SAASTUSE KOMPLEKSNE VÄLTIMINE JA KONTROLL

Parim võimalik tehnika veiste intensiivkasvatuses

Tartu 2013

2. Sisukord

2. Sisukord 2
3. Kirjanduse ja seadusandlike aktide loetelu, kaasatud ekspertide nimekiri 4
4. Terminid, mõisted ja lühendid 8
5. Täitevkokkuvõte 9
6. Sissejuhatus 11
6.1. Veised tõugude, vanuse- ning toodangurühmade lõikes 12
6.2. Veiste pidamisviisid 13
6.3. Sõnnikuhoidlad 15
7. Kulu- ja heitetasemed veiste intensiivkasvatuses 18
7.1. Toorainete erikulu 18
7.1.1. Söödakulu 18
7.1.2. Veekulu 18
7.1.3. Energiakulu 20
7.2. Heitekogused 21
7.2.1. Veisesõnniku üldiseloomustus 22
7.2.2. Saasteainete eritumine loomapidamishoones 23
7.2.3. Saasteainete eritumine sõnniku- ja kääritusjäägi hoidlast 26
7.2.4. Saasteainete eritumine sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel 29
7.2.5. Müra 32
7.2.6. Jäätmed 32
8. Tehnika vastavusse viimine parima võimaliku tehnikaga 33
8.1. Hea põllumajandustava 33
8.1.1. Tegevuste planeerimine 33
8.1.2. Lauda asukoha valik 33
8.1.3. Töötajate koolitus 34
8.1.4. Omaseire korraldus ja andmestik 34
8.1.5. Remont ja hooldus 34
8.1.6. Hädaolukord 35
8.2. Söötmise korraldus 35
8.2.1. Üldine taust 35
8.2.2. Söötmine 35
8.2.3. Jootmine 38
8.3. Vee efektiivne kasutamine 40
8.4. Lüpsmine 41
8.4.1. Vaakumseadmed 41
8.4.2. Piimajahutid 41
8.4.3. Lüpsiseadmed 42
8.5. Energia efektiivne kasutamine 47
8.6. Sõnniku eemaldamine laudast 48
8.6.1. Mobiilsed sõnnikukäitlusseadmed 48
8.6.2. Kettkraapkonveierid 48
8.6.3. Lattkraapkonveierid 49
8.6.4. Skreeperseadmed 49
8.6.5. Vedelsõnnikusüsteemid 50
8.7. Heitkoguste vähendamise tehnikad veisekasvatuses 51
8.7.1. Heitkoguste vähendamine lõaspidamisega lautades 52
8.7.2. Heitkoguste vähendamine vabapidamisega lautades 52
8.7.3. Lenduvate saasteainete vähendamine nn. „toruotsa” tehnoloogiatega 52

8.8. Lõhna vähendamine 53
8.9. Heitkoguste vähendamine hoidlatest 54
8.9.1. Heitekoguste vähendamine tahesõnnikuhoidlatest 54
8.9.2. Heitekoguste vähendamine poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidlatest 54
8.9.3. Söödahoidlad 55
8.10. Sõnniku töötlemine 56
8.10.1. Tahesõnniku kompostimine 56
8.10.2. Vedelsõnniku separeerimine 56
8.10.3. Vedelsõnniku aeroobne töötlemine (aereerimine) 57
8.10.4. Vedel- ja tahesõnniku anaeroobne kääritamine (biogaasi tootmine) 57
8.10.5. Vedelsõnniku keemiline ja/või bioloogiline töötlemine 60
8.11. Sõnniku käitlustehnoloogiad 63
8.11.5. Vedelsõnniku vedamine hoidlast põllule 67
8.11.6. Vedelsõnniku ladustamine põllule 67
8.11.7. Vedelsõnniku laadimine põllul laoturisse 67
8.11.8. Vedelsõnniku laotamine ja mulda viimine 68
8.12. Tahesõnnik 75
8.12.2. Tahesõnniku käitlustehnoloogiad 76
8.12.3. Tahesõnniku laadimine 76
8.12.4. Vedamine hoidlast põllule 77
8.12.6. Tahesõnniku laotamine ja mulda viimine 78
8.13.1. Poolvedela sõnniku omadused 80
8.13.2. Käitlustehnoloogiad 80
8.13.3. Laotuseks valmendamine 81
8.13.4. Hoidlast laadimine 81
8.13.5. Laotamine ja mulda viimine 82
8.15. Müra vähendamise tehnikad 84
8.15.1. Ventilatsioonisüsteemist lähtuv müra 84
8.15.2. Laudatöödest lähtuv müra 85
8.15.3. Helibarjääride paigaldamine 85
9. Parim võimalik tehnika 85
9.1. Hea põllumajandustava 85
9.2. Veiste intensiivpidamine 86
9.3. Lüpsmine ja lüpsiseadmed 86
9.4. Sõnniku eemaldamine laudast 87
9.5. Heitekogused õhku 87
9.6. Energia 88
9.7. Sõnniku ladustamine 89
9.8. Sõnniku laotamine 89
10. PVT hindamine ettevõtetes (lautades) 91
10.1. Pidamisviis (loomapidamishoone) ja sõnnikueemaldussüsteem 91
10.2. Sõnniku ladustamine ja –hoidlad 92
10.3. Sõnniku laotamine 92
10.4. Lüpsisüsteem 93
11. Kokkuvõte 94

3. Kirjanduse ja seadusandlike aktide loetelu, kaasatud ekspertide nimekiri

3.1. Seadusandlikud aktid

1. Valitsuse määrus „Alltegevusvaldkondade loetelu ning künnisvõimsused, mille korral on käitise tegevuse jaoks nõutav kompleksluba“ - RT I, 11.06.2013, 19. https://www.riigiteataja.ee/akt/111062013019
2. Keskkonnaministri määrus „Looma- ja linnukasvatusest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramismeetodid“ – RTL 2008, 99, 1390 - https://www.riigiteataja.ee/akt/13086529
3. Põllumajandusministri määrus „Nõuded vasikate pidamisele ja selleks ettenähtud ruumile või ehitisele“ – RTL 2008, 59, 826 - https://www.riigiteataja.ee/akt/12991686
4. Põllumajandusministri määrus „Nõuded veise pidamise ja selleks ettenähtud ruumi või ehitise kohta“ – RTL 2009, 69, 1017 - https://www.riigiteataja.ee/akt/13215393
5. Põllumajandusministri määrus „Sõnniku koostise nõuded“ –RTL 2005, 104, 1583 - https://www.riigiteataja.ee/akt/949455
6. Tööstusheite seadus - RT I, 16.05.2013 1 https://www.riigiteataja.ee/akt/116052013001
7. Valitsuse määrus „Veekaitsenõuded väetise- ja sõnnikuhoidlatele ning siloladustamiskohtadele ja sõnniku, silomahla ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded“ – RT I, 09.07.2013, 12 - https://www.riigiteataja.ee/akt/109072013012
8. Veeseadus. – RT I, 27.06.2013, 3. - https://www.riigiteataja.ee/akt/127062013003
9. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 1069/2009 “Muuks otstarbeks kui inimtoiduks ettenähtud loomsete kõrvalsaaduste ja nendest saadud toodete tervise-eeskirjad“ - http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?val=560531:cs&lang=en&list=578887:cs,578898:cs,575100:cs,560531:cs,&pos=4&page=1&nbl=4&pgs=10&hwords=

3.2.Kasutatud kirjandus

1. Eesti Jõudluskontrolli Aastaraamat 2013. http://www.jkkeskus.ee/pages/sta/aastaraamat_2012.pdf.
2. Electricity and Water Consumption at Milking. Farm Test-Cattle nr. 17. (By Jan Brøgger Rasmussen and Jørgen Pedersen) Danish Agricultural Advising Service, National Centre, Building and Technique. Aarhus, 2004, 42 pp
3. Fresh Water Needs for Dairy Farms. (D. E. Falk), 2005. http://www.oneplan.org/Stock/DairyWater.shtml.
4. Kaasik, A. 2012. Sõnnikuhoidlatest välisõhku lenduvate lämmastik- (NOx, NH_3) ja väävliühendite (H_2S) emissioonifaktoritemääramine. SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse 2010.a. keskkonnakorralduse alamprogrammi projekt nr. 5 (sihtfinantseerimise leping nr. 10-10-1583). http://vl.emu.ee/userfiles/VLI/tervisjakeskk/KIK_2010_5.pdf.
5. Kaasik, A. 2013.Eri tüüpi sõnniku toitainete sisalduse arvestuslike väärtuste, põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsientide ning sõnnikuhoidlate mahu arvutamise aluste ja miinimummahtude väljatöötamine andmetabelite kujul. –Tööettevõtulepingu nr.399 vahearuanne.
6. Nitrogen cycles: past, present, and future. (Galloway, J. N., Dentener, F. J., Capone, D. G., Boyer, E. W., Howarth, R. W., Seitzinger, S. P., Asner, G. P., Cleveland, C. C., Green, P. A., Holland, E. A., Karl, D. M., Michaels, A. F., Porter, J. H., Townsend, A. R., Vörösmarty, C. J.).2004.– Biogeochemistry, 70: 153…226.
7. Piimanduse käsiraamat. EPMÜ Loomakasvatusinstituut, 2001. Greif, 669 lk.
8. Põllukultuuride väetamine. (Koostanud Hennu Nurmekivi). Tartu Ülikooli Kirjastus, 2002, 39 lk.
9. Standard Values for Farm Manure. DIAS report no. 7. (eds. H.D. Poulsen, V. F. Kristensen). 1997, 160 pp.

10. Uurimistulemusi ja seisukohti piimalehmade söötmisel. (Toimetaja Olav Kärt). Eesti Maaülikool, Trükk Pajoprint, 2011, 220 lk.
11. Livestock's long shadow, environmental issues and options (Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C). FAO 2006- ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e00.pdf
12. Veisefarmide tehnoloogia projekteerimise juhend. (Koostanud Vambola Veinla). JÕNK 1994, 124 lk.
13. Veisekasvatushoonete käsiraamat. (Koostanud Vello Luts). AS Rebellis, 2000, 185 lk.
14. Water System Design Considerations for Modern Dairies. (J. G. Martin, J. P. Harner, J. F. Smith), Proceedings of the 5th Western Dairy Management Conference, 2001.
15. BalticDeal. 2012b. Slurry acidification. BalticDeal - Läänemere piirkonna keskkonnaalane koostööprojekt. http://www.balticdeal.eu/measure/slurry-acidification
16. Agrotech. 2012. Environmental technology verification, SyreN. AgroTech A/S, 4 pp.- www.etv-denmark.com/files/air/Verification_statement_SyreN.pdf
17. Infarm. 2007. FarmTest af gylleforsuringsanlæg fra Infarm A/S. Landbrugsinfo.- www.landbrugsinfo.dk/Tvaerfaglige-emner/FarmTest/Sider/FarmTest_af_gylleforsuringsanlaeg_fra_In.aspx
18. MTK. 2011. Udredningsrapport for teknologier – med særligt henblik på miljøeffektive teknologier til husdyrproduktionen. Danish EPA.- http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/B046E41F-73E1-4CA1-898B-EFBF1E225CAA/20984/Udredningsrapportforteknologier.pdf
19. Ndegwa, P. M., Hristov, A. N., Arogo, J. ja Sheffield, R. E. 2008. A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations *Biosystems engineering* 100, pp. 453–469.
20. Petersen, S.O., Andersen, A.J. & Eriksen, J. 2012. Effects of cattle slurry acidification on ammonia and methane evolution during storage. J. Environ. Qual. 41:88–94.
21. Wesnæs, M., Wenzel, H. ja Petersen, B. M. 2009. Life Cycle Assessment of Slurry Management Technologies. Environmental Project No. 1298 2009. Aarhus University, 266 pp.- http://www.mst.dk/udgiv/publications/2009/978-87-92548-20-7/pdf/978-87-92548-21-4.pdf
22. Bergmann 2012. Bergmann TSW Universal-Breitstreuwagen. Ludwig Bergmann GmbH.- www.bergmann-goldenstedt.de
23. DeLaval. 2011. Everything you need for profitable manure handling DeLaval manure systems. DeLaval, 16 pp.- www.delaval.com/ImageVaultFiles/id_2267/cf_5/ManureAssortment.pdf
24. Frick, R. 1999. Verteilgeräte an Güllefässern. FAT Berichte. Nr. 531 1999
25. Fulhage, C. ja Pfost, D. 2001. Swine Manure Management Systems in Missouri. Agricultural Engineering Extension. University of Missouri Extension.- http://www.extension.missouri.edu/p/EQ350
26. GEA. 2012. Manure Management. GEA Farm Technologies GmbH.- www.gea-farmtechnologies.com/hq/en/bu/farm-equipment/manure_management/default.aspx
27. Jamesway. 2012. Semi-solid manure pump SMP60. Jamesway Farm Equipment, Inc., 8 pp.- www.jameswayfarmeq.com/media/jamesway_page.brochure/en-CA/Hyd%20Piston%20Pump%208%20pg%20WEB.pdf
28. Janssen. 2012. Radlader. Janssen KG Rhede/Ems.- http://www.janssen-rhede.de/index.php/galerie-duengung.html
29. Joskin. 2009. Slurry spreaders. Joskin, 40 pp.- http://www.joskin.com/pdf/prospec/epandeurs%20lisier/en/04%20Slurry%20spreaders%20-%2040%20pages_part%201%20%28J98761178%29.pdf
30. Joskin. 2011. Muck spreaders. Tornado3. Joskin, 2 pp.- www.joskin.com/pdf/prospec/epandeurs%20fumier/en/14%20Tornado3%20(J98761630).pdf
31. HiSpec. 2012. Side spreaders. Hi Spec Engineering Ltd.- http://www.hispec.net/pages/sidesp.htm.
32. Hanna, M., Richard, T. ja Norman H. 2008. Calibration and uniformity of solid manure spreaders. Iowa State University Extension, 8 pp.- www.extension.iastate.edu/Publications/PM1941.pdf

33. KSCC. 2012. Manure spreaders. Ken Smith Corral Cleaners. . http://www.kscc.ca

34. Kuhn. 2009. ProTwin Slinger. Side discharge spreaders. Kuhn North America, Inc.- www.kuhnnorthamerica.com/us/range/manure-spreaders/side-discharge-spreaders/8150.html

35. Kuhn. 2012. Kuhn Side Discharge Spreaders. Kuhn North America, Inc.- www.kuhnnorthamerica.com/us/product-tips-manure-spreader-guide.html

36. Landry, H. 2005. Numerical modeling of machine-product interactions in solid and semi-solid manure handling and land application. A Thesis Submitted to the College of Graduate Studies and Research in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Agricultural and Bioresource Engineering University of Saskatchewan. Saskatoon. 251 pp

37. Leola, A., Leola, T., Luts, V. 2007. Sõnnikuhoidlate ehitamine. (Koostaja Vello Luts). 2007. Jäneda, 65 lk.

38. Luts, V. 2009. Sõnnikumajanduse korrastamine. Eesti talu V.- www.taluliit.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=14:eesti-talu-v&catid=10:infolehed&Itemid=16

39. Maves. 2005. Sõnniku keskkonda säästev hoidmine ja käitlemine. AS Maves, Tallinn, 48 lk.

40. Pichon. 2012. Universal "Big D" – EL7. Pichon. www.pichonindustries.com

41. Richard Western. 2012. SDS manure spreaders. Richard Western Ltd.- www.richard-western.co.uk/side-discharge-muck-spreader.htm

42. RTC Tehnika. 2012. Sulguriga kopp. RTC Tehnika OÜ.- www.rtctehnika.ee/pages/et/toeoeorganite-mueuek/sulguriga-kopp.php

43. Samson. 2010b. Spreaders. Samson Agro A/S.- www.samson-agro.com/upload/File/brochure/UK/1084225%20Samson%20Spreder_UK_tryk.pdf

44. Sommer, S. G., Thomsen, I. K. 1993. Loss of nitrogen from pig slurry due to ammonia volatilization and nitrate leaching. Proceedings of First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, Wageningen, pp. 353–367.

45. Vepi. 2010. Slurry Processing Equipment. Oy Petsmo Products AB, 6 pp.- www.petsmoproducts.fi/pdf/VEPI-en.pdf

46. Viil, P, Vettik, R., Koik, E., Tamm, K. ja Siim, J. 2008. Vedelsõnnik – miks ja kuidas. EMVI PTTO 2008. aasta Tehnoloogiapäeva kogumik. As Rebellis. 80 lk.- www.eria.ee/public/files/vedelsonnik_Miks_ja_kuidas.pdf

47. Viil, P, Vettik, R., Koik, E., Tamm, K. ja Siim, J., Võsa. T., Saue, T., Kadaja, J., Plakk, T. 2012. Vedelsõnnik ja mullaharimine. EMVI PTTO 2012. aasta Tehnoloogiapäeva kogumik. As Rebellis. 152 lk.- www.eria.ee/www/wp-content/uploads/2013/01/Vedelsonnik-ja-mullaharimine.pdf

48. Viil, P, Vettik, R., Koik, E., Tamm, K., Kadaja, J. ja Siim, J. 2009. Vedelsõnnik – mõju mullale ja põllukultuuridele. EMVI PTTO 2009. aasta Tehnoloogiapäeva kogumik, 78 lk.- www.eria.ee/www/wp-content/uploads/2012/04/vaetamine_masu_ajal.pdf

49. Vogelsang. 2011b. Xtill S. Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH.- www.vogelsang.info/xtill/en/download_prospekte/Prospekt_XTill_Web_EN.pdf

50. Vzorec Raka. 2012. Manure Loader HU 6. Vzorec Raka D.o.o.- www.vzorec-raka.eu/SlikeKM/km_nhg_1.jpg

51. FAO. 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production. A review of technical options for non-CO2 emissions. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.- http://www.fao.org/docrep/018/i3288e/i3288e.pdf

52. Ökobit: The biogas experts. 2013.- http://www.oekobit-biogas.com/en/premium-biogas-plant-manufacturer-for-biogas-and-bio-natural-gas-projects.html

53. Viesmann. 2012. Dry Fermentation: from biowaste to biogas. http://www.viessmann.com/com/en/products/Biogas-plants.html

54. Käsiraamat „Biogaasi tootmine ja kasutamine“. Eesti Põllumeeste Keskliit, 2009.
55. The biogas handbook: Science, production and applications. Woodhead Publishing Series in Energy No. 52, 2013.
56. Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., Zechmeister-Boltenstern, S. 2006. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. Agriculture, Ecosystems and Environment 112, 153–162.

Juhendi täiendamisel osalesid:

Allan Kaasik – Eesti Maaülikool, dotsent

Heli Kiiman – Eesti Maaülikool, dotsent

Nelly Oinus – O.N.Nõuanne OÜ, konsulent

Peep Pitk – Tallinna Tehnikaülikool, nooremteadur

Kalvi Tamm – Eesti Maaviljeluse Instituut, teadur

Juhend on koostatud Keskkonnaministeeriumi tellimusel.

4. Terminid, mõisted ja lühendid

Anaeroobne kääritamine **–** bioloogiline protsess, mille käigus toimub erinevate mikroorganismide toimel orgaanilise aine lagundamine hapnikuvabas keskkonnas ning protsessi lõpp-produktideks on näiteks biogaas ja kääritusjääk.

CH_4- metaan

CO_2- süsihappegaas

H_2S- väävelvesinik

KA (ka) – kuivaine.

Kääritusjääk e. digestaat – biogaasireaktoris kääritatud sõnnik või sõnniku ja lisasubstraadi segu.

Kompostimine – kontrollitud tingimustes kulgev aeroobne eksotermiline bioloogiline lagundamisprotsess, milles orgaaniline aine laguneb bakterite ja seente ning muude organismide elutegevuse toimel homogeenseks huumusrikkaks materjaliks

Poolvedelsõnnik– põllumajandusloomade ja/või -lindude väljaheidete, allapanu, söödajääkide, tehnoloogilise- ja sademetevee segu, mille kuivainesisaldus on vahemikus 8-20%.

O_2- hapnik

OA (oa) – orgaaniline aine.

ORSS – osaratsiooniline segasööt.

NH_3- ammoniaak

Segasööt – ka miksersööt, polükomponentne monosööt on põhisöötade, söödakontsentraatide ja söödalisandite segu, mis on koostatud vastavalt loomade spetsiifilisele söödavajadusele, lähtudes komponentide kontsentratsioonimääradest ning mida söödetakse loomadele vabalt.

Sügavallapanusõnnik – põllumajandusloomade ja/või -lindude väljaheidete, allapanu, söödajääkide, tehnoloogilise- ja sademetevee segu, mille kuivainesisaldus on vähemalt 25% või rohkem.

Tahesõnnik - põllumajandusloomade ja/või -lindude väljaheidete, allapanu, söödajääkide, tehnoloogilise- ja sademetevee segu, mille kuivainesisaldus on vahemikus 20-25%.

Täiendsööt – varasemas mõistes jõusööt või segajõusööt. Jõusööt -kõrge proteiini ja/või energiasisaldusega sööt; segajõusööt – jõusöötade segu.

TRSS – täisratsiooniline segasööt.

Vedelsõnnik e. läga – põllumajandusloomade ja/või -lindude väljaheidete, allapanu, söödajääkide, tehnoloogilise- ja sademetevee segu, mille kuivainesisaldus on väiksem kui 8%.

5. Täitevkokkuvõte

Keskkonnakompleksluba on dokument, mis annab õiguse kasutada käitist või selle osa viisil, mis tagab tegevusvaldkonnas toimuva tegevuse võimalikult vähese kahjuliku mõju keskkonnale. Kompleksloaga sätestatavad nõuded peavad tagama vee, õhu ja pinnase kaitse ning käitises tekkinud jäätmete käitlemise viisil, mis hoiab ära saastuse kandumise ühest keskkonnaelemendist (vesi, õhk, pinnas) teise.

Saastatus on saastamisest põhjustatud oluline ebasoodne muutus välisõhu, vee või pinnase kvaliteedis..

Heide on välisõhku, vette või pinnasesse otseselt või kaudselt väljutatav aine, vibratsioon, soojus või müra. Parim võimalik tehnika on tehnilise arendustegevuse ning selles rakendatavate töömeetodite kõige tõhusam ja kõige paremini välja arendatud tase. Parim võimalik tehnika on praktiliselt sobiv heite piirväärtuste ja muude loa nõuete määramiseks, et vältida, või kui see pole teostatav, siis vähendada heidet ja selle mõju keskkonnale tervikuna. Parima võimaliku tehnika mõistes tähendab:

Tehnika – käitises kasutatavat tehnoloogiat ja käitise kavandamise, ehitamise, hooldamise, käitamise, tegevuse lõpetamise ning käitise sulgemise viisi.

Võimalik tehnika – käitajale mõistlikul viisil kättesaadavat (kodu- või välismaist) nüüdisaegset tehnikat, mille kasutamine on kulusid ja eeliseid arvesse võttes majanduslikult ja tehniliselt vastuvõetav ning tagab keskkonnanõuete parima täitmise.

Parim – tõhusaimat keskkonna kui terviku kaitsmiseks kõrgel tasemel..

Keskkonnakompleksluba on kohustuslik intensiivse veisekasvatusega tegelevale ettevõttele, kus peetakse üle 400 piimalehma või üle 533 ammlehma või üle 800 noorveise, kelleks loetakse üle kaheksa kuu vanuseid lehmmullikaid kuni poegimiseni ja üle kaheksa kuu vanuseid pulle. Kui ühes käitises kasvatatakse vähemalt kahte käesolevas punktis nimetatud veiste kategooriat, arvutatakse käitises peetavate veiste arv kokku, kasutades järgmisi koefitsiente: piimalehm 1,0; ammlehm 0,75; noorveis 0,5. Kompleksloa kohustuslikkus otsustatakse võrdluses piimalehmade jaoks sätestatud künnisvõimsusega.

Peamine keskkonda ohustav faktor intensiivses loomakasvatuses on sõnnik. Käesolevas juhendis on komplekssselt käsitletud sõnniku ja sõnnikumajandusega seonduvaid küsimusi. Juhend on jagatud järgmisteks olulisemateks alaosadeks: hea põllumajandustava; söötmine kui väljaheidete koguse ja keemilise koostise otsene mõjutaja; pidamisviisid; sõnniku eemaldamise tehnoloogiad loomapidamishoonetest; sõnniku ladustamine ja käitlemine ning sõnniku laotamine. Käsitletud on ka teisi intensiivse loomakasvatusega kaasnevaid keskkonnamõjureid (jäätmed, reovesi, müra, vee- ja energia tarbimine).

Hea põllumajandustava. Hea põllumajandustava on üldtunnustatud tootmisvõtted ja –viisid, mille järgimise korral ei teki ohtu keskkonnale. Hea põllumajandustava põhimõtete järgimine on parima võimaliku tehnika (PVT) rakendamiseks möödapääsmatu. Hea põllumajandustava järgimine on tootjale üldjuhul soovitusliku iseloomuga, välja arvatud juhul kui HPT nõuete täitmist ei ole muudetud õigusaktiga kohustuslikuks. Süsteemne ettevõtte juhtimine ning plaanipärane tegevuste planeerimine vähendab ressursside kulu ning keskkonna koormust ning -riske. Tulenevalt heast põllumajandustavast on PVT:

- Pidev töötajate täiendõpe.
- Ressursside (energia, vesi, söödad), tekkivate jäätmete (k.a. sõnnik) ning kasutatavate mineraal- ja organiliste väetiste täpne arvestus.
- Juhendid ettenägematute (keskkonnaohtlike) olukordade likvideerimiseks.
- Hoolduskavade ja –vahendite olemasolu tagamaks ettevõtte struktuuride ja seadmete tõrgeteta töö.
- Reeglipärane materjalide tarnimine ning toodangu ja jäätmete äravedu.
- Väetamisplaanide olemasolu.

Söötmine. Veiste põhisöödaks sõltumata pidamisviisist- ja söötmistehnoloogiast on rohusöödad (kõrrelistest ja/või liblikõielistest heintaimedest, tervikkoristatud maisist valmistatud silo, vähemal määral hein ja karjamaarohi). Proteiin- ja energiasöötadena (täiendsöötadena) kasutatakse teravilja (oder, kaer, mais, vähemal määral nisu ja rukis), mitmesuguseid srotte ja kooke (raps, päevalill, soja, jne). Noorloomade söötmisel kasutatakse piimsöötasid. Samuti on veiste söödaratsioonis oluline koht mineraalsöötadel kui kaltsiumi, fosfori jt. makro- ja mikroelementide ning vitamiinide allikal. Söötmise kaudu on võimalik mõjutada erituvate väljaheidete kogust ja keemilist koostist.

PVT on veiste söötmine ratsiooniga, mis koosneb kvaliteetsetest söötadest ja mille toitefaktorite sisaldus vastab loomade füsioloogilisele tarbele. Toitefaktorid, mille sisaldust ratsioonis tuleb jälgida on: kuivaine,

metaboliseeruv energia, metaboliseeruv proteiin, kiud (toorkiud ja/või ADF, NDF), kaltsium ning fosfor. Proteiini ainevahetuse kui potentsiaalse keskkonnasaaste allika (proteiini ainevahetuse üheks olulisemaks lõpp-produktiks on väljaheidetest lenduv ammoniaak) hindamisel tuleb lähtuda vatsa proteiini bilansist (VPB) ja piima karbamiidi sisaldusest. Veiste füsioloogiline toitefaktorite tarve sõltub geneetilisest toodangupotentsiaalist, vanusest, kehamassist ja laktatsioonifaasist. Füsioloogilisele tarbele vastav söötmine eeldab süstemaatilist söötade laboratoorset keemilise koostise määramist.

Pidamisviisid. Veiste pidamisel rakendatakse suurtootmises peamiselt vabapidamistehnoloogiat. Lõaspidamise osatähtsus väheneb pidevalt. PVT on loomade pidamine viisil, mis tagab nende heaolu ning liigiomase käitumise võimalused. Vabapidamisega lautades on PVT optimaalse suurusega kuivad puhkelatrid, piisava laiuse ning pindalaga liikumiskäigud, loomade ja puhkelatrite arvu ning söödalava pikkuse vastavus. Lõaspidamisega lautades on PVT loomade pidamine optimaalse pikkusega, kuivadel asemetel. Vasikate lõaspidamine ei ole PVT (keelatud loomakaitse seadusega).

Sõnniku eemaldamise tehnoloogiad. PVT sõnniku eemaldamisel vabapidamisega laudast on skreeperseadmed söötmis-puhkealal, restpõrand liikumiskäikudes, valg- või uhtkanalite süsteem või osaline restpõrand söötmis-puhkealal ja liikumiskäikudes, valg- või uhtkanalite süsteem. Sügavallapanul pidamisviisi puhul on PVT piisavas koguses allapanu, skreeper- või mobiilsed seadmed. Olemasolevates vabapidamisega lautades on PVT ka osaline restpõrand söötmis-puhkealal ja liikumiskäikudes ning paiskanalite süsteem. Olemasolevates vabapidamisega lautades on tingimisi PVT osaline restpõrand söötmis-puhkealal ja liikumiskäikudes ning põranda alla rajatud sõnnikkelder (hoidla) ning sõnniku eemaldamine söötmis-puhkealalt mobiilsete seadmetega (v.a. sügavallapanul pidamine). Uutele vabapidamisega lautadele ei ole sõnnikukelder lauda all PVT.

PVT sõnniku eemaldamisel lõaspidamisega laudast on lattkraapkonveier koos sõnnikupressuriga või skreeperseade koos sõnnikupressuriga. Olemasolevates lõaspidamisega lautades on tingimisi PVT kettkraapkonveier koos kaldkonveieriga ja sõnniku eemaldamine mobiilsete seadmetega. Uutele (projekteeritavatele) ja/või renoveeritavatele lõaspidamisega lautadele ei ole sõnniku eemaldamine kettkraap- ja kaldkonveiersüsteemiga või mobiilsete seadmetega PVT.

Sõnniku ladustamine. PVT on piisava mahutavusega sõnnikuhoidla olemasolu. Veeseaduse § 26^1 kohaselt tohib põllumajandusmaa ühe hektari kohta pidada aasta keskmisena kuni kahele loomühikule vastaval hulgal loomi. Rohkem kui kahele loomühikule vastaval hulgal loomi ühe hektari kohta tohib pidada nõuetekohase mahutavusega sõnnikuhoidla või sõnniku- ja virtsahoidla ning sõnniku laotamislepingu või ostu-müügilepingu olemasolu korral. Tulenevalt õigusaktide nõuetest peab sõnnikuhoidla mahutama vähemalt 8 kuu sõnniku. Sügavallapanutehnoloogiaga lautade juurde ei ole sõnnikuhoidla rajamine kohustuslik kui sügavallapanuga laut mahutab 8 kuu sõnnikukoguse. PVT tahesõnniku säilitamiseks on betoneeritud plats või betoneeritud põhja ja seintega lekkekindel hoidla. Mõlemad nimetatud peavad olema varustatud sõnnikukihist väljavalguva virtsa (uriini ja sademetevee) mahutiga. Uute (projekteeritavate) tahesõnnikuhoidlate puhul on PVT hoidla paigutamine optimaalsele kaugusele asustatud punktidest, arvestades valitsevaid tuule suundi ning hoidla ehitamine katusega. Uute tahesõnnikuhoidlate puhul tuleks eelistada alt täitmise tehnoloogiat (värske sõnnik pressitakse olemasoleva sõnnikukihi alla). Tahesõnniku (kuivainesisaldus vähemalt 20 %) säilitamisel aunas on käesoleval ajal tinglikult PVT kui järgitakse rangelt seadusandluses sätestatud nõudeid. Sõnnikuaun tuleb paigutada veekogudest seadusega ettenähtud kaugusele. Sõnnikuauna paigutamine samale kohale kahe järgneva vegetatsiooniperioodi vältel on keelatud. Sõnniku hoiustamist aunas tuleb käsitleda ajutise võimalusena laotamistööde optimeerimise eesmärgil, mitte sõnnikuhoidla asendusena.

PVT vedelsõnniku säilitamiseks on lekke- ja korrosioonikindel; mehhaanilistele-, keemilistel- ja termilistele mõjuritele vastupidav betoon- või teraselementidest hoidla. Olemasolevate hoidlate puhul on PVT ka plastikmaterjalist laguuntüüpi hoidla. Hoidlat tühjendatakse regulaarselt (vähemalt 1 kord aastas) tehnilise korrasoleku kontrolliks ning hooldustöödeks. Hoidla väljavooluavad (tühjenduskraanid) on varustatud kahekordse klapiga. Vedelsõnnikut segatakse (homogeniseeritakse) ainult vahetult enne laotamist. PVT on hoidla katmine katuse, kaane, tendi, present- või plastkangaga, et vähendada saasteainete emissiooni välisõhku. Tinglikult loetakse PVT-ks hoidla katmist ujuvkattega, mille materjaliks võib olla hekselpõhk, turvas, kergkruus, plastikgraanulid, rapsiõli vms, mille mõju emissooni vähendamisele on väike.

Sõnniku laotamine. PVT väetiste kasutamisel lähtub toiteelementide sisalduse laboratoorsest määramisest nii sõnnikus kui mullas. PVT on väetiste tasakaalustatud andmine kõlvikutele vastavalt taimede vajadustele, arvestades mullas olevate toiteelementide sisaldust ning keskkonnasäästliku tehnika kasutamine väetiste laotamisel. Vältimaks pinna- ja põhjavee saastumist toiteelementidega ei tohi orgaanilisi ja mineraalväetisi laotada 1. detsembrist kuni 31. märtsini ja muul ajal liigniisketele, üleujutatud, külmunud ja lumega kaetud pindadele, samuti veekogude kallastele ning allikate ja karstialade läheduses (Veeseadus, RT I 27.06.2013,3).

Elurajoonide läheduses (lõhnasaaste) on PVT sõnniku laotamise vältimine nädalavahetustel ning pühade ajal, samuti tuule suuna arvestamine. Nimetatud kriteerium tuleneb heast põllumajandustavast ning on soovituslik.

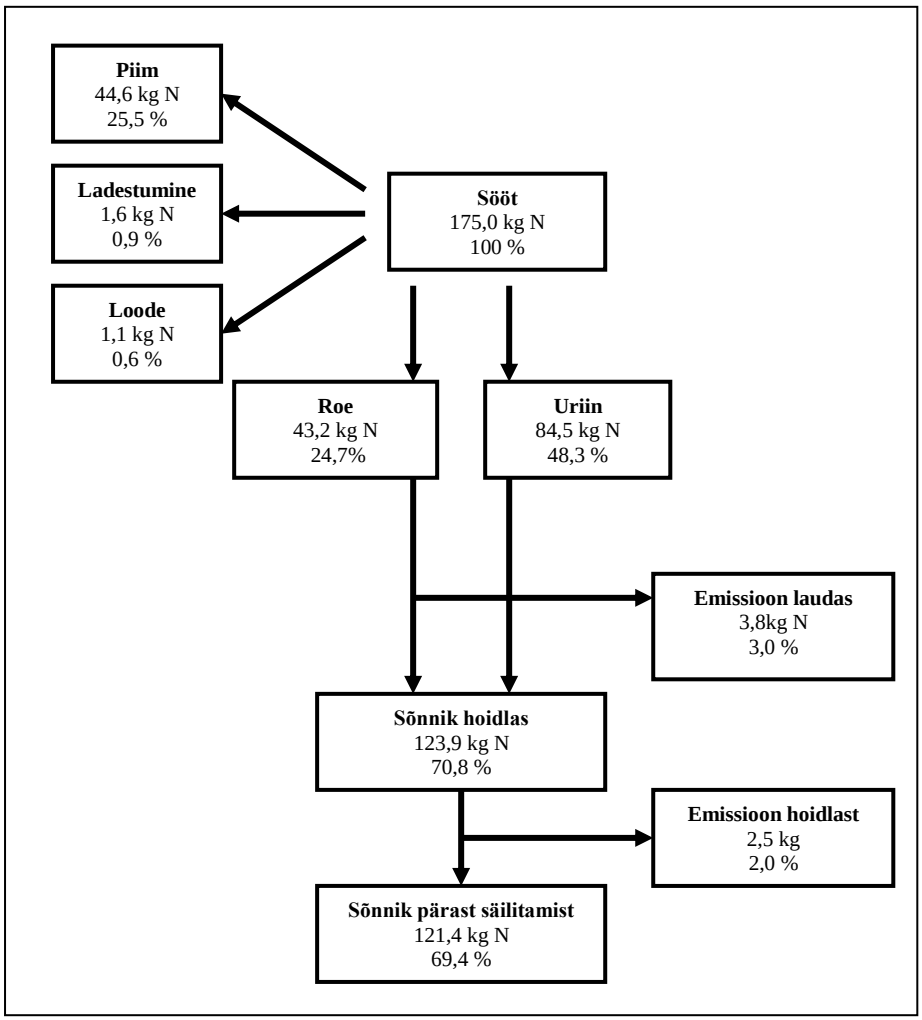
PVT sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel põllumaadele on sisestus- ja segamislaotus. Sõnniku puhul on PVT ka lohislaotus ning paisklaotus kui muldaviimine toimub vähemalt 4, maksimaalselt 6 tunni jooksul. Kääritusjäägi puhul paisklaotus ei ole PVT. Sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel rohu- ja karjamaadele on PVT sisestus- ja lohislaotus. Paisklaotus sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel rohu- ning karjamaadele ei ole PVT. Paljude laotamise tehnoloogiate juures on määravaks teguriks toitainete, eriti ammoniaagi kadude minimeerimine sõnniku ja kääritusjäägi kiire muldaviimise teel laotusjärgselt. Sagedasti nõuab see aga lisainvesteeringut (traktor, kultivaator vms.) ja täiendavat energiakulu, samas väheneb oluliselt sõnnikus sisalduvate lämmastikuühendite emissioon, mistõttu suureneb taimedele kättesaadava lämmastiku kogus ning seeläbi saadav majanduslik kasu.

Sõnniku töötlemine. Kõik sõnniku töötlemise viisid, mis vähendavad potentsiaalsete saasteainete emissiooni on PVT. Peamiste sõnniku töötlemise viisidena tulevad arvesse anaeroobne kääritamine biogaasi reaktoris, kompostimine, separeerimine, hapestamine jms meetodid.

6. Sissejuhatus

Veiseid on Eestis kasvatatud piima-, liha- ja veoloomana juba aastasadu. Minevikus peeti veist ka sõnniku kui orgaanilise väetise produtseerijat. Praegusel ajal on intensiivse veisekasvatuse peamisteks eesmärkideks piima- ja liha tootmine.

Toodangu produtseerimisel (sünteesimisel) ei kasuta veised söötades sisalduvaid toitaineid täielikult, jääkained väljutatakse organismist rooja ja uriiniga (joonis 1).



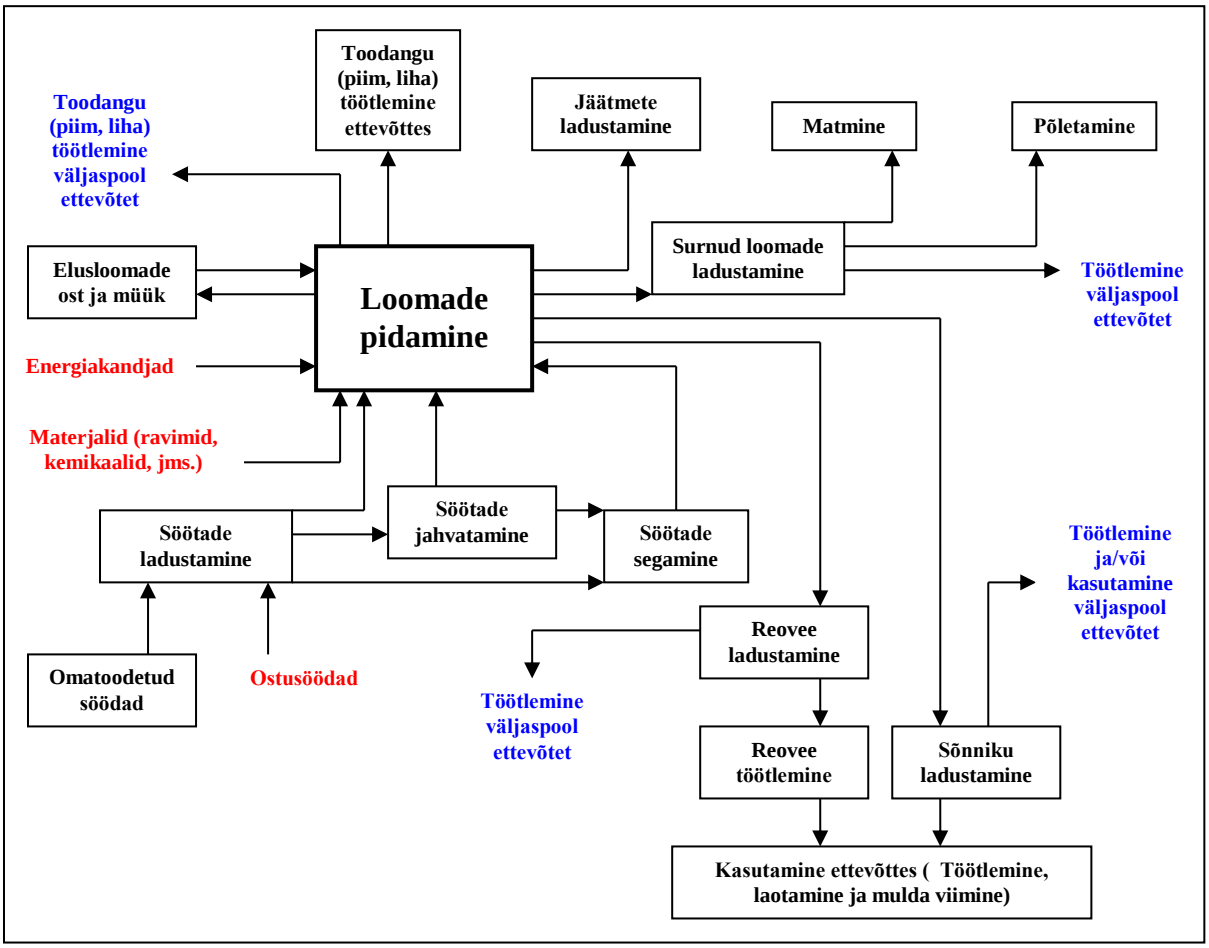
Joonis 1. Lehma (8000 kg piima aastas, valgutoodang 271 kg,) lämmastikutarve aastas, selle väljutamine piimaga, ladestumine kehasse ja embrüosse, eritumine uriini ja roojaga ning emissioon vabapidamisega laudas (aastaringne laudaspidamine) ning jäiga kattega (betoon või telkkatus) vedelsõnnikuhoidlast

Intensiivse veisekasvatuse ja keskkonna vahelised vastuolud avalduvad selgepiirilisemalt sõnnikumajanduse korralduse kaudu. Intensiivne ja samas ka keskkonnasõbralik veisekasvatus lähtub heast põllumajandustavast

sõltudes söötmisstrateegiast, mille kaudu on võimalik mõjutada produtseeritava sõnniku kogust ja toiteelementide sisaldust; sõnniku käitlemise- (eemaldamine loomapidamishoonest), ladustamise- (sõnnikuhoidlad), töötlemise- (kääritamine biogaasireaktoris jms.) ja laotamise tehnoloogiast. Peale ülalnimetatu on teiseks probleemseks saaste liigiks lenduvad lämmastikuühendid ning ka intensiivse tootmise tulemusena tekkivad jäätmed (silo pakkematerjalid jms.), reovesi, müra- ja lõhnasaaste. Samuti tuleb tähelepanu pöörata ökonoomsele keskkonnaressursside, eeskätt energia ja vee tarbimisele.

Intensiivse majandamise korral võivad sõnnikust pärinevad toitained kujuneda potentsiaalseks keskkonna saasteallikaks. Peamisteks riskifaktoriteks ümbritsevale keskkonnale on sõnnikus sisalduvad lämmastikuühendid (emissioon atmosfääri ammoniaagi ning lämmastiku oksiididena loomapidamishoonetest, sõnnikuhoidlatest ning sõnniku laotamisel, samuti lekkimine sõnnikuhoidlatest ning leostumine sõnniku laotamisel pinna- ja põhjavette). Lisaks lämmastikule on keskkonna saasteallikaks fosfor ja kaalium nende sattumisel pinna- ja põhjavette lekkivatest sõnnikuhoidlatest ning sõnniku laotamisjärgsel leostumisel. Tulenevalt EL direktiivi 2003/35/EC (Reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants) täiendamise eelnõust on Eesti võtnud kohustuse vähendada ammoniaagi emissiooni aastatel 2020 kuni 2029 ühe protsendi võrra aastas ning alates aastast 2030 kaheksa protsenti aastas.

Intensiivses veisekasvatuses toimuvaid põhilisi protsesse ja tegevusi iseloomustab järgnev blokkskeem (joonis2).



Joonis 2. Intensiivses veisekasvatuses toimuvad põhilised protsessid ja tegevused

6.1. Veised tõugude, vanuse- ning toodangurühmade lõikes

Toodangu alusel jagunevad Eestis kasvatatavad veisetõud kolme rühma:

a) *Piimatõud.* Piima tootmise eesmärgil kasvatatavad loomad moodustavad Eestis veiste koguhulgast suurema osa. Tõugudest on esindatud eesti holstein-friis (EHF), eesti punane (EPK) ja vähesel määral ka eesti maatõug (EK).

b) *Lihatõud.* Lihaveisekasvatus areneb Eestis hoogsalt. Eesti Jõudluskontrolli aastaraamatu (2012) andmetel on tõugudest arvukamalt esindatud aberdiin-angus, hereford ja limusiin.

c) *Ristandid.* Ristandveiseid kasvatatakse peamiselt liha saamise eesmärgil. Üheks enamlevinud võimaluseks ristandjärglase saamisel on madala toodanguga piimalehma (viimasel laktatsioonil enne karjast praakimist) seemendamine lihatõugu pulli spermaga.

Vanuse ja kasutamise otstarbe alusel jagunevad veised järgmistesse rühmadesse:

a) *Vasikad* (0…6 kuud).

b) *Lehmmullikad e. lehmikud* (6 kuud kuni poegimine või realiseerimine)

c) *Pullmullikad e. pullikud* (6 kuud kuni realiseerimine)

d) *Lüpsilehmad*

e) *Ammlehmad*

f) *Sugupullid*

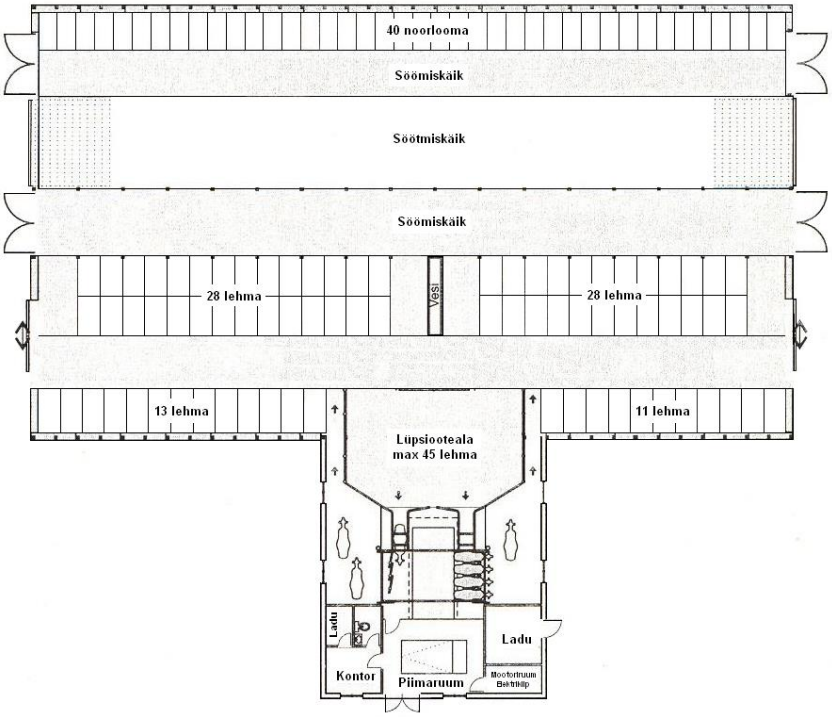
Eesti karjade struktuurist lähtudes tulevad keskkonnakompleksloa kohuslastena arvesse eelkõige ettevõtted, kus peetakse lüpsilehmi koos vastava arvu noorloomadega.

6.2. Veiste pidamisviisid

Veiste pidamise üldised nõuded on fikseeritud põllumajandusministri määrustega nr. 90 (27.08.2009) „Nõuded veise pidamise ja selleks ettenähtud ruumi või ehitise kohta“ (RTL 2009, 69,1017) ja nr. 78 (20.07.2008) „Nõuded vasikate pidamisele ja selleks ettenähtud ruumile või ehitisele (RTL 2008, 59,826). Veiste pidamisel on levinud kaks tehnoloogiat: vaba- ja lõaspidamine. Pidamisviisi valik sõltub veiste vanusest, soost, loomade arvust, olemasolevate/renoveeritavate loomapidamishoonete võimalustest, traditsioonidest jms. Lõaspidamise osatähtsus intensiivses veisekasvatuses Eestis pidevalt väheneb, uued (renoveeritavad) laudad projekteeritakse ja ehitatakse enamasti vabapidamisega.

