

JÄTKUSUUTLIK SILOTOOTMINE

Praktiline käsiraamat põllumehele 2025



Interreg



Co-funded by
the European Union

Central Baltic Programme

Sustainable Silage

Käsiraamat on koostatud piiriülese koostööprojekti "Sustainable Silage" raames, mida kaasrahastas INTERREG Kesk-Läänemere Programm 2014-2020



Central Baltic Programme

Sustainable Silage

Toimetaja: Are Selge

Kujundaja: Heigo Kütt

Esikaane foto: Kristiina Märs

Tagakaane foto: Omar Ojakivi

© "Sustainable Silage" projekti partnerid ja autorid, 2025

ISBN: 978-9908-9711-6-2

Sisukord

Autorite loetelu	4
1. Eessõna	5
2. Mis on silo? <i>Ieva Krakopa (Läti)</i>	6
3. Vajamineva silokoguse arvutamine <i>Kristiina Märs (Eesti)</i>	8
4. Ülevaade silotootmiseks kasutatavatest heintaimeliikidest <i>Sirje Tamm, Priit Pechter (Eesti), Anu Ellä (Soome), Iveta Gutmane (Läti)</i>	12
5. Rohumaa rajamine ja uuendamine <i>Sirje Tamm, Priit Pechter (Eesti), Anu Ellä (Soome), Iveta Gutmane (Läti)</i>	30
6. Rohumaade hooldus ja bioloogiline õhulämmastiku sidumine <i>Sirje Tamm, Priit Pechter (Eesti), Iveta Gutmane (Läti)</i>	36
7. Maisi kasvatamine siloks <i>Kristiina Märs (Eesti)</i>	45
8. Lindude ja metssigade tekitatud kahjude vähendamine rohumaadel ja põllukultuuridel <i>Are Selge (Eesti), Marketta Rinne (Soome)</i>	50
9. Silotoorme koristamise tehnoloogiad <i>Kalvi Tamm (Eesti), Marcia Franco (Soome), Andres Olt, Raivo Vettik, Taavi Võsa (Eesti)</i>	54
10. Silo katmise ja ladustamise tehnoloogiad <i>Pēteris Dambergs (Läti), Andres Olt (Eesti), Marcia Franco (Soome)</i>	78
11. Fermentatsioon. Kuidas saada kvaliteetne silo? <i>Marcia Franco, Marketta Rinne (Soome), Andres Olt (Eesti), Ieva Krakopa (Läti)</i>	83
12. Silohoidla avamine ja tühjendamise korraldamine <i>Ieva Krakopa (Läti)</i>	99
13. Silo silomahla käitlemine <i>Marketta Rinne (Soome), Kalvi Tamm, Are Selge (Eesti)</i>	102
14. Põllumajandusliku plasti ja silojäätmete säästev käitlemine <i>Anna Okkonen (Soome), Allan Kaasik, Kaisa Vahtmäe (Eesti), Iveta Grudovska (Läti)</i>	108
15. Silo majandamise ja süsinikutasakaalu seos <i>Nisola Ayanfe (Soome)</i>	116
16. Lõppsõna	125

Autorite loetelu

Ayanfe, Nisola (PhD)

Teadur, Soome Loodusvarade Instituut (Soome)

Damberg, Pēteris

Arendusjuht, Rilata Group (Läti)

Ellä, Anu

Rohumaade ekspert, Lääne-Soome ProAgria (Soome)

Franco, Marcia (PhD)

Vanemteadur, Soome Loodusvarade Instituut (Soome)

Grudovska, Iveta (Mg.Agr.)

Ekspert, Läti Farmerite Parlament (Läti)

Gutmane, Iveta (PhD)

Agronoom, SIA "Latvijas Šķirnes Sēklas" (Läti)

Kaasik, Allan (PhD)

Loomakasvatuse ja keskkonna kaasprofessor, Eesti Maaülikool (Eesti)

Krakopa, Ieva (Dr.vet.Med)

Silo- ja söötmisekspert, IK konsultācijas (Läti)

Märs, Kristiina (M.Sc)

Siloekspert, Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoda. Taimekasvatuse peaspetsialist, Eesti Maaülikool (Eesti)

Okkonen, Anna

Projektijuht, Lääne-Soome ProAgria (Soome)

Olt, Andres (M.Sc)

Söötmisteaduse nooremteadur, söödalabori juhataja, Eesti Maaülikool (Eesti)

Pechter, Priit (PhD)

Teadur, Maaelu Teadmuskuskeskus (Eesti)

Rinne, Marketta (PhD)

Professor, Soome Loodusvarade Instituut (Soome)

Selge, Are (PhD)

Vanemlektor, Eesti Maaülikool (Eesti)

Tamm, Kalvi (PhD)

Vanemteadur- üksuse juht, Maaelu Teadmuskuskeskus (Eesti)

Tamm, Sirje (M.Sc)

Teadur, Maaelu Teadmuskuskeskus (Eesti)

Vahtmäe, Kaisa (M.Sc)

Liikmessuhete juht, Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoda (Eesti)

Vettik, Raivo (PhD)

Vanemteadur, Maaelu Teadmuskuskeskus (Eesti)

Võsa, Taavi (M.Sc)

Teadur, Maaelu Teadmuskuskeskus (Eesti)

1. Eessõna

Tänane Euroopa Liidu Ühine Põllumajanduspoliitika (ÜPP) on suurel määral suunatud keskkonnanahoiule, bioloogilise mitmekesisuse suurendamisele, looduskaitsele ja kliimamuutuste leevendamisele. Sealjuures peetakse oluliseks ka põllumajanduse jätkusuutlikkust, maapiirkondade elujõulisust ja toidujulgeolekut. Siin käsiraamatus keskendume veisekasvatajate söödatootmisele. Tuletame meelde ajas tõestatud põhitõdesid ja täiendame neid uuemate teadmistega, et tagada loodushoidlik ning konkurentsivõimeline karjakasvatus.

Silo tootmine on kestliku ja tõhusa loomakasvatuse kese. Olenemata sellest, kas tegemist on väikese pereettevõtte või suure tootmisüksusega, piima- või lihaveisefarmiga, mõjutab silo kvaliteet ja piisavus otseselt nii loomade tervist ja tootlikkust kui ka farmi jätkusuutlikkust. Käesolev käsiraamat on koostöö tulemus, mis koondab endas aastakümnete pikkuse kogemuse, praktilised teadmised ja teaduspõhised arusaamad naaberriikidest, kus on pikad traditsioonid sööda kasvatamisel ja säilitamisel. Oma panuse on andnud Soome, Läti ja Eesti teadurid ja nõustajad, kes on kursis tootmistingimustega erinevates kliima-, mulla- ja farmitüüpides.

Läänemere riikide veisefarmid on eriilmelised. Väikese perefarmi tehnilised lahendused erinevad oluliselt suurfarmi omadest. Samas kehtivad paljud söödatootmise põhimõtted mõlemas. Fermentatsioon toimub igas silos, sõltumata selle kogusest või ettevõtte suurusest. Käsiraamatus keskendume soovitudele, mis aitavad edendada söödatootmise jätkusuutlikkust.

Tänapäevane silotootmine peab olema kooskõlas keskkonnanäesmärkidega. Ressursside tõhus kasutamine, kadude minimeerimine ja sööda kvaliteedi säilitamine aitavad tagada nii majandusliku kasu kui ka keskkonnanahoiu. Põllumajanduse keskkonnamõjude üha teravama jälgimise ajastul on siloteol oma osa toitainete kao, kasvuhoonegaaside emissiooni ja ostusöödast sõltuvuse vähendamisel. Silmas tuleb pida tootmise igat etappi – kultuuri ja niitmisaja valikust kuni jäätmekäitluseni.

Peatükid on koostatud tihedas koostöös teadlaste, nõustajate ja praktikute vahel. Paljud kirjeldatud võtted tuginevad katsetel ja on tootmises edasi arendatud. Eesmärk ei ole ainult teavitamine, vaid ka teadmiste jagamise ja dialoogi soodustamine nii farmerite, nõustajate kui ka teadlaste vahel.

Loodame, et see käsiraamat pakub lisaks praktilistele juhistele ka ühist arusaama sellest, kuidas tänapäevane silomajandus saab toetada nii farmeri majanduslikku tasuvust kui ka keskkonnanahoidu.

Käsiraamat on koostatud piiriülese koostööprojekti "Sustainable Silage" raames, mida kaasrahastas INTERREG Kesk-Läänemere Programm 2014-2020. Käsiraamatu koostamises osalesid projekti partnerid Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoda, Maaelu Teadmiskeskus, Eesti Maaülikool, Läti Farmerite Parlament, Läti Biomajanduse ja Tehnoloogia Ülikool, Lääne-Soome ProAgria, Soome Loodusvarade Instituut.

2. Mis on silo?

Autor: Ieva Krakopa, Läti

Silo valmistamine on sileerimisprotsessil põhinev sööda säilitamise meetod, mille käigus alaneb pH tase ja säilivad toidained, võimaldades pikaajalist ladustamist ning säilitamist. Silo tehakse tavaliselt söödakultuuridest, kuid see võib sisaldada ka põllumajanduslikke kõrvalsaadusi ja jõusööta.

Anaeroobne (hapnikuvaba) keskkond on silo tootmise ja ladustamise jaoks ülioluline. Taimsed suhkrud on sileerimisel peamine tegur, liigne niiskus ja suur lämmastikusiisaldus seevastu takistavad fermentatsiooniprotsessi. Seega on oluline tagada sileeritava massi optimaalne suhkrusisaldus, mis saavutatakse rohumaa liigilise koosseisu valikuga ja selle närvutamise, et saada õige kuivainesisaldus.



Silotranšee. Foto Kristiina Märs

Heina kuivatamisega võrreldes on silo majanduslikult tasuvam, sest võimaldab säilitada rohkem eri põllukultuure. Silo hoiustamisel on tähtis tagada anaeroobsed tingimused. Silo nõuetekohane valmistamine parandab toidainete kättesaadavust söödast ja vähendab jõusööda ostmise vajadust – see on kasulik nii tootjale kui ka

keskkonnale.

Levinud silokultuurid on kõrrelised ja liblikõielised heintaimed, segakultuurid, tervikkoristatud teravili, kaunvili ja mais. Sileerimiseks sobivad ka maisitõlvikud, koristamisjärgselt niiske teravili, suhkrupeedi pulp, õlleraba jms.



Silorullid. Foto Ieva Krakopa

Silo eelised:

- » söödas toidainete säilitamise kulutõhus meetod;
- » silo toodetakse reeglina farmi piires kohapeal, mis minimeerib transpordikulu;
- » nõuetekohase haldamise korral keskkonnasõbralik sööda säilitamise viis.

Silo puudused:

- » õhu käes väga kergesti riknev;
- » pakke- ja kattematerjali kulu.



Silotuub. Foto leva Krakopa

Peamised järeldused

- » Silo valmistamine on tõhus, paindlik ja soodne meetod söödas ja kõrvalsaadustes sisalduvate toitainete säilitamiseks.
- » Silo kvaliteet sõltub põllukultuuride valikust, anaeroobsete tingimuste tagamisest, hügieenist ja õigest sileeritava massi kuivainesisaldusest.
- » Nõuetekohane silo tootmine parandab loomade toitumist, on majanduslikult efektiivne ja toetab keskkonda.

3. Vajamineva silokoguse arvutamine

Auto: Kristiina Märs, Eesti

Vajamineva silokoguse arvutamisel tuleks esimese asjana läbi mõelda, kas ja kui pikalt plaanitakse loomi karjatada. Eestis piimalehmi tavatootmises pigem ei karjatata, noorloomi peetakse õues võrdlemisi harva. Seevastu lihaloomad veedavad olenevalt ilmast karjamaadel ~ 6 kuud ning seda tuleb silokoguse kalkuleerimisel kindlasti arvesse võtta. Oluline on varus veidi rohkem silo hoida, et ei peaks kohe juunikuus värskelt valminud silo avama, vaid saaks lasta fermentatsiooniprotsessil lõppeda. Lüpsikarjadele on soovituslik hoida võimalusel kuni 30% vajaminevast silokogusest varuks, lihaloomadel võib varu olla veidi väiksem. Maisisilo puhul on loomade jaoks oluline tärglisesisaldus. Tähtis on meeles pidada, et tärglis peab mõnda aega silomahlades fermenteeruma, et see looma mao-seedetraktis seeduks. Maisisilost maksimaalse kasu saamiseks peab seda olema toodetud nii palju, et uue hooaja silod saaksid fermenteeruda minimaalselt 2 kuud, veel parem oleks 4 kuud. Kui maisisilo on väga kõrge kuivainesisaldusega, siis kulub tärgklise seeduvaks muutumiseks veelgi rohkem aega (iseigi 6 kuud).

Karja söötmiseks vajaminev silokogus sõltub eelkõige jõusöötade osakaalust ratsioonis ja ka silo kuivainesisaldusest. Eestis arvestame, et keskmine piimalehm tarbib ööpäevas 24-30 kg kuivainet. Kui palju sellest kuivainest saab lehm silona ja kui palju jõusöödana, otsustab põllumajandusettevõtte ise. Eestis arvestatakse keskmiselt, et 365 päeva jooksul moodustab piimalehma söödaratsiooni kuivainest koresööt ca 60% (silo, põhk ja hein). Arvestades lehma

keskmiseks massiks 650 kg ja keskmiseks söömuseks 3,5%, teeb see tarbitavaks koguseks keskmiselt 23 kg kuivainet päevas. Sellest võiks koresööda kuivainet arvestada 60% ehk 13,8 kg, millest silo moodustab 13,4 kg kuivainet lehma kohta päevas. See teeb looma kohta 4,9 tonni kuivainet aastas. Alati on mõistlik arvestada ka teatava reserviga (ca 15% kogusest, millest umbes 3% moodustavad fermentatsioonikaod ning ülejäänu võimalik silo riknemine). Sellisel juhul tuleb vajaminev aastane silokuivaine kogus looma kohta 5,6 tonni.



Foto Kristiina Märs

Lisaks piimalehmadele on karjas ka erinevas vanuses noorloomi. Noorloomade jaoks vajaliku silo koguse arvutamisel eeldatakse, et 1 piimalehm = 1,1 noorlooma.

Lihaveiste silovajadus varieerub väga suuresti olenevalt peetavast tõust. Šoti mägi- veise söömus on oluliselt madalam võrreldes šaroleega. Lihaveiste puhul on kõige lihtsam arvutusreegel see, et loom sööb päevas oma kehamassist 2% jagu kuivainet. Seega 500 kg kaaluv loom tarbib päevas 10 kg kuivainet. Kui silo kuivainesisaldus on näiteks 33%, siis on 500 kg kaaluval loomal tarvis süüa 30 kg sellise kuivainesisaldusega silo.

Kuna enamik lihaveisekasvatajaid kasutavad rullisilo valmistamise tehnoloogiat, siis nemad arvutavad vajaminevat silokogust rullides.

Näide: Aberdiin-anguseid karjatatakse (kui ilm lubab) võimalusel mai algusest kuni oktoobrini rohumaal. Seega on silovarude vaja 6 kuuks. Eeldusel, et silo kuivainesisaldus on ca 30-35%, kulub aberdiin-anguste karjal sellel perioodil 10 rulli (ca 500 kg/rull) silo looma kohta.

Vajaliku silokoguse arvutamisel tuleb meelde pidada, et mõned silorullid võivad lindude tekitatud silokile kahjustuste tõttu rikneda ning silohoidlates võib olla vaja eemaldada kahjustatud pinnakiht või servad. Sellele lisandub teatav kuivaine kadu käärimise ajal. Seetõttu arvestatakse silo tootmisel umbes 15% koguse kadu.



Foto Kristiina Märs

Silo tootmiseks vajamineva rohumaa pinna arvutamine

Sööda tootmiseks vajaliku põllupinna arvutamine sõltub väga palju mullastikust, taimekooslusest ja väetusfoonist. Samuti mängib rolli, kas tegemist on tava- või maheettevõttega. Maheettevõttes tavaliselt rohumaid mineraalväetistega ei väetata ning sellest tulenevalt on ka rohumassi saagikus hektari kohta madalam ja karja toitmiseks on tarvis rohkem maad.

Rolli mängivad ka kasvatatavad söodakultuurid ning ilmastik. Kuna suved on järjest põuasemad ja taimede kasv veepuudusest häiritud, siis võib heintaimede saagikus olulisel määral langeda, kuna nemad kannatavad veepuuduse tõttu kõige rohkem. Lutsern on põuale kõige vastupidavam ja annab tõenäoliselt hektarilt suurima saagi. Seemnesegude valimisel tuleb kindlasti arvestada piirkonna eripärade ja mulla pH-ga.



Foto Kristiina Märs

Üldiselt peab paika reegel, et piimakarja pidajal on tarvis maksimaalselt 1 ha kultuurrohumaad looma kohta. Kui söödaratsioonis kasutatakse maisisilo, siis võib soodsates tingimustes olla võimalik toime tulla väiksema maa-alaga. Keskmiseks maisi saagikuseks võib arvestada 32-35 t/ha (KA >28%).

Tabel 1. Peamiste rohumaa silokultuuride keskmised saagid

Silokultuur	Orienteeruv kuivainesaak t/ha	1000 t närvutatud silo valmistamiseks vajalik kultuurrohumaad pind ha
Põldhein (punane ristik, timut jt)	5-7	50
Lutsern (segus kõrrelistega)	6-8	45
Itaalia raihein (segus teiste kõrrelistega)	6-8	40
Üheaastane raihein	7-8	40

Maisisilo valmistamiseks vajaliku pinna arvutamine

Maisi haljasmassi saak jääb Eestis vahemikku 25-60 t/ha. Keskmiselt varutakse hektarilt 35 t maisisilo ning selle kuivainesisaldus jääb vahemikku 27-30%. Tavapärane söödaratsioon Eestis sisaldab ca 50% jõusööta ning 50% silosööta, milles on omakorda maisisilo ja rohusilo osakaal

pooleks. Puhtalt rohusiloga söötes tuleks arvestada 5 t kuivainet lüpsilooma kohta aastas, mis teeb 30-32% kuivainesisalduse juures reaalse silokogusena 15 t. Arvestades piimalooma kohta koos järeltulijaga, kulub reaalse kogusena 17 tonni silo. Kui sellest on 50% maisisilo, tuleks arvestada 8,5 tonni maisisilo ning 8,5 tonni rohusilo aastas looma kohta ning liita sellele 10% varu.

Peamised järeldused

- » Silo tuleks arvestada 4,9 tonni kuivainet lüpsilehma kohta aastas eeldusel, et loom kaalub keskmiselt 650 kg ning tema söömus on 3,5% tema kehamassist.
- » Alati on mõistlik arvestada ka teatava reserviga (ca 15% kogusest, millest umbes 3% moodustavad fermentatsioonikaod ning ülejäänu võimalik silo riknemine). Sellisel juhul tuleb vajaminev aastane silo kuivainekogus looma kohta 5,6 tonni.
- » Noorloomade jaoks vajaliku silokoguse arvutamisel eeldatakse, et 1 piimalehm = 1,1 noorlooma.
- » Keskkonnaaspektist vaadelduna on oluline planeeritud silo kogus valmistada väga hoolikalt ning närvutamise tehnoloogiat kasutades, et vähendada riknenud silo kogust ning selle utiliseerimise mõju keskkonnale.

4. Ülevaade silotootmiseks kasutatavatest heintaimeliikidest

Autorid Sirje Tamm, Priit Pechter (Eesti), Anu Ellä (Soome), Iveta Gutmane (Läti)

Seoses kliimamuutustega seisab rohusööda tootmine silmitsi uute väljakutsetega. Tõusvad keskmised õhutemperatuurid, ebaühtlane sademete jaotus ja sagenenud põuaepihoodid vähendavad saagikust ning kujutavad endast kasvavat probleemi põllumajandustootjatele. Kliima mõjutab otseselt taimede talvekindlust, määrates keskkonnastresside (nagu miinuskraadid ja lume olemasolu) tugevuse, ning kaudselt taimede vastupidavust ja kohanemisvõimet.

Lisaks kliimatingimuste muutumisele mõjutab rohumaade saagikust ka mullaomaduste mitmekesisus. Mullad erinevad oluliselt huumuseisalduse, veehoiuvõime, struktuuri ja toitainete sisalduse poolest. Eestis esineb märkimisväärses ulatuses ka turvasmuldasid, mis on peamiselt kasutusel püsirohumaadena. Erinevused tingivad vajaduse kasutada eri taimeliike – nii puhas- kui ka segukülvides – saagikuse optimeerimiseks ja mulla tervise säilitamiseks.

Optimaalse kasvu ja talvekindluse tagamiseks on soovitatav eelistada heintaimeliike ja sorte, mida on katsetatud kohalikes tingimustes. Sellised sordid on suurema tõenäosusega kohanenud konkreetse piirkonna kliima, mullatüübi ja põllumajandustavade, mis suurendab eduka söodatootmise tõenäosust.

4.1. Liblikõielised heintaimed

Rohumaadel moodustavad liblikõielised heintaimed kõige proteiinirikka heintaimede rühma, neile järgnevad kõrrelised. Liblikõielised heintaimed on loomade jaoks hästi söödavad ja nad varustavad kariloomi kvaliteetse proteiini, kaltsiumi, fosfori jt

mineraalide ning oluliste vitamiinidega. Mitmeaastastest liblikõielistest heintaimedest kasvatatakse peamiselt punast, roosat ja valget ristikut, lutserni ning väiksemas ulatuses ka ida-kitsehernest (e. galeegat) ja nõiahammast.

Punane ristik (*Trifolium pratense* L.)



Punase ristiku taimik. Foto Sirje Tamm

Punane ristik on kõrge saagikuse ja suure toiteväärtusega liblikõieline liik, mida kasvatatakse eeskätt silo tootmiseks. Tegemist on lühiajalise liigiga, mille eluiga on tavaliselt 2 kuni 4 aastat. Punase ristiku juurekael on vigastuste suhtes õrn. Taimiku püsimiseks tuleb vältida raskete põllumasinade kasutamist märgades tingimustes, kuna see kahjustab juurekaela (lõhestumine, murdumine), mille kaudu tungivad haigustekitajad taimesse ja lühendavad taimiku eluiga. Punane ristik kasvab kõige paremini viljakatel, hästi vett läbilaskvatel muldadel, mille soovituslik pH on vahemikus 6,0–6,5. Ta ei sobi kasvatamiseks õhukestel liivsavi- ja liivmuldadel, mille pH on < 6, pikalt üleujutatavatel lammimuldadel ega hästi lagunenenud turvasmuldadel.



Punase ristiku taim. Foto Sirje Tamm

Punase ristiku sortide jaotus öitsemisaja järgi: Punase ristiku (*Trifolium pratense* L.) sordid liigitatakse vastavalt öitsemisajale: varajased ja hilised sordid.

- » Varajased sordid alustavad öitsemist juuni keskpaigas.
- » Hilised sordid alustavad öitsemist umbes 16-17 päeva hiljem.

Varajased sordid alustavad kevadel kasvu varem ning annavad umbes 40% aastasest saagist esimese niitega, kusjuures järgmiste niidete saagikus järk-järgult väheneb. Varajastel punase ristiku sortidel on mõnevõrra parem põuakindlus, kuna nad arenevad kasvuperioodi alguses kiiremini ja kasutavad kevadist mullaniiskust tõhusamalt.

Hilised sordid kipuvad lamanduma, eriti lopsaka kasvu korral, mis vähendab toiteväärtust (alumiste lehtede varisemine ja kõdunemine) ning muudab koristamise keerukamaks. Samas on hilised sordid talvekindlamad kui varajased sordid, mis muudab need sobivamaks karmimatesse talvetingimustesse.

Punase ristiku sortide jaotus ploidsuse järgi: Tetraploidsed sordid on tavaliselt võimsama kasvuga, neil on suuremad lehed, varred, õied ja seemned. Nad kipuvad diploidsete sortidega võrreldes olema püsivamad ning haiguskindlamad. Puuduseks on aga kõrge veesisaldus taimedes, mistõttu on närvutamine diploidsete sortidega võrreldes aeglane või

ebaühtlane. Kui rohusegus on tetraploidne punane ristik, on silo tegemisel vajalik korralik silomassi tallamine, et jämedatest vartest jääkõhk välja tuleks.

Üldiselt peetakse sileerimise eesmärgil punase ristiku niitmiseks kõige sobivamaks ajaks perioodi õiepungade moodustumisest kuni öitsemise alguseni. Siiski tuleb arvestada, et jaheda ja sademeterohke kevade korral ei pruugi taimik esimeses niites õiepungi moodustada ning võib lamanduda enne nende tekkimist. Sellisel juhul tuleb niita ja koristada varem, et säilitada silo kvaliteet ja vältida lamandumisest tulenevaid kahjustusi taimikule.

Külvisenorm puhaskülvis on 15 kg ha⁻¹.

Roosa ristik (*Trifolium hybridum* L.)



Roosa ristiku taimik. Foto Sirje Tamm

Roosa ristik on lühiealine mitmeaastane liblikõieline heintaim, mille eluiga jääb tavaliselt 2-3 aasta vahele. Kasvukoha mullastiku suhtes ei ole roosa ristik eriti nõudlik. Erinevalt paljudest teistest ristikuliikidest ei talu roosa ristik põuaseid kasvukohti ja lepib halvasti ka vett läbilaskvate, raskema lõimisega muldaga. Roosa ristik on pinna- ja kõrge põhjavee suhtes vähem tundlik ning lepib happelisema mullaga: see kasvab pH 4-5 juures veel rahuldavalt.

Roosa ristik on üks vähene liblikõieline liik, mis suudab edukalt püsida ka turvasmuldadele rajatud rohukamaras. Hea niiskusrežiimiga

neutraalsele lähedase reaktsiooniga viljakatel muldadel jääb roosa ristik saagivõimelt siiski punasele ristikule alla. Tänu sellele, et roosa ristik talub suhteliselt hästi happelist mulda ning on erinevate haiguste ja kahjurite suhtes osaliselt vastupidavam kui punane ristik, on teda varem kasutatud punase ristiku liigest kasvatamisest tekkinud probleemide (nt ristikuväsimuse) leevendamiseks. Roosa ristik on suhteliselt haiguskindel, kuid saagikuse ja taimikus püsимise tagamiseks on oluline sobiv majandamine. Roosa ristiku ädala kasvuvõime on üldjuhul tagasihoidlikum kui punasel ristikul, kuid see sõltub suuresti esimese niite ajastusest. Kui esimene niide tehakse õiepunga moodustumise faasis ning tavapärast veidi kõrgemalt, soodustab see tugevamat ja kiiremat ädalakasvu.

Roosa ristiku iseloomulikuks omaduseks on see, et tema lehed ei varise koristamisel kergesti ning niidetud rohumass kuivab kiiremini kui punasel ristikul. Samas on roosa ristiku söödavus punase ristiku omast eelkõige mörkja maitse tõttu mõnevõrra madalam ning ka toiteväärtus jääb veidi tagasihoidlikumaks. Segukülvides kasvatades paraneb roosa ristiku söödavus oluliselt, mis muudab ta väärtuslikuks komponendiks rohumaakoosluses.

Külvisenorm puhaskülvis on 9 kg ha⁻¹.

Valge ristik (*Trifolium repens* L.)



Valge ristiku taimik. Foto Sirje Tamm

Valge ristik on mitmeaastane liblikõieline heintaim, millele on iseloomulikud maapealsed roomavad varred, mis mullapinnal varresõlmekohtades juurduvad. Valge ristiku saak koosneb suure toiteväärtusega lehtedest ja õienuttidest, roomavad varred vahetult saagi moodustamisest osa ei võta. Valge ristik kasvab hästi parasniisketel soodsa niiskuse-režiimiga rähkmuldadel, saviliiv-, liivsavi- ja savimuldadel. Samuti suudab ta edukalt kasvada kergedel (liivakatel) muldadel, kuid sügavatele liivmuldadele külvamist tuleks vältida. Mittesobivad on ka üleujutatud lammimullad, hästi lagunenenud turvasmullad, kuivad ja õhukesed rähkmullad ning happelised, kuivad ja huumusvaesed liivmullad. Väga happelised mullad ei sobi, kuid valge ristik talub siiski pH-d kuni 5,6.

Tavaline valge ristik ei kasva piisavalt kõrgeks, et olla eraldiseisvalt siloks koristamise mõttes otstarbekas, kuid tal on oluline roll rohukamaras – ta täidab tühikud, mida muidu asustaksid umbrohud, ja aitab säilitada rohukamara tihedust.

Valge ristik on väärtuslik komponent segukülvides, kuna tal on kõrge toiteväärtus tänu madalale struktuursete kiudainete sisaldusele ja kõrgele proteiinisaldusele. Eeliseks on ka kõrge kuivaine seeduvus kogu kasvupeeriodi vältel. Püstise taimiku saagi kvaliteet ei lange järsult ka koristamisega hilinemisel.

Lehe mõõtmete järgi jaotub valge ristik väikesele-, keskmisele- ja suureleheiseks. Väikeselehised sordid on madala saagikusega. Suurelehiselised sordid (nn ladino-tüüpi) on saagikamad, kasvavad püstisemalt ja omavad suuremaid lehti kui teised tüübid, kuid nende püsivus on väiksem. Keskmiselehiselised sordid annavad rohkem saaki kui väikeselehised ja taastuvad paremini kui ladino tüübid, olles seetõttu sobilikumad pikaajalisemaks kasutuseks.

Külvisenorm puhaskülvis on 12 kg ha⁻¹.

Lutsern (*Medicago sativa* Mart.)



Lutserni taimik. Foto Sirje Tamm

Lutsern on vormirohke liblikõieline heintaim, mille eluiga ja saagivõime võivad soodsates kasvuoludes püsida 4-6 aastat, eksten-siivsema kasutuse korral kauemgi. Lutserni varred võivad olla püstised, tõusvad või la-manduvad, esineb nii puhmikulisi kui ka võ-sunditega või juurevõrsetega vegetatiivselt levivaid vorme.

Kasvukoha suhtes on lutsern võrdlemisi nõudlik. Talle sobivad paremini neutraalsed ja karbonaatsed, õhurikkad kuivemapoolsed sügava põhjavee seasuga mineraalmullad. Lutsern ei talu happelisi muldi - minimaalne vajalik mulla pH on 6,0, et toimuks efektiiv-ne õhulämmastiku sidumine mügarbakteri-te poolt. Samuti on ta väga tundlik liigniis-kuse suhtes – üleujutus või jääkooriku teke on sageli üks taimiku talvise hukkumise põhjuseid. Oma sügavale ulatuva juuresti-ku tõttu on nad põuakindlad ja südastuvist niiskusepuudusest tingitud kasvuseisakut ei ole neil Eestis täheldatud.



Lutserni taim. Foto Sirje Tamm

Sordid klassifitseeritakse talvise (sügisese) puhkeseisundi taseme alusel puhkeseisundis ja mitte-puhkeseisundis e puhkeolekuta sor-tideks. Sordi puhkeseisundit määratakse sü-gisperioodil esineva ädalakasvuvõime põhjal. Puhkeseisundi taset hinnatakse tavapäraselt skaalal 1 kuni 10 lutserni sügisese ädalakas-vu intensiivsuse järgi. Hinnang 1 viitab väga tugevale puhkeseisundile (ädalakasv sügi-sel-talvel väga väike või puudub) ja hinnang 10 iseloomustab puhkeolekuta seisundit (st kas-vupidurdust ei esine ja jätkub aktiivne kasv). Tugeva puhkeseisundiga sordid on paremini kohanenud karmide talveoludega. Talvekind-lust tugevdab sügise lõpus päevapikkuse ja temperatuuri vähenemisest põhjustatud kasvupidurdus – see on talvitumiseks vajali-ku karastumise algfaas. Puhkeolekuta sordid on suurema saagipotentsiaaliga, kuid nende talvekindlus on väiksem. Seetõttu peab lut-sernikasvataja tegema valiku saagikuse ja talvekindluse vahel. Soovitav on kasutada kohalikke või kohalikes tingimustes katseta-

tud sorte, mis on paremini kohanenud piirkonna kliima ja mullastikuga.

Saagi koristusaegadel on lutsernitaimiku kestvusele suur mõju. Kui ristikutel (roosa ja punane ristik) saagikoristusega hilinemine lühendab taimede eluiga, siis lutsernil vastupidi pikendab. Saagi kvaliteeti ja kasutuskestvust silmas pidades tuleks esimene niide teha vahemikus õiepungade moodustumisest õitsemise alguseni. Hilisemates arengustadiumites aga saagi kvaliteet langeb. Lutserni ei ole soovitatav niita augusti lõpus ega septembri esimeses pooles, sest siis koguvad lutsernitaimed talvitumiseks varuaineid, samuti ei tohiks külviaastal lutserntaimikut karjatada.

Külvisenorm puhaskülvis on 20 kg ha⁻¹.

Nõiahammas (*Lotus corniculatus* L.)



Nõiahammas taimik. Foto Sirje Tamm

Nõiahammas on suure kohanemisvõimega liblikõieline heintaim, mis sobib kasvatamiseks väga erinevates mullastiku- ja kliimatingimustes. Optimaalseks kasvuks eelistab ta neutraalset kuni kergelt aluselise reaktsiooniga mulda, mille pH on 6,2-6,5 või kõrgem.

Erinevalt paljudest teistest liblikõielistest talub ta paremini happelisi muldi, kõrgemat põhjaveeseisu ja rähkmuldadel paarinädalast üleujutust, kuid ei talu liigniiskeid turvasmuldi ja pikaajaliselt üleujutatavaid lammimuldi. Nõiahammas jääb põuakindlusele maha vaid lutsernist.

Nõiahammas on tundlik varjutuse suhtes, eriti varajases kasvufaasis. Seetõttu on soovitatav külvata teda koos aeglase algarenguga kõrrelistega, mis ei konkureeri kasvuperioodi alguses valguse ega toitainete pärast. Eesti oludes ei suuda harilik nõiahammas niitelises taimikus saagivõimelt punase ristiku ja lutserniga võistelda. Pärast niitmist moodustub ädal suhteliselt kiirelt, ädalakasvu kiirust soodustab pikem tüü taimiku niitmisel.

Nõiahammas on kõrge toiteväärtusega söödakultuur. Tema proteiinisaldus võib ulatuda 15-28% kuivainest, mis on võrreldav või isegi kõrgem kui lutsernil ja ristikutel. Nõiahammas varred ei puitu kiiresti, mistõttu ka koristamisega hilinedes toiteväärtus järsult ei lange. Taimelehed säilitavad ka kuivatamisel roheline värvuse ja nad ei varise kergesti.

Oluliseks eripäraks on nõiahammas kõrge tanniinisaldus, millel on mitmeid positiivseid mõjusid loomade tervisele ja keskkonnale: need vähendavad mäletsejatel puhitusohtu; suurendavad proteiini omastamist; vähendavad parasiitsete ümarusside (nematoodide) mõju kariloomadele ning alandavad metaani emissiooni ja lämmastiku kadu uriiniga, parandades seeläbi karjatamise keskkonnamõjusid.

Tanniinide sisaldus on sorditi erinev, olles tavaliselt kõige kõrgem lehtedes. Tanniinide sisaldus suureneb taime vanusega ning varieerub ka hooajaliselt sõltuvalt kasvutingimustest. Tanniinid võivad aeglustada silo fermentatsiooniprotsessi, mistõttu silo võib vajada pikemat valmimisaega. Samas aitab

see vähendada proteiini kiiret lagunemist ja säilitada silo kvaliteeti.

Külvisenorm puhaskülvis on 15 kg ha⁻¹.

Ida-kitseherne (*Galega orientalis* Lam.)



Ida-kitseherne taimik. Foto Heli Meripõld

Ida-kitseherne (*Galega orientalis* Lam.) on suure saagivõimega ja püsiv liblikõieline heintaim. Taimel on hea talvekindlus, kuid ta ei talu seisvat pinnavett, kõrget põhjaveetaset ega happelisi muldi (pH alla 6,0). Samas kasvab ida-kitseherne hästi ka kehvadel, kivistel ja kuivadel muldadel. Tema eriliseks eeliseks on produktiivne pikaealisus.

Ida-kitseherne eduka kasvatamise eelduseks on seemnete töötlemine enne külvi sellele liigile omaste mügarbakteritega *Rhizobium galegae*. Samuti on soovitatav seeme enne külvi skarifitseerida. Praegu ei ole teada, et ida-kitsehernest kahjustaksid oluliselt seen-, viirus- või bakterhaigused ega kahjurputukad või nematoodid.

Ida-kitseherne algareng on külviaastal aeglane. Saagiaastal alustab taim kasvu varakevadel ja on kiire kasvuga, kuid on juunis hiliste öökülmade suhtes tundlik. Erinevalt paljudest teistest liblikõielistest ei muutu ida-kitseherne lehed silo tegemisel rabedaks ega varise ära.

Samas võib ida-kitseherne kasvatamine tekitada probleeme, kuna taimel on potentsiaal

muutuda invasiivseks. Seetõttu tuleb tema külv ja levik hoolikalt läbi mõelda ning edaspidi regulaarselt jälgida, et vältida soovimatuid mõjusid keskkonnale. Ida-kitseherne põllu likvideerimise korral on soovitatav esimene (juuni algul) ja teine niide (augusti II pool – septembri algus) koristada haljassöödaks ja ädal töödelda glüfosaati sisaldavate herbitsiididega.

Külvisenorm puhaskülvis on 20 kg ha⁻¹.

4.2. Kõrrelised heintaimed

Kõrrelised on söodakultuurina olulised tänu bioloogilistele ja majanduslikele omadustele. Neid iseloomustab suur võrsumisvõime, hea ädalakasv pärast niidet ja kõrge saagipotentsiaal. Võrreldes liblikõielistega on kõrreliste proteiinisaldus madalam, samuti on nende mõju mulla viljakusele väiksem ja nad vajavad mineraalmuldadel kasvatamisel oluliselt rohkem lämmastikväetist. Samas on kõrrelised enamasti talvekindlamad, vastupidavamad haigustele ja ebasoodsatele kasvutingimustele ning üldiselt pikaealisemad kui liblikõielised heintaimed.

Kõrrelised rühmitatakse biomassi paiknemise alusel:

- » Pealiskõrrelised – põhiline saak moodustub pikkvõrsetest: põldtimut (*Phleum pratense*), harilik aruhein (*Festuca pratensis*), roog-aruhein (*Festuca arundinacea*), itaalia raihein (*Lolium multiflorum*), harilik kerahein (*Dactylis glomerata*), päideroog (*Phalaris arundinacea*), ohtetu luste (*Bromus inermis*).
- » Aluskõrrelised – biomass on koondunud taime alumisse ossa juurmiste lehtedena, mille kaudu moodustub põhiosa saagist: aasnurmikas (*Poa pratensis*), punane aruhein (*Festuca rubra*), karjamaa-raihein (*Lolium perenne*).

4.2.1. Kõrrelised pealisheinad

Põldtimut (*Phleum pretense* L.)



Põldtimuti taim. Foto Sirje Tamm

Põldtimut on hõredapuhmikuline pealishein, millel on silotaimena hea saagipotentsiaal. Liik on laialdaselt levinud ning Põhja- ja Baltimaades hinnatud tema väga hea talvekindluse ja kõrge toiteväärtuse tõttu. Ta talub lumeta pakast ja võib jääkooriku all püsida võrdlemisi kaua.

Põldtimut kasvab hästi soodsa niiskuse- ja liivsavi-, saviliiv- ja savimuldadel ning keskmiselt ja hästilagunenud turvasmuldadel. Rahuldavalt sobivad talle ajutiselt liigniisked keskmise sügavusega rähk- ja liivmullad, vähelagunenud turvasmullad ning üleujutatavad lammimullad. Küll aga ei püsi põldtimut kaua toitainevaestel, happelistel või kuivadel muldadel (millel on väike veevaru). Sobiv mulda pH on vahemikus 5,5–7,0. Kui tingimused on soodsad, võib põldtimuti kasutuskestus olla 5–6 või enam aastat.

Põldtimutil on segukülvides eriti esimestel aastatel tugev konkurentsivõime ning ta talub hästi kattevilja. Kevadel alustab ta kasvu varakult, kuid areneb aeglaselt. Põldtimuti optimaalne koristusaeg siloks saabub juba kõrsumise lõpus; kui kevad on külm ja põuane, siis nihkub see loomise algusfaasi. Õigeaegsel koristamisel on tal hea söödavus ja kõrge toiteväärtus, kuid kevadel esimeses niites langeb toiteväärtus kiiresti. Põldtimut ei talu sagedat niitmist ning sobib paremini 2–3 niite süsteemi. Taimiku ädalakasv on nõrk kuni mõõdukas, sõltudes eeskätt sademetest ja lämmastikuga väetamisest.

Õhutemperatuuri tõus tulevikus 2–3 °C võrra võib negatiivselt mõjutada põldtimuti saagikust ja toiteväärtust. Samuti vähendavad põud ja kõrge temperatuur põldtimuti ädalakasvuvõimet, mis võib teiste kõrreliste heintaimedega võrreldes tema eeliseid kahandada.

Külvisenorm puhaskülvis on 10 kg ha⁻¹.

Harilik aruhein (*Festuca pratensis* Huds.)

Harilik aruhein on rohke juurmise lehestikuga hõredapuhmikuline nõrga kuni keskmise võrsumisvõimega pealishein. Harilik aruhein on külma- ja haiguskindel liik. Ajutine kõrge põhjavesi ja üleujutus teda ei kahjusta, küll aga pikaajaline seisev pinnavesi ja tugev jääkoorik. Ta kasvab hästi soodsa niiskuse- ja huumuserikastel muldadel ja on üsna nõudlik mulla aeratsiooni suhtes. Kuivadel, samuti ajutiselt või alaliselt liigniisketel muldadel annab ta vaid rahuldava, õhukestel rähkmuldadel, liivmuldadel ja vähelagunenud turvasmuldadel aga madala saagi.

Kevadine kasvu algus on hiline. Harilik aruhein koristatakse siloks kõrsumisfaasi lõpul või loomise faasis. Esmakasvu saak on hea ja ädalakasv on rahuldav isegi põuaperioodidel, kui toitaineid on piisavalt. Niidul jääb ta kasutuskestvuselt alla põldtimutile, ent ädalakasv on rikkalikum, sest ta talub pare-

mini põuda. Toiteväärtuselt ületab ta põldtimutit, kuid jääb alla raiheintele. Roog-aruheinaga (*Festuca arundinacea*) võrreldes on harilikul aruheinal parem neutraalkiu (NDF) seeduvus, samas annab roog-aruhein veidi suurema saagi.

Harilik aruhein vajab saagi moodustamiseks vähem lämmastikväetist kui raiheinad. Tema konkurentsivõime segudes on mõõdukas ja põldtimut on talle hea kaasliik.

Külvisenorm puhaskülvis on 25-30 kg ha⁻¹.

Roog-aruhein (*Festuca arundinacea* Schreb.)

Roog-aruhein on pikaealine, sügava juurestikuga pealishein, mis mõnikord moodustab väga lühikesi maa-aluseid võrseid. Ta on väga kohanemisvõimeline liik, mis kasvab erinevatel mineraal- ja turvasmuldadel, kuid ei talu üleujutusi. Roog-aruhein kasvab üsna hästi ka madala viljakusega muldadel, kuid sobib paremini viljakatele kasvukohtadele. Roog-aruhein on üks kõige põuakindlamaid liike. Ta on potentsiaalne alternatiiv põldtimutile tänu oma põuataluvusele. Roog-aruheina saagikus on võrdväärne päideroo ja ohtetu lustega.

Roog-aruhein on heade tehnoloogiliste omadustega, ta ei lamandu ja tema lehed pole oluliselt kuhtunud isegi hilissügisel. Roog-aruheina ädalakasv on kiire ja harilikult õisikut kandvaid pikkvõrseid ädalas ei teki, vaid moodustub rohke püstine juurmine lehestik.

Looduslikult on roog-aruheina lehed üsna karedad (suure ränisisalduse tõttu) ja loomad seda hästi ei söö, kuid sileerimise protsessis karedus väheneb. Sordiaretuse tulemusena on aretatud pehmete lehtedega saagikamad sordid, mille kiu seeduvus on oluliselt paranenud.

Roog-aruheina toorproteiini sisaldus on ta-

valiselt madalam kui enamikel teistel kõrrelistel, välja arvatud timutil. Lutserni lisamine roog-aruheina segukülvi parandab oluliselt rohusööda toiteväärtust, eelkõige toorproteiinisisaldust ja seeduvust.

Puhaskülvides kasvatamisel tuleb arvestada, et paljud sordid sisaldavad kahjulikku seeni – endofüüte. Endofüüdid suurendavad küll taime vastupidavust stressidele, kuid samas võivad olla loomadele toksilised. Sordiaretuse käigus on loodud ka endofüüdivabad sordid. Kasutades roog-aruheina segudes, kus tema osakaal on alla 30%, on endofüütide mõju sööda kvaliteedile tühine.

Külvisenorm puhaskülvis on 25-30 kg ha⁻¹.

Itaalia raihein (*Lolium multiflorum* Lam.)

Itaalia raihein on püstiste leherikaste kõrte, läikivate tumeroheliste lehtede ja hästi arenenud juurestikuga hõredapuhmikuline pealishein, mis sobib hästi sileerimiseks ja heinaks. Itaalia raihein on üsna sarnane karjamaa-raiheinaga, kuid sõltuvalt talvitumistingimustest võib ta olla ühe- või kaheaastane taim. Itaalia raihein kuulub nõrga põua- ja talvekindlusega heintaimede hulka. Eestis hukkub ta talvitumisel sageli, kuid püsiva lumikatte või pehme talve korral säilib ning võib ka teisel ja kolmandal eluaastal saaki anda. Itaalia raihein on tundlik kevadiste öökülmade suhtes. Ta vajab kasvamiseks pehmet ja sooja kliimat ning parasniisket mulda. Kõige paremini sobivad talle viljakad, hea õhustatusega saviliiv- ja liivsavi-mullad, ei sobi aga õhukese huumuskihiga ja põuakartlikud mullad. Ka ei talu see liik happelist mulda ega kõrget põhjavett.

Talvitunud itaalia raiheina taimik hakkab kevadel varakult kasvama ja intensiivne kasv kestab hilissügiseni. Rohkel väetamisel (eelkõige lämmastikväetisega) on liigi konkurentsivõime tugev, ädalakasvuvõime hea ja saagikus kõrge. Suurim saak saadakse külviaastal. Südasuvel säilib itaalia raiheina saagivõime

paremini kui enamusel kõrrelistel heintaimedel, sealhulgas karjamaa-raiheinal. Noores kasvufaasis koristamisel annab taim suure ja väärtusliku saagi, mis koosneb peamiselt lehtedest.

Itaalia raiheina võib lisada seemnesegudesse, et kiirendada rohukamara kujunemist külviaastal ja suurendada kõrge kvaliteediga haljassööda kogust. Balti riikides ei ole soovitatav lisada itaalia raiheina rohumaa segudesse rohkem kui 30%, kuna tal on mõnel aastal talvitumisega probleeme ja seetõttu võib järgmistel aastatel esineda rohumaa hõrenemist.

Külvisenorm puhaskülvis on 30 kg ha⁻¹.

Kerahein (*Dactylis glomerata* L.)

Harilik kerahein on püstiste kõrte ja rohke- te juurmiste lehtedega hõredapuhmikuline pealishein. Ta ei talu jäätumist, kõrget põhjavett, seisvat pinnavett ega üleujutust. Ta ei ole mulla õhustatuse ja viljakuse suhtes nõudlik ning talub põuakartlikke muldasid rahuldavalt. Kerahein kasvab hästi soodsa niiskusréžiimiga ja ajutiselt liigniisketel muldadel. Õhukestel rähkmuldadel kasvab ta rahuldavalt, liivmuldadel aga halvasti. Turvasmuldadel on saak ebakindel, sest harilikku keraheina kahjustavad isegi mineraalmuldadel hilised kevadised öökülmad. Lumevaesel talvel ei ole kerahein külmakindel.

Keraheina kasv algab kevadel vara ja ädalakasv on kiire. Ta niidetakse siloks kõrsu- misfaasi lõpus või loomisfaasis. Õigeaegselt koristatud keraheina söödavus ja toiteväärtus on vaid veidi madalam kui harilikul aru- heinal. Põuastel suvedel on saagikus teiste heintaimedega võrreldes kõrgem.

