	105	16,5	105
Liisbet	18,45	40	kaer+hernes	84	13,2	84
Vaatetorni	37,14	32	kaer+hernes	67,2	10,56	67,2
Soone	18,95	35	kaer+hernes	73,5	11,55	73,5
Saia	9,38	32	mais	67,2	10,56	67,2
Kolmnurk	5,59	43	mais	90,3	14,19	90,3
Tammik	27,52	42	mais	88,2	13,86	88,2
Piirsoo	12,85	29	suviraps	60,9	9,57	60,9
Pikalepiku	59,69	26	suviraps	54,6	8,58	54,6
Nesleri	50,02	29	suviraps	60,9	9,57	60,9
Nurga	39,92	28	suvinisu	58,8	9,24	58,8
Võimla	2,36	42	suvinisu	88,2	13,86	88,2
Elsatagune	55,61	17	suviuder	35,7	5,61	35,7
Rohumaa						
Laiakivi	52,80	32	püsirohuma	67,2	10,56	67,2
Palu raba	5,81	19	püsirohuma	39,9	6,27	39,9
Lõugu	18,90	17	lühiajaline rohuma	35,7	5,61	35,7
Tonni	25,10	16	lühiajaline rohuma	33,6	5,28	33,6
Paekivi	11,56	13	lühiajaline rohuma	27,3	4,29	27,3

Rohumaadel oli laotusnorm vahemikus 13-32 t/ha ning planeeritud oli vahemik 15-30 tonni hektarile olenevalt põllust, mis enam-vähem vastas seatud eesmärkidele.

Suvine laotusperiood kestis vahemikus 15.-21. juulini ning selle aja jooksul laotati vedelsõnnikut lühiajalisele rohumaale enne küнди (tabel 9). Tonni põld sai liiga palju vedelsõnnikut, kuna talinisu sügisene toitainete vajadus ei ole nii suur.

Tabel 9. Vedelsõnniku kasutus 2015. aasta suvel ning sügisel Sargvere PÜs, kg/ha

Põllu nimi	Väetatud pindala, ha	Laotus-norm, t/ha	Kultuur	N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha
Suvi						
Tonni	41,37	35	taliniisu	73,5	11,55	73,5
Sügis						
Koigi	18,79	27	taliniisu	56,7	8,91	56,7
Vaatedorni	37,14	25	taliniisu	52,5	8,25	52,5
Sapi Jaan	5,78	21	kõrretüü	44,1	6,93	44,1
Mäeküla side	3,5	28	kõrretüü	58,8	9,24	58,8
Siberi	21,26	24	kõrretüü	50,4	7,92	50,4
Raudsepa	29,09	27	kõrretüü	56,7	8,91	56,7
Nurmsi laudatagune	29,35	25	kõrretüü	52,5	8,25	52,5
Nurga	39,92	23	kõrretüü	48,3	7,59	48,3
Tammiku	27,52	30	kõrretüü	63	9,9	63
Piirsoo	12,85	29	kõrretüü	60,9	9,57	60,9
Kolmnurk	5,59	25	kõrretüü	52,5	8,25	52,5
Pikalepiku	59,69	22	kõrretüü	46,2	7,26	46,2
Liisbet	18,45	25	kõrretüü	52,5	8,25	52,5
Sigalatagune	13,8	25	kõrretüü	52,5	8,25	52,5
Elsatagune	55,61	22	kõrretüü	46,2	7,26	46,2

Sügisene periood (05.08-20.11) algas teraviljakoristuse ajal, mil laotati läga koristatud põllule. Sügisel laotud vedelsõnniku normid jäid vahemikku 21-30 t/ha. Laotusperiood oli küllaltki pikk, kuna iga päev vedelsõnnikut ei laotatud ja mõnikord vedas läga üks traktorist. Laotusperioodi pikkust mõjutas ka ilmastik, kuna novembri vihmased ilmad takistasid läga laotamist. Terve aasta jooksul laotati vedelsõnnikut 907 hektarile. Läga aastane kogus oli 25 628 tonni, mida laotati keskmiselt 28 t/ha. Vedelsõnniku aastakoguses oli 53 818 kg lämmastikku, kaaliumit 53 818 kg ja 8 457 kg fosforit.

Kultuuride toitainetevajaduse (tabelid 5 ja 6) ning väetistega mulda viidud toitainete koguste (lisa 1) andmete põhjal on koostatud toitainete üldbilanss (tabel 10). Orgaanilise väetisega antud N kogust on vähendatud lendunud lämmastiku võrra 70% rohumaal ning 55% haritavaal maal, kuna väetis viiakse randaaliga mulda 12 tunni jooksul (Koik jt 2008: 70). Kaera-herne segu põldudel jäi lämmastiku bilanss positiivseks ning fosforist jäi enamasti puudu. Kaaliumi kogust saab nendel põldudel järgneval aastal vähendada, kuna suure laotusnormi tõttu anti K rohkem kui taim kasvuks vajab. Planeeritud saagi asemel (10 t/ha) oli tegelik saak 9,4 t/h, kuigi toitainete bilanss oli positiivne. Madalama saagi võimalikuks põhjuseks on erinevus külvamisel. Eelnevatel aastatel tehti kaera ja herne segu viljalaos

valmis, 2015. aastal aga külvati kaer ja hernes eraldi ning selle tõttu oli herne osakaal seigus eelnevate aastatega võrreldes madalam.

Tabel 10. Vedelsõnnikuga väetatud põldude toitainete üldbilanss (kg/ha) 2015. aastal

Põllu nimi	Kultuur	N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha	Planeeritud, t/ha	Tegelik saak, t/ha
Lammutus	kaer+hernes	29,8	1,1	77,8	10	9,4
Sandre	kaer+hernes	19,4	-2,5	54,7	10	9
Koigi	kaer+hernes	22,3	-1,5	72,0	10	9
Liisbet	kaer+hernes	12,8	-4,8	40,0	10	9
Vaatetorni	kaer+hernes	5,2	-13,4	23,2	10	9
Soone	kaer+hernes	8,1	-6,5	29,5	10	9
Saia	mais	-56,8	-1,9	-19,9	30	24
Kolmnurk	mais	-46,4	1,8	3,2	30	23,5
Tammik	mais	-47,3	1,4	1,1	30	24
Piirsoo	suviraps	-23,6	-3,8	32,0	2	2,7
Pikalepiku	suviraps	-26,4	-4,8	25,7	2	3,1
Nesleri	suviraps	-23,6	1,2	32,0	2	2,8
Nurga	suvinisu	-21,0	-1,7	2,1	4	3,7
Võimla	suvinisu	-7,8	2,9	51,5	4	4,1
Elsatagune	suvioder	-3,4	-1,8	15,6	4	4,9
Tonni	talinisu	13,1	5,6	13,5	4	
Koigi	talinisu	5,5	2,9	-3,3	4	
Vaatetorni	talinisu	3,6	2,3	-7,5	4	
Rohumaa						
Laiakivi	püsirohuma	-79,8	2,6	2,2	6	4,5+4
Palu raba	püsirohuma	-47,0	-7,7	-47,1	3	4,3
Lõugu	lühiajaline rohuma	10,7	-7,4	5,7	12	12,3
Tonni	lühiajaline rohuma	10,1	-7,7	-41,4	12	10,6
Paekivi	lühiajaline rohuma	8,2	-8,7	-47,7	12	11,5

Kõrreliste püsirohumaadele tuleb kevadel anda 100 kg lämmastikku hektarile, kuid toitainete üldbilansi järgi oli väetamine puudulik, samuti oli kaaliumi bilanss negatiivne. Laiakivi põllu tegeliku saagi lahtris on märgitud esimese ning teise niite saaks silona. Palu raba tehti heina. Lühiajalistel rohumaadel on liblikõielised heintaimed, mis suudavad mulda lämmastikku siduda. Kui liblikõieliste osakaal on suur, siis esimese niite taimestikku ei väetata, kuna siis on takistatud mügarbakterite õhulämmastiku sidumisvõime. Paekivi põl-

lu väetamine lämmastikuga ei olnud vajalik, kuna seal oli liblikõieliste osakaal küllaltki suur.

Väetatud põldudest oli kõige suurem lämmastiku puudujääk maisipõldudel, mis vajavad hea saagi saamiseks tugevat väetamist. Toiteelementide puuduse mõju avaldub selgelt planeeritud ning tegeliku saagi vahes. Kaera- ja hernepõllud said üleväetatud ning maisipõllud said vastupidiselt liiga vähe vedelsõnnikut. Töötajate kontrollimiseks tuleks kohe leida tegelik laotusnorm kui põllule on vedelsõnnik laotatud, et vältida taolisi olukordi tulevikus. Sellisel kujul väetamine põhjustab ettevõttele küllaltki palju kahju. Teravilja ning rapsi saagid olid väga head arvestades seda, et kasvuaastal antud lämmastikust jäi taimedele puudu. Taimede kasvuaegne ilmastik oli väga soodne, mis avaldus suuremas saagis.

Sügisel külvati Tonni, Koigi ja Vaatetorni põldudele talinisu. Talinisu vajab sügisel 20 kg lämmastiku hektarile ning kevadel tuleb täiendavalt väetada. Koigi ja Vaatetorni põllul on kaaliumi bilanss positiivne, kuna kevadel said põllud neid toiteelemente üle kasutatava kultuuri vajaduste, samas tuleb arvestada, et osa sellest leostub mullast välja (Tampere jt 2014: 393).

Toiteelementide kasutamise osas võib kokkuvõtlikult öelda, et andmetest (tabel 10) on selgelt näha kui oluline on lämmastiku efektiivne kasutamine. Pooltel põldudel jäi lämmastikku puudu ning suure normiga vedelsõnniku kasutamisel oli antud kaaliumi kogus liiga suur. Selleks, et hoida ümbritsevat keskkonda ning olla efektiivne taimekasvatuses, tuleb kasutada keskkonnaefektiivsemaid tehnoloogiaid, mis võimaldaks suurema osa vedelsõnnikus olevast lämmastikust mulda viia, samaaegselt vähendades kaaliumi liigseid koguseid.