Vabapidamine. Vabapidamine tagab loomadele paremad liigiomase ja sotsiaalse käitumise võimalused. Lõastamata (individuaal- või rühmasulgudes) võib pidada kõiki punktis 5.1. nimetatud toodangu- ja vanuserühmi. Vabapidamisega loomapidamishooned võivad olla nii soojustatud kui soojustamata ehitised. Eestis on enamlevinud soojustamata ning viimasel ajal ka osaliselt soojustatud farmid. Vabapidamisega piimakarjalaudad on enamasti varustatud lüpsiplatsi või lüpsirobotiga. Vabapidamistehnoloogiaga lautades on võimalik rakendada nii aastaringset laudaspidamist kui ka suvist karjatamist. Sõnnik eemaldatakse vabapidamisega lautadest sõltuvalt lauda konstruktsioonist ning rakendatavast tehnoloogiast kas traktori, skreeperseadmete või valgkanalite süsteemi (restpõrandad) abil. Tulenevalt tehnoloogilisest lahendusest ja kasutatava allapanu kogusest saadakse vabapidamisega lautadest nii tahe-, poolvedel kui ka vedelsõnnikut. Enamlevinud vabapidamise tehnoloogia on:

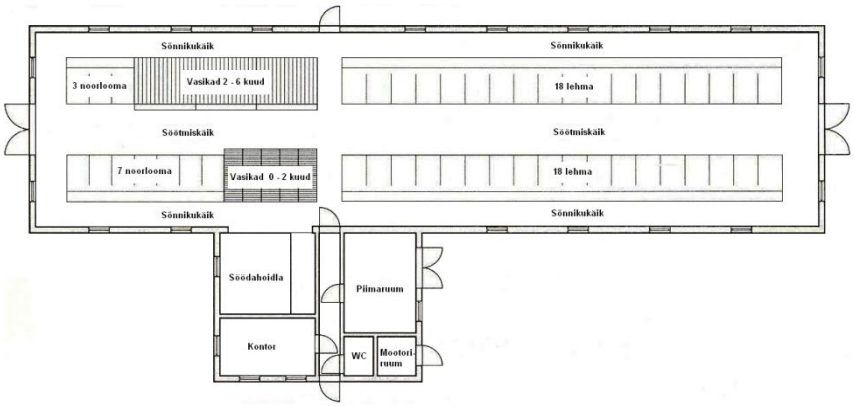
- *Puhkelatrites pidamine* (joonis 3). Puhkelatter on kujundatud nii, et suurem osa väljaheidetest satub sõnnikukäiku. Sellest tulenevalt allapanu vajadus väheneb või puudub üldse. Sõltuvalt kasutatava allapanu kogusest saadakse puhkelatritega laudast poolvedel- või vedelsõnnikut.



Joonis 3. Puhkelatritega lauda põhimõtteline skeem

- Vabapidamise erivormiks on *sügavallapanul pidamine.* Loomade puhke- ja lamamisala (puhkelatrid tavaliselt puuduvad) puhastamine sõnnikust toimub vastavalt vajadusele üks või kaks korda aastas. (Noorkarja pidamisel rakendatakse sageli ka sügavallapanul pidamise erivormi, kus sõnnik eemaldatakse puhke- lamamisalalt 1-2 korda kuus.) Söötmisala puhastatakse sõnnikust vähemalt 1 kord päevas. Loomade puhtuse ja heaolu tagamiseks laotatakse sõnnikukihile iga päev piisavas koguses allapanu. Kuna allapanu vajadus on suur, siis saadakse sügavallapanul pidamisega lautadest tahesõnnikut, sõltuvalt allapanu kogusest sügavallapanusõnnikut.
- *Kaldpõrandal pidamine.* Sellise pidamistehnoloogia korral on puhke- ja lamamisala põranda kalle 6…10 %. Allapanu laotatakse lamamisala ülemisele veerandile. Kaldpõranda alumisse serva jõudnud sõnnikukiht murdub sõnnikukäigu horisontaalsele põrandale. Kaldpõrandaga laudad sobivad hästi noorkarja pidamiseks. Allapanu vajadus on suur, saadakse tahesõnnik.

Lõaspidamine (joonis 4). Lõas peetakse tavaliselt lüpsilehmi, harvem ka lehm- ja pullmullikaid. Vasikate lõaspidamine on keelatud. Lõastatud pidamistehnoloogiaga loomapidamishooned on harilikult soojustatud ehitised. Lõaspidamisega piimakarja laudad on tavaliselt varustatud torusse-, harvemini kannu- või platsilüpsi seadmetega. Sõnnik eemaldatakse lõaspidamisega laudast kas traktori või skreeperseadmetega. Allapanu kogus, mida vajatakse asemete kuivuse ning loomade puhtuse tagamiseks on küllaltki suur. Seetõttu saadakse sellise pidamisviisiga lautadest tahesõnnikut. Suveperioodil lõaspeetavaid loomi harilikult karjatatakse, harvemini rakendatakse aastaringset laudaspidamist. Lõaspidamise eeliseks loetakse loomade individuaalse kohtlemise võimalust. Suurimateks puudusteks on loomade liikumisvabaduse piiramine (loomad ei saa liigiomaselt käituda), raskused aseme puhtana hoidmisel ning suurem inimtöö kulu.



Joonis 4. Lõaspidamisega lauda põhimõtteline skeem

Lauda ja loomakoha maksumus eri pidamisviiside lõikes. Lauda maksumus sõltub paljudest faktoritest. Eelkõige konstruktsioonist (soojustatud *vs* soojustamata laut), pidamisviisist- (lõas- *vs.* vabapidamine), sõnnikukoristus-, lüpsi- ja söötmistehnoloogia valikust jne. Loomakoha maksumus oleneb eelkõige loomade arvust laudas. Kuna suuri lõaspidamistehnoloogiaga lautu ei ole Eestisse viimastel aastatel ehitatud, siis on tabelis 1 toodud orienteeruv lauda ja loomakoha maksumus erinevate konstruktsioonide ja looma kohtade arvu lõikes vabapidamistehnoloogiaga farmides tuginedes 2013.a. hindadele.

Tabel 1. Orienteeruv lauda ja loomakoha maksumus sõltuvalt konstruktsioonist, pidamisviisist ja loomade arvust

Loomakohtade arv	Üldmaksumus, tuh €		Loomakoha maksumus, €	
	Min.	Max.	Min.	Max.
	Soojustatud laut			
70	280	410	4000	5800
100	360	540	3600	5400
300	940	1500	3100	4900
500	1342	2200	2700	4500
1000	2200	4000	2200	4000
	Soojustamata laut			
70	220	280	3100	4000
100	270	360	2700	3600
300	670	940	2200	3200
500	900	1300	1800	2700
1000	1300	2200	1400	2300

6.3. Sõnnikuhoidlad

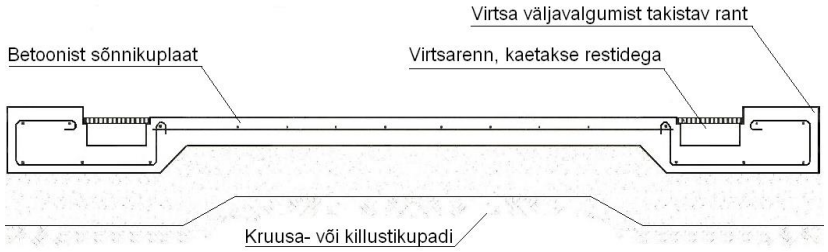
Üldised nõuded sõnnikuhoidlatele ja sõnniku käitlemisele on fikseeritud Veeseaduses (RTI 27.06.2013,3) ja sellest tulenevas Vabariigi Valitsuse määruses „Veekaitsenõuded väetise- ja sõnnikuhoidlatele ning siloladustamiskohtadele ja sõnniku, silomahla ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded“ (RTI 09.07.2013,12). Sõnnikuhoidla peab olema kõikidel loomapidamishoonetel, kus peetakse üle 10 loomühiku loomi. Sõnnikuhoidla tuleb projekteerida, ehitada ja seda hooldada nii, et see ei põhjustaks põhja- või pinnavee reostumist sõnnikus sisalduvate toiteelementidega. Vedelsõnniku- ja virtsahoidlad tuleb ammoniaagi lendumise vähendamise eesmärgil katta. Sõnnikuhoidla peab mahutama vähemalt 8 kuu sõnniku koguse. Kui loomi peetakse sügavallapanul ning laut võimaldab säilitada 8 kuu sõnniku koguse, ei ole eraldi sõnnikuhoidla rajamine kohustuslik. Väljaspool sõnnikuhoidlat, nn sõnnikupatareis (aunas) tohib hoida ainult tahesõnnikut (kuivainesisaldus ≥ 20 %) ja sügavallapanusõnnikut.

Sõnnikuhoidla tüübi ja mahutavuse kalkuleerimisel lähtutakse (Kaasik, 2013):

- loomade liigist, vanusest ja arvust;
- hoiustamisperioodi pikkusest;
- pidamistehnoloogiast;
- allapanu liigist ja kogusest;
- laudast (vajadusel ka lauda territooriumilt) kogutava tehnoloogilise- ja reovee hulgast;
- silomahla hoiustamiskohast, kui see suunatakse vedelsõnnikuhoidlasse, lisandub 10 liitrit $1 m^3$ silohoidla mahu kohta.

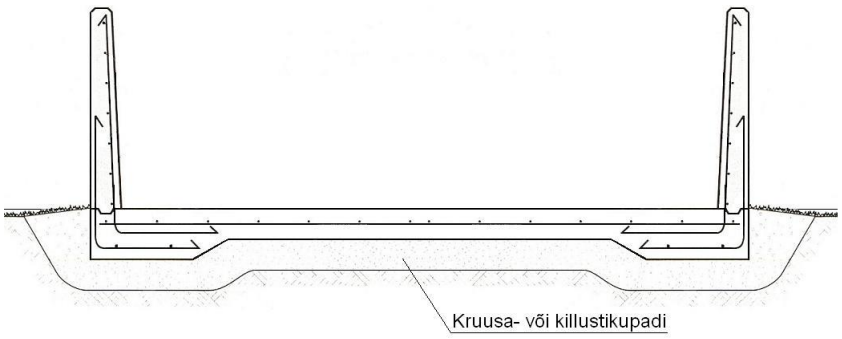
Sõnniku säilitamine põllul aunas e. patareis. Kui sõnnikut säilitatakse aunas kauem kui kaks nädalat, tuleb ladustamiskoha pinnas enne ladustamist katta lekkekindla või vedelikke imava materjaliga, nagu vähemalt 20 cm paksune turba- või põhukiht. Nõue ei kehti sügavallapanusõnnikule, mis vastab ülalnimetatud määruse § 4 lõikes 3 sätestatule. Sõnnikuauna ei tohi kahel teineteisele järgneval aastal paigutada samasse kohta. Allikate ja karstilehtrite ümbruses on 10 meetri ulatuses veepiirist või karstilehtritest sõnniku ladustamine aunas keelatud. Nitraaditundlikul alal on allikate ja karstilehtrite ümbruses kuni 50 meetri ulatuses veepiirist või karstilehtri servast keelatud sõnniku hoidmine aunas, kui kaitse-eeskiri teisiti ei sätesta, Kaitse-eeskirjaga võib 50-meetrise piirangutega ala ulatust vähendada.

Tahesõnnikuhoidlad. Sõnnikuhoidla ja -rennid peavad olema lekkekindlad. Ehitamisel peab kasutama materjale, mis tagavad lekkekindluse hoidla ekspluatatsiooniaja vältel. Lihtsaimaks tahesõnnikuhoidlaks on betoneeritud plats (joonis 5), kuhu kuhjatakse laudast eemaldatud sõnnik. Virtsa väljavalgumise takistamiseks ehitatakse sõnnikuplaadi ümber betoonist kaitserant. Eralduv virts kogutakse kokku platsi servas paiknevate kogumiskanalite abil ning hoiustatakse eraldi hoidlas. Selline tahesõnniku ladustamise viis sobib väiksematele lautadele, kus kasutatakse suures koguses allapanu (lõas-, sügavallapanul pidamine).



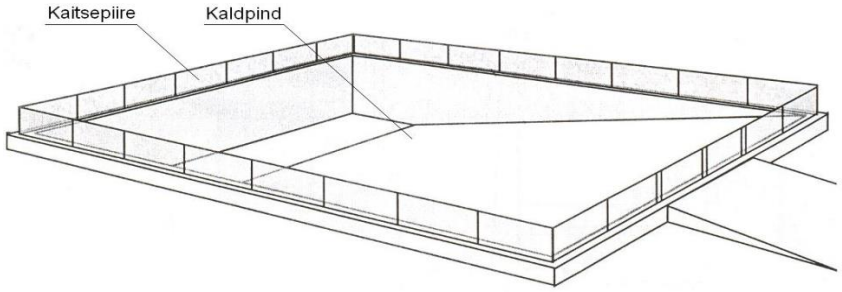
Joonis 5. Betoonist sõnnikuplaat koos virtsa väljavalgumist takistava kaitserandiga.

Tahesõnnikuhoidla otstarbekamaks kasutamiseks (suurem mahutavus) ümbritsetakse ülalnimetatud betoonist sõnnikplaat vähemalt kolmest küljest seintega (joonis 6). Seinte kõrgus on sõltuvalt konstruktsioonilisest lahendusest ja materialist 1,0…1,8 m, millele vastab keskmine tahesõnniku ladustamiskõrgus 1,5…2,0 m.



Joonis 6. Betoonelementidest seintega tahesõnnikuhoidla.

Vedel- ja poolvedelsõnnikuhoidlad. Sõnniku voolavuse tõttu piirab vedel- ja poolvedelsõnniku hoiustamist hoidla kõrgus. Vedelsõnniku- ja virtsahoidla peab ammoniaagi lendumise vähendamiseks olema kaetud. Laguun-tüüpi hoidla (joonis 7) on süvendisse ehitatud kolmest (neljast) küljest piiratud veetihe rajatis. Seinad ehitatakse monoliitsest raudbetoonist või tehases valmistatud betoonelementidest. Kuna hoidla asub süvendis, tuleb loomade ja inimeste ohutuse tagamiseks ehitada vähemalt 1,2 m kõrgune kaitsepiire. Laguun-tüüpi hoidla võib ehitada ka PVC-kilest või kummimaterjalist (butüülist). Selliste hoidlate eeliseks on odavus, ehitamise lihtsus ja kiirus. Puuduseks aga suur saasteainete, eeskätt ammoniaagi emissioon, materjali purunemisohtlikus hoiustatava vedelsõnniku homogeniseerimisel, väljapumpamisel ja setetest puhastamisel



Joonis 7. Laguun-tüüpi betoonelementidest poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidla.

Laguuntüüpi hoidla maksumus sõltub ehitamiseks kasutatavast materjalist, hoidla mahutavusest ning konstruktsioonist (avatud pinnaga *vs.* kaetud hoidla). Suurte (12 000 m^3 ja suuremad) avatud pinnakihiga hoidlate orienteeruv maksumus on keskmiselt 15 €/ m³. Kaetud pinnakihiga (varikatus, ujuvkate) hoidlad jäävad mahutavuselt oluliselt väiksemaks (kuni 2000 m^3), seetõttu kujuneb ka nende maksumus oluliselt suuremaks – 35 €/ m^3.

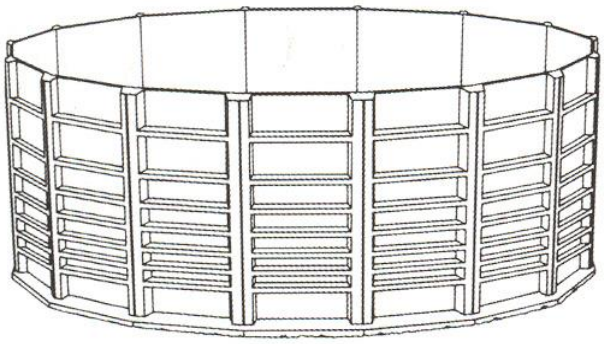
Uutele (projekteeritavatele) ja/või renoveeritavatele loomakasvatushoonetele laguuntüüpi hoidlate rajamine ei ole saasteainete emissiooni ning potentsiaalse põhjavee reostumise aspektist PVT.

Vedelsõnniku- või virtsahoidla võib olla ehitatud ka maa peale või osaliselt süvendisse (joonis 8). Üldjuhul on selline hoidla ringja põhiplaaniga (rõngasmahutid), väiksemad hoidlad võivad olla ka nelinurksed. Hoidla põhi valatakse betoonist. Seinte ehituseks kasutatakse monoliitset või monteeritavat raudbetooni, teraskonstruktsioone või puitu.

Virtsa- või vedelsõnnikuhoidlate täitmine toimub isevoolselt või pumba abil enamasti hoidla põhjast.

Lekkekindluse pidevaks kontrollimiseks paigaldatakse vedelsõnnikuhoidla põhja alla vettpidav materjal (kile, hüdrobutüül vms). Piki hoidla perimeetrit paigaldatakse drenaažitoru. Kui hoidla läbimõõt on üle 25 m, siis on soovitav ette näha kaks kontrollkaevu.

Betoonelementidest avatud pinnaga, suure mahutavusega (5000 m^3 ja rohkem) hoidla hinnaks kujuneb keskmiselt 25 €/m³. Varikatusega (jäik kate, telkkatus vms.) betoonelementidest hoidla maht on tulenevalt katusekonstruktsioonide ehitamise komplitseeritusest väiksem (600 m^3 ja rohkem). Varikatuse olemasolu suurendab ka hoidla maksumust, keskmiselt 45 €/m³ . Teraskonstruktsioonidest avatud pinnaga sõnnikuhoidla saab võrreldes betoonelementidest hoidlaga ehitada kõrgema, sellest tulenevalt on sarnase põhjapindalaga hoidla mahutavus suurem (8000 m^3 ja rohkem), kuid tulenevalt materjali maksumusest kujuneb hoidla siiski kallimaks, keskmiselt 30 €/m^3. Varikatusega teraskonstruktsioonidest hoidla (mahutavus 2000 m^3), hinnaks kujuneb orienteeruvalt 48 €/m^3. Varikatuse rajamine (telkkatus, jäik kate, PVC kate) olemasolevale laguuntüüpi-, betoon- või teraselementidest hoidlale on tehniliselt keerukas (Eestis vastav kogemus puudub). Betoonkattega hoidla on projekteeritud ja rajatud Eesti Maaülikooli Märja katsefarmis.



Joonis 8. "Acotank" betoonelementidest vedelsõnnikuhoidla.

7. Kulu- ja heitetasemed veiste intensiivkasvatuses

7.1. Toorainete erikulu

7.1.1. Söödakulu

Veise füsioloogiline toitefaktorite vajadus (söödavajadus) aastas/perioodis sõltub looma vanusest, geneetilisest toodangutasemest, füsioloogilisest seisundist (laktatsioonifaas, tiinus), kehamassist , kehamassi juurdekasvust jne. Reaalne söötade kulu füsioloogilise toitefaktorite tarbe katmiseks oleneb söötade kvaliteedist (toitefaktori kontsentratsioon söödas, seeduvus, söödavus, maitsvus jms) ning söödaratsiooni tasakaalustatusest. Tasakaalustamata söödaratsioon ja ebakvaliteetsed söödad suurendavad söödakulu, keskkonda erituvate jääkainete (potentsiaalsete saasteainete) kogust ning võivad põhjustada probleeme loomade tervisega. Tabelis 2 on esitatud veiste keskmine söödavajadus vanuse- ja toodangurühmade lõikes aastas/perioodis lähtuvalt kuivaine, lämmastiku ja fosfori kogusest.

Tabel 2. Toitefaktorite keskmine vajadus aastas/perioodis toodangu- ja vanuserühmade lõikes

Vanuse-, toodangurühm	Toitefaktor				
	Kuivaine kg	Energia MJ/kg k.a.	Proteiin %	Lämmastik kg	Fosfor kg
Piimalehmad (toodang 8000 kg)	7500	11,0	15,0	180	35
Vasikad (0…6 kuud)	800	12,0	16,0	21	3
Lehmmullikad (6 kuud kuni poegimine)	3100	10,5	14,5	67	13
Pullmullikad (6 kuud kuni realiseerimine)	3000	10,5	14,0	67	13

Söötade kogus (ratsiooni mass), mis katab looma füsioloogilise toitefaktorite tarbe on väga varieeruv. See sõltub eelkõige ratsioonis kasutatavate söötade liigilisest koosseisust ning kuivainesisaldusest. Mida madalam on ratsiooni kuivainesisaldus, seda suuremaks kujuneb ratsiooni kogukaal.

7.1.2. Veekulu

Farmi üldine veevajadus jaguneb tinglikult kahte ossa: loomade joogivesi ja veekulu farmi tehnoloogilisteks ning olmevajadusteks (udara, lüpsiseadmete, inventari, hoonete jm pesemine ning veekulu dušširuumides, tualettides jms). Viimane moodustab põhilise osa farmis tekkivast reoveest.

Veekulu loomale. Vesi on loomorganismi toitumisel üks tähtsamaid toitefaktoreid, kuna ta osaleb kõikides eluprotsessides – toitainete jt. komponentide transpordil rakku ja rakust välja, toitainete seedeprotsessis ja ainevahetuses, jääkainete (uriin, roe, väljahingatav õhk) ja liigse soojuse (higistamine) eemaldamisel organismist, hoiab tasakaalus organismi vee ja soolade bilanssi ning on oluline osa vedelikust, mis ümbritseb arenevat loodet. Organismi 20-ne protsendilisele veekaotusele järgneb surm. Seetõttu on vajalik, et puhas ja värske joogivesi on alati vabalt kättesaadav kõikidele loomarühmadele.

Veised rahuldavad oma igapäevase veetarbe kolmest allikast: joogiveega, mis moodustab keskmiselt 83% kogu vajaminevast veest, söödaga saadava- ning vähesel määral organismis ainevahetuse käigus tekkinud veega. Orienteeruvad joogivee tarbimise määrad on toodud tabelis 3.

Tabel 3. Veiste orienteeruv joogivee tarbimine olenevalt keskkonna temperatuurist (kg/p).

Vanuse-, toodangurühm/ Kehamass, kg	Piimatoodang kg	Temperatuur °C		
		< 4,5	15,5	26,5
Lüpsilehmad				
635	27	45	55	68
635	36	102	121	146
635	45	121	143	173
Noorloomad				
90		8	9	12
180		14	17	23
365		24	30	40
545		33	41	55
Kinnislehmad				
635		37	45	61
725		39	48	65

Päevas tarbitava vee kogust mõjutavad järgmised faktorid:

- bioloogiline ja füsioloogiline seisund (laktatsioonifaas) ning tervis;
- kehamass, tõug;
- söödaratsiooni kuivaine sisaldus ja -söömus;
- piimatoodang;
- ümbritseva keskkonna temperatuur, niiskus, õhu liikumise kiirus, sademed jm;
- söödaratsiooni keedusoola, sooda ja proteiini sisaldus ning koresööda osatähtsus.

Vasikad rahuldavad oma joogiveetarbe esialgu täispiima või täispiimaasendajat süües. Vasikate kasvukiiruse ja kuivaine söömuse suurendamiseks peab neil puhas vesi alati saadaval olema. Esimesel elunädalal tarbivad vasikad joogivett keskmiselt 1kg, nelja nädala vanuselt aga juba 2,5kg päevas. Vasikate joogivee tarve suureneb tunduvalt kui nende ratsiooni lülitatakse jõu- ja koresööt.

Lüpsilehmad tarbivad keskmiselt 3…5 kg vett iga söödud kuivaine kg kohta. Sellele lisandub vesi, mis on vajalik piima sünteesimiseks. Tuleb arvestada, et tarbitava joogivee kogus suureneb nii söödaratsiooni kuivaine sisalduse kui ka kuivaine söömuse suurenedes. Ka ümbritseva keskkonna kõrgem temperatuur ja otsene päikesevalgus suurendavad joogivee tarbimist. Samuti suurendab tarbitava vee kogust söödaratsiooni suurem keedusoola, sooda ja proteiini sisaldus ning koresööda osatähtsus. Ka piimatoodangu kasvades suureneb lehmadel joogivee tarve, kuigi tarbitava vee kogus piimatoodangu kohta väheneb. Lüpsilehmadele saab vajaliku veekulu arvutada järgmise võrrandi alusel (võrrand 1):

Võrrand 1. Lüpsilehma veetarve, kg/p = 15,99 + [(1,58 ± 0,271) x (kuivaine söömus, kg/p)] + [(0,90 ± 0,157) x (piimatoodang, kg/p)] + [(0,05 ± 0,023) x (naatriumi söömus, g/p)] + [(1,20 ± 0,106)] x (minimaalne päevane temperatuur, °C)]

Tehnoloogiline veekulu. Vesi on oluline nii põllumajandusloomade söötmisel kui ka piimakarjakasvatuses kasutatavates tehnoloogilistes protsessides (lüpsmine, sõnniku eemaldamine jne.). Ööpäevane tehnoloogilise vee vajadus looma kohta oleneb konkreetsest farmist ja seal kasutatavast tehnoloogiast. Lehmi lüpstakse enamasti lüpsiplatsil või robotlüpsi seadmetega, lõaspidamisega farmides ka torusselüpsiseadmetega. Kannulüpsi osatähtsus on marginaalne, seda kasutatakse mõnel juhul realiseerimiseks kõlbmatu piima eraldamiseks. Tehnoloogilise vee vajadus sõltub kasutatavast tehnoloogiast: robot-, platsil- või torusselüps, viimase kahe puhul ka lüpsikordade arvust ööpäevas (kahe- või kolmekordne lüps) samuti udara puhastamise viisist.

Robotlüps:

- Nisasid puhastatakse pöörlevate harjade, puhastusrullide või nende kombinatsiooniga
- Nisasid puhastatakse nisakannu abil suruõhu ja vee seguga
- Nisasid puhastatakse spetsiaalse puhastuskannu abil suruõhu ja vee seguga

Lüpsiplats:

- Udaraid puhastatakse dušist suunatava veejoaga
- Udaraid puhastatakse kuiva või niiske paberist ühekordse kasutusega salvrätiga
- Udaraid puhastatakse vette kastetud ja kuivaks väänatud individuaalse udarapesulapiga

Torusselüpsisüsteem:

- Udaraid puhastatakse vette kastetud ja kuivaks väänatud udarapesulapiga
- Udaraid puhastatakse vette kastetud ja kuivaks väänatud individuaalse udarapesulapiga
- Udaraid puhastatakse kuiva või niiske ühekordse kasutusega paberist salvrätiga

Veekulu on suurim udarate puhastamisel dušivoolikust suunatava veejoaga. Udarate puhastamisel individuaalsete udarapesulappidega lisandub veekulule udarapesulappide pesemiseks kuluv vesi. Keskmiselt kulub ühe lehma kohta päevas udara puhastamisel veejoaga 15 liitrit ning udara puhastamisel kuiva ühekordse salvrätiga 3 liitrit vett.

Tabelis 4 on toodud minimaalsed tehnoloogilise vee kogused lüpsiviiside lõikes. Farmides kasutatav vesi peab olema kvaliteetne s.o. vastama samadele normidele, mis on kehtestatud inimeste poolt tarbitavale veele. Veekasutus farmides võib erineda kordades.

Lüpsilehma päevane veevajadus on vahemikus 180-230 liitrit. Keskmiselt kulub ca kaks kolmandikku farmis vajaminevast veest loomade jootmiseks ja ülejäänud kolmandik tehnoloogilisteks vajadusteks.

Tabel 4. Tehnoloogilise vee vajadus sõltuvalt lüpsiviisist

Lüpsiviis	Vee kogus lehma kohta päevas, l
Kannulüps	7
Torusselüps	14
Lüpsiplats	17
Lüpsirobot	13-15*

* Vee tarve robotlüpsil keskmisena ühe lehma lüpsikorra kohta on 5,6 liitrit. Lehmad külastavad robotit keskmiselt 2,4-2,7 korda ööpäevas.

Lüpsiprotsessis kasutatavat tehnoloogilist vett ei ole võimalik lõpmatuseni kokku hoida, sest peale lüpsikorda tuleb lüpsiinventar pesta. Seda tuleb teha olenevalt lüpsikordade arvust kaks kuni kolm korda ööpäevas. Vee kasutamise efektiivsust on võimalik tõsta udara ettevalmistamisel lüpsiks ning lüpsiplatsi ja lehmade ootealade pesemisel. Lüpsisüsteemi- ja inventari pesemine on harilikult automatiseeritud protsess. Seejuures on veekasutus reguleeritud ja häälestatud seadmete tootjafirma poolt. Ökonoomse veekasutuse eelduseks on lauda (farmi) veekulu täpne mõõtmine (veemõõturid).

7.1.3. Energiakulu

Energiakulu registreerimine veiselautades on komplitseeritud tulenevalt tarbimise ööpäevasest, sesoonsest ja klimaatilisest ebaühtlusest. Energiatarbimine on reeglina muutuv ja ei ole selgelt jälgitav. Seega võetakse aluseks aastane energiatarbimine loomakoha kohta. Energiaühikud on erinevad sõltuvalt energiakandja liigist ning lõpp-tulemus väljendatakse kilovatttundides (kWh) loomakoha kohta.

Energiatarve sõltub põhiliselt pidamistehnoloogiast, välistemperatuurist (aastaajast), farmi tehnilisest seisukorrast ning tootmiskultuurist. See võib kõikuda väga laiades piirides.

Energiakulu alusel jagunevad veiste pidamisviisid kaheks:

- vabapidamine soojustamata või osaliselt soojustatud laudas;
- lõaspidamine.

Üldjuhul jaotatakse tehnoloogilised protsessid energiakasutuse järgi järgmiselt:

- sööda ettevalmistamine ja söötmine;
- lüpsmine;
- sooja vee ettevalmistamine ning teenindus- ja olmeruumide kütmine;

- valgustus;
- ventilatsioon;
- sõnniku eemaldamine.

Elektrienergia. Elektrienergia on üks kallimaid energia liike, kuid tehnoloogilisteks vajadusteks kõige lihtsamini kasutatav. Ilma elektrit kasutamata on paljusid tehnoloogilisi protsesse võimatu realiseerida. Elektrienergia kasutamist lauda (k.a. olmeruumide) kütteks ja sooja vee saamiseks tuleks võimaluse korral vältida või kasutada seda minimaalselt. Elektrienergia alternatiiv on gaasikatelde kasutamine.

Tabelis 5 on toodud orienteeruv elektrienergia tarbimine 300 loomakohaga laudas, kus sõnnik eemaldatakse kraaptransportööriga, sööt jagatakse liikurmasinaga ning lehmi lüpstakse lüpsiplatsil.

Tabel 5. Orienteeruv aastane elektrienergia tarbimine lüpsifarmides loomakoha kohta

Tootmisprotsess	Lõaspidamine	Külmlaut ja vabapidamine
	kWh/loomakoht	kWh/loomakoht
Sööda ettevalmistamine ja söötmine	17,0 - 23,0	1,0 - 3,0
Lüpsmine	110,0 - 135,0	190,0 - 210,0
Sooja vee ettevalmistamine ja kütmine	130,0 - 180,0	50,0 - 80,0
Valgustus	70,0 - 90,0	19,0 - 22,0
Sõnniku eemaldamine	105,0 - 135,0	7,0 - 11,0
Kokku	432,0 - 563,0	267,0 - 326,0

Soojusenergia. Tavapäraselt laudaruumi ei köeta, piisab veiste omasoojusest. Soojusenergiat vajatakse teenindus- ja olmeruumide kütteks ning sooja vee valmistamiseks.

Sooja vett kasutatakse:

- tehnoloogilisteks vajadusteks (lüpsiseadmete pesu, jne);
- olmevajadusteks (käte pesu, dušš).

Soojusenergiat võidakse saada nii elektrienergia abil, kui ka kütustest. Viimane oleks majanduslikult otstarbekam, kuid operatiivseks väikesemahuliseks soojavee vajaduse rahuldamiseks sobib elektriboiler. Ökonoomseim variant antud juhul oleks soojusvaheti, mis kasutab piima jahutamisel vabanevat soojusenergiat.

Kütus. Eesti veisefarmides põhiliselt kasutatavateks kütusteks on diiselkütus, kerge kütteõli ja puit. Diiselkütust kasutatakse liikurmasinate käitamiseks sööda transpordil ja jagamisel, sõnniku eemaldamisel ning muudel transporttöödel. Kerget kütteõli ja puitu kasutatakse kütte- ning veesoojendusseadmetes soojusenergia tootmiseks ning sooja vee saamiseks. Diiselkütus on kallim kui elektrienergia, kuid liikurmasinates on ta vältimatu. Kerge kütteõli on soojatootmiseks odavam võrreldes elektrienergiaga. Odavaim on siiski puit, kuid tehnoloogiliselt on seda küllalt ebamugav kasutada. Kütuste kasutamise struktuur sõltub suurel määral veiste pidamisviisist ja on ka lautade kaupa üsna erinev. Tabelis 6 on toodud 300 loomakohaga lauda orienteeruv diiselkütuse kulu tehnoloogiliste protsesside lõikes loomakoha kohta aastas.

Tabel 6. Orienteeruvad diiselkütuse kulud tehnoloogiliste protsesside lõikes loomakoha kohta aastas

Tehnoloogiline protsess	Kg/aasta/loomakoht	KWh/aasta/loomakoht[1]
Sööda jagamine	4,0 – 8,0	48,0 – 96,0
Sõnniku eemaldamine	6,0 – 10,0	72,0 – 120,0
Kokku	10,0 – 18,0	120,0 – 216,0

[1] Diiselkütuse kütteväärtuseks on ca 12,0 kWh/kg

7.2. Heitekogused

Peamiseks veisekasvatusest pärinevaks heiteks on sõnnik. Otstarbeka käitlemise korral on sõnnik väärtuslik orgaaniline väetis, mida saab kasutada mullaviljakuse tõstmiseks. Puudulik sõnnikukäitlus on ohtlik ümbritsevale keskkonnale, sest sõnnikus leiduvad toitained võivad reostada põhja- ja pinnavett ning atmosfääri. Toitainete kaod võivad tekkida leostumise ja lendumise tõttu nii laudas, hoidlas kui ka põllule laotamisel. Kui fosfor ja kaalium on suhteliselt püsivad (kaod ainult leostumise tagajärjel), siis lämmastikühendid võivad nii lenduda kui leostuda. Lämmastikühendite kaod varieeruvad väga suurtes piirides. Keskkonnasäästliku sõnniku

käitlemise tehnoloogia korral jõuab taimedeni kuni 90 % sõnnikus sisalduvast lämmastikust, puuduliku tehnoloogia korral aga vähem kui 50 %.

Gaasiliste ühendite lisandumist atmosfääri loetakse üheks peamiseks kliima soojenemist põhjustavaks teguriks. Probleemseid ühendeid on mitmeid, vahetult loomakasvatusega seonduvad süsihappegaasi kõrval ka metaan (CH_4) ja lämmastikoksiidid (põhiliselt N_2O). Kliima soojenemisele avaldab enam mõju süsihappegaas, kuna selle kontsentratsioon on atmosfääris suurim, samuti lendub seda võrreldes teiste gaasidega nii looduslikult kui ka inimtegevuse tulemusena kõige rohkem. Loomakasvatusega seonduv süsihappegaasi emissioon on maailmamaastaabis siiski suhteliselt tagasihoidlik. Arvutuste kohaselt pärineb keskmiselt 9 % antropogeensest süsihappegaasi emissioonist kas otseselt (respiratsioon, sõnniku käärimine) või kaudselt (fossiilsete kütuste põletamine söötade ja väetiste tootmisel, saaduste töötlemisel, transpordil, jne) looma- ja linnukasvatusest. Oluliselt kriitilisem on olukord metaani ja lämmastikoksiididega (peamiselt dilämmastikoksiid, N_2O). Metaani tekib rohkesti loomade, eriti mäletsejaliste seedeprotsessides ning samuti sõnniku anaeroobsel käärimisel. Aastasest inimtekkelisest metaani emissioonist pärineb looma- ja linnukasvatusest ca 35…40 %. Lämmastikoksiide tekib sõnniku aeroobsel käärimisel. Inimtekkelises lämmastikoksiidide emissioonis on looma- ja linnukasvatuse osatähtsus ca 65 %. Kogu inimtekkelisest kasvuhoonegaaside emissioonist (40,3 mld t süsihappegaasi ekv; FAO, 2006) moodustab lendumine looma- ja linnukasvatusest ca 18 % (7,1 mld t süsihappegaasi ekv). Sellest omakorda ca 2/3 lendub metaani ja lämmastikoksiididena.

Ammoniaaki kui ühte peamist loomakasvatusest pärinevat saasteainet ei loeta kasvuhoonegaasiks, kuna see on atmosfääris suhteliselt ebapüsiv võrreldes metaani ja lämmastikoksiididega. Ammoniaak tekib sõnniku proteiini, eeskätt uriini karbamiidi aeroobsel lagunemisel. Ammoniaak on õhu ja keskkonnasaastaja, mis põhjustab veekogude eutrofeerumist (lämmastikuga üleküllastumine), muldade hapestumist ja lõhnasaastet. 2004. aastal kujunes inimtekkeliseks ammoniaagi emissiooniks ca 47 milj tonni, millest looma- ja linnukasvatus moodustas põhilise osa, ca 68 %.

Eesti looma- ja linnukasvatusest lenduvate saasteainete osakaal maailma maastaabis on tühine.

Eestis on viimasel kümnendil loomade pidamistehnoloogiate osas toimunud suured muutused. Piimakarjakasvatuses on toimunud kiire üleminek lõaspidamiselt vabapidamisele, tahesõnniku tehnoloogialt vedelsõnniku tehnoloogiale. Sellest tulenevalt on muutunud ka sõnniku ladustamise, käitlemise ja laotamise tehnoloogiad.

Loomakasvatuses s.h. veisekasvatuses tekib ka müra- ja lõhnaheidet, samuti mitmesuguseid jäätmeid (olmejäätmed, ohtlikud jäätmed jms.).

7.2.1. Veisesõnniku üldiseloomustus

Sõnnik on looma organismist väljutatud uriini ja rooja ning sellele laudas lisandunud söödajääkide, allapanu ja tehnoloogilise vee segu. Sõltuvalt pidamistehnoloogiast ja allapanu kogusest saadakse tahe-, poolvedel või vedelsõnnik (tabel 7). Virts on loomade uriin koos sõnnikust väljanõrgunud vedelikega. Eri tüüpi sõnniku toitainete sisalduse arvestuslikud väärtused kehtestab põllumajandusminister oma määrusega. Tahesõnnik liigitatakse vastavalt kasutatavale allapanule turba-, põhu, põhu-turba või saepurusõnnikuks. Tahesõnniku säilitamisajast ja –tingimustest sõltuvalt eristatakse värsket ja kompostitud sõnnikut. Kompostitud sõnnik jaguneb omakorda poolkompostitud- (kuivaine kadu 20…30 %), kompostitud (kuivaine kadu 30…60 %) ja kõdusõnnikuks (kuivaine kadu üle 60 %).

Tabel 7. Erinevate sõnnikutüüpide omadused.

Omadus	Sõnniku tüüp			
	Vedelsõnnik (virts)	Poolvedel sõnnik	Tahesõnnik	Sügavallapanusõnnik
Kuivaine sisaldus, %	< 8	8…19,9	20…25	> 25
Käitlusviis	pumbatav	ei ole virnastatav, pumbatav kolbpumbaga	virnastatav kuni 2m	virnastatav üle 2 m
Säilituskeskkond	hapnikuvaba	suhteliselt hapnikuvaba	hapnikuvaene	hapnikurikas
Mahumass, kg/m^3	1000	750…950	600…750	< 600
pH	7	7…9	8…9	8…9

Puhkelatrites pidamisel saadakse peamiselt vedelsõnnikut. Lõaspidamisega lautades toodetakse enamasti tahe-, vähese allapanu korral ka poolvedelat sõnnikut. Sügavallapanul pidamisviisiga lautadest saadakse kõrge kuivainesisaldusega tahe- e. sügavallapanusõnnikut. Erinevate sõnnikutüüpide eelised ja puudused on toodud tabelis 8.

Tabel 8. Sõnnikutüüpide eelised ja puudused

	Vedelsõnnik	Poolvedelsõnnik	Tahesõnnik
+	Pumbatav; ühtlane mass peale segamist; õige tehnoloogia korral kõrge lämmastikusisaldus; lihtne doseerida ja ühtlaselt laotada; võib laotada kasvavatele taimedele; lihtne määrata toitainete keskmist sisaldust; vajab ainult ühte tüüpi laoturit.	Võib kasutada piiratud koguses allapanu.	Võimalik kasutada suuri allapanukoguseid; komposteerununa sisaldab vähe patogeenseid baktereid patogeene ja idanemisvõimelisi umbrohu seemneid; parandab mulla struktuuri, saab virnastada; ebameeldiv lõhn puudub.
-	Ei saa kasutada allapanu; keskkonnaohtlike gaaside teke; patogeensed bakterid ja patogeenid säilitavad eluvõime pikaks ajaks; umbrohuseemnete idanemisvõime säilib; ebameeldiv lõhn.	Ebaühtlane produkt; suured hoiustamiskulud; raske doseerida ja ühtlaselt laotada; vajab kahte tüüpi laoturit; madal lämmastikusisaldus; raske määrata toitainete keskmist sisaldust; patogeensed bakterid ja patogeenid säilitavad eluvõime pikaks ajaks; umbrohuseemnete idanemisvõime säilib.	Ebaühtlane produkt; raske doseerida ja ühtlaselt laotada; raske määrata toitainete keskmist sisaldust; vajab eraldi hoidlaid tahesõnniku ja virtsa ladustamiseks; vajab kahte tüüpi laoturit; suured lämmastikukaod.

7.2.2. Saasteainete eritumine loomapidamishoones

Saasteainete emissioon loomapidamishoones on reglementeeritud keskkonnaministri määrusega „Looma- ja linnukasvatusest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramismeetodid“ (RTL, 2008,99,1390)

Väljaheidete kogus ja toiteelementide sisaldus. Väljaheidete koguse määramine looma kohta praktilises tootmises kaalumise teel on komplitseeritud, kui mitte võimatu. Seepärast arvutatakse väljaheidete kogus ja keemiline koostis sageli võrranditest, mis lähtuvad söötade kogusest ja toiteelementide sisaldusest ning toodangu vastavatest näitajatest. Looma organismist erituvate väljaheidete kogus ja toiteelementide sisaldus sõltub looma toitefaktorite (sööda) tarbest s.t. kehamassist, füsioloogilisest seisundist (lüpsilehmade puhul laktatsioonifaasist) ja toodangutasemest, samuti söödaratsiooni struktuurist (söötade valik) ning söötade toiteelementide sisaldusest (söötade kvaliteet). Olulist tähtsust omab ka söödaratsiooni tasakaalustamine erinevate toiteelementide lõikes, kuna looma füsioloogilist tarvet ületavad toitefaktorid eemaldatakse organismist rooja ning uriiniga. Looma organismist erituvat rooja kogust mõjutab suurel määral söödaratsiooni kuivaine (orgaanilise aine) seeduvus. Mida parem on see näitaja, seda rohkem toitefaktoreid seedub ning sellevõrra väiksem on ka erituva rooja kogus (võrrand 2).

Võrrand 2. $\text{Roe, kg} = \text{sööda kuivaine, kg} \times 1 - \frac{\text{orgaanilise aine seedekoefitsient, \%}}{100} / \frac{\text{sõnniku kuivaine, \%}}{100}$

Suur osa jääkprodukte ning teisi mittevajalikke ühendeid eemaldatakse organismist uriiniga. Näiteks lämmastikust eritub märkimisväärne osa just uriini karbamiidina. Arvutuste lihtsustamiseks (võrrand 3) on erituva uriini kogus viidud sõltuvusse vastava perioodi rooja kogusega (tabel 9).

Võrrand 3. Uriin, kg = roe, kg / k

Tabel 9. Kordaja k vanuse- ja toodangurühmade lõikes

Vanuse-, toodangurühm	Kordaja k
Piimalehmad	1,85
Ammlehmad	2,0
Vasikad (0…6 kuud)	1,5
Lehmmullikad (6 kuud kuni poegimine)	2,0
Pullmullikad (6 kuud kuni realiseerimine)	2,0

Väljaheidetega eritunud lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kogus leitakse söödaga saadud ning looma organismi ja embrüosse ladestunud ning toodanguga väljutatud toiteelementide koguste vahena (võrrand 4).

Võrrand 4. $N, P, K_{väljaheited} = N, P, K_{sööt} - (N, P, K_{piim} + N, P, K_{juurdekasv} + N, P, K_{embrüo})$

Tabelis 10 on esitatud lämmastiku, fosfori ja kaaliumi keskmine sisaldus piimas, kehamassi juurdekasvus ning embrüos.

Tabel 10. Lämmastiku, fosfori ja kaaliumi sisaldus piimas, kehamassi juurdekasvus ning embrüos

	Lämmastik g/kg	Fosfor g/kg	Kaalium g/kg
Piimalehmad			
Piim	Piima proteiin/6,38	0,68 g/kg (nat. piim)	1,6 g/kg (EKM piim)
Juurdekasv	25,6	8,0	1,8
Embrüo	29,6	8,0	2,1
Noorveised			
Juurdekasv	28,5	7,3	2,3
Embrüo	29,6	8,0	2,1

Ülaltoodud arvutusskeemist lähtuvalt ning arvestades söötade keskmist kogust ja keemilist koostist on tabelis 11 esitatud summaarne väljaheidete produktsioon ning selle kuivaine, lämmastiku, fosfori ja kaaliumi sisaldus veiste vanuse- ja toodangurühmade lõikes. Tabel on koostatud Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudis 2012-2014.a. läbiviidud projekti „Sõnnikustandardite uuendamine ja täiendamine veisekasvatuses" tulemuste põhjal. Lehmade ja lehmmullikate puhul on arvestusperioodi pikkuseks 1 aasta, lehm- ja pullvasikate puhul 6 kuud ning pullmullikatel vastavalt 9 kuud (vasikaeast kuni realiseerimiseni).

Tabel 11. Summaarne väljaheidete produktsioon looma kohta ja selle kuivaine, lämmastiku, fosfori ning kaaliumi sisaldus vanuse- ja toodangurühmade lõikes

Looma liik, vanuserühm	Väljaheited	Toiteelementide sisaldus					
		Lämmastik		Fosfor		Kaalium	
	t	kg/t	kg	kg/t	kg	kg/t	kg
Lehmad, 8725 kg	22,9	5,9	134,0	1,3	30,1	4,4	101,0
Ammlehmad	8,3	8,7	72,4	0,8	6,9	8,7	72,5
Lehmvasikad (0 - 6 kuud)	2,6	6,7	17,1	0,8	2,1	6,7	17,1
Pullvasikad (0 - 6 kuud)	2,4	5,9	13,7	0,6	1,3	3,8	8,9
Lehmmullikad (6 kuud kuni poegimine	11,4	5,1	58,1	1,0	11,1	3,7	48,7
Pullmullikad (6 kuud kuni realiseerimine)	6,7	6,2	41,3	1,0	6,8	3,7	24,8

Pidamisviis mõjutab eritatavat väljaheidete kogust ja keemilist koostist minimaalselt.

***Saasteainete keskkonda sattumise võimalused loomapidamishoones*.** Lekkekindlate laudakonstruktsioonide olemasolul (põrandad ja sõnnikukäigud) on fosfori-, kaaliumi- ja lahustuvate lämmastikühendite leostumine pinna- ja põhjavette välistatud. Ammoniaaklämmastiku lendumine atmosfääri algab aga koheselt pärast väljaheidete eritumist. Tegurid, mis mõjutavad ammoniaagi lendumist laudas, on mitmekesised:

- Kliima s.t. välis- ja sisetemperatuur. Lauda sisetemperatuuri tõustes suureneb ka sõnniku temperatuur, mis põhjustab ammoniaagi emissiooni kasvu. Sageli kaasneb sisetemperatuuri tõusuga õhuvahetuse kiirenemine laudas, mis suurendab ammoniaagi lendumist veelgi.

- Söödaratsiooni koostis ja selle kasutamise efektiivsus toodangu sünteesil. Proteiini seedeprotsessi üheks vaheproduktiks on ammoniaak, mille liig eemaldatakse organismist kiiresti karbamiidina. Kõrgema toodangutasemega (intensiivsema ainevahetusega) loomad vajavad oma toitefaktorite tarbe katmiseks rohkem ja kontsentreeritumat sööta, seejuures toitefaktorite kasutamise efektiivsus väheneb. Sellest tulenevalt sisaldab proteiinirikkamat söödaratsiooni saanud loomade väljaheide rohkem lämmastikku. Oluliseks ammoniaagi lendumist mõjutavaks teguriks on uriini pH. Mida kõrgem on uriini pH (happelisus), seda rohkem ammoniaaki lendub.
- Loomapidamishoone konstruktsioon ja pidamisviis. Lõaspidamisega lautades lendub vähem ammoniaaki, kuna väljaheidetega saastub suhteliselt väike ala. Allapanukoguse suurenedes ammoniaagi lendumine väheneb.
- Ventilatsioonisüsteem. Ammoniaagi emissioon sõltub õhuvahetuse kiirusest. Mida rohkem ajaühikus õhku vahetub, seda suurem on lenduva ammoniaagi kogus. Loomuliku ventilatsiooniga lautades sõltub õhuvahetuse kiirus välis- ja sisetemperatuuri erinevusest.

Lõastatud pidamisviisi korral lendub keskmiselt 5, vabapidamisega lautades 10, sügavallapanul pidamisel aga 7% kogu väljaheidetes sisalduvast lämmastikust. Ammoniaagi lendumist laudas suurendab restpõrandate ja vähese allapanu kasutamine, samuti ebakorrapärane sõnniku eemaldamine. Keskmist ammoniaaklämmastikuemissiooni loomapidamishoonest arvutatakse võrrandi 5 alusel:

Võrrand 5. NH_3, kg = $N_{väljaheited}$, kg x emissioonifaktor x sk / 100, kus:

sk – suvine karjatamine, aastaringse laudaspidamise korral sk = 1; suvise karjatamise korral sk = 1 - (suvise karjatamise päevade arv aastas/365).