Harilik kerahein kasutab lämmastikväetisi väga efektiivselt ja on seetõttu meil kõige intensiivsemat kasutamist võimaldav liik. Muldades, kus on piisavalt lämmastikua-

rusid, surub ta teised liigid rohukamarast välja ja kujuneb valitsevaks. Kerahein talub varju hästi ja sobib hästi lutserni või varaja- se punase ristiku segukülvidesse.

Külvisenorm puhaskülvis on 20 kg ha⁻¹.

Päideroog (*Phalaris arundinacea* L.)



Päideroo taim. Foto Sirje Tamm

Päideroog on 70-150 cm pikkuste jämedate kõrtega võsundiline pealishein. Tal on rohkelt piklikke, vahel roheka või punaka pöörisega kõrrelehti. Päideroog on tüüpiline püsirohu- maadel kasvatatav niidutaim, mida kasuta- takse peamiselt silo valmistamiseks. Ta on üks väheseid püsivaid ja saagirikkaid kõrre- lisi pealisheinu kultuur- ja looduslikel niitudel ning isegi märjas kasvukohas.

Päideroole sobivad hästilagunenud turvas- mullad, eriti huumuselised, kobedad, toit- ainerikka liikuva põhjaveega mineraal- ja üleujutatavad lammimullad, kus ta on püsiv ja suure saagivõimega. Kuigi päideroog on põuakindel, tuleks suuremate saakide saami- seks eelistada paras- ja liigniiskeid muldi kui-

vadele ja põuakartlikele. Ka ei talu ta kõrget seisvat põhjavett ega huumusvaest happelist mulda. Jäätumisele ja külmale on ta aga vastupidav.

Päideroo konkurentsivõime segudes on esimestel aastatel mõõdukas. Pärast külvi areneb taim suhteliselt aeglaselt, kevadel algab kasv vara ja on kiire. Soodsates tingimustes tõrjub päideroog aastatega kõik teised liigid välja, kaasa arvatud umbrohud, ja muutub rohukamaras domineerivaks. Ädalakasv on mõõdukas kuni suur, kuid liiga madal või sagedane niitmine vähendab taimiku püsivust. Loomise faasis niidetult annab päideroog kõrge toiteväärtusega saagi, kuid niitmisega hilinemisel on rohusööt madala väärtusega ja vähesöödav.

Külvisenorm puhaskülvis on 15 kg ha⁻¹.

Ohtetu luste (*Bromus inermis* L.)



Ohtetu luste taimik. Foto Sirje Tamm

Ohtetu luste on püstiste kõrte, rohkete kõrrelehtede ja väheste juurmiste lehtedega võsundiline pealishein. Hästi sileeruva hein-

taimena on ta hea silokultuur. Ohtetu luste ei ole mullaviljakuse suhtes nõudlik, kuid vajab hästi õhustatud mulda. Talle sobivad soodsa niiskuserežiimiga keskmise sügavusega rähk-, saviliiv- ja liivsavimullad, hästilagunenud turvasmullad ning üleujutatavad lammimullad. Halvasti sobivad õhukesed rähk-, liiv- ja savimullad ning vähelagunenud turvasmullad. Ohtetu luste on väga külma- ja jäätumiskindel, vastupidav põuale ja üleujutusele, kuid ei talu kõrget põhjavett. Kasvuks sobiv mulla pH on vahemikus 6,0 kuni 7,5.

Ohtetu luste on kattevilja suhtes tundlik, see pidurdab taime kasvu ja arengut külviaastal. Kevadel alustab ta kasvu varakult ja on kiire kasvuga. Pikaajalistel hästi väetatud niitudel on ta puhaskülvis väga suure saagivõimega. Segudes on konkurentsivõime esimestel aastatel nõrk, kuid hiljem muutub sobivates kasvutingimustes domineerivaks. Segukülvides lutserni ja punase ristikuga jäävad kuivainesaagid mõnevõrra väiksemaks, võrreldes hästi väetatud puhaskülviga. Ohtetu luste ädalakasv on kiire ja seda ka põuatingimustes.

Külvisenorm puhaskülvis on 38 kg ha⁻¹.

4.2.2. Kõrrelised alusheinad

Karjamaa-raihein (*Lolium perenne* L.)

Karjamaa-raihein on rohkete juurmiste lehtedega hõredapuhmikuline alushein. Kasvutingimuste suhtes on karjamaa-raihein nõudlik ja seetõttu püsib ta rohukamaras lühikest aega. Ta kasvab hästi huumusrikastel kerge- ja loimisega mineraalmuldadel. Talle ei sobi kuivad rähk-, turvas-, liiv- ega üleujutatavad lammimullad. Karjamaa-raihein ei talu kõrget põhjavett ega happelist mulda ja on nõrga põua-, külma- ja jäätumiskindlusega. Põuatingimustes intensiivistub kõrte moodustumine. See liik on kattevilja suhtes tundlik.

Karjamaa-raiheina algareng on kiire ja ta moodustab juba külviaastal rohkesti vegetatiivseid ja generatiivseid võrseid, mistõttu on külviaastal võimalik saada korralik saak. Saagiaastal on tema ädalakasv kiire ja suur. Karjamaa-raihein on mullaviljakuse suhtes tundlik ja suure saagi saamiseks vajab ta tugevat väetamist, eriti lämmastikväetisega.

Karjamaa-raihein on väga kõrge toiteväärtusega. Suurem toiteväärtus säilib ka loomise keskfaasis, sest tema areng on teiste kõrrelistega võrreldes aeglasem. Karjamaa-raiheina lisamine kõrreliste segukülvi parandab oluliselt rohusööda toiteväärtust. Rohusööt sisaldab märkimisväärses koguses ka vees lahustuvaid suhkruid, mis soodustavad silo piimhappelise käärimist.

Karjamaa-raiheina sordid võivad olla kas divõi tetraploidsed. Karjamaadel kasutatakse tavaliselt diploidseid sorte, tetraploidsed võrsuvad vähem ja sobivad paremini siloks kasvatamiseks. Sortide lõikes varieerub talvekindlus suurel määral ja põhjapoolsetes piirkondades (nt Soomes) on see üldiselt tagasihoidlik.

Külvisenorm puhaskülvis on 30 kg ha⁻¹.

Aasnurmikas (*Poa pratense* L.)

Aasnurmikas on püstiste siledade kõrtega võsundiline alushein. Tema algareng on väga aeglane, tärkamiseks võib kuluda kuni 28 päeva. Juurestik paikneb mulla ülemises 10 cm kihis ja moodustab tiheda viltja kihi, mis teeb tema rohukamara tallamiskindlaks.

Aasnurmikas eelistab parasniiskeid, hästi õhustatud, huumus- ja lubjarikkaid kasvukohti: hästi sobivad keskmise sügavusega rähk-, saviliiv- ja liivsavimullad, lühiajaliselt üleujutatavad lammimullad ning hästi lagununud turvasmullad. Aasnurmikas on jäätumis- ja külmakindel ning viljakal mullal ka

üsna põuakindel. Kui toitaineid on mullas piisavalt, siis talub ta hästi ajutist liigniiskust ja üleujutust ning võib kohaneda ka huumusvaestel happelistel muldadel ning osutada üsna põuakindlaks.

Aasnurmika saagivõime on niidul nõrk kuni keskmine ning läbilöövus segudes esimestel aastatel nõrk, ka ei talu ta tihedat kattevilja. Kasvutingimuste paranedes võib ta muutuda valdavaks liigiks, mis aga võib halvendada rohusööda üldist kvaliteeti. Ta reageerib hästi lämmastikväetisele ja pärast niitmist on tema ädalakasv kiire. Kuigi aasnurmikas ei ole tüüpiline silotaim, siis kultuurniidule külvatuna suurendab ta saaki ja selle toiteväärtust. Samuti suurendab ta rohumaa püsivust, tihendades ja tugevdades rohukamarat koristusmasinate kandmiseks. Soorohumaade seemnesegude koostises on ta tähtsaim suuresaagiline alushein. Koos punase aruheinaga parandab ta oluliselt vastupidavust tallamisele.

Külvisenorm puhaskülvis on 13 kg ha⁻¹.

Punane aruhein (*Festuca rubra* L.)

Punane aruhein võib olla lühivõsundiline, võsundiline või puhmikuline alushein. Võsundilised vormid levivad viljakamatel muldadel. Nad on püsivamad, suurema toiteväärtuse, saagikuse ja parema söödavusega kui puhmikulised vormid. Viimased esinevad sagedamini huumusvaestel happelistel muldadel ja on mullaniiskuse suhtes vähemnõudlikud.

Punane aruhein võib kasvada väga erinevatel muldadel, kuid ta eelistab parasniiskeid saviliiv-, liivsavi- ja lühiajaliselt üleujutatavaid lammimuldadeid. Tegu on suhteliselt aeglaselt kasvava liigiga, mis talub viljakuse poolest vaeseid muldi ning kasvab hästi nii happelistel kui ka kergelt aluselisel muldadel (pH 4,5–7,5). Võrreldes aasnurmikaga on ta põua, liigniiskuse, mulla toitainete puuduse, happelise reaktsiooni ja aeratsiooni suhtes vähem

tundlik. Punane aruhein on väga tugeva jää-
tumis- ja külmakindlusega.

Punase aruheina ulatuslik juurestik koos hästi harunenud maa-aluste risoomidega paikneb peamiselt ülemises mullakihis. Seetõttu soovitatakse seda kasutada turvasmuldadele rajatavate kultuurniitude seemnesegudes, kus ta aitab parandada rohukamara tallamiskindlust. Kui punane aruhein katab üle 40% rohukamarast, eriti turvasmuldadel, langeb tema toiteväärtus ja söödavus oluliselt, sest mätastena kasvavad lehed kipuvad hallitama. Võrreldes aasnurmikaga on ta vähem maitsev ja madalama toiteväärtusega, kuid ädalakasv on rahuldav.

Kevadel alustab ta kasvu varakult, suve keskpaiku aga kasv aeglustub ning hoogustub uuesti hilissuvel kuni külmadeni. Suvise kas-

vu määrab sademete hulk. Niitudel on punase aruheina saagikus pigem madal ning viljakatel muldadel on tema konkurentsivõime aasnurmikaga võrreldes tagasihoidlik. Ta talub madalat, kuid mitte liiga tihedat niitmist, vanemates rohukamarates võib ta muutuda valdavaks liigiks.

Sageli kasutatakse teda seemnesegudes kohtades, kus on kasvatamiseks piirangud, või turvasmuldadega aladel.

Külvisenorm puhaskülvis on 16 kg ha⁻¹.

Rohumaa rajamisel on oluline valida vastavalt mulla tüübile sobivad heintaimede liigid, tagamaks rohumaa maksimaalse tootlikkuse ja kestlikkuse. Tabelis 1 on toodud ülevaade erinevatest heintaimedest ja nende nõuetest mullale.

Tabel 1. Heintaimede valik sõltuvalt mullastikust

Liik	Mulla pH	Kuiv liivmuld	Kuiv kivine rähkmuld	Parasniiske mineraalmuld	Lammimuld	Turvasmuld
Liblikõielised heintaimed						
Punane ristik	>5,5	–	xx	xxx	–	x
Lutsern	>6	xx	xxx	xxx	–	–
Roosa ristik	>5,5	xx	xx	xxx	xx	xx
Valge ristik	>5,5	–	x	xxx	xx	x
Nöiahammas	4,5-7,0	xx	xxx	xxx	x	–
Ida-kitsehernes	>6	x	xxx	xxx	–	–
Kõrrelised heintaimed						
<i>Pealiskõrrelised</i>						
Põldtimut	5,5-7	x	xx	xxx	x	xxx
Harilik aruhein	5,0-7	–	–	xxx	x	xxx
Roog-aruhein	5,5-6,5	xx	xx	xxx		
Itaalia raihein	>6,5	–	–	xxx	–	–
Kerahein	5,5-7,5	xxx	xxx	xxx	–	–
Päideroog	5,5-7,5	–	–	xx	xxx	xx
Ohtetu luste	6,0-7,5	x	xx	xx	xx	xxx
<i>Aluskõrrelised</i>						
Karjamaa-raihein	5,5-6,5	–	–	xxx	x	
Aasnurmikas	5,5-8,2	x	x	xxx	xx	xxx
Punane aruhein	4,5-7,5	xx	xxx		xxx	

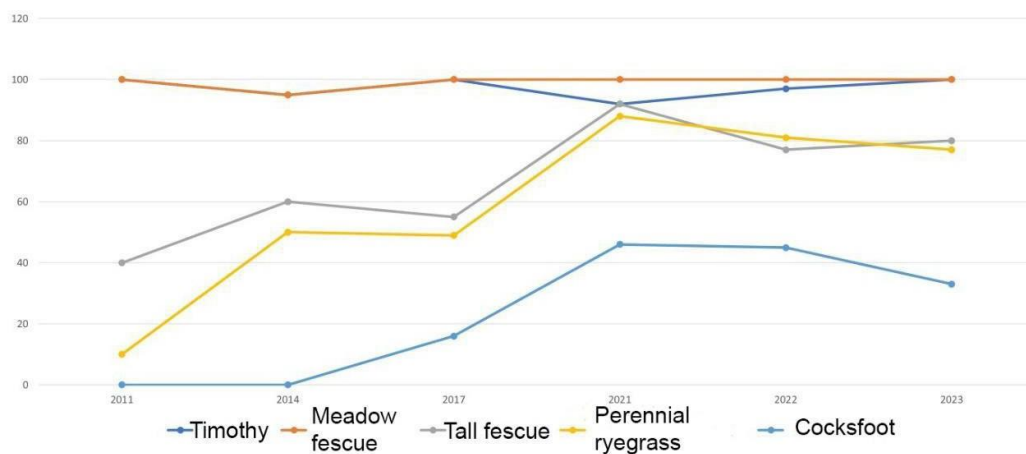
Kasutussobivus: – ei sobi; sobivus – x vähe, xx rahuldavalt, xxx hästi

Järgnevatel joonistel on kujutatud erinevate heintaimede kasutustrendide muutust Lääne-Soomes rohumaade rajamisel aastatel 2011-2023. Soomes on timut ja harilik aruhein endiselt põhiliigid, kuid roog-aruhein on vaikselt populaarsust kogumas. Punane ristik on jätkuvalt peamine liblikõeline heintaim tänu tema suurele saagiku-

sele ja lämmastikku siduvale omadusele. Kasvav huvi lutserni vastu viitab sellele, et põllumehed otsivad üha enam põuakindlaid alternatiive. Tulevikutrende võivad kujundada vastupidavus kliimamuutustele, lämmastiku kasutamise tõhusus ning põllumeeste eelistused vastupidavuse ja saagipotentsiaali vahel.

Change in use of grass species in Western Finland 2011-2023

Average yield 2021-2023: **9070** kg DM/ha



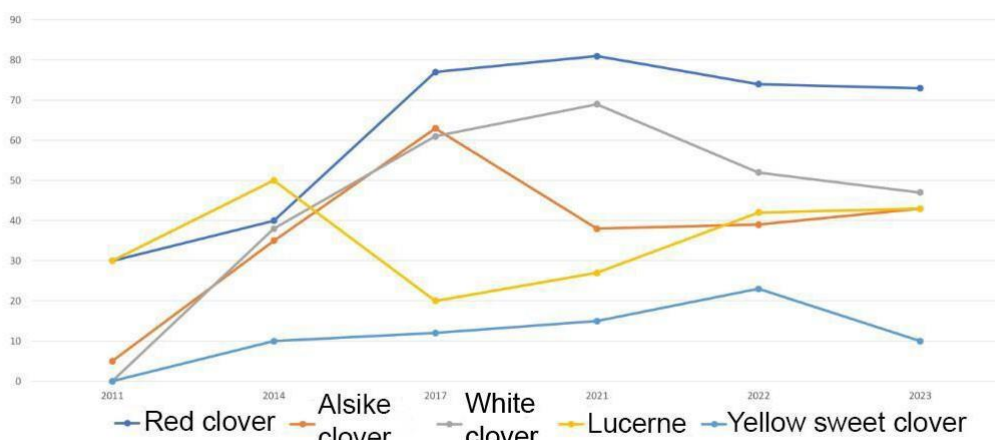
ProAgria

% of the farms used in silage grassland establishment that year

ProAgria Western Finland Discussion groups, 2023, Eilä

Change in use of legumes in Western Finland 2011-2023

Average yield 2021-2023: **9070** kg DM/ha



ProAgria



ProAgria Western Finland Discussion groups, 2023, Eilä

Keskkonnamõju

Liblikõieliste heintaimede laialdane kasutamine suurendab rohusööda saaki ja kvaliteeti. Võrreldes kõrrelistega sisaldavad liblikõielised tavaliselt rohkem proteiini: selle sisaldus jääb vahemikku 15% kuni 25%.

Tänu sümbiootilisele kooselule liigispetsiifiliste mügarbakteritega suudavad liblikõielised heintaimed siduda õhulämmastikku, muutes selle taimedele kättesaadavaks. Bakterid varustavad taime lämmastikuga, samas kui taim annab bakteritele süsiniku. Lisaks võivad liblikõielised heintaimed toota kuni 280 kg ha⁻¹ lämmastikku, aidates sellega oluliselt kaasa mulla viljakuse paranemisele ja vähendades mineraalväetiste vajadust.

Liblikõieliste heintaimede sügavale ulatuval sammasjuurel on oluline osa mulla õhus-tamisel, aidates luua õhukanaleid ja poore, mille kaudu pääseb õhk ka sügavamatesse mullakihtidesse, mis muidu võivad tihenedes jääda hapnikuvaeseks.

Kõik see muudab liblikõielised väärtuslikuks rohusöödaks ja oluliseks liigiks mulla terve ning viljakuse säilitamisel.

4.3. Heinaseemnesegude koostamise põhimõtted

Vastavalt kasvukohale, väetamisele ja kasutamisele muutub külvatud liikide vahekord rohukamaras, seetõttu ei saavutata kunagi seemneseguga ettenähtud koostist. Uurimused on näidanud, et omavahelises konkurentsis võivad ülekaalu saavutada tugeva võitlusvõimega liigid ning väheneb nõrgema konkurentsvõimega liikide osatähtsus ja püsivus. Rohumaa rajamisel on segukülvidel mitu eelist üksikliikide külvide ees:

- » paljude liikide eluiga on pikem,
- » talvekindlus suureneb,
- » rohukamar püsib kauem umbrohist puhas,
- » parem vastupidavus taimahaigustele,
- » aastate lõikes on tagatud stabiilsem ja suurem saak,
- » rohusööda söödavus ja toiteväärtus on suurem, püsib kauem kõrge ning mineraalainete koostis on mitmekesisem.

Kõrge toiteväärtusega rohusööda tootmiseks, maksimaalse saagikuse saavutamiseks ja toitainelise tasakaalu tagamiseks tuleb arvestada mitme põhimõttega. Rohumaa rajamisel valitakse liigid ja nende osakaal vastavalt mullatüübile (savi-, liiv-, lubjarikas- või liivsavimuld), kasvu- ja arengukiirusele, ädalakasvuvõimele, konkurentsvõimele segus, kasutuskestusele jne. Segude koostamisel eelistatakse liike, mis sobivad kõige paremini konkreetse mulla ja niiskuse tingimustega.

Liblikõieliste osakaal seemnesegus võib varieeruda 30% kuni 70% (nt põldhein maheviljeluses) sõltuvalt soovitud silo kvaliteedist. Suurem liblikõieliste osakaal tagab suurema proteiinisalduse, kuid kuivainesaak võib jääda mõnel juhul madalamaks.

Kõrreliisterohked segud annavad seevastu rohkem kiudu ja sageli ka suurema kogusaagi. Iga segusse valitud kõrrelise ja liblikõielise

liik peab täitma konkreetset eesmärki. Kui valitakse segud, kus liblikõieliste osakaal on suur, tuleb arvestada, et silo valmistamine nõuab rohkem tähelepanu. Suur liblikõieliste sisaldus rohukamaras tähendab sageli väiksemat kuivainesisaldust niidetud rohus (eriti kui ei ole võimalik piisavalt närvutada), mis võib kaasa tuua silomahla tekkimise ja toitainete kao silost.

Heintaimedel on erinevad nõudmised kasvutingimuste suhtes, kuid enamik neist eelistab keskmise raskusega, parasniiskeid ja viljakaid muldi. Üldjuhul on aga liblikõielised kasvutingimuste suhtes nõudlikumad kui kõrrelised.

Heintaimed jaotatakse vastavalt nende kasvu- ja arengukiirusele (lähtuvalt loomise- ja õitsemisfaasist) järgmiselt:

- » varavalmivad - harilik kerahein, hübriidlutsern, ida-kitshernes;
- » keskmise valmimisajaga - roosa ristik, lutsern, varane punane ristik, valge ristik, itaalia raihein, päideroog, ohtetu luste, aasnurmikas, karjamaa-raihein, punane aruhein;
- » hiljavalmivad - nõiahammas, hiline punane ristik, harilik aruhein, roog- aruhein, põldtimut.

Heintaimede kasvu- ja arengukiirust on võimalik reguleerida nii varajaste kui ka hiliste heintaimede sortide valikuga. Igas riigis võivad konkreetsete liikide ja sortide valmimisajad siiski varieeruda. Oluline on arvestada, et ühtlase kasvukiirusega rohumaakoosluste optimaalne niitmisperiood kestab vaid 3 kuni 5 päeva. Segusse valitud liigid ja sordid peavad tagama maksimaalse toiteväärtuse just selle lühikese optimaalse niitmisperioodi jooksul. Liblikõieliste kasv ja areng on tavaliselt aeglasem kui kõrrelistel, eriti varajases arengufaasis.

Tüüpilised niitelise rohumaa segud sisalda-

vad 3-4 erinevat kõrreliste (nii pealis- kui ka aluskõrreliste) ja liblikõieliste liiki. Seemnesegu koostamisel valitakse üks juhtliik, mille omadusi kaasliikide abi täiendatakse. Juhtliigi järgi määratakse niitmise aeg ja kõrgus, väetamine ja ka kasutuskestus. Liblikõielised parandavad sööda proteiinisaldust ja aitavad lämmastikku siduva võime tõttu kaasa rohumaa saagikuse suurenemisele. Segudes, kus liblikõielisi on 30-40% ja kõrrelisi 60-70%, saavutatakse hea tasakaal toiteväärtuse, kiire kasvu ja püsivuse vahel.

Punase ristiku kaasliikide valik segusse põhineb planeeritaval rohumaa kestusel külvikorras. Kui rohumaa (põldhein) on kavandatud kestma kaks aastat, siis sobivad hästi lisaks timutile ka itaalia raihein või hübriidraihein (e festulolium). Kolmeaastaste või pikema kestusega rohumaadel soovitatakse kasutada harilikku aruheina või timutit. Hea kaasliik niidetava rohumaa seemnesegusse punasele ristikule ja ka lutsernile on tetraploidne karjamaa-raihein (sest konkureerib vähem liblikõielistega). Sortide valikul tuleks kõrreliste kõrsumise ja loomise aeg sobitada punase ristiku õiepungade moodustumise või õitsemise algfaasiga, et saavutada võimalikult hea silo kvaliteet.

Valget ristikut võib samuti segudesse lisada, kuna see aitab täita tekkinud tühikud juhul, kui punase ristiku osakaal 3-4 aasta möödudes väheneb. Varasemad uuringud on näidanud, et timuti lisamine segusse võib parandada punase ristiku püsimist rohumaal. Ebasoodsate talveolude järel oli punase ristiku populatsioon kevadel suurem nendel aladel, kus teda kasvatati koos timutiga, võrreldes puhaskülviga.

Roosa ristik on oluline komponent turvasmuldadele sobivates seemnesegudes, kus tema kaasliikideks on timut, harilik aruhein ja aasnurmikas.

Ida-kitseherne kasvatamine segus kõrrelistega annab võimaluse otstarbekalt ühendada lämmastikväärtise vajaduse ida-kitseherne poolt bioloogiliselt seotud lämmastikuga. Arengukiiruse poolest sobivad ida-kitsehernega paremini ohtetu luste, põldtimut ja kerahein. Kasvatamine kõrreliste segudes parandab saagi toiteväärtust ja sileerimisomadusi (Lättemäe *et al.*, 2005; Meripõld *et al.*, 2014, 2016).

Soomes on laialdaselt kasutusel timuti ja hariliku aruheina segukülvid, mis on piisavalt talvekindlad, et taluda karmi talve koos paksu lumekattega ning järgnevaid kuumasid ja põuaseid suvesid. Nende segude üheks puuduseks võib olla hõre rohukamar (kui ei ole lisatud aluskõrrelist), mis jätab osa mullapinnast katmata ning suurendab

umbrohtude leviku ja erosiooni riski.

Kõrrelised erinevad märkimisväärselt oma konkurentsivõime poolest liblikõielistest, mis omakorda mõjutab välja kujunenud rohumaa liigikooslust. Näiteks on kerahein ja erinevad raiheina liigid tavaliselt lutserni suhtes oluliselt konkurentsivõimelisemad kui timut või harilik aruhein. Alternatiivina võib kasutada ka lutserni ja roog-aruheina segu – kuigi selle toiteväärtus on mõnevõrra madalam, kompenseerib seda suurem saagikus.

Tabelis 2 on toodud näidiseemnesegud vastavalt mullatüübile ja valmimisajale, et tagada parim võimalik liikide valik erinevate kasvutingimuste jaoks.

Tabel 2. Seemnesegud ja soovituslikud külvinormid erinevatele mullatüüpidele, kg ha⁻¹ (Adamovičs A., 2017)

Liik	Mineraalmuld												Turvasmuld			
	Kerge				Keskmise raskusega				Raske							
	Vara-jane	Vara-jane	Kesk-valmiv	Hi-line	Vara-jane	Vara-jane	Kesk-valmiv	Hi-line	Vara-jane	Vara-jane	Kesk-valmiv	Hi-line	Vara-jane	Vara-jane	Kesk-valmiv	Hi-line
	Lühi-ajaline	Pikaajaline			Lühi-ajaline	Pikaajaline			Lühi-ajaline	Pikaajaline			Lühi-ajaline	Pikaajaline		
Punane ristik (varajane)	12	3								11	4					
Punane ristik (hiline)				3				6	12			5				1
Roosa ristik			20										12	6	4	4
Valge ristik																
Lutsern			10		22					6	7					
Ida-kitsehernes						12	8									
Kerahein		15				5										
Päideroog														10		
Harilik aruhein	4		5		6	4	10	3		1	5	3	9		8	6
Roog-aruhein														6	10	
Ohtetu luste		7		16		6		4			10	5				
Timut	2		3	6	2		6	10	8			10	3		4	10
Karjamaa-raihein	4				2		3	4	6		3	5				
Punane aruhein		2		3			3								2	2
Aasnurmikas														4		
Kokku, kg	22	27	38	28	32	27	30	27	26	18	29	28	24	26	28	23

Keskkonnamõju

Kõrreliste ja liblikõieliste segukülvid aitavad luua vastupidavat ja keskkonnasõbralikku rohumaad. Segukülvid taluvad paremini ilmastikuolusid ning liike koos kasvatades seovad liblikõielised õhulämmastikku, vähendades väetisevajadust ja kasvuhoonegaaside heidet. Mitmekesised segud parandavad ka mulla tervist ja elurikkust, toetades kestlikku põllumajandust.

Peamised järeldused

- » Rohumaa rajamisel vali sellised liigid ja sordid, mis on hästi kohanenud kohalike mullastiku ja kliimatiliste tingimustega.
- » Rohumaa seemnesegu valikul arvesta mulla omadustega, sh happesuse, huumusesisalduse, lõimise ja niiskusearežiimiga.
- » Puhaskülvi asemel eelista liblikõieliste ja kõrreliste segusid.
- » Liblikõieliste lisamine segusse toob lisaks paremale toiteväärtusele ka majanduslikku kasu, suurendades tootlikkust nii piima- kui ka lihavedelise kasvatuses ning parandades mullaviljakust ja kaudselt ka loomade tervist.
- » Hästi planeeritud segud pikendavad rohumaa kasutuskestust, eriti keerulistes kliimatingimustes.
- » Õigesti ja sobivas vahekorras valitud liblikõieliste ja kõrreliste segu, mis lähtub mulla- ja niiskustingimustest, on võtmetegur kvaliteetse ja saagika sööda tootmisel.

Kasutatud allikad

Aavola, R. 2005 Kõrrelised heintaimed.

Bender, A. (koostaja) Eritüübiliste rohumaaade rajamine ja kasutamine, 78-129.

Adamovičs A. (2017) Zālāju ierīkošana un izmantošana. Mācību grāmata; otrs, papildinātais izdevums. Jelgava, LLU, 140 lpp.

Fribourg, H. A., D. B. Hannaway, and C. P. West (ed.) 2009. Tall Fescue for the Twenty-first Century. Agron. Monog. 53. ASA, CSSA, SSSA. Madison, WI. 540 pp. Also (<http://forages.oregonstate.edu/tallfescuemonograph>).

Hannaway, D. B.; Myers, D., 2004. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). http://forages.oregonstate.edu/php/fact_sheet_print_legume.php?SpecID=12.

<https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1347&title=georgia-forages-legume-species#title1>

https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201251_5.PDF

<https://www.teagasc.ie/media/website/crops/grassland/Grass-and-clover-Recommended-List-2024.pdf> Prepared by Marvin Richard, A.-M., Gervais, R., Tremblay, G.F., Bélanger, G., Charbonneau, É 2020. Tall fescue as an alternative to timothy fed with or without alfalfa to dairy cows. Journal of Dairy Science, Volume 103, Issue 9 p 8062-8073.

Sanada, Y. Gras, M. C. ; van Santen, E., 2010. Cocksfoot. B. Boller et al. (eds.), Fodder Crops and Amenity Grasses, Handbook of Plant Breeding 5, Springer Science+Business, 317-328. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8_13.

www.pikk.ee

Sepp, K., Kanger, J., Särekanno, M. 2019. Kaaliumi- ja väävlirikaste mahevätiste tõhususest põldheina-teravilja külvikorra. Efficiency of Kalisop and Patentkali fertilization in leguminous hay-cereal crop rotation (Mahekonverents 2019 lk.109-114).

5. Rohumaa rajamine ja uuendamine

Autorid Sirje Tamm, Priit Pechter (Eesti), Anu Ellä (Soome), Iveta Gutmane (Läti)

Rohumaa uuendamine muutub vajalikuks siis, kui saagikus ja sööda kvaliteet on märgatavalt langenud. Enamasti on selle põhjuseks taimiku botaanilise koostise muutus - väärtuslike kõrreliste ja liblikõieliste heintaimede väljalangemine ning madala saagikuse ja vähese toiteväärtusega liikide pealetung ja levik. Rohumaa uuendamise otsus tuleks langetada siis, kui prognoositav saagi suurenemine ja kvaliteedi paranemine õigustab sellega seotud kulutusi.

Rohumaa uuendamine on vajalik, kui:

- » rohukamar sisaldab vähem kui 50% kvaliteetseid heintaimi;
- » rohukamaras on rohkem kui 30% rohundeid ja madala kvaliteediga kõrrelisi heintaimi;
- » pinnas on väga ebatasane;
- » rohukamar on tugevalt kahjustatud külma, metsloomade või raske tehnika poolt;
- » maapinna kuivendustööd osutuvad vältimatult vajalikuks.

Hariliku võilille (*Taraxacum officinale* Wigg.) ja hariliku orasheina (*Elymus repens* (L.) Gould) levik võib viia rohukamara kvaliteedi kiire halvenemiseni. Rohumaad, mille botaaniline koostis on keskmise kvaliteediga (50-75% kvaliteetseid heintaimi ja alla 25% ebasoovitavaid rohundeid ning orasheina), on võimalik parandada sobivate majandamis- ja tehnoloogiliste võtete abil (nt kasutusrežiim ja väetamine). Selline viis rohumaa parandamiseks võib võtta mitu aastat aega.

Rohumaa rajamine künnipõhise uuskülvi teel on küll kõige kiirem ja tõhusam, kuid samas ka kõige kulukam meetod - eriti vanade ja tugevalt umbrohtunud rohumaa uuendamisel. Kuna olemasolev rohukamar hävitatakse enne külvi, siis töö käigus on võimalik viia

mulda orgaanilisi väetisi, tasandada pinnast ning valida kasvukeskkonnale ja loomade vajadustele sobiv seemnesegu.

Rohumaa rajamist planeerides on oluline teada mulla omadusi (huumusesisaldus, lõimis, pH ja niiskusrežiim), kuna see määrab, millised heintaimeliigid sobivad antud kasvukeskkonda kõige paremini. Heintaimeliikidel on erinevad nõudmised keskkonnatingimustele, mistõttu liikide valik tuleks teha vastavalt mulla iseloomule. Nii saab tagada suure saagikuse ja pikaajalise rohumaa.

Saagikas rohumaa saadakse siis, kui see rajatakse hästi haritud ja umbrohist puhtale pinnasele. Vana ja umbrohtunud rohukamar tuleb tavaliselt hävitada. Kui uuendatav rohumaa sisaldab märkimisväärsel hulgal probleemseid kõrrelisi, rohundeid või juurumbrohtusid, siis tuleks need enne kündi töödelda glüfosaadiga.

Orgaanilisi väetisi (tahke ja vedel sõnnik, kompost) tuleks kasutada enne kündi, vedelsõnnikut ka kevadise mullaharimise käigus. Orgaaniliste väetiste kasutamine on eriti oluline rohumaa rajamisel huumusevaestele ja erodeerunud muldadele. Soovitav orgaanilise väetise norm on 25-30 t ha⁻¹. Orgaanilise väetise kasutamine nii rajamisel kui ka järgnevatel aastatel stimuleerib mulla mikrobioloogilist aktiivsust rohujuurte tsoonis ning rikastab mulda oluliste toitainetega.

Mulla analüüs annab soovitusi väetiste ja lubi-väetiste kasutamiseks, et saavutada majanduslikult optimaalne saagikus. Mulla lupjamine vähendab väetamise kulusid ja suurendab saagikust. Samuti paraneb väetiste kasutamise efektiivsus neutraalse pH juures. Uu-

ringud näitavad, et söödataimede saagikus võib kahekordistuda, kui sama kogus väetist antakse mullale pH-ga 6,2, võrreldes happelise mullaga, mille pH on 5,4. Suuri lubiväetise norme ($> 6 \text{ t ha}^{-1}$) tuleks kasutada kahes jär- gus: esmalt enne sügisküнди ja seejärel enne kevadist mullaharimist. See tagab lubiväetise jõudmise seemnete idanemiskeskonda. Soovitav on kasutada peenestatud põlevkivituhka normiga $5\text{--}6 \text{ t ha}^{-1}$. Eestis kasutatakse peenestatud põlevkivituhka laialdaselt kiiretoimelise lubiväetisena, mis varustab mulda kaltsiumi, magneesiumi, väävli, kaaliumi, fosfori ning mitmete mikroelementidega (boor, vask, mangaan, molübdeen, tsink, koobalt). Lubjakivijahud on kaltsiumi poolest liiga ühekülgsed, nende magneesiumisisaldus ei ole tavaliselt suurem kui 3% (elemendina). Dolokivijahud on magneesiumi poolest ühekülgsed, selle sisaldus võib ulatuda 12%-ni. Kivimijahudega lupjamisel tuleks silmas pidada magneesiumisisaldust ning võimaluse korral valida sobivaima koostisega lubimaterjal. Nii näiteks tuleb magneesiumivaese mulla puhul eelistada dolokivijahu või klinkritolmu, mitte lubjakivijahu.

Liblikõielised on mulla happesuse suhtes eriti tundlikud, seetõttu on happeliste muldade lupjamine hädavajalik. Lubiväetist tuleks anda, kui mulla pindmise kihi pH (pH_{KCl}) langeb liblikõieliste heintaimede puhul alla 6,0 – kuigi optimaalne kasv toimub pH-tasemel üle 6,2 – ning kõrrelistel alla 5,5. Turvasmuldade lupjamine on vajalik, kui pH_{KCl} langeb alla 5,0.

5.1. Mulla ettevalmistamine külviks

Rohumaade rajamisel on kõige laialdasemalt kasutusel künnipõhine mullaharimine, mis võimaldab luua soodsaimad tingimused heintaimede kasvuks. Künniga viiakse mulla alummisse kihti suur kogus umbrohtusid ja nende seemneid ning seetõttu on olemas oht umbrohtude taaskasvuks. Seetõttu on oluline, et

ümberpööratud rohukamaral oleks piisavalt aega lagunemiseks. Varajane sügisküünd võib sooja mullas lagunemist kiirendada, kuid samas suureneb oht ka toitainete leostumiseks, mistõttu tuleks kündmise ajastamisel arvestada nii mulla temperatuuri kui ka sügisvihmade ja toitainete kao riski. Turvasmuldadel ja raske lõimisega savimuldadel tuleks künd lõpetada hiljemalt juuli lõpuks, sest soojas mullas laguneb vana rohukamar kiiremini. Väheses umbrohtumisega eelkultuuri korral võib mulda harida ka hilissügisel. Väga tugeva umbrohtumise korral on soovitatav suve esimesel poolel harida kesana või kasutada glüfosaati ja külvata heinaseeme alles suve teisel poolel.

Põhjalik mullaharimine enne külvi on hädavajalik, et tasandada põld, täita mikrolohe ja luua seemnete idanemiseks soodne keskkond. Varakevadine harimine parandab muldstruktuuri ja niiskuse säilivust, mis omakorda soodustab heinaseemnete kiiret tärkamist.

Oluline ettevalmistav samm rohumaa külvi eel on suuremate kivide eemaldamine pärast viimast mullaharimist. Kui külv toimub kohe pärast harimist, on oluline pind enne külvamist rullida, et tagada ühtlane külvisügavus.

Heinaseemnete külvisügavus jääb vahemikku 0,5 kuni 2,5 cm, sõltuvalt seemne suurusest ja mulla lõimisest. Üldine soovitus külvisügavuseks on umbes 2,5 korda seemne pikkus – see tagab seemnele vajaliku niiskuse, soojuse ja hapniku kättesaadavuse idanemiseks. Selle reegli järgi oleks külvisügavus karjamaa-rai- heinal $= 4 \text{ mm} \times 2,5 = 10 \text{ mm}$ ning aasnurmi- kal $= 2 \text{ mm} \times 2,5 = 5 \text{ mm}$.

Pärast külvi on vajalik rullimine, et säilitada mullaniiskus ja tagada seemnete parem kontakt mullaga, mis loob soodsamad idanemistingimused ja ühtlustab tärkamist. Rasketel muldadel tuleb mullaniiskust hoolikalt jälgida, sest märja mulla rullimine võib tekitada pinna- le kooriku, millest tõusmed ei suuda läbi tungida.

5.2. Külviaeg

Heinaseemnete idanemise ja kiire arengu juures on tähtsal kohal mullaniiskus ja -temperatuur, kusjuures mullaniiskus on isegi olulisem. Üldjuhul sobib mitmeaastaste heintaimede külviks ajavahemik aprilli keskpaigast augusti lõpuni, sõltuvalt kasutatavast seemnese-gust. Eesti tingimustes on mineraalmuldadel parimad külviajad varakevadel ja suve teises pooles (augustis). Lutserni ja ristikute külv tuleks lõpetada juba augusti alguses, et taimed jõuaksid enne talve korralikult välja areneda. Ida-kitseherne külv tuleb lõpetada juuni lõpuks. Liblikõielistel heintaimedel peab enne talve olema moodustunud vähemalt kolm hästi arenenud kolmetist lehte.

Turvasmuldadel on optimaalne külviaeg juuli keskpaigast kuni augusti alguseni. Sel ajal tehtud külv sisaldab vähem umbrohtusid ja seetõttu väheneb vajadus umbrohutõrje järele.

5.3. Kattevilili

Rohumaa uuskülvil kattevilja alla on külviaastal võimalik saada maksimaalne saak pinnaühikult. Kattevilili võib anda rajamisaastal majanduslikku tulu, kuid samas konkureerib kattevilili noorte heintaimede tõusmetega niiskuse, valguse ja toitainete pärast. See konkurents võib takistada taimiku arengut ja vähendada ka tulevast saagikust. Kattevilja negatiivne mõju avaldub eriti kuivades tingimustes, mis võib viia rohumaa rajamise ebaõnnestumiseni. Külv ilma katteviljata loob soodsamad tingimused heintaimede kasvuks ja arenguks. Puuduseks on aga see, et külviaastal jääb saagikus madalamaks, ulatudes vaid 20–40%-ni tavapärasest saagikusest, sest noorte taimede biomass jääb külviaastal tagasihoidlikuks.

Katteviljaks sobivad kõige paremini varavalmivad teraviljad, tavaliselt suviodra või -nisu varavalmivad sordid. Kattevilili peab allakülvid vabastama võimalikult vara, et heintaimed

jõuaksid enne vegetatsiooniperioodi lõppu talveks valmistuda. Soovitav on kasutada vähendatud teravilja külvisenormi, kuni 30% tavapärasest külvisenormist. Sademeterohketel aastatel on oht, et kattevilili lamandub ja lämmatab heintaimed, seetõttu ei soovita ta lämmastikväetist anda või siis tuleb anda seda maksimaalselt 35 kg ha⁻¹ (või vähem).

Kattevilja koristades tuleb jälgida, et põhk ei hakkaks heintaimi lämmatama. Põhk tuleks kas koristada või ühtlaselt põllule purustada. Teravilja siloks koristamisel on eelistatud vahaküpsuse faas, sest selles arengustaadiumis on saagi kuivaine- ja energiasisaldus kõrgem kui piimküpsuses. Samuti väheneb lahustuvate süsivesikute kadu, mis parandab silo kääritamisprotsessi ja tagab ühtlasema kvaliteedi. Suurem kuivainesisaldus koristatavas massis vähendab ka silomahla eritumist.

Rohumaade rajamisel valivad Läti põllumehed sageli katteviljaks üheaastase raiheina (12–15 kg ha⁻¹), sest see võimaldab teha silo juba külviaastal ning samas piirab tõhusalt umbrohtude levikut. Soomes rajatakse üldiselt rohumaad katteviljaga, millest kõige tavalisem on oder, kuid Lääne-Soomes on levinumad kaer ja nisu.

Punane ristik (*Trifolium pratense*), roosa ristik (*Trifolium hybridum*), põldtimut (*Phleum pratense*) ja harilik aruhein (*Festuca pratensis*) kasvavad kattevilja all hästi, sest neil on suhteliselt hea varju- ja konkurentsitaluvus.

Lutsern (*Medicago sativa*), nõiahammas (*Lotus corniculatus*) ja kerahein (*Dactylis glomerata*) taluvad kattevilja mõõdukalt – nad suudavad küll kattevilja all kasvu alustada, kuid niiskuse, valguse ja toitainete pärast tekkiv konkurents võib nende arengut pidurdada. Kattevilja ei talu aluskõrrelised (karjamaa-raihein, aasnurmikas jt), liblikõielistest valge ristik ja ida-kitsehernes, pealiskõrrelistest ohtetu luste ja päideroog ning mitmed teised liigid, mis on varju ja konkurentsi suhtes tundlikud.

Turvasmuldadel ei ole rohumaa rajamisel soovitatav kattevilja kasutada, sest viimane kasvab seal lopsakalt ja on oht lamandumisele, mis võib hävitada enamuse noortest heintaimedest. Ka on noor taimik turvasmuldal tallamisõrn (rohukamar ei ole veel jõudnud moodustuda) ja rasked koristusmasinad kahjustavad kattevilja koristamisel taimikut.

5.4. Külviviisid

5.4.1. Reaskülv

Heintaimede külvamiseks tuleks kasutada spetsiaalselt selleks otstarbeks mõeldud külvikuid. Seemendite vahekaugus peaks olema maksimaalselt 7,5 cm. Sel juhul moodustub juba külviaastal tihe rohukamar, mis takistab umbrohtude levikut. Optimaalne külvisügavus kõrreliste heintaimede puhul on 0,5-2,5 cm, segus ristikutega aga maksimaalselt 1,5 cm.

5.4.2. Hajuskülv

Hajuskülvi on soovitatav kasutada raskesti külvatavate liikide külvil (nt aasrebasesaba, ohtetu luste), kuid ka turvasmuldadel. Hajuskülvil on võimalik saada häid tulemusi ka teraviljakülvikut kasutades, kui seemendid eemaldada ja seeme voolab läbi torude hajusalt mullapinnale. Sõltumata külviviisist on oluline, et külviku taga oleksid kerged äkked, mille abil seeme segatakse mullaga. Külvijärgne rullimine on äärmiselt oluline, et luua soodne keskkond heintaimede tärkamiseks. Rullida ei tohi aga pärast vihma, kui muld on märg. Samuti on oluline valida sobiva raskusega rull, näiteks turvasmuldadel on vaja kasutada raskemaid rulle.

Edela-Soomes tehtud uuringud näitavad, et 53% põllumeestest kasutab seal rohumaa rajamisel peamiselt hajuskülvi ja 41% reaskülvi, kuid üldiselt on Soomes reaskülv siiski levinum.

5.4.3. Rohumaa täiendkülv

Hästi õnnestunud täiendkülv võimaldab parandada rohumaa saagikust ja suurendada elurikkust. Täiendkülvit soovitatakse eriti siis, kui talvekahjustused, näiteks lumiseen või tüfuloos, on põhjustanud rohumaaale tühimikke. Täiendkülvit kasutatakse ka hõredate ja liigivaeste rohumaaade pealtparandamiseks. Täiendkülvit tegemise parim aeg sõltub kohaliku piirkonna kliimast, kasutatavatest heintaimede sortidest ja mullastiku omadustest. Parima tulemuse saavutamiseks on oluline tagada vajalike makro- ja mikroelementide tasakaal mullas ning hoida mullareaktsioon taimedele sobival tasemel.

Kõige paremaid tulemusi on saadud liblikõieliste, eelkõige ristiku täiendkülviga, sest ristikut on rohumaaades sageli liiga vähe. Ristiku seemned idanevad niiskes mullas kiiresti ning nende sügavale tungiv juuresitik parandab mulla struktuuri ja suurendab toitainete kättesaadavust.



Külvik "Vredo" täiendkülviks rohumaaade uuendamisel. Foto Sirje Tamm

Kui rohumaa taimik on väga hõre, siis kasutatakse täiendkülvil sageli ka kõrrelisi (timut, harilik aruhein ja kerahein). Kiirekasvulistest liikidest on olnud tühimike täitmisel abi itaalia raiheinast ja karjamaa-raiheinast. Aeglaselt kasvavate aluskõrreliste heintaimedega täiendkülv ei ole ennast õigustanud,

sest nendel liikidel on pikk idanemisperiood, aeglane algareng ning need surutakse taimikus sageli jõulisemate liikide poolt alla.

Heade täiendkülvi tulemuste saavutamiseks on soovitatav kasutada spetsiaalseid külvikuid.



Heinaseemne otsekülvik "Underhaug" rohumaade uuendamiseks. Foto Sirje Tamm

Täiendkülv on Soomes tavaline võte, kuigi tulemused on põua tõttu sageli kehvad. Soomes teeb enamik põllumeestest täiendkülvivarakevadel. Enamik talusid külvab igal aastal üle ca 20% oma rohumaadest, kuid mõned talud isegi üle 40%.



Karjamaa-raiheina pealekülv erinevate normidega ja erineva eelneva töötluse ja külviaegadega. Foto Sirje Tamm

Keskkonnamõju

Täiendkülv otsekülvi või vähendatud harimise rakendamisega aitab kaitsta mullatervist, vältida mulla erosiooni ja ennetada süsinikukadu.

Peamised järeldused

- » Määra mullaproovi abil mulla pH ja toitainete sisaldus ning kohanda seemnesegu vastavalt.
- » Külvamisel on niiskus olulisem tegur kui temperatuur. Täiendkülv niiskesse mulda on saagika taimiku moodustumiseks väga oluline.
- » Enamikke heintaimi ei tohiks külvata sügavamale kui 2,5 cm. Peeneseemnelised liigid tuleks külvata kuni 0,5 cm sügavusele.
- » Väldi rohket väetamist sügisel enne rohumaade täiendkülv. Anna täiendkülvile ainult väike kogus väetist, et vähendada olemasoleva taimiku konkurentsi.
- » Katteviljaks kasuta varavalmivaid teraviljasorte.