2.3. Vedelsõnniku laotustehnoloogiate masintööde kulud

2.3.1. Sargvere Põllumajandusühistu paisklaotustehnoloogia masintööde kulud 2015. aasta andmetel

Käesolevas osas kajastatakse ettevõtte paisklaotustehnoloogia kasutamisel tekkivaid masintöö kulusid. Vedelsõnnikut laotatakse kolme lägatsisterniga. Üks kasutatud laotuskomplekt koosneb traktorist John Deere 6910S, millega haakes kasutatakse Joskin 12000 MB lägatsisterni (mahutavusega 12 t). Lisaks on kasutusel kaks MTZ-82 haakes lägatankhaagisid Fortschritt HTS 10000, mahutavusega 10 tonni. Läga muldaviimisel põllumaal kasutatakse Valtra T190. Traktorite töötunni kuludest on koostatud tabel 11.

Tabel 11. Traktorite töötunni kulu Sargvere PÜs 2015. aastal, €/h

Nimetus	Ühik	John Deere 6910S	MTZ 820	MTZ 952.2	Valtra T190
Aasta	a	2001	2014	2010	2007
Ostuhind	€	57 450	13 000	15 530	79 518
Võimsus	kW	111,9	59,6	78,3	140,9
Töömaht aastas	h	1600	1500	1500	1100
Traktori liikluskindlustus, ülevaatus	€	45,41	39,70	39,70	52,87
Diislikütuse kogus	l/h	12,50	7,30	8,20	25,00
Diislikütuse hind	€/l	0,53	0,53	0,53	0,53
Määrdeainete hind	€/l	2,40	1,03	1,03	2,40
Töötasu	€/h	6,69	6,02	6,02	6,69
Ettevõtte üldkulud	%	7,00	7,00	7,00	7,00
Kulum	€/h	0	1,24	1,48	8,03
Kindlustus, ülevaatus	€/h	0,03	0,03	0,03	0,05
Püsikulud kokku	€/h	0,03	1,26	1,51	8,08
Diislikütuse kulud	€/h	6,63	3,87	4,35	13,25
Määrdeainete kulud	€/h	0,43	0,14	0,15	0,86
Korrashoiukulud	€/h	2,20	0,41	1,02	6,74
Traktorijuhi töötasu	€/h	6,69	6,02	6,02	6,69
Muutuvkulud kokku	€/h	15,95	10,43	11,54	27,54
Kulud kokku	€/h	15,98	11,70	13,04	35,62
Ettevõtte üldkulud	€/h	1,12	0,82	0,91	2,49
Kulud kokku omal töö	€/h	17,09	12,52	13,96	38,12

Vedelsõnnikut vedavatest traktoritest esineb tehnilisi probleeme kõige rohkem MTZ 952.2ga, kuna Valgevene masinad vajavad rohkem remonttöid. Samas on korrashoiukulud madalamad, kuna neid remonditakse ettevõttes ise ning varuosad on odavamad võrreldes Lääne päritolu masinate varuosadega. John Deere traktor on ettevõttes amortiseerunud, kuid on olnud vastupidav ning probleeme on vähe esinenud. Dalsted'i (2008: 4) järgi võib tekkida probleeme õigeaegsuskuludega, kuna John Deere ning MTZ 952.2 tehniliste probleemide korral ei suudeta töid õigel ajal sooritada.

Ettevõtte raamatupidamises arvestatakse amortisatsiooni lineaarsel meetodil. Jõumasinate ja töömasinate puhul on Sargvere PÜ raamatupidamises kasulik eluiga viis aastat ning amortisatsiooni lõppedes on jääkväärtus null eurot. Amortisatsiooni objektiivsemaks hindamiseks on autor määranud amortisatsiooni pikkuseks jõumasinatele umbes 10 000 töötundi (Lips 2013: 133) ja töömasinate puhul kaheksa aastat (Plfueger 2005: 2) ning jääkväärtuseks null eurot. MTZ-t traktoritel on amortisatsioon 7 aastat (10 500 töötundi) ning Valtra T190-l on amortisatsiooni pikkus 9 aastat (9 900 töötundi). Püsikuludeks on veel liikluskindlustus ning ülevaatus, mille andmed saadi raamatupidamisdokumentatsioonist. 2015. aastal osteti eridiisliit keskmiselt hinnaga 0,53 €/l. Valtra suurem kütusekulu võrreldes teistega on tingitud suuremast võimsusest ning suurema koormusteguriga tööst. Määrdeainete maksumuse leidmiseks kasutati valemit 2 (lk 12). Määrdeõli kuluks hinnati 1,2% Lääne-päritolu ning Ida-masinatele 1,5% diislikütuse kogusest (Loko jt 2012: 6). Korrashoiukulud koosnevad traktori korralisest hooldusest ning remonttöödest. Korrashoiukulude määramisel kasutati ettevõtte 2014. ja 2015. aasta raamatupidamisandmeid, kus leiti kahe aasta keskmine töötunni kulu masina korrashoidmiseks. Võrreldes teiste traktoritega on Valtra T190 korrashoiukulud suuremad, kuna 2014. aastal remonditi käigukasti. Töötasu väärtuse määramisel on arvestatud tööandja keskmist tunnikulu traktoristi kohta. Ettevõtte üldkulud on 7% püsi- ning muutuvkulude summast.

Traktorite töötunni kulust 2015. aastal moodustas suurima osa kütusekulu (~34%) nagu oli ka Loko jt (2012) oma töös välja toonud. Kõige suurem töötunni kulu on traktoritest Valtra T190, mis on tingitud suurematest korrashoiukuludest ning kütuse tarbimisest.

Vedelsõnnikut on ettevõttes laotatud ühe Joskini ning kahe Fortschritt HTS 10000 paakhaagisega (tabel 12) ja mulda viidud neljameetrise Pöttingeri Terradisc 4001T randaaliga. Tabelis puuduvad Fortschritti lägatankhaagiste ostuhinnad, kuna ettevõttes puudus nende

kohta info. Joskini paakhaagis vedas terve aasta jooksul 11 868 tonni vedelsõnnikut, milleks kuluks 989 sõidukorda. Korrutades omavahel sõidukordade arv ning sõiduaeg, saab töömahuks 461,5 töötundi. Sama meetodikaga on leitud Fortschrittide aastane töömaht vastavalt 280,5 h ja 444,3 h. Randaali tootlikus on hinnanguliselt 2,3 ha/h ning vedelsõnnikut viidi mulda 793 hektaril, mis teeb aastaseks töömahuks umbes 350 töötundi. Fortschrittide läगतankhaagiste korrashoiukulud on võrdsed, kuna raamatupidamisandmetes ei olnud kulud eristatavad ning selle tulemusel jagati korrashoiukulud masinate vahel võrdselt ära.

Tabel 12. Läगतankhaagiste ning randaali töötunni kulu Sargvere PÜs 2015. aastal, €/h

Nimetus	Ühik	Joskin 12000 MB	Fortschritt HTS 10000 (I)	Fortschritt HTS 10000 (II)	Pöttinger Terradisc 4001 T
Aasta	a	2005	1985	1986	2008
Ostuhind	€	43 332	-	-	14 061
Aastane töömaht	h	461,5	280,5	444,3	350
Laotatud vedelsõnniku kogus	t	11 868	5 430	8 330	-
Sõiduaeg (2,7 km)	min	28	31	32	-
Ülevaatus, kindlustus	€	41,77	40,63	40,63	-
Ettevõtte üldkulud	%	7	7	7	7
Kulum	€/h	0	0	0	5,02
Korrashoid	€/h	7,10	4,10	4,10	2,90
Kindlustus, ülevaatus	€/h	0,09	0,14	0,09	0,00
Kulud kokku	€/h	7,19	4,24	4,19	7,92
Ettevõtte üldkulud	€/h	0,50	0,30	0,29	0,55
Töömasina kulud kokku	€/h	7,69	4,54	4,48	8,48

Masinkomplektide töötunni kulud ning kogukulud kokku olid 2015. aastal järgnevad:

- John Deere 6910S ning Joskin läगतankhaagise (LTH) töötunni kulu 24,78 €/h, kogukulud 11 868 tonni vedelsõnniku kohta 11 438 eurot;
- MTZ 820 ning Fortschritt LTH (II) 17,06 €/h, kogukulud 8 330 tonni vedelsõnniku kohta 7 579 eurot;

- MTZ 952.2 ning Fortschritt LTH (I) 18,44 €/h, kogukulud 5 430 tonni vedelsõnniku kohta 5 171 eurot;
- Valtra T190 ning randaali töötunni kulu oli 46,6 €/h ning vedelsõnniku muldaviimise kogukulud 16 309 eurot.

Aastase vedelsõnniku koguse kohta oli paisklaotustehnoloogia kasutamisel keskmine kulu, arvestamata vedelsõnniku muldaviimist, 0,94 €/t.