Ammoniaagi emissioonifaktorid erinevate pidamisviiside, toodangu ja –vanuserühmade lõikes on toodud tabelis 12.

Tabel 12. Ammoniaagi emissioonifaktorid loomapidamishoones sõltuvalt pidamisviisist ja sõnniku koristamise süsteemist

Veiserühm	Pidamisviis, sõnniku eemaldamise süsteem	Emissioonifaktor
Piima- või ammlehmad, lihaveised, lehm- või pullmullikad	Lõaspidamine, sõnnikueemaldus mobiilse vahendiga 2…3 korda päevas, rohke allapanu (avatud süsteem)	5,0
	Lõaspidamine, kraapkonveierid, sõnnikueemaldus >3 korda päevas, rohke allapanu (avatud süsteem)	4,5
	Lõaspidamine, skreeperseadmed, sõnnikueemaldus 2…3 korda päevas, rohke allapanu (suletud süsteem)	4,0
	Lõaspidamine, skreeperseadmed, sõnnikueemaldus > 3 korda päevas, rohke allapanu (suletud süsteem)	3,5
	Vabapidamine, mobiilne sõnnikueemaldus 2…3 korda päevas, vähene allapanu	8,0
	Vabapidamine, skreeperseadmed, sõnnikueemaldus >3 korda päevas, vähene allapanu	7,5
	Vabapidamine, sõnnikukanalid, vähene allapanu	10,0
	Vabapidamine, sügavallapanu	7,5
Vasikad	Vabapidamine, sügavallapanu	5,0
	Vabapidamine, vähene allapanu	7,5

Metaani tekke eelduseks on anaeroobne (hapnikuvaba) keskkond. Sellest tulenevalt tekib loomakasvatuses peamine osa metaanist vahetult loomade, eeskätt mäletsejaliste organismis mikroobse seede tulemusena (tabel 13). Sõnniku koristamise käigus metaani praktiliselt ei lendu. Metaani emissiooni looma organismist mõjutab söötade struktuursete süsivesikute (tselluloosi ja hemitselluloosi) sisaldus ning ratsiooni koredus (silo, heina, põhu peenestamine enne söötmist).

Tabel 13. Metaani emissioon veise organimist (kg/loom)

Veiserühm	Metaani emissioon kg/loom
Piimalehmad	128
Veised, v.a piimalehmad	53,0

7.2.3. Saasteainete eritumine sõnniku- ja kääritusjäägi hoidlast

Lekkekindlatest hoidlatest on fosfori-, kaaliumi- ja lahustuvate lämmastikühendite leostumine pinna- ja põhjavette välistatud. Sõltuvalt sõnniku ja kääritusjäägi koostisest, omadustest ning hoidla konstruktsioonist jätkub erineva intensiivsusega lämmastikühendite lendumine. Lämmastiku kadu sõltub eelkõige hoidla pindalast. Mida suurem on hoidla pindala, seda suuremad on ka võimalikud lämmastiku kaod. Sellest tulenevalt tuleks hoidla rajada maksimaalselt sügav ja võimalikult väikese pindalaga. Lämmastikühendite lendumisele avaldab märgatavat mõju ka keskkonna temperatuur. Temperatuuri langedes emissioon väheneb. Temperatuuril alla 0°C on lendumine minimaalne. Tahesõnniku puhul on oluline sõnnikukihi õhuline struktuur ja hapniku ligipääs, vastasel juhul tekivad anaeroobsed tsoonid ning kihi sisemuses oleva kõrgema temperatuuri koosmõjul käivitub kuivkääritamine ja lendub arvestatav kogus metaani. Sarnaselt suureneb ka dilaämmastikoksiidi (N_2O) emissioon, sest anaeroobsed ja aeroobsed tsoonid vahelduvad, mis soodustab denitrifikatsiooni ning N_20 teket. Ammoniaagi emissiooni ladustatud sõnnikust (kg, aastas) kalkuleeritakse lähtuvalt võrrandist 6:

Võrrand 6: NH_3, kg = ($N_{väljaheited}$, kg x sk – emissioon laudas, kg/1,214) x emissioonifaktor / 100, kus:

sk – suvine karjatamine, aastaringse laudaspidamise korral sk = 1; suvise karjatamise korral sk = 1 - (suvise karjatamise päevade arv aastas/365);

1,214 – ammoniaagilt lämmastikule ülemineku tegur.

Ammoniaagi emissioonifaktorid erinevate ladustamisviiside lõikes on toodud tabelis 14. Kääritusjäägi hoiustamisel kehtivad samaväärsed emissioonifaktorid nagu vedelsõnniku hoiustamisel.

Tabel 14. Ammoniaagi emissioonifaktorid erinevate sõnniku ladustamise viiside lõikes

Hoidla tüüp/säilitusviis	Emissioonifaktor, %	Leostumine, %		
	N	N	P	K
Sõnnikuaun, loomulik koorik	30,0	5,0	10,0	45,0
Sõnnikuaun, kaetud turba, saepuru, pinnase vm materjaliga	20,0	5,0	10,0	45,0
Tahesõnnikuhoidla, loomulik koorik, pealt täitmine	40,0			
Tahesõnnikuhoidla, fikseeritud tehiskate (katus), pealt täitmine	20,0			
Tahesõnnikuhoidla, fikseeritud tehiskate (katus), alt täitmine	10,0			
Vedelsõnnikuhoidla, laguun, loomulik koorik	20,0			
Vedelsõnnikuhoidla, ringja põhiplaaniga, loomulik koorik	10,0			
Vedelsõnnikuhoidla, jäik kate (betoon-, telkkatus)	2,0			

Saasteainete eritumine sõnnikuaunast (patareist). Sõnnikuhoidla väliselt tohib ladustada ainult tahesõnnikut, mille kuivainesisaldus on vähemalt 20 %. Kui sõnnikut säilitatakse aunas kauem kui kaks nädalat, tuleb ladustamiskoha pinnas enne ladustamist katta lekkekindla või vedelikke imava materjaliga, nagu vähemalt 20 cm paksune turba- või põhukiht (Valitsuse määrus „Veekaitsenõuded …“ – RT I, 09.07.2013, 12). Nõue ei kehti sügavallapanusõnnikule, mis vastab ülalnimetatud määruse § 4 lõikes 3 sätestatule. Sõnnikuauna ei tohi kahel teineteisele järgneval aastal paigutada samasse kohta. Allikate ja karstilehtrite ümbruses on 10 meetri ulatuses veepiirist või karstilehtrite. sõnniku ladustamine aunas keelatud. Nitraaditundlikul alal on allikate ja karstilehtrite ümbruses kuni 50 meetri ulatuses veepiirist või karstilehtri servast keelatud sõnniku hoidmine aunas, kui kaitse-eeskiri teisiti ei sätesta, Kaitse-eeskirjaga võib 50-meetrise piirangutega ala ulatust vähendada.

Sademetevesi ning sõnnikupatareist väljanõrguv virts võib sõnnikust välja viia kuni 45 % kaaliumist ning 10 % fosforist. Sõnniku aunas ladustamisel ulatub lämmastiku kadu nii leostumise kui ka lendumise tagajärjel kuni 35 %-ni (Keskkonnaministri määrus „Looma- ja linnukasvatusest … „– RTL 2008, 99, 1390). Lämmastiku lendumine katteta tahesõnniku pinnakihilt on ca 40 kg/m^2 aastas. Ammoniaagi emissioon tahesõnnikust on eriti intensiivne vahetult pärast ladustamist. Kompostimisprotsessi lõppedes ammoniaagi emissioon lakkab. Kompostimisprotsess kestab ca 6 kuud. Mikrobioloogiliste protsesside tulemusena sõnnikukihis vabaneva soojuse tõttu ei lakka ammoniaagi emissioon ka külmal aastaajal kui välistemperatuur on pidevalt alla 0°C. Sõnnikuaunadest, kuhu aasta jooksul sõnnikut ladustatud ei ole, ammoniaagi emissioon puudub (Kaasik, 2012). Lendumise kalkuleerimine sõnnikuauna pindala alusel on soovituslik.

Saasteainete eritumine tahesõnnikuhoidlast. Tahesõnnikuhoidlast lendub keskmiselt 10…40 % sõnniku lämmastikust. Lämmastiku lendumist on võimalik mõnevõrra vähendada varikatuse rajamisega hoidlale (väheneb ka sademetevee pääs hoidlasse) ning hoidla alt täitmisega (värske sõnnik pressitakse olemasoleva sõnnikukihi alla). (Keskkonnaministri määrus „Looma- ja linnukasvatusest … „– RTL 2008, 99, 1390). Lämmastiku lendumine katteta tahesõnniku pinnakihilt on ca 40 kg/m^2 aastas. Tahesõnnikuhoidla varikatus ei ole tavaliselt hermeetiline. Ammoniaagi emissioon tahesõnnikust on eriti intensiivne vahetult pärast ladustamist. Kompostimisprotsessi lõppedes ammoniaagi emissioon lakkab. Kompostimisprotsess kestab ca 6 kuud. Mikrobioloogiliste protsesside tulemusena sõnnikukihis vabaneva soojuse tõttu ei lakka ammoniaagi emissioon ka külmal aastaajal kui välistemperatuur on pidevalt alla 0°C. Sõnnikuhoidla osadest, kuhu aasta jooksul sõnnikut ladustatud ei ole, ammoniaagi emissioon puudub (Kaasik, 2012). Lendumise kalkuleerimine sõnnikuhoidla pindala alusel on soovituslik.

Saasteainete eritumine laguuntüüpi poolvedel- ja vedelsõnniku ning kääritusjäägi hoidlast. Laguuntüüpi sõnnikuhoidlad on harilikult suure pindalaga. Võrreldes teiste hoidlatüüpidega on avatud pinnaga laguuntüüpi hoidlast lämmastikühendite lendumine suurim, ulatudes kuni 20 %-ni. (Keskkonnaministri määrus „Looma- ja linnukasvatusest … „– RTL 2008, 99, 1390). Hoidla kvalifitseerub laguuntüüpi hoidlaks kui hoidla pinda lehma (loomühiku) kohta on 3,5 või rohkem ruutmeetrit. Lämmastiku lendumine avatud pinnaga laguuntüüpi hoidla pinnakihilt on ca 9 kg/m^2 aastas. Vedelsõnnikuhoidlates toimub värske materjali lisamisel segunemine, mistõttu saasteainete emissioon on pidev. Kuna poolvedel- ja eriti vedelsõnniku kuivainesisaldus on madal, siis võrreldes tahesõnnikuga on ka mikrobiaalsete protsesside toimumine (käärimine) vähem intensiivne. Sellest tulenevalt on välistemperatuuri mõju oluliselt suurem. Külmal aastaajal kui välistemperatuur on pidevalt alla 0°C ammoniaagi emissoon lakkab (Kaasik, 2012). Lendumise kalkuleerimine laguuni pindala alusel on soovituslik.

Loomühiku ekvivalendiks on sõnnikulämmastiku kogus, mida produtseerib piimalehm kui Eestis suurimat majanduslikku tähtsust, kuid ka keskkonnariski omav põllumajandusloom toodanguga 8000 kg piima ja 271 kg piimavalku aastas (Eesti keskmine jõudluskontrolli alustes karjades 2012.a. oli vastavalt 8059 ja 273 kg). Lämmastiku, fosfori ja kaaliumi kadu on arvestatud pidamisviiside (karjatamiseta) ja sõnniku säilitusviiside keskmisena. Etalonlehma sõnnik sisaldab pärast säilitusperioodi lõppu keskmiselt 100,1 kg lämmastikku; 27,8 kg fosforit ja 90,8kg kaaliumi (Kaasik, 2013). Tabelis 15 on esitatud veiste toodangu ja vanuserühmad kalkuleerituna loomühikuteks.

Tabel 15. Veiste toodangu ja vanuserühmad kalkuleerituna loomühikuteks.

Loomarühm	Lämmastik, kg	LÜ
Lehmad, 8725kg	113	1,1
Ammlehmad	63	0,6
Lehmvasikad (0 - 6 kuud)	14	0,14
Pullvasikad (0 - 6 kuud)	11	0,11
Lehmmullikad (6 kuud kuni poegimine	51	0,5
Pullmullikad (6 kuud kuni realiseerimine)	35	0,4

Väiksemate hoidlate puhul on teoreetiliselt võimalik hoidla katta ujuvkattega, milleks võib-olla 10 cm paksune kergkruusa-, hekselpõhu-, 0,5 cm paksune rapsiõlikiht, ujuv membraankate, või ka kilematerjal. Suurte laguuntüüpi hoidlate puhul on see tehniliselt raskesti teostatav ning pole ka majanduslikult otstarbekas. Kilematerjaliga kaetud laguuni puhul väheneb küll NH_3 lendumine, kuid CH_4 emissioonide vähendamise osas see ei aita, kui tekkivat gaasi ei koguta ja põletata. Orgaanilise ujuvkatte kasutamine vähendab sõnniku hoiustamisel NH_3 emissiooni, kuid lisanduva orgaanilise aine arvelt suureneb CH_4 emissioon ja ujuvkihis moodustuv soodne keskkond denitrifikatsiooniks suurendab ka N_2O emissiooni (Amon, 2006).

Saasteainete eritumine ringja põhiplaaniga betoonelementidest või teraskonstruktsioonidest poolvedel- ja vedelsõnniku ning kääritusjäägi hoidlast. Lämmastikühendeid lendub sellistest hoidlatest avatud pinnakihi korral kuni 10 %. (Keskkonnaministri määrus „Looma- ja linnukasvatusest … „– RTL 2008, 99, 1390). Rõngasmahuteid saab eristada nende sügavuse (seina kõrguse) alusel, mida sügavam hoidla, seda väiksem on hoidla pindala lehma (loomühiku) kohta. EMÜ Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudis läbiviidud uuringu tulemustest selgus, et madalaseinaline on rõngasmahuti siis kui selle pindala lehma (lü) kohta on 2,5-3,5 m^2. Kui hoidla pindala lehma (lü) kohta on väiksem kui 2,5 m^2, siis on tegemist kõrgeseinalise hoidlaga. Lämmastiku lendumine avatud pinnaga madalaseinalise hoidla pinnakihilt on ca 9 kg/m^2 aastas, sügavatest hoidlatest vastavalt 10 kg/m^2. Vedelsõnnikuhoidlates toimub värske materjali lisamisel segunemine, mistõttu saasteainete emissioon on pidev. Kuna poolvedel- ja eriti vedelsõnniku kuivainesisaldus on madal, siis võrreldes tahesõnnikuga on ka mikrobiaalsete protsesside toimumine (käärimine) vähem intensiivne. Sellest tulenevalt on välistemperatuuri mõju oluliselt suurem. Külmal aastaajal kui välistemperatuur on pidevalt alla 0°C ammoniaagi emissoon lakkab (Kaasik, 2012). Lendumise kalkuleerimine rõngasmahuti pindala alusel on soovituslik.

Hoidla katmiseks sobivad 10 cm paksune kergkruusa-, hekselpõhu-, 0,5 cm paksune rapsiõlikiht või ujuv membraankate. Suurte hoidlate puhul on see tehniliselt raskesti teostatav ning pole ka majanduslikult otstarbekas. Soovitav on rõngasmahutid projekteerida ja ehitada õhutiheda betoon või telkkatusega, mille puhul ammoniaagina lendub arvestuslikult 2 % sõnnikulämmastikust.

Põhiline osa sõnniku säilitamisel tekkivast metaanist moodustub vedelsõnnikuhoidlates anaeroobses keskkonnas, Metaani eraldumise kiirus ja kogus hoidlast sõltuvad eelkõige temperatuurist. Mida kõrgem on temperatuur, seda suurem on metaani eraldumise kiirus ja kogus. Kui talvisel perioodil on CH_4 eraldumine pea olematu, siis kevadest sügiseni on CH_4 eraldumine intensiivne. Kaetud tahesõnnikuhoidlatest on metaani emissioon suhteliselt tagasihoidlik (tabel 16), kuid katmata ja kompaktse (õhu ligipääs raskendatud) tahesõnnikukihi puhul on vihmasel ja soojal perioodil metaani teke tabelis 16 toodud väärtusest kordades kõrgem.

Katmata kääritusjäägi hoidla puhul sõltub metaani emissioon mitmetest erinevatest teguritest: biogaasijaamas kasutatud substraatide koostisest ja biolagundatavusest, anaeroobse käärimise protsessi viibeajast ja temperatuurist kääritusjäägi hoidlas. Sõltuvalt toorainete koostisest ja biolagundatavuse astmest arvestatakse CH_4 emissiooniks kääritusjäägi hoiustamisel 0-5% biogaasijaamas toodetud metaani kogusest. Ebakvaliteetse protsessiskeemi puhul võib see ulatuda kuni 25%-ni. Seetõttu on vedel- ja tahesõnnikul ning rohtsel biomassil baseeruvate biogaasijaamade puhul otstarbekas kaheastmelise biogaasijaama (kääriti + järelkääriti) rajamine. Optimaalne on kääritusjäägi hoidla katmine, mis võimaldab suurendada energiatoodangut ning vähendada kasvuhoonegaaside emissiooni.

Tabel 16. Metaani emissioon sõnniku säilitamisel (kg/aasta/loom)

Veiserühm	Sõnniku liik	Metaani emissioon, kg/aasta/loom
Lüpsilehmad	Vedelsõnnik	21,0
	Tahesõnnik	3,0
Veised v.a. lüpsilehmad	Vedelsõnnik	6,0
	Tahesõnnik	1,1

Võrreldes teiste loomakasvatuses tekkivate saasteainetega on lämmastikoksiidide, põhiliselt N_2O (naerugaas), emissioon suhteliselt väike. Peamiseks lämmastikoksiidide emissiooni allikaks on orgaanilise ujuvkihiga (hekselpõhk ja looduslikud õlid) sõnnikuhoidlad ja vedelsõnnikuga põldude väetamine. Dilämmastikoksiidi tekke eelduseks on esmalt hapniku olemasolu ja nitraadi teke, N_2O tekib järgnevas protsessis ehk denitrifikatsioonil anaeroobses keskkonnas, kui hapnik pole bakteritele kättesaadav. Keskmiselt arvestatakse, et vedelsõnnikuhoidlast lendub 0,1 % ladustatud lämmastikust lämmastikoksiididena, tahesõnniku puhul vastavalt 2,0 %.

Naturaalne koorik sõnnikukihi pinnal. Avatud hoidlates tekib soojal aastaajal (märtsist oktoobrini) teatavates tingimustes sõnniku pinnakihile naturaalne koorik, mis piisava paksuse korral mõjutab saasteainete emissiooni. Kuna keskkond kooriku all muutub hapnikuvaesemaks, siis ammoniaagi emissioon mõnevõrra väheneb, metaani ja dilämmastikoksiidi lendumine aga suureneb. Naturaalse kooriku teket ja ammoniaagi emissiooni mõjutavad:

Foto 1. Värske tahesõnnik hoidlas. Naturaalne koorik puudub. (Foto: Marek Maasikmets)

- Looma liik – suurema tõenäosusega võib naturaalne koorik tekkida veise vedelsõnniku või kääritusjäägi (nii veise-, sea kui ka linnusõnnik) pinnakihile. Tavapäraselt sadeneb sea vedelsõnniku tahke osa hoidla põhja, seega naturaalse kooriku tekkeks tingimused puuduvad.
- Sõnniku liik – naturaalne koorik võib tekkida nii tahe-, poolvedel kui ka vedelsõnniku pinnakihile. Sügavallapanusõnnikule tavapäraselt koorikut ei teki, kuna materjal on selleks liiga õhuline (puudub faktor, mille mõjul pinnakiht piisavalt tiheneks). Tahesõnniku puhul naturaalne koorik ammoniaagi emissiooni vähendajana tähtsust ei oma (foto 1), kuna lendumine on intensiivne vahetult pärast ladustamist ja enne naturaalse kooriku moodustumist (Kaasik, 2012).
- Sõnnikuhoidla pindala ja täitmise viis – suure pindalaga hoidlates (eriti laguuntüüpi) on naturaalse kooriku (ka osaliselt hoidla pinda katva) tekke võimalused suuremad (fotod 2 ja 3). Hoidla alt täitmine soodustab kooriku teket. Määrava tähtsusega on hoidla täitmise intensiivsus, suure koguse

värske vedelsõnniku kiire lisamine (ka alttäitmise korral) põhjustab erinevate sõnnikukihtide segunemise, mis purustab formeeruma hakkava naturaalse kooriku, seda eriti tühja hoidla puhul.

- Tootmise s.h. taimekasvatuse intensiivsus – intensiivse tootmise korral väetatakse rohumaid jms. kultuure vegetatsiooniperioodi vältel vedelsõnnikuga. Selle tulemusena segatakse (homogeniseeritakse) hoidlasse kogutud vedelsõnnikut korduvalt, mis välistab naturaalse kooriku tekke. Juhul kui kõlvikute väetamine toimub kaks korda aastas, siis on tingimused naturaalse kooriku tekkeks suuremad.

Fotod 2 ja 3. Tüüpiline laguuntüüpi vedelsõnnikuhoidla osaliselt formeerunud (formeeruma hakkava) naturaalse koorikuga. Antud juhul koorikul saasteainete emissiooni vähendav efekt puudub. (Fotod: Aino Nõmmetots)

Külmal aastaajal (fotod 4 ja 5) on saasteainete emissioon vedelsõnnikust ja kääritusjäägist madala välistemperatuuri tõttu pärsitud. Saasteainete emissioonile värskest tahe- ja sügavallapanusõnnikust välistemperatuur olulist mõju ei avalda, kuna tänu kõrgemale kuivainesisaldusele on käärimisprotsessid (soojuse vabanemine) oluliselt intensiivsemad. Vedelsõnniku- ja kääritusjäägi hoidlat kattev jää ja lumekiht ei ole naturaalne koorik.

Fotod 4 ja 5. Talvine jää ja lumekiht (a) ja naturaalne koorik pärast lume ja jää sulamist (b) rõngasmahuti pinnal. Märkimisväärne saasteainete emissioon tänu madalale temperatuurile puudub. (Fotod: Marek Maasikmets)

7.2.4. Saasteainete eritumine sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel

Toitainete kaod laotamisel sõltuvad sõnniku ja kääritusjäägi keemilisest koostisest ja laotamise tehnoloogiast. Sõnniku keemiline koostis (toiteelementide sisaldus) varieerub suurtes piirides, sõltudes söödaratsiooni koostisest, säilitusperioodi pikkusest ja töötlemisviisist. Näiteks pikka aega avatult (aunas) säilitatud tahesõnnikus võib lämmastiku- ja kaaliumisisaldus olla suhteliselt madal. Tehnoloogiate korral, kus laudaseadmete ja –inventari pesu- ja/või lauda territooriumilt kogutud sademetevesi juhitakse vedelsõnnikuhoidlasse, suureneb vedelsõnniku maht, samas alaneb selle kuivaine- ja toitainete sisaldus.

Lämmastik on sõnnikus esindatud nii anorgaanilises (mineraalses) kui ka orgaanilises vormis. Mineraalne lämmastik, põhiliselt ammooniumioonidena (NH_4^+) on taimede poolt kergesti omastatav, kuid ka kergesti ammoniaagina atmosfääri lenduv. Ammooniumlämmastiku üleminekul mullas nitraatlämmastikuks võib esineda kadusid ka denitrifikatsiooni ja leostumise tulemusena. Taimedele kergesti kättesaadava lämmastiku kadude peamised põhjused on:

- Ammoniaagi lendumine.
- Nitraatide leostumine.

Heide õhku. Laotamise käigus mõjutavad ammoniaagi lendumist atmosfääri paljud tegurid (tabel 17). Orienteeruv ammooniumlämmastiku kadu erinevate õhu temperatuuride ja niiskuste korral on esitatud tabelis 18 (AGRI-FACTS, 2008).

Põllule laotatud, kuid sissekündmata tahesõnniku kergesti omastatavast lämmastikust lendub suhteliselt kiiresti ammoniaagina atmosfääri 50…60 %. Ammoniaagi lendumine vedelsõnnikust sõltub kuivainesisaldusest. 6 % kuivainesisalduse juures on ammoniaagi lendumine vedelsõnnikust ca 20 % suurem kui 2 % korral. Ammoniaagi emissiooni (kg) sõnniku laotamisel kalkuleeritakse võrrandi 7 alusel:

Võrrand 7. NH_3, kg = ($N_{väljaheited}$, kg x sk – emissioon laudas, kg/1,214 – emissioon hoidlas, kg/1,214) x emissioonifaktor/100, kus:

sk – suvine karjatamine, aastaringse laudaspidamise korral sk = 1; suvise karjatamise korral sk = 1 - (suvise karjatamise päevade arv aastas/365);

1,214 – ammoniaagilt lämmastikule ülemineku tegur.

Tabel 17. Ammoniaagi lendumist mõjutavad tegurid

Tegur	Näitaja	Mõju
Muld	pH	Madalama pH-ga (happelisemast) mullast on lendumine väiksem
	Katioonide vahetuse võime	Suur katioonide vahetuse võime vähendab lendumist
	Niiskusesisaldus	Mitmesuunaline. Ammoniaagi lendumine on väikseim parajalt niiske mulla korral. Kui mulla veesisaldus on nii kõrge, et põllul on loigud, siis vedelsõnnikul ja kääritusjäägil on raske mulda imbuda. Kui muld on liiga kuiv, siis seal on ebapiisavalt vett, mis sõnnikust või kääritusjäägist eralduvat ammoniaaki seoks.
Ilmastik	Temperatuur	Kõrgemal mulla- ja õhutemperatuuril on lendumine suurem
	Sademed	Sademed vähendavad toitainete kontsentratsiooni sõnnikus ja kääritusjäägis ning soodustavad nende imbumist mulda, seetõttu ammoniaagi lendumine väheneb, samal ajal leostumise risk suureneb.
	Tuule kiirus	Tuule tugevnemine suurendab lendumist
	Õhu niiskus	Kuivas õhus on lendumine suurem
Käitlemine	Laotusviis	Sõnniku ja kääritusjäägi õhuga kokkupuutuv pind, kust ammoniaak saaks lenduda, peaks olema minimaalne.
	Sõnniku liik (tüüp)	Ammoniaagi lendumist mõjutab sõnniku ning kääritusjäägi kuivaine- ja ammooniumlämmastikusisaldus ning pH. Nende tegurite madalamate väärtuste korral on ammoniaagi lendumine samuti väiksem.
	Laotamise aeg ja sõnniku doseerimine	Sooja, kuiva, päikesepaistelist ja tuulist ilma tuleks vältida. Mida suurem on sõnniku või kääritusjäägi kogus pindalaühikule, seda pikem on toitainete sidumise aeg.
	Taimkate	Tihe ja kõrge taimik pärsib ammoniaagi lendumist, kuna maapinna lähedal on tuule kiirus ja õhu temperatuur madalamad võrreldes taimkatteta põllupinnaga.

Tabel 18. Ammooniumlämmastiku kadu (%) erinevate õhu temperatuuride ja niiskuste korral

Laotamise ja muldaviimise ajaline vahe	Keskmine	Jahe (< 10 °C)		Palav (>25 °C)	
		Niiske	Kuiv	Niiske	Kuiv
1 päev	25	10	15	25	50
2 päeva	30	13	19	31	57
3 päeva	35	15	22	38	65
4 päeva	40	17	26	44	73
5 päeva	45	20	30	50	80
Ei viida mulda	65	40	50	75	95

Ammoniaagi emissioonifaktorid erinevate laotamistehnoloogiate lõikes on toodud tabelis 19. Kääritusjäägi laotamisel kehtivad samaväärsed emissioonifaktorid nagu vedelsõnniku laotamisel.

Tabel 19. Ammoniaagi emissioonifaktorid erinevate laotamistehnoloogiate lõikes

Laotamise viis	Emissioonifaktor, %
Tahesõnniku paisklaotus, muldaviimiseta	60,0
Tahesõnniku paisklaotus, muldaviimine > 12 h	50,0
Tahesõnniku paisklaotus, muldaviimine < 12 h	30,0
Vedelsõnniku paisklaotus, muldaviimiseta	70,0
Vedelsõnniku paisklaotus, muldaviimine > 12 h	65,0
Vedelsõnniku paisklaotus, muldaviimine < 12 h	55,0
Vedelsõnniku lohislaotus, muldaviimiseta	24,0
Vedelsõnniku lohislaotus, muldaviimine < 12 h	10
Vedelsõnniku lohislaotus kasvavasse taimikusse (taimiku kõrgus 10-30 cm)	20
Vedelsõnniku düüsidega lohislaotamine kasvavasse taimikusse (taimiku kõrgus vähemalt 8 cm)	18
Vedelsõnniku avalõhe sisestuslaotus rohumaal	10,0
Vedelsõnniku segamislaotus	5
Vedelsõnniku sulglõhe sisestuslaotus rohumaal	1,0
Vedelsõnniku sulglõhe sisestuslaotus põllumaal	1,0

Metaani ning lämmastikoksiidide lendumine sõnniku ja kääritusjäägi laotamise käigus on minimaalne.

Heide pinnasele ja/või vette. Suur kogus sööda lämmastikust, fosforist ja kaaliumist eritatakse looma organismist väljaheidete (roe ja uriin) koostises. Peale nimetatute sisaldavad väljaheited ka teisi taimede poolt omastatavaid toitelemente, näiteks väävel, magneesium jne. Mitmesugustel põhjustel ei kasutata sõnniku toiteelemente täielikult ära ja need võivad põhjustada keskkonna saastumist.

Reostuse (saaste) saab tinglikult jagada kahte tüüpi: punkt- ja hajusreostus. Veekogu või põhjavee reostumine punktallikast võib toimuda otseselt sõnnikuhoidla lekkimise, purunemise või ülevoolamise tagajärjel, samuti vahetult pärast sõnniku laotamist ning tugevate vihmade tagajärjel. Hajusreostus kahjustab nii õhustikku kui pinna- ja põhjavett. Hajusreostuse allikas ei ole täpselt fikseeritav. Loomakasvatusest tuleneva hajusreostuse mõju keskkonnale on pikaajaline.

Põllumajandusest (loomakasvatusest) lähtuva pinnase, pinna- ja põhjavee saaste peamisteks allikateks on lämmastik ja fosfor. Reostumist põhjustavad protsessid on:

- Lämmastiku leostumine, denitrifikatsioon (NO_2, NO, N_2O,N_2) ja väljauhtumine.
- Fosfori leostumine ja väljauhtumine.

Põllumajandusuuringute Keskuse (PMK) poolt 2009. aastal avaldatud uuringu kokkuvõte märgib, et laotamine hilissügisel ja varakevadel suurendab oluliselt toitainete leostumise ohtu. Eriti juhul kui põllul puudub toitainete tarbija ehk elus taimik. Ka juhul kui põllul on tarbija, on oluline silmas pidada laotusnormi ja sõnniku toiteelementide sisaldust. Liikuvaid toiteaineid ei tohiks põllule rohkem anda kui tarbija suudab omastada. Liiga

suurte laotusnormide korral kasvab oht, et kogu vedelsõnnik ei imbu kohe mulda ja põllu pinnale jäänud loigud uhutakse sealt tugevate vihmade korral ära.

Lõhnaheide. Lõhnaainete eritumine sõltub sõnniku keemilisest koostisest ning käitlemise, ladustamise ja laotamise tehnoloogiast. Lõhnaainete ja ammoniaagi emissiooni mõjutavad faktorid laotamisel on sarnased (vt. tabel 17, 18 ja 19).

7.2.5. Müra

Intensiivsest loomakasvatusest pärinev müra võib osutuda probleemiks juhul, kui loomapidamishooned asuvad elurajoonide vahetus läheduses. Loomapidamishoone siseselt võib pidev kõrge müratase vähendada loomade heaolu ning põhjustada toodangutaseme langust, samuti mõjuda negatiivselt personali tervisele. Veist ei tohi pidada ruumis, kus müratase ületab pidevalt 65 dB („Nõuded veise pidamise ja selleks ettenähtud ruumi või ehitise kohta“ – RTL 2009, 69, 1017).

Müra tekke veiselautades lähtub:

- loomadest (liikumine asemel, söötmis-puhkealal vms),
- lauda konstruktsioonist, pidamisviisist (ventilatsiooni-, lüpsiseadmed vms),
- söötmisest (söötade segamine, - jaotamine),
- sõnniku käitlemisest (sõnniku eemaldamise seadmed)

Tabelis 20 on esitatud tüüpiliste müra tekitavate tegevuste loend, müra kestus ning müra tase.

Tabel 20. Põhiliste müra tekitavate tegevuste loend, müra kestus ja müra tase

Müra allikas	Kestus ööpäevas, h	Müra tase, dB	Märkused
Loomad (liikumine, häälitsemine)	pidev	55..70	Sõltub pidamisviisist
Söötmine (traktorid, söödasegistid, -jaoturid)	1…2	90…100	Sõltub pidamisviisist ja söötmistehnoloogiast
Asemete puhastamine, sõnniku eemaldamine (traktorid, sõnniku eemaldamise seadmed)	2…3	90…100	Sõltub pidamisviisist ja sõnniku eemaldamise tehnoloogiast
Lüpsmine	2…8	70…80	Kestus sõltub loomade arvust ja lüpsitehnoloogiast
Ventilatsioon	pidev	50…60	Ainult sundventilatsiooniga lautades

7.2.6. Jäätmed

Kemikaalide ja ravimite jäägid, õlid ja määrdeained, vanametall, kasutuskõlbmatud auto- ja traktorirehvid, pakkematerjalid, ehitusjäätmed. Põhilise osa jäätmetest moodustavad mitmesugused pakkematerjalid – paberkotid, pappkastid, silopallide või silohoidlate kattekile jms. Ohtlike jäätmete kategooriasse (eraldi kogumine, utiliseerimine) kuuluvad kemikaalide- (lüpsiseadmete pesuvahendid jms) ja kasutusaja ületanud ravimite jäägid, samuti kasutatud õlid ja määrdeained.

Jäätmed kogutakse tavaliselt konteineritesse (ohtliku jäätmed eraldi). Jäätmete transport utiliseerimisele ja/või ladustamispaikadesse on tellitud kas teenustööna vastavatelt firmadelt või organiseeritud ettevõtte siseselt. Ülalnimetatud jäätmete kohapealne põletamine või matmine on keelatud.

Loomsed jäätmed. Veisekasvatussaaduste tootmise käigus tekkivad loomsed jäätmed (surnud loomad) tuleb utiliseerida (kremeerida) vastavat tegevusluba omavates ettevõtetes. Loomsete jäätmete transport utiliseerimisele on tellitud kas teenustööna vastavatelt firmadelt või organiseeritud ettevõtte siseselt. Loomsete jäätmete kohapealne põletamine või matmine on keelatud.

Reovesi. Veisekasvatusettevõtetes tekkiv reovesi võib sisaldada sõnniku-, virtsa-, allapanu- ja söödajääke; lüpsiseadmete pesu- ja desinfitseerimisainete jääke ning inimtegevuse jääkprodukte (duširuumid, tualetid). Tavaliselt lisandub reovee hulka ka lauda ümbrusest kanalisatsiooni kaudu kogutav sademetevesi. Seepärast sõltub reovee kogus suurel määral sademete hulgast.

Sõltuvalt pidamis- ja sõnniku käitlemise tehnoloogiast võib veisekasvatusettevõttes tekkiva reovee juhtida vedelsõnniku hoidlasse, koguda spetsiaalselt selleks ettenähtud mahutisse ja töödelda kohapeal asuvas

puhastusseadmes või juhtida üldisesse kanalisatsioonisüsteemi. Eelistatult tuleks inimtegevusest, eriti aga tualettidest pärit reovesi juhtida kogumismahutitesse, töödelda kohapeal asuvas puhastusseadmes või juhtida üldisesse kanalisatsiooni.

8. Tehnika vastavusse viimine parima võimaliku tehnikaga

8.1. Hea põllumajandustava

Hea põllumajandustava seisukohtade järgimine on parima võimaliku tehnika (PVT) oluline osa. Hea põllumajandustava järgimine on tootjale soovituslik, välja arvatud juhul kui HPT nõuete täitmist ei ole muudetud õigusaktiga kohustuslikuks. Vaatamata sellele, et saastekoormuse vähendamise või energia ja vee säästvama kasutamise mõju keskkonnale on keerukas hinnata, on selge, et veisekasvatusettevõte optimaalne juhtimine vähendab keskkonnariske. Et parendada keskkonda säästvat majandamist on parima võimaliku tehnika (PVT) eesmärgid veisekasvatusettevõttes alljärgnevad:

- Põllumajandusettevõtte töötajate täiendõpe- ja koolitusvajaduse määratlemine. Regulaarse täiendõppe korraldamine.
- Energia, vee, loomasöötade, tootmisjääkide ja mineraalväetiste ning sõnniku täpne arvestus.
- Tegevuskavade väljatöötamine hädaolukordadeks (soovimatu saaste teke).
- Rajatiste remondi- ja tehnika hoolduskavade väljatöötamine, tagamaks nende pideva töökorras oleku.
- Tegevuste süsteemne planeerimine, näiteks sisendite hankimine, toodangu ja jäätmete äravedu jne.
- Väetiste s.h. sõnniku laotamisplaanide koostamine ja järgimine.

8.1.1. Tegevuste planeerimine

Paljud tegevused on etteplaneerimise korral kasumlikumad, võimaldades tööde sujuvamat laabumist ning mittesoovitavate tulemuste vältimist. Näiteks sõnniku laotamine põllule nõuab paljude asjaolude arvestamist ning tööde organiseerimist:

- Mulla- ning sõnnikuproovide võtmine ning biokeemiliste omaduste määramine.
- Analüüsi tulemuste põhjal sõnniku optimaalsete koguste kalkuleerimine.
- Ilmastikuolude arvestamine sõnniku laotamisel.
- Ümberkaudsete elanike häirimise minimeerimine sõnnikulaotamise perioodil.
- Vajalike liikumisteede korrasoleku tagamine.
- Tehnika korrasoleku kontroll.
- Töötajate informeerimine tegevuskavadest hädajuhtumi korral.

Samalaadselt peavad olema läbimõeldud teised tegevused, nagu näiteks kütuse, söötade, mineraalväetiste jt. sisendite transport ettevõttesse ning toodangu, loomade, jääkainete jt. väljundite äravedu ettevõttest. Lepingupartnerite ja hankijate teavitamine ettevõttesisesest tööde ja tegevuste planeerimisest tagab ettevõtetevahelise tõrgete ja seisakuteta koostöö.

8.1.2. Lauda asukoha valik

Laut on investeerimismahukas objekt, mis jääb püsima aastakümneteks. Seetõttu tuleb lauda asukoha valikul hoolikalt läbi mõelda paljud logistilised, keskkonnakaitselised ja sotsiaalsed aspektid:

- Rohumaade paiknemine. Kui loomi karjatatakse ei tohiks karjamaad asuda laudast kaugemal kui 1,5 km ning rohumaad, kust varutakse põhisöötasid kaugemal kui 7 km.
- Elamute või lähima asula suhtes peaks laut võimalusel paiknema reljeefilt madalamal ja valitsevate tuulte suhtes allatuult. Samuti ei tohi laut piirata naabrite väljavaadet, takistada juurdepääsuteid, häirida ümbritsevat keskkonda müra, suitsu, halva lõhna jms-ga.
- Teedevõrk: Soovitav on ehitada uus laut juba olemasoleva tee äärde. Riigimaantee ääres kehtib 50 m kaitsetsoon, kuhu ehitamine vajab Maanteeameti kooskõlastust. Vallamaanteede kaitsetsooni kehtestab kohalik vallavalitsus.

- Vesi ja kanalisatsioon: Laut peab jääma väljapoole puurkaevude II kaitsetsooni (10…15m). Väike maapinna kalle (>0,003) soodustab heit- ja sademete vee ärajuhtimist.
- Pinnase kandevõime, põhjavee tase: Küllaldase kandevõimega pinnasele on odavam ehitada. Põhjavesi peab jääma vähemalt 1,5 m sügavusele.
- Energiavarustus: Olemasolevad liinid, alajaamad, tarbimisvõimsused.
- Tootmise suurendamise võimalused tulevikus.

8.1.3. Töötajate koolitus

Ettevõtte personal peab tundma kogu tootmissüsteemi. Töötaja peab olema kompetentne tootmistsükli osas, mille eest ta otseselt vastutab. Personal peab oskama näha seoseid erinevate tootmistsükli alaosade vahel. Samuti tuleb personali teavitada tagajärgedest ja riskidest, mida võib enesega kaasa tuua mingi tehnoloogilise eeskirja eiramine ja/või tehnika (seadme) mitte töökorras olek. Nimetatud seoste, tegevuste/tegevusetuste ja võimalike tagajärgede osas tuleb töötajad vajadusel koolitada. Korrapärased täiendkoolitused ja/või väljaõpe on vajalikud uue või ümberkorraldatud tehnoloogia rakendamisel ning uute seadmete kasutuselevõtul.

Igale töötajale koostatud personaalsed koolituskavad, kus on näidatud koolituse toimumise aeg ja sisu, annab võimaluse perioodi, näiteks aasta, möödumisel analüüsida koolitus(t)e tulemuslikkust ja planeerida edaspidist täiendkoolitust ning väljaõpet. Ettevõtte juht peab võimaldama personalile vajalikku koolitust nii ajaliselt kui finantsiliselt.

Soovituslikult võiks veisekasvatusega tegeleva ettevõtte personali täiendkoolitus ja väljaõpe aastas olla:

- Loomadega tegelev töötaja (lüpsjad, karjakud, jne) – 2…10 tundi.
- Tehnikaga tegelev töötaja (traktoristid, mehhaanikud, jne) – 2…10 tundi.
- Spetsialistid ja juhtivtöötajad – 10…20 tundi.

8.1.4. Omaseire korraldus ja andmestik

Omaseire eesmärgiks on selgus tagajärgedes, mida toob endaga kaasa ühe või teise sisendi kasutamise muutumine (suurenemine/vähenemine). Indikaatoriteks võivad olla nii majanduslikud (toodangu omahinna tõus/langus), sotsiaalsed (töötingimuste paranemine/halvenemine, töö efektiivsus) kui ka keskkonna (saasteainete emissiooni suurenemine/vähenemine) näitajad. Korrapärane vee, energia (elekter, gaas, vedelkütus), söötade, jäätmete ja väetiste s.h. sõnniku koguste arvestus ja olukorra hindamine on peamiseks omaseire korraldamise aluseks. Võimalikult efektiivse majandamise eesmärgil tuleks omaseire andmeid koguda loomarühmade, spetsiaalsete tööde ja/või iga põllu kohta eraldi. Omaseire süsteem peab võimaldama tuvastada tekkinud kõrvalekalded normidest.

8.1.5. Remont ja hooldus

Rajatiste, tehnika ja seadmete tehnilist seisukorda ja korrasolekut tuleb perioodiliselt kontrollida. Preventiivsete tegevuste määratlemine ja rakendamine vähendab tõenäosust mittesoovitavate probleemide (hädajuhtumite) tekkeks. Selleks vajalikud instruktsioonid ja käsiraamatud peavad olema personalile kättesaadavad ning töötajad peavad olema läbinud vastava väljaõppe.

Kõik abinõud, mis aitavad hoida puhtust loomakasvatusega tegelevas ettevõttes (söötmis- ja jalutusalade ning loomade asemete regulaarne puhastamine jms), vähendavad keskkonnareostuse tekke võimalusi. Loomakasvatushooned on soovitav varustada termomeetrite ja võimalusel teiste keskkonnaparameetreid fikseerivate mõõteriistadega (õhu niiskusesisaldus, -rõhk jm). Vastavaid näitusid tuleks regulaarselt fikseerida, ennetamaks võimalikke probleeme.

Sõnnikuhoidlate lekkekindlust tuleb regulaarselt kontrollida. Vähemalt kord aastas on soovitav sõnnikuhoidla täielikult tühjendada ja kontrollida seinte ja põhja liite- ning ühenduskohtade korrasolekut. Vajadusel remontida kahjustatud kohad. Lekke avastamisel sõnnikuhoidlast tuleb koheselt korraldada selle remont. Vajadusel kasutada spetsialistide abi remonditööde teostamisel. Juhul, kui sõnnikuhoidla visuaalne vaatlus on raskendatud, on soovitav kord aastas analüüsida põhja- ja pinnavett võimalike lekete avastamiseks.

Sõnnikulaoturite (-transpordivahendite) hooldus- ja remonditööd tuleb teha pärast kasutamisperioodi, kui need on puhastatud. Hooldustöödel tuleb järgida tootjafirma instruktsioone ja juhendeid.

Igapäevaselt kasutatavate seadmete tehnilist korrasolekut (söödamikserid, sõnnikupumbad jms) tuleb regulaarselt kontrollida ja vastavalt ettenähtud graafikule hooldada. Järgida tootjatehase instruktsioone.

Igapäevases käibes oleva tehnika ja seadmete kriitilisemate varuosade reserv võiks olla ettevõttes olemas, tagamaks kiire remondi ja hoolduse. Korrapärase hooldustöö saavad teostada ettevõtte spetsiaalse väljaõppe saanud töötajad (tehnikud, mehhaanikud). Keerulisemate ja/või spetsiifilisemate remondi- ja hooldustööde korral tuleb pöörduda tootjafirma spetsialistide poole.

8.1.6. Hädaolukord

Läbimõeldud tegevuskava hädaolukorras aitab personalil (ettevõttel) kiiresti lahendada mittesoovitavaid olukordi (keskkonna reostumise-; seadmete, tehnika ja hoonete kahjustumise ja/või hävimise oht; oht inimeste tervisele ja elule), seadmete avarii, üleujutuse, tulekahju, vandalismi vms korral.

Tegutsemise plaan keskkonnareostuse korral.

Sõnnikuhoidla projekteerimisel ja ehitamisel tuleb võimaliku lekke oht viia miinimumini. Personal peab olema instrueeritud tegevuskavast sõnnikuhoidla lekkest tingitud reostuse korral. Vastav tegutsemise plaan peab olema nähtavas kohas. Plaanil peavad olema näidatud vajalikud telefoninumbrid; tegevused, kuidas vältida reostuse (eriti veereostuse) levimist ning ettevaatusabinõud. Lisaks tuleb näidata tegevusplaan, kuidas vähendada gaaside emissiooni, eriti mürgise vesiniksulfiidi (H_2S) teket. Personalile tuleb regulaarselt korraldada reostuse likvideerimise alaseid õppusi.

Tegutsemise plaan tulekahju korral.

Loomapidamishooned ja ruumid peavad olema varustatud esmaste tulekustutusvahenditega. Tulekustutusvahendite korrasolekut tuleb regulaarselt (vastavalt tootjafirma nõuetele) testida. Tegutsemise (loomade- ja inimeste evakuatsiooni) plaan peab olema kõikides ettevõtte hoonetes (ruumides), personalile nähtavas kohas. Plaanil peavad olema näidatud päästeteenistuse telefoninumbrid, tulekustutusvahendite paiknemine, milliseid kustutusvahendeid kasutada erinevate tulekahjuliikide (õliproduktide süttimine, elektrisüsteemi põleng jms.) korral ning personali ja loomade evakuatsiooniteed. Personali tuleb vastavatest tegevuskavadest lähtuvalt instrueerida. Koostöös kohaliku päästeteenistusega tuleb personalile korraldada süstemaatilisi tulekahju korral tegutsemise õppusi.

Toimunud hädajuhtumi likvideerimise järel on soovitav tegevuskavasid korrigeerida vastavalt saadud kogemustele.

8.2. Söötmise korraldus

8.2.1. Üldine taust

Söötmise korraldamisel arvestatakse sellega, et söödad moodustavad kõige suurema kuluartikli veisekasvatuses. Kvaliteetse põhisööda korral, kui silo kuivaines on toorproteiini 15-17% ja metaboliseeruvat energiat rohkem kui 9,4 MJ/kg kuivaines, moodustab söötade maksumus ca 40% lehma poolt toodetava piima turuhinnast. Toitainetevaese põhisööda puhul, kui silo kuivaines on toorproteiini alla 10% ja energiat vähem kui 8,5 MJ/kg k.a, võib loomade tootmispotentsiaalile vastava ratsiooni maksumus ulatuda ka üle 60% lehma poolt toodetava piima turuhinnast. Loomadele vajalike toitefaktorite tarbe võimalikult igakülgne ja täpne katmine on eduka piimatootmise alus. Mida täpsemalt on loomade toitefaktorite tarve kaetud, seda tervemad ja pikema kasutuseaga on produktiivloomad ning seda vähem eritatakse ainevahetuse käigus kasutamata jäänud toitaineid loodusesse. Produktiivloomi söödetakse normeeritult, st. vastavalt normidele, millised on kalkuleeritud lähtudes loomade vanusest, toodangutasemest ja taotletavatest eesmärkidest.

Puhas, värske vesi on veistele alates teisest elunädalast vabalt kättesaadav, see stimuleerib noorloomade kasvu ja arengut. Produktiivloomade toodang sõltub otseselt kvaliteetse joogivee olemasolust.

Kõige suurema reostuskoormuse looduskeskkonnale põhjustab veisekasvatuses söödaproteiini ebaõige normeerimine.