Kasutatud allikad

Järvan, M. 2012. Happelised mullad vajavad lupjamist. Maamajandus 4/12.

Selge, A. 2005. Rohumaade rajamine uuskülviga. Bender, A. (koostaja) Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine, 378-384.

Tamm, U. 2005. Rohumaade pealtparandamine. Bender, A. (koostaja) Eritüübiliste rohumaade rajamine ja kasutamine, 387-393.

www.einboeck.eu. 2022. The Grassland Care Handbook.

www.pikk.ee

6. Rohumaade hooldus ja bioloogiline õhulämmastiku sidumine

Autorid Sirje Tamm, Priit Pechter (Eesti), Iveta Gutmane (Läti)

6.1. Rohumaa hooldamine külviaastal

Rohumaa saagikuse ja püsivuse suurendamiseks on vajalik selle järjepidev ja sihipärane hooldamine. Iga-aastane hooldustööde tegemine parandab rohusööda kvaliteeti, mis omakorda aitab kaasa piimatoodangu tõusule. Uute külvide puhul, kus kattevilja ei kasutata, on esimene oluline hooldusvõte umbrohtorje niitmise teel. Umbrohud konkureerivad kultuurtaimedega toitainete, valguse ja niiskuse pärast. Uutel külvidel levivad sageli üheaastased umbrohud, mistõttu on oluline niita rohumass umbes 15 cm kõrguselt (mullapinnast mõõdetuna). Selline niitekõrgus ei kahjusta kultuurtaimi, kuid pärsib umbrohtude kasvu ning takistab nende seemnete valmimist ja levikut. Õigeaegne niitmine on kriitilise tähtsusega, sest niitmisega hilinemisel võib niidetud rohumass lämmatada kultuurtaimi, mis omakorda põhjustab tühikute tekkimist rohumaal. Kui umbrohtumus ei ole suur ning kultuurtaimed ei jää kasvukonkurentsis alla, on otstarbekam esimene niide koos umbrohtudega koristada haljasmassiks või siloks.

Lühiealiste laialeheliste umbrohtude domineerimisel võib uute rohumaaade rajamisel osutada vajalikuks herbitsiidide kasutamine. Kui aga koos kõrreliste heintaimedega külvatakse ka liblikõielisi, muutub umbrohtorje keerukamaks, sest sobivate herbitsiidide valik on piiratud – Basagran 480 (toimeaine bentasoon 480 g l⁻¹), MCPA 750 (toimeaine MCPA 750 g l⁻¹, seda ei tohi kasutada lutserniga segudes), Stomp® CS (toimeaine 330.0 g/l pendimetaalin). Alati on vajalik kontrollida tai-

mekaitsevahendite registrist (<https://portaal.agri.ee/avalik/#/taimekaitse/taimekaitsevahendid-otsing/et>), kas taimekaitsevahend on lubatud preparaatide nimekirjas. Parima tulemuse saavutamiseks tuleks umbrohtorjega tegeleda juba aasta enne rohumaa külvi. Talvekahjustuste vältimiseks on oluline, et külviaastal kasvanud suurt haljasmassi ei jäetaks talveks koristamata.

6.2. Rohumaa hooldamine saagiaastatel

Kevadine äestamine on oluline hooldusvõte rohumaaade majandamisel kasutusaastal. See aitab leevendada talviseid kahjustusi, tasandada mutimullahunnikuid (mis võivad niitmisel või koristamisel silomassi saastada), eemaldada ja peenestada kulu ning parandada mulla õhustatust. Äestamine kobestab mullapinda, soodustades vee ja toitainete paremat liikumist ning heintaimede võrsumist. Selle tulemusena tekib tihedam ja tugevam rohukamar.

Kevadise rullimise eesmärk on tasandada rohumaa pindmised ebatasasused ning suruda tagasi mulda külmakergituse tõttu pinnale tõusnud taimed ja kivid. Rullida tuleks vahetult pärast mulla tahenemist kevadel - tavaliselt märtsis või aprillis, sõltuvalt piirkonnast ja ilmastikuoludest. Kevadise rullimise optimaalne aeg on enne aktiivse taimekasvu algust, kuid alles siis, kui on ilmseid märke taime kasvatamisest - eesmärk on tugevdada juurdumist, mitte kahjustada juba kasvama hakanud võrseid. Muld peab olema piisavalt

kuiv, et vältida masinatega mulla struktuuri kahjustamist.

Rullimist tuleks vältida liigniisketel aladel ja ras- ketel savimuldadel, kus on oht liigsele tihenda- misele ja mulla õhustatuse vähenemisele.

6.3. Väetamine

Rohumaadelt saagiga eemaldatud toitained tuleb asendada, et tagada taimedele piisav toiteelementide kättesaadavus järgmise saagi moodustamiseks. Väetamise ja rohumaa kasutusintensiivsuse vahel peab valitsema tasakaal – mida intensiivsem on kasutus, seda suuremad on ka toitainete vajadused. Ebapiisav väetamine intensiivse rohumaa kasutuse korral võib viia toitainete puuduseni, mis omakorda soodustab vähemväärtuslike või soovimatute taimeliikide levikut ning vähendab väärtuslike heintaimede konkurentsivõimet.

Väetamise planeerimisel tuleb arvestada keskkonnasäästliku taimekasvatuse põhimõtteid ning kehtivaid keskkonna- ja agrotehnilisi standardeid. Korralikult läbimõeldud väetamine parandab heintaimede talvekindlust, suurendab saagikust ning tõstab rohusööda toiteväärtust, kuid samas ei tohi see tugineda üksnes lämmastikule. Teadusuuringud kinnitavad, et tasakaalustatud väetamine mullaanalüüside alusel on oluliselt tulemuslikum kui vaid lämmastikväetiste kasutamine. Lisaks tuleb tähelepanu pöörata fosforile (P), kaaliumile (K), väävlile (S) ja magneesiumile (Mg), et tuvastada ja ennetada võimalikud puudujäägid.

Heintaimede optimaalne mulla pH jääb vahemikku 6,0–6,5, liiga happeline muld vähendab toitainete omastamist ja piirab taimede kasvu. Kui mulla pindmise kihi (0–15 cm) pH on liblikõieliste heintaimede puhul alla 6,0 või kõrreliste puhul alla 5,5, siis tuleks rakendada lupjamist mulla reaktsiooni korrigeerimiseks ja taimedele sobiva kasvukeskkonna säilita-

miseks. Rohumaade väetamise soovitustest on ülevaade antud ka “Väetamise ABC-s” https://metk.agri.ee/sites/default/files/documents/2024-07/Vaetamise_ABC.pdf

6.3.1. Lämmastik (N)

Ideaalsetes kasvutingimustes võivad kiirekasvulised heintaimed omastada kuni 2,5 kg lämmastikku hektari kohta päevas. Vähesed mullaniiskuse korral väheneb väetise efektiivsus, sest lämmastik ei jõua mullas taime juurteni. Umbes 10 t ha⁻¹ kuivaine- saagi moodustumiseks on vaja ligikaudu 220 kg lämmastikku. Iga 1% ristikut taimikus võib siduda ja anda mullale umbes 3–4,5 kg lämmastikku hektari kohta. Seega, näiteks kui taimikus on 15% ristikut, siis piisab ligikaudu 160 kg lämmastikust ha⁻¹. Siiski võib lämmastikuvajadus varieeruda oluliselt sõltuvalt kasvukohast, seemnesegu koostisest ja rohumaa kasutusintensiivsusest.

Rohumaadel sõltub lämmastikväetise koguse jaotamine vegetatsiooniperioodi jooksul eelkõige niidete arvust. Hästi väetatud rohumaal kasvab taimik intensiivsemalt, võimaldades rohkem niiteid. Väetamise eesmärk on tagada piisav saagi moodustumine, samas vältides üleväetamist, mis suurendab lämmastiku leostumisriski ning võib ohustada põhjavee ja pindmiste vee- kogude kvaliteeti. Väetistega antud, kuid taimede poolt mitte omastatud toiteelementide kaod kujutavad endast lisaks keskkonnariskile ka rahalist kahju tootjale.

Varakevadel on väetamine eriti oluline, sest see võimaldab ära kasutada mulla kevadist niiskust, mis parandab toitainete omastamist mullast. Varajane väetamine pikendab lämmastiku ja väävli omastamise perioodi, suurendades nii rohusööda saagikust kui ka kvaliteeti, samal ajal vähendades nitraatide kuhjumise riski. Lämmastikväetiste efektiivsus paraneb oluliselt, kui keskmine õhutemperatuur on tõusnud püsivalt üle +5 °C.

Kui rohumaa on planeeritud koristada kaks niidet, tuleks lämmastikväetist anda nii kasvu-perioodi alguses kui ka pärast esimest niidet:

- » 50-60% kogu lämmastikukogusest anda varakevadel, et soodustada kiiret kasvu;
- » 40-50% anda pärast esimest niidet, et toetada ädalakasvu.

Kolmeniitelisel kasutamisel (nt kevadine, suvine ja sügisene niide) tuleks lämmastik jagada väiksemateks ja täpselt ajastatud väetamisnormideks:

- » 40-50% varakevadel;
- » 30-40% pärast esimest niidet;
- » 20-30% pärast teist niidet, et soodustada hilissuvist ädalakasvu ja parandada taimiku talvekindlust.

Intensiivsel, neljaniitelisel kasutamisel on vajalik sagedasem ja ühtlasem lämmastikväetise jaotamine:

- » 40% varakevadel;
- » 25% pärast esimest niidet;
- » 20% pärast teist niidet;
- » 15% pärast kolmandat niidet, et tugevdada juurestikku ja valmistada taimik ette talvitumiseks.

Selline väetiste jaotus tagab, et rohumaa saab igas kasvufaasis piisavalt toitaineid, toetades nii rohumaa suurt saagikust kui ka jätkusuutlikkust.

Lämmastiku kasutamise tõhususe suurendamiseks ja liigse nitraatlämmastiku (üle 0,2% kuivaines) vältimiseks ei tohiks ühe korra kohta antav lämmastikukogus mitmekordse niitmise rohumaa ületada 80 kg ha⁻¹. Samuti ei tohiks seda enam pärast viimast niidet sügisel anda. Kindlasti tutvustada Veeseadusest tulenevate piirangutega, sest ajas võivad piirnormid muutuda.

Turvasmullad sisaldavad oluliselt rohkem taimedele omastatavat lämmastikku kui mineraalmullad. Seetõttu on rohumaa lamm-

mastikuvajadus turvasmuldadel väiksem.

Liblikõielisterohkete rohumaaade väetamine sõltub taimikus olevate liblikõieliste heintaimede osakaalust. Kui neid on taimikus 30% või rohkem, tuleks vältida kõrgeid lämmastikväetise norme. Uuringud on näidanud, et väike kogus lämmastikku, umbes 20-30 kg ha⁻¹ kevadel kasvuperioodi alguses antuna, võib stimuleerida taimede kasvu ja suurendada saaki. Suure lämmastikukoguse andmine vähendab aga mügarbakterite võimet siduda atmosfäärset lämmastikku, vähendades seeläbi liblikõieliste looduslikku panust lämmastikuga varustamisse.

Uuringud on näidanud, et liblikõieliste-kõrreliste (eriti lutserni sisaldavate) segukülvide taimiku lämmastikuga väetamine ei pruugi osutada tõhusaks. Lämmastik soodustab küll heintaimede kasvu, aga samas vähendab see liblikõieliste püsivust taimikus. Lisaks omastab liblikõieline osa antud lämmastikust, mis vähendab võimet siduda atmosfäärset lämmastikku ja suurendab sellega seotud lämmastikuga väetamise kulusid.

Lämmastikuga väetamise efektiivsus liblikõieliste-kõrreliste segukülvides sõltub mitmest tegurist: liblikõieliste osakaalust taimikus, mulla lämmastikutasemest ja -tüübist ning kasutatavatest heintaimede liikidest. Üldiselt reageerivad väetamisele kõige paremini segud, kus liblikõieliste (nt lutserni) osakaal on madal ja mullas on vähe lämmastikku, soovitatav kogus oleks 50-70 kg ha⁻¹. Kui taimikus on üle 50% lutserni, on lämmastikväetise mõju saagile üldjuhul väike või puudub.

6.3.2. Fosfor (P)

Fosfor on külviaastal heintaimede kasvuks hädavajalik, toetades tugeva juurekaava arengut. Saagiaastatel kiirendab fosfor taimede arengut ja soodustab rohukasvu,

mis on eriti oluline vanematel rohumadel. Kevadel on fosfor madalate mullatemperatuuride tõttu mullas seotud ja taimedele raskemini omastatav.

Fosforivajadus sõltub selle sisaldusest mul-
las ning tavaliselt antakse fosforit 2-4 kor-
da vähem kui kaaliumit. Oluline on märkida,
et happelistes muldades on taimedele kät-
tesaadava fosfori osakaal madal. Vedelväe-
tise kasutamisel on fosfori ja kaaliumi suhe

(P : K) liiga lai, ulatudes 1 : 4-5, optimaal-
ne suhe on ligikaudu 1 : 2,5. Seetõttu tuleb
suurte vedelväetise koguste puhul rohu-
maadel kindlasti mineraalset fosforväetist
lisaks anda.

Järgnev tabel näitab fosfori- ja kaalium-
väetiste vajadust sõltuvalt mulla fosfori- ja
kaaliumisisaldusest mineraalmullas ning
rohukamara tüübist.

Tabel 1. Fosfor- ja kaaliumväetiste normid rohumadele mineraalmullal *

Sisaldus mullas**			Optimaalne suhe N:P:K	Norm, kg ha ⁻¹	
Sisaldus	mg kg ⁻¹			P	K
	P	K			
Liblikõielisterohke taimik					
Madal	20-40	50-100	–	29-35	83-100
Keskmine	41-80	101-200	–	22	62
Kõrge	81-120	> 200	–	13-18	38-50
Kõrelisterohke taimik (N180 kg ha ⁻¹)					
Madal	20-40	50-100	1 : 0,25 : 0,9	45	160
Keskmine	41-80	101-200	1 : 0,22 : 0,62	40	110
Kõrge	81-120	>200	1 : 0,15 : 0,45	27	80

* R. Viiralt, 2007, A. Selge, 2012; ** - määratud AL-meetodil

6.3.3. Kaalium (K)

Lisaks lämmastikule ja fosforile tarbivad ro-
humaad märkimisväärses koguses kaaliumi.
Kaalium täidab mitut olulist funktsiooni: see
parandab talvekindlust, toetab üldist taimede
arengut ning on hädavajalik lämmastiku sidu-
mise tõhustamiseks libliköelistel heintaimedel.
Külvieelne väetamine vedelsönnikuga võib
tõsta mulla kaaliumisisaldust, kuid elemendi
liikuvuse ja kergesti leostuvuse tõttu mullas on
oluline anda seda igal aastal. Eriti suur on kaa-
liumivajadus lutsernil, mis omastab seda rohu-
kem kui ühtegi teist toiteelementi – taimedes
võib kaaliumisisaldus ulatuda 2-3%-ni.

Tuleb arvestada, et üks tonn lutserni kuivainet
viib mullast ära keskmiselt 24 kg ha⁻¹ kaaliumi
ja umbes 3 kg ha⁻¹ fosforit. Suurte lutserni-
saakide kindlustamiseks on vajalik regulaarne
fosfori ja kaaliumiga väetamine.

Turvasmullad on fosfori ja kaaliumi poolest
väga vaesed, mistõttu vajavad rohumad
nendel muldadel fosforit 45-55 ja kaaliumi
170-200 kg ha⁻¹. Kui kaaliumväetise aasta-
ne norm ületab 150 kg ha⁻¹, tuleks see anda
kahes osas, et vältida liiga suurt kaaliumisi-
saldust esimeses niites (nn kaaliumi luksus-
tarbimine). Väetamisel tuleb kindlasti lähtu-

da mullaanalüüsi tulemustest. Lisaks tuleks arvestada, et kui rohu kuivaines on kaaliumi ning kaltsiumi ja magneesiumi suhe ($K : (Ca + Mg)$) laiem kui 2,2, võib see avaldada negatiivset mõju loomade tervisele. Samuti tuleb jälgida, et mulla pH oleks vahemikus 6-7.

6.3.4. Väävel (S)

Väävel on rohumaade saagikuse seisukohalt eriti oluline, eeskätt taimede varajastes kasvufaasides. Väävlipuudus võib piirata lämmastiku omastamist, vähendades seeläbi saaki ja proteiinisaldust. Puudujäägid on sagedased intensiivselt kasutatavatel või kergesti leostuvatel, eriti liivastel muldadel. Intensiivselt kasutatavatel rohumaadel on aastane väävlivajadus ligikaudu 40-60 kg ha⁻¹. Parim aeg väävlit andmiseks on varakevadel enne taimede aktiivse kasvu algust. Lisaks väävlile on saagikuse tõstmisel võtmetähtsusega magneesium, mis on oluline fotosünteesi protsessis.

NB! Vastavalt Veeseadusele kehtivad Eestis mineraalväetiste kasutamisele kindlad keelu- perioodid. Mineraalväetisi ei tohi laotada, kui maapind on külmunud, lumega kaetud, perioodiliselt üle ujutatud või veega küllastunud. Soovitame kindlasti iga-aastaselt tutvuda Veeseaduse nõuetega, kuna lubatud väetusnormid, väetamise ajad ja muud tingimused võivad ajas muutuda. Tulenevalt Eesti vee- kogude seisundist võidakse kehtestada ka täiendavaid piiranguid, mida tuleb tähelepanelikult jälgida.

6.3.5. Vedelsõnnikuga väetamine

Vedelsõnnik on väärtuslik orgaanilise aine ja mikroelementide allikas, mis aitab vähendada mineraalväetiste vajadust. Toitainerikka orgaanilise väetisena vähendab see sõltuvust kallitest mineraalväetistest. Kevadine vedelsõnnikuga väetamine võib märkimisväärselt suurendada rohusööda saaki – Soomes on täheldatud kuni 2000 kg ha⁻¹ kuivainesaaugi kasvu.

Kevadel on vedelsõnniku kasutamiseks parim aeg enne rohukasvu algust. Hilisemad andmised tuleks viia otse mulda, et vältida taimede saastumist ja minimeerida lämmastiku lendumist. Vedelsõnnik sobib hästi kasutamiseks ka vahetult pärast niitmist. Selleks, et vältida vedelsõnniku sattumist järgmisesse niitesse ja negatiivset mõju silo kvaliteedile, tuleb vedelsõnnik spetsiaalse tehnikaga viia rohukamarasse hiljemalt viie päeva jooksul pärast niitmist. Vedelsõnniku koguse määramisel peaks lähtuma sellest, et sõnnikuga ei tohi anda üle 170 kg lämmastikku ha⁻¹ ja 25 kg fosforit ha⁻¹ aastas. Kui vedelsõnnikut antakse mitme niite järel, tuleb kogu aastane kogus jagada vastavalt ja mitte ületada neid piiranguid (vt Veeseadus). Vedelsõnniku laotamisnormi määramisel on võtmeteguriks ammoo- niümlämmastiku (NH₄-N) sisaldus, kuna see vorm on taimedele kergesti omastatav. Ülejäänud lämmastik (orgaaniline N) mineraliseerub aeglaselt ega avalda kiiret mõju saagile. Vedelsõnnikuga väetatud rohumaad vajavad alati täiendväetamist NPK(S) mineraalväetistega, sest ainult vedelsõnnik ei taga piisavat toitainet. Eriti oluline on arvestada, et vedelsõnnik ei sisalda taimedele piisavalt väävlit (S), mis on vajalik lämmastiku omastamiseks. Mõnel juhul kasutatakse vedelsõnniku hapestamist väävelhappega, et alandada vedelsõnniku pH-d ja seega vähendada ammoniaaklämmastiku lendumist, aga lisada ka täiendavat väävlit. Ammoniaaklämmastik on eriti lenduv sooja, kuiva ja tuulise ilma korral. Kui sellise ilmaga laotatud vedelsõnnikut on hapestatud, siis on sõnniku pinnalt ammoniaaklämmastiku lendumine väiksem kui hapestamata vedelsõnniku pinnalt.

Näide väävlit kogusest, mis väävelhappega hapestamisel lisandub: veise vedelsõnnikuse segatakse hoidlas enne laotamist 94-protsendilise kontsentratsiooniga väävelhapet. ETTEVAATUST - väävelhape on ülimalt söövitav aine ja selle käitlemisel tuleb rangelt jälgida ohutusnõudeid. Silmas tuleb pidada

ka seda, et vedelsõnniku pinnast hoidla ülaservani oleks vähemalt 1 m vaba ruumi hapestamisel tekkiva sõnnikuvahu mahutamiseks. Neli liitrit hapet ühe kuupmeetri sõnniku kohta on enamasti piisav pH langetamiseks, et minimeerida ammoniaagi lendumist, kui hoidlas hapestatakse. Sellise kontsentratsiooniga hape sisaldab 0,56 kg l⁻¹ väävlit ja seega vedelsõnniku väävlisisaldus suureneb 2,24 kg kuupmeetri kohta.

6.3.6. Tahesõnnikuga (kompostiga) väetamine

Tahesõnnik (või tahekompost), nagu ka vedelsõnnik, on rohumaale oluline toitaine ja orgaanilise aine allikas, ning virgutab mikrobioloogilisi protsesse heintaimede juurte kasvukeskkonnas. Õigesti kasutatuna suurendab tahesõnnik samuti rohumaade saagikust ja söödakvaliteeti, vähendades samal ajal mineraalväetiste vajadust. Saagiaasta varakevadel soovitatav tahesõnniku norm on 20-30 t ha⁻¹ sõltuvalt toitainesisaldusest ja konkreetse rohumaajäätajate vajadustest. Siinjuures on väga oluline kasutada hästi kõdunenud sõnnikut, et vältida lagundamata orgaanilise aine sattumist siloks niidetava haljasmassi hulka. Võimaluse korral võiks kasutada tahesõnnikulaoturit, mis tagab võimalikult ühtliku laotuse.

Eestis kehtiva hea põllumajandustava kohaselt peab tahke- või vedelsõnnikuga väetamise ja rohu siloks niitmise vahele jääma vähemalt 6 nädalat. See nõue kehtib ka varakevadise väetamise korral, kui sõnnikut laotatakse esimesel lubatud võimalusel. Sellest ajavahemikust piisab, et tagada sööda hügieeniline ohutus ja vähendada riski, et patogeensed mikroorganismid satuvad loomasööta.

Lämmastiku ja orgaanilise väetamise koguste ning laotamisperioodide määramisel tuleb alati järgida kehtivaid riiklikke õigusakte, mis võivad EL liikmesriikide lõikes erineda. Eestis on keelatud vedelsõnnikut rohumaadele laotada 1. novembrist kuni 31. märtsini. Sü-

gavallapanu-, poolvedelat ja tahket sõnnikut ning muud orgaanilist väetist ei tohi laotada 1. detsembrist kuni 20. märtsini ega ka juhul, kui maapind on külmunud, lumega kaetud, perioodiliselt üle ujutatud või veega küllastunud (Vabariigi Valitsuse 27. 10. 2022 määrus nr 95 "Nõuded väetisele ja väetamisele", § 10 lõiked 1 ja 2). Maksimaalne lubatud lämmastikukogus haritavaal maal on 170 kg N ha⁻¹ aastas.

Uue rohumaajäätajate rajamisel (kus liblikõielisi söödakultuure pole varem kasvatatud) on oluline töödelda seemned enne külvi vastavale liblikõielise liigile sobiva mügarbakteri tüvega. Lämmastikku siduvad bakterid soodustavad liblikõieliste paremat juurdumist ja kasvu, mille tulemusel suureneb nii proteiini- kui ka kuivainesaak.

6.4. Bioloogiline õhulämmastiku sidumine

Liblikõielised heintaimed on taimakasvatustes olulised looduslikud lämmastikusidujad tänu sümbioosile *Rhizobium* perekonda kuuluvate bakteritega. Liblikõielised heintaimed on seetõttu põllumajanduses olulised looduslikud lämmastikusidujad. Atmosfääris leiduv molekulaarne lämmastik (N₂) muutub taimedele omastatavaks vormiks tänu spetsiifiliste bakterite tegevusele. Need *Rhizobium* perekonda kuuluvad bakterid kasutavad ensüümi nitrogeenaasi, et fikseerida atmosfäärset lämmastikku ja muundada see ammooniaagiks (NH₃), mida taimed saavad kasutada lämmastikallikana kasvuks ja arenguks.

Liblikõieliste bioloogiline lämmastiku sidumine parandab mullaviljakust ja vähendab vajadust sünteetiliste väetiste järele, aidates samal ajal vähendada põllumajanduse keskkonnamuutust. Bioloogilist lämmastiku sidumise tõhusust mõjutavad mitu keskkonnategurit, sealhulgas mulla pH, niiskus, temperatuur ja toitainete kättesaadavus. *Rhizobium*-bakterid eelistavad kergelt happelisi kuni neut-

raalseid muldi (pH 6-7). Väga happelistes või leeliselistes muldades võib lämmastiku sidumine olla pärsitud. Samuti on lämmastiku sidumine tundlik äärmuslike temperatuuride ja niiskustingimuste suhtes: kõrged temperatuurid vähendavad nitrogeenaasi aktiivsust, samas kui põud või liigne niiskus pidurdavad bakterite aktiivsust juuremügarates. Nitrogeenaasi aktiivsuse miinimumtemperatuur on ligikaudu 9 °C, optimaalne vahemik 13-26 °C ja aktiivsus väheneb temperatuuridel üle 30 °C. Taimede poolt tõhusa lämmastiku sidumise tagamiseks peab mullas olema piisavalt fosforit, kaaliumit ja mikroelemente (molübdeen, mangaan jt).



Lutserni rhizobium bakterid võivad siduda 200-400 kg lämmastikku hektari kohta aastas. Foto Sirje Tamm

Lämmastiku sidumise edukus sõltub ka sobivate bakteritüvede olemasolust. Erinevad liblikõieliste heintaimede liigid vajavad spetsiifilisi *Rhizobium*'i tüvesid:

- » *Rhizobium meliloti* lutserni (*Medicago* spp.) jaoks,

- » *Rhizobium galegae* galeega (*Galega orientalis*) jaoks,
- » *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* ristiku (*Trifolium* spp.) jaoks,
- » *Mesorhizobium loti* nõiahamba (*Lotus corniculatus*) jaoks.



Galeega rhizobium bakterid võivad siduda 100-300 kg lämmastikku hektari kohta aastas. Foto Sirje Tamm

Kui vastavat bakteritüve ei ole mullas piisavalt või kui see ei sobi taimeliigiga, jääb lämmastiku sidumine ebaefektiivseks. Praktikad nagu happeliste muldade lupjamine, orgaaniliste väetiste kasutamine ja mulla õhustatuse parandamine soodustavad bakterite arengut juuremügarates. Kui rajatakse uus rohumaa, kus varasemalt ei ole liblikõielisi kasvatatud, on vajalik seemned enne külvi töödelda konkreetsele liblikõielise liigile sobiva bakteritüvega.

Lämmastikku siduvad bakterid tagavad parema taimede kasvu, suurendavad saaki ja parandavad saagi kvaliteeti.

Tabel 1. Erinevate liblikõieliste heintaimede poolt seotud lämmastikukogused (Havlin *et al.*, 2017)

<i>Liblikõieline</i>	<i>N sidumine (kg ha⁻¹/aastas)</i>
<i>Punane ristik</i>	167-188
<i>Lutsern</i>	78-224
<i>Roosa ristik</i>	67-170
<i>Valge ristik</i>	129-202
<i>Nõiahammas</i>	49-168

Keskkonnamõju

Liblikõieliste bioloogiline õhulämmastiku sidumine mängib olulist rolli säästlikus põllumajanduses, parandades mulla kvaliteeti ja vähendades sünteetiliste väetiste vajadust.

Peamised järeldused

Rohumaa saagikana püsimine algab õigeaegsest hooldusest külviaastal ja tasakaalustatud väetamisest.

- » Umbrohtude pärssimiseks rohukamaras niida noort taimikut õigel ajal - umbes 15 cm kõrguselt. Vajadusel vii läbi ka keemiline umbrohutõrje.
- » Kevadine äestamine ja rullimine parandavad rohumaa seisukorda.
- » Lämmastikku anna mõõdukalt ja õigel ajal - koos väävliga suurendab see saaki ja proteiinisisaldust.
- » Fosfor- ja kaaliumväetist anna igal aastal - see on hea rohumaa vundament.
- » Väetistega anna aastas rohumaaale toitaineid ainult nii palju kui aastas saagiga sealt ära viiakse, see aitab hoida keskkonda ja vähendada toitainete kadu.
- » Sõnniku kasutamisel vähenda vastavalt mineraalväetiste koguseid.
- » Liblikõieliste seemneid töötle enne külvi liigile omase mügarbakteriga - see tagab õhulämmastiku sidumise bioloogilisel teel ja hoiab mulda viljakana.
- » Väetiste kasutamisel järgi alati seadustest tulenevaid piiranguid.

Kasutatud allikad

<https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1347&title=georgia-forages-legume-species#title1>

Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. (2017). Soil fertility and fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 529 p

Iantcheva, A., Naydenova, G. (2021) Biological nitrogen fixation in legumes. Understanding the process. https://www.legumehub.eu/is_article/biological-nitrogen-fixation-in-legumes/

Peltonen, S., Puurunen, P. ja Harmoinen, T. (2010). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132 (s. 49-70). Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

<https://www.einboeck.at/wp-content/uploads/2024/11/einboeck-the-grassland-care-handbook-en.pdf>

<https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019001>

Viiralt, R. (2007). Heintaimede toitumine. Kogumik Rohumaaviljeluse, karjakasvatuse ja haljastuse integratsioon (koostaja H. Older). Lk 61-83

<https://teabesalv.pikk.ee/taimekasvatus/rohumaaviljelus/rohumaa-vaetamine/>

Wagner, S. C. (2011). Biological Nitrogen Fixation. Nature Education Knowledge. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/biological-nitrogen-fixation-23570419/>

7. Maisi kasvatamine siloks

Autor Kristiina Märs (Eesti)

Mais (*Zea Mays* L.) on Eestis ja Lätis silokultuurina lüpsiloomade söödaratsioonis väga olulisel kohal. Soomes on maisi kasvatamine vähem levinud, kuid tänu varajasemate sortide aretamisele kogub see populaarsust ka Lõuna-Soomes. Mais pärineb Kesk-Ameerikast ja seda kasvatatakse üle 160 riigis nii teraks kui ka siloks. Maisisilo põhiliseks eeliseks rohusilo ees peetakse selle suurt saagikust, kuivaine suurt energiasisaldust ja mõõdukat tärkliisisaldust, mis võimaldab asendada märkimisväärse osa teravilja tärklistest lehmade söödaratsioonis. Väheolulised pole ka asjaolud, et mais sileerub kergesti, koristatakse ühe niitega, on hästi söödav ja kasvab hästi ka põuasel suvel, kui heintaimede kasv ja saak on tagasihoidlikud.

Maisisilo väärtus lüpsilehmade söödana seisneb eelkõige selle tärkliisisalduses. Maisitärklise keemiline koostis erineb meil traditsiooniliselt kasvatatavate teraviljade tärklistest. Nimelt on maisis oluliselt enam amülopektiini kui odras, nisus või rukkis. Kui traditsiooniliste söödateraviljade (oder, nisu, kaer) tärklis seedub põhiliselt vatsas, siis maisitärklisest seedub vatsas umbes 50% (sõltub maisitera töötlemisest), ülejäänud seedub peensooles. Kui vatsas seedunud tärklis allutatakse mikroobsele fermentatsioonile ja fermentatsiooni käigus tekkinud propioonhapest sünteesib lehm vajaliku glükoosi maksas, siis mooduv tärklis hüdrolyüsitakse peensooles otse glükoosiks, mis imendub kergesti verre ja katab looma glükoosivajaduse energeetilises mõttes palju efektiivsemalt (kuni 42%) kui vatsas fermenteeruv tärklis. Suuretoodanguliste lehmade söötmisel teeb maisitärklise eriti väärtuslikuks just asjaolu, et mooduv tärklis ei fermenteeru vatsas, mis vähendab vatsaatsidoosi esinemise riski (De Boever jt, 1993).

7.1 Maisi külv

Maisisorte on väga palju erinevaid ning need on erineva küpsemise ajaga, mida indikeerib sordi FAO number. Eestis ja Soomes on kõige populaarsemad sordid, mille FAO on suhteliselt madal, jäädes vahemikku 140-170, Lätis seevastu saavad koristusküpseks ka veidi kõrgema FAO numbriga sordid. Sordivalikust oleneb suuresti maisisilo tärkliisisaldus, kiu seeduvus, pahnõe esinemissagedus, külgvõrsete arendamine jne. Varajastel maisi hübriididel, mis on suurema tärklise ning madalama neutraalkiu (NDF) sisaldusega, võib olla suurem energiasisaldus. See võimaldab piimakarja toodangut tõsta või väljalüpsi säilitades vähendada kulusid kallite ostusöödade arvelt (Diepersloot jt, 2020). Samas võib maisi taimiku kõrgem NDF sisaldus lisaks sordile olla tingitud maisi seenhaiguste (näiteks pahnõgi ehk Mehkhiko maisitühvel (*Ustilago maydis*)) esinemissagedusest.

Enne maisi külvamist väetatakse põldu vedelsõnnikuga ca 35-45 m³/ha. Seda tehakse kas randaalimise või ribasharimise (*strip-till*) tehnoloogiaga. Enne külvi on vaja anda lisaks orgaanilisele väetisele ka mineraalväetist. Selleks on soovitatav mineraalväetise vajaduse hindamiseks ära teha mullaanalüüsid. Keskmise väetistarbe juures tuleks fosforit anda 30 kg/ha ja kaaliunit 140 kg/ha. Lämmastikku antakse koos vedelsõnnikuga kokku 95-140 kg/ha kas ühes osas või hiljem osa pealt väetades või vaheltharimise käigus. Fosforit on samuti võimalik puudustunnuste ilmnemisel anda hiljem leheväetistega juurde. Leheväetisega antavad elemendid aitavad väga hästi ka öökülmast tingitud stressi vastu.

Klassikaline maisi külvinorm on 75 000 idanevat seemet hektarile. Külvinormi oluliselt tõstes on taimede tihedus hektaril suurem ning päikesevalgust vähem, mistõttu arenevad tõlvikud väiksemad ning tärklise sisaldus silos võib olla madalam. Hõredama külvi korral kannatab hektari saagikus, sest taimi on vähem. Maisi optimaalne külviaeg oleneb mulla temperatuurist, mis peaks külvi hetkel ja peale seda olema minimaalselt 8 °C. Eestis jääb see aeg tavaliselt maikuu teisele nädalale. Maisi külvisügavus oleneb mulla lõimisest. Tavapärane sügavus maisi külvamiseks on 5-6 cm. Kergema lõimisega põldudel, mis kipuvad kevadel ka kiiremini läbi kuivama (nt turbane) võib panna seemne kuni 7 cm sügavusele, savikamatel ja raskematel maadel 3-4 cm. Maisi peamisteks kahjustajateks on putukad (lehetäi, rohuhüpik, maisileedik jne), traatussid, sookured, metssead ja hirved. Maisile on saadaval spetsiaalsed puhised traatusside ja kurgede vastu. Eestis on järjest populaarsemaks muutumas ka maisi külvi järgne rullimine, mis tagab põuasel kevadel seemnele parema kokupuute mulla niiskusega ning aitab mõnel määral ka kurgede vastu, kes ei kipu kinni rullitud põldudel seemneid välja nokkima.

7.2 Maisi koristus

Maisi siloks koristamise õigeaegsuse hindamiseks tuleks hinnata nii maisi tera kui ka taime küpsust. Selleks tuleb tõlvik pooleks murda, võtta tera ja seda pigistada. Kui tera pritsib vedelikku, siis tuleks silo tegemisega veel oodata. Seda tuleks korrata vähemalt 3 tõlvikuga, sest maisi väetusfoonist, külvitihedusest jt aspektidest lähtuvalt võivad tõlvikud olla erineva küpsusastmega ning ühe tõlviku põhjal võib teha vale järelduse. Lisaks tuleks kontrollida ka taime küpsust. Selleks tuleb võtta maisitaim ja murda ta koristuskõrguselt maha (ca 35 cm), seejärel püsti tagasi tõsta ning väänata. Kui varre väänamisel eraldub väga palju taimemahlasid, siis tuleb ilmselt ka

silo kuivaine soovitusel madalam. Kui silomahla on palju, siis on oht, et mahlade eraldumisega uhutakse silohoidlast välja ka väga peeneks muljutud teratükikesed ning osa tärklisest läheb silomahla kaduma. Kuna taimemahlad paiknevad maisil just varre alumises osas, siis on üheks võimaluseks koristuskõrguse tõstmine või siloteoga ootamine. Maisi tavapärane koristuskõrgus on 30-40 cm, kuid mõnel juhul tõstetakse seda kuni 60 cm-ni. Koristuskõrgust tõstes jätame põllule maha rohkem maisi tüüd, mille söödaväärtus looma jaoks on väga madal, ning sellega tõstame silos energia- ja tärklisesisaldust. „Sustainable silage“ projekti raames läbi viidud katse tulemustest ilmnes, et tõstes maisi koristuskõrgust 25 cm-lt 45 cm-le, suurenes haljasmassi kuivainesisaldus 9,3 protsendipunkti võrra, tärklisesisaldus 117 grammi võrra kg kuivaines ning energiasisaldus 0,2 MJ võrra. Samas katses kaaluti ära ka maisitüü mass, mida jääb koristuskõrgust 20 cm võrra tõstes 3,43 t/ha enam põllule. Samas ei ole tegemist n-ö raisus materjaliga, vaid see on orgaaniline materjal, mis on väga heaks toiduks mullabakteritele.



Maisikoristus. Foto Kristiina Märs

Soovitav maisisilo kuivainesisaldus on 30-35%. Sellise kuivainesisalduse juures peaks heksli pikkus olema 0,5-1,2 cm. Kui maisi haljasmass on märjem, siis tuleks heksli pikkust tõsta kuni 2 cm-ni. Seejuures peavad kõik maisi terad olema korralikult puruks muljutud. Ei piisa sellest, kui tera kestab on täke sees, vaid tera peab olema füüsiliselt mitmeks tükiks. Mida kuivem on maisisilo, seda rohkem katki peab tera olema muljutud. Maisi teras olev tärkli muutu loomale seeduvaks silohapetes „marineerumise“ käigus ning kuivas silos, kus happelist silomahla on niigi vähe, peab sellel tera sisemusele tänu muljumisele veel parem ligipääs. Just tärkli seeduvamaks muutumise pärast on oluline, et maisisilo hoitaks enne söötmist suletuna vähemalt 2 kuud, et silomahlad saaksid oma toimet avaldada.



Maisitõlvikud. Foto Kristiina Märs

Tabel 1. Maisisilos oleva tärkli seeduvus vatsas sõltuvalt silo kuivainesisaldusest (Philippeau, Michalet-Doreau, 1999)

Maisisilo kuivainesisaldus, %	Maisisilo tärkli seeduvus <i>in sacco</i>
25	83
30	65
36	50
39	50
40	48

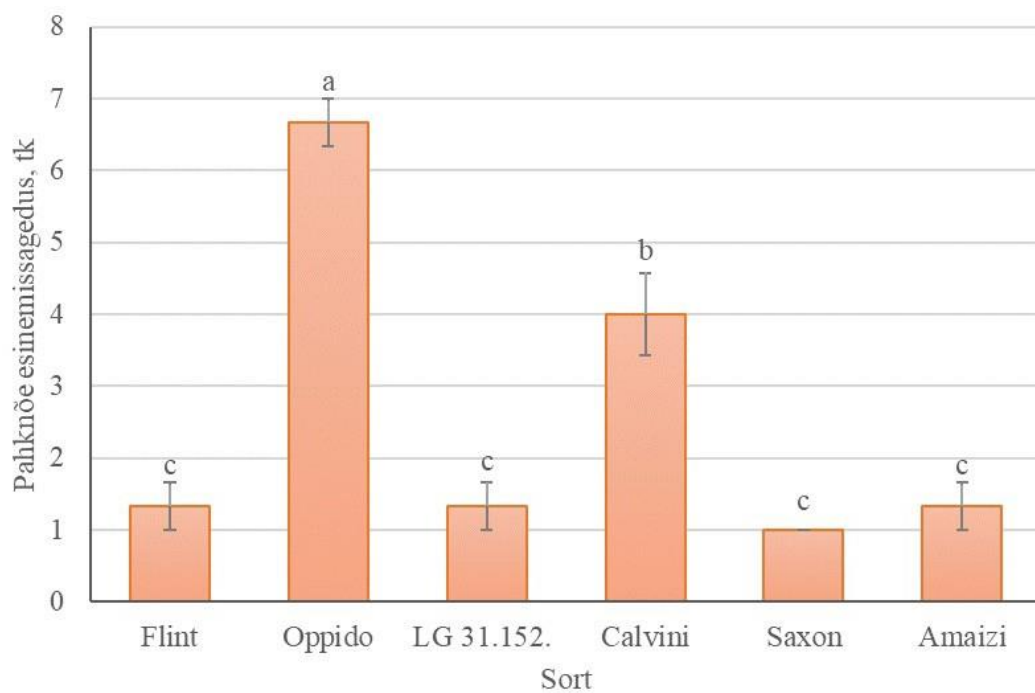
Tabel 2. Maisitärkli seeduvus vatsas sõltuvalt silo sileerumise ajast (Newbold jt 2006)

Sileerumise aeg, kuudes	Tärkli seeduvus, %	Proteiini seeduvus, %
2	53	39
4	54	36
6	59	34
8	64	43
10	69	47

Maisile pikema sileerumisaja võimaldamine (vähemalt 2 kuud) on oluline ka pahknõge ehk Mehhiko maisitühvli sisaldava silo puhul. Pahknõge eosed hukkuvad üksnes silomahladega piisava kokkupuute aja järel. Liiga ruttu pahknõgega silo söötma hakates läbivad eosed looma seedesüsteemi ning jõuavad lägalaguuni, kust need omakorda viiakse põllule. Eosed võivad mullas elujõulisena säilida kuni 3 aastat ka nendel põldudel, kuhu plaanitakse maisi alles järgnevatel aastatel külvata, ning nii nakatatakse ka tulevase põlde. Maisitühvli esinemine on tingitud ilmastikust (kuum ja kuiv suvi), putukate ründest, rahe / tugevate vihmade kahjustusest (kahjustatud lehed võimaldavad pahknõge eostele sissepääsu) ning ka sordist. 2024. aastal Eestis läbi viidud põldkatses leiti, et pahknõge esinemine oli tugevalt sordispetsiifiline omadus (K. Märs et al, 2025).



*Pahknõgi ehk Mehhiko maisitrühvel tõlvikul.
Foto Kristiina Märs*



Joonis 1. Pahknõe esinemissagedus sortidel 10 taime kohta, tk. Erinevate tähtedega tähistatud väärtused tulpadel tähistavad usutavaid erinevusi ($p < 0,05$)

Uuringutes on leitud, et pahknõega nakatunud taimedel on madalam kuivaine- ja mittestruktuursete süsivesikute sisaldus, kuid kõrgem neutraal- ja happekiu sisaldus. Selle põhjuseks võib olla väiksem terade osakaal pahknõega nakatunud taimedel, mis muudab tõlvikute ja taime roheliste osade omavahelist suhet soovimatus suunas (Cole jt, 2001). K. Märs et al, 2025 katseandmete analüüs näitas, et neutraalkiu sisaldus on maisi haljasmassis madalam suurema tõlvikute kaaluga sortide puhul ($r = -0,83$; $p < 0,05$). Söötmise seisukohalt pööratakse järjest enam tähelepanu neutraalkiu seeduvusele, kuid suurema tõlviku ja terade saagiga sorti valides on võimalus neutraalkiud silos madalamana hoida.

7.3 Maisisilo valmistamine

Mais tuleks siloks teha enne öökülmade saabumist või vahetult peale seda. Öökülmad lõhuvad taime rakke ja seal algab suurema tõenäosusega riknemise protsess ning maisisilo fermentatsioon võib ebaõnnestuda. Mida kauem mais surnud/kuivanud lehtedega põlul seisab, seda suurem on risk.

Maisisilo valmistamiseks on soovitatav kasutada silokindlustuslisandeid. Maisisilo puhul võib probleemiks osutuda silo kuumenemine frondis peale silo avamist. Selle põhjuseks võib olla lisaks silofrondi kehvale majandamisele suur pärmseente arvukus. Pärmseente arvukuse kontrolli all hoidmiseks on soovi-

tatav valida maisisilole heterofermentatiivset bakteritüve sisaldav silolisand ning doseerida seda vastavalt juhisele.

Maisisilo valmistamisel on kriitilise tähtsusega korralik tallamine. Kui maisisilosse jääb hapnikku, võib söödas tõusta etanooli ning äädikhappe sisaldus. Lisaks on siis silol avamisel suurem kuumenemise oht. See kõik mõjutab maisisilo söödaväärtust loomade jaoks. Kuna maisisilo on hapniku suhtes väga tundlik, siis tuleks maisisilo katmisel kasutada kindlasti lisaks pealiskilele ka kopeerkilet. Kuna maisi tera pakub lindudele eriti suurt huvi, siis on soovitatav maisisilo katta kaitsevõrkudega, et vältida lindude poolt kilele tekitatud vigastusi.



Maisisilo valmistamine. Foto Kristiina Märs

Peamised järeldused

- » Keskkonnaaspektist on maisisilos oluline saavutada sobiv kuivainesisaldus ning seda ka märgades sügistingimustes. Nii aitame vältida liigset silomahlade teket ning nende loodusesse lekkimise võimalust.
- » Maisi kuivainesisaldust saame mõjutada koristuskõrguse tõstmisega, mis väga märja maisitaimiku puhul võiks jääda isegi kuni 60 cm kõrgusele.
- » Suhteliselt kõrgelt koristatud maisitüüd annavad taliteraviljade külvajatele kevadel rändlindudega võitlemisel eelise, sest lindudel on kõrgete maisitüüde vahel ebamugav maanduda ning lendu tõusta ning seetõttu jäävad linnukahjud sellistel teraviljapõldudel minimaalseks.

8. Lindude ja metssigade tekitatud kahjude vähendamine rohumaadel ja põllukultuuridel

Autorid Are Selge (Eesti), Marketta Rinne (Soome)

Metsloomad ja -linnud võivad loomasöödaks rajatud rohumaad ja maisipõlde kahjustada. Sõltuvalt aastast ja piirkonnast võivad need kahjustused olla märkimisväärsed. Käesolevas peatükis anname ülevaate riskidest ning toome välja soovitusel kahjude vähendamiseks.

8.1. Linnud

Baltimaades ja Soomes on viimastel aastatel põllumeeste jaoks kõige problemaatilisemad olnud haned, eelkõige suur-laukhaned, valgepõsk-lagle ja kanada haned. Lisaks teevad kahju ka sookured, hakid ning rannikualadel kajakad.

Eriti suur probleem on valgepõsk-lagledel, kes põhjustavad ulatuslikku kahju oma kevad- ja sügisrände ajal. Suured parved, mis võivad ulatuda kümnetesse tuhandesse isenditesse, toituvad nii rohumaadel kui ka põldudel. Kuigi nad ei kahjusta rohumaa rajatise oluliselt, kujutavad nad tõsist ohtu maisile ja teistele kultuuridele, süües nii äsja külvatud seemneid kui ka tärkavaid taimi. Saagikadu võib ulatuda üle 50% ning põldude ülekülvamine võib osutuda vältimatuks.

Soome Loodusvarade Instituut (Natural Resources Institute Finland) on koostanud strateegiad valgepõsk-lagledel poolt põllumajandusele tekitatud kahjude leevendamiseks. Soovitusel pealkirjaga „Policy Brief

1/2024“ arutletakse kasvava valgepõsk-lagledel arvukusega seotud probleemide üle ning pakutakse välja meetmeid, nagu spetsiaalsete söötmisalade (nn lepituspõldude) rajamine ja heidutusmeetodite tõhustamine, et ohjata ning vähendada kultuuridele tekitatud kahju.