2.3.2. Prognoositavad masintööde kulud alternatiivsete laotustehnoloogiate korral

Amortiseerunud paisklaotustehnoloogia asendamiseks uuemate masinate ja seadmetega on vajalik hinnata ja prognoosida alternatiivsete laotustehnoloogiate masintööde kulusid. Võrdlusanalüüs tehti Agrilandi OÜs müüdavate masinate ning seadmete põhjal. Traktorite valikul lähtuti võimsuse vajadusest. Traktorid tuleb valida piisava jõuvaruga, et tagada piisav jõudlus agregaadid tööks. Vastasel juhul võib tekkida probleeme läga ühtlase laotamisega, kuna masin ei saavuta vajalikku töökiirust. Laotusseadistest valiti võrdlusesse lohisvoolikseadis, segamisseadis ja rohumaa injektor, et selgitada välja, kuidas mõjutab keskkonnaefektiivsus majanduslikku efektiivsust. Järgnevalt on toodud nimekiri laotuskomplektidest, mille masintöö kulusid võrreldakse:

- Fendt 724 + Annaburger HTS 20.28 (15 m³) + lohisseadis (12 m)
- Fendt 936 + Annaburger HTS 29.28 (21 m³) + lohisseadis (15 m)
- Fendt 939 + Annaburger HTS 33.28 (24 m³) + lohisseadis (15 m)
- Fendt 724 + Annaburger HTS 20.28 (15 m³) + segamisseadis (6 m) + rohumaa injektor (4,5 m)
- Fendt 936 + Annaburger HTS 29.28 (21 m³) + segamisseadis (6 m) + rohumaa injektor (4,5)
- Fendt 939 + Annaburger HTS 33.28 (24 m³) + segamisseadis (6 m) + rohumaa injektor (4,5 m)

Läगतankhaagisega, millel on lohisvoolikseade, saab vedelsõnnikut laotada nii rohumaa kui ka haritavale maale. Segamisseadise korral saab laotada ainult haritavale maale ning

rohuma jaoks tuleb soetada eraldi seadis. Tabelis 13 on toodud masinate ja seadmete parameetrid ja eeldatavad ostuhinnad, mille põhjal prognoositakse töötunni kulud.

Tabel 13. Traktorite ja vedelsõnniku laotusagregaatide parameetrid. PRIA hinnakataloog 2016

Seade	Mark	Parameetrid	Pump, l/min	Hind, €
Traktor	Fendt 724	kW 176		135 000
	Fendt 936	kW 265		189 000
	Fendt 939	kW 287		193 000
Tankhaagis	Annaburger HTS 20.28	15 m ³	3 845	70 000
	Annaburger HTS 29.28	21 m ³	5 430	85 000
	Annaburger HTS 33.28	24 m ³	5 430	90 000
Lohisseadis	Annaburger	12 m		12 000
	Annaburger	15 m		15 000
Segamiseadis	Joskin	6 m		15 000
Rohumaa injektor	Annaburger	4,5 m		24 500

Traktorite töötunni kulude kalkuleerimiseks on koostatud tabel 14, kus masinad on järjestatud agregeeritavate lägatankhaagiste suuruste järgi. Kulude leidmisel on kasutatud Sargvere PÜ raamatupidamise ja PRIA hinnakataloogi andmeid. 2015. aasta mais osteti Fendt 724, mille soetusmaksumus oli 135 000 eurot, ning investeeringu finantseerimiseks võeti pangast viie aasta pikkune liising. Liisingulepingu alusel määratleti ka teiste masinate laenuintress.

Võimsuse kasutuse koefitsient määrati traktoritel kergel tööol 0,4. Masinate aastane töömaht erineb omavahelises võrdluses, kuna Fendt 939 agregeerituna 24 m³ tankhaagisega kavandavalt veab kogu aasta vedelsõnniku üksinda. Teiste traktorite töötundide omavaheline erinevus tuleneb tootlikkuse erinevusest. Traktorite liikluskindlustus, liikurmasinate ja seadmete koguriskikindlustus ning ülevaatuse kulud määrati ettevõttes kasutusel oleva Fendt 724 andmete põhjal.

Fendt 724 diislikütuse erikuluks on 0,254 kg/kWh (Fendt 724 2016), Fendt 936 puhul 0,24 kg/kWh (Fendt 936 2016) ning Fendt 939 on 0,243 kg/kWh (Fendt 939 2016). Valemi alusel leitud kütusekuludele anti hinnang Agriland OÜ edasimüüja poolt leitud keskmise usaldusväärsusele.

Uuemate traktorite mootoritele on kehtestatud ranged heitgaasinormid ning selle tulemusel kasutatakse lämmastikoksiidide vähendamiseks heitgaasides AdBlue´d. Praktilise kogemuse käigus kulub AdBlue´d umbes 6% diislikütuse kulust. Traktori korrashoiukulu määramisel kasutati valemit 3 (lk 13), kus korrashoiukulu protsendi väärtuseks märgiti kogemuslikult 1,5%, kuigi Koik jt (2012) põhjal on see hinnanguliselt 3,5% (1 000 h) uue masina puhul.

Tabel 14. Traktorite töötunni kulu prognoos lohisvoolikseadmete korral, €/h

Nimetus	Ühik	Fendt 724 (15m ³)	Fendt 936 (21m ³)	Fendt 939 (24m ³)
Aasta	a	2016	2016	2016
Ostuhind	€	135 000	189 000	193000
Laenu suurus	€	108 000	151200	154400
Laenu intress	%	1,5	1,5	1,5
Laenu tähtaeg	a	5	5	5
Võimsus	kW	176	265	287
Võimsuse kasut. koefitsient		0,4	0,4	0,4
Töömaht aastas	h	1200	1100	1400
Amortisatsioon	a	9	9	7
Traktori kindlustus, ülevaatus	€	604,86	604,86	604,86
Diislikütuse kogus	l/h	20,8	27,1	32,4
Diislikütuse hind	€/l	0,53	0,53	0,53
AdBlue kogus	l/h	1,25	1,63	1,95
AdBlue hind	€/l	0,24	0,24	0,24
Määrdeainete kogus	l/h	0,30	0,39	0,47
Määrdeainete hind	€/l	2,40	2,40	2,40
Töötasu	€/h	6,69	6,69	6,69
Ettevõtte üldkulud	%	7	7	7
Kulum	€/h	12,50	19,09	19,69
Laenuintress	€/h	0,70	1,06	0,86
Kindlustus	€/h	0,50	0,55	0,43
Püsikulud kokku	€/h	13,70	20,70	20,99
Diislikütuse kulu	€/h	11,02	14,37	17,19
AdBlue kulu	€/h	0,30	0,39	0,47
Määrdeainete kulu	€/h	0,72	0,94	1,12
Korrashoiukulud	€/h	1,69	2,58	2,07
Traktorijuhi töötasu	€/h	6,69	6,69	6,69
Muutuvkulud kokku	€/h	20,42	24,97	27,54
Kulud kokku	€/h	34,12	45,67	48,53
Ettevõtte üldkulud	€/h	2,39	3,20	3,40
Jõumasina kulud kokku	€/h	36,50	48,87	51,92

Tabelis 15 on esitatud kolme erineva suurusega läगतankhaagiste töökulude prognoos lohisseedisega. Ostuhind koosneb läगतankhaagise ning laotusseadise hinnast. Läगतankhaagiste aastase töömahu hindamise aluseks on laotatavate põldude keskmine kaugus hoidlatest (lisa 2), vahemaa läbimisele kuluv sõiduaeg ning läga pumpamisele ja laotamisele kuluv tööaeg. Töökiiruse hindamiseks on arvesse võetud laoturite mahutavust (m³) ja pumpade võimsust.

Tabel 15. Lohisseedisega tankhaagiste töötunni kulu prognoos, €/h

Lohiseadis	Ühik	Annaburger HTS 20.28, 15 m ³	Annaburger HTS 29.28, 21 m ³	Annaburger HTS 33.28, 24 m ³
Aasta	a	2016	2016	2016
Ostuhind	€	82 000	100 000	105 000
Aastane töömaht	h	371	265	516
Amortisatsioon	a	8	8	8
Laenu tähtaeg	a	5	5	5
Laenu suurus	€	65 600	80 000	94 400
Laenu intress	%	2	2	2
Korrashoiukulud	%	1,5	1,5	1,5
Ülevaatus, kindlustus	€	391,77	391,77	391,77
Ettevõtte üldkulud	%	7	7	7
Kulum	€/h	27,6	47,2	25,4
Intress	€/h	1,8	3,1	1,7
Korrashoid	€/h	3,3	5,7	3,1
Kindlustus, ülevaatus	€/h	1,1	1,5	0,8
Kulud kokku	€/h	33,8	57,4	30,9
Ettevõtte üldkulud	€/h	2,4	4,0	2,2
Töomasina kulud kokku	€/h	36,2	61,5	33,1

2015. aastal laotatud vedelsõnniku koguse (25 628 t) juures tuleks 15 m³ läगतankhaagisega sõita põllule 1 709 korda. Laotusaja piiratuse tõttu on 15 m³ tankhaagiseid planeeritud kaks, mõlema puhul kujuneb aastaseks töömahuks 371 töötundi. Ühest 24 m³ tankhaagise mahust piisab aastase lägakoguse vedamiseks. 21 m³ tankhaagiseid tuleks osta kaks tükki.

Tabelis 16 on prognoositavad töötunni kulud läगतankhaagistel, millel on planeeritud rohumaa injektor ning segamisseadis. Segamisseadist saab kasutada haritavaal maal ning injektorit rohumaa väetamisel. Töötunni kulu on kahe eraldi sisestusseadme ostu korral suurem, kui lohisseedisega läगतankhaagisel.

Tabel 16. Segamisseadisega ning rohumaa injektoriga tankhaagiste töötunni kulu prognoos, €/h

Segamisseadis ja rohumaa injektor	Ühik	Annaburger HTS 20.28, 15 m ³	Annaburger HTS 29.28, 21 m ³	Annaburger HTS 33.28, 24 m ³
Aasta	a	2016	2016	2016
Ostuhind	€	109 500	124 500	129 500
Aastane töömaht	h	371	265	516
Amortisatsioon	a	8	8	8
Laenu tähtaeg	a	5	5	5
Laenu suurus	€	87 600	99 600	103 600
Laenu intress	%	2	2	2
Korrashoiukulud	%	1,5	1,5	1,5
Ülevaatus, kindlustus	€	391,77	391,77	391,77
Ettevõtte üldkulud	%	7	7	7
Kulum	€/h	36,9	58,7	31,4
Intress	€/h	2,5	3,9	2,1
Korrashoid	€/h	4,4	7,0	3,8
Kindlustus, ülevaatus	€/h	1,1	1,5	0,8
Kulud kokku	€/h	44,9	71,2	38,0
Ettevõtte üldkulud	€/h	3,1	5,0	2,7
Töomasina kulud kokku	€/h	48,0	76,2	40,7

Kui võrrelda läगतankhaagiste omavahelist tootlikust, siis 24 m³ mahuga tankhaagis suudaks prognoositavalt tunnis vedada umbes 50 m³ vedelsõnnikut. 21 m³ mahuga tankhaagis umbes 48 m³/h ning 15 m³ mahu korral hinnanguliselt 35 m³/h.