8.2.2. Söötmine

Veistele söödetakse põhisöötasid (hein, silo, põhk jne) enamasti vabalt. Täiendsöötade koostise ja kogusega varieerides kaetakse vajalike toitefaktorite ööpäevane tarve ja tasakaalustatakse söödaratsioon.

Erinevad söödad antakse loomadele ette kas eraldi, arvestades optimaalset söötade etteandmise järjekorda või korraga, segatuna söödasegistites (mikserites) täisratsiooniliseks segasöödaks (TRSS). Täisratsioonilise segasööda söötmise kõrval kasutatakse üha laialdasemalt ka osaratsioonilist söötmistüüpi – osaratsiooniline segasööt (ORSS), mille puhul loomad saavad põhisöödad ja osakoguse täiendjõusöötasid segasöödaga, ülejäänud osa ööpäevasest vajadusest doseeritakse aga täiendsöödaautomaatidest ja/või lüpsirobotis lüpsi ajal.

Söötmine baseerub söödaratsioonil, milles on hästi tasakaalustatud kõik loomale vajalikud toitefaktorid. Eesmärgiks on saada lüpsilehmadelt maksimaalselt ja geneetilisele potentsiaalile vastavalt palju piima, majanduslikult kõige tasuvamal viisil.

Loomadele põhisöödaks toodetav silo on väga varieeruva toiteväärtusega, sest lisaks rohttaimestiku kasvufaasile varumise ajal sõltub see eelnevalt valitsenud ja ka koristuse ajal valitsevatest ilmastikutingimustest, kasutatud silokindlustuslisandist või konservandist jms. Kuna silo on põhisöödana kogu loomade ööpäevase ratsiooni peamine koostisosa, siis on oluline määrata selle toiteväärtus laboratoorselt. Otstarbekas on laboratoorselt analüüsida ka teisi söödaratsiooni koostises olevaid söötasid, eeskätt oma ettevõttes toodetud söötasid (näiteks muljutud konservvili või konservhernest/uba jm). Põhisöötade laboratoorsed analüüsid on otstarbekas teha hilissügisel kui kõik söödad on varutud või vahetult enne ratsiooni võtmist. Oluline on tagada söötade säilitamiseks tingimused, mis ei vähenda säilimise käigus nende toiteväärtust.

Söötmistehnoloogia (söötmisviis) sõltub paljudest teguritest: karja suurusest, pidamisviisist jms. faktoritest.

Klassikaline söötmisviis. Klassikalist söötmisviisi rakendatakse peamiselt lõaspidamisega lautades või lautades, kus on üle mindud vabapidamisele, kuid ei ole veel soetatud söödamikserit. Klassikalise söötmisviisi korral antakse söödad loomadele ette eraldi. Toitefaktorite efektiivsema kasutamise tagamiseks tuleb jälgida optimaalset söötade etteandmise järjekorda. Esmalt tuleks loomadele ette anda maitsvamad söödad (teraviljajahu, koogid, srotid, melass, glütserool, mineraal-vitamiinisöödada jms) seejärel põhisööt (silo, hein, põhk). Päevane söödakogus on tavaliselt jaotatud 2…6 söötmiskorraks: 1…2 põhisööda ja 1…4 täiendsööda jaotamist. Klassikalise söötmisviisi puhul tuleb tähelepanu pöörata suurte täiendsöödakoguste jaotamisele. Soovitav ühekordne täiendsöödakogus lüpsilehmale ei tohiks ületada 2,5-3 kg. Tulenevalt seedefüsioloogilistest iseärasustest lõhustub söödaproteiin veise vatsas kiiresti ammoniaagini, mida vatsamikroobid kasutavad oma rakuvalgu sünteesiks. Suurte jõusöödakoguste korral on aga ammoniaagi teke nii intensiivne, et vatsamikroobid ei suuda seda siduda. Liigne ammoniaak eemaldatakse organismist põhiliselt uriini karbamiidina s.t. väheneb proteiini kasutamise efektiivsus ning suureneb keskkonda erituvate saasteainete hulk. Liigse karbamiidi tekke puhul organismis halveneb ka loomade tervis.

Klassikalise söötmisviisi puhul on inim(käsitsi)töö osatähtsus suur. Söödad transporditakse söödalavale kas traktori haakes jaoturi, laaduri (põhisöödad), ja/või käsikäruga (täiendsöödad). Klassikalise söötmisviisi peamised puudused on:

- Vatsamikroobide populatsiooni liigilise koosseisu ebastabiilsus, mis alandab toitefaktorite, eelkõige söödaproteiini kasutamise efektiivsust.
- Vatsakeskkonna pH kõikumine suurtes piirides.
- Loomadel on valikuvõimalus tarbida rohkem maitsvamaid söötasid.
- Problemaatiline on vedelate söötade (praak, pulp) ja mõningate söödalisandite (kibedamaitselised) kasutamine.
- Suur tööjõukulu.

Rippteel liikuv söödavagun (foto 6). Rippteel (relsil) liikuvat söödavagunit on võimalik rakendada nii vaba kui ka lõaspidamisega lautades. Söödavagun on programmeeritav mitme punkri ja dosaatoriga, mis võimaldab sööta jaotada vastavalt vajadusele. Vabapidamisega lautades jaotatakse relsil liikuva söödavaguniga nii täis- kui ka osaratsioonilist segasööta. Segasööt valmistatakse statsionaarse söödamikseriga. Nimetatud söötmistehnoloogia kasutamist piirab farmi suurus, s.t. relss ei saa olla väga pikk. Tehnoloogia sobib keskmisele (70-200 lehma) farmile.

Foto 6. Rippteel (relsil) liikuv söödavagun. (Foto: Aino Nõmmeots)

Segasööt (TRSS või ORSS) mobiilse seadmega (foto 7). Tehnoloogiat rakendatakse peamiselt vabapidamisega, kuid ka lõaspidamisega lautades. Söödaratsioonis olevad söödad kaalutakse, vajadusel peenestatakse (silo, hein, põhk), segatakse ja jaotatakse ühe seadmega. Segasööda söötmise tehnoloogia rakendamise eelduseks on loomade grupeerimine, kas piimatoodangu, laktatsioonifaasi või mõne muu parameetri alusel. Grupeerimine sõltub paljudest teguritest, tavaliselt jaguneb piimakari 4 rühma (negatiivse-, 0- ja positiivse energiabilansiga ning kinnislehmade rühm). Miksersööda söötmise olulisemad eelised võrreldes klassikalise söötmisviisiga on:

Foto 7. Mobiilne söödamikser. (Foto: Aino Nõmmeots)

- Põhi- ja täiendsöötade üheaegsel söötmisel saab lehmadele enam pakkuda kontsentreerituma toitainete sisaldusega söötasid, millega tagada piimatootmiseks vajalike toitainete vajadus.
- Suureneb piimatoodang ja piima rasvasisaldus.
- Vähenevad kulutused söötadel. Teadlased on jõudnud järeldustele, et samade põhi-ja täiendsöötade segus etteandmisel väärindavad lehmad selle kuni 10% paremini piimaks.
- Väheneb ainevahetushaiguste esinemissagedus
- Stabiilne vatsamikroobide populatsioon, minimaalne vatsakeskkonna pH kõikumine.
- Loomadel puudub võimalus söötasid valida. Söötade tarbimine ratsiooniga ettenähtud proportsioonis.
- Mittemaitsvate söötade (söödalisandite) kasutusvõimaluste suurenemine.
- Väheneb loodusesse emiteeritavate potentsiaalsete saasteainete hulk.
- Tööjõukulu vähenemine

Tehnoloogia puudusteks on:

- Vajadus loomi grupeerida.
- Mõnikord osutub vajalikuks olemasolevaid hooneid modifitseerida
- Söödaratsiooni koostamine vajab enam professionaalseid teadmisi.

Tabelis 21 on esitatud mobiilsete seadmete orienteeruv maksumus.

Tabel 21. Mobiilsete seadmete orienteeruv maksumus

Seade	Maksumus, tuh €		Märkused
	Min.	Max.	
Lintsöötja	30	60	100-le lehmale, koos statsionaarse söödamikseriga
Mobiilne, haagis	20	55	Mahutavus 5…26 m^3 (hind sõltub oluliselt lisatarvikutest)
Iseliikuv	80	200	Koos silofreesiga, mahutavus 8…24 m^3

Täiendsöödaautomaat (foto 8). Täiendsöödaautomaate rakendatakse vabapidamisega lautades, koos osaratsioonilise segasööda tehnoloogiaga. Täiendsöödaautomaadid on sageli lautades, kus kasutatakse robotlüpsi seadmeid ja rippteel ehk söödavaguniga ORSS'i andmist. Täiendsöödaautomaatide kasutamise eesmärgiks on täiendsöötade täpne ja selekteeritud (lisa)söötmine sõltuvalt laktatsiooni staadiumist ja piimatoodangust. Täiendsöödaautomaatidest on võimalik sööta nii proteiini- kui energiasöötasid. Täiendautomaadist on lehmal võimalik vastavalt vajadusele saada 1-4 täiendsööta.

Foto 8. Täiendsöödaautomaat. (Foto: Aino Nõmmeots)

8.2.3. Jootmine

Puhas joogivesi peab veistele olema alati vabalt kättesaadav. Jooturi tüübi valik sõltub pidamisviisist ja pidamiskeskkonna temperatuurist. Loomade vabapidamisel kasutatakse peamiselt individuaal- või grupijootureid ning lõaspidamisel individuaaljootureid.

Vee sügavus jooturis peab olema vähemalt 60…70 mm. Jooturi ülemine serv peab joogivee nivoost olema 50…100 mm võrra kõrgemal. Vabapidamise korral on avatud jooturi ülemise serva kõrgus lehma seisutasapinnast mõõdetuna maksimaalselt 850 mm. Lõaspidamise korral peab kahe looma kohta olema vähemalt üks jootur, mille ülemise serva kõrgus looma seisutasapinnast on maksimaalselt 750 mm.

Loomade jootmiseks tohib kasutada vaid töökorras (mitte lekkivaid) ning kergesti puhastatavaid jootureid. Jooturite puhtust tuleb kontrollida vähemalt üks kord ööpäevas.

Jooturid peaksid paiknema kohtades, kus vee reostumisoht sööda-, allapanu jms. materjalidega on minimaalne. Jootureid ei ole soovitav paigaldada söödalavale, kuna söövad ja joovad loomad hakkavad üksteist segama ning (sügav)allapanuga alale, kuna selle ümbrust on raske kuivana hoida. Vabapidamisega lautades peaks jooturi taha jääva käigu laius olema vähemalt 3…3,5 m.

Vajalik individuaaljooturite arv või grupijooturi jootmisfront sõltub loomade vanusest, sööda kuivainesisaldusest, piimatoodangust ning sööda kättesaadavusest. Jooturite veetootlikkus ei tohiks olla väiksem kui 6…20 liitrit minutis ühe looma kohta, mille tagab toitetorustiku rõhk 2,5…3,5 baari. Individuaalsete kaussjooturite veenõude maht on enamasti 1,5…3,0 liitrit. Avatud künajooturi soovituslik mahutavus on 200 liitrit ning see peab olema varustatud tühjendusavaga. Veenõud on harilikult valmistatud plastist, glasuuremailiga kaetud malmist, tsingitud, roostekindlast terasest, betoonist vm. materjalist. Veiste grupiviisilisel pidamisel peab 10 või enama looma korral olema vähemalt kaks jooturit (ühe jooturi kohta arvestatakse maksimaalselt 6…10 lehma).

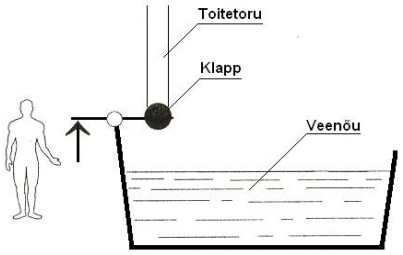
Veiste jootmisseadmeid liigitatakse automatiseerituse, veevoolu reguleerimise, veenõu kuju (kauss, küna) jm tunnuste alusel.

Väikeste karjade puhul, aga ka karjamaal kasutatakse jootmisnõusid e. anumaid (joonis 9), mida täidab inimene. Enamlevinud on joogikünad ja –rennid, millest saab korraga juua mitu lehma. Jootmisnõude sagedane värske veega täitmine suurendab tööjõukulu.

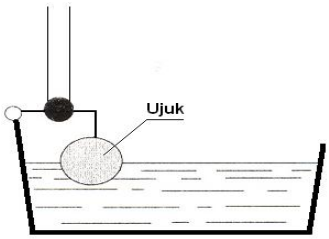
Automaatselt veega täituvaid seadmeid nimetatakse jooturiteks. Konstruktsiooni alusel eristatakse mitmesuguseid jooturite tüüpe.

Nivoojooturid (joonis 10). Nivoojooturis juhitakse veevoolu ujukiga.

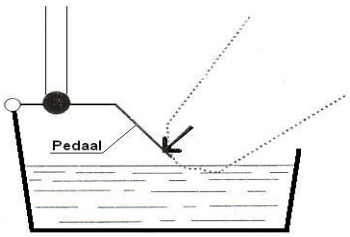
Ninajooturid (joonis 11). Ninajooturis juhib veevoolu loom, vajutades klapi avamiseks ninaga pedaalile (lingile, hoovale). Klapi sulgeb tavaliselt vedru.



Joonis 9. Jootmisnõu

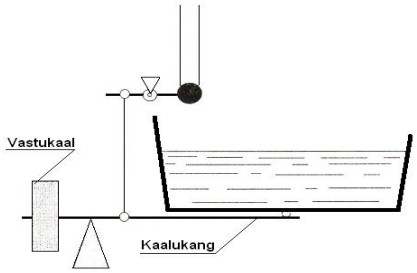


Joonis 10. Nivoojootur



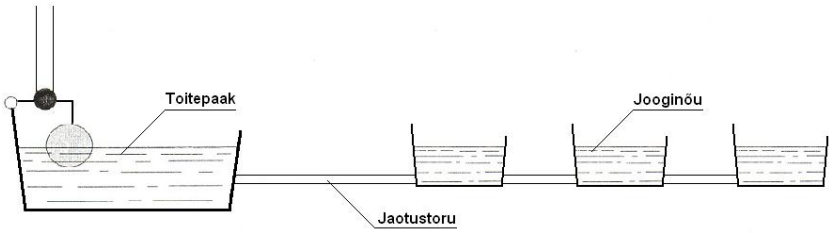
Joonis 11. Ninajootur

Kaaljooturid (joonis 12). Veenõu asub kaalukangil ja klapi avamine-sulgemine toimub vastukaaluga seatud tasakaalutingimustel.



Joonis 12. Kaaljootur

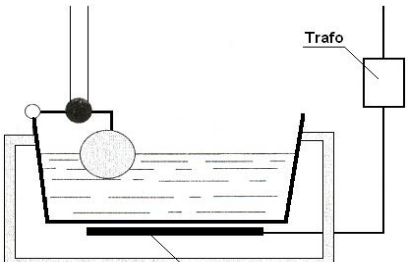
Nivoojootesüsteemid (joonis 13). Nivoojootesüsteeme kasutatakse peamiselt lõaspidamisega lautades. Jooginõud kinnitatakse latrivõrede külge. Tavaliselt on kahe lehma kohta üks jooginõu. Ühe loomarea jooginõusid täidab toitepaak ühendatud anumate põhimõttel. Veetaset toitepaagis reguleerib ujuk. Nivoojootesüsteem eeldab väga täpset paigaldust.



Joonis 13. Nivoojootesüsteemid

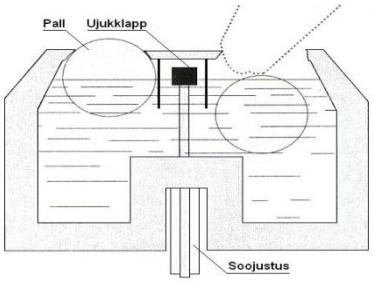
Joogivee kvaliteedi ja hügieeni seisukohalt ei ole nivoojootesüsteem soovitatav. Jooginõudes olev vesi saastub söödajääkidega, mis põhjustab vee riknemist. Jooginõusid tuleb regulaarselt söödajääkidest puhastada.

Elektrisoojendusega jooturid (joonis 14). Elektrisoojendusega jootureid kasutatakse soojustamata või osaliselt soojustatud lautades, kus lauda sisetemperatuur langeb perioodiliselt alla 0°C. Sõltuvalt seadme konstruktsioonist soojendatakse vett vahetult veenõus või on veenõud ühendatud tsirkulatsioonisüsteemi. Otsesoojenduse korral kasutatakse vahetrafot. Levinum kütteelemendi pinge on 24 V ja võimsus 80…3000 W. Sageli kasutatakse elektrisoojendust ka toitetorude ümber.



Joonis 14. Eelsoojendusega nivoojootur

Termos(pall)jooturid (joonis 15). Termos(pall)jooturid on suure mahuga (80…110 liitrit) ning harilikult kahe joomiskohaga. Vee külmumine ja reostumine hoitakse ära veepinnal ujuvate pallide ja hästi isoleeritud korpusega. Kui toitetorustik on korrektselt paigaldatud ja isoleeritud, ei ole termos(pall)jooturi korral karta vee külmumist ka madalatel temperatuuridel.



Joonis 15. Palljootur

Tabelis 22 on esitatud jooturite ning jootesüsteemide orienteeruv maksumus

Tabel 22. Jooturite ja jootesüsteemide orienteeruv maksumus

Seade	Maksumus, €		Märkused
	Min.	Max.	
Nivoojootur	650	1000	Maht 200 l.
Ninajootur	13	65	
Kaaljootur	650	1000	
Nivoojootesüsteem	650	2000	Koos torustiku ja filtriga, 1 jootur
Elektrisoojendusega jooturid	80	330	
Termos (pall) jooturid	460	1200	1…4 kohaline

8.3. Vee efektiivne kasutamine

Võrreldes loomade jootmiseks kuluva joogiveega on lehmade lüpsiks ettevalmistamiseks, lüpsi- ja piimajahutusseadmete pesemiseks ning lüpsikoja erinevate ruumide korrashoiuks vajalikku veehulka väga raske eelnevalt hinnata. Kasutatavad veekogused võivad ettevõtete, kasutatavate seadmete jms. lõikes erineda kordades. Vajalik veehulk sõltub järgmistest faktoritest:

- Lüpsiseadmete tüüp.
- Pesemisseadmete tüüp. Survepesurid kulutavad oluliselt vähem vett.
- Personali harjumused ja töövõtted.
- Seadmete kaasaaegsus. Üldjuhul kulutavad kaasaaegsed seadmed vähem vett.
- Piimajahuti suurus.
- Lehmade asemete puhtus.
- Lehmade lüpsiks ettevalmistus. Ühekordsete pabersalvrätikute kasutamisel on veekulu minimaalne.
- Lüpsiplatsi ja ooteala puhastusmeetod. Väljaheidete eelnev mehhaaniline koristus vähendab oluliselt pesuveekulu.

Viimaste aastate jooksul on välja töötatud erinevaid meetodeid lüpsikojas tekkivate reoveekoguste vähendamiseks. Lisaks seadmete pidevale täiustamisele ning survepesurite kasutamisele on laiemalt levimas ka reovee korduvkasutamine. Näiteks piimajahuti pesuvett kasutatakse enne reoveepuhastisse või –hoidlasse suunamist lüpsiplatsi või ooteala põranda pesemiseks. Tabelis 23 on toodud keskmised veevajadused erinevate toimingute läbiviimiseks lüpsilautades.

Tabel 23. Tehnoloogilise vee vajadus veiselautades

Operatsioon	Ligikaudne veevajadus
Piimajahuti pesu	5 % jahuti mahutavusest pesu kohta
- automaatpesu	190…230 l/pesu
- käsitsipesu	115…150 l/pesu
Piimatorustik	285…475 l/pesu (pikkades lõaspidamisega lautades suureneb oluliselt)
Lüpsiplatsi seadmete pesu	45…75 l/pesu, neljatsükliline pesu
Kannulüpsiseadme pesu	115…150 l/pesu
Muude seadmete pesu	115 l/ööpäev
Lehmade lüpsiks ettevalmistus	
- automaatne	4…17 l/pesu
- käsitsi	1…7 l/pesu
Piimaruumi põrand	38…75 l/ööpäev
Lüpsiplatsi põrand voolikuga pesu	190…380 l/pesu
WC kasutamine	8 l/kord
Dušširuumi kasutamine	60 l/kord

8.4. Lüpsmine

Lehmade lüpsmine toimub valdavalt lüpsimasinatega, käsitsilüpsi suurtootmises ehk piima tööstuslikus tootmises praktiliselt ei esine.

Lüpsiseadme ülesandeks on piima väljutamine udarast ja selle kogumine, millele lisandub üldreeglina ka piima kurnamine ja jahutamine. Mistahes lüpsiseade koosneb vaakumseadmest ja lüpsimasina(te)st.

Torusselüpsiseadmetel lisanduvad veel piimaliin ja puhastusseade.

Lüpsimasin on seade piima väljutamiseks udarast ja ämbrisselüpsil ka piima kogumiseks (lisandub lüpsiämber).

Vaakumseadme ülesandeks on vajaliku hõrenduse ehk vaakumi tekitamine lüpsisüsteemis.

Puhastusseade võimaldab lüpsimasinaid ja torusselüpsi korral (torusselüpsil) ka piimaliini puhastada ringsüsteemis. Seade koosneb juhtautomaadist, lahusemahutist, lahusejaotitest ja torustikust.

Piimaliin on ette nähtud piima transportimiseks torusselüpsil lüpsimasinast jahutisse. Üldjuhul kuulub liini piimatoru koos kraanidega, kogur, pump, piima surve- ehk transporditoru, kurn ja vahel ka mõõturid ning plaatjahuti. Reeglina paigaldatakse piimakogur koos juurdekuuluvaga piimaruumi. Suurtes lautades paigutatakse piimakogurid loomaruumi, millega vähendatakse lüpsivaheaegadel ülestõstetavate piimaliini osade ehk väravate arvu.

Piimajahuti ei kuulu otseselt lüpsiseadmete komplekti, kuid on lüpsilaudas möödapääsmatult vajalik. Uuemad jahutid on varustatud puhastusautomaatidega.

Kaasaaegsetele lüpsiseadmetele võivad eeltoodule lisanduda mitmesugused automaatika- ja abiseadmed.

8.4.1. Vaakumseadmed

Üldjuhul koosneb vaakumseade vaakumpumbast, mida käitab elektrimootor, vaakumballoonist, vaakumregulaatorist, vaakummeetrist ja kraanidega torustikust. Õlipumpadel viiakse väljalasketorustik läbi õlipüüdur-summuti õue. Vaakumseade paigutatakse masinaruumi.

Vaakumpumba ülesanne on süsteemist õhu väljapumpamine lüpsiks vajaliku vaakumi tekitamiseks. Enamkasutatavad on õlipumbad. Selliselt nimetatakse kiirekäigulisi rootor-labapumpasid, mille tööpindade määrimiseks kasutatakse määrdeõli. Grafiidist labadega pumbad õlitamist ei vaja. Kasutusel on ka vaakumpumbad, mis töötavad vedelikrõnga põhimõttel nn. vesirõngaspumbad (VVP). Uudse lahendusena on meie farmidesse jõudnud vaakumpumbad, mis töötavad ilma õli ja veeta. Sellistest pumpadest väljuv õhk on puhas ja soe, seetõttu saab seda kasutada ka kütteks.

Vaakumregulaator paigaldatakse lauta suunduvale torustikule. Vaakumliinil peab olema vähemalt üks vaakummeeter, mis peaks paiknema laudas, et lüpsi eel ja ajal oleks võimalik vaakumi taset kontrollida. Vaakumi taseme kõikumine ning liiga tugev vaakum lüpsi ajal soodustab udarahaiguste teket.

Vaakumliini võib laudas monteerida tupiku või silmusena. Toru kinnitatakse lehmade kohale sõimevõre külge või eraldi tugedele lüpsja käeulatusse ca 1,8 m kõrgusele. Kahe lehma kohta paigaldatakse üks vaakumkraan. Vaakumtorustiku haru viiakse pesuruumi, kus hõrendust kasutatakse puhastusseadmete käitamiseks ja/või lüpsimasinatest puhastusvedelike läbiimemiseks.

Vaakumpumba valikul tuleb muude tegurite osas arvestada pumba jõudlusega, s.t. mitu liitrit õhku jõuab pump ajaühikus (tavaliselt minutis) süsteemist välja pumbata. Vajaliku jõudluse täpne arvutamine on keerukas, sest mõjureid on palju. Rahvusvaheline standard ISO 5707 soovitab järgmisi valemeid:

- Torusselüps, lüpsimasinaid 2…10; Q = 200 + 30 n, kus Q – pumba vajalik jõudlus, l/min, n – lüpsimasinate arv.
- Torusselüps, lüpsimasinaid rohkem kui 10; Q = 500 + 10 (n – 10).

Tegelikus olukorras tuleb arvestada ka masinaid tootva firma soovitustega.

8.4.2. Piimajahutid

Piima kvaliteedi tagamiseks tuleb lüpsisoe piim võimalikult kiiresti jahutada. Lüpsiseadmest jõuab piimaruumi ca 34ºC piim, soovitav säilitustemperatuur on aga keskmiselt 4ºC.

Külmuti on seade, mille abil tekitatakse ümbritsevast keskkonnast madalamat temperatuuri välisenergia abil, milleks on valdavalt elektrienergia. Külmuti koosseisu kuulub kompressor koos abiseadmetega (releed, ventiilid, ressiiver jm), kondensaator ja aurusti. Kompressor paneb külmutis ringlema agensi, milleks on madala

aurustumistemperatuuriga aine (freoon, ammoniaak, vms). Kondensaatoris agens vedeldub eraldades soojust, aurustis agens aurustub neelates soojust. Aurusti on paigutatud keskkonda, mida on vaja jahutada.

Piimajahutid võib liigitada jahutiteks ja jahuti-säilititeks. Plaatjahuti on tänapäeval ainuke kasutatav jahuti. Taolist jahutit nimetatakse ka eeljahutiks, kuna see sobib piima jahutamiseks enne jahuti-säilitit. Ainult plaatjahutiga piima säilitustemperatuurini viia ei ole võimalik.

Jahuti-säilitid on külmutitega varustatud mahutid, mis võivad olla otse- või kaudse jahutusega seadmed. Kaudse jahutusega seadmetes kasutatakse vahe-soojakandjat, milleks võib olla vesi või vastav lahus. Külmuti aurusti asub soojakandja vannis. Soojakandja mahuti võib ümbritseda piimavanni, või olla eraldi. Viimasel juhul pumbatakse soojakandjat jahutuskohale. Otsejahutusega seadmetel kinnitatakse külmuti aurusti piimajahuti välisseinale. Toodetakse ka sukelkülmuteid, kus aurusti paigutatakse vahetult piima sisse.

Piima jahuti-säiliteid toodetakse väga erinevates kujundustes ja komplektsustes:

- Lahtised – pealt kaanega suletavad mahutid. Puhastatakse käsitsi.
- Kinnised – mahuti peal väike luuk. Puhastatakse automaatselt.
- Vertikaalsed – mahuti vertikaalne, väiksemad avatud, suuremad suletud.
- Horisontaalsed – mahuti horisontaalne.
- Kahelüpsi – mahutab ühe päeva piima.
- Neljalüpsi – mahutab kahe päeva piima.
- Kuuelüpsi – mahutab kolme päeva piima.
- Kompaktseade – külmuti asub piimamahuti raamil.
- Lahusseade – külmuti paikneb eraldi masinaruumis.
- Kombiseade – piimamahuti raamil on külmuti kompressor, kondensaator asub eraldi masinaruumis.

Arvestades hügieeninõudeid ei ole soovitav kasutada lahtiseid, pealt kaanega suletavaid mahuteid. Ajakohased on kinnised seadmed, mille puhastamine toimub komplektis oleva puhastusautomaadi poolt. Väiksematel mahutitel on puhasti tavaliselt paagi küljes, suurematel aga eraldi.

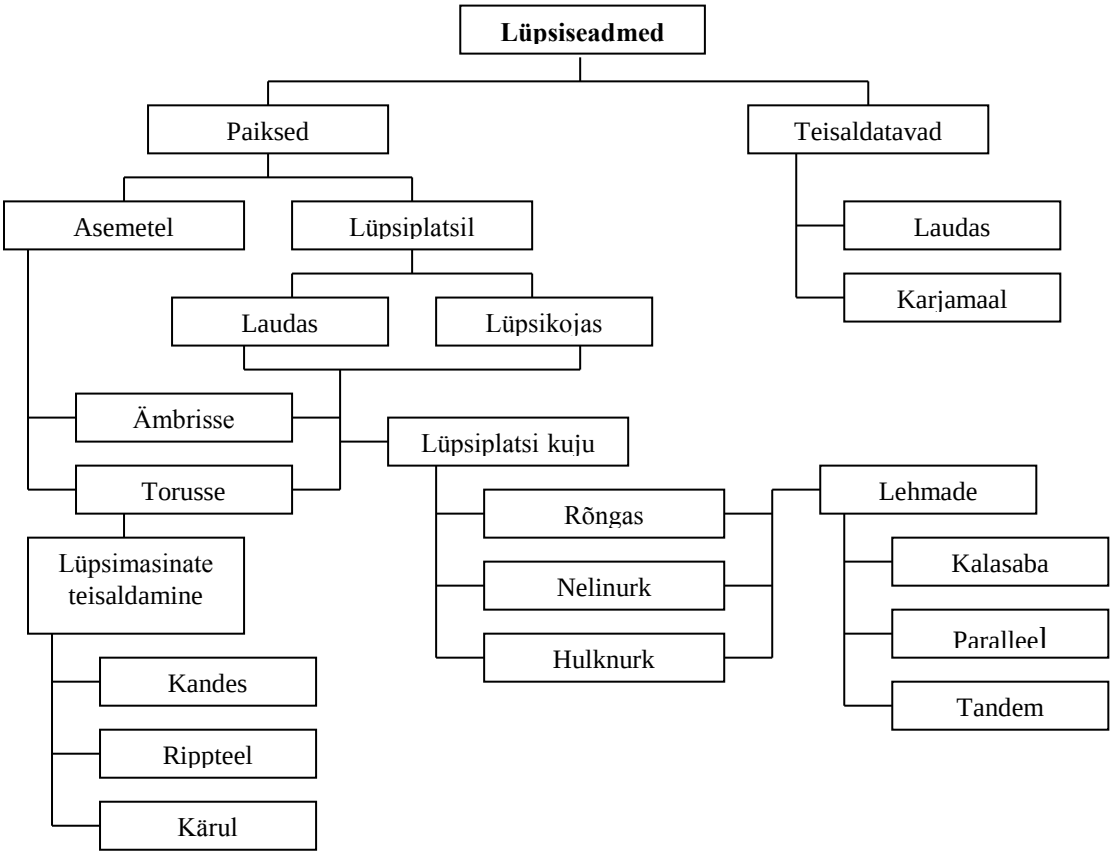
Töötades eraldab külmuti palju soojust. Kuna eesmärgiks on piima jahutamine ja jahedalt hoidmine, tuleb liigne soojus piimaruumist ära juhtida. Piimalt äravõetavat soojust on soojusvaheti abil võimalik kasutada sooja vee tootmiseks või ka lüpsiplatsi kütteks. Arvestatakse, et 1 liitri piima jahutamise arvelt saab soojusvahetit kasutades 0,7 liitrit sooja vett. Nimetatud arv on väga ligikaudne ja sõltub konkreetsetest oludest.

8.4.3. Lüpsiseadmed

Lüpsiseadmeid (joonis 16) liigitatakse lüpsmise koha, piima kogumise, teisaldatavuse, lüpsimasina täiuslikkuse, elektroonika kasutamise, automatiseerituse jm tunnuste alusel. Lehmade lüpsmine võib toimuda asemetel, lüpsiplatsil või karjamaal. Möödunud kümnendi keskpaigani oli meil enamlevinud suvise karjatamisega lõaspidamine.

Eestis on lehmi lüpstud aastaringselt laudas, karjamaal lüpsmist suurtootmises praktiseeritud ei ole. Valdavalt on mindud ja minnakse üle platsillüpsile (see tähendab, et lehmi lüpstakse selleks sisustatud kohas - lüpsiplatsil), mis on võrreldes asemellüpsiga efektiivsem ning inim- ja loomasõbralikum. Lüpsiplats võib asuda kas laudas, eraldi ruumis või isegi eraldi hoones – lüpsikojas. Piima kogumise viisi järgi eristatakse ämbrisse- ja torusselüpsiseadmeid. Ämbrisselüpsil liigub piim lüpsiseadme kollektorist ämbrisse, millega piim kantakse või transporditakse vastava käruga piimaruumi. Torusselüpsiseadmete kasutamisel suunatakse piim lüpsiseadme kollektorist torustiku kaudu piimaruumi. Teisaldatavuse alusel jaotatakse lüpsiseadmed käsitsi kantavateks ja käruga- või rippteel teisaldatavateks. Automatiseerituse all mõistetakse inimese vajalikkust lüpsil. Suure töökoormusega lüpsioperaatorid eksivad sageli lüpsieeskirjade vastu, mille tulemusel kannatab toodang ja lehma tervis. Sellepärast on viimastel aastakümnetel tegeldud lüpsi automatiseerimisega. Eesmärgiks on vähendada lüpsiga seotud töökulu (nisakannude automaatne eemaldamine lüpsi lõpul) ja parandada lüpsikvaliteeti. Samuti on lüpsiprotsessi muudetud lehma füsioloogilistele nõuetele vastavamaks (reguleeritakse lüpsivaakumit ja selle pulsatsiooni sõltuvalt lüpsi käigust). Tänapäeval on enamus kasutatavaid lüpsimasinaid poolautomaatsed, mille puhul lüpsja ülesandeks on udara ettevalmistus ja lüpsiseadme allapanek. Muud tööd teeb masin. Uusimates lüpsiseadmetes juhitakse pulsaatori taktsagedust, taktisuhet, lüpsimasina käivitamist, töörežiime ja seiskamist kontrolleri abil. Elektronjuhtimine on võimaldanud luua lüpsimasinaid, mis stimuleerivad lüpsi algfaasis udarat kiire vaakumpulsatsiooniga, ohjavad lüpsirežiimi, lähevad automaatselt üle järellüpsile, ja piimavoolu vähenemisel alla teatud läviväärtuse lõpetavad lüpsi. Praeguseks on arengus jõutud automaatsete lüpsisüsteemide

kasutamiseni. Täisautomaatsete masinate puhul asendab inimest robot, inimene on vajalik süsteemi jälgimiseks ning ilmnenud rikete kõrvaldamiseks. Sellest tulenevalt nimetatakse neid automaatseid lüpsiseadmeid (ALS) lühidalt lüpsirobotiteks. Kasutatakse veel nimetust – vabatahtlik lüpsisüsteem (ingl. k lühend – VMS), kus lüps toimub selvelüpsina lehma tahte järgi.



Joonis 16. Lüpsiseadmete liigitus

Ämbrisselüpsiseadmed (foto 9). Ämbrisselüpsiseadmed on mõeldud lõaspeetavate lehmade lüpsiks laudas asemel. Piim lüpstakse masinlüpsiämbritesse ning valatakse sealt transpordinõusse või viiakse kohe masinlüpsiämbriga piimaruumi ja kurnatakse jahutisse. Transpordinõusid veetakse tavaliselt kärul, harvem ka käsitsi.

Foto 9. Lüpsmine ämbrisselüpsiseadmega

Ämbrisselüpsiseadmed võivad olla nii paiksed kui teisaldatavad. Paiksetel on vaakumseade paigaldatud masinaruumi, kantakse lüpsimasinaid. Teisaldatavad ämbrisselüpsiseadmed on ette nähtud väikeste karjade lüpsmiseks. Nende vaakumseade on monteeritud kärule, kuhu asetatakse ka üks või kaks lüpsimasinat.

Paiksel ämbrisselüpsiseadmel on kolm põhiosa: vaakumseade, lüpsimasinad ja puhastusseade. Piimajahuti lüpsiseadme koosseisu ei kuulu. Vaakumpump koos elektrimootori ja tihti ka vaakumballooniga on monteeritud ühisele alusele, mis kinnitatakse masinaruumi põrandale või seinale.

Teisaldatavad ämbrisselüpsiseadmed on mõeldud väikese karja lüpsmiseks. Kärule on paigaldatud vaakumseade, elektrimootori toide saadakse järellohiseva või rippteel liikuva kaabli abil. Kärul on koht ühele või kahele lüpsiämbrile.

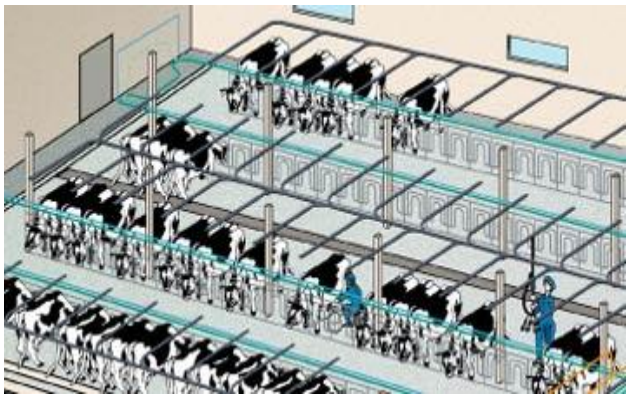
Ämbrisselüpsiseadmed komplekteeritakse tellija soovi kohaselt. Sobilik masinate arv sõltub lüpsiajast, piima jahutisse toimetamise viisist jt laudatööde korraldusest. Seejuures arvestatakse, et maksimaalne koormus ühele lüpsjale on kolm lüpsimasinat.

Ämbrisselüpsiseadme olulisemad puudused on füüsiliselt raske töö piima kandmisel jahutisse ja piima saastumisoht laudaõhuga.Ämbrisselüpsiseadmete maksumus sõltub lüpsikannude arvust ning sellele vastava vaakumseadme võimsusest. Ühe lüpsikannuga süsteemi orienteeruv hind on ca 13, kahe kannu korral vastavalt 30 tuh. kr.

Torusselüpsiseadmed (joonis 17). Torusselüpsi rakendatakse peamiselt suuremates lõaspidamisega lautades, kus piimaruum asub lehma asemetest suhteliselt kaugel. Torusselüpsil kann puudub ja selle võrra on lüpsiaparaat lihtsam ning koormab lüpsjat füüsiliselt vähem. Piima transportimise viisilt kuulub torusselüpsi hulka ka platsillüps. Antud juhul mõeldakse torusselüpsi all lehmade lüpsmist laudas asemel piimatorusse.

Torusselüpsiseadme kasutamisel liigub piim lüpsiriistast piimatorusse ja seda mööda kogurisse, kust edasi pumbatakse piim mööda transporditorustikku läbi kurna ja plaatjahuti piima jahuti-säilitisse. Piimatoru kasutamine piima teisaldamiseks võimaldab:

- vabastada lüpsja raskest füüsilisest tööst (piima kandmine);
- kindlustada piima kvaliteeti, kuna piim ei puutu kokku lauda õhuga;
- piima kiiresti jahutada;
- piimaliini tõhusalt puhastusseadme abil puhastada;
- rakendada mitmesuguseid lüpsimasina automatiseerimise võtteid, näiteks automaatset lüpsiriista altvõttu ja sõõrdumise stimulatsiooni.



Joonis 17. Lüpsmine torusselüpsiseadmega

Torusselüpsil on ka mõningaid puudusi:

- lüpsivaakum peab olema tugevam kui ämbrisselüpsil;
- ülalasuva piimatoru tõttu ja eriti piimatoru tõusude korral, mis on vajalikud lauda sööda- ja sõnnikukäikude ületamiseks, tekib tugev vaakumi kõikumine, mis mõjub halvasti udara tervislikule seisundile ja piima kvaliteedile;
- suur materjali- ja ajakulu piimaliini puhastamiseks;
- kõikide lehmade piima segunemine, mis tingib probleemsete (haigete) lehmade lüpsmise ämbrisse.

Kahe esimese puuduse leevendamiseks kasutatakse lüpsi ajaks allalastavaid piimatorustiku osasid nn väravaid.

Eelnevat arvestades ei sobi torusselüps pikkadesse (60…90 m) mitmerealistesse lautadesse.

Torusselüpsiseadmete põhilised koostisosad on vaakumseade, lüpsimasinad, piimaliin ja puhastusseade. Lüpsimasinates on võrreldes ämbrisselüpsiga rohkem automatikaelemente.

Vaakumseadmes on sõltuvalt lüpsiseadme suurusest üks või mitu vaakumpumpa, vaakumballoon, regulaator ja vaakummeetrid.

Paljud kasutatavad torusselüpsimasinad on poolautomaatsed, kuna lüpsja ülesandeks on ainult udara ettevalmistus, eellüps ja lüpsiriista allapanek. Lüpsiprotsessi juhtimisel võetakse enamasti aluseks piimavoolu intensiivsus ja aeg. Vastavalt nende väärtuste muutustele valib automaat sobilikud tööparameetrid: vaakumi taseme, pulsisageduse, imisuhte, lõpulüpsi alguse, altvõtu alguse jms. Automaatlüpsimasina juhtplokk sisaldab piimaandurit, elektronpulsaatorit ja arvutit.

Torusselüpsimasin ripub vaakumtorul, eraldi kandetorul või rippteel. Selline kõrgel asuv tugipunkt võimaldab kasutada lüpsiriista mehhaanilist altvõttu. Selleks on lüpsimasinal tõmbesilinder või vints, mis tõmbab kollektorile kinnitatud nööri abil lüpsiriista udaralt.

Piimaliini moodustavad piimatoru koos kraanidega, kogur, pump ja kurn. Klaasist või roostevabast terasest, harvem plastist piimatoru paigutatakse sõimevõre külge või eri kanduritele. Piimatorul peab olema 0,2…0,5 % kalle koguri suunas. Seejuures peab toru paigaldamisel arvestama, et kõrgeimas osas ulatuks lüpsja ühendama lüpsimasinat ja madalaimas osas oleks vajadusel kindlustatud toru alt läbikäimise võimalus. Läbisõidetavate lautade korral peab piimaliin tõusma üle käikude. Selleks on kasutusel aasakujuline piimatoru osa, värav, mis lastakse lüpsi ajaks alla piimatoru tasapinda. Niiviisi kindlustatakse piima langusega voolamine kogurisse.

Koguris lõpeb piima liikumine vaakumi all olevas liinis. Sealt edasi lööb pump piima mööda survetoru läbi kurna jahutuspaaki või –vanni. Sageli paigaldatakse kogur lauta, sest piimaliini viimine üle sööda- ja sõnnikukäikude on keerukas ning kulukas. Sellisel juhul on survetoru küllaltki pikk.

Puhastusseade on ette nähtud piimaliini ja lüpsimasinate puhastamiseks. Töö põhimõttelt ja ehituselt on väga erinevaid seadmeid, põhiülesanded on aga kõigil sarnased: lüpsijärgne loputamine ja puhastuslahusega pesemine. Nimetatud toimingutele võib eri seadmete ja seadistuste korral lisanduda lüpsieelne loputamine ja desinfitseerimine, pesemine happelise ja aluselise vahendiga, loputamine pärast pesemist, desinfitseerimine jms. Puhastusseadmeid püütakse maksimaalselt automatiseerida. Nii on kaasaaegsed puhastid varustatud juhtarvutiga, mis juhib kogu tsüklit, kaasa arvatud pesuvahendite doseerimist ja vee soojendamist. Vee, puhastusvahendite ja elektrienergia kokkuhoidmiseks kasutatakse mõnedes seadmetes lahuseid korduvalt. Pesemise efektiivsuse suurendamiseks kasutatakse vee-õhuinjektoreid ja torustikus edasi-tagasi liikuvaid troppe.

Platsillüps (Foto 10). Võrreldes asemellüpsmisega (lüps toimub lehma asemel) saab piima hügieenitaset kõrgena hoida ja lüpsiks kuluvat tööaega vähendada sellega, et lehmi lüpstakse spetsiaalselt sisustatud ruumis. Sellisel juhul ei minda lüpsimasinaga lehma juurde, vaid lehm siirdub lüpsi ajaks ise statsionaarsete seadmetega varustatud lüpsikohale. Lüpsiplatsil lüpsmist kasutatakse eelkõige lehmade lõastamata pidamisel.

Foto 10. Lüpsiplats

Sisuliselt on tegemist lühikese piimatorustikuga torusselüpsiseadmega. Lüpsja töökoht on kanalis (lüpsisüvendis), mis asub lehmade asemetest ligikaudu 0,8…1,0 m võrra madalamal. Lüpsisüvendi põhi võib olla muudetava kõrgusega, et sobitada seda lüpsioperaatori kasvule vastavaks. See loob lüpsjale võimaluse töötada sirge seljaga.

Üldjuhul on kanal lauda põrandast madalamal, lehmade asemeid on võimalik tõsta kõrgemale. Sellisel juhul liiguvad lehmad platsile mööda kaldteed, harva ka treppi mööda.

Lüpsipats on lehmade lüpsmiseks sisustatud koht, kus peale lüpsiseadme on lüpsiasemed ja lehmade liikumist suunavad väravad. Mõnikord toimub lüpsiplatsil ka jõusööda andmine lehmadele. Eestis kasutatakse seda võimalust harva.

Lehmade lüpsmine kohtkindlate masinatega loob võimaluse seadmete maksimaalseks automatiseerimiseks ja piima kõrge kvaliteedi tagamiseks. Kaasaaegsed lüpsiseadmed on allasuva piimatoruga, mis tagab stabiilse vaakumi. Lühike piimaliin ja efektiivne seadmete ning udara puhastamine kindlustavad lüpsihügieeni.

Lüpsiseade koosneb vaakumseadmest, mille peavaakumtoru kulgeb läbi kaitsekambri kogurini. Harutorud suunduvad mõlemale platsipoolele, kus nad kinnitatakse lüpsiasemete piirete külge. Sealt saavad toite pulsaatorid ja teised vaakumtoidet vajavad seadmed. Piimatoru on silmusekujuliselt paigaldatud kanali serva alla ning lõppeb koguris, kust piim surutakse pumba abil läbi kurna piimaruumis asuvasse jahutisse.

Puhastusautomaadilt suundub lahusetoru lüpsikanalisse, mille serva all on nisakannude ühendamiseks pesupead-jaotid.

Lüpsimasinad võivad olla nii tavalised, käsitsijuhitavad kui ka automaatsed. Kohtkindel paigaldus võimaldab lisaks lüpsiriista altvõtmisele teha mehhaanilist lõpulüpsi. Selleks tõmmatakse vastavate lisaseadmete abil lüpsiriista alapoole.

Lüpsiplatside kujunduses on kasutusele võetud kaks uudset elementi: lehmade paigaldi ja lüpsikanali muudetava kõrgusega põrand. Paigaldi abil surutakse paralleelplatsil seisvad lehmad vastu lüpsikanali piiret lüpsjale (lüpsioperaatori) käeulatusse. Lüpsikanali põranda tõstmine ja langetamine võimaldab töökoha parima ergonoomilise kujunduse (erikasvulised lüpsjad).

Laudas rakendatavast tehnoloogiast tulenevalt võib osutuda vajalikuks eel- ja vahel ka järelootealade

kasutamine. Väikestes lautades tulevad lehmad platsile ja lähevad lauta tagasi ise, vajadusel ergutab neid lüpsja.

Suuremates lautades teeb seda ajaja. Suuremate karjade ajamiseks saab kasutada ka nn mehhaanilist koera.

Lüpsiplatse liigitatakse lehmade asetuse järgi üksteise ja lüpsisüvendi suhtes:

- tandem – lehmad seisavad lüpsiplatsil paralleelselt süvendiga üksteise järel reas kolonnis;

- kalasaba – lehmad seisavad lüpsiplatsil süvendi suhtes nurga alla, üksteise suhtes paralleelselt, kuid 70…80 cm nihutatult;
- paralleel – lehmad seisavad lüpsiplatsil süvendiga risti ning üksteise suhtes paralleelselt.

Lüpsikanali kuju järgi jaotatakse lüpsiplatsid: täisnurk-, kolmnurk-, hulknurk-, ring- ja rõngasplatsideks.

Loomade vahetumisviisi järgi võivad lüpsiplatsid olla: individuaalse-, rühmiti- ja pideva vahetumisega.

Lüpsiplatside orienteeruv maksumus platsi tüüpide ja lüpsikohtade arvu lõikes on toodud tabelis 24.

Tabel 24. Lüpsiplatside orienteeruv maksumus

Platsi tüüp	Kohtade arv	Maksumus, tuh €	
		Min.	Max.
Tandem	2 x 3	40	80
	2 x 5	65	135
Paralleel	2 x 10	65	140
	2 x 12	80	160
	2 x 24	150	320
Kalasaba	2 x 10	50	120
	2 x 12	60	150
	2 x 16	80	160
	2 x 24	260	290
Karusell	20	130	200
	30	200	320
	40	250	420

Lüpsirobot *(foto 11).* Lüpsiplatside hulka võib arvata ka automaatsed robotlüpsisüsteemid, kus lehmade lüpsmine toimub lüpsiroboti abil ilma inimese otsese osaluseta. Lüpsiroboti kasutamise eelduseks on lehmade automaatne identifitseerimine. Lüpsiprotsessi juhtimiseks kasutatakse piimavoolu kiirust, individuaalse väljalüpsi järgi reguleeritakse konkreetse lehma lüpsiroboti külastussagedust ööpäevas. Lehmade lüpsmine toimub ööpäevaringselt, välja arvatud 1…2 tundi, mis kuluvad seadmete pesemiseks. Keskmiselt lüpstakse lehmi 2,5…3 korda päevas. Sellest tulenevalt tõuseb lehmade piimatoodang 10…15 %.