Haned põllul. Foto Eesti Keskkonnaamet, 2024

Kahjude vähendamiseks on välja töötatud järgmised peamised strateegiad:

- » lepituspõllud – konkreetsete alade määramine, kus haned saavad segamatult toituda, et vähendada survet majanduslikult olulistele põllumaadele;
- » heidutusmeetodite täiustamine – erinevate peletusvõtete (heli, visuaalsed seadmed, droonid) kombineerimine, et suurendada hanepoletuse tõhusust;
- » koostöö põllumeeste ja ametkondade vahel - riikliku toetuse suurendamine hanekahjude kompenseerimiseks ning teaduspõhiste lahenduste edendamine;

- » rahvusvaheline koostöö – Euroopa tasandil parema koordineerituse tagamine hanede rändeteede ja peatuspaikade osas, et vältida liigset koondumist ühte piirkonda.

Nende lahenduste eesmärk on leida tasakaal haneliste kaitse ja põllumajandustootmise vahel, otsides kompromisse, mis aitavad vähendada konflikte ning tagada säästlik maakasutus.

Kevadised ennetusmeetmed lindude peletamiseks:

- » Repellendid - maisiseemnete töötlemine lindudele ebameeldivate ainetega võib vähendada lindude huvi. Praktikas ei ole see siiski eriti tõhusaks osutunud - linnud ei pelga ka kaetud seemneid.
- » Savi- või polümeerkate - seemnete katmine võib muuta need vähem märgatavaks ja lindude jaoks vähem atraktiivseks.
- » Helkurlint ja õhupallid – põldudele paigaldatud helkurlint ja heeliumõhupallid võivad aidata linde eemal hoida.
- » Hernehirmutised, elektroonilised heliseadmed ja autod - nende asetamine põldudele võib samuti mõjuda peletavalt. Seda meetodit kasutatakse Eestis laialdaselt ja see võib anda tulemusi eriti väiksematel põldudel.

Heidutusjaht

Heidutusjaht on kõige tõhusam viis lindude eemal hoidmiseks. Eestis lubab Keskkonnaamet hanede heidutusjahti ainult probleemsetes piirkondades (Vabariigi Valitsuse määrus, 18. märts 2024). Jaht on lubatud ainult külvatud põldudel. Ühelt põllult tohib päevas kütti- da kuni 10 isendit.

Oluline on teatada Keskkonnaametile hane- kahjustustest vastavalt kliimaministri mää- rusele. Kahju teatises tuleb esitada järgmised andmed:

- » kultuuri liik,
- » põllu number,
- » kahjustatud ala suurus ning
- » linnuliik, kes kahju põhjustas.

Selle info esitamine Keskkonnaametile on oluline tulevaste otsuste tegemisel hanepo- pulatsioonide ohjamiseks ning kahjude enne- tamiseks ja kompenseerimiseks.

8.2. Metssigade kahjud

Metsseapopulatsioon on Aafrika seakat- ku leviku tõttu märkimisväärselt kõikunud. Metssigade arvukuse kasv kujutab endast põllumeestele tõsist probleemi. Nad võivad rohumaid tugevalt kahjustada ning eriti sü- gisel teevad nad suurt kahju maisipõldude- le. 21. sajandi esimesel kümnendil sundisid metssigadest põhjustatud ulatuslikud kah- justused paljusid Eesti piimakarjakasvatajaid maisikasvatusest üldse loobuma. Probleem on eriti tõsine metsadega vahetult piirnevatel põllumaadel.

Piirkondades, kus metssigu on rohkem, või- vad saagikaod maisipõldudel ulatuda Eestis kuni 20 protsendini. Eriti meelsasti söövad nad sügisel valminud maisitõlvikuid, surudes taimi maha ja hävitades nii hektarite viisi saa- ki. Metssead pööravad ka kultuurrohumaa- del juuri otsides rohukamarat üles ning tekitavad sellega ulatuslikke kahjustusi.



*Metssigade poolt tekitatud kahjustused rohumaal.
Foto Kristiina Märs*

Metssigade peletamise ennetavad meetmed:

- » Hea koostöö jahimeestega on ülioluline. Jahimeeste oskuslik droonide kasutamine metssigade asukoha kindlakstegemiseks ning regulaarne küttimine aitab vähendada põllukahjusid.
- » Elektrikarjus - väiksemate põldude ümber võib paigaldada elektriaia, kuid see vajab regulaarset kontrolli ja hooldust.
- » Maisipõldude rajamine taluhoonetele lähemale, asustatud piirkondadesse ja metsast eemale. Põldude ümbruses toiduallikate vähendamine muudab piirkonna metssigadele vähem atraktiivseks.
- » Metsloomi peletavate keemiliste vahendite ja lõhnakontsentraatide kasutamine kahjude vähendamiseks.
- » Helidel põhinevad peletid metsloomadele. Eestis on tuntud elektrooniline propaankahur, mis peletab nii metssigu kui

ka linde. Tegemist on ilmastikukindla mehaanilise seadmega, mille tekitatav heli on võrreldav püssilasuga.

- » Sagedased põldude kontrollkäigud, eriti maisipõldudel tundlikul sügisperioodil, aitavad kahjustusi varakult tuvastada.
- » Kahjude täpne dokumenteermine - kahjustuse tüüp, asukoht ja aeg aitavad mõista looduslikke mustreid ja võimaldavad kiiresti rakendada ennetusmeetmeid.



Kevadised metssigade poolt tekitatud kahjustused maisipõllul. Foto Kristiina Märs

Kuigi metsloomade tekitatud kahjusid on raske ja praktiliselt võimatu täielikult kõrvaldada, võib sihipäraste ennetusmeetmete kombineerimine oluliselt vähendada kultuuridele tekitatavat kahju. Mets- ja linnuliikide käitumist tundes ning erinevaid peletusmeetmeid ja tõkkeid (Keskkonnaametiga kooskõlastatult) kasutades saavad põllumehed paremini oma saaki kaitsta ning samas hoida looduskeskonna tasakaalu.

Peamised järelused

- » Kuigi turul on mitmesuguseid looma- ja linnupeleteid, on oluline leida konkreetse farmi jaoks sobivaim ja tõhusaim meetod.
- » Peleteid tuleb vahetada, et metssead ei harjuks konkreetse heli või lõhnaga. Metssead on väga kohanemisvõimelised ja intelligentsed loomad.
- » Majanduslik tasuvus - veendu, et peletusmeetmetesse investeeritud aeg ja raha oleks väiksem kui saadav saagikasv.
- » Lisakaitse silorullidele: võib kasutada paksema plastiga rohkem kihte, vajadusel ka võrke.
- » Silorulle võib paigutada puude lähedusse, et linnud eelistaksid maanduda pigem puudele kui rullidele.
- » Keskkonnamõju arvestamine: kui silo ei ole korralikult kaitstud ja rikneb, tekib keskkonnarisk. Samuti aitab parem kaitse vähendada vajadust liigse plastiku järele ja seeläbi vähendada plastijäätmeid.
- » Kõikide kahjuennetuse meetmete rakendamisel tuleb järgida kehtivaid loodus- kaitse- ja jahiseadusi. Loomade humaanne ja eetiline kohtlemine peab alati olema esikohal - peletus- ja ohjamismeetmed ei tohi põhjustada tarbetut kannatust.
- » Helipeletite kasutamine ei tohi oluliselt häirida kohalike elanike igapäevaelu. Oluline on naabreid eelnevalt teavitada ja võimalusel saavutada nendega kokkulepe.
- » Koostöö kohalike jahimeeste ja jahiseltsidega - hea koostöö ja motiveeritus võivad oluliselt vähendada metsloomade poolt tekitatud kahjusid.

Kasutatud allikad

Policy Brief 1/2024. Hanhipellot ovat toimiva tapa hallita valkoposkianhien maataloudelle aiheuttamia vahinkoja. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/554632/Policy_Brief_1_2024.pdf

9. Silotoorme koristamise tehnoloogiad

Autorid Kalvi Tamm, Andres Olt, Raivo Vettik, Taavi Vösa (Eesti), Marcia Franco (Soome)

9.1. Peatüki sissejuhatus

Silotoorme koristustehnoloogia, -masinate ja -töövõtete valik mõjutab silo kvaliteeti, saagikust, silo omahinda ja ümbritsevat keskkonda. Koristustehnoloogia ja masinapargi kavandamisel peab arvestama nõudeid rohusilo toorainele, rohumaade omadusi, vastuvõetavat silo omahinda ning riiklikke keskkonnanõudeid. Käesolev peatükk annab ülevaate nõuetest rohukoristuse tehnoloogiatele, tehnoloogiatest endist, nõuetest töötajatele, koristusoperatsioonidest ja -masinatest ning silotoorme koristamise keskkonna- ja sotsiaalsetest tahkudest.

9.2. Nõuded rohusilo koristustehnoloogiatele

Koristustehnoloogiate ja -võtete valikul tuleks eelistada lahendusi, mis aitavad jätkusuutlikult toota kvaliteetset silotooret võimalikult suure hektarisaagiga. Koristatud silotoorme head omadused on silo kvaliteedi ning selle pikaajalise säilivuse tagamiseks üliolulised. Piisavas koguses toodetud kvaliteetne silo annab olulise panuse loomade heaolusse ning kõrgekvaliteedilise piima ja liha tootmisesse.

Rohumaade majandamine on ettevõtete jaoks kulukas ja koormab keskkonda. Nende kulude ja koormuste väärindamisel ehk tuluks vormistamisel on nii koristustehnoloogia kui ka selle rakendamisevõtete valikul oluline roll. Arvestada tuleb ka, et koristusele eelnevad rohumaade rajamise ja hooldamisega seotud kulud ning keskkonnamõjud. Need läheksid aga raisku, kui rohumassi koristamise ja sileerimisega seotud kehva-

de otsuste tõttu jääb rohumaaale kasvanud rohumassi potentsiaal kasutamata. Kulud ja keskkonnakoormus kuhjuvad iga tootmisetapiga (koristamine, käitlemine, säilitamine jne), mistõttu tuleb igas järgmises etapis tegutseda üha vastutustundlikumalt, et tagada silotootmise tõhusus ja vältida raiskamist. Tootmise tõhususe ja keskkonnasäästlikkuse jaoks on oluline koristada rohumass kiiresti ning garanteerida selle kvaliteet kogu silotootmise protsessi vältel.

Koristusmasinate valikul ning kasutamisel peab arvestama riigi seadusandluses sätestatud nõuete ja piirangutega, mis on seotud silotoorme koristamise ja transpordiga. Seadusandlus seab piirangud põllumajandus- ja transpordimasinate maksimaalsetele mõõtmetele, massile ning teljekoormustele. Piirangud kehtivad nii registreeritud kui ka tegelikele väärtustele.

Koristustehnoloogiatest, -masinatest ja – praktikatest sõltuvad silotoorme saagi kogus ja omadused. Seega tuleb nende valikul arvestada nõuetega sileeritava materjali kvaliteedile, aga ka koguse vajadusega. Koristatava materjali kvaliteet peab vastama nõuetele kuni hoiustamiseni, olenemata hoiustamisviisist (rullid, virn, silohoidla). Täpsem ülevaade nõuetest silo tooraine kvaliteedile on toodud peatükis 11 „Fermენტatsioon. Kuidas saada kvaliteetne silo?“.

Silotoorme koristamise tehnoloogiate, masinate ja praktikate valikul tuleks arvestada ka keskkonna- ja sotsiaalseid tahke. Rohumassi koristamise keskkonnatahke käsitletakse punktis 9.13 („Koristustehnoloogiate

keskkonnamõju“) ning sotsiaalseid tahke punktis 9.14 („Silosööda koristamise sotsiaalsed aspektid“).

Kavandatav koristusmasin peab olema ettevõttele rahaliselt jõukohane, aga ka lihtsalt hooldatav ja kasutatav. Enne silokoristuse hooaja algust peab vajalik tehnika olema komplekteeritud, heas seisukorras ja korrektselt seadistatud. Koristustöö võtete valik, aga ka masinate rikked ja seadistuste kõrvalekalded mõjutavad otseselt silo saagi kvaliteeti ning kogust, mistõttu on oluline, et nii masinajuhtide kui ka remondi- ja hooldustehnikute oskused ja teadmised oleksid heal tasemel. Piisav remondi- ja hooldetaristu ning varuosade kiire saadavus aitavad tagada masinate hea töövõime koristusperioodil.

Silotoorme koristamise tehnoloogiate, masinate ja praktikate valikul tuleks lähtuda hea kvaliteediga silo tootmise võimalikult madalast omahinnast tonni kohta.

9.3. Rohusilo koristustehnoloogiate ülevaade

Kui rohusilo säilitatakse hoidlas (kuhjas, tranšees, silotuubis või silotornis, vt peatükk 10 „Silo katmise ja ladustamise tehnoloogiad“), siis rohumassi põllult hoidlasse teisaldamise sammud on järgmised:

- 1) rohu niitmine,
- 2) niiduse närvutamine (vajadusel kaarutamine),
- 3) rohumassi vaalutamine,
- 4) vaalust kogumine ja
- 5) vedu silohoidlasse.

Kui rohusilo säilitatakse silorullidena, siis on silotootmise sammud järgmised:

- 1) rohu niitmine,
- 2) niiduse närvutamine,
- 3) rohumassi vaalutamine,
- 4) vaalust kogumine ja pressimine silorullideks,

- 5) rullide kiletamine,
- 6) koondamine põllul,
- 7) laadimine veokile ja
- 8) vedu lauda juurde.

Rullide kiletamine võib toimuda ka vaheladustuskohas, kuhu rullid veetakse vahetult pärast pressist väljutamist.

9.4. Soovitatavad nõuded tööjõule rohusilo koristamisel

Töötajatele esitatavad kvalifikatsiooninõuded sõltuvad tööülesannetest, mille eest töötaja vastutab, ning seadmetest, mida ta kasutab. Oluline on töötajaid juhendada, et nad oleksid teadlikud haljassööda sileerimise sihtkogustest, kvaliteedi- ja keskkonnanõuetest ning sellest, kuidas neid saavutada.

Rohu siloks koristamisel täidavad ettevõtte töötajad erinevaid rolle: agronoom (kes sageli ongi koristustööde juht), tehnikajuht, niidukijuht, kaarutijuht, vaalutijuht, kogurkärju juht, rullpressijuht, rullimähkuri juht, tõstukijuht ja veokijuht.

Väikeses ettevõttes täidab sageli üks inimene mitut rolli, samas kui suures ettevõttes võib ühes rollis olla mitu inimest. Iga roll nõuab aga spetsiifilisi teadmisi ja oskusi, et täita selle rolli eesmäärke.

Kui üks masin täidab mitut ülesannet, näiteks nii pressimist kui ka silorullide mähkimist, siis vastutab nende tööde eest sama inimene.

Agronoom vastutab rohu rohumaa silohoidlasse toimetamise kavandamise eest, võttes arvesse:

- » rohumaa suurust, reljeefi, ümbritsevat keskkonda, mullatüüpi ja muid rohumaa omadusi,
- » vahemaad rohumaa ja ladustamiskoha

- vahel ning ühendusteede seisundit,
- » rohumassi võimalikku kogust ja kvaliteeti erinevates koristusetappides (vt peatükk 3 „Vajamineva silokoguse arvestamine“),
 - » hoiustamistehnoloogiat ning rohumassi rohumaalt hoidlasse teisaldamise tegevusi,
 - » kvaliteedinõudeid haljassööda sileerimisele (vt peatükk 11 „Fermentatsioon. Kuidas saada kvaliteetne silo?“),
 - » nõudeid masinatele koristuse igas etapis ja nende tagatavust,
 - » kulumaterjalide vajadust igal sammul (kile, silokindlustuslisandid jne) ja nende saadavust,
 - » masinajuhtide kvalifikatsiooni,
 - » võimalikke riske (seotud ilmastiku, töötajate, seadmete, tarvikutega jne) ning viise nende kiireks maandamiseks, et tagada sujuv rohumassi koristamise protsess,
 - » masinaid ja töötajaid puudutavat seadusandlust,
 - » rohumassi siloks koristamise keskkonna-, majanduslikke ja sotsiaalseid mõjusid.

Lisaks selle koristusplaani täitmisele peab agronoom jälgima, et:

- » töötajad oleksid juhendatud nii, et neil oleks selge arusaam oma vastutusvaldkonnast ja kaasnevatest nõuetest,
- » koristusel osalevad töötajad ei oleks ülekoormatud,
- » tööaja kokkulepped vastaksid kehtivatele õigusaktidele,
- » tööohutusmeetmed on rakendatud ning
- » masinajuhid jälgivad koristusmasinate seisukorda ja hooldavad neid korrektselt.

Rohumassi koristusprotsessi sujuvus ja kulud sõltuvad suuresti masinate seisukorrast ning töötajate oskustest. Ettevõtte tehnikajuht vastutab selle eest, et ettevõttes:

- » oleksid kasutusel masinad, mis tagavad

- igas rohumassi koristamise tööetapis vajaliku tootlikkuse ja kvaliteedi,
- » masinad vastaksid kehtivale seadusandlusele (sh parasjagu kehtivale liiklusseadusele),
- » töötajaid oleksid õpetatud seadmeid kasutama, seadistama ja hooldama,
- » masinapargile oleks tagatud kiire ja usaldusväärne tehniline tugi hoolduse, remondi ja varuosade näol,
- » tehnika oleks varustatud vajalike tarvikutega (kütused, määrdeained jne) piisavas koguses ja vajalikus asukohas,
- » masinad vastaksid keskkonnanõuetele ja oleksid majanduslikult optimaalsed.

Masinajuhid peaksid olema teadlikud nende vastutada oleva tööetapi kvaliteedinõuetest ja neil peavad olema võimalused nende nõuete täitmiseks.

Rohu koristamisel on vaja, et masinajuhid teaksid, et väga oluline on vältida pinnase ja lisandite sattumist sileeritava rohumassi hulka. Selleks tuleks:

- » niita piisavalt kõrgelt (8+ cm, künklikul/ebatasasel maal 10+ cm), vt ka 9.6 „Rohu niitmine“;
- » kaarutamisel seadistada piid nii, et need haaraksid rohumassi maapinnast kõrgemalt, vt ka 9.7 „Rohumassi närvutamine“;
- » vaadata, et vaalutamisel ei lohiseks piid pidevalt mööda maapinda (Pilt 9.1);
- » hoolitseda, et vaale ei moodustataks rõõbaste/piirimärkide/kivide vms peale;
- » moodustada pigem sirgeid vaale kui põllusera kontuuri järgivaid, kuna sirgeid vaale on alati tõhusam koristada;
- » hoolitseda, et kogurhaagise piid ei haaraks mulda, vaid jätaksid ebatasasel pinnal pigem osa rohtu vaalu põhjast koristamata;
- » vältida sõitmist nii kasvava rohu kui ka juba niidetud rohumassi peal.

Masinajuht peab tagama, et seadmed oleksid korralikult komplekteeritud, ühendatud, hooldatud ja õigesti seadistatud.

Töökiirus peaks olema optimaalne, et garanteerida töö hea kvaliteet, ohutusnõuete täitmine, seadmete tööviime ja maksimaalne tootlikkus.

Töölaiuse ülekate tuleks valida selliselt, et see tagaks töö kvaliteedi (vältides niitmata rohutu või vaalutamisel vaalude vahele jäänud haljasmassi), kuid samas võimaldaks maksimaalset tootlikkust.

Rullipressi juht peab hoolitsema, et kiletamata pallid täidaksid kvaliteedinõudeid. Eesmärgiks on tihedad ja hästi vormitud rullid. Rohumass peab sisenema pressi sisendavasse täislaiuses, vajadusel kitsal vaalul siksakis sõites mõlemat rulli serva vaheldumisi täites. Hästi vormitud rull on lihtsam korralikult kilega mähkida ja kahjustusteta käidelda (Beatty, C. 2018).

Rullimähkuri juht peab täitma kiletatud rullidele seatud kvaliteedinõudeid.



Pilt 9.1. Rohumassi vaalutamisel saastub see mullatolmuga, kui vaaluti piid on maapinnale liiga lähedal. Foto Andres Olt

9.5. Rohumaa ettevalmistamine saagikoristuseks

Koristuse suurt tootlikkust, madalaid kulusid ning silotoorme head kvaliteeti aitavad tagada rohumaa tasane pind, aga ka sealt puuduvad rööpad, lohud, kivid, mutimul-lahunnikud, mättad, kännud ja muud takistused. Suuremad ja püsivad takistused, aga ka lohud või märjad kohad tuleks nähtavalt märgistada, kui need ei ole selgelt eristatavad. Liikuvad takistused, puulehed ja -oksad, vana hein ja prügi tuleks rohu- maalt eemaldada kevadel enne rohukasvu algust. Drenaažisüsteem ja kraavid tuleb hoida heas korras. Rohumaa rajamisel tuleb minimeerida maapinna ebatasasusi ja koristada kivid. Vaata ka 6. peatükist „Rohumaade hooldamine silo tootmiseks“, kuidas saavutada ühtlase pinnaga ja minimaalsete takistustega rohumaa.

Need ettevaatusabinõud aitavad vähendada:

- » masinate rikkeid ning nende remondiks kuluvat aega ja raha,
- » masinasõlmede kulumist ning hooldusele kuluvat aega ja raha,
- » koristamata jääva rohu osakaalu,
- » toortuhka silos ja ebasoovitavat käärimist,
- » kahjustatud rohumaaapinda ja seeläbi madala tootlikkusega alasid.

Rohumaa servade eelniitmine on rohumaa servade eraldi niitmine enne põhikoristust – karjamaade, metsaservade, teede ja kraavide äärest ning suuremate takistuste ümbrusest. Nii kulgevad koristustööd hiljem sujuvamalt ja katkestusteta (eAGFF).

Niitmisel tuleb rakendada ettevaatusabinõusid, et peletada rohus peituvad loomad ja linnud koristusmasinate tööalalt eemale.

Niitmine on radikaalne sekkumine karjamaa ökosüsteemi – nii väikeste kui ka suurte loomade jaoks. Ootamatult kaob toit, samuti kaitse kiskjate eest ning aheneb eluruum. Koristustööde käigus saavad loomad sageli vigastada või hukuvad (eAGFF).

Metskits elab poolavatud maastikul ja metsaservas. Kits poegib tavaliselt mais või juunis, tuues ilmale kaks kitsetalle. Esimesed 2-4 nädalat pärast sündi lamavad talled kõrges rohus paigal, kuna nad ei ole veel võimelised jooksmas. Ema käib neid regulaarselt imetamas. Sageli toimub just sel ajal saagikoristus, mistõttu niidukid võivad talletes vigastada. Ka noored jänesed, maas pesitsevad linnud ja isegi rebased on niitmisest ohustatud (eAGFF).

Nende loomade kaitseks niidukite eest saab rakendada järgnevaid meetmeid (eAGFF):

- » rohumaa servade eelniitmine eelneval õhtul – see ajab kitsema ärevusse ja ta viib tallede kaitsmiseks nad põllult ära;
- » kitsetalle päästjad / ketist valmistatud “harjad” traktori ees – need kammivad läbi järgmise niidetava riba, sundides osa talletest põgenema;
- » niitmine põllu seestpoolt väljapoole või ühelt küljelt teisele (metsa suunas, teest eemale). See võimaldab loomadel põgeneda, sest põgenemistee on avatud;
- » niitmiskõrgus vähemalt 8 cm, eelistatavalt 10-12 cm. See vähendab maapinnal pesitsevate lindude ja jänese poegade kahjustusi;
- » loomade peletamine eelneval õhtul, kasutades riideid, kotte, fooliumi, ehitusplatside hoiatusvalgusteid, õhupalle jms (pea nõu kohalike jahimeestega).

Kuigi suuri metsloomi on suhteliselt lihtne märgata, jäävad väikesed olendid, nagu sisalikud, konnad, ämblikud ja putukad, sageli tähelepanuta. Need loomad on põllumehele väga kasulikud, kuna nad tolmeldavad taimi, hävitavad kahjureid, lagundavad surnud

taimset materjali, täidavad mitmesuguseid muid ülesandeid ja aitavad kaasa bioloogilise mitmekesisusele. Seetõttu tasub nende eest hoolt kanda. Pane tähele järgnevaid punkte (eAGFF):

- » Paljud väikesed olendid on kõige aktiivsemad päeva kõige soojemal ajal – neile sobib, kui niidad varahommikul või hilisõhtul.
- » Kui võimalik, jäta servad niitmata või niida neid vaheldumisi, et pakkuda varjumiskohti. Intensiivselt kasutatavatel rohumaaadel võid jälgida, et kogu ümbritsevat ala ei niidetaks korraga, pakkudes sellega varjumiskohti.
- » Mida intensiivsemalt põllul taimi töödeldakse, seda enam häiritakse väikeloomi. Edasi-tagasi liikuva vikatiteraga niidukid on kõige leebem meetod. Rootorniidukid tekitavad suure löikekiiruse tõttu imemisefekti, põhjustades lõiketeradega niidukitega võrreldes oluliselt suuremaid kaotusi. Muljur vähendab veelgi ellujäämisvõimalusi. Seega töötle ainult nii palju, kui on hädavajalik.
- » Niida põld seestpoolt väljapoole, et loomadel oleks võimalus põgeneda.

9.6. Rohu niitmine

Rohu niitmise eesmärk on jagada iga rohumaaal kasvav taim kaheks osaks:

1. saagiosaks, mis niidetakse, eemaldatakse rohumaaalt ja kasutatakse rohusilo tootmiseks, ja
2. taasteosaks, mis jääb igast taimest rohumaaale kasvama, et taastoota uut saaki ehk ädalat. Taimede taasteosad kokku moodustavad rohukamara.

Mõlema osa puhul tuleb niitmisel järgida kindlaid nõudeid.

Kui järgmine niitmine saagikoristuseks on kavas samal või järgmisel aastal, peavad taimede taasteosad säilitama võime moo-

dustada järgmiseks niiteks head saaki (vt peatükk 6 „Rohumaade hooldamine silo tootmiseks“).

Saagi kiireks taastootmiseks peab niitmine toimuma nii, et:

- » taimede tüüd jääksid piisava pikkusega – siis sisaldavad nad piisavalt toitaineid uute lehtede moodustumise kiireks stardiks (Bender 2006, 1, 292);
- » tüüde lõikepind oleks minimaalne ja seega pärsitaks sealt vee aurumist, toitainete lendumist ning haigustekitajate sisenemist;
- » juuri kahjustataks võimalikult vähe.

Minimaalne lõikepind taimel saavutatakse teravate lõiketerade ja piisava lõikekiirusega. Lõiketerade heas seisukorras hoidmine aitab tagada ühtlase niitmise ja madala kütusekulu, mistõttu tuleks terasid regulaarselt kontrollida ning vajadusel korduvalt teritada või asendada uute vastu. Nürid niidukiterad suurendavad toitainerikka lehestiku kadu söödas, eriti liblikõieliste taimede koristamisel (Kass *et al.*, 2021).

Ühtliku niitmisega saab rohumaa saagiosast võimalikult palju koristatud. Kehvasti niidetud aladelt jääb väärtuslik saak koristamata, mis sealjuures võib üle kasvades saastada järgmist niidet ebakvaliteetse materjaliga.

Nüride terade kasutamine suurendab just viikatniidukil riski, et taimi rebitakse koos mulla ja juurtega maast välja, mis tõstab toortuhasisaldust ja suurendab madala söödaväärtusega taimeosade osakaalu silos. Samuti väheneb rohumaa hea taastumisvõimega taimede osakaal.

Niiduk tuleks seadistada niitma ettenähtud kõrgusel kogu töölaia ulatuses ning järgima võimalikult täpselt maapinna reljeefi. Selleks on oluline jälgida piisava kergendussurve kasutamist niidulatil.

Nõuded saagiosa ehk sileeritava rohumassi kvaliteedile on kirjeldatud peatükis 11 „Fermentatsioon. Kuidas saada kvaliteetne silo?“.

Niitmine

Rohu niitmise agrotehnilised nõuded on järgmised (Olt, 2015):

- 1) niita tuleb õigeaegselt (rohusilo puhul vt peatükk 11 „Fermentatsioon. Kuidas saada kvaliteetne silo?“); mõned põllumehed eelistavad rohu ülekasvu vältimiseks niitmist optimaalsest ajast veidi varem alustada;
- 2) niitmisvalmis rohumaa niitmise kestus peab olema võimalikult lühike (kuni 5 päeva) - see aitab vähendada ülekasvanud ja madalama söödaväärtusega haljasrohu osakaalu silos;
- 3) niita tuleb nõutud lõikekõrgusega, mille määrab agronoom lähtuvalt rohumaa maapinna kvaliteedist, taimede seisundist ja nõuetest rohusilo toormele (vt peatükk 11 „Fermentatsioon. Kuidas saada kvaliteetne silo?“);
- 4) niitmine peab toimuma puhta lõikega, s.o ilma kõrsi puruks rebimata ja juurtega maa seest välja kitkumata ning võimalikult väikese lõikepinnaga.

Niitmise aeg

Saagikoristuse alguskuupäev sõltub nii söödakultuurist kui ka ilmastikust. Eelkõige tuleks niitmist alustada taimede arengu optimaalses faasis.

Rohusilo toorme tootmisel kehtib reegel, et saagikuse suurenedes kvaliteet langeb. Noorema ja väiksema taimikuga võrreldes sisaldab vanem ja suurem taimik rohkem madalama toiteväärtusega jämedaid varsi ja pähikuid/pööriseid. Seetõttu tuleb niitmise ajastamisel teha paratamatu kompromiss saagikuse ja kvaliteedi vahel, arvestades ka nõudeid söödetava karja heaolule ja toodangule. Parima saagi/kvaliteedi suhte saavutamiseks tuleks enamik kultuure niita ligikaudu nädal enne peade moodustumist (Germinal, 2025).

Silo toiteväärtuse määrab peamiselt rohusilo seeduvus, mis hakkab langema kohe, kui taimed alustavad öitsemist (kuni 0,5 ühikut päevas). Suure saagikuse nimel koristamisega viivitamist ja seetõttu kvaliteedi ohverdamist tuleks vältida. Esimese niite kuu päev mõjutab ka järgnevate niidete kvaliteeti. Järgmised niited tuleks teha 30-35-päevaste intervallidega, sõltuvalt ilmast. Rohusilo saab olla vaid sama hea kui rohumass, millest see on tehtud (Udall, E., 2023).

Eesmärk on toota rohusilo, mille toorkiusisaldus ei ületa 240 g kuivaine kilogrammi kohta. Samuti saab hinnata niitmiseks valmisolekut taimiku kõrguse alusel: niitmiseks on sobiv 25-40 cm kõrgune taimik (Bonsilage, 2025).

Sageli jääb esimese ja teise niite vaheline ajavahemik liiga pikaks, mistõttu koristatakse rohtu, mis sisaldab toorkiudu üle 240 g/kg kuivaines. Mida rohkem on toorkiudu, seda vähem on rohus fermenteerumiseks vajalikke suhkruid. Hilisema niitmise korral tuleb kindlasti korrigeerida heksli pikkust ja korraga laotatava kihi paksust silovimas (Bonsilage, 2025).

Hiline esimene niide põhjustab toitainete kaotust ja seega madalamat silo kvaliteeti. See vähendab loomade söömust ja piimatoodangut. Seeduvus ja väärtuslik toorproteiin vähenevad toorkiu iga lisaprotsendiga (Bonsilage, 2025).

Kesk-Euroopas kasutatakse rohumaade temperatuurikalkulaatorit, et määrata tööde kevadist algust. Selleks liidetakse aasta algusest alates kõik positiivsed ööpäevased keskmised temperatuurid, tehes kuu kaupa korrekture: jaanuarikuu temperatuurid korrutatakse 0,5-ga, veebruarikuu omad 0,75-ga, märtsist alates võetakse täisväärtus. Kui kogusumma ületab 200 kraadi, on vegetatsiooniperiood alanud (Bonsilage, 2025).

Enne niitmist peaks rohu suhkrusisaldus olema üle 3% (vt peatükk 11 „Fermentatsioon. Kuidas saada kvaliteetne silo?“). Parim niitmise aeg silo kvaliteedi seisukohast võiks ööpäeva lõikes olla keskpäeval, mil päike on oma haripunktis, sest siis on vees lahustuvate süsivesikute ehk suhkrute sisaldus taimedes suurim ja vee sisaldus väikseim. (Kass *et al.*, 2021).

Kindlasti tuleks ära oodata hommikuse kaste taandumine, sest kaste aurustub kiiremini niitmata taimedelt. Samuti tuleks võimalusel hoiduda vihmaga niitmise, sest vaalu niidetud haljasmassist niiskuse välja närvutamine on keeruline, võtab kaua aega ja toitainete kaod on selle tõttu suured. Soodsate ilmastikutingimuste korral tuleks eelistada laiali niitmist, sest õhuke ja ühtlane niiduse kiht närbub kiiremini ning tänu sellele saab mõnikord kaarutamise ära jätta. Kui niiduk seda ei võimalda, siis tuleks masin seadistada niitma võimalikult laia vaalu.

Niitmise kõrgus

Niitmise kõrgusest sõltub haljasmassi saagikus hektarilt, kuid see mõjutab ka silo kvaliteeti. Mida madalamalt niita, seda enam on küll saaki, aga ka kiurikkaid ja raskemini seeduvaid varsi söödas. Heintaimede rohusiloks koristamisel jääb soovitatav niitekõrgus vahemikku 8-10 cm. Niitekõrgus oleneb peamiselt põllu tasasusest, mutimullahunnikute esinemisest, aga ka taimiku kvaliteedist. Kui põllu pind on ebatasane, siis tuleks niitekõrgust suurendada, et vältida mullaga saastumist (pilt 9.2). Samuti tuleks uurida taimikut. Kui taime alumised lehed on surnud või saastunud, tuleks soovimatu käärimise vältimiseks niitekõrgust suurendada. Seetõttu on soovitatav niitekõrgus heintaimedel sageli vähemalt 8 cm. Kõrgema niitmise korral ei puutu niidus mullaga otseselt kokku, vaid toetub kõrretüügastele; sealjuures liigub ka õhk paremini niiduse alt läbi ja see kiirendab närvutamist. Niitekõrguse valikul peab lähtuma ka heintaimede liigist.

Näiteks liblikõielistest lutserni ei või niita liiga madalalt, sest alumiste võrsete ja lehepunegade koristamisel taim järgmiseks niiteks ei taastu või kolmanda niite järel talve üle ei ela (Kass *et al.*, 2021).

Nõuanne: kontrollimiseks keerake niidus pärast niitmist osaliselt ümber. Kui leiate varsi, mis on lõikepinna juurest pruunid, siis tuleks niitmiskõrgust suurendada (Bonsilage, 2025).



Pilt 9.2. Niidus on niitmisel saastunud pinnasega.
Foto Andres Olt

Niidukite töökiirus

Kui ühe lõiketeraga saavutatav maksimaalne lõikeulatus on 50 mm ja lõikeketta pöörlemiskiirus on 3000 p/min (üldiselt enamikul tootjatel), siis võib niitmise maksimaalne liikumiskiirus olla 18 km/h. See tähendab, et kui liikumiskiirus ületab 18 km/h, siis osa taimi ei lõigata korralikult ära ning osa saaki jääb koristamata. Koristamata osa võib aga põhjustada järgmiste niidete saagi kvaliteedi langust. Seega on 18 km/h absoluutne maksimum, kuid arvestades traktoriga haagitud niiduki võimalikku kõikumist ja kaldumist, oleks 15-16 km/h tõenäoliselt „turvalisem“ maksimaalne kiirus (Nash, J.).

Kuigi niidukid on võimelised töötama suure kiirusega, võivad ebasoodsad põllutingimused sundida asjatundlikku traktoristi aeglasemalt liikuma. Ebatasane põld ja põllul olevad takistused nõuavad aeglasemat liikumist.

Konarlikul põllul võib suure kiirusega niitmine masinat kahjustada ja niidusesse mulda paisata, mistõttu on soovitatav liikuda aeglasemalt. Takistused, nagu kivid, piiritähised, elektripostid, drenaažikaevud või muud võõrkehad, võivad samuti niidumasinale tõsiselt kahjustusi põhjustada, kui neile otsa sõidetakse.

Lisaks masinate kahjustamisele võib märgades tingimustes töötamine rikkuda ka põldu. Kõrge mullaniiskuse korral vajuvad rattad mulla sisse ja kasvab risk, et masinad jäävad rohumaaale kinni. Nendes tingimustes kiiresti sõitmine võib tekitada veelgi rohkem kahju.

Arvestada tuleks ka kultuuri saagikust. Tihe- ja kõrge taimiku niitmine nõuab traktorilt suuremat võimsust ja seega aeglasemat liikumist.

Õige niidukiiruse valikuks tuleb arvestada nii põllu omaduste kui ka niiduagregaadi võimega. Maksimaalne tootlikkus saavutatakse ainult siis, kui masin töötab optimaalselt ja tagab kvaliteetse niite (Friedrichsen, 2025).

Niitmise tootlikkus

Niitmise tootlikkus (hektarit tunnis) tuleb arvutada selliselt, et see võimaldaks optimaalset närbumisperioodi. Praktikas määrab selle enamasti koguri jõudlus, millega rohumassi põllult kogutakse, aga ka silokuhja tallamise jõudlus. Kuhi peaks saama võimalikult kiiresti valmis ja suletud, aga samas ka piisavalt tiheks tallatud.

Rullisilo korral on oluline silmas pidada rullipressi ja kiletaja jõudlust. Rulli peaks jõudma optimaalselt närbunud rohumass. Valminud silorull peaks saama võimalikult kiiresti kiletatud. Samas ei ole majanduslikult otstarbekas kiletamisjõudlust ka üle võimendada.

Kui rohtu on plaanis närvutada 24 tundi ja kogur või press koristab 10 ha/h, siis tuleks niita

kiirusega 10 ha/h 24 tundi enne hekseldamist. Kui niitmine toimub vaid 8 ha/h, siis kogumise ajaks on osa rohusööta liiga kuiv, osa liiga märg ja vaid osa optimaalse niiskusega. See põhjustab ideaalse töökorraldusega võrreldes sööda väärtuse suuremat langust (Nash, J.).

Niitmise potentsiaalne tootlikkus (ha/h) ei ole lihtsalt töölaiuse ja liikumiskiiruse korrutis. Tegelik tootlikkuse arvutamisel tuleb arvesse võtta ka järgmisi ajakadu põhjustavaid tegureid:

- » põlluservade lahtiniitmine,
- » pöörded põllu otstes,
- » põllu lõpetamine,
- » üleminek transpordirežiimile ja tagasi,
- » sõiduaeg tööalade vahel,
- » ajakaod hoolduse, remondi, ebasoodsate ilmastikuolude ja traktoristide probleemide tõttu.

Niitmistöödel on ajakasutuse tõhususe koefitsient 0,76-0,88 sõltuvalt põllu pikkusest (200-2000 m) (Fortuna, 1985). Näiteks, kui teoreetiline tootlikkus ilma eelmainitud ajakadudeta oleks 10 ha/h, siis 500 m pikkuse põllu korral on koefitsient 0,82 ning seega tegelik niitmise tootlikkus on $10 \text{ ha/h} \times 0,82 = 8,2 \text{ ha/h}$.

Niidukid

Niidukid jagunevad liht- ja põimniidukiteks (Bender, A. 2006, 2., 571). Mõlemad tüübid jagunevad omakorda ripp- ja poolrippniidukiteks ning võivad paikneda traktori ees, küljel või taga. Lihtniidukid on mõeldud vaid niitmiseks ilma lisafunktsioonideta. Põimniidukitel on täiendavad funktsioonid, nagu rohumassi muljumine ja vaalutamine. Niidukid võivad olla ka liikurniidukid, st iseseisvalt ilma traktorita töötavad liikurmasinad. Niidukid jagunevad ka lõikeseadme tüübi järgi vikat-, ketas- ja trummellõikuriga niidukiteks. Vikatniidukid kasutavad edasi-tagasi liikuvat lõiketerade süsteemi ning neil võib olla rohtu lõikeaparaadile suunav juhik. Ketasniidukitel on põllu pinnale toetuv

niidulatt, mille peal on töölaiuse ulatuses mitu pöörlevat nugadega ketast ja sees on kettaid ajav jõuülekanne. Trummellõikuriga niidukitel on jõuülekannet sisaldava kandekonsooli külge riputatud kaks või enam maapinnale tallaga toetuvat suurt ketast ehk trumlit.

Kuna sõidukiirus ei saa niitmisel väga suur olla, siis on rõhku pandud niidukite töölaiuse suurendamisele. Suurte alade niitmiseks kasutatakse kuni 9 meetri laiuseid liblikniidukeid, mis koosnevad kahest külgniidukist ja ühest esiniidukist. Niidukite töölaused algavad 1,2 meetrist, kuid kõige levinumad laiused on 1,4; 2,1; 2,8; 3,2; 3,6; 4,0 ja 4,8 m (Bender, A. 2006, 2., 574). Niiduagregaadi töölaius on niidusektsioonide laiuste summa miinus ülekatte ulatus (10-15 cm).

Erinevate niidukitüüpide eelised ja puudused

Vikatniidukeid (Joonis 9.1A) nüüdisajal enam palju ei kasutata, mõnevõrra leiavad need kasutamist väiketaludes. Sellised olid esimesed mehaanilised heinaniidukid ja algselt veeti neid hobustega. Need niidukid töötavad edasi-tagasi liikuva mehhanismiga, kus kolmnurksed lõiketerad liiguvad edasi-tagasi fikseeritud kaitsesõrmede (sõrgade) vahel. Sarnaselt juuksurikääridele lõikab iga edasi-tagasi liikumine läbi taimed, mis on sattunud fikseeritud sõrmede ja liikuva tera vahele. Selline konstruktsioon muudab need niidukid hooldusmahukaks.

Vikatniidukeid saab kasutada nii heina niitmiseks kui ka muude kergete niitmistööde jaoks ning neid saab kasutada isegi traktoriga, mille võimsus on vaid 15 hobujõudu. Vikatniidukid töötavad suhteliselt vähese hooga, mis tähendab vähem tolmu heinapõllul ja väiksemat ohtu kivide ja prahi laiali paiskumiseks. See võib olla ka puuduseks, sest niidetud rohi jääb madalasse loogu (kuna ei paisata hooga üles/laiali) ja võib vajada pikemat kuivamisaega.

A



B



C



Joonis 9.1.

- A. Vikatniiduk (Goodwin, M. 2017a)
 B. Ketasniiduk kummirull-muljuriga (K. Tamm)
 C. Trummelniiduk (Goodwin, M. 2017b)

Vikatniiduki eelised (Styron, 2023) on:

- » väike võimsustarve. Väikse võimsusega (10 kW või vähem) traktori korral on see tõenäoliselt ainus valik;
- » kerge kaal. Kui kasutatakse kerget või kerge esiosaga traktorit, on vikatniiduk

seega sobivaim valik. Kergemat masinat on lihtsam manööverdada ja sellega pääseb keerukatesse kohtadesse paremini ligi;

- » väiksema hooga liikuvad masinaosad paiskavad ketas- ja trummelniidukitega võrreldes niidusesse vähem tolmu ja mulda.

Vikatniiduki puudused (võrreldes ketas- või trummelniidukiga) (Olt, 2015; Goodwin, M. 2023) on:

- » aktiivsete ja passiivsete lõiketerade vaheline hõõrdumine põhjustab energiakadu;
- » kui vikatilatt pärast igat liikumise peatust vastassuunas kiirendab, kulub energiat inertsit ületamiseks;
- » aeglane liikumiskiirus. Vikatniiduk suudab niita laia vaalu, kuid selle töökiirus on vaid umbes pool võrreldes teiste niidukitüüpidega;
- » vähem vastupidav konstruktsioon. Vikatniidukil on palju väikeseid ja kergeid liikuvaid osi, mis paiknevad maapinna lähedal. Takistuse tabamine võib seda tõsiselt kahjustada, seda esineb teiste niidukitüüpide puhul harvem. Vikatniiduk ei sobi tiheda taimiku niitmiseks, sest see põhjustab terade kiiret kulumist või kahjustusi;
- » tundlikkus ummistumise suhtes. Vikatniiduk ummistub kergesti väga tihedas, niiskes, lamandunud või juba niidetud materjalis. Ummistumise probleem suureneb terade nürinedes;
- » tülikas lõiketerade vahetus. Kui lõiketerad muutuvad nüriks, nõuab nende vahetamine spetsiaalseid tööriistu ja tehnilisi oskusi ning võib olla aeganõudev ja kallis;
- » kõrged remondikulud. Takistustele sattumine võib põhjustada kulukaid kahjustusi. Kuna niidukil on palju väikeseid osi, mis peavad töötama täiuslikus kooskõlas, võib ühe osa

kahjustus põhjustada ahelreaktsioonina suurema ja kulukama rikke.

Pöörlevate teradega niidukitel selliseid probleeme ei esine.

Ketasniiduki eelised (joonis 9.1B) võrreldes vikatniidukiga on järgmised (Goodwin, M. 2017):

- » ketasniiduki liigendiliselt kinnitatud lõiketerad pörkavad tagasi, kui nad tabavad takistusi;
- » lõiketeradel saab kasutada mõlemat serva;
- » lõiketerade vahetamine ja hooldamine on lihtne;
- » see ei ummistu tihedas ja niiskes taimikus;
- » see võimaldab niita suurema kiirusega;
- » üleminek töö- ja transpordiasendi vahel on lihtne. Hüdrauliline tõstmine võimaldab seda teha traktorikabiinist lahkumata, mis säästab väikeste põldude niitmisel aega.

Ketasniiduki puudused on (Goodwin, M. 2017):

- » suur mass. Probleem tekib siis, kui traktoril on piisavalt võimsust ja hüdraulika võimekust, kuid ohutuks tööks on see liiga kerge. See on riskitegur, sest ketasniiduki lõikelatt on palju raskem kui vikatniidukil. Kui ketasniiduki niidulatt on transpordiks püsti tõstetud, võib traktor järsul pöördel külili minna. Siis tuleks kasutada lisamassi, vajadusel ka vasakul tagarattal;
- » kulukas remont. Kui niiduk satub kivide, vanade aiapostide vms pihta, siis võib kahjustatud ketasniiduki parandamine osutuda väga kulukaks.

Tavaliselt kasutatakse heina niitmiseks trummelniidukit (joonis 9.1C). Lihtne trummelniiduk koosneb kahest vastassuunas pöörlevast trumlist, mida juhib ülal paiknev reduktor. Iga trummel on sisuliselt 25–35 cm läbimõõduga 38–60 cm kõrgune silinder, mille alumisele küljele on kinnitatud suur ketas. Olenevalt mudelist on igale kettale kinnitatud 3 või 4

vabalt pöörlevat tera. Niitmisel pöörleb kogu trummel/ketas/tera-komplekt. Selle raske pöörlev mass tekitab suure inerts, mis aitab niidukil läbi tiheda taimiku tungida.

Trumli alaosas olevad ketastallad toetuvad pidevalt maapinnale, tagades seega lõiketerade ühtlase niidukõrguse ka ebatasase reljeefi korral.

Niitmisel pöörlevad trumlid vastupidises suunas sedasi, et niidus suunatakse trumlite vahelt läbi ja see langeb vaaluna niiduki taha. Niiduse kiiremaks ja ühtlasemaks kuivamiseks tuleb vaalud laiali kaarutada (Siromer).

Trummelniiduki eelised on (Siromer):

- » suurem töökiirus. Trummelniidukiga saab niita veelgi suurema kiirusega kui ketasniidukiga ning kaks korda kiiremini kui vikatniidukiga;
- » suur inerts. See omadus on eriti oluline väikese hobujõuga kompaktraktorite puhul;
- » see ei ummistu kergesti. Kaks suurt vastassuunas pöörlevat trumlit tekitavad suure inerts, mis võimaldab niita ka väga tihedat taimikut;
- » lihtsam terade hooldus. Trummelniidukil on ainult 4 odavat ja pööratavat tera trumli kohta, mida on lihtne teritada või vahetada;
- » väiksemad kahjustused kokkupörkel kinnistakistustega ja kiirem remont üleval paikneva jõuülekande tõttu.