Lohisvoolikutega laotusagregaatide kuludest kokku töötunni kohta on toodud ülevaade tabelis 17. Madalaimlaotus kulu ühe tonni vedelsõnniku kohta on Annaburger HTS 33.28 mahutavusega 24 m³ (1,71 €/t), kuna läga laotamiseks piisab ühest komplektist. Tamm ja Vettik (2012: 247) uuringu tulemusel oli 40 päevase ajaperioodi jooksul optimaalsem lahend samuti 24 m³ mahuga läगतankhaagis, kui aastane läga kogus on 16 000 m³. Väiksemate läगतankhaagiste puhul on vaja kahte laotuskomplekti, eelkõige kevadise vedelsõnniku laotamise ajapiirangu tõttu. Kõige suurem tuleb laotamiskulu 21 m³ mahuga laotusagregaadiga, sest kogu tööressursi võimsus on liiga suur.

Tabel 17. Prognoositavad aastased masintöö kulud lohisvooliktehnoloogiaga, €/t

	Ühik	Annaburger HTS 20,28, 15 m ³	Annaburger HTS 29,28, 21 m ³	Annaburger HTS 33,28, 24 m ³
Töomasina töötunni kulu	€/h	36,2	61,5	33,1
Jõumasina töötunni kulu	€/h	36,5	48,87	51,92
Laotusagregaadi töötunni kulu	€/h	72,7	110,37	85,02
Aastane töömaht	h	371	265	516
Laotuskomplektide arv	tk	2	2	1
Aastane kulu kokku	€	53 943,40	58 496,10	43 870,32
Aastane vedelsõnniku kogus	t	25 628	25 628	25 628
Vedelsõnniku laotuskulu	€/t	2,10	2,28	1,71

Segamiseseadiste ja rohumaa injektoritega laoturite töötunni kuludest (tabel 16) ning nende kasutamisel traktori tunnikulude põhjal (lisa 3), selgub et masintööde aastased kulud segamiseseadise ning rohumaa injektori kasutamise tulemusel (tabel 18) on lohisvooliktehnoloogiaga suuremad. Jõumasinate töötunnikulu erinevuse tingib suurem kütuse, AdBlue ja määrdeainete tarbimine, kuna segamiseseadise kasutamisega on masina mootor rohkem koormatud. Madalaim laotuskulu (1,97 €/t) on 24 m³ mahuga laotuskomplekti puhul.

Tabel 18. Prognoositavad aastased masintöö kulud segamiseseadise ning rohumaa injektoriga, €/t

	Ühik	Annaburger HTS 20,28, 15 m ³	Annaburger HTS 29,28, 21 m ³	Annaburger HTS 33,28, 24 m ³
Töomasina töötunni kulu	€/h	48	76,2	40,7
Jõumasina töötunni kulu	€/h	39,72	53,07	56,95
Laotuskomplekti töötunni kulu	€/h	87,72	129,27	97,65
Aastane töömaht	h	371	265	516
Laotuskomplektide arv	tk	2	2	1
Aastane kulu kokku	€	65 088,24	68 513,10	50 387,40
Aastane vedelsõnniku kogus	t	25 628	25 628	25 628
Vedelsõnniku laotuskulu	€/t	2,54	2,67	1,97

Kui võrrelda omavahel (keskkonnaefektiivsemate) laotustehnoloogiate masinkulusid, oleks majanduslikult kõige otstarbekam vedelsõnnikut laotada lohiseseadisega. 24 m³

lohisvoolikseadisega lägatankhaagise kasutamisel on võimalik ühe tonni vedelsõnniku kohta kokku hoida 0,26 € võrreldes sisestusseadmetega lägatankhaagisel.

2.4. Lägalaotuse kulud arvestades masintööde kulusid ja lämmastiku lendumist

Efektiivse laotustehnoloogia valikul on lisaks seadmete tootlikkusele ja masintööde kulusidele oluline arvestada ka tehnoloogia efektiivsust keskkonna seisukohalt. Vedelsõnniku laotamisel toimuv ammoniaagi lendumine on eri seadmete puhul eri suurusjärgus. Kaduma läinud lämmastik tuleb asendada mineraalväetisega, et tagada planeeritud saagitase. Vastasel korral kasutavad taimed saagi moodustamiseks mulla toitainete varusid.

Eespool selgusid vedelsõnniku laotuskulud erinevate laotusagregaatide puhul võrdluses Sargvere PÜ senise tehnoloogia kuludega. Edasine võrdlev kalkulatsioon arvestades lämmastikukao kulusid (tabel 19) on koostatud madalaimate prognoositavate masintööde kuludega tehnoloogiate kohta mõlemast laotusseadiste grupist (tabelite 17, 18 alusel). Arvutused on tehtud 2015. aastal vedelsõnnikuga väetatud rohumaa ja nende põllumaade alusel, kuhu peale läga laotamist külvati põllukultuure. Neile kriteeriumitele vastas 477,25 hektarit põllumajandusmaad, kuhu laotati 17 231 tonni vedelsõnnikut (lisa 4). Kalkulatsiooni ei ole võetud vedelsõnniku kogust, mis laotati sügisel taimikuta põldudele.

Sargvere PÜ senise laotustehnoloogia masinkulud olid kolme laotusagregaadi keskmiselt 0,94 €/t. Paisk- ning lohisvoolikitehnoloogia puhul tuleb mullapinnale laotatud vedelsõnnik mulda viia ning sellest lähtuvalt on lisatud randaalimise kulu. Traktori ning sellega agregeeritud randaali töötunni kulu oli 46,6 €/h, mis teeb kogu kuludeks aastas 16 309 eurot. Randaaliga viidi kevadel mulda 14 596,51 tonni läga, milleks kulus 10 363,52 €. Keskmise kulu laotatud 17 231,88 tonni vedelsõnnikukohta oli 0,61 €/t (tabel 19).

Ammoniaagi kao määramisel võeti aluseks tabelis 2 (lk 18) toodud emissioonimäärad. Paisklaotustehnoloogia kasutamisel rohumaal on lämmastiku kaoks arvestatud 70%, lohisvoolikseadme korral 20% ning rohumaa injektoriga 10%. Haritaval maal on määratud lämmastiku kaoks paiskseadisega 55%, lohisvoolikitehnoloogiaga 10%, kui vedelsõnnik viiakse mulda 12 tunni jooksul. Segamisseadise kasutamise on arvestatud ammoniaagi

kaoks 5%. Lämmastiku kadu rohumal ja haritavaal maal kokku oleks paisklaotuse korral 20 718 kg, lohisvooliktehnoloogiaga 4175 kg ning segamisseadise ja rohumaa injektori kasutamisega 2 087 kg (lisa 4).

Lämmastikukao rahalise väärtuse arvutamise aluseks on Agrochema mineraalväetiste hinnapakumine, mille põhjal maksis 500 kg ammooniumnitraati 265 eurot. Nimetatud väetis sisaldab 100 kg kohta 34,4 kg lämmastikku. Üks kilogramm lämmastikku maksab seega 1,55 €/kg. Paisklaotustehnoloogia kasutamisel on ammoniaagi hinnanguline kadu rahalises väärtuses ca 32 000 eurot (tabel 19). Segamisseadise ning rohumaa injektori kasutamisel oleks hinnanguline kadu 29 000 eurot võrra väiksem võrreldes paiskseadisega. Lohisseadisega oleks rahaline kadu 4 175 €.

Tabel 19. Vedelsõnniku laotuskulud ammoniaagi kao rohumaa ja põllukultuuride väetamisel 2015. aasta andmetel, €/t

		Paiskseadis	Lohisseadis	Segamisseadis, rohumaa injektor
	Ühik	Sargvere PÜ	Annaburger HTS 33.28	Annaburger HTS 33.28
Vedelsõnniku laotamise kulud	€/t	0,94	1,71	1,97
Randaalimise kulu	€/t	0,61	0,61	-
Masina töökulud kokku	€/t	1,55	2,32	1,97
Lämmastikväetise hind	€/kg	1,55	1,55	1,55
N kadu	kg	20 718,09	4 175,19	2 087,60
N koguväärtus	€	32 113,04	6 471,55	3 235,77
Vedelsõnniku kogus	t	17 231,88	17 231,88	17 231,88
N kulu	€/t	1,86	0,38	0,19
Kogukulu laotamisele	€/t	3,41	2,70	2,16

Lämmastikukao mitteamistamisega oleks madalaimate kuludega tehnoloogiaks paisklaotamine nagu ilmnes ka Siim jt (2013) uuringus. Võttes arvesse lämmastikukadu, oleks kulude võrdluses kõige efektiivsem lahendus lägatankhaagis Annaburger 33.28 haakes traktoriga Fendt 939, millele on laotusseadisteks valitud haritavaal maal segamisseadis ning avalõhe-sisestusseadis rohumal. Siim jt (2013) leidsid, et ammoniaagi kao arvestamisel muutuvad paisk- ning lohisvoolikseadised võrreldes sisestusseadise ebaefektiivseimateks. Samale tulemusele jõuti käesolevas töös. Finantsvahendite olemasolul tuleks ettevõttel praegune tehnoloogia välja vahetada, kuna seeläbi saavutatakse oluline kulude kokkuhoid. Et-

tevõttele sobivaimaks osutunud seadmete komplekt nõuaks investeringut 322 500 € ulatuses, mis on 34 500 € suurem kui lohiseadmega tehnoloogial. Mida vanemaks masinad ja seadmed saavad, seda suurem on risk, et masinatega esineb tehnilisi probleeme. Tehniline vastupidavus on oluline tööde õigeaegsel tegemisel, sest kui põllutöid ei sooritata õigel ajal, siis kannatab põllukultuuride saak ning kvaliteet.