Foto 11. Lüpsirobot

Lehmade lüpsmine võib lüpsirobotiga laudas toimuda looma vaba tahte alusel või sunduslikult. Viimasel juhul pääsevad lehmad sööma ainult läbides lüpsiroboti koosseisu kuuluva automaatvärava („lüpsa enne“ tehnoloogia) või suunatakse lehm enne söömisalale ja sealt targa värava kaudu kas lüpsile või puhkealale („sööda enne“ tehnoloogia). Üldjuhul peetakse lehmi lüpsirobotiga laudas aastaringselt sees.

Automaatseid lüpsisüsteeme toodetakse ühe- ja mitmekohalistena. Mitmekohalistel on üks robot tavaliselt kolme või nelja lüpsilatri kohta, kusjuures loomade udarate pesuks on spetsiaalne pesuboks. Ühekohalise robotlüpsiplatsi kohta arvestatakse kuni 60 lüpsilehma (koos kinnislehmadega ca 70). Nelja lüpsikohaga robotlüpsiplatsi kohta arvestatakse ca 160 lehma.

Piima jahutamiseks paigutatakse automaatse lüpsiseadmega laudas enne põhijahutit eeljahuti. See aitab ära hoida piima jäätumist tühjas põhijahutis. Samuti võimaldab see põhijahuti pesemist pärast piima äraviimist.

Probleemsete lehmade piima eristamine toimub automaatselt piima elektrijuhtivuse alusel. Mittekvaliteetne piim suunatakse teise jahutisse.

Robotlüpsiseadmete orienteeruv maksumus on esitatud tabelis 25.

Tabel 25. Robotlüpsiseadmete orienteeruv maksumus

Lehmade arv / Seade	Maksumus, tuh €	
	Min.	Max.
70 / 1 lüpsikoht	80	100
140 / 2 lüpsikohta	75	100
140 / 2 lüpsikohta, üks robotkäsi	140	…

8.5. Energia efektiivne kasutamine

Energia kasutamise efektiivsus veisefarmides sõltub eeskätt headest loomapidamistavadest, loomapidamishoone konstruktsioonist ning tehnoloogia ja seadmete valikust. Õige seadmete ja kütuse valik võimaldab vähendada ja kokku koida ekspluatatsioonikulusid. Kokkuhoiumeetmete majanduslik efektiivsus sõltub konkreetsest olukorrast.

Soojusenergia kulu vähendamine. Soojusenergia tarbimine võib tihti osutuda põhjendamatult suureks. Kõige üldisemad tarbimise vähendamise võimalused võib jagada kahte rühma:

- Organisatsioonilised. Organisatsioonilised meetmed (ei nõua investeeringuid) on kontroll sooja vee kasutamise, uste ja akende põhjendamatu lahtioleku ja ruumide temperatuurigraafiku üle.
- Kaasaaegsel tehnilisel tasemel olevate kuumutusseadmete ja konstruktsioonielementide (isolatsioonimaterjalide) kasutamine.

Ruumide küttekulu vähendamise võimalused:

- Dušširuumides on soovitav kasutada reguleeritavat põrandakütet.
- Olmeruumide kütmiseks kasutatavad elektriradiaatorid tuleks asendada soovitavalt biomassiga köetava vesikeskküttesüsteemiga (elektrienergia kokkuhoid ca 95 %).
- Ruumide kütmiseks on soovitav soojuspumba vahendusel kasutada piima jääksoojust. Piima jääksoojuse täielikumaks ärakasutamiseks on sellises keskküttesüsteemis soovitav kasutada soojusakumulatsiooni paaki.
- Ruumide temperatuuri alandamine töövälisel ajal.
- Välispiirete isolatsiooni kontroll ning vigade kõrvaldamine.
- Välisuste tihendamine ning suletuse tagamine (automaatsulgurid).
- Soojustatud lauda väljuvale õhukanalile soojuspumba paigaldamine.

Sooja vee tootmiseks energiakulu vähendamise võimalused:

- Kuuma vee tootmine vesikeskkütte kaasabil, kuhu on võimalik juurde ühendada biomassil töötav katel või ka päikesepaneel (õige kütte valikul on tasuvus kiire).
- Sooja vee tarbimise kontroll. Kohtadesse, kus sooja vett vajatakse perioodiliti ning vähe (nt. käte pesu), samuti üldkütteseadmetest kaugel asetsevatesse vähese tarbimisega punktidesse, on otstarbekas paigaldada kiirelektriboilerid.

Elektrienergia kulu vähendamine. Elektrienergia kulu vähendamise võimalused võib jagada põhimõtteliselt kolme gruppi:

- Organisatsioonilised (ei vaja investeeringuid).
- Kaasaaegsel tehnilisel tasemel seadmete kasutamine.
- Elektrienergia tarbimise mõõtmine ja analüüs.

Elektrienergia suurimateks tarbijateks veiselautades on kütte- ja lüpsiseadmed (kompressorid, vaakumpumbad) ning valgustid. Kui kütteks võib ka elektrit mitte kasutada, siis kompressorid ja valgustid töötavad ainult elektrienergiaga. Viimaste puhul on energia kokkuhoid võimalik ainult nende tehnilise taseme kaasajastamise, korrasoleku ja töörežiimide kontrollimise läbi. Loomade söötmisel ja sõnniku eemaldamisel võiks kasutada liikurmehhanisme elektrit tarbivate seadmete asemel (majanduslik efektiivsus on mõnel juhul väike). Võimalusel on soovitav kasutada loomuliku ventilatsiooni sundventilatsiooni asemel (elektrienergia kokkuhoid 100 %). Elektrienergia baasil ruumide kütmisest ja sooja vee tootmisest tuleks hoiduda.

Elektrienergia kokkuhoiu võimalused lüpsiseadmete juures on alljärgnevad:

- Sagedusmuunduriga juhtploki lisamine vaakumpumba juhtahelasse (näiteks lüpsiplatsil DeLaval VMS on tasuvusaeg 4,8 aastat).
- Regulaarne kompressori lekke puudumise ning töötundide arvu kontroll,
- Kuuma vee seadmete tootlikkus peab vastama vajadusele ning vett ei tohiks kuumutada optimaalsest kõrgema temperatuurini.
- Võimaluse korral võiks kasutada ühte vaakumpumpa kahe lüpsiseadme kohta.
- Elektrienergia tarbimist fikseerivate mõõturite paigaldamine suuremate tarbijate juurde (näiteks kompressor, vaakumpump), mis võimaldab operatiivselt välja selgitada ebanormaalsest töörežiimist tingitud elektrienergia ülekulu.

Võimalikud kokkuhoiumeetmed valgustusseadmete kasutamisel on:

- Päevavalguslampide kasutamine hõõglampide asemel (elektrienergia kokkuhoid ca 60 %).
- Valgustite tööaja vähendamine kooskõlas akendest tuleva päevavalgusega.
- Valgustusseadmete korrapärane hooldus ja puhastamine (vähemalt kord aastas).
- Pinge ja sagedusega reguleeritavate päevavalguslampide kasutamine.
- Liikumisanduritega valgustite paigaldamine koridoridesse ja vähese kasutamisega ruumidesse.

8.6. Sõnniku eemaldamine laudast

Sõnniku laudasisese kogumise ja eemaldamise tehnoloogia valikul lähtutakse järgmistest seisukohtadest:

- sõnnikut tuleb koristada vähemalt kaks korda ööpäevas. Sagedane sõnniku eemaldamine laudast hoidlasse vähendab ammoniaagi emissiooni, samuti väheneb seadmete koormus;
- seadmestik ei tohi loomi vigastada, häirida müra, heitgaaside, mikrokliima parameetrite järskude muutustega (külm õhk, tõmbetuul) ega halvendada laudapersonali töötingimusi.

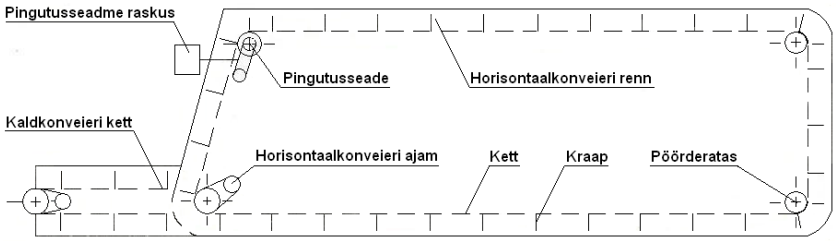
Sõnniku käitlemise seadmed valitakse lähtuvalt toodetavast sõnniku tüübist, mis sõltub karja suurusest, pidamisviisist, allapanu liigist ja kogusest.

8.6.1. Mobiilsed sõnnikukäitlusseadmed

Mobiilsetest sõnnikukäitlusseadmetest on levinuim traktor koos spetsiaalse saha või lauplaaduri kopaga. Tehnoloogia eeliseks on universaalsus, kuna sõnnikut saab laudas koguda ning ristkanalisse lükata (hoidlasse laadida) ühe seadmega. Üks traktor on kasutatav mitmes laudas ja vajadusel ka teistel töödel. Puuduseks on loomade häirimine müra ja heitgaasidega, lõaspidamisega laudas ka temperatuuri järskude muutuste ja tõmbetuulega. Vabapidamisega laudas saab sõnnikut koristada ainult lehmade lüpsiplatsil viibimise ajal. Tahesõnnikutehnoloogia korral peab sõnnikuhoidla paiknema lauda otsas. Mobiilsete seadmetega saab koristada tahe- poolvedel- ja vedelsõnnikut. Sügavallapanul pidamisviisi korral (v.a. kaldpõrandal pidamine) on see ainus võimalik sõnniku eemaldamise tehnoloogia.

8.6.2. Kettkraapkonveierid

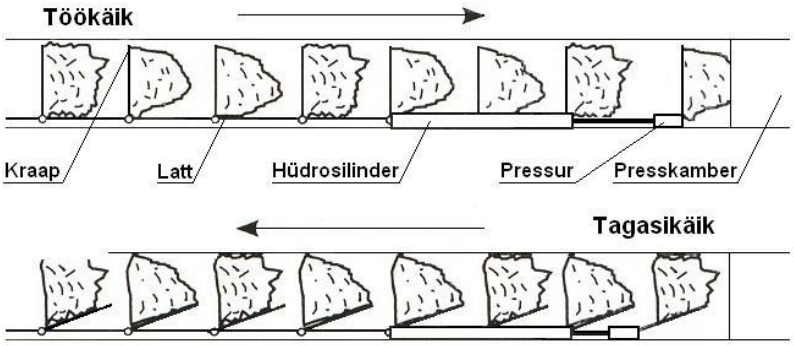
Kettkraapkonveiereid (joonis 18) kasutatakse kitsaste sõnnikurennidega lõaspidamisega lautades. Süsteem koosneb horisontaal- ja kaldkonveierist. Kettkraapkonveieri kett liigub betoneeritud sõnnikurennis. Konveierite ketid on kuni 170 m pikad, mis venivad ja nõuavad perioodilist pingutamist. Süsteemi puuduseks on intensiivne liikuvate detailide kulumine, samuti ummistumise võimalus pikakõrreliste sööda- ning allapanujääkidega (hein, põhk). Ammoniaagi emissioon tõrgeteta funktsioneeriva kettkraapkonveieriga laudas on aastakeskmisena 3…5 % tasemel. Kuna kaldkonveier võib olla maksimaalselt 10 m pikk, siis sõnnikuhoidla peab olema lauda vahetus läheduses. Kogudes sõnniku kaldkonveierilt traktori järelkärusse tuleb seda süstemaatiliselt tühjendada. Kettkraapkonveieri kasutamise korral toimub sõnniku ladustamine hoidlasse kiht kihi peale, mille tõttu ammoniaagi emissioon on suhteliselt suur.



Joonis 18. Kettkraapkonveier

8.6.3. Lattkraapkonveierid

Lattkraapkonveiereid (joonis 19) kasutatakse mistahes loomaridade arvuga lõaspidamisega lautades. Lattkraapkonveier koosneb U-profiiliga latist, millele kinnituvad pööratavad kraabid. Töökäigu alguses pöörduvad kraabid renni põhja hõõrdejõu toimel tööasendisse (latiga risti) ning edasi liikudes lohistavad sõnnikukoguse (lohise) väljalaadimiskoha poole. Lati tagasiliikumisel eemalduvad kraabid lohisest ja pöörduvad lati kõrvale, moodustades viimasega 10…15° nurga. Lati käitab hüdrosilinder. Ühe hüdrojaama abil saab käitada mitut hüdrosilindrit Lattkraapkonveieri poolt moodustatud lohis liigub ühe kraabi eest teise ette, tänu sellele on süsteemi ummistumine pikakõrreliste sööda- ja allapanu jääkidega minimaalne. Ammoniaagi emissioon tõrgeteta töötava lattkraapkonveieriga laudas jääb aastakeskmisena 3…5 % tasemele. Sõnnik kogutakse lauda otsa või keskele. Hoidlasse ladustamiseks varustatakse lattkraapkonveierid pressuriga. Pressur võimaldab sõnniku ladustamist lauda lähedal paiknevasse hoidlasse. Värske sõnnik surutakse hoidlas oleva sõnnikukihi alla. See võimaldab kasutada väiksema mahutavusega hoidlat, kuna sõnniku ladustamiskõrgus suureneb. Samuti luuakse head tingimused sõnniku käärimiseks. Eelnimetatud põhjustel (väiksem hoidla pindala, värske sõnniku pressimine olemasoleva sõnnikukihi alla) ammoniaagi emissioon hoidlast väheneb.



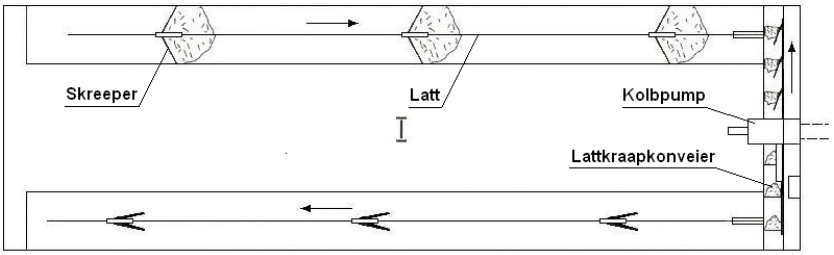
Joonis 19. Lattkraapkonveier

Lattkraapkonveieriga sõnniku eemaldamise süsteemi hind on ca 40…100 € looma kohta.

8.6.4. Skreeperseadmed

Skreeperseadmeid (joonis 20) kasutatakse laiade sõnnikukäikudega, peamiselt vabapidamisega lautades. Kasutatakse skreepereid, mille tööorganit veetakse lati, keti või trossi abil. Tööorganiks võib olla klapp- või tiibskreeper. Esimest tüüpi tööorganit kasutatakse allapanuta või vähese puistallapanu (saepuru, hekselpõhk) korral. Kraabi kõrgus on kuni 200 mm.

Sammskreeperiks nimetatakse lativeoga seadet. Tööorgan liigub mööda latti sammhaaval. Lati edasiliikumisel haakub tööorgan spetsiaalmehhanismi abil latiga ja liigub edasi. Laialipööratud kraabid lohistavad sõnnikut. Lati tagasiliikumisel lahutub skreeper latist ja seisab paigal. Kraapide laialipöördumine toimub renni lõpus (ajami poolt vaadatuna) lati esimesel töökäigul. Kui skreeper on jõudnud koos lohisega väljalaadimiskohani lülitub tööorgani haakumismehhanism ringi ja skreeper hakkab lati tagasiliikumisel koos viimasega sammhaaval liikuma renni lõpu suunas. Kraabid pöörduvad esimese tsükli ajal lati kõrvale. Skreeperi kraapide haardeulatus tehakse vastavalt lauda planeeringus ette nähtud sõnnikurenni laiusele.



Joonis 20. Sammskreeper

Ketiveoga skreeperseadme tööorganeid veetakse keti abil. Enamikul juhtudel paneb kett liikuma kahes rennis paiknevad skreeperid. Töötsükli alguses pöörduvad kraabid renni lõpus laiali ja lohistavad sõnniku väljalaadimiskohale. Seejärel muudetakse ajami elektrimootori pöörlemissuunda, kett hakkab tagasi liikuma, kraabid pöörduvad kokku ja liiguvad tagasi renni lõppu. Kui ühes rennis teevad kraabid töökäiku, siis teises tühikäiku. Seadmetel esinevad kettkraapkonveieritega analoogilised ketiga seotud puudused. Skreeperite vedamiseks võib kasutada ka trossi või kapronköit. Tross korrodeerub kiiresti, köis aga venib. Sõnniku ladustamiseks hoidlasse tuleb skreeperseadmed varustada kas pressuri ja lattkraapkonveieri või sõnnikupumbaga.

Skreeperseadmete tööorganid võivad liikuda ka siis, kui loomad viibivad sõnniku- või söömiskäigus. Ohutuse tagamiseks on tööorganite liikumiskiirus töökäigul enamasti 0,04…0,08 m/s.

Skreeperseadmeid kasutatakse enamasti vabapidamisega lautades, kus sõnnikuga saastub suur ala ning allapanu ei kasutata või kasutatakse minimaalselt. Sellest tulenevalt on ammoniaagi emissioon suhteliselt suur. Sõnniku optimaalse eemaldamise korral lendub aasta keskmiselt 5…10 % väljaheidete lämmastikust. Skreeperseadmete kasutamisel ammoniaagi lendumine sõnnikuhoidlast väheneb (vt. p. 7.6.3.).

Tabelis 26 on esitatud skreeperseadmete orienteeruv maksumus sõltuvalt loomakohtade arvust laudas.

Tabel 26. Skreeperseadmete orienteeruv maksumus

Loomakohtade arv	Maksumus, €	
	Min.	Max.
100	12000	16000
200	12000	22000
500	180000	30000

8.6.5. Vedelsõnnikusüsteemid

Vedelsõnnikusüsteeme (joonis 20) rakendatakse vabapidamisega lautades. Allapanu kasutatakse minimaalselt (saepuru, hekselpõhk, turvas) või ei kasutata üldse. Sõltuvalt lauda konstruktsioonist kogunevad loomade väljaheited pilupõranda või restiga kaetud kanalisse. See võib olla valgkanal (sõnnik valgub välja pidevalt), paiskanal (sõnnik lastakse välja perioodiliselt) või uhtkanal (kanali tühjendamine toimub vedeliku joaga uhtumisel). Väljaheidete piludest läbi surumisele aitab kaasa loomade liikumine söömis- ja puhkealal. Levinuimaks vedelsõnniksüsteemiks Eesti vabapidamisega soojustamata või osaliselt soojustatud veiselautades on betoonpõrandaga (võib olla kaetud spetsiaalse kummimatiga) liikumiskäikudesse kogunenud vedelsõnniku suunamine mobiilse seadme või skreeperiga ristkanalisse. Restiga kaetud ristkanalist eemaldatakse vedelsõnnik perioodiliselt sõnnikuhoidlasse.

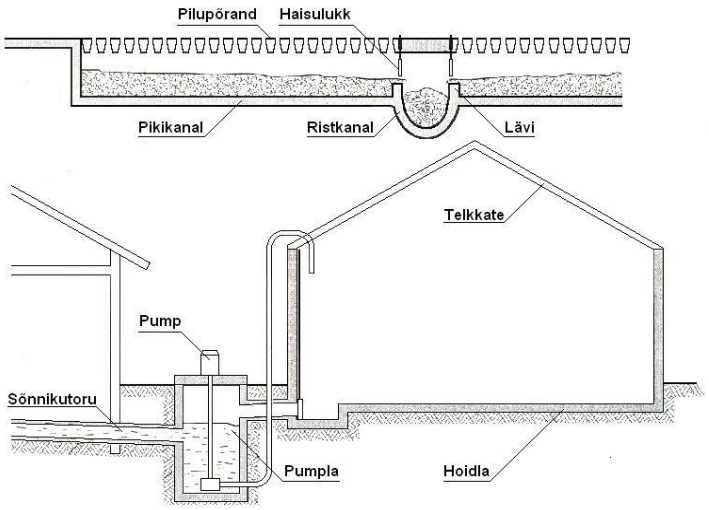
Valgkanalid. Valgkanalid on horisontaalse põhjaga. Väljavoolupoolses otsas (ristkanalisse suubumise kohas) on lävi, mis kindlustab kanalisse 10…20 cm kõrguse vedelikukihi jäämise. Süsteemi käivitamisel lastakse kanalisse vesi. Haisulukuks võib olla kummipõll, mis takistab gaaside tungimist pikikanalisse. Pideva väljavalgumise tõttu on vedelsõnniku pealispind kaldu. Valgkanali pikkus on piiratud, maksimaalselt 30…40 m. Kanali sügavus sõltub pikkusest, 30 m korral 0,9…1,0 m. Ristkanal on soovitav teha poolringikujulise ristlõikega, siis on valgumistakistus minimaalne.

Paiskanalid. Paiskanali põhjal on 0,5 % kalle. Kanal on otsast siibriga suletud. Sõnnikut kogutakse 7…10 päeva. Sõnniku väljavoolamise kiirendamiseks paiskanalist võidakse kanali lõppu pumbata vedelikku (võetakse pumbakaevu põhjast). Pärast tühjendustsüklit lastakse kanali põhja vesi.

Uhtkanalid. Uhtkanalite korral pumbatakse pumbakaevu põhjast võetud vedelik kanali lõppu. Pumbakaevu poolses kanali otsas on lävi, mille abil tagatakse, et uhtkanal on alati vähemalt 20 cm ulatuses täidetud. Kanali

sügavus on tavaliselt 0,9…1,2 m, laius kuni 1,5 m. Kanalis olevat vedelsõnnikut tuleb iga päev vähemalt üks kord segada. Selleks pumbatakse pumpla põhjast kanali lõppu eraldi toru abil vedelsõnnikut. Kanali pikkus võib olla kuni 90 m. Sõnniku eemaldamisel uhtkanalitest ammoniaagi emissioon suureneb.

Restpõrandate ja vedelsõnnikusüsteemidega lautades on ammoniaagi emissioon suur. Aasta keskmisena võib see ulatuda 10 %-ni ja enam väljaheidetes sisalduvast lämmastikust. Ammoniaagi intensiivset lendumist põhjustab suur väljaheidetega saastunud ala (söötmis-puhkeala, pilupõrandad ja restid, ka resti külgpinnad) ning sõnnikukanalite suur avatud pindala. Eriti suureks võib ammoniaagi emissioon kujuneda paiskanalite süsteemi korral, kuna pidevalt lisanduvate väljaheidete tõttu lämmastiku kontsentratsioon kanalites suureneb.



Joonis 21. Vedelsõnnikusüsteemid

Vedelsõnnikusüsteemide orienteeruv maksumus on toodud tabelis 27.

Tabel 27. Vedelsõnnikusüsteemide orienteeruv maksumus

Süsteem	Maksumus, tuh €		
	Min.	Max.	
Valgkanalid / paiskanalid	12	30	Sõltub hoidlate kaugusest ja arvust ning torustiku tüübist
Uhtkanalid	12	25	Sõltub hoidlate kaugusest ja arvust ning torustiku tüübist

8.7. Heitkoguste vähendamise tehnikad veisekasvatuses

Käesolevas peatükis on käsitletud meetodeid ja tehnoloogiaid, mis võimaldavad vähendada intensiivses veisekasvatuses tekkivate keskkonnaohtlike ainet hulka ja piirata nende keskkonda sattumist. Peamine tähelepanu on pööratud lämmastiku kadude, eelkõige ammoniaagi emissiooni vähendamisele. Valdkonnad, mille kaudu on võimalik vähendada keskkonnasaastet on järgnevad:

- Söötmine. Söötade, eriti söödaproteiini kasutamise optimeerimine võimaldab vähendada väljaheidete ja selles sisalduva lämmastiku kogust.
- Lauda sisekliima. Lauda sisetemperatuuri ja õhu liikumise kiiruse optimeerimine. Ühe või mõlema nimetatud parameetri alandamine vähendab ammoniaagi lendumist.
- Pidamistehnoloogiad (lauda konstruktsioon, laudaseadmed, sõnniku käitlemine). Ammoniaagi emissiooni alandavateks teguriteks on väljaheidetega saastuva ala vähendamine; optimaalse koguse allapanu kasutamine; optimaalne sagedus sõnniku eemaldamisel laudast hoidlasse; sõnniku füüsikaliste või keemiliste omaduste muutmine, näiteks pH alandamine; materjalide kasutamine, mida on lihtne puhastada jne.
- Toruotsa tehnoloogiad

8.7.1. Heitkoguste vähendamine lõaspidamisega lautades

Lõaspidamisega laudad on enamasti soojustatud, sundventilatsiooniga loomapidamishooned, kus kasutatakse peamiselt tahesõnniku tehnoloogiaid. Saasteainete eritumist vähendavad:

- Optimaalne söötmine vastavalt loomade füsioloogilisele toitefaktorite tarbele. Optimeeritud söötmise tulemusena eritub looma organismist vähem väljaheiteid, mille toiteelementide sisaldus on madalam.
- Lämmastiku, eriti ammoniaagi lendumist vähendab sage (vähemalt kaks korda päevas) asemete puhastamine ja sõnniku eemaldamine laudast.
- Piisavas koguses allapanu kasutamine. Levinumateks allapanumaterjalideks on hekselpõhk, freesturvas ja saepuru.
- Laudainventari (asemete piirded jms.) ja konstruktsioonide (seinad, talad jms) puhastamine neile sattunud väljaheidetest vastavalt vajadusele.
- Regulaarne sõnniku eemaldamise süsteemi (kett- ja lattkraapkonveierid; skreeperseadmed) sõlmede puhastamine, tehniline kontroll ja vajadusele remont.
- Lauda ventilatsioonisüsteemi optimaalne kasutamine.

8.7.2. Heitkoguste vähendamine vabapidamisega lautades

Vabapidamisega laudad on enamasti soojustamata või osaliselt soojustatud, loomuliku ventilatsiooniga loomapidamishooned, kus kasutatakse poolvedel- ja vedelsõnniku tehnoloogiaid. Saasteainete eritumist vähendavad:

- Optimaalne söötmine vastavalt loomade füsioloogilisele toitefaktorite tarbele. Optimeeritud söötmise tulemusena eritub looma organismist vähem väljaheiteid, mille toiteelementide sisaldus on madalam.
- Lämmastiku, eriti ammoniaagi lendumist vähendab sage (vähemalt kaks korda päevas) asemete puhastamine ja sõnniku eemaldamine laudast (ristkanalitest).
- Võimalusel allapanu kasutamine.
- Laudainventari (asemete piirded jms.) ja konstruktsioonide (seinad, restpõrandad liikumisaladel jms) regulaarne puhastamine neile sattunud väljaheidetest.
- Regulaarne skreeperseadme sõlmede puhastamine, tehniline kontroll ja vajadusel remont.
- Ammoniaagi emissiooni vähendavate preparaatide lisamine vedelsõnnikule (vedelsõnniku pH regulaatorid, bakteritsiidsed preparaadid).
- Optimaalse õhuvahetuse tagamine laudas vastavalt välistemperatuurile ja tuule suunale.

8.7.3. Lenduvate saasteainete vähendamine nn. „toruotsa" tehnoloogiatega

Toruotsa tehnoloogia rakendamisel juhitakse ventilatsiooni kaudu laudast väljapumbatav õhk läbi spetsiaalsete filtrite. Filtrites seotakse lauda õhus olev lämmastik (ammoniaak). Toruotsa tehnoloogiad on kasutatavad ainult kontrollitava õhuvahetusega (sundventilatsiooniga) põhiliselt soojustatud loomapidamishoonetes, loomuliku ventilatsiooniga soojustamata lautadesse need ei sobi.

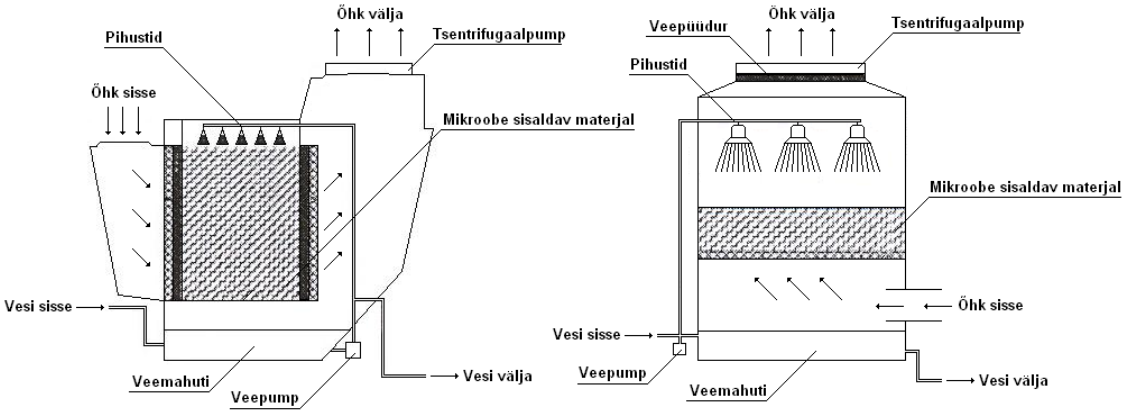
Biofiltrid. (joonis 22) Biofiltris juhitakse laudast väljapumbatav saastunud õhk läbi ammoniaaki siduva niiske materjali kihi. Absorbeerunud ammoniaagi seovad mikroorganismid. Biofiltrid võimaldavad eemaldada 50…90 % laudaõhus olevast ammoniaagist.

Biofiltrite kasutamisel suureneb lauda vee- ja energiatarve. Samuti on vajalik sõnnikuhoidlate (virtsahoidlate) mahu suurendamine filtrites tekkiva reovee ladustamiseks.

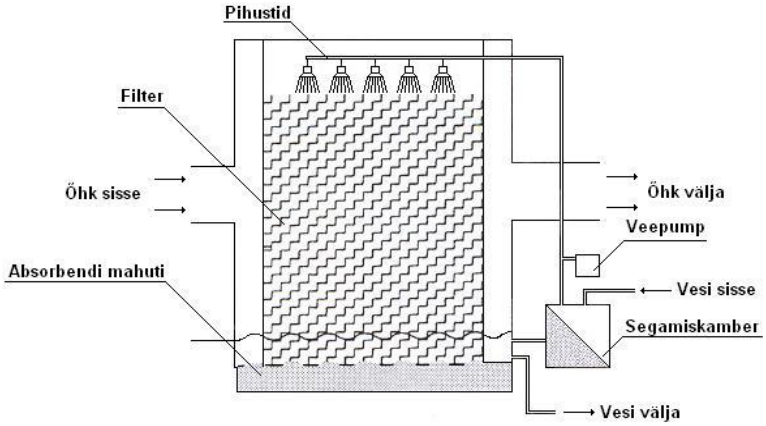
Keemilised märgpuhastid. (joonis 23) Keemilises märgpuhastis juhitakse laudast väljapumbatav saastunud õhk läbi absorbeerivaid vedelikke sisaldava filtri. Peamiselt kasutatakse absorbentidena lahjendatud väävel- ja soolhapet. Ammoniaak eemaldatakse laudaõhust keemilise rektsiooni tulemusena:

$$2\ NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow 2\ NH_4^+ + SO_4^{2-}$$

Keemilised märgpuhastid eemaldavad laudaõhust kuni 90 % ammoniaagist. Keemiliste märgpuhastite kasutamisel suureneb lauda vee- ja energiatarve. Puhastist väljuv reovesi sisaldab sõltuvalt kasutatavast absorbendist suures koguses sulfaate või kloriide. Seetõttu on keemilise märgpuhasti kasutamisel vajalik eraldi reoveemahuti olemasolu.



Joonis 22. Biofiltrid



Joonis 23. Keemiline märgpuhasti

8.8. Lõhna vähendamine

Väljaheidetele (sõnnikule) annavad ebameeldiva lõhna paljud keemilised ühendid: lenduvad rasvhapped, alkoholid (indool, skatool, p-krestool jne), H_2S ja selle derivaadid, ammoniaak ning teised lämmastikühendid (amiinid ja merkaptaanid).

Väljaheidetega eralduva lämmastiku ja lõhnaainete kogust on võimalik mõjutada söödaratsiooni toitefaktorite sisalduse kaudu. Tasakaalustatud ratsiooni söötmisel (suur proteiini kasutamise efektiivsus) on väljaheidete lämmastiku ja lõhnaainete kontsentratsioon madalam.

Väljaheidetest (sõnnikust) lähtuva ebameeldiva lõhna lendumist alandavad samuti:

- Efektiivne sõnniku käitlemine (õigeaegne eemaldamine loompidamishoonest, piisav kogus allapanu, puhtad loomad, laudainventar ja –piirded).
- Sõnniku ladustamine kaetud (varikatusega) hoidlasse.
- Vedelsõnnikusüsteemidega lautades (valg-, uht- ja paiskanalid) õhuvoolude vältimine kanalites.

Elumajade vahetus läheduses paiknevatest sundventilatsiooniga loomapidamishoonetest pärineva lõhna vähendamiseks (hajutamiseks) on järgmised tehnilised võimalused:

- Filtrid (vt. pt. 7.7.3.)
- Ventilatsioonisüsteemi väljalaskeavade viimine elumajade suhtes hoone vastasküljele.
- Õhu liikumist takistavate (suunavate) barjääride (hekid jms.) rajamine.
- Hajutamine (kontsentratsiooni vähendamine ruumalaühikus) tulenevalt lauda konstruktsioonist, paiknemisest ja ventilatsioonisüsteemi võimsusest. Olulisemad faktorid, millest oleneb saasteainete (lõhnaainete) kontsentratsioon ruumalaühikus on: saasteaine tekkimise intensiivsus, ventilatsiooni

maht, kaugus saasteaine tekke allikast ja saasteaine õhkupaiskamise allika (ventilatsioonikorstna) kõrgus maapinnast.

Loomuliku ventilatsiooniga loomapidamishooneid ei ole soovitav rajada väga tuulistesse, samuti tuulevaiksetesse piirkondadesse. Loomuliku ventilatsiooni korral mõjutab saasteainete lendumist kõige enam õhu liikumise kiirus ja suund. Hoonega paralleelselt puhuva tuule korral on lenduvate saasteainete eritumine väliskeskkonda ca 50 % võrra väiksem võrreldes risti puhuva tuulega. Seepärast soovitatakse loomuliku ventilatsiooniga loomapidamishooned ehitada paralleelselt valitsevate tuulte suunaga. Loomuliku ventilatsiooniga loomapidamishoonetest lähtuva lõhna vähendamiseks (hajutamiseks) on järgmised tehnilised võimalused:

- Ventilatsiooniavade avamine/sulgemine vastavalt tuule suunale ja tugevusele.
- Õhu liikumist takistavate (suunavate) barjääride rajamine.

8.9. Heitkoguste vähendamine hoidlatest

8.9.1. Heitekoguste vähendamine tahesõnnikuhoidlatest

Lahustuvate toitainete pinnasesse ning pinna- ja põhjavette sattumise vältimiseks peab tahesõnnikuhoidlal olema lekkekindel põhi ja seinad (vt. pt. 5.3). Sõnnikukihist väljavalguva vedela fraktsiooni (uriin, sademete vesi) kogumiseks tuleb tahesõnnikuhoidla varustada virtsamahutiga. Tahesõnnikuhoidla on soovitav katta varikatusega. Varikatusega hoidla ja virtsamahuti võib ehitada väiksema, kuna sellesse ei lisandu sademete vett. Tahesõnnikuhoidla peab mahutama vähemalt 8 kuu sõnniku.

Lõhna leviku vähendamiseks on soovitav sõnnikuhoidla ehitamisel arvestada valitsevate tuulte suunaga. Sissepääs sõnnikuhoidlasse peaks jääma allatuult. Elamurajoonide vahetus läheduses paiknevad tahesõnnikuhoidlad tuleks ümbritseda õhu liikumist suunavate barjääridega (hekid, puud, varjed).

Varikatuse rajamine (telkkatus, jäik kate, PVC kate) olemasolevale hoidlale on tehniliselt keerukas. Tahesõnnikuhoidla katus maksab arvutuslikult 30…45 €/m², sõltudes peamiselt kasutatavast kattematerjalist.

Konkreetse näitena kujunes 2013.a. hindadest lähtuvalt Saaremaale rajatud 3000 tonni tahesõnnikut mahutava hoidla (mõõtmed 53 x 30 x 2 m, virtsa ärajuhtimine, betoonplats lauda ja hoidla vahel) kogumaksumuseks ca 150 000 € (km-ta).

8.9.2. Heitekoguste vähendamine poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidlatest

Lahustuvate toitainete pinnasesse ning pinna- ja põhjavette sattumise vältimiseks peab poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidla olema lekkekindel. Vedelsõnnikuhoidla peab mahutama vähemalt 8 kuu sõnniku. Hoidla lekkekindluse kontroll pärast tühjendamist vähendab keskkonnasaaste riski.

Lõhnasaaste suhtes tundlike alade (elurajoonid) läheduses paiknevates hoidlates on soovitav vedelsõnnikut segada, homogeniseerida ja ümberpumbata ainult sobiva tuule suuna korral.

Saaste- ja lõhnaainete lendumist on võimalik vähendada järgmiste võtetega:

- Sügavamate ja väiksema pindaalaga hoidlate rajamine, loobuda tuleks uute laguuntüüpi hoidlate rajamisest. Mida piiratum on õhuga kontaktis oleva sõnnikukihi pindala, seda väiksem on emissioon.
- Sõnnikuhoidla täitmine mitte maksimaalse mahutavuseni s.o. osaline täitmine. Osaliselt täidetud sõnnikuhoidla seinad toimivad õhu liikumist takistavate barjääridena. Mida väiksem on õhu liikumise (tuule) kiirus sõnniku pinnakihi kohal, seda väiksem on emissioon.
- Ammoniaagi emissiooni vähendavate bakterkultuuride kasutamine. Mitmed firmad turustavad preparaate, mille kasutamine peaks vähendama ammoniaagi lendumist nii laudas kui ka sõnnikuhoidlas (vedel- ja poolvedelsõnnik). Preparaati lisatakse perioodiliselt kas laudas ristkanalisse (vahepumplasse) või sõnnikuhoidlasse. Kuna sõltumatud uuringud selliste preparaatide efektiivsuse osas puuduvad, siis tuleks nende kasutamisse, eriti suurtootmises, suhtuda pigem skeptiliselt. Juhul kui selliseid preparaate siiski kasutatakse, tuleb rangelt järgida tootjafirma juhiseid. Mingil juhul ei tohi nimetatud tehnoloogiat rakendada farmides, mille sõnnikut kasutatakse biogaasijaama substraadina.
- Sõnnikhoidla katmine. Jäiga või elastse katte (katusega) poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidla kasutamisel tuleb järgida ohutusreegleid, kuna mikroobide elutegevuse tulemusena tekib sõnniku käärimisel metaani ja vähesel määral ka väävelvesinikku. Kõrge välistemperatuuri juures võib hoidla sisemuses nimetatud ühendite kontsentratsioon ületada kriitilise piiri.

Jäigad katted (katused). Jäigaks materjaliks võib olla betoon, metall (teras), fiiberklaas jms, nii lame- kui koonusja katusena. Jäika materjali kasutatakse tavaliselt väiksemate sõnnikuhoidlate katmiseks. 25 m diameetrist suurema hoidla puhul tuleb katus toestada, eriti betoonkatuse korral. Tavaliselt ehitatakse katus juba hoidla rajamise käigus. Katuseta vedelsõnnikuhoidlale katuse ehitamine on keerukas ning kallis. Nimetatud tüüpi katuse minimaalne ekspluatatsiooniaeg on ca 20 aastat. Jäiga katuse rajamine poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidlale vähendab saasteainete emissiooni kuni 2 % -ni ladustatud lämmastiku kogusest. Betoonkatuse rajamine betoonelementidest rõngasmahutile maksab ca 80 €/m².

Elastsed katted (katused). Elastne e. telkkatus on valmistatud tihedast, spetsiaalselt töödeldud presendist või plastikmaterjalist. Tavaliselt paigaldatakse elastne katus ringja põhiplaaniga sõnnikuhoidlale. Elastne katus tuleb projekteerida ja ehitada vastupidav keskkonnamõjurite suhtes (lume raskus, tugev tuul). Elastse katuse rajamine on otstarbekas vedelsõnnikuhoidlale, mille diameeter on 15…30 m. Mida suurem on hoidla diameeter, seda töömahukam ja kallim on katusekonstruktsioon. Elastse katuse rajamine poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidlale vähendab saasteainete emissiooni kuni 2 %-ni ladustatud lämmastiku kogusest. Sõltuvalt hoidla diameetrist maksab telkkatuse paigaldus 35-45 €/m².

Väiksema diameetriga poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidla võib katta ka present- või plastkangaga, mille servad on kinnitatud hoidla seinte ülemistele äärtele ning pingutatud üle äärte rippuvate raskustega. Selline kate tuleb varustada ventilatsiooniavadega, vajadusel ka avadega, mille kaudu toimub hoidla täitmine/tühjendamine ja sõnniku segamine.

Ujuvkatted. Väikeste poolvedel- ja vedelsõnnikuhoidla varustamine ujuvkattega on lihtsaim variant lenduvate saasteainete leviku piiramiseks. Seda on lihtne paigaldada ning rekonstrueerimise kulud on väikesed või puuduvad üldse. Ujuvkatteks võib olla nii sõnnikukihi pinnale paigutatud kergest (ujuvast) materjalist kaas kui ka hekselpõhk, kergkruus, turvas, rapsiõli, plastikgraanulid vms. Mõnede materjalide puuduseks on segunemise või lahustumise võimalus vedelsõnnikus, mis halvendab selle kvaliteeti või on ohtlik karjatatavatele loomadele. Suurtootmise tingimustes, kus sõnnikuhoidla (hoidlate) pindala on mitmeid tuhandeid ruutmeetreid ei ole ujuvkatete kasutamine majanduslikult otstarbekas.

Hekselpõhk kui ujuvkate ei sobi väga madala (vähem kui 5 %) kuivainesisaldusega vedelsõnniku katmiseks. Põhust katet võivad kahjustada tugev tuul ja vihm. Samuti on oht pumpade ja väljavooluavad ummistumiseks. Põhust ujuvkate vähendab saasteainete emissiooni 60…70 % võrra. Põhust ujuvkatet tuleb igal aastal uuendada.

Turbast ujuvkate peaks olema minimaalselt 10 cm paksune. Selline ujuvkate vähendab saasteainete emissiooni 90 % ja rohkem. Turbast ujuvkatet tuleb uuendada pärast sõnniku segamist (homogeniseerimist).

Kergkruusa või plastikgraanulite kasutamisel sõnnikuhoidla ujuvkattena sõltub kihi paksus materjali osakeste suurusest. Mida väiksem on graanulite diameeter, seda õhem võib olla kiht. Sõltuvalt graanulite suurusest kujuneb kihi paksuseks 3…20 cm. Nimetatud materjalid ujuvkattena vähendavad saasteainete emissiooni 70…90 %. Probleemiks on segamisseadmete (tiivikulabade) kulumine vedelsõnniku homogeniseerimisel ning laotusseadmete ummistused. Ujuvkattena kasutatud kergkruus ja plastgraanulid on põhimõtteliselt korduvkasutatavad. Kuna looduses on kergkruus või plastgraanulid raskesti lagunevad, siis tuleks nende sattumist pinnasesse vältida. Sõnnikuga saastunud kergkruus või plastgraanulid tuleb utiliseerida keskkonda mittesaastaval viisil.

Rapsiõlikiht sõnnikukihi pinnal vähendab saasteainete emissiooni keskmiselt 90 % võrra. Rapsiõli puuduseks on oht, et anaeroobsete protsesside tulemusena tekib tugev rääsunud lõhn.

Ujuvkatete puhul peaks vedelsõnnikuhoidla täitmise/tühjendamise ava olema võimalikult hoidla põhja lähedal.

8.9.3. Söödahoidlad

Veiste talvist koresööta – silo – säilitatakse Eestis peamiselt tranšeedes, maapealsetes virnades või pakitakse suurtesse kilest rullidesse (tunnelitesse). Silo ladustamisel tekkiva jääkvedeliku (silomahla) pinnasesse ning pinna- ja põhjavette sattumise vältimiseks peab silohoidlal olema lekkekindel põhi ja seinad. Samuti ei tohi silohoidlasse valguda sademeid ega pinnavett. Hoidla konstruktsioon peab tagama silomahla kogumise. Sileerimisel tekkiv silomahl tuleb suunata kas spetsiaalsesse mahutisse või virtsahoidlasse. Silomahla hoidla peab mahutama vähemalt 10 liitrit silomahla 1 m^3 silohoidla ruumala kohta. Need tuleb kaitsta hüdroisolatsiooniga ning varustada vesilukuga välistamaks õhu sissetungimist silosse.

Silotranšee võib konstruktsioonilt olla sarnane betoonelementidest valmistatud tahesõnnikuhoidlaga (joonis 6). Tranšee seinad ja põhi peavad olema siledad ning vastupidavad mehhanismide koormusele, hapetele ning tagama hermeetilisuse. Tähelepanu tuleb pöörata põranda õigele kaldele, et tagada silomahlade ärajuhtimine selleks ettenähtud hoidlasse.

Silo ladustamisel betoneeritud platsil tuleb tähelepanu pöörata eeskätt õigele kaldele (silomahla ärajuhtimine) ja veetiheda betoonpinna saamisele. Silo maapealsel ladustamisel tuleb alusmaterjalina kasutada veekindlat materjali (kilet) ja silomahla sidumiseks põhukihti, paksuses, mis välistab silomahla keskkonda valgumise. Rullsilo põllul hoidmisel on keelatud silorullide virnastamine.

Veisekasvatuses kasutatavad kuivsööda hoiukohad võivad põhjustada mõningast tolmu emissiooni. Selle aitab ära hoida hoidlate regulaarne ülevaatus ja korrashoid, samuti granuleeritud söötade kasutamine Võimalikku tekkivat tolmuprobleemi vähendab ka kinniste kuivsöödapunkrite kasutamine. Viimaseid on soovitav mõnekuuliste vaheaegadega täielikult tühjendada ja inspekteerida, vältimaks võimalikku kuivsööda söödaväärtuse langust ning bioloogilist saastumist.

8.10. Sõnniku töötlemine

Suurem osa veisesõnnikust viiakse orgaanilise väetisena mulda töötlemata kujul. Sõnniku töötlemine ettevõttes võib osutuda vajalikuks/otstarbekaks järgmistel põhjustel:

- Biogaasi tootmine. Sõnniku orgaaniline aine töödeldakse mikroobsete protsesside käigus anaeroobses keskkonnas metaaniks. Metaani kasutatakse elektri- või soojusenergia tootmiseks.
- Lõhnasaaste vähendamine sõnniku säilitamisel/laotamisel.
- Toitainete omastatavuse suurendamine taimedele.
- Pinna- ja põhjavee saastumise riski vähendamine. Sõnniku toitainete, eeskätt lämmastiku viimine vähem keskkonnaohtlikesse vormidesse. Lämmastik esineb sõnnikus peamiselt orgaaniliste- (valguliste) ja ammooniumühendite (NH_4^+) ning nitritite (NO_2^-) ja nitraatidena (NO_3^-). Töötlemise tulemusena konverteeritakse nimetatud ühendid mittelenduvateks või keskkonna suhtes neutraalseks gaasiliseks lämmastikuks (N_2).
- Sõnniku kiire ja ohutu transport kaugematesse piirkondadesse

Enamikel juhtudel eeldab sõnniku töötlemine spetsiaalset tehnikat (tehnoloogiat) ja on seetõttu kallis.

8.10.1. Tahesõnniku kompostimine

Tahesõnniku kompostmine on aeroobne protsess. Kompostimise käigus kerkib temperatuur sõnnikukihis 50…70 kraadini. Selle tulemusena enamus patogeene hävib. Kompostimise tulemusena sõnniku maht väheneb, kuna osa kuivainest laguneb ning lendub süsihappegaasina, samuti aurustub sõnnikus sisalduv vesi. Kompostitud sõnniku kuivainesisaldus võib olla suurem kui 85 %.

Kompostitud sõnnikul puudub lõhn, seda on lihtne pakendada ja transportida.

Tahesõnnikut saab kompostida vahetult sõnnikuhoidlas (soovitavalt varikatusega) ja spetsiaalselt selleks rajatud kompostimisväljakul. Protsessi käivitumiseks peab sõnniku kuivainesisaldus olema vähemalt 18…20 %. Madalama kuivainesisalduse korral tuleb kompostitavale materjalile lisada kas hekselpõhku või turvast. Kompostimiseks vajaliku hapniku olemasolu tagamiseks tuleb sõnnikukihti segada. Kuna tegemist on aeroobse protsessiga, siis kompostimisel lendub 10…55 % sõnniku lämmastikust ammoniaagina, samuti võib probleemiks osutuda segamise käigus erituv ebameeldiv lõhn. Saasteainete lendumist vähendab sõnnikukihi katmine turba, põhu või saepuruga pärast segamist. Sõltuvalt sõnnikukihi segamise sagedusest kestab kompostimine 6 kuud ja rohkem.

Lisanduv energiakulu kompostsõnniku tootmisel oleneb kasutatavast tehnoloogiast ning segamiskordade arvust. Ühekordsel sõnnikukihi segamisel arvestatakse energiakuluks keskmiselt 5 kWh tonni kohta. Eritehnoloogiate rakendamisel võib energiakulu ulatuda 8…50 kWh/t.