Trummelniiduki puudused on (Siromer):

- » vastukaalu vajadus kallakutel niidulati suurema massi tõttu;
- » suur mass. See võib olla probleemiks kerge esiosaga traktoritele, eriti transpordiks taha pööratava niidulati korral. Trummelniidukid on sama laiusega teiste niidukitüüpidega võrreldes väga rasked. Kui traktori esisillal ja niiduki vastasküljel ei ole piisavalt raskust, võib

manööverdamine ja transport osutada keerukaks;

- » vaalude moodustumine. Trummelniiduk jätab tööprotsessi tõttu niiduse vaaludesse, mis ilma hajutamata põllul ühtlaselt ei kuiva.

9.7. Rohumassi närvutamine

Niiduse kuivainesisaldus jääb vahemikku 15-25%. See sõltub nii taimiku liigilisest koosseisust, sordist, arengufaasist, agrotehnilistest võtetest selle kasvatamisel kui ka ilmastikust saagi koristamisel. Kuna vesi võtab hoiustamisel ruumi, on transpordil ja laadimisel tarbetuks lisakoormaks ning loomale toitaineid ei anna, siis ei ole otstarbekas seda silo koostises säilitada. Sobiva ilmastiku korral saab niiduse niiskusesisaldust vähendada närvutamisega. Närvutamise suureneb silotoormes toitainete kontsentratsioon ja paraneb toorme sileeritavus (Kass *et.al.* 2001).

Taimede närbumine algab niitmise järel ja seda saab kiirendada erinevate tehnoloogiliste võtetega. Mida õhem on niiduse vaal, seda efektiivsem on niiskuse vabanemine. Iseäranis keerukas on tusedas vaalus liblikõieliste heintaimede närvutamine, kuna võrreldes kõrrelistega on liblikõielistel suurem lehepind ja mahlakamad varred, mis takistab vaalus olevates taimedes vee aurustumist. Isegi kui ilmastikutingimused on närvutamiseks sobivad ja vaalu pealmises kihis on lehed juba nii kuivad, et pudenevad, siis vaalu sees on haljasmass veel koristuseks liiga niiske. Selline olukord soodustab ka mittesoovitavate mikroorganismide arengut heintaimedel. Lisaks, mida nooremas arengufaasis taimi koristatakse, seda suurem on nende veesisaldus, seda tihedamaks vajub niiduvaal ning seda raskem on niidust närvutada. Seetõttu tuleks eelistada laiali (loogu) niitmist. Laiali niitmise kasuks räägib ka see, et siis jääb üks tööoperatsioon vaalude laialikaarutamise näol ära ja

tänu sellele on võimalus haljasmassi mullaga saastumiseks väiksem. Kui niiduk ei võimalda laiali niitmist, siis tuleks niita nii laia vaalu kui võimalik (Kass *et.al.* 2001).

Närvutamine optimaalse silo kuivainesisalduse saavutamiseks (30-35% hoidlasilol ja 35-40% rullsilol) peaks ideaalis olema lühiajaline, maksimaalselt 24-36 tundi (Germinal, 2025). Närvutamine aitab suurendada silotoorme suhkrusisaldust ja vähendada sellest silomahla eritumist (Kerins, 2021).

- » Muljurniiduki kasutamine kiirendab närvutamist, vähendab suhkrute, proteiini ja kuivaine kadu rohusilos, soodustab kiiremat fermentatsiooni ning vähendab silomahla eritumist.
- » Lehepoorid jäävad avatuks umbes kaheks tunniks pärast niitmist, sellel ajal toimub niiskusekadu viis korda kiiremini kui hiljem - seega tuleks silo jaoks niidetud mass kiiresti laiali laotada (kaarutada).

Kõrge ristikusisaldusega heintaimikud võivad närbuda kuni 48 tundi. Kehvade ilmastikutingimuste korral tuleks niita, hajutada ja koguda rohumass samal päeval (Udall, E. 2023).

Muljurid ja lõhastid

Muljurid ja lõhastid on niiduki lisaseadmed niidetud taimede rakuseinte kahjustamiseks ja seega kuivamise kiirendamiseks. Muljureid on kahte põhitüüpi: kummirullidega ja terasrullidega. Lõhastitel on ühele pöörlevale võllile kinnitatud sõrmed või piid, mis võivad olla erinevast materjalist. Rullmuljuritel on kaks vastassuunas pöörlevat rulli, mille vahelt niidus muljudes läbi suunatakse. Piirrootor-muljuritel on rootor-rile kinnitatud V-kujulised piid, mis pekavad rohumassi muljurniiduki ülakeste vastu (Machinefinder).

Muljureid kasutatakse peamiselt liblikõieliste rohttaimede töötlemiseks ning need

jagunevad siledapinnalisteks, soonelisteks, ribidega ja profiilseteks. Muljurniiduk suunab rohumassi rullide vahele, kus taimevarred ja -lehed saavad mehaanilisi kahjustusi muljumise, painutamise ja voltimise teel.

Kõrreliste rohttaimede närbumisele on rullide mõju väike. Kõrrelisi töödeldakse seetõttu peamiselt lõhastitega, millest levinumad on piirrootor- ja kammtüüpi lõhastid. Nende eesmärk on eemaldada taimelt vahakiht ja kahjustada seda voltimise teel. Lõhastiga niidukeid ei tohiks kasutada liblikõieliste rohttaimede puhul, sest liblikõieliste lehed kinnituvad vartele nõrgalt ning võivad intensiivselt töötlemisel kergesti eralduda ja jääda vaalu põhja maha, põhjustades seega toitainerikaste lehtede kadu koristamisel.

Lõhasti kasutamisel saab moodustada õhulisemaid vaalusid, mis tagavad parema õhuringluse ning soodustavad närbumist. Kuigi niiduki töövõimekus võib muljuri või lõhastiga olla madalam, kompenseerib niiduse kiirem närbumine selle puuduse.

Olulised tähelepanekud:

- » Ebasoodsa ilma korral, kui närvutamine ei ole võimalik, ei ole soovitatav kasutada lõhastit ega muljurit. Kõrge õhuniiskuse ja vihma korral võib selline niidus rohkem läbi vettida kui töötlemata niidus.
- » Taimede väga varajases kasvufaasis või kui silo valmistatakse närvutamata taimsest materjalist, ei ole muljumine soovitatav ning võib olla pigem kahjulik kui kasulik. See suurendab toitainete kadu taimemahlaga ning võib negatiivselt mõjutada nii fermentatsiooni kui ka silo füüsilist struktuuri.

Lõhastid (Nash, J. 2.)

Lõhastil on kaks põhielementi ja kolme laadi toime. Niiduseadmelt heidetakse (niidutaldrikute või -trumlite poolt) niidus lõhasti rootorile. Rootor paiskab niiduse vastu rootori katet. Rootori ja katte vahelise pilu läbimisel toimub

niiduse agressiivne peksmine. Mida väiksem on pilu vahe ja suuremaks on rootori pöörlemiskiirus reguleeritud, seda räsitum on niidus. Piid kraabivad taimedelt vahakihi maha, et soodustada niiskuse eraldumist taimedest.

Lõhasti toime taimedele on järgmine:

- » Esiteks peksavad piid niiduseadmelt tulevat niidust ja suunavad selle läbi masina. Rootor pöörleb 700-1000 p/min, mistõttu liiguvad piid rohumassist suures kiirusel läbi, kahjustades löökidega pindmiselt taimede vahakihti.
- » Teiseks, kui rohumass puutub kokku lõhasti rootori kattega, libisedes suures kiirusel mööda niiduse suhtes seisvat metallpinda, põhjustab see täiendavat hõõrdumist ja kriimustamist. Mõned tootjad lisavad katte sisepinnale abrasiivset pinnakatet või labasid (Pilt 9.4), et seda mõju suurendada.
- » Kolmandaks hõõrduvad taimed üksteise vastu. Rootori ja piide metallosad liiguvad suures kiirusel, samas ajal kui kate on paigal. Taimetükkide liikumiskiirus masinas varieerub sõltuvalt nende asukohast haljasmassis: rootorile lähemal olevad tükid liiguvad kiiremini kui katte lähedal olevad tükid. See kiiruse erinevus põhjustab taimetükkide omavahelist hõõrdumist, mille tagajärjel osa vahakihist neilt eemaldub.



Pii-rootormuljur ketasniiduki taga.

Foto Kalvi Tamm

Masina katsetamisel on insenerid täheldanud, et kõige tõhusamalt räsib niidust taimetükki de omavaheline hõõrdumine – seega tuleks lõhastid vastavalt seadistada. Esimese niite korral, kui niidus on väga tihe, läbib niidukit suur kogus haljasmassi. Kui lõhasti katte pilu on väga väike, kulub haljasmassi peksmiseks palju energiat ja kütust. Samuti suureneb siis niiduki ummistumise või ajamirihmade purunemise oht. Seetõttu peaks түseda niiduse korral lõhasti rootori ja katte vaheline pilu avar olema. Õhema niiduse korral tuleks see pilu ahtamaks seada, et tekitada lõhastis piisav takistus ja tagada seal taimetükkide omavahelist hõõrdumist.

Taimiku arenedes muutub sellel olev vahakiht sitkemaks ja raskemini eemaldatavaks. Hilisemaks ajastatud niites, kui taimiku seeduvus on juba madal, peaks lõhasti rootor töötama maksimaalsel kiirusel, sest varrerikas niidus vajab rohkem hõõrumist, et taimede pinna lahti kraapimise tulemusel saaks niiskus sealt eralduda.

Väga kõrge D-väärtusega taimiku niitmisel on haljasmassi vähe. Sellisel juhul on vaja tõhusat ja kiiret närvutamist, sest see haljasmass kaotab vaalus seistes kiiresti söödaväärtust. Niidus peaks soovitud kuivainesisalduseni närbuma võimalikult kiiresti, mistõttu on lõhasti seadistus väga oluline. Kuna materjali on vähe, tuleks lõhasti kate koomal hoida, et tagada taimetükkide liikumiskiiruste suur erinevus, kuid samas peaks rootor õrnade taimede tõttu töötama kõige aeglasemal käigul.

Plastikpiidega ja teraspiidega lõhastite võrdlus:

Plastikpiid töötlevad niidust õrnemalt, mistõttu sobivad need paremini õrnadele taimedele, nagu kõrge seeduvusega rohi ja liblikõielisterikkad segud. Teraspiid on seevastu agressiivsemad ja sobivad paremini hilise niite varrerikastele kultuuridele. Teraspiid peavad kauem vastu kui plastikpiid.

Rootori kiiruse ja läbimõõdu mõju lõhastamisele:

Lõhastite rootorite kiirusvahemikud on 600-1000 p/min, kuid tegelikult ei ole määrav mitte ainult rootori pöörlemiskiirus, vaid piide otste liikumiskiirus. Selleks tuleb masinate võrdlemisel silmas pidada ka rootori läbimõõtu – suurema rootori korral võib saavutada väiksemal pöörlemiskiirusel suurema piide otste joonkiiruse kui kiiremini pöörleva väiksema rootori korral. Seega võib suurema rootoriga saavutada tõhusama töötluste.

Lõhasti seadistamine:

Üldise rusikareeglina tuleks enamasti kõrrelisterikka taimiku ja tavapärase 2-3-niitelise süsteemi korral kasutada lõhastit esimesel niitel rootori kiirel pöörlemisrežiimil ja hoides katet täielikult avatuna. Kui järgmised niited on hõredamad, siis tuleks katet hoida koomal. Täpsemalt – alusta tööd võimalikult agressiivselt, seejärel mine välja ja uuri töödeldud haljasmassi. Kui lehed on liigselt räsitud, vähendage lõhastamise intensiivsust, näiteks avardades katte pilu.

Leherikkas taimikus tuleks rootorit käitada aeglasemalt ja seada katte pilu sobivalt koomale.

Kaarutamine ja vaalutamine (Kass *et.al.*, 2021)
Kaarutamine:

Kui ilmastikutingimused võimaldavad, saab niiduse närbumist kiirendada kaarutamise-ga. Kaarutamisel toimub niiduloogude hajutamine, segamine ja ümberpööramine – see kiirendab vee aurumist taimedest. Ilusa ilma korral piisab soovitud kuivainega haljasmassi saamiseks ühest kaarutamisest. Haljasmassi iga liigutamine ja sellest traktoriratastega üle sõitmine tähendab potentsiaalset riski silotoorme mullaga saastumiseks põllul. Mida ühtlasem ja õhem on närvutamisel haljasmassi kiht põllul, seda väiksem on kaarutamise vajadus. Laiali niites ei pruugi päikesepais-telise ilma korral vajadust kaarutamise järele

tekkida või piisab soovitud kuivainesisalduse saavutamiseks ühest niiduse kaarutamisest. Vaalu niidetud haljasmass tuleks kiireks kuivamiseks aga kohe pärast niitmist põllule laiali kaarutada ja seejärel vajadusel veel kord kaarutamisega ümber pöörata. Seetõttu tuleks eelistada heintaimede niitmist ühtlaselt põllule laiali, vähendades sellega nii mikrobiaalset kui mullaga saastumise riski.



Haljasmassi kaarutamine (A) ja vaalutamine (B). Fotod Andres Olt

Millal vältida kaarutamist?

Kaarutada ei tohiks siis, kui taimede lehed on juba liiga kuivad ja võivad kergesti variseda ning seega kaotada väärtuslikku sööta. Eriti ettevaatlik tuleks olla liblikõieliste heintaimedega.

Liigne kaarutamine ebasobilikes ilmastikutingimustes lootuses, et rohi närbub kiiremini, suurendab silotoorme mullaga reostumise

võimalust ja lehtede varisemist. Taimed võivad mullaga reostuda ka hõreda rohukasvuga või kuivapoolsete muldadega rohumaadel kaarutamise või vaalutamise korral. Haljasmassi reostumine mullaga võib põhjustada silo valmistamisel käärimisprobleeme, vähemalt käärimist ja silo riknemist.

Fermentatsiooni mõjutavad päikesekiirguse intensiivsus, aga ka õhutemperatuur, niiskus ja õhu liikumise kiirus. Närvutamise kestus sõltub nendest teguritest ning silo valmistamiseks kasutatava rohumaa taimekooslusest. Silo kuivainesisaldus peaks olema vähemalt 25%, kuid eelistatavalt 30–40%. Tuleks arvestada, et soovitud kuivainesisalduse saavutamiseks silos peab silotoore olema mõni protsent kuivem. Silo mõnevõrra kõrgem niiskus võrreldes algse rohumassiga tuleneb käärimisprotsessis toimuvatest biokeemilistest ja mikrobioloogilistest muutustest, kus suhkrute kasutamise kõrvalsaadustena tekivad süsihappegaas ja vesi. Sellest on tingitud ka silomahla teke, kui silotoorme kuivainesisaldus on teatud piirist madalam. Mida kiiremini saavutatakse niiduse soovitud kuivainesisaldus, seda parem. Heades ilmastikutingimustes võib närbumine kesta alla 12 tunni, sageli juhtub seda esimese ja teise niitega. Kiire ja tõhus närvutamine soodustab vee aurumist taimedest, suurendab suhkrute sisaldust, pärsib soovimatute mikroorganismide tegevust ja soodustab piimhappekäärimist.

Üle 48 tunni kestev närvutamine suurendab märkimisväärselt kääritusriske. Mikroorganismid ei oota soovitud kuivainesisalduse saavutamist, vaid alustavad oma tegevust kohe pärast taimede niitmist. Aeroobsed mikroobid hakkavad kasutama taimedes leiduvaid suhkruid, nende arvukus suureneb ning pikaajalise närbumise käigus väheneb vees lahustuvate süsivesikute sisaldus. Seetõttu ei ole anaeroobseks piimhappekäärimiseks enam piisavalt substraati. Sobimatute ilmastikutingimuste korral, eriti sügisesel viimasel koris-

tusel, tasub küsitava tulemusega pikaajalise närvutamise asemel kasutada silo konserveerimiseks keemilisi silokindlustuslisandeid.

Vaalutamise aeg:

- » Kuivaine soovitud sisalduse saavutamiseks tuleb laiali hajutatud haljasmass vaalutada vahetult enne põllult koristamist.
- » Kui ilm on hea, kuid silotootmise konveieril on probleeme, võib haljasmassi varem vaalutada, et vältida ülekuivamist.
- » Kaarutamine ja vaalutamine peaksid toimuma pärast hommikuse kaste kadumist.

Vaalu maht:

- » Vaalu laius ja tüsedus peaksid vastama koristusmasina võimekusele (ennekõike koguri laiusele).
- » Rullisilo-pressile sobib ka väiksem vaal kui kogurhekseldile.
- » Liikurkogurhekseldi tootlikkuse maksimaalseks ärakasutamiseks moodustatakse vajadusel optimaalse ristlõikega vaal mitme väiksema vaalu kokku vaalutamisel.

9.8. Niiduse hekseldamine

Haljasmassi hekseldamisel on otsene mõju nii silo füüsilisele struktuurile, kvaliteedile kui ka silo tootmise majanduslikele aspektidele. Hekseldatud haljasmassi mahub rohkem koormasse ning lühemat hekslit on ka hoidlas lihtsam tihendada. Teisalt, hekseldamine suurendab silotoorme kogumisel kogurite kütusekulu ja vähendab nende jõudlust. Hekseldamise eesmärk on toetada sileerimisprotsessi ja põllumajandusloomade seedefüsioloogiat (Kass *et al.* 2021).

Mida kiiremini sileeritavast taimsest materjalist õhk välja pressitakse, seda rutem muutub hoidlas keskkond anaeroobseks ja piimhappebakteritele sobilikuks. Hekseldamine aitab saavutada silotoorme tõhusat õhuvabaks tihendamist ja seega silo piimhappelist käärimist. Samuti on hekseldatud silo söömus suurem võrreldes hekseldamata siloga. Tulevalt mäletsejaliste vatsaseede iseärasustest on vajalik hekсли optimaalne pikkus. Liiga lühikese heksliga põhisöödal puudub koredus (vähe efektiivset kiudu), mistõttu väheneb loomadel mäletsemine ja sülje produktsioon ning jõusööta sisaldava ratsiooni korral võib välja kujuneda atsidoos. Liiga pika heksliga koresööt pikendab mäletsemise aega ja aeglustab söödaosakeste liikumise kiirust seedetraktis (Kass *et al.* 2021).

Hekseldamine võib toimuda samaaegselt taimse materjali niitmisega veokile laadimisel või presskoguri, haagiskoguri või liikurhekseldiga koristamisel. Hekseldi lõiketerad peavad olema teravad ja hekсли pikkus seadistatav vastavalt silotoorme omadustele.

A



B



C



Haljassööda kogumine ja hekseldamine silo valmistamisel, kasutades A) järelveetava kogurhekseldiga haagisele laadimist (Foto Andres Olt), B) kogurhaagist (Foto Raivo Vettik) või C) rullisilo tehnoloogiat (paremal rulli press ja vasakul rulli kiletaja) (Foto Andres Olt).

Olenevalt silokultuurist, selle koristamisaegsest arengufaasist ja kuivainesisaldusest võib soovituslik heksli pikkus varieeruda. Vaid erandkorras, kui taimik on väga varases arengufaasis ja rakukestainete sisaldus on väike, võiks kaaluda rohusilo tegemist hekseldamata haljasmassist. Optimaalses ja hilises arengufaasis koristatud heintaimedest ning tervikkoristatud maisist silo tootmisel tuleks rakendada hekseldamist (Kass *et al.* 2021).



Silo tootmiseks kasutatava rohumassi vaalust kogumine, hekseldamine ja veoagregaadi kärsusse suunamine liikurhekseldi abil. Foto Raivo Vettik

Üldine põhimõte on: mida kuivem on materjal, seda lühem võib olla heksel (Tabel 1). Lühema heksli korral on küll hoidlas haljasmassi hõlpsam tihendada, kuid sõltuvalt kuivaine sisaldusest võib lühike heksel kaotada tallamisel oma füüsilist struktuursust (koredust) ja muutuda loomale sobimatuks. Seetõttu peab varases arengufaasis ja väikse kuivainesisaldusega silotoorme heksel olema pikem. Siis ei tallata silo struktuurituks pastaks ning toitainete kaod silomahlana on väiksemad. Lisaks võib liiga lühikeseks hekseldatud haljasmass muuta kogu silokuhja ebastabiilseks ja varisemisohtlikuks. Kuigi see on õnneks haruldane, on see äärmiselt ohtlik ning võib põhjustada silokadusid ja potentsiaalseid reostusjuhtumeid. (Nash, J. 3).

Närvutatud vanema rohumaterjali korral võib heksel olla suhteliselt lühike. See aitab tagada silo suurema tiheduse, parema fermentatsiooni ja avamisjärgse aeroobse stabiilsuse (seega ei lähe see väga kiiresti hallitama ja roiskuma). Silohoidla avamisel puutub sööt kokku õhuhapnikuga. Korralikult tihendatud silo korral ei saa õhk tungida lõikefrondist sügavamale massi sisse ning sellega väheneb risk silo aeroobseks riknemiseks ja isekuumenemiseks hoidlas.

Tabel 1 Heksli pikkus sõltuvalt silotoorme tüübist ja kuivainesisaldusest (Kass et al. 2021; Udall, E. 2023)

Silotoorme tüüp	Kuivaine sisaldus, %	Heksli pikkus, mm
Väga märg haljasmass	alla 20	80–100
Närvutamata heintaimed (kõrrelised ja liblikõielised) ja tervikkoristatud teravili	20–25	45–80
Närvutatud heintaimed ja tervikkoristatud teravili	25–30	25–45
Närvutatud heintaimed ja tervikkoristatud teravili	Üle 30	10–25 sõltuvalt taime arengufaasist ja efektiivse kiu sisaldusest
Tervikkoristatud mais	30–35	9–30

Siinjuures tuleb märkida, et enamikul rohuhekselditel on võimalik heksli pikkus seada sujuvalt maksimaalselt kuni 45 mm-ni. Pikema heksli saavutamiseks tuleks noad üle ühe välja võtta, mis võib mõne masina korral olla aeganõudev protsess. Seega tuleks tööde kiiruse ja kvaliteedi huvides üritada ühe masinaga koristada silotooret sellises hekslipikkuste vahemikus, mis nõuaks võimalikult harva nugade arvu muutmist hekseldamisseadmes.

Maisi koristamisel on oluline kontrollida, et ka maisitera saaks muljutud või vähemalt kest vigastatud. Silo fermentatsioonil tekivad piim- ja äädikhape aitavad lõhustada maisitera klaasjas endospermis olevat valku prolamiini. Muljutud maisiterale pääsevad silohapped paremini ligi, parandades seeläbi tera seeduvust ja tärglise omastatavust.

Heksli pikkuse reguleerimine (Nash, J. 3)

Heksli pikkust mõjutavad hekseldis kaks tegurit: sööterullide kiirus ja löiketrumlil olevate nugade arv. Heksli pikkuse vähendamiseks peab juht vähendama sööterullide kiirust, mis suunavad materjali löikurisse. Kiirustavad hekseldijuhid kipuvad mõnel juhul söödet kiirendama, et kogutav haljasmass läbiks silokombaini kiiremini ja saavutada seega suurem hektaritootlikkus. Siis võib heksel jääda optimaalsest pikemaks. Sel juhul oleks ainus alternatiiv lisada löiketrumlile rohkem nuge, mis aga ei pruugi olla tehniliselt võimalik.

Mõni silokombainitootja pakub lähisinfrapuna (NIR) spektroskoopi, mis mõõdab reaajas (muuhulgas) silokombaini poolt kogutava haljasmassi saagikust ja kuivainesisaldust ning salvestab andmed. NIR-seadme kasutamisel saab heksli pikkust reguleerida automaatselt vastavalt mõõdetud kuivainesisaldusele.

9.9. Silokindlustuslisandite kasutamine

Üheks võimaluseks sileerimisprotsessi suunata on kasutada silokindlustuslisandeid. Sellelega vähendatakse riske sööda valmistamisel, hoiustamisel ning söötmisel. Silokindlustuslisand on aine, mille lisamisega silotoormele soodustatakse piimhappelist fermentatsiooni ja/või takistatakse taimse materjaliga hoidlasse sattunud soovimatute mikroorganismide toimet. Selle tulemusena silotoore sileerub, silohoidla avamise järgne isekuumenemise risk väheneb, silos säilib enam toitaineid ning silo säilimise aeg pikeneb (Kass et al. 2021).

Silokindlustuslisand lisatakse silotoormele põllul koristamise käigus. Selleks vajalik annusti koos pihustite ja mahutiga paigaldatakse haagiskogurile, presskogurile või liikurhekseldile. Pihustid tuleks paigutada koristustehnikale nii, et tagada silokindlustuslisandi võimalikult ühtlane annustamine haljasmassile.

Enne silohooaja algust tuleb annusti paak, voolikusüsteem ja pihustid korralikult läbi pesta. Ilmse saastumisega ja kaheldava töökindlusega osad on vaja puhastada või uute vastu vahetada. Seadme annustamise täpsust tuleb kontrollida (kalibreerida) ja vajadusel seadistada. Silokindlustuslisandi annustamiskogus peab vastama lisandi tootja soovitudele. Pihustid kipuvad ummistuma, seega tuleb nende töökorras olekut kontrollida korduvalt igal kasutamispäeval. Silokindlustuslisandi vahetumisel, niidetevahelistel vms pikematel silotootmise pausidel ja hooaja lõppedes tuleb kogu annustamissüsteem uuesti korralikult läbi pesta, et vältida saastumist.

Kui silokindlustuslisandina kasutatakse hapet, tuleb alati kasutada happekindlaid annustamisseadmeid. Alati tuleb järgida lisandi ohutuskaardil toodud eeskirju ja kasutada asjakohaseid kaitsevahendeid.

9.10. Rohumassi kogumine ja vedu rohumalt

Sileerimiseks kasutatav rohumass kogutakse vaaludest kokku ja veetakse silo hoiukohta. Selleks on erinevaid tehnoloogilisi võimalusi. Haljassööta saab koristada põllult niidukhekseldiga, haakehekseldiga, haagiskoguriga ja liikurhekseldiga või rullisilo tehnoloogiat kasutades. (joonis 9.6 ja 9.7) (Kass *et al.*, 2021).

- » Niidukhekseldi tööprotsess hõlmab silokultuuri niitmist, selle samaaegset hekseldamist ja veokile laadimist sama masinaga.
- » Haakehekseldi ja liikurhekseldi tööprotsess hõlmab silotoorme kogumist vaaludest, samaaegset hekseldamist ja veokile laadimist.
- » Haagiskogur kogub silotoorme vaalust, hekseldab ja laadib oma veoseruumi, misjärel veab ning laadib silotoorme silohoidlasse.

- » Rullisilo tootmisel kasutatav presskogur on seade, mis kogub silotoorme vaalust üles ning hekseldab ja pressib selle rullideks. Silorullid kiletatakse seejärel kas kohe samal masinal või esimesel võimalusel eraldi pallimähkuriga.

Koristatava silotoorme kogumine põllult, vedu ja mahalaadimine hoiustamiskohta peaks toimuma kiiresti, et sileeritava materjali kokkupuude õhuga oleks võimalikult lühiajaline. Koristustehnika jõudlus ning veo- võimekus peavad olema tasakaalus tallamisega hoidlas. Näiteks, kui haljasmassi saak on suur või vahemaa põllult hoidlasse pikk ja veomasinaid pole piisavalt, siis tekivad põllult kogumise protsessi pausid, koristustehnika jõudlus jääb realiseerimata ning silotoore jääb põllule kauemaks kui optimaalne. Liiga suure veokauguse korral tuleks kaaluda silo hoiustamist põllule lähemal, sest tunde veokis veetnud haljasmass hakkab kiiresti riknema ja läheb kuumaks. Silokultuuride kasvatamiseks rajatavad põllud võiks kavadada lauda või sobiliku vahehoidla ümbrusesse. Samuti peab arvestama, et hoidlasse ei toodaks rohkem silotooret, kui seda tallata jõutakse. Eeskätt tallamise võimekuse järgi tulekski korraldada silotoorme koristamist ja transporti. Udall (2023) soovitab ühekorraga hoidlasse lisatava silotoorme kihi tüseduseks mitte üle 15 cm.

Silotoorme koristamisel ja veol ei tohi see saastuda, nagu ei tohiks ka veok rikkuda juba hoidlas olevat haljasmassi. Õli, määrdeained jms ei tohi sattuda silotoorme hulka ei põllul, veol ega hoidlas tallamisel. Põllul peaks vältima koristus- ja veotehnikaga vaaludest üle sõitmist. Samuti ei tohi määrdunud rehvidega hoidlasse sõita. Ladustamiskoha esine ala tuleb hoida puhtana, vastasel juhul saastatakse silo mullaga, mis võib kaasa tuua mittesooitud fermentatsiooni ja silo riknemise. Vajadusel tuleb mullale/kamarale rajatava silovirna juurdepääsuteed katta sobiliku materjaliga

kandevõime parandamiseks ja saastumise vähendamiseks (hake, väheväärtuslik rohumass, kruus vms käepärane ja pinda mittekahjustav piisavat kandevõimet pakkuv odav ja kättesaadav materjal). Iga tööpäeva lõpus tuleks koristustehnika ja haagised puhastada masinatele jäänud taimsest materjalist, sest need hakkavad kiiresti riknema ja saastavad järgmisel päeval esimesi haljasmassikoormaid. Muld, sõnnik, läga ja eelmise päeva haljasmassijäägid masinatel sisaldavad suures arvu silo riknemist põhjustavaid mikroorganisme, mistõttu tuleb nende sattumist silo sisse igal võimalusel vältida.

Koristamise käigus peavad kõik traktoristid tagama silotoorme kadudeta koristamise: vaalus olev materjal peab jõudma veokiga hoidlasse, mitte lendama tagasi põllu pinnale. Hädalukorras võib koristatud haljasmassi kasutada põlluletekinud rööbaste katmiseks, kui ringsõitmise võimalus puudub. Lahtise haljasmassi ja kiletatud silorullilide vedu peab toimuma ohutult. Silorullide kattekiles olevad katkised kohad tuleb ladustamise käigus kohe sulgeda silokilede parandamiseks ettenähtud teibiga (Kerins, 2021).

9.11. Rullisilo valmistamine

Rullisilo tegemisel kasutatakse presskogurit ja kiletusmasinat ehk kiletajat. Rullisilo presskogurid saab jaotada rihm-, rullik- (ka valts-) ja kettliist- (ka konveier-) rullpressideks, mis omakorda võivad olla nii püsiva kui ka muutuva suurusega presskambriga. (Kass *et al.* 2021).

Vaalust kogutud haljasmassi suunatakse presskambris rullikute ja rihmade abil, et moodustuksid tiheda südamikuga taimeruloonid. Kui ruloon on kogu ulatuses hästi tihendatud, siis peab see vastu kordvale teisaldamisele ja ka sileerub paremini. Muudetav kambritehnoloogia võimaldab reguleerida ruloonide läbimõõtu 5 cm sammuga

(90-210 cm sõltuvalt mudelist), suurendamaks pressimise paindlikkust (New Holland). Rihmpressid sobivad hästi ka kuiva heina ja põhu varumiseks.

Haljasmassirullid mähitakse kiletiga spetsiaalsesse silorullide kilesse, et tagada rulli sees haljasmassi kvaliteetseks sileerumiseks hermeetiline ja anaeroobne keskkond. Kilekihte peaks rulli silinderpinnal olema vähemalt kuus. Silorullid peaksid saama kilesse mähitud võimalikult kohe pärast valmistamist. See tagada nende hermeetilisuse ja anaeroobse keskkonna ja käivitab haljasmassi hea kvaliteediga sileerumise. Õhutemperatuuril üle 15 °C võib haljasmassi kvaliteet mikroorganismide aktiivsuse suurenemise tõttu kiiresti halveneda. Vaid haljasmassi piisav kokkusurumine pressimisel ja rullide kohene kiletamine garanteerib rullisilo hea säilivuse ja söödakvaliteedi (Göweil, 2025).

Turul on ka presskiletajad, kus presskogur ja kiletaja on ühendatud üheks masinaks (joonis 9.8).

Masin jätab kiletatud silorullid põllule sinna, kus kiletamine lõppes, ning sealt teisaldatakse rullid tõstuki ja rullikäru abil ladustamiskohta kas põllu servas või farmi läheduses.



Rohumassi vaalutab, kogub vaalust, pressib rulliks ja mähib kilesse üks agregaat.

Foto Raivo Vettik

Pressid jagunevad liikuvateks ja paikseteks. Liikuvad pressid on traktoriga järelveetavad ning koguvad haljasmassi vaaludest sõidu ajal. Paiksed pressid töötavad traktori jõul, kuid asuvad rohumaal ühes kindlas asukohas. Haljasmass veetakse põllul pressi juurde veokiga, mis tühjendab oma mahuti pressi laadimiskambrisse. Haljasmassi õige kuivainesisaldus on ülioluline, et saavutada tihedad ja sümmeetrilise vormiga silorullid. Väga kuivade materjalide puhul saab veepihusti abil niiskust otse presskambrisse lisada (Göweil, 2025).

9.12. Sööda koristustehnoloogiad: täpsus ja automatiseerimine

Tänapäeval on traktorid, niidukid, koristusmasinad, pressid ja muud seadmed oluliselt muutnud haljasmassi koristamise protsessi, muutes selle tõhusamaks ja seeläbi majanduslikult tasuvamaks.

Praegu on väga levinud liikurkogurid, mis on varustatud teritusautomaatide ja GPS-süs-

teemidega. Need võimaldavad sööta efektiivsemalt töödelda, tagades sobiva heksli suuruse ja toitainete säilimise.

Uuendused koristustehnoloogiates keskenduvad täpsusele ja automatiseerimisele. Anduripõhised süsteemid võimaldavad reaajas koguda andmeid kuivainesisalduse ja saagikuse kohta, et teha kiireid kohandusi ning toota silo tõhusalt ja kvaliteetselt.

Autonoomsed koristusmasinad ja robotseadmed aitavad vähendada tööjõuvajadust ja parandada töö täpsust. Selle eelduseks on aga nende süsteemide töökindlus muutuvates oludes.

Täppistehnoloogiate ja automatiseerimise kasutuselevõtt võib märkimisväärselt parandada silotoorme koristamise tõhusust. Seda on võimalik saavutada seadmete lõimimise, GPS-juhitavate süsteemide, robotiseerimise ja anduripõhiste algoritmide abil, mis võimaldavad põllumeestel olla tõhusamad, jätkusuutlikumad ning majanduslikult tasuvad.

Keskkonnamõju

Koristusmasinate energiaallikaks on enamasti fossiilkütus, mille heitgaasid suurendavad kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni atmosfääris. Lisaks võib raskete koristusmasinate korduv liikumine samal põllul põhjustada liigset pinnase tihenemist, mis vähendab mulla õhustatust ja vee imbumist pinnasesse, kahjustades seetõttu mulla seisundit.

Täppispõllunduse tööriistade, taastuenergiaallikate ja väiksema tallamismõjuga masinate kasutamine leevendab koristustehnoloogiate kahjulikku keskkonnamõju.

Võtted kasvuhoonegaaside heitmete vähendamiseks silotoorme koristamisel:

- » Vältige haljasmassi koristamisel liigset tegevusi.
- » Koristus peaks eelistatult toimuma ilmastikutingimustes, mis soodustavad silotoorme madalat niiskussisaldust ja aitavad seega tarbetut vee vedu vältida.
- » Masinad peavad olema heas seisukorras ja õigesti seadistatud, et vähendada asjatut kütusekulu ning heitgaaside teket.

- » Masinatega töötavad inimesed peaksid olema koolitatud ja motiveeritud leidma ning kasutama optimaalseid tööviise ning liikumismarsuute rohumaadel ja teedel, et vähendada koristustöödega seotud kütusekulu ja seeläbi heitgaaside teket.
- » Rehvirõhu seadesüsteemid on vajalikud. Kasutage teedel kõrge rehvirõhuga seadmeid, et vähendada liikumistakistust ning seega ka kütusekulu ja heitgaaside emissiooni. Kasutage põllul liikudes vähimat lubatud rehvirõhku, et vähendada mulla ja kamara kahjustamist.

9.13. Rohumaa mulla tihenemise vähendamine saagikoristuse ajal

Looduslik mullapoorsus võimaldab vee ja hapniku liikumist mullas, mis on taimede juurestikule eluliselt oluline. Mulla tihendamine surub poorid kokku, mistõttu suudab muld siduda vähem vett ja toitaineid ning halveneb gaasivahetus, kahjustades seeläbi rohu kasvu. Mulla tihenemine ning rohukasvu ja saagikuse vähenemine on omavahel tugevas seoses (Kuhn, 2023).

Mulla tihenemine on probleem, mida on keeruline tagasi pöörata, seetõttu on ennetamine alati parem kui tagajärgede likvideerimine. Tihendamise leevendamiseks tuleb vajadusel teha sügavharimist, kuid see võib kahjustada mulla loomuliku struktuuri ja on väga energiamahukas.

Seetõttu on parem tihenemist ennetada kui hiljem selle tagajärgedega tegeleda.

- » Põllul töötades võiks muld olla piisavalt kuiv. Kuna see pole alati võimalik, on oluline hoolikalt läbi mõelda, millist tehnikat kasutatakse. Töökordade arvu piiramine ja nende ühendamine (näiteks rullimine ja mähkimine) vähendab mulla tihendamise riski. Äsja kiletatud silorullide võimalikult kiiresti põlluservale viimine

vähendab vajadust põllul rulle koguda siis, kui on suurem vihmaste ilmade ja kõrgema mullaniiskuse risk. Vastupidisel juhul – kui enne vihma ei jõutud silorulle vaheladustusalale viia, tasub pigem oodata põllu tahenemist.

- » Pinnase tihendamise mõju vähendamiseks on oluline minimeerida masina ja haakeriista kaalu ning võimalusel vähendada rehvirõhku. Kerge masin koos haagitava töövahendiga on parim lahendus. Masinal võiks olla võimalikult väike mass iga rehvi kohta.
- » Kergemate masinate rehvirõhku saab põllul veelgi vähendada. Tutvu rehvitootja rõhutabeliga. Lisatelje lisamine võimaldab rehvirõhku veelgi alandada. Optimaalse rehvirõhu korral (soovitavalt alla 1 baari) mullale avaldub erisurve (ehk mass cm^2 kohta) ei suurene, kui rullikamber täitub rohumassiga või kui silorull asub kiletajas. Masina massi suurenemisel vajub rehvi lamedamaks, jagades koormuse laiemale pinnale. See vähendab rohumaat kahjustusi.

Kui haljasmassiveok liigub nii põllul kui ka teel, on soovitatav kasutada veokit, mille rehvirõhku saab muuta. Nii on võimalik rohumaal liikumiseks rõhku langetada ja teel sõitmiseks rõhku tõsta.

Silotoorme koristusega seotud ohtude vä-

hendamist ulukite jaoks on kirjeldatud punktis 9.5 „Rohumaa ettevalmistamine saagikoristuseks“.

9.14. Silosööda koristamise sotsiaalsed aspektid

Silotooret koristatakse Eestis 3-4 korda aastas, alustades mai keskelt ja jätkates ligikaudu 30-päevaste vahemikega. Iga koristusperiood vältab umbes 10 päeva. Lisaks toimub maisi koristamine, mis reeglina algab Eestis septembrikuu keskpaigast.

Koristusperioodid on enamasti väga intensiivsed ja need mõjutavad:

- » üldist liiklust rohumaaade ja silohoidlate vahel – teedel on suhteliselt aeglaselt liikuvad suured ja rasked koristusmasinad ning transpordihagised, lisaks võivad need teedele rehvidega mulda tuua ja masinatelt võib haljasmassi variseda;
- » majapidamisi rohumaaade, teede ja silohoidlate läheduses - koristustööd tekitavad müra, kuiva ja tuulise ilma korral ka tolmu.

Lisaks võib välja tuua järgmised sotsiaalsed aspektid:

- » maastiku mitmekesisustumine ajas ja ruumis. Rohumaadel muutub silotoorme koristuse tõttu värvitoon (koristuse järel mõni nädal heledam roheline tumedama asemel) ning tekivad lühiajaliselt esinevad mustrid, näiteks rohumassi vaalud ja silorullid, mis kaovad mõne päevaga;
- » teede äärde ladustatud silorulle kasutatakse ühiskonnale sõnumite edastamiseks kile värvi, piltide või tekstide abil;
- » inimestel, kes ei tegele silo tootmisega, tekib kokkupuude silotoorme koristustehnoloogiate, -masinate ja -praktikatega. Soovitatav on varustada koristusseadmete suured välispinnad või silorullid sõnumitega nagu „Siit tuleb piimalehmade sööt“, „Siit tuleb veiste sööt“, „Meie toodame piima“, „Meie toodame veiseliha“ jne. See aitab neil inimestel paremini mõista, kuidas liikluses ja põldudel toimetav silokoristustehnika nendega suhestub.

Peamised järeldused

- » Nüüdisaegse masinapargi rakendamine silotoorme koristusel toetab veisekasvatuse pikaajalist jätkusuutlikkust ja tasuvust.
- » Tõhusa koristustehnoloogia oskuslik kasutamine aitab toota kvaliteetset silo.
- » Õigel ajal koristamine on oluline, et saada silotoormest optimaalne saak ja et toitained säiliks.
- » Sujuvale ja tõhusale silotoorme koristusele aitab kaasa kvalifitseeritud tööjõud, heas seisukorras ja õigesti seadistatud masinad ning hea töö organiseerimine.
- » Täppispõllunduse tehnoloogiad aitavad silotoorme koristamist tõhusamaks muuta ja ressursside raiskamist vähendada.
- » Silotoorme koristamist aitavad keskkonnahoidlikumaks muuta vähetallavate masinate rakendamine, taastuvenergia kasutamine ja mullasõbralikud töövõtted.

Kasutatud allikad

AS-Motor. AS-Motor Disc mowers.

Beatty, C. 2018. Tips for making good quality baled silage. Teagasc - the Agriculture and Food Development Authority.

Bender, A. 2006, 1. Eritüübiliste rohumaaade rajamine ja kasutamine, I osa. 2006. Taru Ülikooli kirjastus. 2006., 1 - 340 lk.

Bender, A. 2006, 2. Eritüübiliste rohumaaade rajamine ja kasutamine, II osa. 2006. Taru Ülikooli kirjastus. 2006., 341 -756 lk.

Bonsilage. 2025. Der richtige Schnitzeitpunkt entscheidet über die Silagequalität.

eAGFF. eAGFF - Fachwissen im Futterbau. Die Wissensplattform der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus. 3.5 Wiesen für das Mähen vorbereiten. https://www.eagff.ch/files/images/bilder/Raufutter_konservieren/Kap_G2/G2_Seiten_28-31_aus_L2_I_A6.1_d_170614_UEbersicht.pdf

Fortuna, V. 1985. Masinapargi ekspluatatsioon. Tln Valgus. 1985, 376 lk.

Friedrichsen, A. 2021. How fast is too fast? Hay and Forage Grower.

Geminal. 2025. How to make grass silage.

Goodwin, M. 2017. When is a Disc Mower the Right Choice for your Operation? <https://tractortoolsdirect.com/blog/when-is-a-disc-mower-the-right-choice-for-your-operation/>

Goodwin, M. 2017a. When is a Sickle Bar Mower the Right Choice for your Operation? <https://tractortoolsdirect.com/blog/when-is-a-sickle-bar-mower-the-right-choice-for-your-operation/>

Goodwin, M. 2017b. When is a drum mower the right choice for your operation? <https://tractortoolsdirect.com/blog/when-is-a-drum-mower-the-right-choice-for-your-operation/>

Goodwin, M. 2023. Drum Mowers vs Sickle Bar Mowers: Drum Mowers Win!

Göweil. 2025. Silage baler. LT-Master F115 | Baler-wrapper combination. Göweil Maschinenbau GmbH.

Kass, M., Olt, A. ja Ots, M. 2021. Ohutu sööda tootmise hea tava juhend. Eesti Maaülikool. https://www.pikk.ee/wp-content/uploads/2021/11/Ohutu_sooda_tootmise_hea_tava_juhend_2021.pdf

Kerins, N., 2021. Silage time on drystock farms. Teagasc. 14.06.2021.

Kuhn. 2023. Less soil compaction on grassland. Kuhn Center Ireland. <https://kuhncenter.ie/less-soil-compaction-on-grassland/>

Machinefinder. Mower Conditioners: What Are They, & How Are They Operated? John Deere. <https://blog.machinefinder.com/33478/mower-conditioners-what-are-they-how-are-they-operated>

Nash, J. How fast can you mow? The Silage Consultant.

Nash, J. 2. How to set the conditioner for better grass silage?

Nash, J. 3. The Effect of Silage Chop Length New Holland. Roll-Belt 150 | Roll-Belt 180.

Olt, J. 2015. Põllumajandustehnika I. Põllumajandusmasinad. Õpik kõrgkoolile. Eesti Maaülikool. Kuma Print. 208 lk.

Silage Note 4. 2008. Selecting pastures and crops for silage production. Topfodder Silage project by NSW DPI and Dairy Australia.

Siromer. When is a drum mower the right choice for your operation?

Styron. 2023. When is a Sickle Bar Mower the Right Choice? Styron Ag Parts & Equipment.

Udall, E. 2023. Making good grass silage - back to basics. AHDB. <https://ahdb.org.uk/news/making-good-grass-silage-back-to-basics>

10. Silo katmise ja ladustamise tehnoloogiad

Autorid Pēteris Dambergs (Läti), Marcia Franco (Soome)

10.1. Sissejuhatus

Tõhus silomajandus on ühtviisi oluline nii sööda kvaliteedi parendamiseks ja kadude minimeerimiseks kui ka ettevõtte tootmisressursside optimeerimiseks ning keskkonna säästmiseks. Piirkondades, kus silo ladustatakse pikalt keerulistes ilmastikutingimustes, näiteks Põhja-Euroopas, tuleb tehnoloogia valikul arvestada paljude teguritega (1). Nende hulka kuuluvad põllumajandusettevõtte suurus ja tüüp, põllukultuuride liigid, kliimatingimused, olemasolevad ressursid ning muutuva keskkonnanormid (3).

Selles peatükis käsitletakse viit peamist silo ladustamismeetodit – rulli, tunnelit, virna, tranšeed ja torni nende eeliste, puuduste, töömahukuse ja keskkonnamõju seisukohast. Meetodite tõhususe ja uuenduslikkuse väljaselgitamine aitab põllumehel teha teadlikke otsuseid, kuidas parandada silo kvaliteeti ning majandada kulutõhusalt ja keskkonda säästvalt.

10.2. Taust ja kontekst

Põhja-Euroopas on sööda säilitamine lühikesel koristusajal ja pika talve tõttu keeruline ülesanne. Oluline on säilitada silo toiteväärtus ning minimeerida riknemist. Tootjad peavad seega valima ladustamistehtnoloogia, mis sobib kõige paremini ettevõtte profiili, põllukultuuri tüübi ja keskkonnatingimustega.

Keskkonnanormid on viimastel aastatel muutunud järjest rangemaks. Põllumeestelt oodatakse kestlike tehnoloogiate kasutamist, sh plastjäätmete vähendamist, nõrgvee käitlemist ja kasvuhoonegaaside heitkoguste minimeerimist. Need nõuded on silo ladustamisviisi valimisel väga olulised, kuna igal tehnoloogial on oma keskkonnajalajalg.

10.3. Silo katmise ja ladustamise tehnoloogia

10.3.1. Rullisilo

Rullisilo valmistamine sobib oma paindlikkuse, kohandatavuse ja suhteliselt vähesel taristuvajadusega hästi väiksematele ja keskmise suurusega ettevõtetele. Üks või mitu silorulli mähitakse tihedalt kilesse, et luua fermentatsiooniprotsessi ja säilimist soodustav anaeroobne keskkond. Rullisilo peamine eelis on selle teisaldatavus. Rulle saab hoida põllul või katuse all ning vedada standardsete põllumajandusmasinatega. Lisaks saab alginvesteeringu teha ka väiketootja, kuna pole vaja soetada kallist taristut.