Ettevõttes on seatud eesmärgiks, et kevadel peab jõudma laotada 40 päevaga 15 000 tonni vedelsõnnikut. Tööpäeva pikkus on igapäevaselt 11 tundi, mis tähendab, et maksimaalne võimalik töötundide arv on 440 tundi. Väljavalitud tehnoloogiaga kulub 15 000 tonni vedelsõnniku laotamisele prognoositavalt 302 töötundi. Prognoositud töötundide arv moodustub 69% maksimaalsest võimalikust töötundide arvust kevadisel laotusperioodil. Arvestada tuleb, et laotamispäevade tegelik arv ja laotusperioodi pikkus sõltub ilmastikust ja masina tehnilisest vastupidavusest. Sellest tulenevalt on ülejäänud aeg (138 h) planeeritud ettenägematute asjaolude ja probleemide katteks. Olukorras, kus tekib ajapuudus, on võimalik teatud perioodi jooksul pikendada tööpäeva pikkust või töötada kahes vahetuses. Selleks, et täpsemat määratlada laotuse ajakulu, tuleks valitud laotustehnoloogiat reaalselt proovida ettevõtte tootmistingimustes enne investeringu tegemist. Lisaks saaks informatsiooni kütusekulu kohta ning hinnata masina tootlikkust laotamisel. Rohumaa injektorit tuleks enne ostmist proovida ettevõtte rohumaaadel, et hinnata tehnoloogia sobivust, kuna neil võib esineda probleeme näiteks lõhede lõikamisega. Kadaja jt (2009: 45) töid välja, et mõningate firmade rohumaa injektorid ei ole vastupidavad ning vajavad tihti remontimist. Sellisel juhul tuleks jälgida remondikuluseid ning vajadusel seade välja vahetada.

2015. aasta sügisel laotusperioodil laotati umbes 8 300 tonni vedelsõnnikut põldudele, kus ei olnud taimikut. Sellisel juhul lendub ning leostub suur osa lämmastikust. Selleks, et nii vedelsõnnikut ja kui ka seadmetesse tehtud investeringut efektiivsemalt ära kasutada, teeb autor ettepaneku kasutada rohkem vedelsõnnikut rohumaaade väetamisel. Rohumaa vajavad peale esimesest niidet uue saagi moodustamiseks väetamist, kuid ettevõttes ei ole seda tehtud. Rohumaa väetamisega tõuseb teise niite saagikus ning sellisel juhul suudetakse rohkem koguda talvist sööta loomadele ning parandatakse rohumaaade kasutamise efektiivsust. Rohumaa injektorit kasutamisel suvisel perioodil ei kahjustu taimed nii palju kui kevadel (Rodhe, Halling 2014: 265). Erinevate uuringute tulemusel olid lohisvoolik ning sisestusseadmega rohumaa saagikused küll sarnased (Vedelsõnniku kasutamine... 2011:

14-15), samas Lalor (2008) leidis, et investering lohisvoolikseadisesse ei tasu ära võrreldes paiskseadiseiga, arvestades ammoniaagi lendumisega. Käesoleval ajal tuleb investeringute tegemisel vedelsõnniku laotusseadmetesse siiski arvestada keskkonnaseaduste pidevat karmistumist, kuna 2021. aastal tuleb peale 20. septembrit ületalve jäetaval taimikul läga viia pinnasse sisestusseadmega (Veeseaduse muutmise seadus, § 1). Seetõttu oleks otstarbekas soetada sisestusseade.

Vedelsõnniku laotusperioodi ajal ei segatud lägalaguunides vedelsõnnikut ning selle tulemusel oli põllule laotatud vedelsõnnik ebaühtlase koostisega. Laotusperioodi ajal märkas autor, et kui vedelsõnnikut veeti erinevatest laguunidest, oli kuivainesisalduse erinevus märgatav. Lisaks oli näha, et samas laguunis vedelsõnniku kuivainesisaldus laotusperioodi jooksul muutus. Ebaühtlase vedelsõnniku koostisega on raske määratleda, kui palju toitained taimed tegelikult saavad. Kuna lämmastiku emissiooni mõjutab laotusaegne ilm, siis ilmastiku mitteamistamisest võivad toitainete kaod olla suuremad või väiksemad kui töös arvesse võetud. Lisaks tekib segamata jätmisel lägalaguunidele paks koorik peale, kus kasvavad ka taimed. Koorik takistab ammoniaagi lendumist, aga sellest tulenevalt võib laguunide maht aasta-aastalt väheneda. Tulevikus peab ettevõtte laguunid ära puhastama, mis võib põhjustada suuremaid kulusid, kui on vedelsõnniku segamine.

KOKKUVÕTE

Piimatootjatel tuleb tootmistegevuse planeerimisel ja korraldamisel järjest enam arvestada nii keskkonnanõuetest tulenevate piirangutega kui keerulisest turusituatsioonist tulenevate mõjudega tootmise efektiivsusele. 2016. aastal on Eesti piimatootjad majanduslikult raskes seisus, kuna piima kokkuostuhinnad langesid Venemaa kehtestatud impordipiirangute tõttu Euroopa Liidu toidukaupadele. Lisaks on tõusnud mineraalväetiste hinnad rohkem, kui teravilja kokkuostuhinnad, mille tõttu saadakse vähem tulu ka põllukultuuride kasvatamisel. Selleks, et sellises olukorras hakkama saada, tuleb leida võimalusi ettevõtte tootmisefektiivsuse suurendamiseks.

Põllumajanduses on ühed kõige suuremad kuluallikad masinad ja seadmed. Enamasti põllumehed ei oma ülevaadet kui efektiivselt nad põllumajandustehnikat kasutavad. Selleks, et püsida konkurentsisis ning kasutada masinaid efektiivselt, tuleb osata juhtida masinkulusid. Põllumajanduses toimub pidev tehnoloogiline areng seadmete ja masinate valdkonnas, nii on ka vedelsõnniku laotustehnoloogiate valik pidevas muutuses. On võimalik valida tehnoloogiaid paisklaotusest kuni vedelsõnniku muldaviimiseni segamisseadiste või injektoritega. Igal tehnoloogial on omad plussid ning miinused ning ettevõtte juht peab suutma teha parima valiku sõltuvalt ettevõtte vajadustest.

Vedelsõnnik on oluline toiteelementide allikas mineraalväetiste kõrval. Vedelsõnnik sisaldab taimekasvuks olulisi makro- ja mikroelemente. Üheks makroelemendiks vedelsõnnikus on lämmastik, mille lendumisel tekkiv kadu erinevate läga laotustehnoloogiate kasutamisel on erinev. Ammoniaagi eraldamine põhjustab keskkonnale kahju, näiteks põhjustades mulla- ja vee happeliseks muutumist, veekogude eutrofeerumist jne.

Keskkonnanõuete pidava karmistumisega peavad põllumajandustootjad investeerima keskkonnaefektiivsemate tehnoloogiate kasutuselevõttu. Et need seadmed on kallimad, on põllumajandustootjate hulgas levinud arvamus, et nad on majanduslikult ebaefektiivsed. Sargvere Põllumajandusühistus on kasutusel amortiseerunud paisklaotustehnoloogia, mis vajab lähitulevikus väljavahetamist. Tulenevalt sellest oli töö eesmärgiks leida Sargvere

Põllumajandusühistu paisklaotustehnoloogia asemele majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsem laotustehnoloogia.

Lähtuvalt ettevõtte vedelsõnniku kogustest ja laotamispiirangutest valiti laotustehnoloogia- te hulgast sobiva suuruse ja tootlikkusega lohisvoolikseadmest, mullaga segamisseadisest ja rohumaa injektorist koosnev komplekt. Optimaalse suurusega lägatankhaagise väljasel- gitamiseks võrreldi kolme erineva mahuga lägatankhaagised (15 m^3 , 21 m^3 , 24 m^3). Väik- semate mahtudega lägatankhaagiseid (15 m^3 ja 21 m^3) tuleb vajaliku kevadise laotamis- võimsuse tagamiseks osta kaks, kuna seati eesmärk, et kevadel peab 15 000 tonni vedel- sõnnikut jõudma laotada 40 päevaga. Optimaalseimaks variandiks lohisvoolikseadise kor- ral kujunes 24 m^3 mahuga lägatankhaagis, mille prognoositav laotuskulu oli 1,71 €/t. Se- gamisseadise ja rohumaa injektoriga oli madalaimate kuludega 24 m^3 haagis (prognoosita- vate laotuskuludega 1,97 €/t). Kuna väiksemate lägatankhaagiste puhul tuleks ettevõttel valida kaks laotuskomplekti, jääks ühe agregaadiga aastane töömaht liiga väikeseks ja kulud tonni vedelsõnniku kohta suuremaks kui ühe tootlikuma haagisega. Kahe haagisega on laotustööd kevadel võimalik küll kiiremini läbi viia, aga majanduslikult on see ebaefektiiv- ne.

Sargvere Põllumajandusühistu seni kasutatud paisklaotustehnoloogia masintööde kulusid võrreldi eeltoodud efektiivsemate komplektide kuludega. Vedelsõnniku laotustehnoloogia- te omavahelises võrdluses oli ettevõtte amortiseerunud laotustehnoloogia kõige väiksemate kuludega (0,94 €/t). Randaalimiskulude arvestamisega muutus lohisseadisega laotustehno- loogia kõige kulukamaks (2,32 €/t).

Võttes arvesse vedelsõnniku laotamisel tekkiva ammoniaagi kao rahalist väärtust, olid lao- tuskulud kõige suuremad kulud paisklaotuse korral (3,41 €/t). Majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsemaks tehnoloogiaks osutus segamisseadise ning rohumaa injektoriga varustatud 24 m^3 mahuga lägatankhaagis (2,16 €/t). Analüüsist järeldub, et lägalaotusteh- noloogiatega masintööde kulude kalkuleerimisel tuleks arvesse võtta ka laotamisel lendunud lämmastiku väärtust, mis annab täpsema ülevaate tehnoloogia efektiivsusest. Analüüsi tu- lemusena selgunud väetamise masinatööde kulude tase arvestades lämmastiku emissiooni (€/t) sõltub suurel määral ilmastikutingimustest, mistõttu tuleb arvestada, et praktikas ku- junevad tulemused aastati erinevaks.