8.10.2. Vedelsõnniku separeerimine

Separeerimisel sõnnik eraldatakse mehaaniliselt tahedaks (k.a 15–30%) ja vedelaks (k.a4–8%) fraktsiooniks. Vedelat fraktsiooni on lihtsam transportida vabavoolu või pumpamise abil. Tahedat fraktsiooni on võimalik kasutada allapanuna, laotada põllule, kompostida või müüa. Alternatiivne süsteem eraldab värske sõnniku taheda ja vedela fraktsiooni. Vedelamat setitatakse edasi settekaevus (selgendamine). Lõpuks aereeritakse dekanteeritud vedelikku pikaaegse hoiustamise käigus. Sellega kaasneb mõningane haisu vähenemine. Selliselt töödeldud vedelikku on tehniliselt võimalik vihmutada põllule kõrgsurvepihustiga.

8.10.3. Vedelsõnniku aeroobne töötlemine (aereerimine)

Vedelsõnniku aereerimise (õhustamise) eesmärgiks on vähendada selles ammoniaaklämmastiku sisaldust ja lõhnaainete eritumist. Aereerimisel toimub vedelsõnnikus aeroobne lagundamine. Oluliseks faktoriks protsessi käivitumisel on välistemperatuur. Madalal temperatuuril (talvel) võib protsess mitte käivituda. Mikroobse sünteesi tulemusena viiakse osa ammooniumlämmastikust mittelenduvasse vormi, osa lendub atmosfääri.

Aereeritud vedelsõnnikut kasutatakse edukalt põllu- ja rohumaade väetamiseks.

Vedelsõnnikut saab aereerida vahetult hoidlas. Sõltuvalt kasutatavast tehnoloogiast ning aereerimise intensiivsusest on energiakulu 1 m^3 vedelsõnniku kohta 10…38 kWh.

8.10.4. Vedel- ja tahesõnniku anaeroobne kääritamine (biogaasi tootmine)

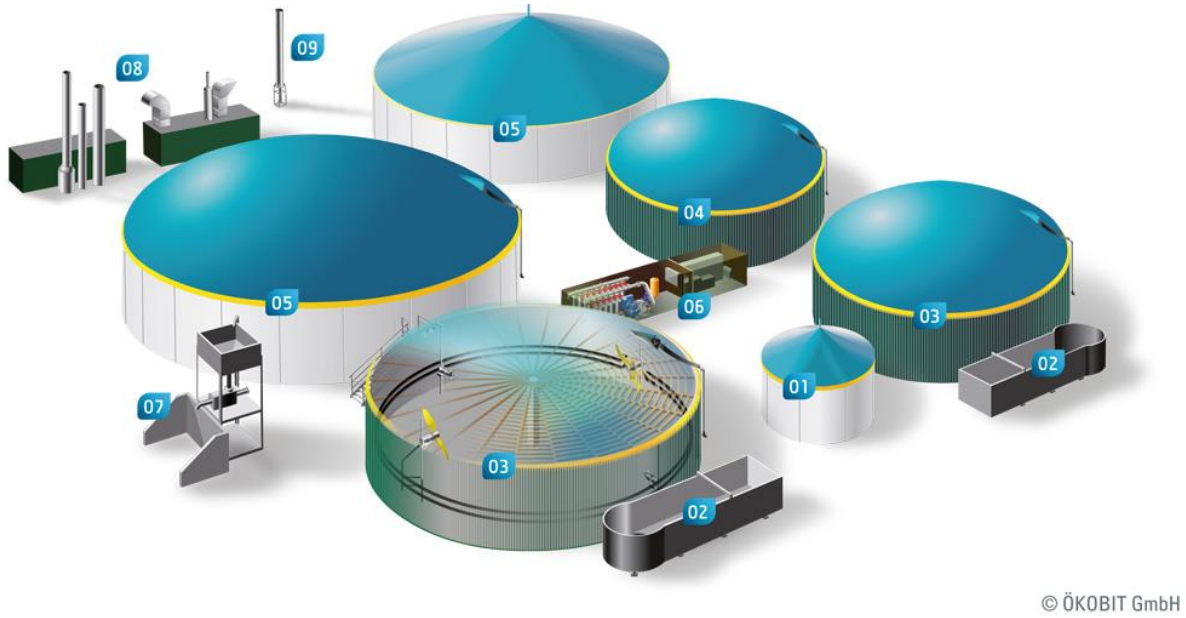
Anaeroobne kääritamine ehk biogaasi tootmine on üks efektiivsemaid tehnoloogiaid erinevate biolagunevate jäätmete käitlemiseks. Veisefarmides võimaldab biogaasi tehnoloogia samaaegselt toota energiat (elektri, soojuse või transportkütusena), taaskasutada makro- ja mikrotoitaineid väetisena, hävitada umbrohuseemneid ja erinevaid patogeene ning vähendada kasvuhoonegaaside emissioone läga ja tahesõnniku käitlemisel ning hoiustamisel. Anaeroobse kääritamise võib üldises plaanis jaotada kaheks: üksiku tooraine monokääritamine (näiteks vedelsõnnik) või mitme tooraine kooskääritamine. Erinevate biolagunevate jäätmete vedelsõnnikuga kooskääritamise puhul tõuseb biogaasi toodang reaktorite mahuühiku kohta ning makro- ja mikrotoitainete sisaldus kääritusjäägis, mis tõstab oluliselt kääritusjäägi väärtust mineraalväetiste asendajana. Kuna vedelsõnniku biogaasi potentsiaal mahuühiku kohta on suhteliselt madal, siis tavapärane praktika põllumajandussektoris on kooskääritamine.

Biogaasi on võimalik toota märg- ja kuivkääritamisega. Kui algmaterjali (substraadi) kuivainesisaldus (KA) on alla 25%, siis on tegu märgkääritamisega, kui aga 25-45%, siis kuivkääritamisega. Märg- ja kuivkääritamine on tehnoloogilise lahenduse osas täiesti erinevad protsessid ning näited mõlema tehnoloogia võimalike kontseptsioonide osas on toodud joonisel 24 ja 25 .

Joonis 24. Majasisesel kuivkääritamise tehnoloogial baseeruva biogaasijaama võimalik kontseptsioon (http://www.viessmann.com/com/en/products/Biogas-plants.html)

Anaeroobne kääritamine on bioloogiline protsess, mis toimub anaeroobses (hapnikuvabas) keskkonnas, mille käigus bakterid lagundavad orgaanilist ainet. Protsessi produktideks on biogaas ja kääritusjääk (digestaat). Biogaas koosneb peamiselt metaanist (CH_4) 45-75% ja süsihappegaasist (CO_2) 25-55%. Sõltuvalt kasutatud toorainete koostisest on biogaasis ka väävelvesinik (H_2S), lämmastik (N_2), ammoniaak (NH_3), hapnik (O_2), vesinik (H_2), veeaur (H_2O) ja siloksaanid, mis tuleb biogaasist enne kasutamist eemaldada. Biogaasi kvaliteet ja toodang sõltub tooraine koostisest ning biolagundatavuse astmest. Teoreetiliselt on proteiini metaani tootlikkus 496 m^3/tonni kohta, rasva puhul on see 1014 m^3 CH_4/t ja süsivesikute puhul 415 m^3 CH_4/t. Biolagundatavuse aste sõltub otseselt tooraine koostisest ja struktuurist ning seetõttu on biogaasi potentsiaali hinnangute puhul oluline toorainete koostise analüüsimine ja võimalusel ka biogaasi potentsiaali katseline määramine. Näiteks ligniin anaeroobse kääritamise käigus ei lagune. Samas erinevad suhkrud, loomset päritolu rasvad ja proteiinid on praktiliselt 100% biolagundatavad.

Põllumajandusliku biogaasijaama võimalike toorainete nimistu on väga lai. Arvesse tulevad vedel- ja tahesõnnik, söödajäägid, nii kvaliteetne kui ka madala kvaliteediga rohusilo, 2 ja 3 kategooria loomsed kõrvalsaadused, toiduainetetööstuse biolagunevad jäätmed jne.



Joonis 25. Märgkääritel baseeruva biogaasijaama võimalik kontseptsioon (www.oekobit-biogas.com)

Kuna erinevate toorainete biogaasi potentsiaal sõltub otseselt keemilisest koostisest ja biolagundatavusest, siis keskmistatud väärtusi sisaldavate tabelandmete kasutamine prognooside tegemisel ei ole soovitav. Tabelis 28 on esitatud ülevaade TTÜ Keemiainstituudis teostatud töö tulemustest, milles uuriti 17-nes Eesti piimafarmis toodetud vedelsõnniku metaani potentsiaale. Farmidevaheline variatsioon tootluse osas on suur. Olulise seosena saab välja tuua fakti, et mida kõrgem on vedelsõnniku kuivainesisaldus, seda suurem on metaani toodang. Teiste oluliste mõjuteguritena tuleb arvestada ka söödaratsiooni koostist, piimatoodangut, vedelsõnniku kogumise süsteemi jne.

Tabel 28. Eesti piimafarmides toodetud vedelsõnniku metaani potentsiaalide varieeruvus

Nr	KA%	OA%	m^3 CH_4/t	m^3 CH_4 / t OA
1	4,77	74,29	9,68	273,17
2	5,30	74,43	11,16	282,78
3	5,32	75,03	11,01	275,75
4	5,32	74,86	12,86	322,79
5	6,45	78,62	11,20	220,84
6	6,45	78,62	11,79	232,46
7	7,08	82,20	16,07	276,07
8	7,30	77,83	11,59	203,90
9	7,84	83,84	11,36	172,93
10	7,99	76,31	19,36	317,54
11	7,99	76,31	19,27	316,10
12	8,17	80,38	16,33	248,61
13	8,67	81,83	13,25	186,78
14	8,87	84,67	13,88	184,92
15	10,50	78,60	24,48	296,60
16	10,50	78,60	25,29	306,47
17	11,02	82,51	25,54	280,91
Min	**4,77**	**74,29**	**9,68**	**172,93**
Max	**11,02**	**84,67**	**25,54**	**322,79**
Keskmine	**7,62**	**78,76**	**15,54**	**258,74**
Mediaan	**7,84**	**78,60**	**13,25**	**275,75**
Hälve	**1,91**	**3,35**	**5,36**	**49,78**

Biogaasi tootmisprotsessi jääkproduktiks on kääritusjääk (digestaat), mida kasutatakse sarnaselt töötlemata vedelsõnnikuga põldude väetamiseks. Kääritusjäägi suurimad erinevused võrreldes vedelsõnnikuga on järgnevad:

- Anaeroobse kääritamise käigus lagundatakse enamus kergesti biolagundatavast orgaanilisest ainest (rasvhapped, mono- ja polüsahhariidid), mis muundatakse biogaasiks. Lignotselluloosne biomass laguneb anaeroobse kääritamise käigus vaid osaliselt.
- Rasvhapete lagundamise tulemusena, haiseb kääritusjääk vähem kui kääritamata vedelsõnnik.
- Orgaaniline lämmastik muundatakse protsessis osaliselt ammooniumlämmastikuks, mis on väetamisel taimedele paremini omastatav kui orgaaniline lämmastik.
- Proteiini lagundamise ja sulfaatide redutseerimise käigus eraldub osaliselt gaasifaasi ka väävelvesinik (H_2S).
- Suurem osa ülejäänud makro- ja mikrotoitainetest on süsteemis stabiilsed ning erinevate toorainete kooskääritamise puhul nende sisaldus kääritusjäägis summeerub.
- Anaeroobse kääritamise käigus väheneb oluliselt patogeenide ja umbrohuseemnete sisaldus kääritusjäägis.
- Võrreldes töötlemata lägaga digestaadi hoiustamisel metaani emissioon väheneb.
- Kääritusjäägi pH on võrreldes lägaga kõrgem, seetõttu on katmata hoidlas hoiustamise puhul ammoniaagi lendumine suurem.

Vedel-ja tahesõnniku ning muude toorainete mono- või kooskääritamisel baseeruva biogaasijaama tehnoloogiliste valikute detailseks kirjeldamiseks ja põhjendamiseks on käesoleva dokumendi maht piiratud (vt. käsiraamat „Biogaasi tootmine ja kasutamine“ ja konsulteeri erialaekspertidega). Seetõttu on esitatud vaid mõned üldised soovitused.

Esmalt tuleb teostada detailne toorainete koguste ja koostise analüüs, mille alusel saab otsustada tehnoloogiliste lahenduste sobivuse üle. Põhimõtteliselt on vaja esitada ja saada vastused järgnevatele küsimustele:

- Kas biogaasijaam on ühe ettevõtte sõnnikul baseeruv või on tegu tsentraalse biogaasijaamaga?
- Kas toorainete koostise alusel on mõistliku valida märg- või kuivkääritamise tehnoloogia?
- Kas ja millist substraatide eeltöötlustehnoloogiat (mehhaaniline, bioloogiline, keemiline või ensümaatiline) on mõistlik kasutada?
- Kuidas lahendatakse toorainete hoiustamine?
- Milline saab olema toorainete sisestamise tehnoloogia?
- Kas biogaasijaam rajada ühe- või kaheastmeline?
- Kas protsessi töötemperatuur peaks olema psührofiilses (10-20°C), mesofiilses (32-42°C) või termofiilses (48-55°C) temperatuurivahemikus?
- Kas kääritid on püstised (tööstusliku) või tavapärased madala membraankupliga kääritid?
- Kuidas lahendada kääritusjäägi hoiustamine vältimaks NH_3 lendumist?
- Millisel eesmärgil biogaasi kasutatakse ja sellest tulenevalt ka efektiivseim biogaasi puhastamise tehnoloogia?
- Sõltuvalt põllumaa olemasolust, logistikast jt faktorites on vajalik kalkuleerida, kas kääritusjääki on mõistlik mingil viisil järeltöödelda.

Nimetatud on vaid väike osa otsustest, mida on vaja biogaasijaama projekteerimise puhul teha ning seetõttu ei ole käesolevas dokumendis antud ühtegi konkreetset soovitust tehnoloogiliste valikute osas, kuna kõik otsused on projektipõhised ja sõltuvad kohalikest mõjuteguritest.

Eraldi tuleb esile tõsta kääritusjäägi hoiustamise, järeltöötlemise ja kasutamise tehnoloogia valiku tähtsust. Kuna erinevate lisasubstraatide kooskääritamise puhul on toitainete sisaldus kääritusjäägis akumuleeruv, siis võib tekkida olukord, kus kääritusjäägis on toitaineid rohkem kui oma maadele on võimalik laotada. Lahenduseks on kääritusjäägi järelkäitlustehnoloogiate rakendamine (kääritusjäägi separeerimine tahkeks ja vedelfraktsiooniks või kuivatamine, ammoniaagi eraldamine kontsentreeritud ammooniumsulfaadi või kristallse struviidina jne), mis võimaldavad toitaineid fraktsioneerida või kontsentreerida.

Sõltuvalt biogaasijaama toorainete nimistust ja mahust, biogaasi toodangust, biogaasi kasutamise valikutest ja muudest faktoritest võib biogaasijaama investeering jääda vahemikku 1500-4500 EUR/kW elektri tootmise võimsuse kohta. Sarnasesse investeeringumahu suurusjärku jääb ka biogaasist biometaani tootev biogaasijaam. 100 kW elektritootmise võimsust on võrdne ~45 m^3/tund biogaasi (CH_4 sisaldusega 53%) biometaaniks muundava tootmisüksusega.

Biogaasijaama rajamine läga käitluskompleksina veisekasvatusettevõtte juurde on põhjendatud alates sellise suurusega farmidest, mis vajavad keskkonnakompleksluba. 400 lüpsilehmaga karja puhul on lehmade vedelsõnniku baasil elektri tootmise arvestuslik võimsus ~60 kW, mis noorkarja väljaheidete ja söödajääkide lisamisel tõuseb ~100 kW -ni. Väiksemate farmide puhul osutub sageli majanduslikult otstarbekamaks vedel- ja tahesõnniku käitlemine optimaalses kauguses (arvestades transpordikulu) asuvates biogaasijaamades või siis alternatiivseid meetodeid rakendades.

8.10.5. Vedelsõnniku keemiline ja/või bioloogiline töötlemine

Vedelsõnnikule keemiliste ja/või bioloogiliste preparaatide lisamise eesmärgiks on:

- Saaste- (NH_3, H_2S) ja lõhnaainete emissiooni vähendamine
- Sõnniku füüsikaliste omaduste muutmine
- Toitainete sisalduse suurendamine (väetusomaduste parandamine)
- Patogeensete mikroorganismide hävitamine.

Preparaadid, mida kasutatakse vedelsõnniku töötlemisel jagunevad:

- *Ureaasi inhibiitorid.* Ammoniaak tekib mikroorganismide elutegevuse tulemusena sõnnikus (peamiselt uriini koostises) oleva karbamiidi lagunemisel. Ureaasi inhibiitorid pidurdavad mikroorganismide vastava ensüümi aktiivsust. Siia rühma kuuluvad näiteks fosforamiidid.
- *pH regulaatorid.* Kasutatakse nii anorgaanilisi happeid (fosfor-, sool- ja väävelhape) kui ka kaltsiumi- ja magneesiumi soolasid. Happed pH alandajana ja sellest tulenevalt sõnniku keskkonnaohtlikkuse vähendajana annavad häid tulemusi. Kuna nad on kallid ning nende käitlemine nõuab erivarustust ei ole happeid soovitav farmi tasemel kasutada. Kaltsiumi- ja magneesiumisoolad, reageerides sõnnikus olevate karbonaatidega, alandavad selle pH-d. Kaltsiumi- ja magneesiumisooli soovitatakse kasutada koos teiste keemiliste või bioloogiliste lisanditega.
- *Oksüdeerijad.* Oksüdeerivatest ühenditest kasutatakse vesinikperoksiidi (H_2O_2), kaaliumpermanganaati ($KMnO_4$) ja kaaliumkloraati ($KClO_3$). Nimetatud ühendite lisamisel sõnnikule vabaneb hapnik, mida kasutavad aeroobsed mikroorganismid, anaeroobsed mikroorganismid inaktiveeruvad ning lõhnaained oksüdeeruvad. Tugevaid oksüdeerijaid ei ole farmi tasemel soovitav kasutada, kuna nende käitlemine nõuab erivarustust.
- *Ensüümid.* Pärsivad ühte või mitut sõnnikus toimuvat mikrobiaalset protsessi. Ensüümide kasutamine sõnniku töötlemisel ei nõua erivarustust.
- *Bakterkultuurid.* Bakterkultuure kasutatakse laialdaselt anaeroobse käärimise suunamisel biogaasi reaktorites. Metaani tootvate bakterkultuuride lisamisel suureneb metaani saagis. Ammoniaagi lendumise vähendamiseks vedelsõnnikuhoidlatest kasutatakse spetsiifilisi ammoniaaklämmastikku siduvaid bakterkultuure. Bakterkultuuride kasutamine vedelsõnniku töötlemisel ei nõua erivarustust.

Vedelsõnniku keemilise ja/või bioloogilise töötlemise efektiivsus sõltub kasutatava preparaadi täpsest doseerimisest ja ühtlasest segunemisest (segamisest).

8.10.6. Vedelsõnniku hapestamine

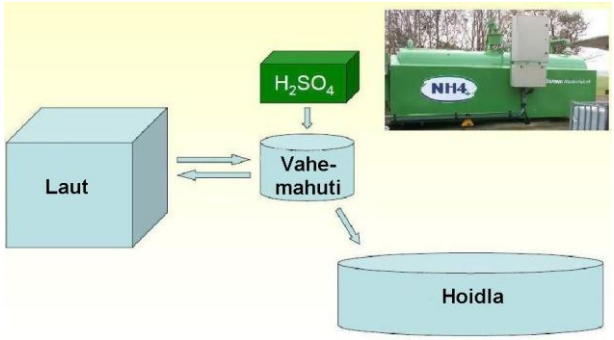
Enamike sõnniku käitlemise operatsioonidega (hoiustamine, segamine, transportimine, laotamine jne) kaasneb ammoniaagi lendumine sõnniku pinnalt. Sõnnikust eralduva ammoniaagi heitkoguse vähendamiseks on soovitatud mitmesuguseid meetmeid: lämmastiku eritumise mõjutamine söödaratsiooni koostise kaudu, lenduva lämmastiku osakaalu vähendamine sõnnikus ning uriini eraldamine roojast, vähendamaks ureaasi ja uriini kokkupuudet (Ndegwa jt, 2008).

Ammoniaagi lendumine sõnnikust sõltub ammooniumioonide ja ammoniaagi vahelisest keemilisest tasakaalust. Sõnniku pH alandamine ehk happelisuse suurendamine nihutab tasakaalu mittelenduvate ammooniumioonide kasuks (Ndegwa jt, 2008). Ammoonium kui sool on vedelsõnnikus märksa stabiilsem kui gaasiline ammoniaak.

Ammoniaagi eraldumine on suurim siis, kui vedelsõnniku pH on 7 – 10. Ammoniaagi lendumine väheneb kui pH on alla 7 ning pH väärtuse 5,5 juures vaba ammoniaak peaaegu puudub. Näiteks sea- ja veise vedelsõnniku hapestamisel väävelhappega (H_2SO_4) ammoniaagi lendumine väheneb järk-järgult ning peatub täielikult pH 5 (seasõnnik) ja pH 4 (veisesõnnik) juures (Ndegwa jt, 2008).

Hapestamist võib läbi viia sõnniku käitlemise kolmes faasis – laudas, hoidlas või laotamisel.

Laudas hapestamine (joonis 26). Enne hoiustamist lisatakse vedelsõnnikule eelkogumispaagis 5 kg/t 96%-list väävelhapet, mille tulemusena pH alaneb 7,5-lt 5,5-le. Seejärel pumbatakse osa vedelsõnnikust tagasi sõnnikukanalitesse, osa aga hoidlasse. Sellisel viisil väheneb ammoniaagi eraldumine nii laudast kui hoidlast (MTK, 2011). Hapestatud vedelsõnnikut tuleb vahemahutis korralikult ventileerida. Happe lisamist kontrollib automaatika, tõrgete korral annab süsteem alarmi (BalticDeal, 2012b).



Joonis 26. Hoiustamiseelne happega töötlemine

Tehnoloogia eelised:

- Vedelsõnnikule happe lisamine vähendab edasisel käitlusel ammoniaagi heidet. Lauda tüübist sõltuvalt võib ammoniaagi lendumine väheneda 65–70%. Happega töödeldud vedelsõnniku korral lendub laudas 4% ja hoidlas 1% ammoniaagist. Happega töödeldud vedelsõnnik sisaldab töötlemata sõnnikuga võrreldes enam lämmastikku. Säilinud ammoniaagi arvel saab vähendada ostetava mineraalväetise kogust;
- Hoidlas eraldub happega töödeldud vedelsõnnikust vähem metaani (CH_4), mis on tõenäoliselt tingitud sellest, et madala pH tõttu on bioloogiline aktiivsus pärsitud (Wesnæs jt, 2011). Peterseni jt (2012) uuring näitas, et vedelsõnniku happega töötlemine vähendas CH4 heitkogust hoidlast 67-87%;
- veise vedelsõnnik muutub homogeensemaks ja seda on lihtsam käidelda (MTK, 2011).

Tehnoloogia puudused:

- Suured ehitus- ja ekspluatatsioonikulud. Energiatarve võib suureneda seoses vedelsõnniku täiendava pumpamisvajadusega (MTK, 2011);
- Võib esineda probleeme loomuliku kooriku hoidmisega happega töödeldud vedelsõnnikul. Seadusega on nõutud, et vedelsõnnikuhoidla oleks emissiooni vähendamiseks kaetud, seetõttu peab kasutama muid katteid (MTK, 2011). Kuna hapestamine vähendab lendumist, siis väheneb ka katmisvajadus;
- Ekspluatatsioonis olevas laudas saab nimetatud tehnoloogiat kasutada pärast üksikasjalikku ekspertiisi. Eelkõige tuleb hinnata materjalide kvaliteeti hapete taluvuse aspektist. Tehnoloogia kogumaksumus võib olemasolevate hoonete korral osutuda oluliselt suuremaks, sest paigaldamise käigus võib osutuda vajalikuks konstruktsioonide ümberehitus (MTK, 2011);
- Tehnoloogia rakendamine võib tekitada töötlemiskoha ümbruses ebameeldivat lõhna, samuti lõhnaheite intensiivistumist sõnniku pumpamisel töötlemismahutisse ja happe lisamisel (MTK, 2011);
- Tehnoloogiat ei tohi kasutada lautades, kus vedelsõnnik eemaldatakse mehaaniliselt (MTK, 2011).

Hoidlas hapestamine. Hapestamine toimub vedelsõnniku segamise ajal. Vedelsõnniku ja happe segamine on ohtlik ja seepärast tuleb vedelsõnniku tase hoida vähemalt 1 m allpool hoidla ülaserva. See on vajalik segamisel tekkiva tugeva vahutamise (vabanevad bikarbonaadid) ohjamiseks..

Hapestamine laotamise käigus (foto 13). Seade mõõdab automaatselt vedelsõnniku pH väärtuse ja lisab sõnnikusse traktori esiripp-paagist 96%-st väävelhapet ja/või raudsulfaati ($FeSO_4$). Väävelhape muudab

vedelsõnniku happelisemaks. Selleks, et alandada pHd 6-ni, on kuupmeetrile vedelsõnnikule vaja lisada keskmiselt 2 liitrit väävelhapet. Ammoniaagi lendumise vähenemine võrreldes töötlemata vedelsõnnikuga on ca 50%. Raudsulfaadi lisamine vähendab laotamisel ebameeldiva lõhna eraldumist . Väävelhappes ja raudsulfaadis sisalduv väävel kasutatakse ära taimede poolt. Väävlit arvestatakse tavaliselt ca 30 kg/ha.

Foto 13. Laotamisaegseks happe lisamiseks on traktori esirippsüsteemile kinnitatud kolm paaki: vasakul hele paak raudsulfaadi, keskel suurem paak väävelhappe ja paremal teine hele paak loputusvee jaoks (Agrotech, 2012)

Vedelsõnniku hapestamiseks on kasutatud mitmesuguseid happeid ja soolasid: fosforhapet, vesinikkloriidhapet, väävelhapet, propioonhapet, laktaathapet, maarjajääd jt. Taani ettevõtte Biocover AS andmeil on majanduslikult kõige soodsam väävelhappe kasutamine.

Vedelsõnniku hapestamine laudas maksab 250 loomühikuga ettevõttele keskmiselt 3,5 €/m^3. Seadmete maksumuseks kujuneb vastavalt 95 000–135 000 €, millele lisanduvad igapäevased kulud energiale, hooldusele, tööjõule ja happele (Infarm. 2007).

Laotamisaegne hapestamine SyreN tehnoloogiaga maksab keskmiselt 1,3 €/m^3 (BioCover, publitseerimata).

Hapestatud vedelsõnniku laotamise eelised:

- Väävli kui taimetoitaine lisandumine mulda väävelhappe kasutamisel (Wesnæs jt, 2011);
- Süsihappegaasi emissiooni vähenemine, kuna mineraalse lämmastikväetise tootmise vajaduse alaneb. (Biocover AS);
- Sekundaarsete peenosakeste lendumise vähenemine, kuna ammooniumnitraadi ja ammooniumsulfaadi teke ammoniaagist on pärsitud (Biocover AS).

Hapestatud vedelsõnniku laotamise puuduseks on väävliga üleväetamise oht. Kui väävelhapet lisada 4,5 l/m^3, siis vedelsõnniku laotamisnormi 30 m^3/ha korral antakse hektarile üle 70 kg väävlit.

FAO (2013) ülevaates loomakasvatuse mõjust kasvuhoonegaaside emissioonile märgitakse, et sõnniku hapestamine taimi oluliselt ei mõjuta, näiteks maisile ja enamikule teraviljadele on hapestatud sõnniku pH sobivas piires (5,5-6,5). Paljud mullad on niikuinii happelised ja vajavad lupjamist. Paraku pole teada uuringuid hapestatud vedelsõnnikuga väetamise pikaajalisest mõjust mullale. Võimalik, et mõnel juhul hapestatud sõnniku kasutamine võib põhjustada sagedamat lupjamise vajadust.

Ohutusnõuded väävelhappe käitlemisel. Väävelhapet tuleb käidelda ventileeritavas ruumis, kasutades asjakohaseid kaitsevahendeid. Vajadusel tuleb kasutada happekindla filtriga hingamisteede kaitsevahendeid. Kindlasti tuleb kanda kaitsekindaid (lateks, nitriil, neopreel, PVC), silmade kaitseks hermeetilisi kaitseprille või täielikku näokaitset ning keemiliselt vastupidavast materjalist kaitseriietust ja jalanõusid. Käepärast peab olema puhta vee pudel silmade loputamiseks Vältida tuleb aurude sissehingamist, aine sattumist nahale, silma ja riietele. Peale käitlemist tuleb end põhjalikult pesta, eemalda saastunud riided ja pesta need enne järgmist kasutamist.

Happe lahjendamisel tuleb valada hapet vette, mitte vastupidi, kuna väävelhappe segunemisel veega tekkiv soojus põhjustab tormilist reaktsiooni, mille tulemusena võib segu anumast välja pritsida. Vältida tuleb kemikaali kokkupuudet metallidega, kuna tekkiv gaasiline vesinik (H_2) on plahvatusohtlik.

Väävelhapet hoiustatakse tihedalt suletud ja nõuetekohaselt märgistatud mahutites, jahedas ja hästiventileeritavas ruumis, eraldi kokkusobimatutest ainetest (põlevad ained, tugevad oksüdeerijad ja redutseerijad, toit, sööt jm.) ja eemal kergestisüttivatest materjalidest. Säilitusruumi põrand peab olema happekindel.

8.11. Sõnniku käitlustehnoloogiad

8.11.1. Vedelsõnniku ja kääritusjäägi käitlustehnoloogiad

Nimetatud peatükis käsitletakse vedelsõnnikut ja kääritusjääki ühiselt vedelsõnniku definitsiooni all.

Vedelsõnniku vedu, laotamine põllule ja muldaviimine võib toimuda nii otseveo- (sama masin transpordib ja laotab) kui ümberpumpamistehnoloogiaga (vedelsõnniku transpordiks ja laotamiseks on erinevad masinad). Etteveo ja laotamismasinate ooteaegade vähendamiseks kasutatakse vaheladustamist põllul kas vastavates vahemahutites, selleks kohandatud merekonteinerites või silindrilistes paakides. Vaheladustusmahutil võib olla pump, et vedelsõnnikut ettevedavast paakhaagisest ümberpumbata.

Vedelsõnniku muldaviimiseks kasutatakse sisestus- või sõbastusseadisega vedelsõnnikulaoturit; või laotatakse vedelsõnnik lohis- või paisklaoturiga põllu pinnale ja segatakse mullaga täiendava tööoperatsiooniga.

Reeglina on vedelsõnnikulaoturid paagiga, mida tuleb perioodiliselt täitmas käia ja see tingib ajakadusid sõidule ning laadimisele. Lisaks kaasneb täis paagiga põllul sõites oluline muldade tallamine. Alternatiiviks on vooliktehnoloogia – vedelsõnnik pumbatakse pideva protsessina hoidlast või vahemahutist voolikute kaudu põllul töötavasse laoturisse. Laotamise ajal lohistab laotur sadade meetrite pikkust voolikut mööda põldu enda järel, laoturil endal paaki ei ole.

Vooliksüsteemid on enamasti teisaldatavad ja vajadusel rakendatakse vahepumpasid. Kasutatakse ka püsitorustikke kuni 8 km pikkuste vahemaade korral. Sellest suuremate kauguste korral kasutatakse üldiselt paakhaagiseid, mis veavad vedelsõnniku põllu servale vahemahutisse, kust väetis pumbatakse vooliku kaudu laoturisse.

Vooliktehnoloogia eeliseks on mulla väiksem tallamine, puuduseks on vooliku takistamatuks liikumiseks vajalik eelnev pinna planeerimine. Sõnnikuhoidla lähedastel põldudel on võimalik saavutada suur laotamistootlus. Väikeste üksikute põldude jaoks on see meetod vähem sobiv, sest pärast põllu töötlemist tuleb voolik tühjendada ja transpordiks kokku kerida

8.11.2. Vedelsõnniku käitlustehnoloogia valikut mõjutavad tegurid

Viimastel aastatel on Eestis rekonstrueeritud hulgaliselt vanu ja ehitatud uusi vedelsõnnikusüsteemidega loomapidamishooneid ning oluliselt on suurenenud käitlemist vajava vedelsõnniku kogus. Võrreldes tahesõnnikuga on vedelsõnniku kasutusvõimalused paindlikumad. Vedelsõnnikut saab teisaldamiseks pumbata torude või voolikute kaudu. Tahesõnniku laadimiseks kasutatavate tsüklilise toimega laadurite ning laoturite konstruktsioon on mõnevõrra keerukam. Vedelsõnnikuga on võimalik pealtväetada kasvavaid kuni 30 cm kõrguseid kultuure.

Vedelsõnniku laotamise eeliseks võrreldes tahesõnnikuga on suur tootlikus (sõltuvalt seadmest võib laotamislaius olla 8–24 m), põldude (mulla) suhteliselt vähene tallamine, eriti tehnoradade olemasolul ning doseerimise täpsus. Puuduseks aga suurem transpordikulu ning intensiivne lõhnaainete ja ammoniaagi lendumine.

Tootmiskulude minimeerimise ja mullakaitse vajaduse tõttu on hakanud künni asemel järjest enam levima mulla pindmine harimine. Pindharimise masinate suure tootlikkuse tõttu sobivad need laotatud vedelsõnniku kiireks segamiseks mulda. See võte vähendab ammoniaagi lendumiskadu, soodustab orgaanilise aine lagunemist ja ergutab umbrohuseemneid tärkama. Sobiva laotamisviisi valikul on vedelsõnnikuga väetamine võimalik nii künni, pindharimise kui ka otsekülvi tehnoloogia korral (Viil jt, 2008).

Vedelsõnniku käitlemise mõju mullale (Viil, 2009).Vedelsõnniku laotamise kõige kiiremad ajad on enne külvi aprillis ja sügisel pärast viljakoristust. Ohud, mis sellel ajal võivad vedelsõnniku laotamisega kaasneda, on mulla tihenemine ja mulla struktuuri halvenemine. Mõlema tekkimise oht on suur siis, kui muld on märg. Eriti ohtlik on see keskmise ja raske lõimisega muldadel. Kõige enam tihendatakse mulda agregaadi rehvidega ülesõidetaval alal s.o. rehvide jälgedes. Taimede normaalne kasv on häiritud, kui mulla lasuvustihedus ületab 1,40–1,45 Mg/m^3. Tootmispõldudel on see näitaja olnud aga 1,67–1,73 Mg/m^3. Eriti tihenenud on muld põllule peale ja mahasõitude alal. Mullaseisundi taastamiseks tuleks need alad pärast tööde lõpetamist sügavkobestiga üles harida. Kevadisel vedelsõnniku kasutamisel on vaja jälgida mulla niiskust. Kui märjale keskmise või raske lõimisega küntud liivsavimullale minna vedelsõnnikut laotama muldaviimise seadisega laoturiga, siis mitte ainult ei tihendata mulda vaid ka lõhutakse selle struktuur. Muld kuivab panklikuks. Pankade purustamine nõuab lisatööd. Selle käigus muld tolmustub. Suureneb mulla peenfraktsiooni (agregaadid läbimõõduga alla 2 mm) osa. Vähese harimise korral on aga ülekaalus suured mullaagregaadid (läbimõõduga üle 5 cm). Kergetel liivsavimuldadel on see oht väiksem. Mullastruktuuri halvenemise oht on väike ka pindmiselt haritud muldadel

(kui mulda on segatud eelkultuuri taimejäänustega). Vedelsõnniku laotamist kevadel tulekski alustada nendel põldudel.

Mullaharimine enne vedelsõnniku laotamist aitab vähendada ammooniumlämmastiku lendumist 40–90% võrreldes harimata mullaga (Sommer ja Thomsen, 1993). Sarnaselt aitab vedelsõnnikul mulda imbuda sõnniku ja mulla segamine. Näiteks vedelsõnniku laotamisjärgne segamine 60 mm sügavuses mullakihis aitas vähendada ammooniumlämmastiku emissiooni 60% (Van der Molen jt, 1990).

Kulude mõju tehnoloogia valikule 2012. aasta andmeil. Eesti Maaviljeluse Instituudi (EMVI) põllumajandustehnika ja tehnoloogia osakonna teadurid on koostanud mudeli laotamistehnoloogia kasutamise otstarbekuse hindamiseks laotamisega kaasnevat ammooniumlämmastiku lendumist arvesse võttes. Mudeli abil hinnati käitlemiskulusid sõltuvalt hoidla ja põllu vahelisest kaugusest erinevate laotamistehnoloogiate ja transpordimeetodite korral. Algandmed, millele tugineti on järgmised:

Ettevõttes aastas käideldava vedelsõnniku kogus on 6000 m^3. Hoidlas paikneb elektriajamiga pumpsegisti jõudlusega 4,5 m^3/min, hinnaga 4 600 €. Vedelsõnnikut segatakse 3 tundi enne väljavedu ja selle kestel. Kõikide laotamistehnoloogiate korral võrreldi arvutusnäites vedelsõnniku hoidlast põllule veo ning 30 m^3/ha normiga laotamise kahte varianti:

- vedelsõnnik veetakse ja laotatakse haagislaoturiga ;
- vedelsõnniku ettevedu põllu servale paakautodega, ümberpumpamine laoturi pumbaga ja laotamine haagislaoturiga.

Haagislaoturi paagi mahutavus oli kõikide arvutuste korral 15 m^3. Paiskseadisega (töölaius 8 m) haagislaotur (hind 32 500 €) oli agregateeritud 100 kW traktoriga (hind 77 000 €). Lohisvoolikseadisega (töölaius 12 m) haagislaotur (hind 43 500 €) oli agregateeritud 120 kW traktoriga (hind 92 000 €). Lõikeketastega sisestuslaotur töölaiusega 6 m (hind 44 000 €) oli agregateeritud 140 kW traktoriga (hind 99 000 €). Vedrupiiseadisega (töölaius 4 m) haagislaotur (hind 40 900 €) oli agregateeritud 160 kW traktoriga (121 000 €). Muldasegava ketasseadisega e randaaliga (töölaius 4 m) haagislaoturi (hind 46 000 €) korral oli arvutusse valitud 200 kW võimsusega traktor (hind 129 000 €).

Vedelsõnniku paakautodega hoidlast veo teenuse maksumus kuni 7 km kaugusele põllule oli erinevate teenusepakkujate keskmisena 1,1 €/m^3. Suurema veokauguse korral lisandus 0,06 €/m^3/ km.

Arvutustes kasutati tabelis 18 esitatud ammooniumlämmastiku kao väärtusi erinevate laotamistehnoloogiate korral. Ammoniaagi lendumisest tingitud kadu on esitatud tabelis 29, kusjuures arvutustes võeti aluseks, et veise vedelsõnnikus on 1,3 kg/m^3 ammooniumlämmastikku ja lämmastiku hind on 0,94 €/kg.

Tabel 29. Ammoniaagi lendumisest tingitud kadu erinevate laotamistehnoloogiate korral

Laotamistehnoloogia	Ammoniaagi lendumisest tingitud kadu	
	N, kg/m^3	€/m^3
Paisklaotamine, muldasegamine 12 tunni jooksul	0,72	0,68
Lohislaotus, muldasegamine 12 tunni jooksul	0,13	0,12
Avalõhe sisestuslaotus (lõikeketastega sisestuslaotur)	0,13	0,12
Segamislaotus (vedrupiide või ketastega segamislaotur)	0,07	0,06

Tabelis 30 ja 31 on toodud vedelsõnniku käitlemise kogukulu, arvestades ka vedelsõnniku veokulu sõltuvalt hoidla ja põllu vahelisest kaugusest. Paisk- ja lohisvooliklaotamisel on arvestatud täiendavaks kuluks vedelsõnniku mullaga segamine rullrandaaliga (34 €/ha). Arvutustest selgus, et kui ammoniaagi lendumiskadu ei arvestata, siis:

- sõltumata veokaugusest on otseveo (laoturiga vedu) korral kõige odavam paisklaotamine ;
- sõltumata veokaugusest on ümberlaadimise (ettevedu paakhaagisega) korral kõige odavam vedrupiidega segamislaotamine;
- võrreldes otseveoga on alates 3 km kaugusest odavam kasutada ümberlaadimisega tehnoloogiat.

Tabel 30. Vedelsõnniku käitlemiskulu €/m^3 sõltuvalt veokaugusest ning veo- ning laotamisvariantidest, ammoniaagi lendumiskadu ei ole arvestatud (2012. a andmed)

Veokaugus, km	Laotamisvariandid				
	paisk	lohisvoolik	lõikeketas	vedrupii	randaal
Vedu laoturiga					
1	**3,14**	3,69	3,27	3,24	3,31
3	**3,93**	4,54	4,18	4,24	4,40
5	**4,72**	5,40	5,09	5,25	5,49
10	**6,71**	7,56	7,37	7,77	8,22
15	**8,69**	9,72	9,66	10,29	10,95
Vedu paakhaagistega					
1	3,77	4,28	3,82	**3,73**	3,76
3	3,79	4,29	3,83	**3,74**	3,77
5	3,80	4,30	3,84	**3,76**	3,78
10	4,09	4,60	4,11	**4,02**	4,05
15	4,44	4,95	4,43	**4,35**	4,38

Tabel 31. Vedelsõnniku käitlemiskulu €/m^3 sõltuvalt veokaugusest ning veo- ning laotamisvariantidest, arvestades ammoniaagi lendumiskadu (2012. a andmed)

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

Nii paisk- kui lohisvooliklaoturi kasutamisel laotatakse vedelsõnnik maapinnale ja segatakse hiljem mullaharimisriistaga, näiteks rullrandaaliga mulda, kuid sellele vaatamata tekib laotamisjärgselt suur ammoniaagi lendumiskadu.

Kui arvestada ammoniaagi lendumiskadu (tabel 18), siis:

- otseveo (laoturiga vedu) korral on odavaim vedrupiidega segamislaotamine 1 km kauguseni, sealt kaugemale lõikeketaslaotamine, kuid alates 10 km-st paisklaotamine;
- sõltumata veokaugusest on ümberlaadimise (ettevedu paakhaagisega) korral odavaim vedrupiidega segamislaotamine;
- võrreldes otseveoga on alates 3 km kaugusest odavam kasutada ümberlaadimisega tehnoloogiat.

8.11.3. Laotamiseks valmendamine hoidlas

Segamise eesmärgiks on vedelsõnniku homogeniseerimine ehk omaduste ühtlustamine mahuti ulatuses. Hoidlas seismisel vedelsõnnik kihistub - põhja vajub sete ja peale kogunevad kergemad osised, mis võivad moodustada kooriku. Homogeniseerimata vedelsõnniku toitainete sisaldus on kihtide lõikes väga ebaühtlane. Seetõttu tuleb vedelsõnnik enne proovide võtmist ja väljapumpamist segada ühtlaseks. Veiste vedelsõnniku segamine vähese settega hoidlates peaks algama vähemalt 4 tundi enne laotamist. Mida paksem on sete, seda kauem tuleb vedelsõnnikut segada. Vedelsõnnikut segatakse ainult vahetult enne laotamist, sest segamise käigus lendub hulgaliselt lämmastikku ammoniaagina (Maves, 2005).

Vedelsõnnikut segatakse tiivik- või pumpseguriga. Segureid käitatakse kas elektriga või saavad nad ajami traktori käitusvõllilt. Seadmed võivad olla nii paiksed (enamasti elektriajamiga) kui ka teisaldatavad.

Segureid saab liigitada tööpõhimõtte alusel kolmeks:

- mehaanilised – tööorganiks on pöörlev tiivik (Foto 13);

- hüdraulilised – vedelsõnnikut pumbatakse hoidlasse tagasi (Foto 14);
- pneumaatilised – hoidla põhja juhitakse suruõhku.

Hüdraulilise pumpseguri eeliseks on sama seadme kasutamine nii sõnniku pumpamiseks kui segamiseks.

Foto 13. Mehaaniline tiiviksegur (GEA, 2012)

Foto 14. Veise vedelsõnniku hüdrauliline segamine laguunis pumpseguriga (Foto: Kalvi Tamm)

8.11.4. Vedelsõnniku laadimine hoidlast

Vedelsõnniku laadimine hoidlast veokile toimub enamasti pumpamise teel, samas on võimalikud ka vedelsõnniku vabavoolul ja vaakumil põhinevad lahendused. Pumbatakse kas paikse või teisaldatava pumbaga või pumpseguriga. Rõngasmahutitest pumbatakse enamasti üle serva pumpseguriga. Laguunhoidlates kasutatakse põhiliselt pealttühjendamist paikse torustiku või teisaldatava pumpseguri abil. Väiksemaid hoidlaid võib tühjendada ka vedelsõnnikulaoturi pumba abil (Leola jt, 2007).

Täitmisjõudluse määrab kasutatav pump, täitetorustiku diameeter ja täitetorustiku pikkus. Sama kompressor-vaakumpumba korral on paagi täitmisele kuluva aja erinevus 150 mm ja 200 mm imitorustiku läbimõõdu korral kahekordne. Enamkasutatavad ühendused vedelsõnniku pumpamisel on läbimõõduga 150, 200 või 250 mm. Kasutatakse ka tsentrifugaalpumpasid.

Pumbad võivad olla nii elektrilise ajamiga kui traktorilt käitatavad (foto 15). Traktorilt käitatavate pumpade jõudlus on vahemikus 14 000–23 000 l/min ning võimsustarve 49–135 kW.

Kui vedelsõnniku hoidlast põllule vedamiseks kasutatakse laoturit, siis saab pumpamiseks kasutada laoturi pumpa (foto 16).

Foto 15. Traktorilt käitatav pumpsegur vedelsõnniku hoidlast paakautosse pumpamiseks (Foto: Raivo Vettik)

Foto 16. Vedelsõnniku pumpamine laoturi pumbaga (Vepi, 2010)

8.11.5. Vedelsõnniku vedamine hoidlast põllule

Väiksemate veokauguste korral transporditakse ja laotatakse vedelsõnnikut kas haagis-, poolhaagis- või liikurlaoturitega. Haagislaoturid on kahe- või kolmeteljelised, kogu massi kannab haagise veermik. Poolhaagislaoturite veermik on ühe- kuni kolmeteljeline, ka tandemina, suurt osa laoturi massist kannab tiisli kaudu traktori haakeseadis. Liikurlaoturitel on oma mootor ja juhtimissüsteem, manööverdamise lihtsustamiseks on tavaliselt kõik rattad juhitavad.

Foto 17. Paakpoolhaagis vedelsõnniku etteveoks (Foto: Raivo Vettik.)

Pikema veokauguse korral kasutatakse vedelsõnniku kiireks põllule transportimiseks paakhaagistega veoautosid mahutavusega kuni 30 m^3 (foto 17). Veoki massi (paagi suurust) piirab nii seadusandlus kui kohalike teede kandevõime. Eesti Vabariigis on maksimaalseks lubatud täismassiks 40 t ja teljekoormuseks sõltuvalt veermiku ehitusest kuni 11,5 t. Lisaks võib kohalik omavalitsus kehtestada teljekoormusele lisapiiranguid. Kevadise teedelagunemise ajal piiratakse teljekoormus sageli 6–8 tonnini. Et vedelsõnnik transpordi ajal paakhaagises ei kihistuks, on paaki võimalik paigaldada hüdromootoriga käitatav mehaaniline segur.

8.11.6. Vedelsõnniku ladustamine põllule

Vedelsõnnikut enamasti ei (vahe)ladustata põllule, kuid nii ettevedavate veokite kui laoturi seisakute vältimiseks võib kasutada põllul teisaldatavaid vahemahuteid (foto 18). Seisakud on põhjustatud ettevedava veoki ja laoturi paakide mahtude erinevusest ning erinevatest ajakuludest laoturi paagi tühjenemisele ja veoki paagi täitmisele. Vahemahuti suurus peaks olema laoturi ja etteveopaagi mahutavuste kordne, sest siis saavad mõlemad masinad töötada teineteisest sõltumatult. Vahemahuti võib olla varustatud pumbaga, mis võimaldab vedelsõnniku ettevedavate veokite paagist vahemahutisse pumbata. Vahemahuti pumpa käitatakse enamasti traktori käitusvõllilt. Vahemahutis on mõnel juhul kasutusel vedelsõnnikust võõrkehasid püüdev vahesein.

Foto 18. Teisaldatav pumbaga vahemahuti. Taustal transpordiasendis lohisvoolikutega laotur pumpab vahemahutist vedelsõnnikut oma paaki. Esiplaanil oleva vooliku kaudu pumbatakse veoki paagist vedelsõnnik vahemahutisse (Foto. Raivo Vettik)

8.11.7. Vedelsõnniku laadimine põllul laoturisse

Vedelsõnnik pumbatakse vahemahutist või ettevedava paakhaagise paagist ümber laoturi paaki kas vahemahuti pumba (foto 18), ettevedava haagise pumba, traktori käitusvõllilt käitatava pumba (foto 19) või laoturi pumbaga (foto 20).

Foto 19. Ümberpumpamine eraldi traktorile paigaldatud pumpamissüsteemiga (Foto: Raivo Vettik)

Foto 20. Ümberpumpamine liikurlaoturi pumpamissüsteemiga (Foto: Kalvi Tamm)

8.11.8. Vedelsõnniku laotamine ja mulda viimine

Kvaliteetse vedelsõnnikulaotamise nõuded on laotamisnormi hoidmine, piki- ja põikühtlikkuse tagamine, kusjuures hälve normist ei tohiks ületada 10%, võimalikult maapinnalähedane ja suuretilgaline laotamine (ammooniumlämmastiku kadude vähendamine). Sõnnik ei tohiks sisaldada võõrkehi (näiteks heinapallide nööre).