Rullisilo on aga keskkonna mõttes mõneti problemaatiline, sest vaja läheb suures koguses sidumisvõrku ja kilet, mille utiliseerimine on märkimisväärne väljakutse iseäranis ettevõtetele, kes püüavad jäätmeid vähendada. Lindude ja näriliste tekitatavate kahjustuste ja sööda riknemise vältimine eeldab silorullide pidevat kontrollimist.

Materjal tuleb rulliks tihedalt kokku pressida, et piirata kokkupuudet hapnikuga ning soodustada fermentatsiooniprotsessi. Rulli sulgemine mitmekihiliselt vastupidava kilega on ülioluline, samuti rullide regulaarne kontrollimine.

Kuigi rulle on lihtne teisaldada ning nende kasutus võimaldab täpset söötmist, sest söötmiseks avatakse ainult vajalik kogus rulle, on see tehnoloogia pigem töömahukas. Ressursside seisukohast pole küll vaja spetsiifilisi hoidlaid, kuid see eeldab rohkem tööd ning silo hoo likat käitlemist. Rullisilo puhul ei ole söötmise ajal tavaliselt kuumenemisega probleeme, kuna silo söödetakse kohe pärast rulli avamist. Erandiks on väikesed talud, näiteks hobusetallid, kus on vaid paar hobust ning rullisilo söõtmine võib kesta mitu päeva.

Vaatamata suurele kilehulgale (vt 8. peatükk) saab rullisilo kohandada erinevatele söödätüüpidele, kuid see ei sobi hästi suure veesisaldusega põllukultuuride ja maisisilo jaoks. Rulle tuleb kaitsta mh metsloomade tekitatavate kahjustuste eest. Riknemise vähendamise kuldreeglid on rulli korralik tihendamine, kvaliteetse kile kasutamine ja rullide regulaarne kontrollimine.

10.3.2. Tuubisilo

Tuubisilo kasutatakse peamiselt keskmise suurusega ja suurtes ettevõtetes. Mee- tood seisneb pika kiletuubi täitmises haljasmassiga ja sulgemises anaeroobse keskkonna loomiseks. Tuub sobib suurte silokoguste ladustamiseks, kusjuures kilehulk ja seega ka keskkonnasurve on rullisiloga võrreldes väiksem. Väiksemate ettevõtete puhul võib takistuseks osutuda tuubi maksumus.

Tuub jääb pärast täitmist paigale, seega tuleb selle asukohta hoolikalt valida.

Silotuubi eelis on selle kompaktsus, mis võimaldab materjali tõhusalt tihendada ja

nii hapnik kõrvaldada, mis tagab kvaliteetse fermentatsiooniprotsessi. Tuubi korralik sulgemine on äärmiselt tähtis, samuti selle asumine kuival äravoolusüsteemiga varustatud pinnal, et vältida veekahjustusi või silomahla lekkeprobleeme.

Kuigi siloga täidetud tuubi ei saa teisaldada, on söõtmine tõhus ja vähese kaoga, kuna silo võetakse välja järk-järgult. Tuubi jaoks on vaja vähem kilet, mistõttu on see keskkonnasõbralikum kui rull. Linnud ja loomad saavad aga tuubi samamoodi kahjustada nagu rulli.

Hiljutise uuendusena tarnitakse vastupidavamat ja hapnikukindlamat kilet, mis võimaldab silo tõhusamat fermentatsiooniprotsessi, ladustamist ja anaeroobset keskkonda. Tuubi kaitsmiseks metsloomade eest tuleb kasutada lisakaitset, näiteks võrke.

10.3.3. Silo virnastamine

Maapealsesse virna silo ladustamine on suurtes põllumajandusettevõtetes kulutõhus ja kohandatav ladustamismoodus. Silovirna tihendatakse, kaetakse anaeroobse keskkonna loomiseks kilega ning kindlustatakse raske materjali, näiteks rehvidega. See meetod võimaldab erinevat mahtu ja kuju, kuid eeldab hoolikat haldamist, et vältida silo riknemist.

Silovirna peamine eelis on vähene investeerimisvajadus taristusse. Mahu skaleeritavuse tõttu saab virna suurust reguleerida vastavalt koristatud sööda mahule. Tihendamine on aga töömahukas ja nõuab raskeid masinaid, et vähendada hapniku juurdepääsu võimalust. Tihendamise käigus tuleb kattekile anaeroobse keskkonna säilitamiseks korralikult kinni suruda. Kui tihendamine on ebapiisav, võib hapnikuga kokkupuude põhjustada silos olevate toitefaktorite märkimisväärset kadu, eriti virna ülemistes kihtides.

Silovirn võib tekitada keskkonnaprobleeme, eriti seoses nõrgvee äravooluga ebaõige käitlemise korral, saastades pinnast ja vett. Selle riski maandamiseks tuleb paigaldada korralik drenaažisüsteem. Võrreldes rullsiiloga kulub vähem kilet, kuid silo riknemise vältimiseks tuleb kindlasti tagada korralik tihendamine. Silovirna teisaldamine ei ole võimalik, kuid söötmiseks saab silo välja laadida viisil, et korraga puutub hapnikuga kokku minimaalne kogus.

Silovirna majandamise kuldreeglid on tihendamine, kvaliteetse kile kasutamine sulgemiseks ja katmiseks ning korralik drenaaž. Uuendused hapnikubarjääriga kile kvaliteedis on parandanud virna pealmise kihi sulgemist, mis vähendab riknemist oluliselt.

10.3.4. Silotranšee

Silotranšeesid kasutatakse suurtootmises. Need on maapinnal asuvad või poolenisti maa-alused hoidlad, mis täidetakse haljasmassiga ning seejärel kaetakse kilega. See tehnoloogia võimaldab säilitada suuri silokoguseid ja samas minimeerida materjali kokkusurumise ja tihendamise saavutatud anaeroobses keskkonnas kuivaine kadu. Võrreldes silovirnaga on tranšees riknemismäär parema hapnikukontrolli tõttu üldiselt väiksem. Hoidla ehitamine võib aga olla märkimisväärne investeering, mistõttu sobib see tehnoloogia paremini suurematele ettevõtetele.

Silotranšees on tihendamine raskete masinatega hädavajalik, et vältida nn hapnikutaskuid, mis võivad silo rikkuda. Tihendatud materjal kaetakse kilega, mida tuleb anaeroobsete tingimuste säilitamiseks kindlustada raskete esemetega. Kuigi plasti tarbimine on väiksem kui rullsiil puhul, on silohoidla katte haldamine töömahukas ning seda võivad kahjustada linnud ja teised välised tegurid.

Kile väiksema tarbimise tõttu on silotranšee keskkõnnamõju väiksem, kuid probleemiks on nõrgvee äravool. Nõuetekohane drenaaž (vt 14. peatükk) on keskkonnareostuse vältimiseks ülioluline. Silotranšeesist sööda kättesaamine ja jaotamine on teiste meetoditega võrreldes töömahukam (vt 13. peatükk) ning eeldab spetsiaalseid seadmeid, kuid võimaldab suure silovajaduse korral suuremahulist kulutõhusat ladustamist.

Hapnikutõkkele ja tihendustehnoloogia uuendused on riknemise määra silohoidlates oluliselt vähendanud, muutes need veelgi tõhusamaks.

10.3.5. Silotorn

Silotorn sobib suurte silokoguste kompaktselt ladustamiseks ja pakub eelist piiratud maa-alal. Torn võimaldab silo väga head kvaliteeti minimaalse kuivainekaoga, kuna vertikaalne disain soodustab tihendamist. Torni õhukindla keskkonna tõttu on silo riknemine minimaalne. Tihendamine toimub silo raskuse tõttu loomulikult teel, mistõttu pole selleks vaja eraldi masinaid. Torn on pealt õhukindlalt suletud.

Kuna tornis on silo tihendamiseks plastikut vaja vähe või üldse mitte, on keskkõnnamõju kilemahukate süsteemidega võrreldes väiksem. Silotorni ehitamise ja hooldamise kulu on aga suur ning nii torni täitmiseks kui ka sööda väljalaadimiseks on vaja spetsiaalset tehnikat.

Torn on suurepärane hoidla silo riknemise vältimiseks, kuid rajatise edasimüügiväärtus ja ajaline vastupidavus on olulised tegurid, mida pikaajalist lahendust otsivad tootjad kaaluma peaksid. Tornis on vähem võimalusi mitmekesise söödamaterjali hoiustamiseks ning see sobib peamiselt suure veesisaldusega põllukultuuride jaoks.

Silotorni kasutamise kuldreeglid on nõuetekohane tihendamine ja sulgemine, spetsiaalsete söödajaoturite kasutamine ning süsteemi regulaarne kontrollimine. Silotorni uuendused,

näiteks paremad silo laadimismehhanismid ja täiustatud tihendustehnoloogiad on vähendanud tööjõukulu ja muutnud torni üldiselt efektiivsemaks.

Peamised järeldused

- » Iga tehnoloogia - rullisilo, tuubisilo, virnastamine, tranšee või silotorn - on oma eeliste, puuduste ja keskkonnamõjuga.
- » Põllumajandustootjad peavad silohoidla valimisel arvestama erinevaid tegureid nagu ettevõtte suurus, põllukultuuri tüüp, olemasolevad ressursid ja keskkonnanormid.
- » Uuendatud hapnikutõkkekile ja tihendustehnoloogia vähendavad silo riknemist ja minimeerivad kadu.
- » Iga meetodi efekt silo kvaliteedi tõstmisel ja keskkonnajalajälje vähendamisel sõltub silohoidla nõuetekohasest tihendamisest, katmisest ja regulaarsest kontrollimisest.

10.4. Kokkuvõte

Igal silo ladustamise tehnoloogial on oma eelised ja puudused. Rullisilo on paindlik, kuid plastiku kasutamise tõttu kaasneb suur keskkonnakulu. Silotuub võimaldab silo kvaliteetselt ladustada, kuid eeldab märkimisväärsed investeeringuid seadmete soetamisel. Silo virnastamine on kulutõhus, kuid nõuab korralikku hooldamist, et silo ei rikneks ja ei reostaks keskkonda. Tranšee vastab väga hästi suurtootja vajadustele, kuid nõuab palju tööjõudu ja vastavaid rajatisi. Silotornis saab tõhusalt välistada õhu juurdepääsu, kuid see tehnoloogia sobib eelkõige spetsialiseerunud suurettevõttele.

Kasutatud allikad

1) Bernardes, T. F., Daniel, J. L. P., Adesogan, A. T., McAllister, T. A., Drouin, P., Nussio, L. G., Huhtanen, P., Tremblay, G. F., Bélanger, G., & Cai, Y. (2018). Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*, 101(5),

4001-4019.

2) Scottish Executive. (2005). *Prevention of Environmental Pollution from Agricultural Activity: A Code of Good Practice*. Scottish Executive. ISBN: 0-7559-4106-3.

3) <file:///C:/Users/peteris.dambergs/Downloads/ManagingSilageSeptember2024.PDF> Environment Canterbury. (2024, September). *Managing silage: Growing and storing silage and bale silage*. Retrieved from

4) Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives, Agriculture and Agri-Food Canada, & Manitoba Forage Council. (2008, February). *Managing baled silage: Techniques and comparisons with chopped silage*. Retrieved from

5) Jennings, J. (2011). *Baled Silage for Livestock: FSA3051*. University of Arkansas Cooperative Extension Service. Retrieved from

6) Amaral-Phillips, D. M., Roy, N., Lee, C., & Lehmkuhler, J. (2024). *Practical Corn Silage Harvest and Storage Guide for Cattle Producers*. University of Kentucky Cooperative Extension Service. Retrieved from Ivanovs, S., Gach, S., & Skonieczny, I. (2011, May).

7) Investigation into film consumption for

sealing square silage bales. Engineering for Rural Development. Jelgava, Latvia University of Agriculture.

8) Saxe, C. (2007). Managing Forage in Silo Bags. University of Wisconsin Extension, Focus on Forage, Vol 9: No. 2. Retrieved from

9) Borreani, G., Tabacco, E., & Cavallarin, L. (2007). A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. *Journal of Dairy Science*, 90(10), 4701-4706.

10) Dolci, P., Tabacco, E., Cocolin, L., & Borreani, G. (2011). Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(21), 7499-7507.

11) Pruteanu, A., Vanghele, N., Cujbescu, D., Nitu, M., & Gageanu, I. (2023, May). Review of effectiveness of visual and auditory bird scaring techniques in agriculture. *Engineering for Rural Development*, 22, 275-281. Jelgava: International Scientific Conference Engineering for Rural Development. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF056

12) Tan, F., & Dalmis, I. S. (2019). Compaction pressure and density profile

in pile-type silos. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 2745-2754.

13) Roach, J. M., & Kammel, D. W. (1990). Drive-Over Silage Pile Construction. University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension. A3511. Available from *Agricultural Bulletin*, University of Wisconsin-Madison.

14) Bolton, K., & Holmes, B. J. (1990). Management of Bunker Silos and Silage Piles. University of Wisconsin-Extension. Retrieved from

15) Amaral-Phillips, D. M. (2024). Bunker Silo and Drive-Over Silage Pile Management. University of Kentucky Cooperative Extension. Retrieved from

16) Holmes, B. J. (2000). Managing Forage in Tower Silos. University of Wisconsin-Madison, Biological Systems Engineering Department. Retrieved from

17) Holmes, B. J. (1998). Choosing Forage Storage Facilities. Prepared for Dairy Feeding Systems Management, Components, and Nutrients (NRAES-116). Cornell University, Ithaca, NY.

11. Fermentatsioon.

Kuidas saada kvaliteetne silo?

Autorid Marcia Franco, Marketta Rinne (Soome), Andres Olt (Eesti), Ieva Krakopa (Läti)

Sileerimine on maailmas levinud sööda säilitamise meetod, kusjuures ülioluline on õige fermentatsiooniprotsess.

Kvaliteedi saavutamiseks tuleb hoolikalt järgida silo valmistamise põhimõtteid.

11.1. Sööda omadused

Söödakultuuri liik ja selle keemilised omadused mõjutavad silo kvaliteeti. Olulisimad aspektid on kuivaine (või vee) ja veeslahustuvate süsivesikute (mittestruktuursete süsivesikute ehk suhkru) sisaldus ja puhverdusvõime.

a) Sööda kuivainesisaldus mõjutab fermentatsiooniprotsessi kiirust ja ulatust, kuna niiskus mõjutab biomassi mikroobide aktiivsust. Kuivainesisaldus on negatiivses korrelatsioonis silos tekkivate mahlakadudega, seega mida suurem on kuivainesisaldus, seda väiksem on silost eralduva vee hulk. McDonald jt (1991) on leidnud, et 25-30% või suurema kuivainesisaldusega sileeritud silokultuuridel on vee eraldumine väga väike.

b) Veeslahustuvad süsivesikud on ühendid (peamiselt suhkrud), mida fermenteerivad piimhappebakterid, muundades need piimhappeks. EFSA (2018) andmetel liigitatakse söödad, mille veeslahustuvate süsivesikute sisaldus haljasmassis on üle 3%, kergesti

sileeritavaks, sisaldusega 1,5-3,0% mõõdukalt raskesti sileeritavaks ning alla 1,5% raskesti sileeritavaks.

c) Sööda puhverdusvõime määravad keemilised ühendid – puhvrid –, mis pärivad fermentatsiooniprotsessis pH-taseme muutust. See on oluline, kuna kiire pH langus on vajalik, et suruda alla mittesoovitud mikroorganismide aktiivsus ja soodustada piimhappebakterite kasvu. Puhverdavad ained nagu proteiin ja mineraalid neutraliseerivad silos sisalduvaid happeid, pärssides ja aeglustades sel moel pH-taseme langust, luues sobiva kasvukeskkonna ebasobivatele bakteritele. Taimse materjali suur veesisaldus (kuivainesisaldus alla 20%) suurendab puhverdusvõimet, sest veekeskkonnas lahjenevad käärimisel tekkinud happed, pH-taseme langus aeglustub ning taimsete komponentide, näiteks orgaaniliste hapete ja mineraalide lahustuvus suureneb. Soovimatute mikroorganismide pärssimiseks ning silo säilumist toetavate piimhappebakterite kasvu soodustamiseks on vajalik pH-taseme kiire langus. Puhverdusvõime väheneb väiksema veesisalduse korral. Taimeliigiti on puhverdusvõime erinev – liblikõielistel heintaimedel on see reeglina suurem kui kõrrelistel, seega tuleb liblikõielisterikkast materjalist valmistatud silo säilitamisel sellele eraldi tähelepanu pöörata.

Kuidas hinnatakse sööda sileeritavust? Eelnevalt kirjeldatud kolme parameetri põhjal koostasid Pahlow ja Weissbach (1999) fermenteeritavuse koefitsiendi võrrandi:

$$\text{Fermenteeritavuse koefitsient} = \text{kuivaine} + 8 \times \frac{\text{veeslahustuvad süsivesikud}}{\text{puhverdusvõime}}$$

Võrrandis kasutatavad ühikud on järgmised: kuivaine (% söödas); veeslahustuvad süsivesikud (% kuivaines); puhverdusvõime (g piimhapet / 100 g kuivaine kohta). Sööta, mille fermenteeritavuse koefitsient on < 35, liigitatakse raskesti sileeritavaks ja nõuab hoolikat käitlemist, et saada kvaliteetne silo. Sööta fermenteeritavuse koefitsiendiga vahemikus 35-45 peetakse keskmise kvaliteediga söödaks. Haljasmass koefitsiendiga > 45 fermenteerub sileerimise ajal kergesti (Tabel 1).

Tabel 1. Praktiline näide raskesti (kultuur 1), mõõdukalt raskesti (kultuur 2) ja kergesti sileeritavatest (kultuur 3) põllukultuuridest.

Ühendid	Kul- tuur 1	Kul- tuur 2	Kul- tuur 3
Kuivainesisaldus, % haljasmassis	20	25	30
Veeslahustuvad süsivesikud (suhkrud), % kuivaines	10	12	14
Puhverdusvõime, g piimhapet / 100 g kuivaines	6,5	6,0	5,5
Fermenteeritavuse koefitsient	32	41	50

Siin on hüpoteetilised stsenaariumid, mille korral vastavalt kuivaine ja veeslahustuvate süsivesikute sisaldusele varieerub fermenteeritavuse koefitsient puhverdusvõime funktsioonina, kui see on 5 (stsenaarium 1) või 7 (stsenaarium 2).

Stsenaarium 1

KA	FK, kui PV = 5				
33	47	52	57	62	
28	42	47	52	57	
23	37	42	47	52	
18	32	37	42	47	
	9	12	15	18	VLSV

Stsenaarium 2

KA	FK, kui PV = 7				
33	43	47	50	54	
28	38	42	45	49	
23	33	37	40	44	
18	28	32	35	39	
	9	12	15	18	VLSV

KA: haljasmassi kuivaine %; FK: fermenteeritavuse koefitsient; PV: puhverdusvõime, g piimhapet / 100 g kuivaine kohta; VLSV: veeslahustuvad süsivesikud (suhkrud), % kuivaine massist. Punasest madalast fermenteeritavuse koefitsiendist rohelise kvaliteetse fermenteeritavuse koefitsiendini.

Tabelist nähtub, et fermenteeritavuse koefitsient on sobiv parameeter sööda sileerimise hindamiseks, sest näitab sööda fermentatsiooni potentsiaali. Kahjuks mõõdavad igapäevaselt vaid vähesed laborid puhverdusvõimet, mis on fermenteeritavuse koefitsiendi arvutamise üks põhiparameeter.

Selle piirangu tõttu on sööda sileerimise hindamise alternatiivne ja mugavam lähene-misviis toorproteiini ja kuivaine suhe, mis annab lihtsa ja suhteliselt kergesti mõõdetava näitaja selle kohta, kui kerge on fermentatsiooniprotsess. Seega saab toorproteiini ja kuivaine suhte abil määrata sööda sileerimise lihtsuse või raskuse.

- Suhe 0,4-0,5 näitab, et sööta on lihtne sileerida.
- Suhe 0,5-0,7 viitab mõõdukale sileerimisele.
- Suhe 0,7-0,9 tähendab, et sööta on raske sileerida.
- Suhtarv üle 0,9 tähendab, et sööt ei sobi sileerimiseks.

See meetod on praktiline ja laialdaselt kasutatav alternatiiv haljasmassi sileerita-

vuse hindamiseks, eriti olukorras, kus puhverdusvõime mõõtmine pole võimalik. Silo tootmisega seotud otsustusprotsessides saab söödamaterjali selle meetodiga kiiresti ja ligikaudselt hinnata.

11.2. Saagi koristamise ja sileerimise korraldamine

Sööda koristamise ja sileerimise peamine eesmärk on säilitada koristatud saagi niitmise aegne kogus ja kvaliteet nii palju kui võimalik. Sööda säilitamise kvalitatiivne ja kvantitatiivne osakaal sõltub mitmest tegurist.

- a. Niiduki efektiivsusel on suur mõju silo tootmisele. Oluline on vältida niitmisperioodi pikendavaid tegureid, näiteks nürde teradega või väikese võimsusega niidukeid. Majanduslikult on sageli kasulikum palgata sobiva masinapargiga alltöövõtja.
- b. Ideaalne niitmiskõrgus sõltub söodakultuuri tüübist, saagikusest ja ädala kasvupotentsiaalist, mistõttu tuleb neid igal põllul eraldi hinnata. Tähtis on ka rohumaa profiil ja üldine kvaliteet, kuna ebatasase pinna või halva kvaliteediga rohu korral tuleb niitmiskõrgust kohandada, et vältida seadmete kahjustamist ning tagada ädala ühtlane kasv. Liiga madalalt niitmine võib aeglustada ädala kasvukiirust, vähendada saagikust ja suurendada sööda saastumist mulla ja sõnnikuga. Seega tuleb sööda tõhusa kasutamise ja rohumaa pikaajalise tootlikkuse säilitamiseks hinnata optimaalset niitmiskõrgust igal rohumaal eraldi ja arvestada nii keskkonna- kui ka agronoomilisi tegureid. Soovitav optimaalne niitmiskõrguse vahemik on kõrrelistel 8–10 cm, liblikõielistel 8–12 cm, teraviljal 10–15 cm ja maisil üle 20 cm, et tagada tasakaal saagikuse, kvaliteedi ja ädala kasvupotentsiaali vahel, minimeerides samal ajal mullaga saastumist ja optimeerides silo fermentatsiooni.
- c. Närvutamine on protsess, mille käigus osa

niidetud massi niiskusest aurustub põllul enne koristamist ning kuivainesisaldus tõuseb säilitamiseks vajalikule tasemele. Närbumine parandab sööda sileeritavust, suurendab suhkrute kontsentratsiooni, vähendab veesisaldust ning pärsib soovimatute mikroorganismide (nt klostriidide) aktiivsust. Närbumine ei tohiks kesta kauem kui 48 tundi. Mida pikem on närvutamisperiood, seda suurem on kuivainesisalduse ja kvaliteedi kadude tõenäosus, samuti sajuvõimalus. Ilmastikutingimusi (nt tuul, temperatuur, vihm) tuleb silo valmistamise hooajal pidevalt jälgida, sest need mõjutavad otseselt närbumise kiirust. Mehaanilised tegurid, nagu kaarutamine ja vaalutamine, on närbumise ajal samuti olulised. Niitmismeetod, kas vaalu või laiali, mõjutab oluliselt taimede niiskusekao kiirust ja ühtlust. Muljuritega varustatud niidukite kasutamine kiirendab närbumisprotsessi, sest purustab taimset materjali, millega suureneb vee aurustumise pind. Kaarutamine on närbumise soodustamiseks väga tõhus, sest niide jaotatakse ühtlaselt laiali, mistõttu pääsevad päikesevalgus ja õhk sellele ühtlaselt ligi. Nende meetoditega saab närbumisprotsessi tõhustada, mis omakorda parandab silo kvaliteeti ja säilivust.

- d. Heksli pikkus peaks vastama sööda kiusisaldusele ning samas peaksid osakesed olema piisavalt väikesed, et silo saaks hästi tihendada ja õhku eemaldada. Kõrreliste ja liblikõieliste heintaimede (nt timut, lutsern) heksli pikkus peaks olema 1–3 cm, maisi ja tervikkoristatud teraviljasilo oma 1–2 cm. Väga kuiva sööda korral soovitatakse lühikest hekslit (< 1,5 cm), et seda saaks hästi tihendada. Silo saab hästi tihendada, kui sööt on surve all kompaktne, nn õhutaskuid on minimaalselt, struktuur on ühtlane ja ilma nähtavate vahedeta, ühtlase värvuse ning meeldiva happelise lõhnaga.
- e. Silohoidla täitmine, täitmise kiirus ja silo tihendamine peab toimuma pideva protsessina kogu silo valmistamise ajal. Mida kiiremini hoidla täidetakse ja mida

tihedam on silomass, seda parem on tavaliselt tulemus. Poorsus sõltub silo tihedusest ja kuivainesisaldusest, seega põhjustab liiga kuiv sööt (kuivainesisaldus üle 45%) suuremat poorsust ja suureneb riknemisoht, kuna aeroobsetel mikroobidel on võimalus jääda aktiivseks. Hoidla tõhus katmine on kvaliteetse silo valmistamisel ja kadude vähendamisel ülioluline. Silohoidla õhukindla sulgemise tagamiseks tuleb seda teha kohe pärast täitmist, katmiseks tuleb kasutada sobivat kilet, kile omakorda tuleb katta liivakottide, rehvide või muu piisavalt raske materjaliga, samas kile korrasolekut tuleb katmisel aga pidevalt jälgida.

11.3. Ladustamise tüüp

On olemas palju valikuid alates lihtsatest ja odavatest lahendustest kuni betoonkonstruktsioonideni.

- Silotranšee on maailmas kõige levinum silohoidla: silo on kahest või kolmest küljest ümbritsetud seintega ning kaetud kilega. Tavaliselt kirjeldatakse seda tüüpi hoidlat kui betoonseintega ümbritsetud kraavi.
- Kuhi ehk virn on silo ladustamise tavapärane meetod, eriti suurtes ettevõtetes. Tihendatud sööt asetatakse hunnikusse, tavaliselt betoon- või plastkattega alusele, et minimeerida riknemisest ja silomahla eraldumisest tulenevat kadu. Seejärel kaetakse kuhi kile ja raskustega, et tagada õhukindel katmine, mis on oluline kvaliteetse silo säilitamiseks ja toitainete kao vähendamiseks.
- Rullsilu on silindri (harvem ristküliku) kujuga ning pakitud mitmekihilise veniva polüetüleenkile sisse. Soovitatakse kasutada vähemalt 6–8 kihti kilet või isegi rohkem. See meetod on Euroopas üsna populaarne, eriti soojema kliimaga maades. Linnud ja loomad võivad rullsilu kilet kergesti kahjustada, mistõttu on õhu juurdepääsu vältimiseks oluline rulle regulaarselt kontrollida ning kahjustusi parandada, et silo ei läheks riknema.

- Silotunneli pikkus võib varieeruda 30, 60 ja 90 m vahel ning selle täitmiseks on vaja iseliikuvaid või traktori külge ühendatud masinaid. Eesmärk on täita tunnel selliselt, et tekib tihe ja sile pealispind. Liigne tihedus võib tekitada ebaühtlase pealispinna. Seda tüüpi silo tagab suurepärase fermentatsiooniprotsessi, kuna silo muutub kiiresti anaeroobseks ning on täitmise ajal vihma eest kaitstud ja õhukindlalt ladustatud. Tunnelit võivad aga kahjustada linnud, loomad ja rahe.

11.4. Hoidla korrashoid ja silo väljalaadimine

Ladustamisperioodil tekivad kaod fermentatsiooniprotsessi ja mikroobse tegevuse tõttu silos esineva hapniku toimele. Need kaod (tavaliselt 1–4%) on vältimatud ja tulenevad peamiselt süsinikdioksiidi tootmisest (heksooside käärimine äädikhapeks või etanooliks). Kadu saab vähendada silohoidla õhukindlaks muutmisega, seega tuleb järgida järgmisi teureid.

- Suletud silohoidlat ei tohi hoiustamise ajal ära unustada, kuna kilekatte korrasolek vajab jälgimist. Kui hoidla ei ole hermeetiliselt suletud, on hapniku juurdepääs vältimatu. Lisaks kile servade katmisele ja pealt raske materjaliga katmisele tuleb aeg-ajalt kontrollida, kas kiles on lindude või loomade tekitatud auke, mis tuleb vastava teibiga kohe parandada. Kilega suletud hoidla õhupidavust mõjutavad ka ebapiisavalt kinnitatud kile kate või silohoidla seintes õhu juurdepääsu võimaldavad praod. Hoidlast ülepuhuv tuul tekitab hoidla tuulepealse ja tuulealuse külje vahel rõhuerinevuse, mis tõmbab silosse õhku.
- Silo väljalaadimise edenemine näitab, kui palju silomassi päevas söötmiseks hoidlast eemaldatakse, ja see määrab, kui kiiresti või aeglaselt pääseb hapnik silosse. Üldiselt soovitatakse päevas eemaldada silofrondist vähemalt 15 cm paksune kiht silo. Olenevalt silo omadustest ei pruugi sellest aga piisata, sest

silo väljalaadimise ulatus on pöördvõrdeline silo keskmise tihedusega. Silohoidla tühjendamisel võivad tekkida märkimisväärsed kaod, kui silo väljalaadimise edenemine söötmiseks on aeglane. Seetõttu tuleb hoidla suurus eelnevalt vastavalt päevas vajaminevale silokogusele välja arvutada.

- c. Silo pealispinna kvaliteet sõltub sellest, kuidas kattekile silolt eemaldatakse. Pind peab olema võimalikult ühtlane ja sile.

11.5. Silokindlustuslisandid

Turul on aastakümneid saadaval lai valik tooteid, mida saab silo valmistamisel erinevates annustes kasutada. Lisandeid kasutatakse silo säilivuse ja/või aeroobse stabiilsuse parandamiseks söötmissfaasis. Siinjuures on kasutamisoskuse tegemisel tootja jaoks sageli olulisim lisandite mõju loomadele. Silokindlustuslisandid jaotatakse ühte või mitmesse kategooriasse viiest, ning jaotus lähtub lisandi mõjust silo säilimisele: 1. fermentatsiooni stimulandid; 2. fermentatsiooni inhibiitorid; 3. aeroobse riknemise inhibiitorid; 4. toitained; 5. absorbendid. Neil on üldiselt erinev toimemehhanism ning need võivad olla homofermentatiivsed piimhappebakterid, heterofermentatiivsed piimhappebakterid, bakterjuuretiste kombinatsioonid, muud mittepiimhappebakterite baasil bakterjuuretised, keemilised ühendid (happed ja soolad) ja ensüümid (Muck jt, 2018). Silo valmistamisel lisandite kasutamise mõned positiivsed aspektid on järgmised:

- a. aeroobsete mikroorganismide kasvu pärssimine (eriti aeroobselt ebastabiilsed mikroorganismid, nagu laktaati omastavad pärmid ja ebahügieenilise keskkonnaga seotud *Listeria monocytogenes*);
- b. soovimatute anaeroobsete organismide (nt enterobakterite ja klostriidide) kasvu pärssimine;
- c. taimsete ja mikroobsete proteaaside ja deaminaaside aktiivsuse pärssimine;

- d. piimhappebakterite parem varustamine fermenteeritavate substraatidega (nt suhkrutega);
- e. kasulike mikroorganismide lisamine fermentatsiooniprotsessi toetamiseks;
- f. toitainete lisamine või eraldamine kasulike mikroorganismide kasvu stimuleerimiseks;
- g. sileerimistingimuste muutmine fermentatsiooni optimeerimiseks (nt absorbendid);
- h. kasulike käärimisproduktide moodustamine, mis stimuleerivad loomade söömust ja tootlikkust;
- i. aitavad ära hoida toitainete ja kuivaine kadu hoiustamisel.

Kvaliteedi tagamine sileerimisetappide ajal:

1. Aeroobne faas algab niitmisega, järgneb närvutamine, silohoidla katmine ja anaeroobsete tingimuste saavutamine. Selle faasi kestel mõjutavad taimeensüümid ja mikroobide kooslus sööda koostist, ning sellest tulenevalt fermentatsiooni kvaliteeti. Aeroobse faasi ajal taimerakud hingavad ja ensüümid lagundavad mittestruktuurseid süsivesikuid süsinikdioksiidiks ja veeks, vabastades soojust. Võimalik on ka proteolüüs, kuna valgud lagundatakse erinevateks lahustuvateks mittevalgulisteks lämmastikühenditeks. Aeroobne faas võib jätkuda seni, kuni silos on hapnikku, näiteks aukude tõttu kattekiles.
2. Fermentatsioonifaas algab, kui hapnik on silomassist täielikult ära tarbitud ja on saavutatud anaeroobsed tingimused. Mittestruktuursed süsivesikud muudetakse orgaanilisteks hapeteks, mis võimaldab silo säilitamist, sest silo pH-tase alaneb ja see pärssib kahjulike mikroobide arengut.
3. Stabiilne faas: kui silo fermentatsioon saavutab platoo, aeglustuvad orgaanilised protsessid eeldusel, et silohoidla jääb suletuks ja õhukindlaks. Kui neid säilitustingimusi ei tagata, näiteks on kilekattes augud, siis silo kvaliteet halveneb.
4. Söötmissfaas. Silohoidla avamisel puu-

tub silomass kokku õhuga ning aeroobsed mikroorganismid aktiveeruvad. Silo parameetrid (pH-tase, orgaanilised happed, ammoniaaklämmastik ja etanool) määravad aeroobse riknemise kiiruse. Aeroobsele riknemisele viitab soojuste teke. Riknemist põhjustavad mikroorganismid tarbivad fermentatsioonil kasutamata jäänud mittestruktuurseid süsivesikuid ja piimhapet silo kokkupuutel õhuga substraadina. Protsessi käigus eraldub süsinikdioksiidi, vett ja soojust, mille tulemuseks on temperatuuri ja pH-taseme tõus, kahjulike mikroorganismide paljunemine ja silo riknemine. Mõned fermentatsiooni lõppsaadused, näiteks äädik- ja propioonhape, parandavad silo aeroobset stabiilsust, pärssides riknemist põhjustavate organismide, näiteks pärmide ja hallitusseente kasvu. Suur ammoniaaklämmastiku sisaldus on halva kvaliteediga silo tunnus ning selline silo on õhuga kokku puutudes pigem ebastabiilne. Suur ammoniaaklämmastiku sisaldus viitab sageli klostriidide fermentatsioonile, mille tulemuseks on kõrgem pH-tase ja selliste substraatiderikas keskkond, mis soodustab riknemist põhjustavate organismide, näiteks pärmide ja hallitusseente arengut, kui silo õhuga kokku puutub. Etanool ise ei ole otseselt kahjulik, kuid selle tootmine on sageli seotud tingimustega, mis põhjustavad silo aeroobset ebastabiilsust. Etanooli olemasolu õhuga kokkupuutes olevas silos viitab suurele pärmseente populatsioonile, mis võib kiiresti tarbida jääksuhkrut ja piimhapet, mis viib silo kuumenemise ja riknemiseni. Halvasti fermenteerunud silo, milles puuduvad jääksuhkrud, piimhape ja muud toitained, võib olla suurema aeroobse stabiilsusega, kuna selles on vähem mikroobide paljunemist soodustavaid toitaineid ning samas on äädik- ja võihappe kontsentratsioon kõrge. Hästi fermenteerunud silo toiteväärtus on kõrgem, kuid võib samas olla aeroobsele riknemisele vastuvõtlikum, kuna selle toitaineterikas koostis on

hapnikuga kokkupuutel ideaalne keskkond riknemist põhjustavatele mikroorganismidele.

11.6. Kuidas tagada lehmasöödaks sobiva silo kvaliteet?

Keemiliste ja mikroobsete parameetrite mõistmine:

1. Silo pH-tase ja piimhappe tootmine. Silo happesust näitab pH-tase. Suure puhverdusvõimega söötel, nagu kõrge proteiini- ja tuhasisaldusega liblikõielised, kipub pH jääma kõrgemaks, ja seda tuleb sileerimisel arvestada. Orgaanilistest hapetest tekib sileerimise käigus anaeroobsetes tingimustes piimhappebakterite poolt vees lahustuvate süsivesikute kääritamisel piimhapet, mis on teistest fermentatsioonil tekkivatest hapetest 10-12 korda tugevam. Piimhape aitab kaasa silo pH-taseme alandamisele, pärssides sel viisil riknemist põhjustavate mikro-organismide kasvu ja säilitades sööta (Kung jt, 2018). Tavapärastes söötmingimustes muundub piimhape vatsas propioonhappeks.
2. Orgaaniliste hapete / lenduvate rasvhapete kontsentratsioon. Äädikhape kontsentratsioon on silos piimhappe järel suuruselt teine. Seda toodavad nii piimhappebakterid kui teised mikroorganismid. Mõõdukas kontsentratsioonis võib äädikhape olla kasulik, kuna pärsib pärmseente tegevust ja parandab õhuga kokkupuutes oleva silo aeroobset stabiilsust. Veise organism muundab äädikhape energiaks või lisandub see piima või keharasva koostisesse. Propioonhapet pole hästi säilinud silos mõnikord võimalik leida või see esineb madalas kontsentratsioonis. Propioonhappe suur kontsentratsioon silos viitab halvale säilivusele, kuigi ühend iseenesest ei ole kahjulik, nt kui kasutatakse sellel põhinevaid silolisandeid ning hape on ühtlasi valmissilos tuvastatav.

Propioonhapet võib esineda suurema veesisaldusega või pikema fermentatsiooniperioodiga silos. Lehma maksas muundub propioonhape glükoosiks. Kvaliteetses silos ei tohiks võihapet leiduda, kuna see pärineb klostriidide ainevahetustegevusest, mis viib silo toiteväärtuse languse, kuivaine vähenemise ja vähese energiasalduseni. Võihape on seega fermentatsiooniprotsessis tekkinud kõrvalsaadus, kui tingimused on ebasoodsad, näiteks pole silo piisavalt tihendatud või on see liiga märg või liiga kaua õhu käes. Kõrge võihappe sisaldus silos on ebasoovitav, sest see viitab ebakvaliteetsele fermentatsiooniprotsessile, seega ka kehvale söödale ning halvale maitsele. Looma organismis võib võihappe kõrge sisaldus põhjustada ketoosi, mis vähendab söömust ja toodanguvõimet. Võihappebakterite spoorid piimas ohustavad juustu kvaliteeti.

3. Etanool on silos kõige sagedamini leiduv alkohol. Kõrge etanoolisisaldus on seotud pärmseente suure arvuga ning nende elujõulisus säilib kogu fermentatsiooniprotsessi vältel. Silo rikneb tavaliselt õhuga kokkupuutel, sest mõned pärmseened tarbivad nendes tingimustes piimhapet, mis suurendab kuivaine kadusid ja annab piimale spetsiifilise maitse. Lehma organismis muundatakse etanool äädikhappeks või imendub see läbi vatsaseina vereringesse, kus see võib muunduda piimarasvaks või osaleda ainevahetuses.
4. Lahustuv lämmastik ja ammoniaaklammastik. Taimsed ja mikroobsed proteolüütilised protsessid põhjustavad peamiselt klostriidide toimel silos lämmastikuühendite muutusi. Suure niiskusesisaldusega silos on lahustuva lämmastiku ja ammoniaaklammastiku kontsentratsioon ulatuslikuma fermentatsiooni tõttu kõrgem kui kuivemas silos. Kuigi kõrge ammoniaaklammastiku sisaldus silos viitab halvale fermentatsioonikvaliteedile

ning loomad ei pruugi tahta seda süüa, ei ole see sööt neile ohtlik. Vatsamikroobid kasutavad ammoniaaklammastikku koos energiaallikatega, näiteks lenduvate rasvhapetega, mikroobse proteiini sünteesiks, mis seedub ja imendub peensoole kaudu organismi. Lahustuv lämmastik ja ammoniaaklammastik esitatakse tavaliselt osakaaluna kogulämmastikust, sest see võimaldab võrrelda erineva toorproteiinisisaldusega silodes proteiini lõhustuvust.

5. Biogeensed amiinid on lämmastikuühendid, mida moodustavad mikroorganismid silos fermentatsiooniprotsessi ajal aminohapete dekarboksüülimisel. Biogeensed amiinid on näiteks histamiin, türamiin, putrestsiin, kadaveriin ja fenüületüülamiin. Biogeensete amiinide esinemine silos on peamiselt tingitud halvast fermentatsioonist, mis klostriidide aktiivsuse tõttu põhjustab pH-taseme tõusu ja proteiini liigset lagunemist. Kui sööt sisaldab suures koguses biogeenseid amiine, võivad halveneda nii mäletsejate tervis kui ka tootlikkus. Need ühendid võivad põhjustada ainevahetushäireid, mille tõttu väheneb söömus, tekivad vatsa talitlushäired ning raskemal juhul mürgistus. Lisaks võivad biogeensed amiinid võimendada põletikulisi või soodustada allergilisi reaktsioone, mõjutades mäletsejate üldist heaolu, tervist ja tootlikkust. Seetõttu on sööda kvaliteedi ja loomade tervise jaoks oluline silo nõuetekohane käitlemine, mis pärsib biogeensete amiinide teket.
6. Mikroobide kvaliteedinäitajad. Kõrge pärm- ja hallitusseente arv viitab silo halvale kvaliteedile. Kõrge pärmseente arv on pöördvõrdelises seoses silo aeroobse stabiilsuse ja loomade tootlikkusega. Pärm- ja hallitusseente arvu tõlgendamisel tuleb olla ettevaatlik, sest laborid loendavad küll pärmseente koguarvu, kuid ei erista laktaadi assimilaatoreid ja teisi pärmseente liike. Lisaks võib pärmseente hulk proovi võtmise hetkest kuni laborisse saabumiseni mär-

kimisväärselt suurened, seega ei kajasta laborianalüüsides leitud arv alati tegeliku väärtust proovi võtmise ajal. Seetõttu võib mõõduka pärmisisaldusega silo siiski olla aeroobselt suhteliselt stabiilne. Samas võib ulatuslikult riknenud silos olla pärm- ja hallitusseente arv väga väike, kuna need organismid on substraadi puudumise tõttu surnud. Listeriabakterid, batsillid ja *Clostridium perfringens* on soovimatud mikroorganismid, mis võivad oluliselt mõjutada silo fermentatsiooni ja kvaliteeti. *Listeria monocytogenes* on patogeenne bakter, mis vohab kõrge pH-tasemega ja ebapiisavates anaeroobsetes tingimustes toodetud silos, kujutades endast terviseriski mäletsejatele ja inimestele. Batsillid, eriti *Bacillus*'e liigid, on eoseid moodustavad bakterid, mis suudavad ebasoodsates tingimustes ellu jääda ja aeroobset ebasabiilsust soodustada, mis viib silo riknemiseni. *Clostridium perfringens* on kahjulik klostriidiliik, mis toodab fermentatsiooni käigus võihapet ja ammoniaaklämmastikku, mis tõstavad pH-taset ja soodustavad silo riknemist. Need mikroorganismid halvendavad silo toiteväärtust ning ohustavad produktiivloomade tervist, mistõttu tuleb nende paljunemise pärssimiseks fermentatsiooniprotsessi rangelt kontrollida.

Halvasti fermenteerunud silo on paradoksaalsel kombel söötmise faasis, mil silo õhuga kokku puutub, aeroobselt stabiilne. See asjaolu on peamiselt tingitud suurest äädik-, propioon-, võihappe ja ammoniaaklämmastiku sisaldusest, millel on küll seenevastased omadused, kuid mis kahjustavad silo kvaliteeti. Halva kvaliteediga silo võib olla aeroobselt stabiilne, kuna selles puuduvad toitained, mis tavaliselt toetavad riknemist põhjustavate mikroorganismide kasvu – need toitained on aga kvaliteetses silos olemas.

11.7. Silo kvaliteedianalüüsi proovivõtjuhis

Ideaalis võetakse siloproovid võimalikult vahetult enne söötmist. Praktikas võetakse proovid aga sageli silohoidla avamisel. Paljudel juhtudel soovivad põllumehed söötmissjärjekorra planeerimiseks silo kvaliteeti aegsasti hinnata, eriti kui ladustatakse mitu silopartiid. Silo kvaliteedi hindamiseks peab fermentatsiooniprotsess, mis kestab tavaliselt vähemalt kuus nädalat või kauem, olema enne proovi võtmist lõppenud. Lisaks satub silo õhuga kokkupuutesse iga kord, kui hoidla proovi võtmiseks avatakse, ja see võib põhjustada riknemist. Seetõttu tuleks proove võtta ettevaatlikult ja ainult vajadusel.

Söödaproovide võtmine ja pakkimine laborianalüüsiks on äärmiselt tähtis. Silo ladustatakse suurtes partiides, kuid analüüsida saab sellest ainult väikest osa, seetõttu peab proov olema representatiivne. Proov võetakse suletud hoiukohast silopuuriga. Kui proove võetakse mitmest silopartiist, tuleb ristsaastumise vältimiseks puuri vahepeal põhjalikult puhastada. Enne proovi võtmist tuleb kilekatte raskuseks pandud materjal (nt võrk, saepuru) eemaldada. Kui silo pinnal on riknemise märke, tuleb see osa enne proovi võtmist samuti eemaldada. Korrekse proovi saamiseks tuleb võtta mitu osaproovi hoidla erinevatest kohtadest. Mida rohkem osaproove võetakse, seda usaldusväärsem on järgnev analüüs.

Pärast proovi võtmist suletakse ava plastteibiga, et välistada õhu ja vee sissepääs hoidlasse. Seejärel kaetakse kile uuesti kattematerjaliga. Avatud hoidla korral (nt tranšees või virnas) tuleb proove koguda mitmest kohast silo frondist, pealispinnast 1 m altpoolt, keskelt ja 1 m põhjast kõrgemal. Rullisilo puhul võetakse proov

vähemalt viiest rullist 100 rulli kohta. Proov võetakse silopuuriga rulli läbimõõduga diagonaal suunas ning seejärel suletakse ava teibiga.

Silo rikneb väga kiiresti, seega tuleb proove koguda kiiresti ja ettevaatlikult. Segage osaproovid hoolikalt kokku ja võtke sellest umbes 0,5–1,0 kg kaaluv keskmine proov. Pange see kilekotti, suruge õhk korralikult välja, sulgege kott tihedalt ja toimetage kohe laborisse.

Silo analüüsimise meetodid

Põllumajandustootjad saavad siloproovi viia vastavasse laborisse või kasutada farmis kohapeal kasutatavaid analüüsivahendeid.

1. Analüüsimeetodid saab jagada kahte põhikategooriasse.
 - a. Märgkeemia meetodid on kõige täpsemad ja enamike teiste meetodite aluseks. Märgkeemia meetodid sobivad igat tüüpi söötade jaoks. Analüüsi tulemused on täpsed, kuid aeganõudvamad ning kulud on suuremad.
 - b. Kiirmeetodid on kiiremad ja soodsamad, kuid neil on teatud piirangud. Need on söödatüübispetsiifilised ning mõõdavad vähem parameetreid. Iga söödatüüp vajab individuaalset kalibreeringut. Kuigi need on vähem täpsed, sobivad need meetodid sööda kiireks hindamiseks farmis kohapeal.
2. Kuivaine analüüs farmis kohapeal on paraku subjektiivne hinnang.

Kui laborianalüüse pole kohe võimalik tellida, saavad põllumehed lihtsate meetoditega farmis kohapeal hinnata sööda kuivainesisaldust. Sellist operatiivset hindamist saab kasutada närvutamise, hekseldamise või lisandite kasutamise üle otsustamisel. Kuigi need meetodid pole nii täpsed kui laboris, saab nendega siiski väärtuslikku teavet, eriti kui kvaliteetse silo valmistamisel on ajastus kriitiliselt tähtis. Kujutagem ette olukorda, kus põllumees seisab värs-

kelt niidetud põllul ja peab teadma, kas haljasrohi on piisavalt kuiv hekseldamiseks ja sileerimiseks või tuleks oodata.

Otsuse langetamisel on abiks neli meetodit.