Sargvere Põllumajandusühistu amortiseerunud laotustehnoloogia tuleks töö tulemuste põhjal välja vahetada, et olla majanduslikult ning keskkondlikult efektiivsem. Lisaks soovitab autor uue tehnoloogia kasutamisel rohkem väetada rohumaid, selle asemel, et laotada vedelsõnnikut sügisel taimikuta põldudele, kus lämmastik leostub ning lendub ammoniaagina. Võrreldes vedelsõnniku senise kasutusega saaks rohumaa injektori olemasolul väetada rohumaid peale esimest niidet, mida seni ei ole ettevõttes tehtud ning seeläbi tõsta rohumaa saagikust.

Probleemiks uurimistöõ tulemuste usaldusväärsuse osas on täpsemate toiteelementide analüüside puudumine vedelsõnniku kohta, mistõttu ka hinnangud lämmastiku emissiooni ja toiteelementide bilansi osas jäävad ebatäpseks. Seega võib ettevõttele soovitada tellida vedelsõnniku koostise analüüsi sagedamini. Lisaks on oluline, et vedelsõnniku laotamise ajal kasutataks lägalaguunides segajaid, et toitainete jagunemine laotatud sõnnikus oleks ühtlasem. Väetamise tulemuslikkuse tõstmiseks tuleks rohkem kontrollida töötajaid, et vältida ebakvaliteetsest töötegemisest tingitud vigu laotusnormides.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Alver, J., Alver, L.** (2011b). Majandusarvestus ja rahandus. Leksikon II osa M-Y. Tallinn: Tallinna Raamatutrukikoda. 580 lk.
2. **Caplan, D.** (2010). Cost behavior. – *Management accounting concepts and techniques*. <http://www.albany.edu/~dc641869/Chapter04.htm> (07.04.2016).
3. **Dalsted, N.** (2008). The cost of owning and operating farm machinery. <http://www.coopext.colostate.edu/ABM/abmcostofmachinery.pdf> (12.04.2016).
4. **Dyckhoff, H., Allen, K.** (2000). Measuring ecological efficiency with data envelopment analysis. – *European journal of operational research*. Vol. 132, issue 2, pp 312-325. [on-line] Sciedirect (12.04.2016).
5. **Edwards, W.** (2009). Estimating farm machinery costs. <http://www.extension.iastate.edu/agdm/crops/html/a3-29.html> (12.04.2016).
6. **Ehsani, R.** (2010). Increasing field efficiency of farm machinery using GPS. <http://edis.ifas.ufl.edu/ae466> (12.04.2016).
7. **Engström, L., Linden, B., Ericson, L.** (2005). Nitrification during autumn and winter of ammonium nitrogen in the cattle slurry applied to soil at different times during the autumn. http://www.vaxteko.nu/html/sll/njf/utredn_rapporter/NUR05-02/NUR05-02D.PDF (19.03.2016).
8. **Fageria, N.K., Baligar, V.C.** (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. - *Advances in agronomy*. Vol. 87, pp 85-156. [on-line] Sciedirect (01.02.2016).
9. Fendt 724. (2016). <http://www.fendt.com/int/9195.asp> (30.03.2016).
10. Fendt 936. (2016). <http://www.fendt.co.uk/6872.asp> (30.03.2016).
11. Fendt 939. (2016). <http://www.fendt.com/int/9706.asp> (16.04.2016).
12. **Functions of phosphorus in plants.** (1999). *Better crops with plant food.* Ed. D. I. Armstrong. Vol. 83, No. 1, pp 6-7. [https://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/\\$webindex/ECBABED567ABDCDD852568EF0063C9F4/\\$file/99-1p06.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/$webindex/ECBABED567ABDCDD852568EF0063C9F4/$file/99-1p06.pdf) (02.02.2016).
13. **Gao, J., Thelen, K. D., Min, D., Smith, S., Hao, X., Gehl, R.** (2010). Effects of manure and fertilizer applications on canola oil content and fatty acid composition. – *Agronomy Journal*. Vol. 102, no 2, pp 790-797. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/102/2/790> (06.03.2016).

14. **Gray, S. W., Knowlton, K. F.** (2009). Ammonia emissions and animal agriculture. Virginia Cooperative extension. https://pubs.ext.vt.edu/442/442-110/442-110_pdf.pdf (02.03.2016).
15. **Huijsmans, J.F.M., Hol, J.M.G., Hendriks, M.M.W.B.** (2001). Ammonia volatilization from manure applied to grassland. – *Netherlands Journal of agricultural science*. Vol 49, issue 4. pp 323-342. [on-line] Scencedirect (05.04.2016).
16. **Huijsmans, J.F.M., Schils, R.L. M.** (2009). Ammonia and nitrous oxide emissions following field-application of manure: state of the art measurements in the Netherlands. International fertiliser society <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/255892> (25.04.2016).
17. **Huijsmans, J. F. M., Schröder, J.J., Mosquera, J., Vermeulen, G.D., Ten Berge, H. F. M., Neeteson, J. J.** (2015). Ammonia emissions from cattle slurries applied to grassland: should application techniques be reconsidered? – *Soil use and management*. Vol 32, issue 1, pp 1-8. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sum.12201/epdf> (18.03.2016).
18. **Jakobsson, C., Sommer, E. B., Clercq, P. D., Bonazzi, G., Schröder, J.** (2002). The policy implementation of nutrient management legislation and effects in some European countries. <http://siteresources.worldbank.org/INTAPCFORUM/Resources/lectureone7.doc>. (12.04.2016).
19. **Kadaja, J., Koik, E., Plakk, Saue, T., Siim, J., Tamm, K., Vettik, R., Viil, P., Võsa, T.** (2012). Vedelsõnnik ja mullaharimine. Saku. AS Rebellis. http://etki.ee/images/eria/raamatud/Vedelsonnik_ja_mullaharimine_1.pdf (05.09.2014).
20. **Kadaja, J., Koik, E., Siim, J., Tamm, K., Vettik, R., Viil, P.** (2009). Väetamisest majandusliku surutise tingimustes. Saku. AS Rebellis. http://www.etki.ee/images/eria/raamatud/Vaetamisest_maj_surut_ting.pdf (05.09.2014).
21. **Kalle, E.** (2007). Tootlikkuse kasvu juhtimine ettevõttes. Kirjastus: Külim. 120 lk.
22. **Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H., Astover, A., Ilumäe, E., Lauringson, E., Loide, V., Penu, P., Rooma, L., Sepp, K., Talgre, L., Tamm, U.** (2014). Väetamise ABC. Saku: AS Ecoprint. 50 lk.
23. **Karu, S.** (2008). Kulude juhtimine ja arvestus: Tulemuslikkusele suunatud organisatsioonis. Tartu: Rafiko. 333 lk.
24. **Kayser, M., Benke, M., Isselstein, J.** (2012). Potassium leaching following silage maize on a productive sandy soil. – *Plant, soil and environment*. Vol. 58, issue 12, pp 545-550. <http://81.0.228.28/publicFiles/78761.pdf> (26.04.2016).
25. **Koik, E., Matveev, E.** (2011). Teravilja omahind on kiiresti tõusnud. - *Maamajandus*. Nr. 4. [e-ajakiri] www.digar.ee/arhiiv/en/download/162923 (01.03.2016).

26. **Koik, E., Siim, J., Tamm, K., Vettik, R., Viil, P.** (2008). Vedelsõnnik - miks ja kuidas. Saku. AS Rebellis. http://www.etki.ee/images/eria/raamatud/Vedelsonnik_miks_ja_kuidas.pdf (05.09.2014).
27. **Lalor, S.** (2008). Economic costs and benefits of adoption of the trailing shoe slurry application method on grassland farms in Ireland. http://www.ramiran.net/doc08/RAMIRAN_2008/Lalor.pdf (25.04.2016).
28. **Lauk, R.** (2008). Kaun- ja teraviljade segukülvide kasvatamise teoreetilisi ja praktilisi aspekte. Tartu: Eesti Maaülikool. 59 lk.
29. **Lips, M.** (2013). Repair and maintenance costs of hill-farm tractors and transporters for upland mechanization. – *Journal of agricultural engineering*. Vol. 44, no. 3, pp 133-138. <http://www.agroengineering.org/index.php/jae/article/view/jae.2013.e19/pdf> (14.04.2016).
30. **Loko, V., Koik, K., Tamm, K.** (2012). Üldine masinkasutuse ökonoomika. [on-line] Eesti Maaviljeluse Instituut. 8 lk.
31. **Mereste, U.** (2003a). Majandusleksikon I A-M. Eesti Entsüklopeediakirjastus. Tallinn: Tallinna Raamatutrükikoda. 644 lk.
32. **Mereste, U.** (2003b). Majandusleksikon II N-Y. Eesti Entsüklopeediakirjastus. Tallinn: Tallinna Raamatutrükikoda. 604 lk.
33. Mis on saanud Märdi ja Sargvere eksperimentaalfarmist? (1983). – *Paide rajooni Leninimelise kolhoosi kroonika „Sotsialistlik põllumajandus“*. /Koost. E. Kaldas. Nr 1. Sargvere. 100 lk.
34. Older Grupp. (2016). Mais. <http://www.oldergrupp.ee/index.php/page,Maisist> (24.03.2016).
35. Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundliku ala kaitse-eeskiri. (vastu võetud 21.01.2003, jõustunud 01.07.2003) - *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/242635> (27.04.2016).
36. **Pflueger, B.** (2005). How to calculate machinery ownership and operating costs. http://pubstorage.sdstate.edu/agbio_publications/articles/ec920e.pdf (12.04.2016).
37. PRIA hinnakataloog (2016). <https://epria.pria.ee/epria2/#/hinnakataloog/valideeritud> (30.03.2016).
38. PM042: Põllukultuuride saagikus maakonna järgi. (andmed uuendatud 10.02.2016). – *Eesti Statistika andmebaas*. <http://pub.stat.ee/> (27.04.2016).
39. PM063: Tera- ja kaunviljade ning rapsiseemne kokkuost. (andmed uuendatud 15.02.2016). – *Eesti Statistika andmebaas*. <http://www.stat.ee> (01.03.2016).
40. **Porcelli, F.** (2009). Measurement of technical efficiency. http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/fporcelli/porcelli_dea_sfm.pdf (12.04.2016).