Üle 300 loomühiku loomi pidav isik, kes kasutab loomapidamishoones vedelsõnnikutehnoloogiat, või isik, kes lepingu alusel laotab 300-le loomühikule vastava koguse loomade vedelsõnnikut, peab koostama enne vedelsõnniku laotamist vedelsõnniku laotamisplaani, milles tuleb näidata laotatav vedelsõnniku kogus, laotamisala pindala, laotamisviisid, laotamisala põhjavee kaitstus, laotamisalal asuvad pinnaveekogud ja veehaarded (Keskkonnaministri määrus „Veekaitsenõuded …“, RT I, 09.07.2013, 12). Vedelsõnniku laotamisplaani kinnitab Keskkonnaamet kolme aasta kohta. Vedelsõnniku koguse suurenemisel tuleb taotleda laotamisplaani muutmist.

Kasvavate kultuurideta põllule laotatud vedelsõnnik tuleb võimalikult kiiresti (soovitatavalt 4 tunni jooksul) mulda viia, sest esimese 12 tunni jooksul lendub suurem osa ammoniaagist. Vedelsõnniku kasutamisel väetisena on ümbritsevale keskkonnale peamisteks riskifaktoriteks vedelsõnnikus sisalduva lämmastiku emissioon atmosfääri ammoniaagina ja lämmastiku oksiididena, samuti leostumine nitraatidena pinna- ja põhjavette. Esineb ka kaaliumi ja fosfori ärakannet põllult, kui pinnaveel on võimalik voolata mulda imbumata põllult ära.

Lämmastiku kasuteguri suurendamiseks ja ammoniaagi lendumise vähendamiseks peaks vedelsõnniku laotamine toimuma jaheda, sombuse ilmaga, kui relatiivne õhuniiskus on kõrge. Ilm võiks olla tuuletu või nõrga tuulega. Rohumaal on parim aeg laotamiseks kohe pärast karjatamist või niitmist. Lohisvoolikud, lohisdüüsid ja sisestusseadmed aitavad vähendada taimiku vedelsõnnikuga saastumist. Taimik toimib mõnevõrra ka tuule- ja päikesevarjuna vähendades gaaside eraldumist sõnnikust.

Gaaside lendumise ja ebameeldiva lõhna leviku vältimiseks laotamisel on soovitatav kasutada seadmeid, mis viivad laotatava materjali otse maapinnale, segavad mullaga või sisestavad mulda.

Vedelsõnniku laotamisviisid on laus- ja ribaslaotamine. Nende variandid on järgmised:

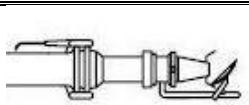
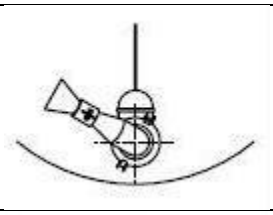
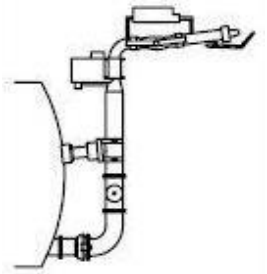
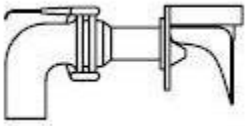
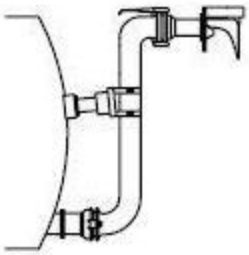
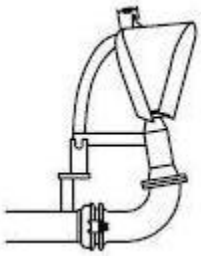
- laotamine põllu pinnale ehk pindlaotamine;
- laotamine põllu pinnale koos samaaegse mullaga segamisega (sõbastamisega);
- sisestamine mulda või rohukamarasse.

Pindlaotamiseks on kaks põhilist viisi: paisklaotamine, kus vedelsõnnik paisatakse lauslaotamisena õhu kaudu laiali ja lohislaotamine, kus vedelsõnnik jaotatakse lohisvoolikute kaudu ribadena põllule pinna lähedalt töölaiuse ulatuses.

Vedelsõnniku mulda või rohukamarasse sisestamise mooduseid on samuti kaks: ühel juhul lõigatakse pinnassesse lõhed kuhu vedelsõnnik suunatakse voolikute kaudu ja teisel juhul pressitakse vedelik maasse survega. Lõhed lõigatakse nugade, piide või ketastega ja on tavaliselt 5–20 cm sügavad. Lõhed jäetakse kas avatuks või suletakse surverataste või -rullikutega.

Paisklaoturid koosnevad traktori haakes olevast vedelsõnniku paagist ja paiskeseadisest (paiskurist). Paisklaoturitel kasutatakse mitmesuguseid paiskureid (tabel 32). Lihtsaim neist on kaldplaadiga paiskur (deflektor), mis hajutab vedelsõnniku joa õhku laiali võimendades aga selliselt ammoniaagi emissiooni (tabel 30). Selle variandi puhul sõltub laotamisühtlikkus olulisel määral tuule tugevusest.

Tabel 32. Paiskurite tüübid (Frick, 1999)

Paiskurite tüübid	Seadiste skeemid
Kaldplaadiga paiskur	
Pendelkäisega paiskur	
Kõrgel paiknev pendelkäisega paiskur	
Püstsuunur	
Kõrgel paiknev püstsuunur	
Pendelpaiskur	

Parema laotamisühtlikkuse saavutamiseks on paiskeseadmeid täiustatud. Paiskesuuna muutmisvõimalusega paiskuriga laotamisel kasutatakse mehaaniliselt või elektriliselt liigutatavaid laotamisdüüse või suunureid, mis edasi-tagasi võnkudes jaotavad vedelsõnnikut kahele poole.

Madalama lehviku tagab pendelkäis, millega on võimalik saavutada laotamisel parem põikühtlikkus. Püstise laotamiselehviku ülalt alla suunamiseks ja lenduvate gaaside õhkupaiskamise vähendamiseks on välja töötatud püstsuunur (foto 21). Suurema töölaiuse saavutamiseks kasutatakse kõrgel asetsevaid variante või mitut paiskurit.

Mitme paiskuri korral on need paigutatud maapinna lähedale poomile, et vähendada vedelsõnniku õhus läbimise teekonda ja seeläbi gaasiliste ühendite lendumist.

Vedelsõnniku paisklaotamisel on rida puudusi:

Foto 21. Püstsuunuriga paisklaotur (Foto: Raivo Vettik)

- suured lämmastiku kaod ammoniaagi lendumise tõttu;
- intensiivne lõhnaainete emissioon;
- ebaühtlane laotamine, doseerimise tülikus;
- problemaatiline on kasvavate taimede, eriti rohumaade väetamine, kuna sõnnikuga saastunud taimedest ei ole võimalik valmistada kvaliteetset silo (heina), samuti väheneb sellise taimiku söödavus karjatamisel või haljassöödana.

Vedelsõnniku paisklaotamine sobib teraviljapõldudele, kus põhk on peenestatud ja tagastatud. Ilmastik peaks olema jahe, tuulevaikne ning udune. Kindlasti tuleb selliselt laotatud vedelsõnnik võimalikult kiiresti pinnasesse segada.

Väga madala kuivainesisaldusega (lahjendatud) vedelsõnniku paisklaotamise erivormiks on laotamine vihmutussüsteemidega. Meetodi rakendamiseks peavad vihmutusega väetatavad alad asuma sõnnikuhoidla lähedal (maksimaalselt 300 m). Piisavalt madala kuivainesisaldusega vedelsõnnik on harilikult suurtes laguun-tüüpi sademetele avatud hoidlates, samuti hoidlates, kuhu juhitakse laudaseadmete ja inventari pesu- ning territooriumilt kogutud sademetevesi.

Lohislaoturid koosnevad vedelsõnniku paagist, jagurist ning voolikutest. Voolikud on kinnitatud ühtlaste vahedega (20–30 cm) poomile (foto 22), nende alumised otsad lohisevad maapinnal. Levinumaks lohislaoturi töölaiuseks on 12 m. Kahe jaguriga lohislaoturi töölaius võib olla kuni 36 m. Lohislaotur suunab vedelsõnniku vahetult mulla pinnale ja enamasti jäävad taimede kõrgemalasuvad lehed puhtaks. Sõltuvalt taimeridade ja voolikute omavahelisest paiknemisest võivad siiski madalamad taimed jääda voolikutest väljuva sõnnikujoa alla. Mõnel juhul võib voolikuots tõusta õhku ja vedelsõnnik sattuda ka kõrgemalasuvatele taimelehtedele. Tänu kiirele kontaktile mullaga on ammoniaagi lendumine võrreldes paisklaotamisega oluliselt väiksem.

Foto 22. Lohislaotur tagantvaates (Foto: Raivo Vettik)

Meetod sobib nii põllu- kui rohumaade ja ka teraviljade ning rapsi kasvuaegseks väetamiseks. Kasvavatele taimedele laotamisel ei tohi taimiku kõrgus ületada 30 cm. Ettevaatlik tuleks olla silo valmistamiseks ja karjatamiseks planeeritud rohumaade väetamisel, kuna esineb mõningast taimede saastumist sõnnikuga. Tulenevalt seadme laiusest ei sobi see väikestele, ebakorrapärase kuju ning järskude tõusude ja langustega põldudele.

Düüsidega lohislaoturid on põhimõtteliselt sarnased lohislaoturitega. Põhierinevuseks on voolikute kinnitamine metallpiidele, mis väldib voolikute laotamise ajal õhkukerkimist ja hoiab nende otste vahekaugused võrdsena, tagades seega parema põikühtlikkuse (foto 22). Voolikud võivad olla kinnitatud ka klaasplastist varrastele, mis võimaldavad külgsuunalist liikumist põllul oleva takistuse korral. Voolikute otstes on spetsiaalsed düüsid, mis suunavad sõnniku vahetult mulla pinnale taimkatte alla, vähendades taimede vegetatiivosade saastumise ohtu. Siiski võib rattajälgedes esineda taimede määrdumist vedelsõnnikuga. Düüsidega lohislaoturi töölaiuseks on enamasti 6–18 m. Masin ei sobi väikestele, ebakorrapärase kujuga ja künklikele põldudele. Kuna düüsid on voolikute otstesse kinnitatud jäigalt, siis tuleb vältida põllu pinnal olevaid kive. Düüs võib olla metallist (foto 23a) või kummist. Kummist düüsile eelneb eraldi juhtkiil (foto 23b), mis sõltuvalt maapinna kõvadusest lõikab mulda kuni 2 cm sügavuse lõhe. Vedelsõnnik suunatakse kummist düüsi kaudu kiilu taha. Lohiskiilseadis jätab ka rattajälgedes taimed vedelsõnnikuga määrimata.

Foto 23. Lohislaoturi voolikud on varustatud düüside ja juhtkiiludega tagamaks võimalikult maapinnalähedane ning doseerimine kitsa ribana. (Foto: Raivo Vettik)

Seadis sobib nii põllu- kui ka rohumaade (kasvavate taimede) väetamiseks. Kasvavatele taimedele laotamisel peaksid taimed olema vähemalt 8 cm kõrgused. Taimede maksimumkõrgus on sama mis tavalise lohislaotamise korral.

Pindmisel laotamisel sõbastamisega ehk segamislaotamisel suunatakse vedelsõnnik voolikute kaudu põllu pinnale ja segatakse sfääriliste ketaste või C-piidega mulla pindmisesse kihti 3–8 cm sügavusele. Sellised lahendused sobivad ka laia reavahega (45–100 cm) kasvatatavate kultuuride (nt mais) kasvuaegseks väetamiseks.

Külvieelsel mullaharimisel kasutatakse vedelsõnnikulaoturi paagi taha haagitud tüükultivaatorile või kergrandaalile paigaldatud laotamisseadiseid.

Foto 24. Vedelsõnniku ketassegamisseadis (Foto: Kalvi Tamm)

Sfäärilised kettad võivad olla nii sileda- kui sälkservalised (foto 24). Kergrandaali kasutamisel laotatakse vedelsõnnik maapinnale kas esimese kettarea ees või siis esimese kettarea ketaste taga. Ketaste vahekaugus on enamasti 25 cm. Esimese kettarea järele laotamisel seguneb nende poolt tekitatud mullapilv vedelsõnniku joaga ja mulla ning sõnniku vaheline esmane kontaktpind on suurem võrreldes esimese kettarea ette laotamisega. Pealegi ei teki sel juhul mulda segatud sõnniku pinnale tagasitoomise efekti.

Vedrupiide kasutamisel laotatakse vedelsõnnik maapinnale piiridade vahele.

Avalõhe-sisestuslaoturid. Kamarasse või mulda lõigatakse nugade või ketastega 2–6 cm sügavused lõhed, kuhu vedelsõnnik suunatakse kummist düüside kaudu, lõhed jäävad avatuks. Lõhede vahekaugus on tavaliselt 20–40 cm ning laoturi enamlevinud töölaius 6 m. Düüsidest väljuvate sõnnikujugade voolutugevus tuleb reguleerida tasemele, mis välistab sõnniku jäämise mulla pinnale (lõhe üleujutamise). Soovituslik laotamisnorm on 15–20 m^3 vedelsõnnikut hektarile. Kui kettad on keskelt paksemad või järgneb lõikekettale kiil, siis on maksimaalne laotamisnorm 30 m^3. Sellest suurema normi korral ei mahu vedelsõnnik lõhedesse ja jääb maapinnale.

Ketasseadised jagunevad:

- 1-kettalised, võivad olla erineva läbimõõduga, kesksuunas paksenevad või kaldsed (foto 25);
- 2-kettalised, lõikavad mulda V-kujulise lõhe (foto 26);
- 1-kettalised koos V-kujulist lõhet moodustava kiiluga (foto 27).

Sisestuslaoturid sobivad nii põllu- kui rohumaade (kasvavate taimede) väetamiseks. Täpse doseerimise korral taimede saastumist sõnnikuga ei esine. Ammoniaagi lendumine on tagasihoidlik. Sisestuslaoturid ei sobi väga kivistele põldudele ning rasketele muldadele, kuhu vajaliku sügavusega lõhe lõikamine on problemaatiline või isegi võimatu.

Foto 25. 1-kettaline avalõhe-sisestusseadis (Foto: Raivo Vettik)

Foto 26. 2-kettaline avalõhe-sisestusseadis (Foto: Raivo Vettik)

Foto 27. 1-kettaline kiiluga avalõhe sisestusseadis (Foto: Raivo Vettik)

Sulglõhe-sisestuslaoturid. Töösügavuse järgi jagunevad need laoturid:

- madalale, 5–10 cm muldaviivad, (foto 28);

- sügavale, 15–20 cm muldaviivad, lõhed tehakse enamasti kas hanijalg- või kobestuskäppadega, käppade vahekaugus 25–50 cm (foto 29).

Madalal muldaviimisel suunatakse vedelsõnnik kummidüüside kaudu lõikeketastega kamarasse lõigatud lõhedesse, mis suletakse surverataste või rullikutega. Laotamiselementide vahekaugus on tavaliselt 25–50 cm. Sügaval muldaviimisel suunatakse vedelsõnnik vahetult käppade- või hanijalgade taga pinnasesse. Kobestatud muld variseb ise lõhesse. Vedelsõnniku laotamise seadmetest on sulglõhe-sisestuslaoturid kõige keskkonnasõbralikumad. Ammoniaagi ja lõhnaainete lendumist praktiliselt ei esine. Vedelsõnniku sügava muldaviimise korral kobestatakse mõningal määral mulda. Sügavat muldaviimist kasutatakse enamasti haritaval maal, sest oht kasvavate taimede juurestikku vigastada on suur. Laoturite puuduseks on väiksem laotamislaius ja vajadus võimsamate traktorite järele. Kasutamist piiravad eelkõige mulla omadused - ei ole sobiv kivistele ja savistele (rasketele) muldadele.

Foto 28. Lõhed suletakse surverattaga (Pichon, 2012**)**

Foto 29. Sügava muldaviimise kobestuskäpad (Foto: Raivo Vettik)

Ribassesisestamislaoturid teevad samaaegselt ribasharimisega vedelsõnniku segamislaotamist (foto 30). Seade on võimeline töötama ribasharimisriistana otse kõrretüül. Hiljem külvatakse haritud ja väetatud ribale saagikultuur. Ribade harimata vahesid jäävad katma eelvilja taimejäänused.

Foto 30. Vogelsang Xtill S (Vogelsang, 2011b**)**

Iga riba harimine toimub viie üksteisele järgneva tööorganiga:

- tähikkettad – kaks sügavushoidikuga tähikketast eemaldavad riba kohalt taimejäänused;
- lõikeketas – hambulise servaga lõikeketas teeb pinnasesse sisselõike riba servas;
- kobestus/väetamiskäpp – sellega kobestatakse muld soovitud sügavuselt. Vedelsõnnik suunatakse käpa tagant pinnasesse;
- lainelise tööpinnaga kettad/lainekettad – kaks lainelise tööpinnaga ketast moodustavad peeneks murendatud mullast valli;
- tihendusrullid – kaks v-asetusega tihendusrulli vormivad külviks hästi ettevalmistatud pinnase.

Survelaotamisel (foto 31) pressitakse vedelsõnnik kuni 5 cm sügavusele pinnasesse kuni 13 atmosfäärise rõhuga. Tööseadisteks on kõrgsurvet taluvad jaotuskambrid, mis tööasendis libisevad maapinnal, transpordiasendis tõstetakse üles. Kambrite alumistel külgedel on avad, mille kaudu kõrgsurvepumbast tulev vedelväetis pihustatakse mulda. Avade juures on pöörlevad noad, mis tekitavad pulseeriva joa ja hoiavad väljalaskeava puhtana. Seda moodust saab kasutada madala taimestikuga ja pinnakivideta põldudel. Survelaoturi kasutamisel sõnniku muldaviimiseks kasutatud surve tahab mullast välja pääseda ja surub osa vedelsõnnikust maapinnale tagasi.

Foto 31. Survelaotur, parempoolne laotusseadis on tööasendis ja ülejäänud kolm transpordiasendis (Foto: Raivo Vettik)

8.11.9. Laotamistehnoloogiate võrdlus

Vedelsõnniku laotamisel kasvava kultuurita maale on levinud järgmised tehnoloogiad:

- paisklaotamine ja sellele järgnev mullaharimine;
- laotamine vahetult põllu pinnale ja sellele järgnev mullaharimine;
- segamislaotamine;
- sisestuslaotamine.

Vedelsõnniku laotamisel kasvava kultuuriga maale (s. h. oras või rohumaa) on levinud järgmised tehnoloogiad:

- paisklaotamine;
- laotamine vahetult põllu pinnale;
- sisestuslaotamine;

Paisklaotamine põhjustab olulisi keskkonnaprobleeme ning selle korral ei ole tagatud laotamiskoguse ristsuunaline ühtlikkus. Kuigi meetodi eelisteks on suur tootlikkus ja masina lihtsusest tingitud väike soetusmaksumus, võib vääralt toimides kaotada ammoniaagi lendumise tõttu kuni 70% lämmastikust ja tekitada olulist lõhnasaastet. Samuti on võimalik oluline vedelsõnniku ärakanne põllult, kui pinnavesi voolab reljeefi ja mullapinna omaduste koosmõju tõttu põllult ära mulda imbumata.

Kuna paisklaotamisel läbib vedelsõnnik märkimisväärse teekonna õhus, siis mõjutab ilmastik nii töölaiust kui ristsuunalist laotamisühtlikkust. Tugev ja puhanguline tuul tekitab tuulekannet, tugev vihm vähendab osiste lennukaugust.

Eeltoodud probleeme leevendab veidi mitme paiskuriga laotamispoomi kasutamine. Toitainete kasutamise efektiivsus jääb ka selle puhul olulisel määral sõltuma edasisest tegevusest. Kui sõnnik jääb kauaks põllu pinnale, on toitainete kadu ja sellest põhjustatud keskkonna kahjustumine paratamatu.

Eeltoodud põhjustel on paisklaotamine reeglina ebasoovitav ja tuleb kõne alla vaid tasastel, ühtlase pinnaga põldudel, kui laotamisele järgneb vahetult mullaharimine ja ilmastikuolud on soodsad (jahe, kõrge õhuniiskus, tuuletu, sademeteta).

Kuigi kasvavatele taimedele on võimalik anda vedelsõnnikut ka pealtväetisena, ei saa paisklaotamise tehnoloogiat taimiku saastumise, negatiivse keskkonnamõju ja suure toitainete kao tõttu soovitada.

Laotamine vahetult põllu pinnale on võimalik mitme erineva tööseadisega - lohisvoolikud, düüsidega lohisvoolikud jne. Nimetatud tehnoloogiate ühiseks tunnuseks on põllu pinnale jäävad vedelsõnniku ribad. Sõltuvalt vooliku omadustest ja kasutatavast hajutist võivad ribade laiused olla mõnest kuni paarikümne sentimeetrini. Kuna laotamiskohani viivad jaoturist algavad voolikud, on vedelsõnniku laotamisnorm ristsuunas ühtlane ja töölaius piiritletakse selgelt töökäigu servaga. Nii lihtsustub masinajuhi töö ja väheneb ülekatete või vahelejättude tekkimise oht. Samuti on välditud tuulekanne.

Selliselt laotatud sõnniku korral väheneb oluliselt keskkonna kahjustumine ja toitainete kadu, kuna erinevalt paisklaotamisest ei pea vedelsõnnik enam läbima pikka vahemaad õhus.

Kui laotamine toimub taimkatteta mullale, on soovitatav laotatud vedelsõnnik segada mullaga võimalikult kiiresti, tagamaks toitainete kättesaadavust mullaelustikule.

Kui laotatakse taimikule, siis tuleb töötamisel jälgida taimiku vigastamise põhjuste - rehvidega tallamine, laotamisseadise lohisemine taimikus - ulatust. Liikumissuuna valikul on taimedele ohutuimaks osutunud töötamine 30-kraadise nurga all taimeridadega. Tuleb vältida korduvat sõitmist samas jäljes ja töötada võimalikult madala rehvirõhuga. Soovitatav on kasutada rehvide erinevates jälgedes liikumise võimalust (liikurmasinatel, mitmeteljeliste telikute või haagise liigendtiisli korral).

Taimi vedelsõnnikuga pealt väetades tuleb arvestada taimede kasutusotstarbega. Kui teraviljade või õlikultuuride puhul ei ole taimelehtedele sattunud vedelsõnnik probleemiks, siis silokultuuride korral tuleb jälgida, et vedelsõnnik satuks taimede alla mulla pinnale ja mitte lehtedele. Eriti suur on probleem laotamisele järgneva kuiva perioodi korral, kui laotamise ja saagikoristuse vahel ei esine piisavalt sademeid, mis uhuksid taimed puhtaks.

Sisestuslaotamine ehk laotamine vedelsõnniku muldaviimisega on oluliselt keskkonnasõbralikum vedelsõnniku kasutusviis. Selleks kasutatavad seadised (kiiljalased, vedrupiid, käpad, ketasseadised, lõheavardid) küll tõstavad seadme maksumust, vähendavad tootlikkust ja suurendavad veojõu vajadust, kuid vedelsõnniku paigutamine taimejuurte ja mullaelustiku vahetusse lähedusse võimaldab taimedel toitaineid hästi ära kasutada.

Peamiseks puuduseks on vedelsõnniku ristsuunalise paiknemise perioodilisus - vedelsõnnikut sisaldavad tsoonid paiknevad vaheldumisi seda mittesisaldavatega. Sõltuvalt kasutatavast seadisest saab vedelsõnniku paigutada 5–15 cm sügavusele (eriseadistega ka sügavamale). Mida sügavamale soovitakse sõnnikut paigutada, seda suurem on veojõu vajadus ja kivises maas seadise purunemise oht. Eriti tundlikud on teatud suurusega kivide suhtes ketasseadised - on esinenud juhtumeid, kus konstruktsiooni eripära tõttu on sobiva suurusega kivi (mõõde sobitub ketta ja kanduri vahelise piluga) kiilunud ketta ja raami vahele ja ketta seisanud. Tulemuseks on ketta muutumine töökõlbmatuks kiire ebasümmeetrilise kulumise tõttu Ketta kulumise tõttu ei satu vedelsõnnik seiskunud ketta kohalt enam ettenähtud sügavusele ja laotamiskvaliteet on rikutud. Muldaviimise seadmestikuga saab laotada nii mullale kui taimikuga põllule. Taimikuga põllule laotamiseks sobivad enam ketasseadised, kuna nende töö vigastab taimede juurestikku vähem. Vedrupii ja eriti lõikeseadmeta käppseadised lõhuvad laiema vao tekitamiseks mulda kõrvale lükates juurestikku kaks-kolm korda enam - tekkiv vagu on 3 cm asemel 6–8 cm laiune.

Vaatlused on näidanud, et kuigi ketastega vahetult kokku puutuvad taimed võivad saada kahjustusi, ei mõju see pärssivalt saagikusele.

Laotamine mulda segava seadisega on vedelsõnniku kõige keskkonnasõbralikum laotamise viis - selliselt on minimeeritud nii toitainete kadu lendumise teel kui vedelsõnniku ärakanne põllult pinnaveega. Puuduseks on kasutatava tehnika kõrge maksumus ja suur veojõu vajadus. Olulise eelise annab kahe operatsiooni - mullaharimise ja vedelsõnniku laotamise ühitamisest tekkiv ajaline kokkuhoid.

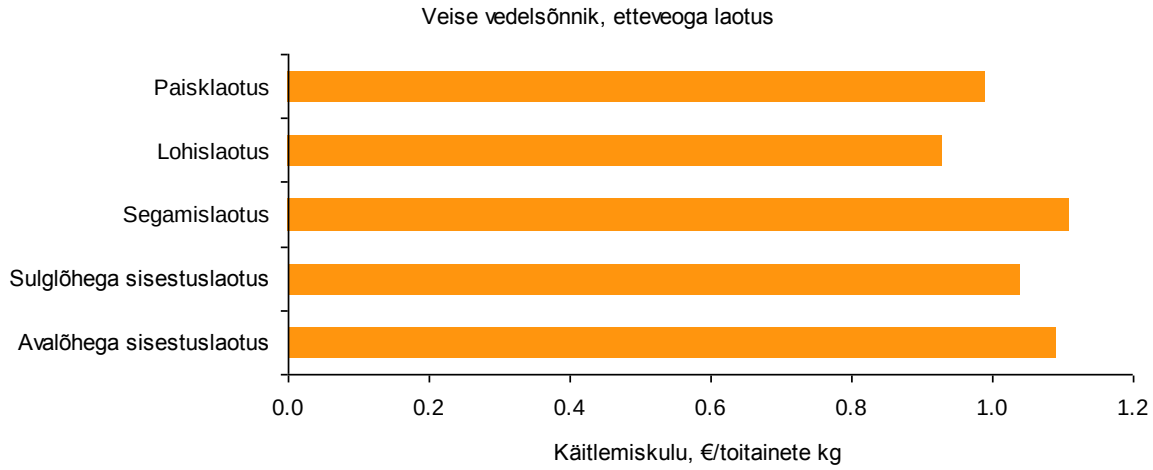
Nende masinate puhul on vedelsõnnikulaoturile liidetud mullaharimise põimseade. Levinuim on rullrandaal. Vedelsõnnik antakse kas esimese kettarea ette või kahe kettarea vahele. Selle tulemusena seguneb vedelsõnnik hästi mullaga, moodustamata vedelsõnnikust küllastunud ja seda mittesaanud tsoone.

Eriti hästi sobib selline meetod sügiseseks (ja teatud tingimustel ka kevadiseks külvieelseks) mullaharimiseks, mille käigus antakse mullale ja taimedele vajalik baastoitainete kogus vedelsõnnikuga. Meetodi puuduseks võib lugeda sobimatust taimede kasvuaegseks väetamiseks, sest mullaharimisseade hävitab taimiku.

Tabelis 33. on esitatud vedelsõnnikulaoturite orienteeruv maksumus. Joonisel 27 on esitatud veiste vedelsõnniku käitluskulud alates hoidlas segamisest kuni mulda viimiseni erinevate tehnoloogiate korral kui põld on hoidlast 3 km kaugusel.

Tabel 33. Vedelsõnnikulaoturite orienteeruv maksumus

Tüüp	Maksumus, eurot		Märkused
	Min.	Max.	
Vedelsõnniku paak, vedelsõnniku pumbaga	8 400	87 000	3…24 m^3
Vedelsõnniku paak, õhupumbaga	10 000	79 000	3…24 m^3
Lohisvooliklaotusseade paagi taha	9 300	42 000	Haardelaius 6-24 m
Ketastega avalõhesse sisestuslaotuse seade paagi taha	10 500	35 500	Haardelaius 3…12 m
Piidega sulglõhesse sisestuslaotuse seade paagi taha	8 200	21 000	Haardelaius 3…6 m



Joonis 27. Veise vedelsõnniku käitluskulud alates hoidlas segamisest kuni mulda viimiseni erinevate tehnoloogiate korral kui põld on hoidlast 3 km kaugusel. Arvesse on võetud ka ammoniaagi lendumisega seotud lämmastikukadu. Sõnniku NPK sisaldus on selles arvutuses 3-0.6-2.1.

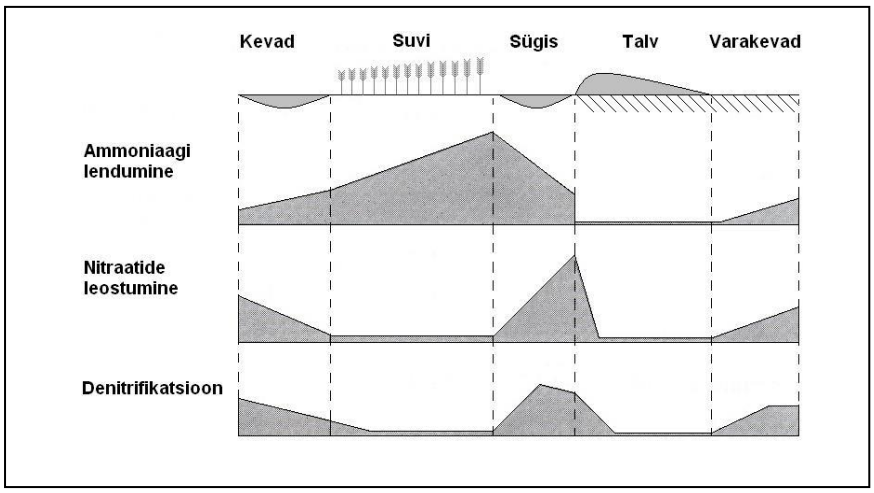
8.12. Tahesõnnik

8.12.1. Tahesõnniku laotamise agronoomilised põhimõtted

Tahesõnnikut võib laotada kevadel ja sügisel. Kevadine tahesõnniku laotamine on Eestis käesoleval ajal problemaatiline. Sõnnikut ei tohi laotada külmunud maale ja lumele (Veeseadus, RT I 27.06.2013,3) . Kuna kevadel mulla agrotehnilised omadused muutuvad kiiresti (optimaalne külviaeg on lühike) siis ei jätku tahesõnniku nõuetekohaseks laotamiseks ja muldaviimiseks aega. Üheks tahesõnniku kasutamise võimaluseks kevadel on selle laotamine ja mulda viimine uutel rajatavatel rohumaadel.

Tahesõnnikut kasutatakse laialdaselt kesade väetamiseks. Kesade harimise perioodil on ööpäevane keskmine õhutemperatuur veel suhteliselt kõrge, seetõttu tuleb sõnnik kiiresti mulda viia vähendamaks toitainete, eriti ammoniaagi kadusid.

Parim võimalus tahesõnniku kasutamiseks on sügisesel. Võimalikult hilja (enne 1. novembrit) teostatud sügiskünni alla laotatud tahesõnnikust on toitainete kaod minimaalsed (joonis 28).



Joonis 28. Lämmastiku kadu aastaaegade lõikes

Täpsema väetustulemuse saamiseks tuleb enne sõnniku põllule viimist teha sellest keemiline analüüs põhiliste toitelementide sisalduse selgitamiseks. Kuna tahesõnnik on väga ebaühtlase koostisega ja homogeniseerimine (segamine) on võimatu, siis on soovitav võtta analüüsimiseks rohkem kui üks proov.

8.12.2. Tahesõnniku käitlustehnoloogiad

Orgaaniliste väetiste toiteainete sisaldus on võrreldes mineraalväetistega suhteliselt madal ja seetõttu on orgaanilise materjali vajadus pinnaühikule märkimisväärselt suurem. Samas on keskkonnanõuetega lubatud toimeaine kogused hektarile piiratud. Sageli tuleb sõnnikut vedada hoidlast kaugel asuvatele põldudele, mis tingib tehnoloogilises skeemis suuremad hoiustamis-, laadimis- ja veomahud kui mineraalväetiste käitlemisel. Sõltuvalt põldude kaugusest ja suurusest eristatakse otseveoga ja etteveoga tehnoloogiat. Otseveoga tehnoloogiat kasutatakse juhul, kui põld ei ole hoidlast väga kaugel. Sel juhul on tahesõnniku käitlusetappideks:

- hoiustamine ettevõtte hoidlas;
- laadimine hoidlast laoturisse;
- vedu laoturiga hoidlast põllule;
- laotamine.

Kui põld asub hoidlast kaugemal ja ettevõttes ei ole piisavalt sõnnikulaotureid, siis on otstarbekas kasutada etteveoga tehnoloogiat. Kuna taheda materjali veokilt laoturisse laadimine on tülikas, siis see kallutatakse põllule auna. Sageli veetakse tahe orgaaniline väetis põllule aunadesse siis, kui on selleks sobivaim aeg ning laotamine toimub laotamiseks sobivaimal ajal. Tahesõnniku käitlusetappideks on:

- hoiustamine ettevõtte hoidlas;
- laadimine hoidlast veokisse;
- vedu veokiga hoidlast põllule;
- aunastamine;
- laadimine aunast laoturisse;
- laotamine.

Tänu vaheladustamisele aunas väheneb väetise laotamiseks sobival ajal ajakulu vedudele. Samas hoitakse otseveol kulusid kokku täiendava laadimise arvelt põllul. Arvestada tuleb ka tahesõnniku aunastamisele seatud piirangutega (Veekaitsenõuded…, RT I, 09.07.2013, 12) ning märkimisväärsete toiteainete kadudega.

Mõnda liiki tahedate orgaaniliste väetiste kleepumise ja paakumise tõttu laoturi seintele ja detailidele on oluline ka masinate puhastamine pärast nende kasutamist.

8.12.3. Tahesõnniku laadimine

Taheda orgaanilise väetise laadimiseks sobivad ratas- (foto 32), teleskoop- (foto 33), ekskavaator- ja traktori esilaadurid (foto 34).

Foto 32. Rataslaadur (Janssen, 2012)

Foto 33. Teleskooplaadur (Foto: Kalvi Tamm)

Foto 34. Haaratsiga ekskavaatorlaadur (Vzorec Raka, 2012)

Piidega haaratsid ja hargid (foto 34 ja 37) sobivad paremini pikka põhku sisaldava sõnniku laadimiseks. Samuti sobivad need muude pikki kiude sisaldavate tahkete orgaaniliste väetiste laadimiseks. Ülejäänud tahedate orgaaniliste väetiste laadimiseks sobivad paremini kopplaadurid. Laadimisjõudlus on suurem piisulguriga kopplaaduriga laadimisel (foto 35).

Foto 35. Piisulguriga kopp (RTC Tehnika, 2012)

Foto 36. Piisulguriga hark (Foto: Raivo Vettik)

8.12.4. Vedamine hoidlast põllule

Sõnnikuveol peab vedaja ära hoidma sõnniku sattumise keskkonda (Veekaitsenõuded…, RT I, 09.07.2013, 12). Tahesõnniku hoidlast (aunast) põllule vedu toimub sageli tahesõnnikulaoturiga. Mõnel laoturil on võimalik laotusseade tühjendamise ajaks hüdrosilindrite abil üles pöörata, et sõnnikut oleks võimalik kiiremini kastist välja laadida (foto 37). Teine variant on etteveo ajaks laotusseadme demonteerimine ja asendamine tagaluugiga. Laoturi kast tühjendatakse mõlemal juhul kas tõukekilbi või konveieriga.

Tahesõnniku veoks hoidlast põllule kasutatakse ka veoautosid, need sobivad paremini juhul kui sõnnikut veetakse teedel, kus on võimalik sõita traktorist kiiremini. Samas tuleb silmas pidada, et veoauto läbivus oleks piisavalt hea ka põllul liikumiseks. Arvestada tuleb täiendava ajakuluga sõnniku veoautost laoturile laadimisel. Osa tahesõnniku laoturite tootjaid on paigaldanud tahesõnniku laoturi veoautole, optimeerides nii ajakulu transpordile ja laadimistele (foto 38).

Foto 37. Ülestõstetav laotusseade võimaldab laoturi kiiremat tühjendamist (KSCC, 2012)

Foto 38. Tahesõnnikulaotur on monteeritud veoautole (Bergmann, 2012)

8.12.5. Vaheladustamine põllul

Tahke orgaaniline väetis ladustatakse põllule tavaliselt aunadena ehk pikkade hunnikutena. Sõnnikuaunana käsitletakse „Veeseaduse“ tähenduses maapinnal hoitavat sõnnikut. Sõnnikuaun peab olema kaetud vettpidava materjaliga või vähemalt 20 cm paksuse turba-, põhu-, mulla-, saepuru- või puitlaastu kihiga. Kui sõnnikut säilitatakse aunas kauem kui kaks nädalat, tuleb ladustamiskoha pinnas enne ladustamist katta lekkekindla või vedelikke imava materjaliga, nagu vähemalt 20 cm paksune turba- või põhukiht. Nõue ei kehti sügavallapanusõnnikule. Sõnnikuauna ei tohi kahel teineteisele järgneval aastal paigutada samasse kohta (Veekaitsenõuded …, RT I, 09.07.2013, 12).

Haritaval maal on aunas lubatud hoida vaid tahesõnnikut (k.a ≥ 20 %) mahus, mis ei ületa ühe vegetatsiooniperioodi kasutuskogust.

Nitraaditundlikul alal on kuni 50 m ulatuses veepiirist või karstilehtri servast keelatud sõnniku hoidmine sõnnikuaunas, kui kaitse-eeskiri teisiti ei sätesta (Veeseadus. – RT I, 27.06.2013, 3.).

Sõnniku ladustamine põllul aunades on hädaabinõu, millega kaasneb põhja- ja pinnavee reostumise risk. Ilma aluseta sõnniku aunast võib kaitsmata põhjaveega alal virts imbuda põhjavette. Põhjavee reostumise risk on eriti suur karstialadel.

Katmata sõnnikuaunast (foto 39) võib sademetevee ja väljanõrguva virtsa tõttu leostuda kuni 45% kaaliumist ning 10% fosforist. Katmata sõnnikuaunast võib lenduda 25–30% lämmastikust, kaetud aunast kuni 20%.

Foto 39. Sõnnikuaun põllu keskel (Foto: Kalvi Tamm)

Sõnniku ladustamine aunas ei vabasta 8 kuu mahutavusega sõnnikuhoidla omamise/rajamise nõudest.

Sõnniku hoidmisel põlluaunas on põhja- ja pinnavee saastumise vältimiseks soovitatav (Keskkonnaamet, 2011):

- sõnnikuvedelike sidumiseks rajada sõnnikuauna alus vett imavast materjalist (turvas, põhk jms);
- sõnnikuauna asukohaks ei sobi karstialad ja kaitsmata põhjaveega alad; seda eriti kui läheduses (500 m) paikneb maapinnalähedasest veekihist toituv ühisveehaare;
- kui sõnnikuauna rajamine kaitsmata põhjaveega alale on vältimatu, tuleks selle rajamisel veereostuse vältimiseks sõnnikuauna alus muuta veekindlaks kile või geotekstiiliga või rajada muust materjalist vettpidav alus.

Aunad tuleks paigutada põllule nii, et laotamise ajal oleks laoturi tühisõitude maht võimalikult väike, vähendades seega põldude asjatut tallamist.

8.12.6. Tahesõnniku laotamine ja mulda viimine

Sõnniku parima laotamistehnoloogia valik peab tagama:

- välisõhu, pinna- ja põhjavee kvaliteedi säilimise keskkonnanormatiividele vastavana;
- sõnniku reoainete emissioonid õhku ja vette oleksid minimaalsed.

Nende eesmärkide saavutamiseks on sõnniku laotamisel oluline õige laotusnorm, laotamise ühtlikkus ja sõnniku kiire muldaviimine. Peamised agrotehnilised nõuded sõnnikulaotamisele on järgmised:

- sõnnikuga koos ei tohi laotada võõrkehi;
- sõnnik tuleb laotada võimalikult ühtlaselt: hälve pikiühtlikkusel ei tohiks ületada ±15% ja põikühtlikkusel ±25%.

Kultuurideta põllul tuleb tahesõnnik laotamise järel mulda viia 48 tunni jooksul (Veeseadus. – RT I, 27.06.2013) Põllule laotatud, kuid sissekündmata tahesõnniku kergesti omastatavast lämmastikust lendub suhteliselt kiiresti ammoniaagina atmosfääri 50–60% (BalticDeal, 2012a).

Tahesõnnikulaoturiga laotatava sõnniku kuivainesisaldus peab olema üle 15%. Tulenevalt tahesõnniku ebaühtlasest konsistentsist on selle ühtlane doseerimine keerukas.

Sõnnikut tohib laotada ainult töökorras oleva sõnnikulaoturiga, mis sobib olemasoleva sõnnikutüübi laotamiseks. Laotamise vastavust kavandatud annusele ja laotamise ühtlikkust tuleb pidevalt kontrollida.

Tahesõnnikulaotureid liigitatakse kas laotamissuuna järgi taha- ja külglaotamisega või laotamisseadme tüübi järgi - biiter-, ketas-, koot- ja rootorseadmeteks (foto 40)

Tahalaotusega biiterlaoturid on kõige enam levinud. Tahalaotusega biiterlaoturil võivad olla nii rõht- kui püstbiitrid. Võrreldes püstbiitritega on rõhtbiitritel laotamislaius väiksem.Nad ei purusta väetisekamakaid nii hästi, kuna need varisevad koorma pinnalt vabamalt biitrite haardeulatusse ja võidakse purustamata kujul põllule heita (Alberta EFP 2013).

Foto 40. Rõhtbiitrite ja laotamisketastega tahalaotamisseade (Bergmann, 2012)

Kahe rõhtbiitriga laotamisseade sobib hästi tahesõnniku laotamiseks, komposti jaoks on sobivus halvem. Rõhtbiitrite ja laotamisketastega laotamisseade sobib väga hästi komposti ja hästi tahesõnniku laotamiseks. Neljast püstbiitrist ja nende all paiknevatest ketastest koosnev laotamisseade sobib väga hästi tahesõnnikule, ent rahuldavalt kompostile (Bogun ja Jõgeva, 2005).

Laotamiskettad asuvad osaliselt laoturi kasti põhja tagaserva all. Laotamisseade koosneb kahest või enamast pöörlevast horisontaalsest kettast, mis on tavaliselt labadega. Kettad võivad olla ka kaldsed (foto 41). Kettad saavad ajami kas hüdromootorilt või jõuvõtuvõllilt.

Ketasseadiseid kasutatakse enamasti koos biitritega. Sellise süsteemi korral on sõnniku murendamise-tükeldamise ja laotamise funktsioonid eraldatud. Biitrite ülesandeks on materjali murendamine-tükeldamine ja etteanne ketastele. Laotamisseadme taga olev kate (foto 42) aitab peenestatud materjali suunata laotamisketastele. Materjal langeb pöörlevatele ketastele ja heidetakse tsentrifugaaljõu mõjul põllule. Seda tüüpi laotamisseadmed sobivad hästi peenetükilise materjali laotamiseks (Landry, 2005). Teadaolevalt võimaldavad ketaslaoturid sõltuvalt laotatava materjali omadustest laotada kuni 24 m laiuselt.

Mõnel ketaslaoturil on võimalik tahesõnniku jaotumist seada nii, et ühel küljel on laotuskaugus väiksem (foto 41), võimaldades seega laotada põlluservale lähemal ilma, et sõnnik lubatust kaugemale paiskuks.

Tagaluugid (foto 43) võimaldavad transpordi ajaks katta laotamisseadmed nii, et sõnnik sealt välja ei pudeneks. Tavaliselt on laotamise ajal mõlemad tagaluugid avatud, kuid neid on võimalik avada ka ühekaupa ja seega laotada väiksema ulatusega, näiteks pöörderibade väetamisel (Joskin, 2011). Peenetükilise materjali laotamiseks on mõnel laoturil võimalik kasutada ka biitrite katet (foto 42), mis on üks tervik. Sellisel juhul on laotamisketaste taga eraldi väiksed hüdraulilise ajamiga luugid, mida on võimalik kasutada ka küljepiirajatena.

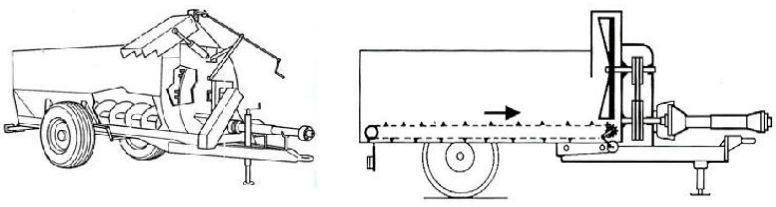
Foto 41. Kui ketaslaotamisseade on kallutatud, siis on madalamal küljel laotamiskaugus väiksem kui kõrgemal küljel (Samson, 2010b)

Foto 42. Laotamisseadme kate ja küljepiiraja (Joskin, 2011)

Foto 43. Mõnele tahesõnniku laoturile on võimalik lisana tellida tagaluugid (Joskin, 2011)

Külglaotamisega rootorlaotur. Laoturi kasti esiossa on paigutatud suure läbimõõduga, liikumissuunas asetseva pöörlemisteljega labadega rootor, mis paiskab sõnniku küljelt välja (joonis 29a ja b, foto 44). Laotamiskauguse ja -jaotuse määrab rootori katte asend. Rootorit käitatakse mehhaanilise ülekande kaudu traktori jõuvõtuvõllilt.

Etteandekonveier surub materjali vastu rootorit, mis haarab materjali kaasa, veab läbi rootori korpuse ja heidab välja vastavalt rootori katte asendile. Kui rootori katte ehitus ja/või asend on ebasobivad, võib toimuda ka sõnniku liigne peenestumine (sõltuvalt katte nurgast materjal kas libiseb sellel või laguneb) (Landry, 2005).

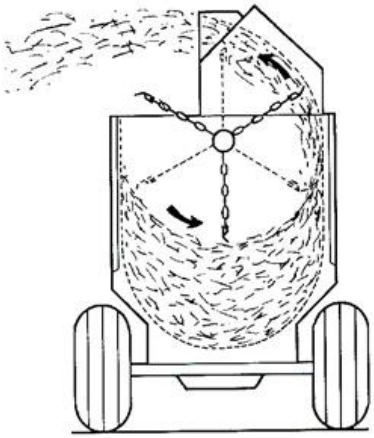


Joonis 29. Külglaotamisega rootorlaoturi etteandeseadmena kasutatakse a) tigukonveierit või b) kett-liistkonveierit (Landry, 2005).

Foto 44. Külglaotamise ja punkermahutiga tahesõnnikulaotur (Kuhn, 2012)

Külglaotamisega kootlaoturil on kett-kootidega pikibiiter (joonis 30 ja foto 45). Biiter pöörleb ja liigub samas ülalt alla sõnnikut järk-järgult koodiotstega haarates ja vastavalt juhtkilbiga määratud suunale laoturist välja heites. Laotamisnormi saab seada võlli pöörlemis- ja laskumiskiiruse muutmisega. Toodetakse ka laotureid,

millel biiter üles-alla ei liigu. Külglaotamisega kootlaoturitel puudub materjali liigutav etteandesüsteem. Biitrit käitatakse mehhaanilise ülekande kaudu traktori jõuvõtuvõllilt.



Joonis 30. Külglaotamisega pikibiitriga kootlaoturi tööpõhimõtte skeem (Landry, 2005).

Foto 45. Külglaotamisega pikibiitriga kootlaotur. Antud mudelil on biitri telje kõrgus mahuti põhja suhtes samal kõrgusel (HiSpec, 2012).

Tahesõnnikulaoturite orienteeruv maksumus on toodud tabelis 34.

Tabel 34. Tahesõnnikulaoturite orienteeruv maksumus

Tüüp	Maksumus, eurot		Märkused
	Min.	Max.	
Tahalaotamisega rõhtbiitritega laoturid	8200	33500	4,5…12 t
Tahalaotamisega püstbiitritega laoturid	23 500	60 000	8…22 t

8.13. Poolvedel sõnnik

8.13.1. Poolvedela sõnniku omadused

Poolvedel sõnnik ei ole virnastatav ega kergesti pumbatav (Pain ja Menzi, 2003). Poolvedelaks liigitatakse sõnnik, mille kuivainesisaldus on vahemikus 8–19,9% (Sõnniku koostise nõuded – RTL 2005, 104, 1583) . Sõnnikukäitlusseadmete tootjad määratlevad sageli poolvedelaks sõnnikut, mille kuivainesisaldus on 10–20%.