- a. Oma köök kui labor - mikrolaineahjumeetod. Võtke hekseldatud sööda proov (100 g) ja asetage see mikrolaineahju kindlale taldrikule. Kaaluge proov ja kuumutage seda keskmisel võimsusel umbes 1–2 minutit. Võtke proov mikrolaineahjust ilma materjali kaotamata välja ja kaaluge uuesti. Korrake protsessi lühikeste intervallidega, kuni proovi kaal enam ei muutu. Kaalukaotus tekkis peamiselt vee aurustumisest ja järgi jääb kuivaine.
- b. Ahjumeetod – aeglane, aga täpne ja korrektne. Kuivatage proovi tavalises ahjus umbes 60 °C juures 48 tundi või 105 °C juures 24 tundi. See meetod on üldiselt täpsem kui mikrolaineahjumeetod, kuid võtab kauem aega. Kaalukaotus tekib vee aurustumisest ja erinevus seisneb kuivaines.
- c. Survekatse – kiire, aga ebatäpne ja ebakorrektne. Kui sileerimise ajal kuivainesisalduse kohta otsuste langetamiseks vahendid puuduvad, võib sobida survekatse. Võtke peotäis hekseldatud sööda ja pigistage seda paar sekundit tugevalt.
 - Kui söödast teie käes tilgub vett, on kuivainesisaldus liiga madal, alla 20%.
 - Kui sööt teie käes moodustab tiheda niiske palli ilma tilkumiseta, on kuivainesisaldus umbes 25–30%.
 - Kui sööt teie käes moodustab lahtiseid tükke, võib kuivainesisaldus olla umbes 30–35%.
 - Kui sööt teie käes ei püsi tükis ja laguneb laiali, on kuivainesisaldus tõenäoliselt üle 35%.
- d. Lähiinfrapunaspektromeeter annab kiiresti täpse kuivainenäidu. Kasutaja skaneerib hekseldatud sööda ning sekundite jooksul ilmub ekraanile kuivaine väärtus. See on suurepärane, aga kallis tööriist, kuid säästab aega.

11.8. Hea silo kvaliteedikriteeriumid

Silo kvaliteedi hindamisel on kolm peamist eesmärki: tagada söödaohutus, toetada söödaratsiooni koostamist laboriandmetega ja hinnata silo tootmisprotsessi edukust, et vajadusel järgnevatel aastatel valmistamist parandada.

Silo kvaliteediparameetrid on järgmised: söödataimeliigi ja selle kasvufaasiga seotud keemilise koostise parameetrid, fermentatsiooniprotsessiga seotud hügieeniparameetrid ja toiteväärtuse parameetrid. Keemilist koostist ja hügieeniparameetreid mõõdetakse laboris. Toiteväärtuse parameetrid arvutatakse keemilise koostise ja fermentatsiooniprotsessi parameetrite põhjal. Toiteväärtuse parameetrid ja nende arvutamise põhimõtted on riigiti erinevad, mistõttu võib neid olla keeruline võrrelda. On oluline, et sööda hindamise süsteem ja söödaratsiooni koostamisel kasutatavad loomade tarbenormid oleksid samadel alusel.

Laborianalüüside tulemuste tõlgendamisel ja võrdlemisel tuleb märkida, millistes ühikutes on esitatud sööda keemiline koostis, toiteväärtus, fermentatsiooniprotsessi parameetrid jne ning kas tulemused on esitatud sööda või kuivaine alusel.

Silost saab määrata väga erinevaid parameetreid, mis võivad laborites erineda. Need parameetrid võib jagada mitmesse kategooriasse.

1. Tuhk ja mineraalid: toortuhk, makromineraalid (Ca, P, K, Na, Mg, Cl, S) ja mikromineraalid (Fe, Zn, Cu, Mo, Se, I, Mn ja Co).

2. Valk- ja lämmastikühendid: toorproteiin, valk, aminohapped, lahustuv proteiin, ammooniaak, nitraadid, biogeensed amiinid jt.
3. Kiudained: toorkiud, neutraalkiud (NDF), happekiud (ADF), ligniin (ADL), potentsiaalselt seeduv või seedumatu neutraalkiud.
4. Mittestruktuursed süsivesikud: tärklis, veeslahustuvad süsivesikud (suhkrud, fruktaanid), pektiinid.
5. Fermentatsiooniproduktid: pH-tase, orgaanilised happed (piim-, äädik-, propioon-, või-, palderjanhape), etanool, ammoniaaklämmastik protsendina kogu lämmastikust.
6. Mükotoksiinid: deoksünivalenool (DON), zearalenoon (ZEA), T2-toksiin, ohratoksiinid jne.
7. Toiteväärtuse näitajad: metaboliseeruv energia (ME) ja/või netoenergia piimatootmisel (NEL), metaboliseeruv proteiin ja/või peensooles imendunud aminohapete summa, vatsa proteiinibilanss, orgaanilise aine seeduvus ja/või D-väärtus jne.

Tabelis 2 esitatakse hästi sileerunud rohusilo tüüpiline koostis Soomes, Eestis ja Lätis. Sihtväärtuste erinevused tulenevad söödakultuuride, kliima, loomakasvatuse tootmissüsteemist ja riiklike sööda hindamise mudelite erinevustest. Need erinevused toovad esile kohalike kontrollväärtuste kasutamise tähtsuse ning vajaduse kooskõlastada analüütilised tõlgendused söödamajanduse riiklike suunistega.

Tabel 2. Hästi säilinud rohusilo tüüpiline koostis.

Parameeter	Soome	Eesti	Läti
Kuivaine (KA), %	30-40	30-40	30-40
Toorproteiin, % KA-s	14-17	14-16	14-19
Toorkiud, % KA-s		< 26	< 26
Neutraalkuid, % KA-s	< 52-58	< 46	42-52,5
Happekiud, KA-s		< 33	24-29
Toortuhk, % KA-s			
Mais		< 5	3.5 - 5
Kõrrelised	< 8	< 8	< 8
Liblikõielised	< 10	< 10	< 10
Metaboliseeruv energia, MJ/kg KA-s	11	> 9,5	
Orgaanilise aine seeduvus, %	> 68-70*	> 65**	75-80***
Etanool, g/kg KA-s	< 10	< 10	< 10
Äädikhape, g/kg KA-s			
Kõrrelised	< 15	< 20	10 - 20
Mais		< 30	10 - 16
Propioonhape, g/kg KA-s	< 1	< 1	< 1
Võihape, g/kg KA-s	< 0,5	< 0,5	< 5
Piimhape, g/kg KA-s	< 30-70	30-100	30-70
pH, kui KA < 25%	4,0-4,2	4,1	4,1
pH, kui KA 25-40%	4,2-5,0	4,3	4,3
pH, kui KA 40-55%	5,0-5,5	4,7	4,8
Ammoniaaklämmastik, % kogulämmastikust	< 4	< 7	< 8

* Orgaanilise aine *in vitro* seeduvus määrati Nousiainen *et al.* (2003) meetodiga, kasutades pepsiin-tsellulaasi lahustuvuse ja *in vivo* seeduvuse korrektsioonivõrrandit vastavalt Soome *in vivo* seedekatsete andmetele (Huhtanen *et al.*, 2006).

** Orgaanilise aine seeduvus arvutati söödas sisalduvate orgaaniliste toitainete (toorproteiin, toorkiud, toorrasv ja lämmastikuvabad ekstraktained) ja vastavate toitainete seedekoefitsientide põhjal, mis on saadud varasematest *in vivo* seedekatsetest.

*** EUROFINS-i lähiinfrapunaspektromeetri katse, mis põhineb 48-tunnisel inkubeerimisel vatsavedeliku/puhverlahusega (39 °C), 48-tunnisel inkubeerimisel pepsin-HCl-ga (39 °C), orgaanilise aine gravi-meetrilisel tuvastamisel, tootespetsiifilisel standardiseerimisel umbes 10 *in vivo* võrdlusproovi abil.

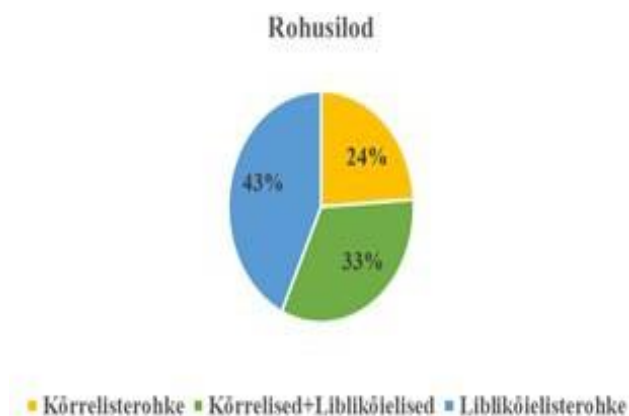
11.9. Silo kvaliteet praktikas - Eesti ülevaade

Eesti põllumeeste silode andmed pärinevad proovidest, mida analüüsiti ajavahemikus 2020-2024 Eesti Maaülikooli (EMÜ) sööda ja ainevahetuse uurimise laboris. 2020. aastat on kasutatud võrdlusaastana, et hinnata viimase viie aasta jooksul toimunud muutusi ja suundumusi.

2024. aastal analüüsitud silodest moodustasid 78% rohusilod, 20% maisisilod, ligikaudu 1% tervikkoristatud teraviljadest valmistatud silod ja 1% muud silod (joonis 2). Viimase viie aasta jooksul on maisisilo proovide arv suurenenud 5% võrra ja seda rohusilode arvelt. Maisi kasvatamine siloks on igal aastal suurenenud, kuna turule on jõudnud külmakindlamad sordid ning ilmastikutingimused on maisi jaoks sobivad olnud. 2024. aasta oli esimene kord Eestis, kui osa maisipõlde koristati terasaagi saamiseks.



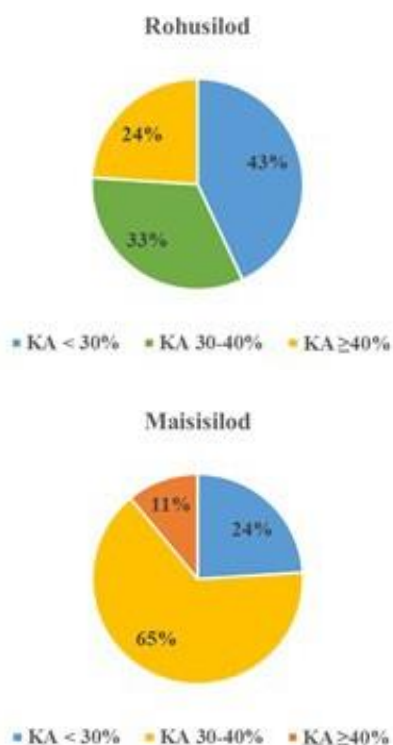
Joonis 2. Silode jaotus botaanilise koostise alusel (EMÜ statistika, 2024).



Joonis 3. Silode jaotus botaanilise koostise alusel (EMÜ statistika, 2024).

Eestis rajatakse rohumaid silo tootmiseks erinevate kõrreliste ja liblikõieliste seemnsegudega. Puhaskultuuridega rohumaid on vähe. Erinevatelt rohumadelt koristatud taimne materjal säilitatakse sageli suurtes hoidlates, mis tähendab, et ühes hoidlas võib olla väga erineva botaanilise koostisega silo. Selle hindamiseks võeti botaanilise klassifikatsiooni aluseks silo kaltsiumisisaldus. Silod, mille kaltsiumisisaldus oli alla 9 g/kg kuivaines, loeti kõrrelisterohkeks ning need, mille kaltsiumisisaldus oli ≥ 13 g/kg kuivaines, liblikõielisterohkeks (joonis 3). Liblikõieliste heintaimede osakaal on viimase viie aasta jooksul märkimisväärselt suurenenud ning need on asendanud kõrrelistest heintaimedest valmistatud silo. See tuleneb peamiselt lutserni kasvupinna suurenemisest, kuna lutserni sügavam juurestik võimaldab saaki koristada ka põuastel aastatel.

43% rohusilodel oli kuivainesisaldus alla 30%, 20% silodest sisaldasid kuivainet vähem kui 25%. Samas, 24% rohusilodel oli kuivainesisaldus üle 40% (joonis 4). 2020. aastal oli 51% silodes kuivainesisaldus alla 30% ja 13% silodes üle 40%. Seega on silo valmistamisel üha enam hakatud kasutama närvutamist, et parandada silo fermentatsiooni kvaliteeti.



Joonis 4 ja 5. Silode jaotus kuivainesisalduse (KA) alusel (EMÜ statistika, 2024).

2024. aastal oli 24% maisisilode kuivainesisaldus alla 30% (joonis 5), samas kui 2020. aastal oli see näitaja 71%. Üle 11% maisisilodest 2024. aastal sisaldasid rohkem kui 40% kuivainet. Varasematel aastatel on üle 40% kui-

vainesisaldusega maisisilode osakaal olnud väga väike. Soovituslik kuivainesisaldus maisisilol võiks olla ligikaudu 31-35%, ning sellise näitajaga maisisilode osakaal oli 25%.

Rohusilo kuivaine-, toortuha-, toorproteiini- ja kaltsiumisisaldus on viimase viie aasta jooksul suurenenud (tabel 4). Viimased kolm näitajat viitavad liblikõieliste osakaalu suurenemisele rohumaadel. Toor- ja neutraalkiu (NDF) sisaldused on püsinud samal tasemel, vastavalt ligikaudu 29% ja 50%. 74% silodest sisaldasid toorkiudu üle 27%, millest järeldeb, et taimede arengufaas siloks koristamisel võiks olla varasem.

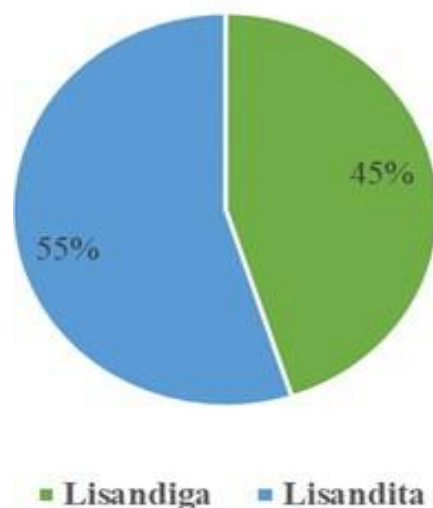
Maisisilo kuivaine- ja tärglisesisaldus on aasta-aastalt pidevalt suurenenud. Viimase viie aasta jooksul on maisisilode kuivainesisalduse mediaan tõusnud 7,5 protsendipunkti võrra. 2024. aastal analüüsitud maisisilode kuivainesisalduse mediaan oli 34,5%. Maisitõlvikud olid küpsemad, mistõttu oli ka tärglisesisaldus suurem. Kui 2020. aastal oli maisisilode tärglisesisaldus 260 g/kg kuivaines, siis 2024. aastal oli see juba 348 g/kg kuivaines. Tärglis on loomadele oluline energiaallikas, seega sisaldasid 2024. aastal valmistatud maisisilod ka rohkem metaboliseeruvat energiat. Tuleb siiski märkida, et 2024. aasta oli maisi kasvatamiseks erakordselt soodne ja see ei pruugi nii olla igal aastal.

Fermentatsiooninäitajate alusel oli Eesti rohu- ja maisisilode kvaliteet hea ning orgaaniliste hapete sisaldused viitasid sobivale kääritamisele.

Tabel 3. Silo kvaliteedinäitajate mediaanväärtused (EMÜ statistika, 2024).

	Rohusilo		Maisisilo	
	2020	2024	2020	2024
Kuivaine (KA), %	29,7	31,8	27,0	34,5
Toorproteiin, % KA	11,9	15,2	8,0	7,5
Toortuhk, % KA	8,1	8,8	3,6	3,2
Toorkiud, % KA	29,3	29,4	24,0	20,2
Neutraalkiud, % KA	49,4	50,0	49,1	40,0
Tärklis, g/kg KA	–	–	260	348
Kaltsium, g/kg KA	9,8	12,1	2,7	2,1
Metaboliseeruv energia, MJ/kg KA	9,1	9,1	10,4	10,9
Metaboliseeruv proteiin, g/kg KA	73,8	75,3	77,2	76,0
Etanool, g/kg KA	5,0	2,9	10,0	8,6
Äädikhape, g/kg KA	19,0	17,9	21,0	15,7
Propioonhape, g/kg KA	0,0	0,5	0,0	0,3
Võihape, g/kg KA	0,0	0,0	0,0	0,0
Piimhape, g/kg KA	54,0	46,9	53,0	46,0
Happed kokku, g/kg KA	83,0	74,7	79,0	64,0
pH	4,4	4,5	3,8	3,8
Ammoniaaklämmastik, % üldlämmastikust	4,2	4,1	4,0	4,0

Silokindlustuslisandite kasutamise analüüs näitas, et 2024. aastal toodetud ja laboris analüüsitud silodest 55% oli valmistatud ilma lisandita (joonis 6), samas kui 2020. aastal valmistati 63% silodest (bioloogilise või keemilise) lisandiga. Silokindlustuslisandite kasutamine on viimase viie aasta jooksul vähenenud ligikaudu 18% võrra. Selle languse põhjused võivad olla erinevad – toote kõrge hind, varasem ebaõnnestumine või suurenenud teadlikkus närvutamise olulisusest ning paremad ilmastikutingimused silohooajal.



Joonis 6. Siloproovide jaotus silokindlustuslisandi kasutamise alusel (EMÜ statistika, 2024).

Keskkonnamõju

Silotootmine avaldab keskkonnale mõju ressursikasutuse, kasvuhoonegaaside eraldumise ja toitainete võimaliku sattumisega vette. Süsinikujalajälg hõlmab metaani ja diämmastikoksiidi emissiooni fermentatsiooniprotsessi ja ladustamise ajal ning energiakasutust koristuse, närvutamise ja ladustamise käigus. Silomahla käitlemine on oluline, et vältida vee saastumist halbade ladustamistingimuste korral toitainete leostumise tõttu. Ladustamismeetodi valik mõjutab silo riknemisohtu ja kadusid, mis on ressursitõhususe seisukohalt ülioluline. Nõuetekohane sileerimine minimeerib kadusid ning võimaldab kestlikus loomakasvatuses optimeerida sööda kvaliteeti. Uuenduslikud silo katmise materjalid, silokindlustuslisandite kasutamine ja tõhus silo valmistamine toetavad jätkusuutlikkust, sest sel juhul on tootmise jääkide teke minimaalne, vähendatakse gaaside heitkoguseid ja ennetatakse keskkonnareostust.

Peamised järeldused

- » Kvaliteetse sööda saamiseks tuleb saak koristada optimaalses kasvufaasis, kui taimed on oma toitainete sisalduse tipus, vahetult enne puitumise algust. Hilinenud koristamine võib viia kvaliteedi languseni lignifikatsiooni suurenemise ja seeduvuse vähenemise tõttu. Valige kõrge toitainete sisaldusega ja hea seeduvusega põllukultuurid, et saada väärtuslik sööt.
- » Püüdke hoida saaki puhtana, näiteks minimeerige silo saastumist mulla ja sõnnikuga.
- » Hekseldage söödataimed ladustamismeetodile vastava pikkuseni, et optimeerida tihendamist ja käärimist. Tagage hekslite ühtlane pikkus, et saavutada kogu silomassis ühtlane tihedus ja fermentatsiooniprotsess.
- » Püüdke saavutada optimaalne niiskusesisaldus, et toetada anaeroobset fermentatsiooniprotsessi. Liigne niiskus võib viia silomahla väljaimbumise ja toitainete kaoni. Ebapiisav niiskusemäär võib silo fermentatsiooni pärssida ja näiteks suurendada aeroobse riknemise ohtu hoidlas.
- » Saavutage sileeritava haljasmassi suur pakkimistihedus, et välistada hapnik ja tagada käärimiseks vajalikud anaeroobsed tingimused. Nõuetekohane tihendamine minimeerib riknemise ja hallitussente kasvu ohtu, tagades tõhusa käärimise.
- » Kaaluge lisandite, näiteks bakterjuuretiste, orgaaniliste hapete või absorbentide kasutamist fermentatsiooni parandamiseks ja soovimatute mikroobide kasvu pärssimiseks. Lisandid võivad aidata leevendada sööda kvaliteedierinevustest või ebasoodsatest ilmastikutingimustest tulenevaid riske. Silotootmise ebakorrektset korraldamist saab lisanditega kompenseerida vaid osaliselt.
- » Sulgege silo tihedalt, et välistada kokkupuude õhuga ja sel moel vähendada aeroobset riknemist. Kasutage hapnikubarjäärikilesid või mitut kihti plastkatet hoidla tõhusaks sulgemiseks. Katke silo korralikult rehvide või muude raskustega, et vältida õhu juurdepääsu.

- » Hoidke silo sobivates hoidlates, näiteks virnas, tranšees või rullis, et minimeerida kokkupuudet väliskeskkonnaga. Tagage hoidlas hea drenaaž ja ventilatsioon, et vältida niiskuse kogunemist ja silo kuumenemist. Kontrollige hoidlaid regulaarselt, sh näriliste või lindude tekitatud kahjustuste suhtes.
- » Korraldage söötmine viisil, mis vähendab silo riknemist ladustamise ja söötmise ajal. Kasutage sobivat silofrondi väljalaadimise tehnikat, mis piirab kokkupuudet hapnikuga ja säilitab silo kvaliteedi. Andke loomadele silo nende vajadusele vastavas koguses, et ladustatav silo ei puutuks õhuga pikaajaliselt kokku.
- » Enne silo analüüsiks proovi võtmist tehke plaan. Silo analüüsitakse peamiselt kolmel põhjusel: söödaohutuse tagamiseks, täpsete ja tasakaalustatud söödaratsioonide koostamiseks ning silo valmistamise käigus tekkinud puudujääkide või vigade tuvastamiseks.

Kvaliteetse silo tootmine nõuab detailidele tähelepanu pööramist sileerimisprotsessi igas etapis alates taimesordi valikust ja saagi koristamisest kuni ladustamise ja söötiseni.

Regulaarne jälgimine ja muutuvate tingimustega kohanemine on väärtusliku sööda ja loomade tootlikkuse aluseks.

Kasutatud allikad

EFSA. 2018. Guidance on the assessment of the efficacy of feed additives. The EFSA Journal, 16: 5274. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5274>

Huhtanen, P., Nousiainen, J., Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. Agricultural and Food Science, 15: 293-323. <https://doi.org/10.2137/145960606779216317>

Kung Jr, L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schmidt, R.J. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. Journal of Dairy Science, 101: 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage. 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications.

Muck, R.E., Nadeau, E.M.G., McAllister, T.A., Contreras-Govea, F.E., Santos, M.C., Kung Jr, L. 2018. Silage review: recent advances and future uses of silage additives. Journal of Dairy Science, 101: 3980-4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>

Nousiainen, J., Rinne, M., Hellämäki, M., Huhtanen, P. 2003. Prediction of the digestibility of the primary growth of grass silages harvested at different stages of maturity from chemical composition and pepsin-cellulase solubility. Animal Feed Science and Technology, 103: 97-111. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00283-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00283-3)

Pahlow, G., Weissbach, F. 1999. New aspects of evaluation and application of silage additives. Landbauforschung Voelkenrode SH, 206: 141-158.

12. Silohoidla avamine ja tühjendamise korraldamine

Autor Ieva Krakopa, Läti

12.1. Loomade söötmine siloga

Silo võib olla loomade või loomarühmade ainus koresöödaallikas. Silo võib kasutada terve aasta või ainult neil kuudel, mil pole värsket karjamaad. Loomi söödetakse üht tüüpi siloga või sageli kahe või enama siloseguga. Koresööta antakse ette eraldi või segatakse jõusöödaga kokku. Viimasel juhul nimetatakse seda täisratsiooniliseks või osaratsiooniliseks segajõusöödaks.

Silo tuleb säilitada anaeroobsetes tingimustes, sest see on väga vastuvõtlik sekundaarsele fermenteerumisele ja riknemisele niipea, kui puutub kokku hapnikuga. Seetõttu võetakse silo hoidlast, virnast või pallist nii, et selle pind puutub õhuga kokku minimaalselt. Pallisilo puhul on riknemisoht väiksem, sest enamasti avatakse ja söödetakse terve pall samal päeval. Kadude minimeerimisel on silo hoidlast võtmise ja pealmise kihi eraldamise tehnoloogia oluline, et vältida keskkonna- ja majanduslikku kahju.

Söötmissstrateegia:

1. Avatud silopinna suurus peab vastama söötmiskiirusele (karja suurusele).
2. Arvutage söötmiskiirus uuesti, kui söödate korraga kahest või enamast hoidlast, näiteks rohusilo ja maisisilo korraga söötmisel.
3. Üldreeglina ei tohiks silohoidla lahtivõtmine ühest servast teise võtta rohkem aega kui 3 päeva.

4. Ärge jätke silo lahtiselt keskpäevase päikese ja tuule kätte.
5. Jahedama ilmaga söötkes suurema kuivaine-, suhkru- ja tärklisesisaldusega silo, sest need ained on kuumenemisele ja sekundaarsele fermenteerumisele vastuvõtlikumad. Kuumade ilmade jaoks hoidke väiksema kuivainesisaldusega silo.



Hea näide silo väljalaadimisest freesiga.

Foto Ieva Krakopa



Korrektne silo väljalaadimine plokkloikuriga.

Foto Ieva Krakopa



*Korrektne silo väljalaadimine
- pealispind on päikese eest
varjus.*

Foto Ieva Krakopa.



*Halb näide: silo võtmine
ämbriga põhjustab kahjustusi ja
riknemist.*

Foto Ieva Krakopa



*Maisisilo. Halb
pealispinnahooldus, mis
põhjustab aeroobset riknemist
(kuumenemist).*

Foto Ieva Krakopa

Tootja jaoks, kes kaalub maisi kasvatamist siloks, on selle eelised ja puudused kirjeldatud tabelis 1.

Tabel 1. Ühe või kahe silo korraga söötmine (ainult kõrreliste ja liblikõieliste heintaimede silo ning kõrreliste ja liblikõieliste heintaimede silo ja maisisilo).

Kõrreliste ja liblikõieliste silo	Kõrreliste ja liblikõieliste silo + maisisilo
Ratsioonis on / võib minna vaja rohkem teraviljakontsentraate (võib anda rohkem oma teravilja).	Ratsioonis on vaja vähem teraviljakontsentraate.
Ratsiooni jaoks saab valku oma silost.	Vaja on valgulisandit.
	Maisi külvamiseks ja koristamiseks on vaja vastavaid masinaid (oma või alltöövõtja teenus).
Korraga on avatud üks hoidla (hoidla suurus planeeritakse vastavalt karja suurusele).	Kaks hoidlat on korraga avatud (hoidlate suurus planeeritakse vastavalt karja suurusele).
Sööta ja kontsentraate saab anda eraldi.	Täisratsiooniline või osaratsiooniline segajõusööt on optimaalne.

Keskkonnamõju

Silo tootmise oluline osa on sööda korrektne väljalaadimine hoidlast. Riknemise korral võib kaduma minna tohutul hulgal toitaineid. Raisku lähevad sel juhul ka soojus, CO₂ ja vesi ehk ressursid, mida kasutatakse külvamiseks, väetamiseks, majandamiseks ja saagi koristamiseks.

Peamised järeldused

- » Planeerige silo etteandmist vastavalt loomade söödatarbimisele.
- » Kasutage silo väljalaadimiseks sobivaid masinaid, et vältida hapniku juurdepääsu silo avatud pinnale. Minimeerige avatud silofrondi kokkupuuteaeg õhuga.
- » NB! Riknenud silo on kahjulik keskkonnale, teie ettevõttele ning loomade tervisele.

13. Silo silomahla käitlemine

Autorid Marketta Rinne (Soome), Kalvi Tamm, Are Selge (Eesti)

13.1. Mis on silomahl?

Kui märg sööda biomass tihendatakse siloks, eraldub sellest vedelik. Silomahl (nõrgvesi) sisaldab lahustuvaid toitaineid ning selle eraldumine tähendab sööda koguse ja toiteväärtuse vähenemist.

Soomes ja Eestis koguti jätkusuutliku silo projekti raames katsete ja tootmise käigus silomahla proovide andmed, et näitlikustada silomahla keskmist koostist ja varieeruvust (Tabel 1). Selle töö kõige silmatorkavam tulemus oli silomahla proovide koostise tohutu varieeruvus. Seda näitab silo kuivaine vahemik 3 g/kg (0,03%) kuni 153 g/kg (15,3%). Kõige ilmsemaks põhjuseks on ettevõtete silo lahjenemine vihmaveega võrreldes katseproovidega, mis sisaldasid ainult silomahla. Toitainete sisaldus tonni silomahla kohta näitas vee saastumist, seega oli toitainete kontsentratsioon kõige tugevamini lahjendatud proovides praktiliselt null. Lisaks võis farmiproovide madala toitainete kontsentratsiooni põhjuseks olla

võimalikud raskused representatiivsete proovide võtmisega. Kuivaine settimine on tõenäoline ja kui nõrgvett enne proovi võtmist hoolikalt ei segata, võib kogutud proov olla liiga lahja.

Proovide päritolukoha mõju näitamiseks silomahla koostisest lähtuvalt jaotati andmed kaheks: puhtad katseproovid ja farmihoidlatest kogutud lahjendatud proovid (Tabel 1). Katseproovides oli silo kuivaine kontsentratsioon 89 g/kg (8,9%), farmisilo puhul aga vaid 29 g/kg (2,9%).

Kui toitainete sisaldus esitatakse kuivaine (KA) alusel, saab välistada veega lahjendamise mõju. See võimaldab hinnata erinevate toitainete suhteid silomahlas. Võrreldes biomassiga on silomahl rikastatud mineraalide (tuhk) ja lämmastikuga, mis on lahustuvad komponendid ja satuvad seega silomahla. Veest lahustuvate süsivesikute koostis varieerub sõltuvalt sellest, kui palju on neid lähtematerjalis ja kui palju neist on proovi võtmise ajal fermenteerunud.

Tabel 1. Silomahla proovide toitainesisaldus Soomes ja Eestis

Parameetrid	Keskmine	Standard hälve	Miinum	Maksimum
Silomahla proovid katsetingimustes Soomes (n = 85)				
Kuivaine, g/kg värske biomass	89	25,1	33	153
pH	3,96	0,696	3,21	5,39
Tuhk, g/kg kuivaines (KA)	177	56,1	97	297
Toorvalk, g/kg KA	205	67,5	99	332
Vees lahustuvad süsivesikud / suhkrud	132	139,6	3	448
Põllumajandusettevõtete silomahla proovide tulemused Eestis (n = 8; mitmesugused taimed) ja Soomes (n = 4 rohukultuuri)				
Kuivaine, g/kg FM	29	23,4	2	91
pH	5,51	1,231	4,19	7,80
Tuhk	529	127,0	273	677
Toorvalk, g/kg KA	261	196,4	8	519
Lämmastik, g/kg KA	42	31,4	1	83
Fosfor, g/kg KA	9	9,2	0	34
Kaalium, g/kg KA	57	46,7	0	132
Magneesium, g/kg KA	14	17,4	0	64
Kaltsium, g/kg KA	45	68,7	0	260
Vask, mg/kg KA	22	30,1	0	81
Mangaan, mg/kg KA	125	105,1	1	280
Tsink, mg/kg KA	91	84,9	1	230
Naatrium, mg/kg KA	16	23,2	2	56
Boor, mg/kg KA	8	4,7	0	13

13.2. Kuidas vältida silomahla teket?

20. sajandi alguses oli silomahla teke väga levinud probleem, sest rohi koguti sageli värskelt silohoidlasse. Sajandi lõpupoole muutus silotootmise metoodika kiiresti: muljurniidukite kasutuselevõtt, rohu närvutamine põllul ja rohumassi kogumine kogurkäru või iseliikva hekseldiga - kõik need tehnoloogilised võtted parandasid oluliselt

soovitud kuivainesisaldusega rohu sileerimist ja vähendasid liigse silomahla teket.

Närvutamine on tõhus meetod silomahla vältimiseks, nagu on näidatud Joonisel 1. Kui rohu kuivaine kontsentratsioon koristamise ajal on üle 250 g/kg, siis ei eraldu silomahla reeglina üldse või on seda väga vähe (McDonald jt, 1991). Silomahla teket mõjutavad ka muud tegurid, seega see väärtus ei ole absoluutne. Silomahla teket mõjuta-

vad silo tüüp ja tihendamise avaldatav surve, samuti silokonservandi valik. Sipelghappel põhinevad lisandid põhjustavad taimerakkude seinte happelist hüdrolyüsi, mis lagundab rakke ning suurendab sellega silomahla eraldumist (Jones ja Jones 1995, Ayanfe jt, 2025).

Liblikõielised heintaimed on lopsakamad kui kõrrelised, seega võib näiteks ristiku puhul olla silomahla tekkevõimalus suurem. Maisilo koristatakse tavaliselt kuivaine kontsentratsiooniga 300 g/kg või rohkem, kuid ebasoodsates tingimustes, kui saak ei ole koristamise ajaks küps, võib silomahla tekkida isegi maisisilost.

Närvutamise kõrval on silomahla vältimise teiseks võimaluseks kasutada koos sileeritavat vähese veesisaldusega materjali ning absorbendina mõnda muud kuivemat materjali. Seda lähenemisviisi esitlesid Hvas jt (2024) suhkrupeedi loomasöödaks sileerides. Nad kasutasid mitut söödamaterjali (maisilo, rohu-/ristikusilo, kuivatatud peedimass, värske peedimass, kuivdestillaadijääk, nisukliid, rapsikook, päevalillejahu ja maisigluteenisööt), et suurendada värske peedi kuivaine kontsentratsiooni umbes 220 g/kg-lt üle 300 g/kg ja kõik absorbendid pärssisid edukalt silomahla teket.

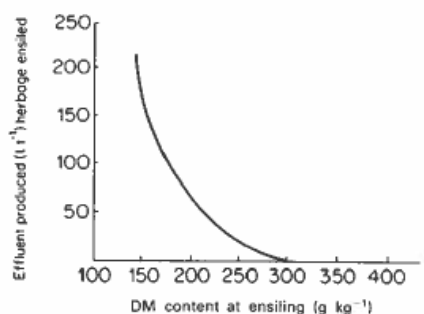


Figure 6.2. Effect of DM content at ensiling on effluent production⁶²

Joonis 1. Skemaatiline esitus, kuidas sileeritud rohusööda kuivaine kontsentratsioon mõjutab silomahla eraldumist (McDonald jt, 1991).

13.3. Silomahla kontroll on reguleeritud õigusaktidega

Tõhus närvutamine eeldab häid ilmastikutingimusi, niisketes või vihmastes ilmastikutingimustes see sageli ebaõnnestub. Kliimamuutuse mõjul rohkem varieeruvad olud võivad raskendada sööda koristamist ja tekitada olukordi, kus sööt tuleb koristada ka liigniiskusest hoolimata. Sellisteks juhtudeks valmistumisel tuleb silohoidlad planeerida nii, et silomahla saab koguda ja kontrollitult kõrvaldada. Silomahla sattumine keskkonda on kahjulik, sest see on happeline, sisaldab palju toitaineid ning on suure bioloogilise hapnikutarbega, põhjustades veekogusse sattumisel hapnikuvaegust ja kalade suremist.

Silomahla lekete negatiivse keskkonnamõju vältimiseks on kehtestatud vastavad regulatsioonid.

Soomes sätestab põllumajandus- ja metsandusministeeriumi keskkonnamääruse (606/2023) § 9 hoonete kohta järgmist:

Silohoidla konstruktsioon peab olema veekindel ning silomahl ei tohi välja valguda, vaid see juhitakse vastavasse kaevu. Hoidla juurde kuulub vähemalt 5 m³ suurune kogumiskaev, mis tühjendatakse pumpamise või torude kaudu veekindlasse hoidlasse, läga- või reoveemahutisse. See lahendus näidatakse ehitusplaanil.

13.4. Kuidas taimekasvatuses silomahla kasutada?

Silomahlas sisalduvaid mineraale saab rakendada taimede toitumises. Toitainete kontsentratsioon on silomahlas aga väga madal (Tabel 1), eriti põllumajandusettevõtetes, kus see pidevalt vihmaveega lahje-

neb. Lahja silomahl ei kahjusta mulda ega taimi, kuid teisest küljest tuleb sel juhul põllukultuuride kasvatamisel korraliku väetamise efekti saavutamiseks laotada väga suur kogus silomahla.

Põllumajandusettevõttes on silomahla kogumiseks ja säilitamiseks mitu võimalust. Sageli suunatakse see lägahoidlasse ja laotatakse põllule lägaga segatult. Sel viisil saab toitaineid taimekasvatusele tagasi suunata. Silomahla lahjendatakse läga ja vihmaveega, mis vähendab silomahla kahjulikku mõju pinnasele ja taimedele.

13.5. Kuidas lisada silomahla loomasöödasse?

Silomahl sisaldab silost pärit kõrge toiteväärtusega aineid – lahustuvaid mineraale, valke ja süsivesikuid, mida saab kasutada söödamaterjalina mäletsejate (Randby 1997) või sigade söötmisel. Silomahla kogumiseks ja loomadele söötmiseks on olemas vastavad meetodid. Veiste puhul lisatakse silomahl täissöödasestisse. Sigade vedelsöödasüsteemis segatakse silomahl vedelsöödaga. Nn rohelistes biorafineerimistehastes eraldatakse silost vedelik mehaaniliselt ja lisatakse sigade söödamaterjalisse (Keto jt, 2021). Silost ladustamisel eralduv silomahl on sisuliselt sama, kui seda saab hügieeniliselt koguda ja söödale lisamiseks säilitada.

Teine võimalus silomahla söödas kasutamiseks on suunata vesi kuivemate silopartiide peale ja viia sel viisil toitained söödaahelasse tagasi. Suurem õhuniiskus ja fermenteeruvad substraadid (või orgaanilised happed, kui need on juba fermenteerunud) võivad parandada kuivema söödamaterjali fer-

mentatsiooni kvaliteeti ja aeroobset stabiilsust.

Kui võimalik, võib silohoidlas laotada märga rohumassi kuiva silokihi peale. Sel juhul imendub niiskest materjalist eralduv silomahl alumisse kuivemasse silokihti.

NB! Eestis ei ole silomahla söötadesse segamise kohta märkimisväärseid uuringuid ja farmis sellega eksperimenteerimisel soovime olla väga ettevaatlikud.

13.6. Kuidas kasutada silomahla nn rohelistes biorafineerimistehastes?

Üha enam tuntakse huvi biomassi kasutamise uudsete viiside vastu nn rohelistes biorafineerimistehastes (Gaffey jt, 2023). Põhimõtteliselt eraldatakse neis biomass mehaaniliselt vedelateks ja tahketeks fraktsioonideks ning arendatakse edasi mitmesugusteks lisandväärtusega toodeteks. Silomahlast saaks eraldada lahustuvaid toitaineid, mineraale ja orgaanilised happed, samamoodi nagu värskelt või sileeritud rohust toodetakse vedelikku (Rinne 2024).

Väiksema lisandväärtusega, kuid praktiliselt teostatav on silomahla kasutamine toorainena biogaasijaamas metaani tootmiseks.

Järgnevad fotod illustreerivad silomahla käitlemist.



Silomahl voolab silopallist välja.
Foto Luke / Kaisa Kuoppala.

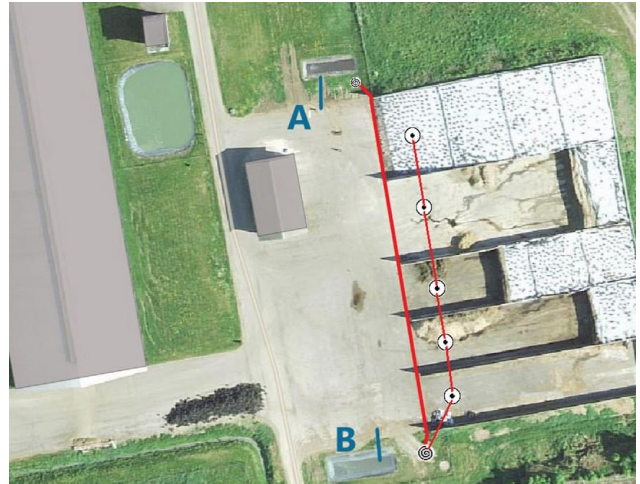


Piimalehmadel on vaba juurdepääs silomahla joomiseks.

Foto Luke / Marketta Rinne.

Järgmisena kirjeldatud Eestis tehtud juhtumiuuring on näide tõhusast silohoidlates tekkiva silomahla kontrollist ettevõtte tasandil (Hummuli Agro OÜ).

2020. aastal tehti ettevõttes ehitustöid, et kõrvaldada vihmavee äravool ~ 1 hektari suuruselt asfaldiga kaetud alalt, kuhu koguneb paratamatult söödajäätmeid, mille vihmavesi ära uhub. Lisaks tuli arvestada ka silohoidlatest eralduva veega.



Silohoidlad ja söödakäitlemise ala (~ 10,085 m²).

Punane joon tähistab silomahla (koguneb tavaliselt viimase niitmise ajal sügisel) äravoolukohti silohoidlate ees asuvasse põikkanalisse ja vahemahutitesse ning edasi maa-alustesse kogumismahutitesse (kogumamahutavusega 240 m³, mida saab ülalt avada ja tühjendada).

Sinine joon näitab vihmavee voolamist kogumistiikidesse, mille mahutavus on 60 m³ (A) ja 80 m³ (B). Tiigid on vooderdatud hüdroisolatsioonimaterjaliga, mida kasutatakse lälalaguunide rajamisel ning isolatsiooni ühenduskohad on kokku keevitatud ja veekindlad.

Kogu silohoidlate ja söödakäitlemise ala ümbritseti pinnasevalliga, et vältida veevoolu keskkonda hoidla ületäitumise korral.

Kogumismahuteid ja tiike tühjendatakse vastavalt vajadusele. Saastunud vesi pumbatakse välja ja transportitakse lähedalasuvasse lälahoidlasse.

Nelja-aastane kogemus on tõestanud selle lahenduse tõhusust. Selle aja jooksul ei ole esinenud lekkeid keskkonda. Vee pumpamine kogumistiikidest ja transportimine lälalaguunidesse on aga vihmaperioodil märkimisväärne lisatöö. Tootja leiab, et investeering on ennast õigustanud. Edaspidi

tuleks kaaluda kogumistiikide asemel stabiliseerivate (biootiliste) tiikide rajamist (kasutades energiavõsa).

Peamised järeldused

- » Silomahl toob ebaõige käitlemise korral kaasa nii toitainete kao kui ka keskkonnaohu.
- » Silomahla koostis varieerub sõltuvalt silo kuivainesisaldusest, vihmaveega lahjenemisest ja proovivõtutehnikast.
- » Silomahla teket saab vähendada põllukultuuride valiku, närvutamise ja silolisandite õige kasutamisega.
- » Silomahla saab kasutada põllukultuuride väetamiseks, loomasöödaks ning biogaasi või nn roheline biorafineerimistehase sisendina.
- » Silohoidlal peab olema kontrollitud ja keskkonnanormidele vastav drenaaž ja veekogumissüsteem.
- » Praktilised lahendused, nagu on Hummuli Agro OÜ-s, näitavad, et vastava taristuga saab vältida silomahla sattumist keskkonda.

Kasutatud allikad

Ayanfe, N., Franco M., Jalava, T., Stefański, T. & Rinne, M. 2025. Fermentation quality, nutritional characteristics and biorefinery efficiency of timothy grass and pulp silage. Manuscript submitted to Grass and Forage Science. Gebrehanna, M.M., Gordon, R.J., Madani, A., Van der Zaag, A.C. & Wood, J.D. 2014. Silage effluent management: A review. *Journal of Environmental Management* 143:113e122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.04.012>.

Gaffey, J., Rajauria, G., McMahon, H., Ravindran, R., Dominguez, C., Ambye-Jensen, M., Souza, M. F., Meers, E., Aragonés, M. M., Skunca, D., & Sanders, J. P. M. (2023). Green Biorefinery systems for the production of climate-smart sustainable products from grasses, legumes and green crop residues. *Biotechnology Advances*, 66, 108168. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2023.108168>

Hvas, E.M.V., Larsen M., Andersen, L., Bedenk, U. & Weisbjerg, M.R. 2024. Ensiling sugar beets: Effect of mixer feed used for co-ensiling on fermentation products and losses

when ensiled in vacuum bags. *Animal Feed Science and Technology* 318: 116101.

Jones, D.I.H. & Jones, R. 1995. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 60, 73-81. <https://doi.org/10.1006/jaer.1995.1001>.

Keto, L., Perttilä, S., Särkijärvi, S., Immonen, N., Kytölä, K., Alakomi, H.-L., Hyytiäinen-Pabst, T., Tsitko, I., Saarela, M. & Rinne, M. 2021. Effect of silage juice feeding on pig production performance, meat quality and gut microbiome. *Livestock Science* 254: 104728. doi <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104728>.

McDonald, P., Henderson, A.R., & Heron, S.J.E. (1991). *The Biochemistry of Silage*. 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications.

Randby, Å.T. 1997. Feeding of silage effluent to dairy cows, *Acta Agriculturae Scandinavica A—Animal Sciences*, 47:20-30, DOI: 10.1080/09064709709362366

Rinne, M. (2024). Novel uses of ensiled biomasses as feedstocks for green biorefineries. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 15(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s40104-024-00992-y>

14. Põllumajandusliku plasti ja silojäätmete säästev käitlemine

Autorid Anna Okkonen (Soome), Allan Kaasik, Kaisa Vahtmäe (Eesti), Iveta Grudovska (Läti)

Jäätmekäitlus on jätkusuutliku silotootmise oluline osa. Selles peatükis tutvustatakse plasti ja riknenud silo koguste vähendamise võimalusi ning esitatakse võimalikult sääst-va utiliseerimise soovitusi Soomest, Lätist ja Eestist.

14.1. Soome kogemused

Soomes toodetakse aastas umbes 12 000 tonni põllumajanduslikke plastjäätmeid, millest 7000 tonni moodustab silopallide pakkekile. Valdav enamus plastmaterjalist põletatakse energiaks. Hinnanguliselt taaskasutati Soomes 2021. aastal põllumajanduslikest plastjäätmetest vaid umbes 20%. Jäätmekäitlusseadus nõuab, et kõik ettevõtjad (k.a põllumajandustootjad) seaksid esmaseks eesmärgiks plastmaterjali kasutamise vähendamise ja teiseks ülesandeks plastmaterjali taaskasutamise. Plasti kasutamise vähendamine on põllumajandusettevõtetes harva võimalik, seega tuleks keskenduda selle tõhusale taaskasutamisele.

Kui põllumajandustootjad katavad ja pakivad tooted kilega (nt silopallide valmistamine) oma tarbeks, on neil kohustus korraldada kasutatud plasttoodete (näiteks pakkekile) ringlussevõtt või jäätmekäitlus. Lisateave kesk-

konnanõuete kohta on juhendis [“Maatilojen ja puutarhojen muoviopas - Ruokavirasto”](#). Põllumajandustootjatel on plastmaterjali jäätmekäitluse korraldamiseks erinevaid võimalusi:

- aeg-ajalt toimuvad piirkondlikud plasti kogumise kampaaniad; piirkondlikud jäätmekäitlusettevõtted võtavad plastjäätmeid vastu;

- Itä-Suomen Murskauskuskeskus koostöös ettevõttega [Maatalousmuovien kierrätys - MTK](#) osutab põllumeestele tasulist teenust;

- [Suomen Maatalousmuovien Kierrätys Oy](#) (SuMaKi Oy) osutab põllumeestele alates 1. augustist 2024 tasuta teenust.

SuMaKi on vabatahtlik ühendus, mille eesmärk on suurendada põllumajandusplasti ringlussevõttu. Alates 1. augustist 2024 saavad põllumehed lasta pallisilokile tasuta ära viia ning see taaskasutatakse. SuMaKi teatel koguti 2024. aasta lõpuks ning taaskasutati 2300 tonni pallikilet. 2025. aasta eesmärk on 4000 tonni. Silo katteplasti kogumine ja ringlussevõtt algas 1. aprillil 2025 ning eesmärk on koguda aasta lõpuks 500 tonni. Põllumajandustootjad peavad pallikilele sorteerimisel järgima vastavaid juhiseid: [Lajitteluohjeet – Suomen Maatalousmuovien Kierrätys Oy](#).