41. **Rehm, G., Schmitt, M.** (2002). Potassium for crop production. <http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/potassium/potassium-for-crop-production/> (02.02.2016).
42. **Rodhe, L., Halling, M.A.** (2014). Grassland yield response to knife/tine slurry injection equipment – benefit or crop damage? – *Grass and Forage Science*. Vol 70, issue 2, pp 255-267. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gfs.12106/epdf> (20.03.2016).
43. Saastuse kompleksne vältimine ja kontroll. Parim võimalik tehnika veiste intensiivkasvatases. (2013). 70 lk. http://www.ippc.envir.ee/docs/PVT/Uuendused/PVT_tooversioon_30_11_2013.pdf (29.09.2014).
44. **Sammler, L** (2013). Lumi läinud, lägaveo aeg käes. - *Maamajandus*. Nr. 4. [e-ajakiri] http://issuu.com/mlmeedia/docs/mm_20130418024 (12.01.2016).
45. **Sepp, K.** (2009). Põllumajandustootja keskkonnakava. Tartu. http://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/Sepp_Lisa1.pdf (03.03.2016).
46. **Siim, J., Tamm, K., Vettik, R., Viil, P., Võsa, T.** (2013). Väetiste käitlustehnoloogiad ja – masinad. AS Rebellis. http://www.etki.ee/images/eria/raamatud/Vaetiste_kaitlustehnoloogiad_1.pdf (05.09.2014).
47. **Sommer, S.G., Hutchings, N.J.** (2001). Ammonia emission from field applied manure and its reduction – invited paper. – *European Journal of Agronomy*. Vol. 15, pp 1-15. [on-line] Scencedirect (02.03.2016).
48. **Surovtsev, V., Burkhieva, T., Ponomarev, M.** (2012). Economic analysis of environmentally safe technologies in agriculture. – Sustainable agriculture. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:603516/FULLTEXT01.pdf#page=141> (05.04.2016).
49. Swedbank seadmeliising. (2016). <https://www.swedbank.ee/business/finance/leasing/equipment?language=EST#calcScheduleInner> (20.04.2016).
50. Sõnniku koostise nõuded. (vastu võetud 21.08.2003). — *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/619727> (29.09.2014).
51. **Søgaard, H.T., Sommer, S.G., Hutchings, N.J., Huijsmans, J.F.M., Bussink, D.W., Nicholson, F.** (2002). Ammonia volatilization from field-applied animal slurry – the ALFAM model. – *Atmospheric Environment*. Vol 36, issue 20, pp 3309-3319. [on-line] Scencedirect (19.03.2016).
52. **Tamm, K., Vettik, R.** (2012). The model to define optimum volume for slurry tanker. – *Agronomy Research*. Vol. 10, issue 1, pp 243-250. <http://agronomy.emu.ee/> (23.03.2016).

53. **Tampere, M., Kauer, K., Keres, I., Loit, E., Selge, A., Viiralt, R., Raave, H.** (2014). Effects of sward botanical composition on nitrogen and potassium leaching in cut grassland. – *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 101, no. 4, pp 389-394. http://www.zemdirbysteagriculture.lt/wp-content/uploads/2014/12/101_4_str49.pdf (14.04.2016).
54. Vedelsõnniku (läga) kasutamine rohumaade ja põllukultuuride väetisena ning mõju keskkonnale ja saagi kvaliteedile. (2011). Tartu: Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. <http://www.pikk.ee/valdkonnad/taimekasvatus/rohumaaviljelus-uus/rohumaade-rajamine-ja-agrotehnika/vaetamine/laga-kui-oluline-orgaaniline-vaetis#.VzcqafmLRD8> (25.04.2016).
55. Veeseadus. (vastu võetud 11.05.1994, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 16.01.2016, osaliselt 01.01.2021 ja 01.01.2023). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/VeeS> (14.03.2016).
56. Veeseaduse muutmise seadus. (jõustunud 16.01.2016). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/106012016002> (26.04.2016).
57. **Viiralt, R.** (2014). Läga kui oluline orgaaniline väetis. Eesti põllu- ja maamajanduse nõuandeteenistus. <http://www.pikk.ee/valdkonnad/taimekasvatus/rohumaaviljelus-uus/rohumaade-rajamine-ja-agrotehnika/vaetamine/laga-kui-oluline-orgaaniline-vaetis#.VzcqafmLRD8> (26.04.2016).

THE COSTS OF LIQUID MANURE TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF SARGVERE PÕLLUMAJANDUSÜHISTU

Summary

In the year 2016, Estonian dairy farmers are in economically difficult position, due to fallen milk prices caused by import restrictions of Russia on European food products. In addition, the prices of mineral fertilisers have increased more than the sales prices of grain, resulting in less revenue from the crop cultivation. In order to cope with such a situation, companies have to find ways to increase production efficiency.

The highest cost sources in agriculture are machinery and equipment. In many cases, farmers do not have an overview of how efficiently they use their agricultural machinery and other resources. In order to stay competitive and to use machines effectively one has to be able to control the costs of the machinery. There is a continuous technological development in machinery and equipment sector, including liquid manure technologies.. Farmers can choose the technologies from broadcasting to injecting slurry in to the soil. Each technology has its own pluses and minuses, thus every farmer should be able to make the best choice, depending on the needs of the company.

Liquid manure is an important source of nutrients besides mineral fertilisers. Liquid manure contains essential macro and micro elements for plant growth. One of the macro elements in slurry is nitrogen, that is very volatile in ammonium form. Ammonia emission rates depend among other factors also on slurry application technology. Volatilisation of ammonia causes damage to the environment: makes soil and water acidic, eutrophication of water bodies, etc.

Farmers must invest in environmentally efficient technologies because of toughening environmental requirements. Since the more efficient application devices are more expensive, farmers have opinion that they are economically inefficient. Depreciated broadcast technology is used in Sargvere Põllumajandusühistu, that needs to be replaced in the near fu-

ture. The aim of current thesis was to find suitable replacement to broadcast technology that would be economically and environmentally more efficient technology.

Based on the company's amount of liquid manure and distribution restrictions there were chosen the technologies with appropriate size and productivity from trailing shoe Technologies and soil plus grassland injector assembly. There were chosen three different size volumes to compare the optimal size of slurry tanks (15 m³, 21 m³, 24 m³). Two smaller slurry tanks (15 m³ and 21 m³) should be bought in order to ensure distribution capacity for the spring, because the goal was set to spread 15, 000 tons of liquid manure during 40 days in spring. The optimal size for trailing shoe technology was 24 m³ capacity tank, with projected distribution costs 1,71 €/t. Lowest costs of soil and grassland injector assembly were with 24 m³ tank (estimated distribution costs 1,97 €/t). As in the case of smaller slurry tanks the company should choose two distributors, thus the total annual work per distributor remain too small and costs per ton of liquid manure higher than with one more productive tank. With two slurry tanks the slurry distribution could be performed faster in spring, but it is economically inefficient.

The costs of currently used broadcast technology in Sargvere Põllumajandusühistu were compared to above-mentioned more efficient technologies. The costs of depreciated distribution technology were the lowest (0,94 €/t). The trailing shoe technology would be the most expensive (2,32 €/t), because of the additional costs of mixing the slurry into soil with the disc harrow.

Taking into account the value of ammonia during the spreading of liquid manure, the higher costs would be with broadcast technology (3,41 €/t). The environmentally and economically most efficient technology appears to be soil and the grassland injector with slurry tank capacity of 24 m³ (2,16 €/t). The analysis suggests that, when calculating costs of slurry technologies the value of volatilised nitrogen should be also taken into account, thus gaining better overview of the effectiveness of technologies. The results depend largely on weather conditions, thus in practice vary from year to year.

Based on the results of current analyse the depreciated distribution technology of Sargvere Põllumajandusühistu should be replaced in order to be economically and environmentally efficient. In addition, author recommends the use new technology more for fertilising

grasslands, instead of spreading liquid manure on fields where there are no plants in autumn, thus nitrogen is leached and volatilised as ammonia. Another recommendation is to fertilise grasslands after the first mow, that has not been done so far and thereby to increase grass yields.

The problem about the reliability of the research results is the lack of precise nutrient analysis of liquid manure, therefore the estimates of nutrient balance and nitrogen emissions remain imprecise. The company should order liquid manure analyses more frequently. In addition, it is important to use mixers in the lagoons during slurry spreading to ensure that the nutrients in liquid manure are spread more evenly. To enhance the effectiveness of fertilization, the workers should be checked more often in order to avoid errors in distribution rates caused by poor quality of work.

LISAD

**Lisa 1. Vedelsõnnikuga ning mineraalväetistega antud toitainetekogused
kokku, kui on arvestatud ammoniaagi kadu (kg/ha)**

Põllu nimi	Kultuur	Vedelsõnnik			Mineraalväetis			Toitaineid kokku		
		N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha	N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha	N, kg/ha	P, kg/ha	K, kg/ha
Lammutus	kaer+hernes	54,8	19,1	121,8	-	-	-	54,8	19,1	121,8
Sandre	kaer+hernes	44,4	15,5	98,7	-	-	-	44,4	15,5	98,7
Koigi	kaer+hernes	72,8	25,4	161,7	-	-	-	72,8	25,4	161,7
Liisbet	kaer+hernes	61,4	21,5	136,5	-	-	-	61,4	21,5	136,5
Vaatetorni	kaer+hernes	53,9	18,8	119,7	-	-	-	53,9	18,8	119,7
Soone	kaer+hernes	33,1	11,6	73,5	-	-	-	33,1	11,6	73,5
Saia	mais	30,2	10,6	67,2	24,0	10,6	19,9	54,2	21,1	87,1
Kolmnurk	mais	64,3	22,4	142,8	24,0	10,6	19,9	88,3	33,0	162,7
Tammik	mais	68,0	23,8	151,2	24,0	10,6	19,9	92,0	34,3	171,1
Piirsoo	suviraps	54,8	19,1	121,8	39,0	6,6	31,1	93,8	25,7	152,9
Pikalepiku	suviraps	45,4	15,8	100,8	39,0	6,6	31,1	84,4	22,4	131,9
Nesleri	suviraps	27,4	9,6	60,9	39,0	6,6	31,1	66,4	16,2	92,0
Nurga	suvinisu	48,2	16,8	107,1	47,5	7,0	13,3	95,7	23,9	120,4
Võimla	suvinisu	39,7	13,9	88,2	47,5	7,0	13,3	87,2	20,9	101,5
Elsatagune	suvioder	36,9	12,9	81,9	55,5	10,6	19,9	92,4	23,4	101,8
Tonni	talinisu	33,1	11,6	73,5	-	-	-	33,1	11,6	73,5
Koigi	talinisu	25,5	8,9	56,7	-	-	-	25,5	8,9	56,7
Vaatetorni	talinisu	23,6	8,3	52,5	-	-	-	23,6	8,3	52,5
Rohumaa										
Laiakivi	püsirohuma	20,2	10,6	67,2	-	-	-	20,2	10,6	67,2
Palu raba	püsirohuma	12,0	6,3	39,9	21,0	-	-	33,0	6,3	39,9
Lõugu	lühiajaline rohumaa	10,7	5,6	35,7	-	-	-	10,7	5,6	35,7
Tonni	lühiajaline rohumaa	32,1	16,8	107,1	-	-	-	32,1	16,8	107,1
Paekivi	lühiajaline rohumaa	8,2	4,3	27,3	-	-	-	8,2	4,3	27,3

Lisa 2. Vedelsõnnikuga väetatud põldude keskmine kaugus, km

Põllu nimi	Kaugus, km
Lammutus	1,5
Sandre	1,6
Laiakivi	2,6
Koigi	1,6
Lõugu	1,4
Liisbet	3,0
Vaatetorni	2,0
Soone	2,8
Tonni	2,8
Nurga	2,2
Palu raba	3,3
Saia	2,5
Kolmnurk	2,2
Piirsoo	2,1
Paekivi	2,2
Võimla	2,2
Elsatagune	1,5
Tammik	2,0
Pikalepiku	3,7
Nesleri	4,5
Sapi Jaan	2,1
Mäeküla side	2,8
Siberi	3,9
Raudsepa	1,6
Nurmsi laudatagune	3,4
Sigalatagune	2,5
Keskmine	2,7

**Lisa 3. Traktorite töötunni kulude prognoos segamisseadise ning rohu-
maa injektori korral, €/h**

Nimetus	Ühik	Fendt 724 (15m ³)	Fendt 936 (21m ³)	Fendt 939 (24m ³)
Aasta	a	2016	2016	2016
Ostuhind	€	135 000	189 000	193000
Laenu suurus	€	108 000	151200	154400
Laenu intress	%	1,5	1,5	1,5
Laenu tähtaeg	a	5	5	5
Võimsus	kW	176	265	287
Võimsuse kasut. koefitsient		0,5	0,5	0,5
Töömaht aastas	h	1200	1100	1400
Amortisatsioon	a	9	9	7
Traktori kindlustus, ülevaatus	€	604,86	604,86	604,86
Diislikütuse kogus	l/h	26,0	33,9	40,5
Diislikütuse hind	€/l	0,53	0,53	0,53
AdBlue kogus	l/h	1,56	2,03	2,43
AdBlue hind	€/l	0,24	0,24	0,24
Määrdeainete kogus	l/h	0,37	0,49	0,58
Määrdeainete hind	€/l	2,40	2,40	2,40
Töötasu	€/h	6,69	6,69	6,69
Ettevõtte üldkulud	%	7	7	7
Kulum	€/h	12,50	19,09	19,69
Laenuintress	€/h	0,70	1,06	0,86
Kindlustus	€/h	0,50	0,55	0,43
Püsikulud kokku	€/h	13,70	20,70	20,99
Diislikütuse kulu	€/h	13,78	17,96	21,49
AdBlue kulu	€/h	0,37	0,49	0,58
Määrdeainete kulu	€/h	0,90	1,17	1,40
Korrashoiukulud	€/h	1,69	2,58	2,07
Traktorijuhi töötasu	€/h	6,69	6,69	6,69
Muutuvkulud kokku	€/h	23,43	28,89	32,23
Kulud kokku	€/h	37,12	49,59	53,22
Ettevõtte üldkulud	€/h	2,60	3,47	3,73
Jõumasina kulud kokku	€/h	39,72	53,07	56,95

Lisa 4. Põllukultuuride ning rohumaade toitainete kadu erinevate laotusseadiste korral, kg

Kultuur	Pindala, ha	Laotusnorm, t/ha	N kogus laotatud lägas		Paisklaotus		Lohisvoolik		Segamisseadis		Vedelsõnniku kogus, t
			kg/ha	Kokku, kg	N-kadu 55%	N, kg	N-kadu, 10%	N, kg	N-kadu 5%	N, kg	
kaer+hernes	8,37	58	121,80	1 019,47	66,99	560,71	12,18	101,95	6,09	50,97	485,46
kaer+hernes	8,58	47	98,70	846,85	54,29	465,77	9,87	84,68	4,94	42,34	403,26
kaer+hernes	18,79	55	105,00	1 972,95	57,75	1 085,12	10,50	197,30	5,25	98,65	1 033,45
kaer+hernes	18,45	40	84,00	1 549,80	46,20	852,39	8,40	154,98	4,20	77,49	738,00
kaer+hernes	37,14	32	67,20	2 495,81	36,96	1 372,69	6,72	249,58	3,36	124,79	1 188,48
kaer+hernes	18,95	35	73,50	1 392,83	40,43	766,05	7,35	139,28	3,68	69,64	663,25
mais	9,38	32	67,20	630,34	36,96	346,68	6,72	63,03	3,36	31,52	300,16
mais	5,59	43	90,30	504,78	49,67	277,63	9,03	50,48	4,52	25,24	240,37
mais	27,52	35	88,20	2 427,26	48,51	1 335,00	8,82	242,73	4,41	121,36	963,20
suviraps	12,85	29	60,90	782,57	33,50	430,41	6,09	78,26	3,05	39,13	372,65
suviraps	59,69	26	54,60	3 259,07	30,03	1 792,49	5,46	325,91	2,73	162,95	1 551,94
suviraps	50,02	29	60,90	3 046,22	33,50	1 675,42	6,09	304,62	3,05	152,31	1 450,58
suvinisu	39,92	32	58,80	2 347,30	32,34	1 291,01	5,88	234,73	2,94	117,36	1 277,44
suvinisu	2,36	42	88,20	208,15	48,51	114,48	8,82	20,82	4,41	10,41	99,12
suvioder	55,61	17	35,70	1 985,28	19,64	1 091,90	3,57	198,53	1,79	99,26	945,37
talinisu	41,37	35	73,50	3 040,70	40,43	1 672,38	7,35	304,07	3,68	152,03	1 447,95
talinisu	18,79	27	56,70	1 065,39	31,19	585,97	5,67	106,54	2,84	53,27	507,33
talinisu	37,14	25	52,50	1 949,85	28,88	1 072,42	5,25	194,99	2,63	97,49	928,50
Põllukultuurid kokku	470,52			30 524,59		16 788,53		3 052,46		1 526,23	14 596,51

Lisa 4 järg

Kultuur	Pindala, ha	Laotusnorm, t/ha	N kogus laotatud lägas		Paisklaotus		Lohisvoolik		Rohumaa injektor		Vedelsõnniku kogus, t
			kg/ha	Kokku, kg	N-kadu 70%	N, kg	N-kadu, 20%	N, kg	N-kadu 10%	N, kg	
lühiajaline rohumaa	18,90	15	35,70	674,73	24,99	472,31	7,14	134,95	3,57	67,47	283,50
lühiajaline rohumaa	25,10	16	33,60	843,36	23,52	590,35	6,72	168,67	3,36	84,34	401,60
lühiajaline rohumaa	11,56	13	27,30	315,59	19,11	220,91	5,46	63,12	2,73	31,56	150,28
püsirohumaa	52,80	32	67,20	3 548,16	47,04	2 483,71	13,44	709,63	6,72	354,82	1 689,60
püsirohumaa	5,81	19	39,90	231,82	27,93	162,27	7,98	46,36	3,99	23,18	110,39
Rohumaa kokku	114,17			5 613,66		3 929,56		1 122,73		561,37	2 635,37
Kokku	584,69			36 138,25		20 718,09		4 175,19		2 087,60	17 231,88

Lisa 5. Keskmised saagid Järvemaal 2011.-2015. aasta, t/ha (PM042)

Põllukultuur	2011	2012	2013	2014	2015
Taliniisu	3 027	4 567	2 965	4 088	5 241
Suvinisu	2 660	3 079	3 666	4 121	4 195
Oder	2 461	2 976	3 296	3 293	4 558
Kaer	2 205	2 453	2 245	2 434	2 573
Segavili	2 684	2 456	3 225	2 329	4 363
Mais	40 273	25 461	33 092	17 922	25 470
Suviraps ja -rüps	1 387	1 554	1 969	1 988	2 573

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks (avaldamise tähtajatu piirang) ning juhendaja kinnitus töö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, _____,
(*autori nimi*)

sünniaeg _____,

1) annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on _____,

(*juhendaja nimi*)

salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sh digitaalarhiivis DSpace säilitamise eesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2) olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3) kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)