*Valge plast kogutakse teistest värvidest eraldi.
Fotod SuMaKi*

Muude põllumajanduslike plastpakendite, näiteks väetisekottide ja muude plastmassist suurkottide ringlussevõtt on toodete tootja kohustus. Põllumehed saavad need plastpakendid tasuta kohalikesse kogumispunktidest tagastada. Soomes on levinud sipelghappel põhinevate silokonservantide kasutamine. Need lisandid tarnitakse ette-

võttesse 30 l, 200 l või 1000 l plastmahutites, mida saab samuti tasuta tagastada. Vt ka [siin](#).

Soome keskkonnaministeeriumi korraldusel tuleb silojääke ladustada kuivas sõnnikuhooldlas või kõval pinnal. See vähendab nõrgvee eraldumist ladustamisperioodil. Riknenud silopallidelt tuleb kile eemaldada. Riknenud silo võib väetisena põllule laotada ja kasutada sel viisil silo toitaineid järgmise saagi kasvatamiseks. Alternatiivina võib viia riknenud silo litsentseeritud jäätmekäitluskohta (nt biogaasijaama) või teistesse töötlemiskohtadesse.

Soome põllumeeste nõuanded plastiku ja silojäätmete minimeerimiseks ettevõttes:

- » silo optimaalne tihendamine;
- » silo optimaalsed söodakogused;
- » silo kattekile taaskasutamine hoidla külgedel.

Põllumajanduseksperdi nõuanded plastik- ja silojäätmete minimeerimiseks on järgmised:

- » Silohoidla hoolikas täitmine ja tihendamine. Küljed on kõige kriitilisemad! Kui silo on hästi tihendatud ja katte peale on asetatud piisavalt rasket materjali, ei rikne silo ka pealmistes kihtides.
- » Silolõikur vähendab silojääkide hulka.
- » Optimaalne söötmiskiirus.

Kasutatud allikad

Keskkonnaministeriumi keskkonnakaitse juhised loomakasvatuses (2021):

[Kotieläintalouden ympäristönsuojeluohje](#)
[Paalimuovien keräily tiloilta alkanut elokuussa 2024](#)

[Maatiloilla syntyy vuosittain 12 000 tonnia jätemuovia – vain pieni osa jopa vuosia varastoidusta muovista päätyy kierrätykseen | Yle](#)

Maatalousmuovijätteen kierrättäminen. [Hytonen Aija](#). Opinnäytetyö 2024. JAMK.

14.2. Läti kogemused

Põllumajanduskile kogumine ei ole riiklikult reguleeritud, vaid on eraettevõtlus. Kasutatud põllumajanduspakendeid võtab tasuta vastu mitu ettevõtet. Taaskasutusse sobivad erinevad kiled, sh silopakendamise kile, rullkile, põllumajandus-, aia- ja muud tüüpi kiled; polüpropüleenist suurkotid, plastpurgid ja -tünnid.

Mida teha, et põllumajandus oleks keskkonnasõbralikum ning tekitaks vähem jäätmeid?

- Selleks, et pakkematerjalid sobiksid taaskasutusse, peavad need olema võimalikult puhtad ja kuivad ning ilma suuremate tootejääkide, liiva, pori ja muude lisanditeta nagu köied, nõõrid, ehituspraht jms. Enne pakendi taaskasutusse andmist või ladustamist tuleb eraldada muud tüüpi jäätmed ja paigutada pakend kuiva kohta, et vältida või vähemalt vähendada ilmastikutingimuste mõju.
- Selleks, et pakend jõuaks kindlasti taaskasutusse ja ettevõtte saaks kätte kõik pakendi üleandmise tõendid, mis tuleb keskkonnaametile esitada, on otstarbekas valida ametlik jäätmekäitleja. Ametlik partner saab anda ka erialast nõu konkreetse pakendi taaskasutusvõimaluste kohta.

14.3. Eesti kogemused

Põllumajandusplasti hulka kuuluvad põllumajanduses kasutatavad tooted, näiteks pallisilo kile, silokate, plasttunnelid, võrgud ja plastnõõrid. See hõlmab ka muud tüüpi plasti, mida kasutatakse põllumajanduses ja aianduses. Põllumajandusplasti peetakse probleemtooteks ja selle käitlemisele kehtivad erinõuded, sh tootja, importija ja kasutaja – antud juhul põllumajandustootja – vastutus.

Põllumajandusplasti suhtes kehtivad laiendatud tootjavastutuse nõuded, mis tähendab, et tootja (sh importija) on kohustatud koguma ja ringlusse võtma oma toodetest tekkinud põllumajandusplasti jäätmed. Järgnevalt kirjeldatakse nii põllumajandusplasti tootjate kui ka kasutajate (põllumajandustootjate) kohustusi.

Põllumajandusplasti tootjate (sh importijate) kohustused

- » Tootja peab korraldama põllumajandusplasti jäätmete kogumise ja ringlussevõtu, tagades, et vähemalt 50% jäätmetest läheb taaskasutusse. Kogumine tuleb korraldada nii, et jäätmete käitlemine oleks põllumajandusplasti kasutajate jaoks võimalikult lihtne.
- » Põllumajandusplasti tootja peab tema toodetest tekkinud põllumajandusplasti jäätmed tasuta vastu võtma. Tootja peab koguma jäätmeid vähemalt samas mahus nagu eelmisel kalendriaastal turustas.

- » Sorteerimata jäätmeid käsitletakse segajäätmetena, mille käitlemiskulude eest vastutab põllumajandusplasti kasutaja.
- » Tootja peab põllumajandusplasti kasutajaid teavitama põllumajandusplasti jäätmete käitlemise nõuetest ja tagastusvõimalustest.

Põllumajandusplasti kasutajate (põllumajandustootjate) kohustused

- » Põllumajandusplasti kasutajad peavad koguma põllumajandusplasti jäätmed muudest jäätmetest eraldi ja vältima nende segunemist muud tüüpi jäätmete või materjalidega.
- » Põllumajandusplasti jäätmete transportimisel kogumispunkti peavad kasutajad vältima jäätmete segunemist või saastumist muude jäätmete või materjalidega.
- » Põllumajandusplasti jäätmed tuleb enne üleandmist sorteerida materjali liigi järgi: silokile, võrk, silopallikile, nõör, konteinerid ja muud plastid.

Põllumajandusplasti jäätmete võimalikult puhas ja kuiv ladustamine on oluline ringlussevõtu hõlbustamiseks ja plastjäätmete vähendamiseks. Pallisilo kile ja silohoidlas kasutusel olev võrk tuleb koguda eraldi, et tagada põllumajandusplasti nõuetekohane käitlemine.

Pallisilo kile ja võrk tuleb võimaluse korral eemaldada veekindlal pinnal. See hoiab ära kile saastumise ja segunemise mullaga ning vähendab silo nõrgvee pinnasesse imbumise ohtu. Seaduse kohaselt on põllul silopallide vinnastamine keelatud. Silopallid võib vinnastada veekindlal pinnal, et vältida nõrgvee satumist keskkonda.

Tähtis on saavutada silo suurem kuivainesisaldus (35-50%), sest see vähendab nõrgvee teket ja muudab sööda loomadele paremini seeditavaks.

Pärast pallisilolt kile eemaldamist raputatakse sellelt mustus. Ainult puhast kilet saab taaskasutada. Hiljem muutub kile puhastamine väga keeruliseks, kuna mustus on kuivanud ja kile külge kleepunud, jäädes kihtide vahele kinni. Kui kasutatud kile koorem sisaldab puhastamata materjali, tuleb kogu koorem kihtide kaupa sorteerida. Jäätmekäitleja võib osa materjalist puhastada, kuid tugevalt määrdunud kile, eriti kui seda on pikka aega ladustatud, ei pruugi olla taaskasutamiseks piisavalt puhas ja viiakse prügimäele.

Tagastatud jäätmed ei tohi olla koos mulla, vee, silojääkide, kivide ega muu prahiga. Liigse silo- või mullajääkidega saastunud plastikut ei saa ümber töödelda ega taaskasutusse suunata ning jäätmekäitleja peab selle eraldi sorteerima ja prügimäele suunama. Kuigi kile täiesti puhtaks muuta ei ole võimalik, tuleks saastumist minimeerida.

Põllumajandusplasti jäätmed kogutakse muudest jäätmetest eraldi. Neid ei tohi segada rehvide, muude pakendite ega prügi-ga. Sorteerige materjalid kohe liigiti ja koguge need eraldi. See säästab aega ja vähendab hilisemat töökoormust, kuna jäätmed on juba tagastamiseks sobivas seisukorras. Kogumisel arvestage jäätmete ilmastikukindlusega. Jäätmed tuleb hoida kuivana, näiteks suurkottides või katuse all. Suurkottidesse kogumine soodustab ringmajandust ja võimaldab taaskasutada näiteks väetisepakendeid, mis muidu muutuksid ohtlikeks jäätmeteks.

Korralikult kogutud ja sorteeritud plastjäätmeid saab taaskasutada, vähendades seeläbi prügilasse saadetavate jäätmete hulka ning põllumajanduse keskkonnajalajälge.

Pidage meeles: taaskasutatava põllumajandusplasti kogus sõltub selle puhtusest, ladustamistingimustest ja nõuetekohasest käitlemisest.

Näpunäited põllumajandusplasti jäätmete kogumiseks ja ladustamiseks

» Põllumajandusplasti eemaldamisel

- sorteeri materjalid kohe tüübi järgi: silokile, võrk, pallikile, nõör, konteinerid ja muud plastmaterjalid eraldi;
- kogu jäätmed kohe eraldi kategooriatesse;
- võimalusel raputa kilelt, kattelt ja muudelt materjalidelt maha vesi, muld, silojäägid jne.

» Kogu põllumajandusplasti jäätmed muudest jäätmetest eraldi, need ei kuulu rehvide, muude pakendite ja prügi hulka.

» Hoiusta põllumajandusplasti jäätmeid kuivana, näiteks suurmottides või katuse all.



Põllumajandusplasti jäätmete hoiustamine.

Foto Kaisa Vahtmäe

Põllumajanduses kasutatava plastmaterjali ja sellest tekkivate jäätmete käitlemist reguleerib Eestis [jäätmeseadus](#). Seadus kohustab põllumajandusplasti tootjat turustatud põllumajandusplasti tagasi võtma või korraldama selle tagasivõtmise ja taaskasutuse. Sellesse kategooriasse kuuluvad pallisilo kile, silo kattekile, kiletunnel, katte- võrk ja plastnõör. Põllumajandustootjal on

kohustus tagada, et kasutatud ja tagastatud plastmaterjal on puhas, st ei sisalda si- lojääke, mulda jne. [AK1]

Aastatel 2015-2020 turustatud ja ring- lussevõetud põllumajandusplasti kogused on esitatud Tabelis 1 vastavalt Keskkon- naagentuuri andmetele (Riiklik jäätmekava 2023-2028).

Tabel 1. Turustatud põllumajandusplasti kogused aastatel 2015-2020 ja põllumajandusplasti kasutamine jäätmekäitluses aastatel 2015-2020.

Aasta	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Turustatud (t)	921	907	1 209	1 358	1 355	1 502
Kogutud (t)	727	639	1 018	1 002	1 181	691
Ümbertöödeldud (t)	322	550	561	1 240	648	449
Ajutiselt hoiustatud (t)	649	1 229	1 487	1 086	1 217	1 012

Põllumajandusplasti kogumise ja taaskasu- tuse peamised probleemid

- Tootjad ei ole rajanud põllumajandus- plasti jäätmete kogumispunkti igasse Eesti maakonda. Tootjate sõnul saavad põllumajandusplasti kasutajad anda ko- gumisvajadusest teada ning tootja kor- raldab kogumise. Kogumispunktide puu- dumise tõttu on põllumajandusplasti jäätmete kogumisringid pikad, mistõttu on kasutajatel probleeme nende jäätme- te hoiustamisega.
- Põllumajandusplasti jäätmed sisaldavad sageli suures koguses võõrkehi. Põllu- majandusplasti kasutaja on kohustatud koguma põllumajandusplasti jäätmeid eraldi muudest jäätmetest ja vältima nende segunemist teiste jäätmete või materjalidega. Põllumajandusplasti jäät- mete käitlemise võimaldamiseks tuleb need koguda ilmastikukindlalt.

1. mail 2013 jõustus Eesti Vabariigis õigusakt „Põllumajandusplastist tekkinud jäätmete kogumise, tootjale tagastamise, ringlusse- võtu või kõrvaldamise nõuded ja kord ning sihtarvud ja eesmärkide saavutamise täht- ajad“. Paragrahv 4 sätestab, et põllumajan- dusplasti tootja on kohustatud korraldama tema müüdnud põllumajandusplastist tek- kinud jäätmete ringlussevõtu. Eesmärk on suunata põllumajandusplasti jäätmed ma- terjalide taaskasutusse uute toodete toot- miseks. See tagab ka keskkonnareostuse vähenemise ja puhtama Eesti.

Praktikas tähendab see seda, et põlluma- jandustootja saab tasuta tagastada sama koguse põllumajandusplasti, nagu ta on otnud. Põllumajandusplasti müünud et- tevõtte veebisaidil tuleb täita tellimisvorm ning kokkulepitud päeval viiakse see ära (transport on tasuta).

Silojäätmete käitlemine Eestis

Iga põllumehe kohustus on minimeerida või veelgi parem, täielikult välistada tootmises tekkivate jäätmete sattumine keskkonda. Aktuaalne teema on silo nõrgvee loodusesse sattumise vältimine. Närbunud silo (kuivainesisaldus üle 30%) valmistamisel nõrgvett ei teki või eraldub minimaalses koguses. Silo (sööda) käitlemisel tekkivad jäätmekujutavad aga endast keskkonnariski. Silo, heina, põhu, jahu ja mineraalide segamisel satub osa sellest paratamatult maapinnale, mille vihmavesi hiljem ära uhub. Aja jooksul söödajäätmed kogunevad ja satuvad kraavide kaudu loodusesse. Eestis reguleerib silo ladustamist ja käitlemist keskkonnaministri [määrus](#), mis tuleneb [Veeseadusest](#). Hoidlate tehnilised nõuded on allpool kirjeldatud.

Silojääkide kasutamine

Madala kvaliteediga või riknenud silo kasutamine on problemaatiline. Eestis loetakse rohusilo kvaliteeti madalaks, kui kuivaine sisaldab kilogrammi kohta alla 8 MJ metaboolset energiat, 12% toorproteiini või orgaanilise aine seeduvus on alla 50%. Sellise silo söötmine kõrge tootlikkusega loomadele on piiratud. Madalama toitainesisaldusega rohusilo saab

kasutada täiendava substraadina biogaasijaamades märgkääritamisel, kuid seda ei saa teha piiramatult. Eesti Maaülikooli 2023. aastal läbi viidud [uuring](#) näitab, et Eesti biogaasijaamades on rohusilo ja silojääkide osakaal 5,7-9,3% kääritatud substraatide kogumahust.

Biogaasi tootmisel on madala kvaliteediga rohusilo kasutamise peamine piirav tegur kõrge kiudainefraktsioonide sisaldus ja madal seeduvus, mistõttu mikroobid ei suuda seda piisaval määral lagundada. Seega vähendab biogaasijaamas suures koguses rohtse biomassi (sh rohusilo) kasutamine biogaasi sünteesi koguefektiivsust. Riknenud silol (võihappe sisaldus kuivaines on suurem kui 5g/kg või ammooniumlämmastiku ja üldlämmastiku suhe on suurem kui 10%) pole edasist kasutust. Loomad tavaliselt riknenud silo selle spetsiifilise lõhna tõttu ei söö. Riknenud silo lisamine täisratsioonilisse segajõusööta võib loomadel põhjustada mürgistust, mis võib isegi surmaga lõppeda. Riknenud silo suures koguses kasutamine biogaasijaamas täiendava substraadina põhjustab biogaasi sünteesiks vajaliku mikroobse struktuuri hävimise.

Kasutatud allikad

Riigi jäätmekava 2023-2028 <https://kliimaministeerium.ee/jaatmekava>

Jäätmeseadus <https://www.riigiteataja.ee/akt/117032023037>

Keskkonnaministri määrus "Väetise kasutamise ja hoidmise nõuded

põhja- ja pinnavee kaitseks ning põllumajandustootmisest pärineva saastatuse vältimiseks ja piiramiseks" <https://www.riigiteataja.ee/akt/104102019004>

Veeseadus <https://www.riigiteataja.ee/akt/111062024017>

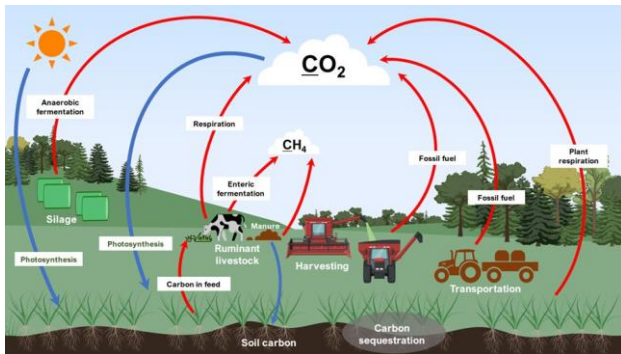
Peamised järeldused

- » Põllumajandusplasti ja silojäätmete käitlemine on säästva põllumajandustava põhikomponent.
- » Ainult puhast ja korralikult sorteeritud plasti saab taaskasutada - see vähendab uute toorainete kasutamist ja hoiab silos toitainete sisaldust.
- » Riknenud silo tekkimist tuleb minimeerida silo nõuetekohase tihendamise ja õige söötmisskiiruse abil. Riknenud silo saab kasutada biogaasi toorainena või väetisena, järgides saasteainete piirnorme.
- » Soomes võimaldavad riiklikud taaskasutussüsteemid (nt SuMaKi) pakkimis- ja silokile tasuta äraviimist, kusjuures puhas sorteerimine on ülioluline.
- » Lätis tugineb põllumajandusplasti taaskasutus erasektori algatustele, mis on põllumeestele tasuta. Sorteeritud materjalid peavad olema puhtad, kuivad ja tootjani jälgitavad.
- » Eestis peavad plastitootjad (sh importijad) korraldama põllumajandusplasti jäätmete kogumise ja taaskasutuse, tagades, et vähemalt 50% jäätmetest töödeldakse ringlussevõtuks. Põllumajandustootjad peavad tagastama puhta ja sorteeritud põllumajandusplasti.
- » Tootjate, kasutajate ja jäätmekäitlejate kooskõlastatud tegevus on tõhusa taaskasutuse ja keskkonnamõju vähendamise seisukohast hädavajalik.

Autor Nisola Ayanfe (Soome)

nemisele, kuigi selle mõju on kariloomade
 seedeptsesside heitkogustega võrreldes
 väiksem. Süsinikujalajälje vähendamiseks ja
 kestlikuks majandamiseks on oluline mõis-
 ta süsinikuringlust ja lenduvate orgaanilis-
 te ühendite teket silo valmistamise käigus ning
 optimeerida tootmist vastavalt.

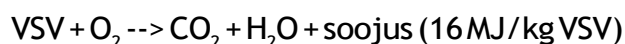
Silo tootmise eri etappidel on süsinikuringele kindel mõju (Joonis 1).



kaunviljade viljelemisel pinnase taastumises, bioloogilise mitmekesisuse soodustamises ja lämmastiku sidumises, samuti süsiniku ja metaani võimalikus neeldumises. Süsinikuringe algab fotosünteesiga, mille käigus seovad söodakultuurid CO₂ ning muundavad selle vee ja toitainete toimel orgaanilisteks ühenditeks. Taimed omastavad süsinikku süsivesikute, valkude ja lipiidide kujul. Söodakultuuride, eriti mitmeaastaste või kattekultuuride kasvatamine soodustab süsiniku sidumist mullas ja vähendab seeläbi atmosfääri CO₂ hulka. Lämmastikväetiste kasutamine võib aga viia dilämmastikoksiidi (N₂O) eraldumiseni, mis on palju intensiivsem globaalset soojenemist mõjutav kasvuhoonegaas kui CO₂. Liigne väetiste kasutamine võib suurendada N₂O heitkoguseid. Lisaks eraldub CO₂ silokultuuride kasvatamisel fossiilkütuste ja masinate kasutamise tõttu.

Saagikoristus: Valminud söödakultuurid koristatakse ja valmistatakse sileerimiseks ette närvutamise, hekseldamise ja tihendamise abil. Need toimingud tekitavad CO₂ heidet kütuse põletamise ja mikroobide elu-

tegevuse tõttu. Täiendav süsinikukadu tekib taimede hingamise ja saagi koristamise käigus. Hingamise kiirust mõjutavad sööda omadused, närbumise kestus ja tingimused ning ajavahemiku pikkus koristamise, silo tihendamise ja katmise vahel. Taimede hingamiskiirus väheneb kuivainesisalduse suurenemisega, kuid suureneb temperatuuri tõusuga. Lisaks on liblikõielistel suurem hingamiskiirus kui kõrrelistel.



VSV - veeslahustuvad süsivesikud

Fermentatsioon/säilitamine: sileerimisprotsessis toimub taimse materjali anaeroobne fermentatsiooniprotsess looduslikult esinevate või inokuleeritud mikroobide, eelkõige piimhappebakterite toimetel. Teiste mikroobirühmade hulka kuuluvad enterobakterid, klostriidid ja pärmid. Need mikroobid toodavad orgaanilisi happeid, mis alandavad pH-taset, säilitades sel moel kvaliteetset sööta. Enne fermentatsiooniprotsessi algust on aeroobne faas, kus tihendatud silos sisalduva hapniku toel toimuvad bioloogilised ja keemilised protsessid, mille käigus tarbitakse toitaineid ja energiat ning eraldub vett, soojust, CO₂ ja vaba ammoniaaki (McAllister ja Hristov, 2000). Silo gaasiva-

hetust mõjutab rõhuerinevus kääritusgaasi (tavaliselt CO₂) ja õhu vahel, mis on tingitud nende erinevast erikaalust. See võib viia silo temperatuuri tõusuni ning põhjustada kuivaine, energia ja kvaliteedi kadu (Tabel 1).

Kaod fermentatsiooniprotsessis tulenevad peamiselt CO₂ eraldumisest (2-4%) (Zimmer, 1980), mis oleneb domineerivast mikroobiliigist ja substraadist (Tabel 1). Süsinik vabaneb CO₂ kujul mikroobse hingamise ajal fermentatsiooniprotsessi anaeroobses etapis. Sileerimiskadu hinnatakse üldiselt arvestusega, et silo kaalukaotus sileerimise ajal on CO₂ hinnanguline väärtus. Iga toodetud CO₂ mooli kohta toodetakse ka 1 mool vett. Seega iga CO₂ eraldumise tõttu vähenenud kaalugrammi kohta kadus vee kujul ka 0,44 g kuivainet. Seda loetakse sileerimiskaoks isegi siis, kui vesi on veel silos. Seejärel hinnatakse kuivaine kogukadu silo kaalu vähenemise ja 1,44 korrutisena (Knický ja Spörndly, 2015). Kuivaine kadu sileerimisel toimub sageli kahel viisil: suhkrute kääritamisel peamiselt CO₂-ks ja etanooliks ning heitvee tootmisel, eriti suure veesisaldusega materjali korral. Tabelist 1 nähtub, et kuivaine kadu CO₂ kujul on üldiselt suur, kui fermentatsiooniprotsessi mõjutavad oluliselt piimhappebakteritest erinevad mikroobid.

Tabel 1. Kuivaine ja brutoenergia kaod silo fermentatsiooni radadel, Borreani jt, (2018).

Organism	Rada	Substraat	Tooted	Kadu (% substraadid)	
				KA	Brutoenergia
LAB ¹	Ho ²	glükoos	2 laktaati	0	0,7
LAB	He ³	glükoos	1 laktaat, 1 etanool, 1 CO ₂	24	1,7
LAB	He	3 fruktoosi	1 laktaat, 1 atsetaat, 2 mannitooli, 1 CO ₂	4,8	1
LAB	Ho/He	2 tsitraati	1 laktaat, 3 atsetaati, 3 CO ₂	29,7	-1,5
LAB	Ho/He	malaat	1 laktaat, 1 CO ₂	32,8	-1,8
enterobakterid		2 glükoosi	2 laktaati, 1 atsetaat, 1 etanool, 2 CO ₂	17	11,1
klostriidid		2 laktaati	1 võihapet, 2 CO ₂ , 2 H ₂	51,1	18,4
Pärm-seened		glükoos	2 etanooli, 2 CO ₂	48,9	0,2

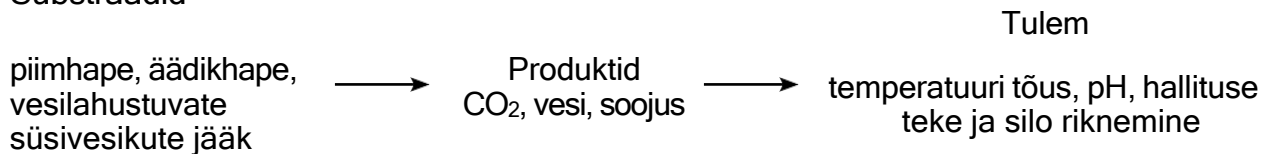
LAB¹ = piimhappebakterid (*lactid acid bacteria*);

Ho² = homofermentatiivid; He³ = heterofermentatiivid

Silohoidla avamine/sööda väljalaadimine: silohoidla avamisel võivad silo kokkupuutel õhuga aktiveeruda aeroobsed mikroobid, nt pärm- ja hallitusseened, mis toodavad CO₂ ning põhjustavad sööda- ja energiakadu. CO₂ tootmine mängib silo aeroobses stabiilsuses olulist rolli. Silo ebapiisav tihendamine, hapniku juurdepääs ja pikaajaline ladustamine võivad suurendada CO₂ eraldumist ja toitainete

kadu. Silo halb käitlemine võib tekitada ka anaeroobset keskkonda, mis suurendab metaani tootmist. Silo kvaliteeti hinnatakse sageli sensoorselt (välimus, lõhn, tekstuur; Tabel 2), kuivaine kao, pH-taseme, fermentatsiooniprotsessi kõrvalsaaduste, st piimhappe ja lenduvate rasvhapete, valkude lagunemise ja mikrobioloogilise seisundi põhjal.

Substraadid



Tabel 2. Mahanna ja Chase'i kohandatud sensoorsed sümptomid ja silo riknemise sagedased põhjused (2003).

Sensoorne hindamine	Põhjus	Silo käitlemisega põhjustatud riknemine
Rääsunud piima lõhn	Klostriidide süntees, vöihappe tootmine	Suur veesisaldus, väike vees lahustuvate süsivesikute sisaldus, ebapiisav piimhappebakterite (LAB) sisaldus.
Äädikalõhn	Bakterid, mis käärivad vesilahustavad süsivesikud äädikhappeks	Märg silo, ebapiisav piimhappebakterite (LAB) sisaldus, väike vesilahustuvate süsivesikute sisaldus
Alkoholilõhn	Pärmseened, mis käärivad vesilahustavad süsivesikud alkoholiks	Kuiv ja halvasti tihendatud silo, aeglane väljalaadimine silohoidlast
Hallitanud silo	Hapniku ja piisava substraadi olemasolu	Ebakvaliteetselt käideldud põllukultuurid, silohoidlas aeglane täitmine ja väljalaadimine, pikk hekslipikkus, madal niiskustase ja halb tihendamine
Kuum silo	Pikaajaline hingamine, pärm- ja hallitusseente kasv	Silohoidlas aeglane täitmine ja väljalaadimine, silo ebaühtlane struktuur, madal veesisaldus, liiga küps saak, pikk hekslipikkus, halb tihendamine

Lisaks, kui loomad söövad silo, metaboliseerub süsinik ja hingamise teel vabaneb CO₂. Mäletsetel põhjustab silo seedimine soole käärimise tõttu ka CH₄ tootmist.

Keskkonnamõju

Süsinikdioksiidi heitkoguste minimeerimise meetodid silo tootmisel ja kasutamisel

- » Sobiv söödakultuuride majandamine. Mulda säästvad harimisvõtted, väetise täpne kasutamine ja külvikorra järgimine soodustavad süsiniku sidumist ja heitkoguste vähenemist. Vähenenud harimine aitab säilitada mulla struktuuri ja ennetada orgaanilise süsiniku kadu mullas.
- » Tõhusad silotootmismeetodid. Fermentatsiooniprotsessi efektiivsuse suurendamiseks, süsinikukao vähendamiseks ja silo kvaliteedi parandamiseks tuleb saak koristada sobiva ilma ja õige niiskustasemega ning õige kasvufaasi ajal, silo nõuetekohaselt tihendada, silohoidla korralikult sulgeda ja katta ning kasutada sobivaid lisandeid (inokulante või keemilisi lisandeid). Silo inokulandid soodustavad fermentatsiooniprotsessi, sest toetavad piimhappe tootmist, seevastu happepõhised lisandid pärsvad silo hapestamise kaudu käärimist, surudes maha mikroobide aktiivsust. Keemiliste lisandite tootmise ja transpordi süsinikujalajälg on tõenäoliselt suurem kui bioloogilistel inokulantidel. Kui aga tõhusate keemiliste lisanditega saavutatakse silo parem kvaliteet ja väiksemad kaod, võib lõplik keskkonnamõju sel juhul olla väiksem. Silokäitluse parandamine mõjutab süsiniku sidumist, vähendab otseseid CO₂ heitkoguseid, aitab säilitada toitaineid silos, edendab loomakasvatuse tasuvust ja optimeerib süsinikujalajälge selles majandusharus.
- » Toitainete optimeerimine silos. Toitainete koostise täpne jälgimine silos selle kvaliteedi parandamiseks ning tasakaalustatud sööda tagamine aitavad optimeerida seedimist ja vähendada soolestikus CH₄ tootmist, mis omakorda aitab vähendada silo söötmisest tulenevat süsinikuheidet. Silo õige käitlemine vähendab selle riknemist.
- » Energiatõhusad meetodid. Silokultuuride kasvatamiseks, koristamiseks ja ladustamiseks vajalik energiakulu mõjutab põllumajanduses süsinikutasakaalu. Taastuvate energiaallikate (nt sõnnikust saadud CH₄-l põhinev biogaas, päikeseenergia) kasutamine silo tootmisel, näiteks koristamisel ja transportimisel, aitab vähendada silo süsinikujalajälge. Tõhus energiakasutus aitab vähendada kütusekulu ja sellega kaasuvat CO₂ heidet. Silokultuuride kasutamine bioenergia (biogaasi) tootmise toorainena aitab kaasa süsinikuneutraalsuse saavutamisele, sest asendab fossiilkütused taastuvate energiaallikatega, mis pikas perspektiivis vähendab süsiniku netoheidet.
- » Söödakasutuse suurem efektiivsus. Kvaliteetne silo tagab sööda parema omastamise. Hästi säilinud ja toitainerikka siloga söödetud loomad toodavad tooteühiku kohta vähem metaani ja seedivad sööta tõhusamalt.
- » Sõnniku käitlemine. Kvaliteetse silo ja tõhusa söödakasutusega kaasneb vähem sõnnikut ning loomakasvatuse jäätmete väiksem metaaniheide, mis vähendab põllumajanduse keskkonnamõju.

15.2. Lenduvad orgaanilised ühendid

Lenduvad orgaanilised ühendid (VOC) tekitab silo tootmisel ja auruvad atmosfääri. Nende ühendite eraldumine algab kultuuride kasvamisega, suureneb koristamise, transportimise, silo ladustamise ja sulgemise jooksul ning jätkub fermentatsiooniprotsessi, säilitamise, väljalaadimise ja söötmise ajal. Kuigi elusorganismid toodavad VOC-i silo valmimise käigus loomulikult, võib liigne kogus põhjustada silo halba kvaliteeti, riknemist ja keskkonnareostust.

VOC võib oma ebameeldiva lõhna tõttu pärssida ka sööda tarbimist, mis omakorda mõjutab loomade tootlikkust ja piimalehmade ainevahetust. Uuringud näitavad, et silo tootmisega seotud VOC-i heitkogused moodustavad umbes 5% kõigist inimtekkelistest allikatest nii USA-s kui ka EL-is (Howard jt, 2010). VOC-i emissioon põhjustab sudu ja maapinnalähedase osooni teket, mis halvendavad õhukvaliteeti ja põhjustavad terviseprobleeme, nagu hingamisteede haigused ning enneaegne surm.

Maisisilo VOC-i sisaldus on vahemikus 30-40 g/kg (kuivaine põhjal). VOC võib koos fermentatsiooniprotsessis tekkiva CO₂-ga hoidlast välja kanduda. VOC-i emissiooni mõjutavad kontsentratsioon silos, temperatuur ja silo veesisaldus. VOC moodustub eelkõige silo fermentatsiooniprotsessi ja ladustamise ajal ning eraldub peamiselt söötmise käigus. Kuigi suur osa VOC-ist eraldub õhku, on mõnel ühendil suure energiasalduse tõttu ka toitumisalane tähtsus, kui loomad neid koos söödaga tarbivad. Maisi VOC-i uuringud on rohusiloga võrreldes ulatuslikumad. VOC-i heitkoguste vähendamine silost on oluline mitte ainult keskkonkaalutlustel, vaid ka kvaliteetse silo ja loomade tootlikkuse tagamiseks.

Silos leidub umbes 50 lenduvat orgaanilist ühendit, mille võib jagada nelja rühma:

- orgaanilised happed,
- alkoholid,
- aldehüüdid,
- estrid.

Happed. See rühm hõlmab peamisi, sileerimisel sageli tekkivaid käärimishappeid, näiteks piimhapet ja lenduvaid rasvhappeid, milleks on äädik-, propioon-, või-, isovõi- ja isovaleriinhape. See on arvukuselt teine VOC-i rühm, mille ühendeid iseloomustab nõrk lenduvus ja reaktsioonivõime. Neid happeid tekitavad kääritamise ajal mitmesugused mikroorganismid, nagu heterofermentatiivsed piimhappebakterid, enterobakterid ja klostriidid (McDonald jt, 1991). Äädikhape kontsentratsioon maisisilos võib olla vahemikus 10-50 g/kg, propioonhappel 1-10 g/kg.

Alkoholid on hapete kõrval kõige domineerivamad lenduvad orgaanilised ühendid ja moodustavad umbes 70% maisisilo VOCi kogumassist. Etanool ja propanool on silos kõige sagedamini leiduvad alkoholid, lisanduvad metanool, 1-propanool ja 1-butanool. Need tekivad peamiselt pärmseente ja obligaatsete heterofermentatiivsete piimhappebakterite toimel vees lahustuvate süsivesikute kääritamisel ning mõjutavad väga lenduvate ühenditena õhukvaliteeti. Etanooli kontsentratsioon maisisilos võib ületada 10 g/kg ning 1-propanooli kontsentratsioon pärast silo ladustamist võib olla vahemikus 0,1-10 g/kg. Metanooli kontsentratsioon moodustab vähem kui 10% etanooli omast. Etanool on peamine lenduv orgaaniline aine maisisilos, metanoolisisaldus on kõrgeim lutsernisilos.

Aldehüüdid võivad tekkida vahetult või äädikhape ja alkoholi oksüdeerumise tulemusel näiteks atseetaldehüüdi ja propionaldehüüdina. Aldehüüde toodavad teatud

piimhappebakterid ja pärmseened, kasutades substraadina suhkruid ja aminohappeid. Kuigi aldehüüdide kontsentratsioon silos on sageli vähem kui 1 g/kg, peetakse neid kõrge reaktsioonivõime tõttu olulisteks sekundaarse õhusaaste tekitajateks.

Estrid võivad sööda tarbimist negatiivselt mõjutada ning nendel ühenditel on väga nõrk reaktsioonivõime. Estrid moodustuvad piimhappebakterite toimetel ja alkoholidega esteramisreaktsiooni teel. Estrite tootmine sõltub etanooli ja atsetüül-CoA kontsentratsioonist, pH-tasemest, temperatuurist, pärmseente arvukusest ja tüve tüübist silo kääritamise ajal.

VOC-i teket soodustavad tegurid silos

VOC-i kontsentratsioon silos sõltub peamiselt silo käitlusviisist või sileeritava sööda kultuuri liigist.

Taimede stress. Taimed vabastavad abiootilise või biootilise stressi tagajärjel VOC-i ning see võimaldab neil suhestuda putukate ja teiste taimedega. Koristamise ajal see reaktsioon käivitub ning VOC-i emissioon suureneb. VOC-i peamine ühend enne niitmist ja koristuse ajal on metanool ning selle sisaldus suureneb vahetult pärast niitmist. Koristamise ja silo kinnikatmise vahelise aja minimeerimine (ideaalis ühe päeva jooksul) aitab VOC-i emissiooni vähendada.

Silo väljalaadimine. Väiksem päevane eemaldatav silokiht materjali väikese tiheduse, kõrge temperatuuri ja suure tuulekiiruse koosmõjus võib põhjustada suuremat VOC-i eraldumist. Näiteks võib päevane 15 cm paksuse silokihi eemaldamine põhjustada umbes 10% etanooli kadu.

Silo käitlemine. Silo ebapiisav katmine ja sulgemine või halvad ladustamistingimused võivad viia aeroobse riknemiseni ja VOC-i eraldumise suurenemiseni. Fermentatsiooniprotsess toimub peamiselt piimhappebakterite toimetel anaeroobses keskkonnas; hapniku juurdepääs soodustab aga aeroobsete mikroobide paljunemist, mille tulemuseks on VOC-i soovimatu tootmine. Ka anaeroobsetes tingimustes aktiivsete soovimatute mikroobide, nt klostriidide ja enterobakterite elutegevus, võib põhjustada VOC-i ja muude kahjulike ühendite tootmist. Silohoidla katmisega viivitamine võib samuti suurendada riknemist põhjustavate mikroorganismide toimeriski, mis tekitab VOC-i.

Söödakultuuri tüüp. Sööda koostis mõjutab VOC-i eraldumist. Tärkliserikka silo, nt maisi fermentatsiooniprotsess on kiire, mille tulemusena moodustuvad etanool ja muud lenduvad orgaanilised ühendid. Halva kvaliteedi või puhverdusvõimega sööt ei pruugi piisavalt käärida ning see viib samuti VOC-i eraldumiseni.

Keskkonnamõju

VOC-i heitkoguste minimeerimine silotootmises

- » *Silolisandite kasutamine: spetsiifiline toimemehhanism mõjutab fermentatsiooniprotsessi ja aeroobset stabiilsust, mis kokkuvõttes avaldab mõju VOC-i tootmisele. Seenevastaste keemiliste lisandite, näiteks kaaliumsorbaatide ja naatriumbensoaadi kasutamine pärsib etanooli tootmist ja etüülestriite moodustumist. Piimhappebakterite inokulandi kasutamine parandab fermentatsiooniprotsessi, mis omakorda aitab vähendada mõnede lenduvate orgaaniliste ühendite hulka. Silolisandid vähendavad lenduvate orgaaniliste ühendite tootmist vaid osaliselt.*
- » *Kvaliteetne silotootmine hõlmab hekslite optimaalset suurust ja tihedust, silohoidla kiiret täitmist, silo tõhusat tihendamist ning nõuetekohast sulgemist ja katmist. Hapniku juurdepääsu vältimiseks tuleks kasutada õhukindlaid plastkatteid.*
- » *Siloseire. Mikroobikoosluste muutuse, temperatuuri ja pH-taseme kontrollimine silo ladustamise ja väljalaadimise ajal aitavad VOC-i teket varakult tuvastada ja riknemist vältida.*
- » *Silo nõuetekohane käitlemine vähendab hapniku juurdepääsu, mis piirab äädikhappe tootmist. Äädikhappe kontsentratsiooni vähendamine võib aga suurendada etanooli tootmist, kuna äädikhape pärsib pärmseente arengut.*
- » *Õigeaegne koristamine. Optimaalse küpsusastme ja veesisaldusega sööda koristamine aitab minimeerida taimede stressi ja VOC-i heitkoguseid. Silohoidla õigeaegne katmine on ülioluline, et vähendada taimmaterjali kokkupuudet hapnikuga ning VOC-i tootmist.*
- » *Fermentatsiooniprotsessi optimeerimine. Stabiilne ja kiire fermentatsiooniprotsess on VOC-i heitkoguste vähendamise aluseks. Anaeroobse keskkonna tagamine vähendab soovimatute mikroorganismide, näiteks pärm- ja hallitusseente aktiivsust ning pärsib sel viisil VOC-i teket.*
- » *Tõhusad söötmismeetodid. Silo söötmisel aitab kadusid ja VOC-i heitkoguseid minimeerida piisava paksusega silokihi väljalaadimine ja õhuga pikemaajalise kokkupuute vältimiseks silo katmine kilega.*

Peamised järelused

- » Mullatervise hoidmiseks, erosiooni vältimiseks ja süsinikukao ennetamiseks rakendage minimeeritud põlluharimise meetodeid.
- » Järgige külvikordade ja väetiste täpset kasutamist, et suurendada mullas süsiniku talletamist ning vähendada heitkoguseid ja leostumist.
- » Kvaliteetse silo saamiseks koristage saak õiges küpsusstaadiumis ja optimaalsel veesisalduse tasemel.
- » Hekseldage söödakultuurid õige pikkusega (1–3 cm), et tagada silo nõuetekohane tihendamine ja vältida hapniku juurdepääsu.
- » Valige sobivad lisandid, mis aitavad kontrollida fermentatsiooniprotsessi ja hoida silo värskena.
- » Lisage seenevastaseid säilitusaineid, näiteks kaaliumsorbaati või naatriumbensoati, et vähendada kahjulike bakterite hulka silos ja parandada aeroobset stabiilsust.
- » Täitke silohoidla kiiresti, et vähendada hapniku juurdepääsu ja parandada silo säilivust.
- » Hoidke silo õhukindlalt, et vältida äädikhappe kadu, mis aitab pärssida pärmseente paljunemist ja liigset etanooli tootmist. Vältige aukude tekkimist silo katmisel või pakkimiseks kasutatavas kiles ning leitud augud parandage kohe.
- » Ladustage ja sulgege silo tihedalt, et vältida toitainete kadu ja parandada fermentatsiooniprotsessi.
- » Kontrollige regulaarselt silo temperatuuri ja pH-taset, et muutusi varakult märgata ja riknemist vältida.
- » Olge tähelepanelik silo lõhna suhtes (nt tugev ammoniaagilõhn, terav ja ebameeldiv lõhn).
- » Eemaldage iga päev lahti lõigatud silo frontaalpinnalt piisav kogus (10–15 cm), et ennetada mikroobide paljunemist, mis võivad põhjustada silo riknemise.
- » Planeerige ladustatava silo mahtu, et tagada aastaajale vastav õige päevane söötmiskogus.
- » Hävitage hallitanud või riknenud silo nõuetekohaselt.
- » Kasutage saagikoristusel ja transpordil taastuvenergiat (nt biogaasi või päikeseenergiat), et vähendada kütusekulu ja heitkoguseid.
- » Tasakaalustage söödas toitaineid, et parandada loomade seedimist ja vähendada metaaniheidet.
- » Vähendage silo tootmisel tekkivaid jäätmeid nii palju kui võimalik.

15.3. Süsiniku jalajälje hindamine

Põllumajandustootjate jaoks on veebis olemas mitu kalkulaatorit, millega saab hinnata süsiniku jalajälje loomakasvatases.

Valio Carbo Farm Calculator arendati Soome piimakarjakasvatajate jaoks süsiniku jalajälje mõõtmiseks eesmärgiga vähendada

2025. aastaks süsinikuheidet 30% võrra. Kalkulaator kasutab Valitsustevahelise Kliimamuutuste Nõukogu (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) meetoodikat ja Valio teadusuuringute andmeid. Kalkulaatori puuduseks on see, et mudelisse ei ole kaasatud mulla süsinikutasakaal.

Y-HIILARI ja Biocode on samuti Soomes loodud süsiniku jalajälje kalkulaatorid.

Kasvuhoonegaaside protokoll veebileht sisaldab tööriistu, mis võimaldavad tööstus- ja põllumajandustootjatel jälgida oma heitkoguseid ja kliimaeesmärkide saavutamisel tehtud edusamme.

Cool Farm Tool on süsiniku jalajälje kalkulaator, mis aitab kvantifitseerida süsiniku, veekasutuse ja bioloogilise mitmekesisuse jalajälge. Kalkulaator on standarditud IPCC meetodite ja empiiriliste uuringute andmekogude abil. See tööriist võimaldab terviklikult hinnata kasvuhoonegaaside heitkoguseid ja süsiniku sidumist põlluma-

jandusettevõtte tasandil. See aitab põllumeestel hinnata, kuidas aja jooksul oma majandustegevust suunata, et süsinikusaaku parandada.

Arla's FarmAhead™ Check rakendust kasutasid peamiselt Arla ühistu põllumehed Põhja-Euroopas. See tööriist võib sobida Eesti ja Läti piimakarjakasvatajatele. See järgib ISO standardeid elutsükli hindamisel ja Rahvusvahelise Piimanduse Föderatsiooni suuniseid süsiniku jalajälje metoodika kohta.

Keskkonnamõju

Metaaniheite vähendamine

» *Piimatootmises metaani tootmist tõhusalt vähendavate söödalisandite hulka kuuluvad 3-nitrooksüpropanool (Bovaer), vetikad, õlid ja rasvad, nitraadid ning tanniinid.*

Kasutatud allikad

Borreani G. I., Tabacco E. R., Schmidt R. J., Holmes B. J., and Muck R. A. 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952-79.

Howard, A., Botlaguduru, V. S., Du, H., Kommalapati, R.R., and Huque, Z., 2019. Measurements and comparative air quality analysis of a goat farm operation. *Transactions of the ASABE*, 62(6), pp.1723-1733.

Knický, M., and Spörndly, R. 2015. Short communication: Use of a mixture of sodium nitrite, sodium benzoate and potassium sorbate in aerobically challenged silages. *Journal of Dairy Science* 98: 5729-5734.

Mahanna, B., and Chase L. E. 2003. Practical applications and solutions to silage problems. Pages 855-895 in *Silage Science and Technology*. Vol. 42. D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison, ed. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.

McAllister, T. A., and Hristov A. N. 2000. The fundamentals of making good quality silage. *Adv. Dairy Technol.* 12:381-399.

McDonald, P., Henderson, A. R., and Heron, S. J. E., 1991. In: *The Biochemistry of Silage*, 2nd ed. 1991. Chalcombe Publications, Marlow, UK, p. 340.

Zimmer, E. 1980. Efficient silage systems. Pages 176-194 in - *Forage Conservation in the '80s - Occasional Symposium*, British Grassland Society Conference, No. 11, Brighton, UK.

16. Lõppsõna

Käesolev käsiraamat on valminud koostöös, millesse panustasid praktikud, nõustajad ja teadlased Soomest, Eestist ja Lätist. Põllumajandus areneb pidevalt ning see ühine ettevõtmine kinnitab koostöö jõudu. Käsiraamatu koostajad koondasid uuemad teadmised silotoomise kohta, millest on kasu nii farmeritele, loomadele, keskkonnale kui ka ühiskonnale.

Soome, Eesti ja Läti loomakasvatus toimub valdavalt kliimatingimustes, mis sobivad hästi rohusööda tootmiseks. Meil on vajalikud loodusressursid, ning mis kõige tähtsam – haritud ja võimekad farmerid. Seega oleme maailmas heal positsioonil ning seda tuleb hoida ja tugevdada.

Kuigi riikide veisefarmid erinevad suuruse ja traditsioonide poolest, seovad meid ühised

väljakutsed: muutuvad kliimaatilised tingimused, keskkonnanõuded, tootmissisendite kallinemine ja toidujulgeoleku tagamine.

Piisavas koguses kvaliteetse sööda (silo) tootmine nõuab teadmisi- ja kogemuspõhist juhtimist ning tööde täpset ajastamist. Edukas silo tootmine eeldab valmisolekut omandada ja rakendada teadusele tuginevaid oskusi, uurida naabrite edulugusid ning õppida tehtud vigadest.

See käsiraamat on näide piiriülesest koostööst, mis loob lisandväärtust kogu piirkonnas toidutootmisele.

Suur tänu kõigile, kes oma aja, teadmiste ja kogemustega sellesse töösse panustasid!

*Are Selge
Toimetaja.*