Sõnnik, mille kuivainesisaldus on vahemikus 15–20% ei voola enam kuigi hästi, kuid samas ta ei ole püsiv ka aunana. Sõnniku omadused olenevad selle osakeste suurusest. Liiva kasutamisel allapanuna suureneb küll kuivainesisaldus, kuid sõnnik käitub ikkagi nagu vedel- või poolvedel sõnnik (OSU, 2006).

Enamus allapanuta sõnnikut on sõnniku koostise nõuete alusel poolvedel sõnnik. 2012. aastal Põllumajandusuuringute Keskuses analüüsitud veisesõnnikuproovidest osutusid 56%, seasõnnikuproovidest vastavalt 25% poolvedelateks.

Poolvedela sõnniku tootmine ei ole üldiselt soovitatav, kuna seda on keerukas laadida, transportida kui ühtlaselt laotada. Vahel lisatakse sõnnikule käitlemise lihtsustamiseks vett, kuid sel juhul on otstarbekam juba kogu tehnoloogia välja ehitada vedelsõnnikusüsteemina (Luts, 2009).

8.13.2. Käitlustehnoloogiad

Kui poolvedel sõnnik on nii voolav, et seda on võimalik pumbata, siis kasutatakse enamasti vedelsõnnikutehnoloogiaid. Silmas tuleb aga pidada, et mida raskemini vedelik voolab, seda suurem on energiakulu pumpamisele. Seega on soovitatav kasutada poolvedela sõnniku käitlemisel otseveotehnoloogiat (st sõnnikut transporditakse ja laotatakse põllule sama masinaga), mispuhul ümberpumpamise vajadus on minimaalne.

Kui poolvedela sõnniku laotamisel kasutatakse tahesõnnikulaotureid, siis on samuti soovitatav kasutada otseveotehnoloogiat, kuna seda materjali ei ole võimalik põlluservale aunastada ning ümberlaadimine põllul on tülikas.

8.13.3. Laotuseks valmendamine

Sarnaselt vedelsõnnikule, peaks ka poolvedelat sõnnikut võimaluse korral seguriga homogeniseerima. DeLavali (2011) andmeil on pumpseguriga segatav kuni 10% kuivainesisaldusega sõnnik. Paraku ei ole õnnestunud kirjandusest leida sellist piirväärtust tiivikseguri jaoks.

Poolvedela sõnniku vedelsõnnikuna käitlemiseks, st paremini pumbatavaks ja vedelsõnnikulaoturiga laotatavaks muutmiseks, lisatakse sellele sageli vett. Laotuseelselt segatakse poolvedela sõnniku ja vee segu seguriga homogeenseks massiks.

Võimaluseks on ka poolvedelale sõnnikule tahedat (põhku, turvast, saepuru vmt) materjali lisamine, et seda käidelda tahesõnnikuna. Taheda lisandi segamist poolvedela sõnnikuga on aga tehnoloogiliselt keerukam ja kulukam korraldada kui vee lisamist.

Nii vedeldamisel kui paksendamisel suureneb sõnniku kogus, mis tähendab ka suuremaid transpordi- ja laotusmahtusid võrreldes algse materjaliga.

Rakendamist on leidnud poolvedela sõnniku separeerimine vedelaks ja tahedaks fraktsiooniks, mida saab eraldi käidelda vastavalt kas vedel- või tahesõnnikuna. Seejuures sõnniku summaarne kogus jääb ligikaudu samaks kui algmaterjalil. Tehnoloogia eeldab tahesõnnikuhoidla katmist veekindla kattega, muidu ei oleks separeerimisel mõtet. Separeerimine aitab optimeerida sõnniku transpordikulusid. Separeerimise tulemusel jääb enamus fosforiühendeid tahedasse fraktsiooni ning enamus ebastabiilsest ammooniumlämmastikust vedelasse fraktsiooni. Kaaliumiühendite jaotumist separeerimine ei mõjuta, sest neid on ligikaudu sama palju nii kilogrammis vedelas kui tahedas fraktsioonis. Separeerimata sõnniku kasutamist piirab pigem hektari kohta lubatud fosfori (25 kg) kui lämmastiku kogus (170 kg). Seega on separeeritud vedelat fraktsiooni võimalik kasutada hoidlalähedastel põldudel rohkem kui separeerimata sõnnikut. Taheda fraktsiooni veesisaldus ning seega transpordikulud toiteainete veoks on oluliselt väiksemad. Näiteks 1000 t 15% kuivainesisaldusega poolvedela sõnniku separeerimisel saadakse 600 t 25% kuivainesisaldusega tahedat fraktsiooni. Vedela fraktsiooni toitainete sisaldus (2 kg lahustuvat lämmastikku tonni kohta) on aga niivõrd madal, et seda on võimalik küllaltki suure normiga laotada laudalähedastele põldudele. Kaaliumiga väetamist seadusandlus otseselt ei piira, kuid siiski tuleb jälgida, et seda ei annustaks koguses, mis muutub taimedele toksiliseks.

Lisaks on võimalik hajutada sõnniku laotamist ajaliselt. Vedela fraktsiooni laotamine peaks toimuma siis, kui taimed saavad sõnnikus oleva lämmastiku kiiresti ära kasutada. Tahedat fraktsiooni saab laotada ka hilissügisel.

Separeerimisel on probleemiks täiendav investeeringuvajadus: separaator, tahesõnnikuhoidla, -laadur ja -laotur; ning separaatori käitus- ja hoolduskulud. Separeerimise majanduslik otstarbekus Eesti tingimustes vajab täiendavat uurimist.

8.13.4. Hoidlast laadimine

Labarootorpumpadega on pumbatav kuni 15% kuivainesisaldusega materjal (Fulhage ja Pfost, 2001). Mõned tootjad lubavad pumbata oma pumpadega, mis on varustatud lõikeseadmega söödajääkide ja allapanu peenestamiseks, ainult kuni 12% kuivainesisaldusega poolvedelsõnnikut (Lothar Becker, 2012).

Sarnaselt teiste poolvedelate materjalide teisaldamisega sobib ka poolvedela sõnniku teisaldamiseks ekstsentrikkruvi-pump. Spetsiaalselt poolvedela sõnniku teisaldamiseks on projekteeritud fotol 46 olev kolbpump. See suudab pumbata poolvedelat sõnnikut kuni 100 m kaugusele (Jamesway, 2012).

Kui poolvedel sõnnik ei ole pumbatav, siis kasutatakse selle hoidlast veokile laadimiseks kopplaadurit. Sel juhul peab hoidla konstruktsioon võimaldama kopplaaduril sõnnikut sealt kätte saada.

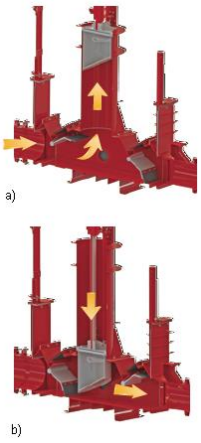


Foto 46. Poolvedela sõnniku pumpamiseks mõeldud kolbpumba tööpõhimõte: a) sõnniku imemine pumba silindrisse ja b) sõnniku surumine silindrist välja. (Jamesway, 2012)

8.13.5. Laotamine ja mulda viimine

Poolvedela sõnniku kuivainesisaldusest sõltub laoturitüüp, millega seda laotada saab. Kuni 9%-se kuivainesisalduseni saab kasutada enamikke vooliksüsteemidega laotureid, kuni 12%-se kuivainesisalduseni on võimalik kasutada vedelsõnniku paisklaoturit. Tahesõnniku laoturiga on laotatav sõnnik, mille kuivainesisaldus on vähemalt 15%.Poolvedela sõnniku kuivainesisaldusest sõltub ka see, kui suurt haardelaiust vooliksüsteemidega laotusseadmel on võimalik kasutada. Mida laiem seade, seda pikemad on laotusvoolikud ja seda raskem on poolvedelat sõnnikut neist läbi pumbata. Sõnniku kuivainesisalduse suurenedes voolutakistus kasvab . Kui väiksema töölaiusega laoturiga on suhteliselt paksu materjali võimalik veel laotada, siis laiemaga enam mitte. Kompressor-vaakumpumbaga laoturi puhul tuleb jälgida seda, et paagis ei ületataks suurimat lubatud ala- ja ülerõhku. Paraku ei ole teada uuringut, mis selgitaks teatud kuivainesisaldusega poolvedela sõnniku laotatavust sõltuvalt haardelaiusest - näiteks lohislaoturite korral.

Poolvedelat sõnnikut on võimalik laotada ka mitmesuguste tahesõnnikulaoturitega. Sobivaim on selline, mille punkermahuti põhjas on etteandeseadmeks tigukonveier ja külglaotuseks rootorseadis (foto 47 ja joonis 31). Neil laotureil on sageli punkri ülaserv sissepoole pööratud, et takistada vedeliku välja loksumist (foto 48).

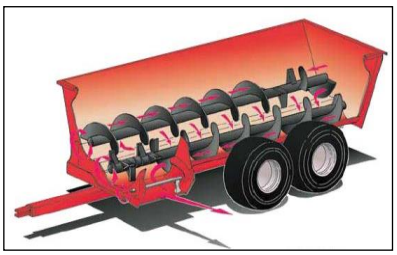
Laotamisseadmena kasutatakse neil laotureil vasarlaotusseadist (joonis 31 ja foto 49).

Masinatootjate hinnangul sobivad nende külgväljutusega punkerlaoturid mitmesuguse kuivainesisaldusega orgaanilise väetise laotamiseks alates vedelsõnnikust kuni tahesõnnikuni sõltumata allapanu liigist ning samas on kohased ka allapanu laotamiseks laudas (Kuhn, 2009).

Ka külglaotusega kootlaoturid (vt. joonis 30 ja foto 45) on kasutatavad poolvedela sõnniku laotamiseks (Fulhage ja Pfost, 2001).

Hanna jt (2008) poolt tehtud uurimuse kohaselt on külglaotamisega laoturite laotamisühtlikkus mõnevõrra kehvem tahalaotamisega laoturite omast.

Foto 47. Külgväljutuse ja punkermahutiga rootorlaotur sobib ka poolvedela sõnniku laotamiseks. Laoturi ratta ees on näha välimine osa laotamisseadisest (Richard Western, 2012)



Joonis 31. Kahe teoga etteandeseadis. Punkri esiosas vasakul on vasarlaotusseadis, millele on antud pildil joonistatud ainult üks vasar (tegelikult on neid 12–18). Laotamisel tungib vasar hooga teo poolt etteantavasse materjali, haarab sealt portsjoni ja heidab selle alt üles põllule laiali kuni 20 m kaugusele (Kuhn, 2009)

Foto 48. Mahuti ülemine serv on sissepoole pööratud et vähendada vedela materjali üle serva loksumise võimalust (Richard Western, 2012)

Foto 49. Külgväljutusega punkerlaoturi vasarlaotusseadis (Kuhn, 2009)

Poolvedela sõnniku laotamiseks sobib ka tahalaotamisega tahesõnnikulaotur, millel on kastmahuti, vootõke ja laotamiskettad (foto 50). Sel juhul peab kasti põhi olema kinnine ja vootõke piisavalt tihe, et transpordi ajal sealt sõnnik läbi ei pääseks.

Laoturi kasti täitmisel poolvedela sõnnikuga tuleb jälgida, et laoturi kandevõimet ei ületataks, kuna see võib olla projekteeritud suurema kuivainesisaldusega ja seega enamasti väiksema mahumassiga tahesõnniku laotamiseks. Teiseks tuleb arvestada kallakutega laoturi liikumisteekonnal vältimaks sõnniku üle laoturi kasti serva voolamist.

Foto 50. Ketaslaotamisseadmega kastlaotur. Ülemise biitri kohal on näha vootõkke alumine serv koos kummitihendiga. Tootja väitel sobib laotur nii vedel- kui tahesõnniku laotamiseks (Jeantil, 2012).

8.14. Sõnnikulaotustehnoloogiate majanduslik võrdlus

Väetiste kasutamise otstarbekus sõltub ka transpordikaugusest hoidla ja põllu vahel. Otseveoga (sisestusseade) tasub vedelsõnnikut põllule vedada 1,5 km, tahesõnnikut kuni 3 km kaugusele (joonis 32). Kaugemate põldude väetamisel tuleks kasutada etteveotehnoloogiat, kuna siis on laoturiga transportimise kulu kõrgem kui veo ja ümberlaadimise kulu kokku. Lisaks on laotamisperiood lühem, kuna laoturi tööajast kulub veole ja tühisõitudele väiksem osa.

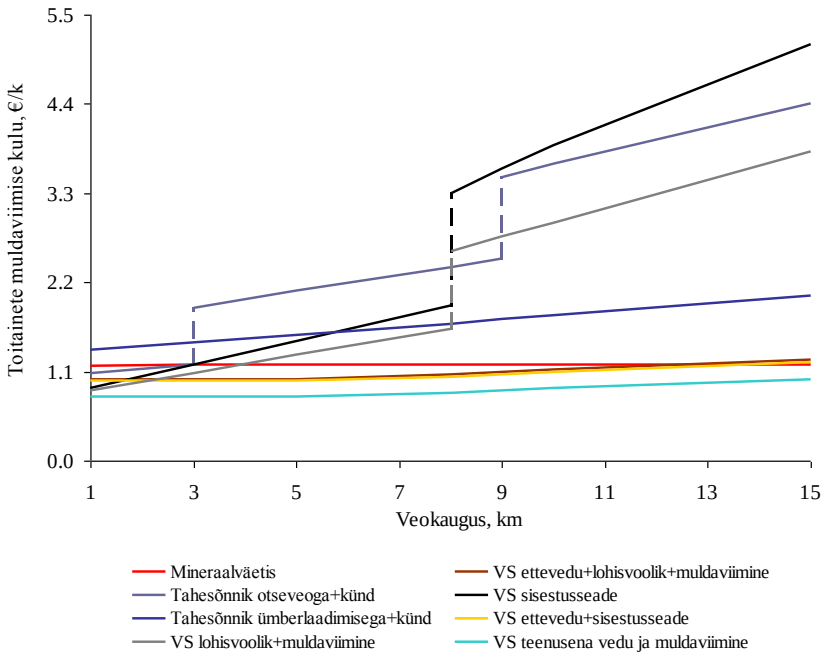
Loomakasvatusettevõtetes, kus toodetakse nii tahe- kui vedelsõnnikut, kasutatakse sageli mõlemat tehnoloogiat. Sel juhul tasub hoidlale kõige lähemal asuvatele põldudele laotata tahesõnnikut ja kaugematele vedelsõnnikut etteveoga.

Joonisel 32. esitatud tehnoloogiate võrdluse alused:

- Nii vedelsõnniku kui mineraalväetistega anti põllule 72 kg/ha lämmastikku.
- Laotamisnormid olid arvutustes järgmised: mineraalväetis NPK 16-5-13+3,5S 450 kg/ha, 20,2% kuivainesisaldusega veise tahesõnnik 28 t/ha ja 7,1% kuivainesisaldusega veise vedelsõnnik 40 t/ha.
- Ettevõttes tekib 6000 m^3 vedelsõnnikut aastas, mille laotamisperiood on 40 päeva, ning 3000 t tahesõnnikut laotamisperioodiga 20 päeva

Vaadeldud väetamistehnoloogiad olid järgmised:

- mineraalväetis laaditakse kopplaaduriga haagisele ja veetakse sellega põllule, laotatakse ketaslaoturiga;
- tahesõnnik, laaditakse kopaga, veetakse ja laotatakse laoturiga ning põld küntakse mulda;
- tahesõnnik laaditakse kopaga, veetakse põllule traktorihaagisega, laotatakse laoturiga ning küntakse mulda;
- vedelsõnnik homogeniseeritakse, pumbatakse ketasseadisega laoturisse, veetakse sellega põllule ja viiakse mulda;
- vedelsõnnik homogeniseeritakse, pumbatakse renditud paakautosse, veetakse sellega põllule, laaditakse ümber ketasseadisega laoturisse ning viiakse mulda;
- vedelsõnnik homogeniseeritakse, pumbatakse lohisvooliklaoturisse, veetakse sellega põllule ja laotatakse; täiendavaks tööoperatsiooniks on kergrandaaliga vedelsõnniku mulda segamine.



Joonis 32. Väetamiskulud toitainetele erinevate tehnoloogiate korral sõltuvalt põllu keskmisest kaugusest

Punktiiriga aste joonisel 32 näitab veel ühe samasugune laotamisagregaadi lisandumist sellisel põllu kaugusel.

8.15. Müra vähendamise tehnikad

Intensiivsest veisekasvatusest lähtuv müra ei ole tavaliselt oluliseks keskkonnasaaste allikaks. Müra võib osutuda probleemiks juhul, kui ettevõte (laut) paikneb elurajoonide vahetus läheduses. Laudasiseselt on müratase üheks loomade heaolu ja personali töökeskkonda mõjutavaks faktoriks. Müra intensiivsust vähendavad:

- Laudatööde täpne planeerimine
- Mürabarjääride kasutamine
- Madala müratasemega seadmete kasutamine

Elurajoonide naabruses paiknevates ettevõtetes tuleks hoiduda kõrge müratasemega tööde tegemisest öösiti ja nädalalõppudel. Loomi ei tohi põhjusetult häirida, kuna see suurendab samuti laudast lähtuva müra intensiivsust.

8.15.1. Ventilatsioonisüsteemist lähtuv müra

Kardinaalseim moodus ventilatsioonisüsteemist lähtuva müra likvideerimiseks on sundventilatsiooni (ventilaatorid) asendamine loomuliku ventilatsiooniga. Samuti säästab loomuliku ventilatsiooni kasutamine energiat. Soojustatud lautades ei ole loomuliku ventilatsiooni rakendamine sageli sisekliima parameetrite halvenemise tõttu võimalik.

Ventilatsioonisüsteem tuleb projekteerida optimaalne s.t. minimaalne ventilaatorite arv, mis tagab piisava õhuvahetuse laudas.

Sundventilatsiooniga lautades on soovitav kasutada madala müratasemega ventilaatoreid. Ventilaatorist lähtuva müra intensiivsus kasvab tiiviku diameetri ja pöörlemissageduse suurenedes.

Müra levimist (sumbumist) mõjutab ventilaatorite paiknemine laudas. Seintele monteeritud ventilaatoritest lähtuv müra sumbub hoone konstruktsioonides rohkem võrreldes lakke või katusele paigaldatud ventilaatoritega. Mõnevõrra vähendab müra ventilaatorite paigutamine ventilatsioonikorstnatesse. Korstnad tuleks ehitada puidust. Metall (plekk) korstnaid peaks vältima, kuna need võivad vibratsiooni tõttu müritaset suurendada.

Müra (helilainete) levimine (peegeldumine, sumbumine) laudas sõltub piirete jms. materjalist. Siledatelt pindadelt helilained tavaliselt peegelduvad, ebatasastel (näiteks heina- ja põhupallid) aga neelduvad.

8.15.2. Laudatöödest lähtuv müra

Intensiivses veisekasvatuses on enamik tegevusi seotud liikurmasinate (traktorite) kasutamisega. Sellest tulenevalt on esmaseks müra vähendamise aluseks traktorite heitgaasisüsteemide ja summutite korrasolek.

a) Söötmine. Söötade käitlemisel ja jaotamisel tekitavad müra söödajaotusseadmed (segistid, jaoturid) ning traktorid. Masinatest põhjustatud müra häirivat mõju, intensiivsust ja kestuste vähendavad:

- Söödahoidlate otstarbekas paigutamine võimalikult kaugele elurajoonidest.
- Söödahoidlate otstarbekas paigutamine, mis võimaldab traktoritel liikuda optimaalsel trajektooril.

Lautades, kus kasutatakse isujärgi *(adlibitum)* söötmise tehnoloogiat (sööta uuendatakse söödalaval regulaarselt) on loomad rahulikumad. Normeeritud söötmise korral põhjustavad loomad oluliselt rohkem müra, eriti söötade jaotamise ajal.

b) Sõnniku käitlemine. Erinevate konveierite ja skreeperseadmete poolt tekitatav laudasisene müra on suhteliselt tagasihoidlik. Sõnniku eemaldamisel laudast traktori lauplaaduri või buldooseriga ja transpordil peaks sõnnikuhoidla olema paigutatud lauda suhtes optimaalselt (võimalikult lauda lähedale ning eemale elurajoonidest).

c) Lüpsmine. Lüpsmisel on peamisteks müraallikateks vaakumpumbad ja piimajahutusseadmed. Tavapäraselt on nimetatud seadmed (kompressorid) paigaldatud isoleeritud ruumidesse, mis vähendavad müritaset oluliselt. Samuti on soovitav kasutada madalama müratasemega kompressoreid.

8.15.3. Helibarjääride paigaldamine

Helibarjäärid on efektiivsed kõrgsageduslike helilainete tõkestamiseks. Madala lainepikkusega müra läheb barjääridest üle või läbi. Helibarjäärid peavad olema heli summutavast materjalist, vastasel juhul peegeldub müra tagasi.

Efektiivselt piiravad müra levikut lauda territooriumi piirile rajatud taimestikuga kaetud pinnasevallid. Heaks heli summutavaks materjaliks on puit. Pinnasevallide efektiivsuse suurendamiseks võib puidust piirdetara rajada selle harjale. Ajutise mürabarjäärina saab kasutada ka virnastatud põhupalle.

Helibarjääride rajamise vajadus sõltub lauda asukohast. Elurajoonide vahetus läheduses paiknevatel ettevõtetel on see vajalik.

9. Parim võimalik tehnika

Käesolevas peatükis käsitletakse tehnoloogiaid, saasteainete eritumist ja tootmiseks vajalike materjalide (söödad, energiakandjad jne.) kulu parima võimaliku tehnika (PVT) aspektist. Parima võimaliku tehnika kirjeldus on saadud erinevate tehnoloogiliste lahendustega kaasneva saasteainete eritumise ja/või materjalide kulu võrdlemisel . PVT määratlemise etapid:

- Põhiliste keskkonnaprobleemide selgitamine: ammoniaagi ja lõhnaainete lendumine atmosfääri; lämmastiku, fosfori ja kaaliumi leostumine pinnasesse, põhja- ning pinnavette, samuti energia, vee ning muude materjalide kasutamine.
- Ülalnimetatud faktoritega enamseotud tegevuste uurimine.
- Madalaima saastetasemega (keskkonnasäästlikuma) tehnoloogia selgitamine lähtuvalt Eestis, Euroopa Liidus ja mujal maailmas teostatud uuringute tulemustest. Tavapäraselt on keskkonnasäästliku tehnoloogia kriteeriumiks saasteainete emissioon atmosfääri ning leostumine.
- Majanduslike ja sotsiaalsete faktorite selgitamine, mis mõjutavad tehnoloogiate keskkonnasäästlikkuse parandamist ja saastekoormuse vähendamist, nagu omahind, ekspluatatsioonikulud, ressursside kokkuhoid, jms.
- Parima tehnoloogilise lahenduse (PVT) kirjeldamine koos saasteainete eritumise ja/või materjalide kulu näitajatega.

9.1. Hea põllumajandustava

Hea põllumajandustava järgimine (vt. pt. 7.1, joonis 2) vähendab paljude keskkonna- ja sotsiaalsete probleemide tekke võimalust ja on seega PVT. Hea põllumajandustava järgimine on soovituslik, välja arvatud juhul kui HPT nõuete täitmist ei ole muudetud õigusaktiga kohustuslikuks.

9.2. Veiste intensiivpidamine

Söötmine. Veiste söötmine toimub söödaratsioonide alusel, mis koostatakse looma- gruppidele eraldi, arvestades nii loomade vanust kui ka lüpsilehmade laktatsioonifaasi Looma tervise ja looduskeskkonda silmas pidades on oluline, et ratsioonid kajastaksid kõikide oluliste toitefaktorite tarvet ja nende balansseeritust.

Sõltumata söötmisviisist (tehnoloogiast) on PVT:

- Ratsioonis kasutatakse kvaliteetseid ning laboratoorselt analüüsitud söötasid.
- Ratsioon on koostatud vastavalt looma (loomarühma) füsioloogilisele tarbele (söötmisnormidele).

Söötmise tehnoloogia valikul arvestatakse nende positiivsete ja negatiivsete mõjudega produktiivsusele, looma tervisele ja keskkonnale.

Täisratsioonilise segasööda (TRSS) söötmise tehnoloogia kasutamine eeldab häid erialaseid teadmisi. Et loomadel kaob vabadus söötasid valida vastavalt isule ja toitefaktorite tarbele, on oluline ka söötade segamise ühtlikkus.

Loomade grupeerimisel arvestatakse nii karja suuruse, produktiivsuse, geneetilise piimatootmise võime, loomade toitumuse kui tööjõu vajadusega. Lähtutakse põhimõttest, mida enam moodustatakse söötmisgruppe, seda otstarbekamalt loomi söödetakse ja seda paremini kaetakse nende toitefaktorite tarve. Täisratsioonilise segasööda söötmisel on PVT:

- Loomade grupeerimine toodangu, laktatsioonifaasi või mingi muu parameetri alusel (Kärt 2011).
- Söötade segamise ühtlikkus.

Jootmine. Veiste jootmisel sõltumata kasutatavast tehnoloogiast (seadmetest) on PVT:

- Joogivesi on loomadele alati vabalt kättesaadav (k.a. karjamaal).
- Jootmisseadmed on tehniliselt korras (mitte lekkivad).
- Jootmisseadmed on paigaldatud nii, et saastumine sööda- ja allapanujääkidega on minimaalne. Samuti on välistatud allapanu niiskumine joogiveega.

9.3. Lüpsmine ja lüpsiseadmed

Sõltumata kasutatavatest seadmetest on lehmade lüpsmisel PVT:

- Optimaalse tasemega stabiilne vaakum lüpsisüsteemis (loomade heaolu, piima kvaliteet).
- Piima jõudmine udarast jahutisse ilma laudaõhuga kokkupuuteta (piima kvaliteet).
- Lüpsisüsteemi pesu optimaalsel režiimil (piima kvaliteet, ökonoomne vee kasutamine).

Lüpsiseadme valik sõltub lehmade pidamisviisist ja karja suurusest. Lehmade lõaspidamise korral toimub lüpsmine asemel, valdavalt kasutatakse torusse-, väikeste karjade puhul ka ämbrisselüpsiseadmeid. Platsillüpsi rakendamine lõaspidamisel on väga töömahukas loomade lõastamise ja lehmade liikumise korralduse keerukuse tõttu. Väga väikeste karjade puhul (kuni 10 lüpsilehma) kasutatakse enamasti ämbrisselüpsiseadmeid. Võrreldes torusselüpsiseadmega on see oluliselt odavam. Puuduseks on lüpsja füüsiliselt raskem töö piima kandmisel piimaruumi ja selle valamine piimajahutisse. Samuti esineb oht piima mikrobiaalseks saastumiseks, kuna piima kokkupuudet laudaõhuga on raske vältida. Väikeste karjade (11…50 lehma) puhul kasutatakse nii ämbrisse- kui torusselüpsiseadet. Keskmised ja suuremad lõaspidamisel karjad (üle 50 lehma) lüpstakse torusselüpsiseadme abil. Seda kasutatakse olemasolevate hoonete (lautade) puhul. Puuduseks on lüpsja raske töö, süsteemi keerulisem pesu ja kallim ekspluatatsioon. Kaduv tehnoloogia Eestis.

Uute lautade puhul eelistatakse vabapidamist ning lüpsmist lüpsiplatsil. Väiksemate karjade (30…70 lehma) lüpsmine toimub eraldipaikneval lüpsiplatsil. Enam kasutatakse tandem- ja kalasaba-tüüpi platse, harvem ühepoolseid paralleelplatse. Tandem-tüüpi platsi puuduseks on kõrgem hind, mida kompenseerib hea ülevaade loomadest. Maksumuse poolest eelistatakse kalasaba-tüüpi lüpsiplatse. Keskmise suurusega karjade (70…150 lehma) lüpsmine toimub lüpsiplatil. Enam kasutatakse kalasaba- ja paralleeltüüpi lüpsiplatse. Paralleelplats on võrreldes kalasaba-tüüpi platsiga veidi suurema jõudlusega, kuid kallim. Tandem-tüüpi platside kasutamist piirab jõudlus (maksimaalselt 2 x 6 kohta). Suured karjad (alates 150 lehma) lüpstakse enamasti paralleel- või karusell-tüüpi lüpsiplatsil. Paralleel-tüüpi platsil võib lüpsikohtade arv olla 2 x 20 (2 x 40). Karusell-tüüpi lüpsiplatsid on suure jõudlusega, kuid kallid. Kalasaba-platsi kasutamist piirab jõudlus (maksimaalselt 2 x 14 kohta). Jõudluse tõstmiseks kasutatakse loomade üheaegse väljumise võimalust. Lüpsiplatside kõrval kasutatakse lehmade

lüpsmiseks üha enam täisautomaatseid lüpsiroboteid. Lüpsikohtade arv robotlüpsiga laudas sõltub karja suurusest. Keskmiselt arvestatakse ühe lüpsikohakohta 60-70 lehma.

9.4. Sõnniku eemaldamine laudast

Lõaspidamisega laudad. Lõaspidamisega laudad on tavaliselt soojapidavad, sundventilatsiooniga ehitised, ehitatud aastakümneid tagasi. Sellest tulenevalt on lõaspidamisega soojapidavaid lautu rekonstrueeritud ja tehnoloogiliselt täiustatud. Lõaspidamisega lautadest saadakse tahe-, harvem poolvedelsõnnikut.

PVT- st saadav efekt realiseerub järgmiste tingimuste täitmisel:

- Piisav allapanu kogus.
- Optimaalse sagedusega sõnniku eemaldamine.
- Sõnnikueemaldussüsteemide tehniline korrasolek.

PVT (parim võimalik tehnika) sõnniku eemaldamisel lõaspidamisega laudast on:

- Optimaalse pikkusega asemed. Lattkraapkonveier koos sõnnikupressuriga.
- Optimaalse pikkusega asemed. Skreeperseade koos sõnnikupressuriga.

Olemasolevates lõaspidamisega lautades on tingimisi PVT kettkraapkonveier koos kaldkonveieriga ja sõnniku eemaldamine mobiilsete seadmetega.

Uutele (projekteeritavatele) ja/või renoveeritavatele lõaspidamisega lautadele ei ole sõnniku eemaldamine kettkraap- ja kaldkonveiersüsteemiga või mobiilsete seadmetega PVT.

Vabapidamisega laudad. Vabapidamisega laudad on soojustamata või osaliselt soojustatud, loomuliku ventilatsiooniga uued või soojustatud laudast vabapidamiseks kohandatud (rekonstrueeritud) ehitised. Vabapidamisega lautadest saadakse vedel- (poolvedel) või sügavallapanul pidamisviisi korral tahesõnnikut.

Loomade heaolust (loomakaitse seadusest) tulenevalt on vabapidamine PVT.

PVT sõnniku eemaldamisel vabapidamisega laudast on:

- Optimaalse pikkusega puhkelatrid. Skreeperseadmed söötmis-puhkealal. Restpõrand liikumiskäikudes. Valg- või uhtkanalite süsteem.
- Optimaalse pikkusega puhkelatrid. Sõnniku eemaldamine mobiilsete seadmetega söötmis-puhkealal. Restpõrand liikumiskäikudes. Valg- või uhtkanalite süsteem
- Optimaalse pikkusega asemed. Osaline restpõrand söötmis-puhkealal ja liikumiskäikudes. Valg- või uhtkanalite süsteem.
- Optimaalse pikkusega asemed. Betoonpõrand söötmis-puhkealal ja osaline restpõrand liikumiskäikudes. Valg- või uhtkanalite süsteem.
- Optimaalse pikkusega asemed. Kummimattidega kaetud betoonpõrand söötmis-puhkealal ja osaline restpõrand liikumiskäikudes. Valg- või uhtkanalite süsteem.
- Sügavallapanul pidamisviisi puhul piisavas koguses allapanu. Skreeper- või mobiilsed seadmed.

Olemasolevates vabapidamisega lautades on PVT ka osaline restpõrand söötmis-puhkealal ja liikumiskäikudes ning paiskanalite süsteem.

Olemasolevates vabapidamisega lautades on tingimisi PVT osaline restpõrand söötmis-puhkealal ja liikumiskäikudes ning põranda alla rajatud sõnnikkelder (hoidla) ning sõnniku eemaldamine söötmis-puhkealalt mobiilsete seadmetega (v.a. sügavallapanul pidamine).

Uutele vabapidamisega lautadele ei ole sõnnikukelder lauda all (täisrestpõrand) PVT.

Võrreldes plastik või metallkonstruktsioonidega lendub betoonelementidest restpõrandalt rohkem ammoniaaki. Plastik- ja metallkonstruktsioonid on PVT, kuid arvestada tuleb oluliselt kallima hinnaga

9.5. Heitekogused õhku

Lõaspidamisega laudad. Lõastatud pidamisviisiga laudas vähendab saasteainete emissiooni atmosfääri (PVT):

- Optimaalse suurusega asemed. Loomade väljaheited satuvad sõnnikukäiku, asemete saastumine ja loomade määrdumine on minimaalne. Asemete pikkus on reglementeeritud põllumajandusministri määruses „Nõuded veise pidamise ja selleks ettenähtud ruumi või ehitise kohta“ – RTL 2009, 69, 1017
- Optimaalse laiusega sõnnikukäik. Mida väiksem on sõnnikuga saastuv ala, seda vähem ammoniaaki lendub.
- Regulaarne sõnniku eemaldamine laudast hoidlasse.
- Piisavas koguses allapanu. Allapanu uuendamine asemetel vastavalt vajadusele.

Lõastatud pidamisviisi korral lendub atmosfääri tavaliselt vähem saasteaineid kui vabapidamistehnoloogiaga lautades.

Vabapidamisega laudad. Vabapidamisega laudas vähendab saasteainete emissiooni atmosfääri (PVT):

- Optimaalse suurusega puhkelatrid. Loomade väljaheited satuvad sõnnikukäiku, asemete saastumine ja loomade määrdumine on minimaalne. Asemete pikkus on reglementeeritud põllumajandusministri määruses „Nõuded veise pidamise ja selleks ettenähtud ruumi või ehitise kohta“ – RTL 2009, 69, 1017
- Optimaalse pindalaga söötmis-puhkeala ja liikumiskäigud. Mida väiksem on sõnnikuga saastuv ala, seda vähem ammoniaaki lendub.
- Regulaarne sõnniku eemaldamine laudast (kanalitest) hoidlasse.
- Väljaheidetega saastuval alal siledate ja lihtsalt puhastatavate materjalide kasutamine.
- Piisavas koguses allapanu sügavallapanul pidamisviisi korral.

Allapanuna leiab kasutust hekselpõhk, turvas ja saepuru. Allapanu kasutamine saasteainete emissiooni vähendajana sõltumata pidamisviisist ja allapanu liigist on PVT. Turba kasutamist allapanumaterjalina piirab suhteliselt kõrge hind. Saepuru kasutamisel on probleemiks okaspuusaepurus sisalduvad fenoolid, vaigud jt keemilised ühendid. Nimetatud ühendid pärsivad okaspuusaepuruga sõnniku lagunemist ning toitainete kättesaadavust sellest. Taimekasvatuse aspektist ei ole okaspuusaepuru kasutamine seetõttu allapanuna soovitav. PVT on ka spetsiifiliste niiskustimavate preparaatide kasutamine asemetel.

9.6. Energia

PVT energia tarbimisel lähtub heast põllumajandustavast, loomapidamishoonete projekteerimisest, tehnoloogia ning seadmete valikust, samuti hoonete ja seadmete ekspluatatsioonist ning hooldusest jms.

Paljud võimalikud viisid ja vahendid, kuidas energiat efektiivsemalt kasutada on ära toodud punktis 7. 5. Rakendatavaid meetmed tuleb enne kasutamist põhjalikult analüüsida, hinnates majanduslikku efektiivsust või mõnda muud kriteeriumi. Mingit liiki energiakulu vähendamine ei ole alati majanduslikult kõige ökonoomsem.

Arvestades ülaltoodut jagunevad energiakulu vähendamise viisid üldjuhul kaheks:

- Ühe energialiigi asendamine teisega.
- Konkreetse energialiigi tarbimise vähendamine.

Näiteks võib tunduvalt vähendada elektrienergia kulu sööda jagamisel või sõnniku eemaldamisel, kuid seda asendab liikurmasinate kütuse- ning muud täiendavad ekspluatatsioonikulud. Seega võib elektrienergia tarbimise vähendamine osutuda hoopis majanduslikult kahjulikuks. Reaalne majanduslik efekt sõltub alati konkreetsest olukorrast.

Parim võimalik tehnika (PVT) veisekasvatuses energiatarbimisest lähtuvalt on:

- Loomakasvatushoones on loomuliku ventilatsiooni süsteem (elektrienergia kulu ventilatsioonile puudub). Soojustatud lautades, kus loomuliku ventilatsiooni rakendamine ei ole võimalik on PVT ka sundventilatsioon (ökonoomsed ventilaatorid, optimaalne ventilatsioonirežiim).
- Valgustuses kasutatakse luminofoorlampe (energiasääst võrreldes hõõglampidega ca 60 %).
- Loomuliku valgustuse maksimaalne kasutamine. Loomuliku valgustuse kombineerimine luminofoorlampidel põhinev valgustusega. Külmlaudas võimaldab nimetatud tehnoloogia säästa veel ca 20 % elektrienergiat.
- Lüpsiplatsi kasutamine (elektrienergia sääst võrreldes torusselüpsiga ca 25 %);

- Vaakumpumpadele paigaldatud sagedusmuundurid. Võrreldes sagedusmuundurita vaakumpumbaga (näiteks lüpsiplats DeLaval VMS) annab nimetatud lahendus 20 kWh elektrienergia kokkuhoidu ööpäevas.
- Puidu- või biomassikatla kasutamine kesküttesüsteemis soojusenergia ja sooja vee saamiseks (elektrienergia kokkuhoid võrreldes elekterküttesüsteemiga ca 95 %, kütus odav, katla maksumus on väike). Soojusvahetite kasutamine piima jahutamisel tekkiva soojuse ärakasutamisel.

9.7. Sõnniku ladustamine

Tulenevalt seadusandlusest (PVT) peab sõnnikuhoidla mahutama vähemalt 8 kuu sõnniku. Veekaitsenõuded väetise- ja sõnnikuhoidlatele ning siloladustamiskohtadele ja sõnniku, silomahla ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded. – RT I, 09.07.2013, 12

PVT tahesõnniku ladustamisel ja säilitamisel on:

- Betoneeritud alusega (vajadusel seintega) lekkekindel hoidla, mis on varustatud sõnnikukihist väljavalguva uriini, virtsa ja sademetevee mahutiga.
- Täiendavaks positiivseks faktoriks on tahesõnnikuhoidlale rajatud varikatus.
- Hoidla paikneb asustatud punktide (elurajoonide) suhtes optimaalselt (kaugus, valitsevate tuulte suund).
- Tahesõnniku ladustamine põllul aunas on käesoleval ajal tinglikult PVT kui järgitakse rangelt seadusandluses sätestatud nõudeid.

PVT poolvedel- ja vedelsõnniku ladustamisel ning säilitamisel betoon- ja teraselementidest hoidlas on:

- Põhja ja seinte lekke- ning korrosioonikindlus.
- Konstruktsioonide vastupidavus mehhaaniliste, termiliste ja keemiliste mõjurite suhtes.
- Süstemaatiline konstruktsioonide kontroll ning hooldustööd, soovitavalt kord aastas.
- Hoidla väljavoolu e. tühjendusavad on varustatud kahekordse klapiga.
- Sõnnikut segatakse ainult üks kord, vahetult enne laotamist.

PVT betoon- ja teraselementidest hoidla katmisel on:

- Kaas, katus või tent.
- Present- või plastkangas, samuti ujuvkate, mille materjaliks võib olla hekselpõhk, turvas, kergkruus, plastikgraanulid, rapsiõli või mõni muu saasteainete emissiooni vähendav materjal.

PVT poolvedel- ja vedelsõnniku säilitamisel olemasolevates laguun-tüüpi hoidlas on:

- Põhja ja seinte lekkekindlus
- Konstruktsioonide vastupidavus mehhaaniliste, termiliste ja keemiliste mõjurite suhtes.
- Süstemaatiline konstruktsioonide kontroll ning hooldustööd, soovitavalt kord aastas.

PVT laguun-tüüpi hoidla katmisel on:

- Plastikkate.
- Ujuvkate, mille materjaliks võib olla hekselpõhk, kergkruus vms. saasteainete emissiooni vähendav materjal.

Olemasoleva laguun-tüüpi hoidla katmise viis ja kattematerjali valik sõltub konkreetsest hoidlast. Mõnel juhul (suure või ebakorrapärase pinnaga hoidla) võib see osutuda väga kalliks ja/või tehniliselt võimatuks.

Uutele (projekteeritavatele) ja/või renoveeritavatele loomakasvatushoonetele laguuntüüpi hoidlate rajamine ei ole saasteainete emissiooni ning potentsiaalse põhjavee reostumise aspektist PVT.

9.8. Sõnniku laotamine

Ammoniaagi emissioon sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel sõltub tehnoloogia (seadmete) valikust. Tehnoloogia, mille kasutamisel ammoniaagi emissioon väheneb, langetab tavaliselt ka lõhnaainete lendumist.

Kõikidel sõnniku laotamise tehnoloogiatel on oma eripärad (sobimatu mõnele mullatüübile jms.), millega tuleb arvestada. Tabelis 35 on esitatud parima võimaliku tehnoloogia (PVT) variandid erinevate sõnniku laotamise meetodite ja kõlvikute lõikes. Ammoniaagi lendumise vähenemine sõltub väga paljudest sõnniku laotamise ajal toimivatest faktoritest. Seetõttu on tabelis toodud väärtused orienteeruvad.

Paljude sõnniku laotamise tehnoloogiate juures on määravaks teguriks toitainete, eriti ammoniaagi kadudele sõnniku kiire muldaviimine laotusjärgselt. Sagedasti nõuab see aga lisainvesteeringut (traktor, kultivaator vms.) ja energiakulu. Rohu- ja karjamaade puhul ei ole sõnniku muldaviimine paljude laotusmeetodite puhul üldse võimalik.

PVT sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel põllumaadele on sisestus- ja segamislaotus. Sõnniku puhul on PVT ka, lohislaotus ning paisklaotus kui muldaviimine toimub 4…6 tunni jooksul. Kääritusjäägi puhul paisklaotus ei ole PVT. Sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel rohu- ja karjamaadele on PVT sisestus- ja lohislaotus. Paisklaotus sõnniku ja kääritusjäägi laotamisel rohu- ning karjamaadele ei ole PVT.

Tabel 35. PVT erinevate sõnniku laotamise meetodite ja kõlvikute lõikes

Kõlvik	PVT	NH_3 emissiooni vähenemine*	Sõnniku liik	Märkused
Rohumaa, põllud taimede kõrgusega < 30 cm	Lohisvooliklaotur	30 % (võib olla väiksem kui taimed on kõrgemad kui 10 cm)	Vedel, poolvedel	Ei sobi maadele, mille kallak on üle 10 %. Ei saa kasutada viskoosset või suure põhusisaldusega sõnnikut. Efektiivne suurtel ja korrapärase kujuga kõlvikutel.
Rohumaa, põllud taimede kõrgusega > 8 cm	Düüsidega lohisvooliklaotur	40 %	Vedel, poolvedel	Ei sobi maadele, mille kallak on üle 20 %. Ei saa kasutada viskoosset või suure põhusisaldusega sõnnikut. Efektiivne suurtel ja korrapärase kujuga kõlvikutel.
Rohu-, põllumaa	Avalõhega sisestuslaotur	60 %	Vedel, poolvedel	Ei sobi maadele, mille kallak on üle 12 %. Ei saa kasutada viskoosset või suure põhusisaldusega sõnnikut. Seadme efektiivsus sõltub mullastiku tüübist.
Rohu-, põllumaa	Sulglõhega sisestuslaotur	80 %	Vedel, poolvedel	Ei sobi maadele, mille kallak on üle 12 %. Ei saa kasutada viskoosset või suure põhusisaldusega sõnnikut. Seadme efektiivsus sõltub mullastiku tüübist.
Põllumaa	Lohisvooliklaotur, sõnniku muldaviimine 4 h jooksul	80 %	Vedel, poolvedel	Kõlvikutel, kus muldaviimine ei ole võimalik on lohisvooliklaoturi kasutamine PVT
Põllumaa	Paisklaotur, sõnniku muldaviimine 4…6 h jooksul	60 %	Vedel, poolvedel	Ilma kohese muldaviimiseta ei ole paisklaoturi kasutamine PVT
Põllumaa	Võimalikult kiire muldaviimine (vähemalt 12 h jooksul)	4…6 h: 80 % 12 h: 60…70 %	Tahe	Efektiivne kõlvikutel, kus on võimalik kiire muldaviimine

***** Võrrelduna paisklaotatud ja muldaviimata vedelsõnnikust lenduva ammoniaagi kogusega.

10. PVT hindamine ettevõtetes (lautades)

Tehnilisi lahendusi ja tehnoloogiaid hinnatakse keskkonnareostuse vähenemise, sobivuse (paigaldamine, jms), rakendatavuse (käitamine, jms), ökonoomsuse, loomade heaolu ja maksumuse aspektist. Nimetatud aspekte hinnatakse lähtuvalt iga konkreetse ettevõtte (lauda) geograafilisest paiknemisest, klimaatilistest tingimustest, pinnase (mullastiku) tüübist ja struktuurist jms. antud ettevõttele olulistest kriteeriumidest.

Intensiivses veisekasvatuses on valdkondadeks (kasutatav/rakendatav tehnika ja/või tehnoloogia), mis otseselt mõjutavad saasteainete eritumist ja potentsiaalset keskkonna reostumist pidamisviis (loomapidamishoone), söötmine, sõnniku eemaldamine laudast, sõnniku käitlemine ja ladustamine ning sõnniku laotamine. Keskkonna reostumise riski vähendab samuti otstarbekas jäätmekäitlus. Teatavatel juhtudel (ettevõte paikneb elurajoonide vahetus läheduses) tuleb tähelepanu pöörata tootmisprotsessi mõnedel etappidel tekkivale mürasaastele. Perspektiivne on ka sõnnikutöötlemistehnoloogiate laialdasem rakendamine.

10.1. Pidamisviis (loomapidamishoone) ja sõnnikueemaldussüsteem

Käesoleval ajal peetakse põhiline osa Eesti suurtest piimakarjadest vabalt soojustamata või osaliselt soojustatud lautades. Lõastatud pidamisviisi osatähtsus väheneb. Tulenevalt loomade heaolunõuetest on lõastatud pidamisviisi korral saasteainete eritumine loomapidamishoonest väiksem. Vabapidamine tagab loomadele paremad heaolutingimused. Soovitav on uued laudad projekteerida ja ehitada siiski vabapidamissüsteemist lähtuvalt. Tabelis 36 on toodud pidamisviisi (loomapidamishoone) ja sõnnikueemaldussüsteemide võrdlus (hindeskaala). Hindeskaala aluseks on veiste lõastatud pidamine optimaalse pikkusega asemel, laudas, millest sõnnik eemaldatakse kettkraap- ja kaldkonveieriga.

Tabel 36. Pidamisviisi (loomapidamishoone) ja sõnnikueemaldussüsteemide hindeskaala[1]

Pidamisviis/tehnoloogia	Saasteainete eritumine[3]	Loomade heaolu[4]	Käitamine, ekspluatatsioon	Energia-tarve	Vee-tarve	Maksumus
Lõaspidamine[2], kettkraap-, kaldkonveier	0	0	0	0	0	0
Lõaspidamine, lattkraapkonveier, sõnnikupressur	1	0	1	0	0	-1
Lõaspidamine, skreeper, sõnnikupressur	1	0	1	1	0	-1
Lõaspidamine, mobiilsed seadmed	-1	-1	-1	-1	0	1
Vabapidamine, mobiilsed seadmed	-2	1	-1	-1	0	1
Vabapidamine, osaline restpõrand, skreeper, sõnnikupressur	-1	2	1	1	0	-1
Vabapidamine, osaline restpõrand, skreeper, valgkanalid	-1	2	1	1	0	-1
Vabapidamine, osaline restpõrand, skreeper, uhtkanalid	-1	2	1	1	-1	-1
Vabapidamine, osaline restpõrand, mobiilsed seadmed, valgkanalid	-1	1	1	1	0	0
Vabapidamine, osaline restpõrand, valg- või uhtkanalid	-1	2	2	2	-1	-1
Vabapidamine, osaline restpõrand, paiskanalid	-2	2	2	2	-2	-1
Vabapidamine, sügavallapanu, mobiilsed seadmed	-1	2	2	2	0	1
Vabapidamine (kaldpind), sügavallapanu, skreeper, sõnnikupressur	-1	2	0	0	0	-1

[1] hindeskaala võrreldava pidamisviisi ja sõnnikueemaldustehnoloogiaga:

- 0 – sarnane
- -1 – mõnevõrra halvem
- -2 – oluliselt halvem
- 1 – mõnevõrra parem
- 2 – oluliselt parem

[2] Vasikate (0…6 kuud) lõastatud pidamine on keelatud.

[3] Sõltub tehnika ja konstruktsioonide korrasolekust. Lagunenud konstruktsioonid ja amortiseerunud tehnika kasutamine suurendab saasteainete eritumist, ei ole PVT.

[4] Sõltub tehnika ja konstruktsioonide ning loomade parameetrite ja arvu vastavusest. Lühike ase, ebapiisav söödalava pikkus vms. vähendab loomade heaolu, ei ole PVT

10.2. Sõnniku ladustamine ja –hoidlad

Tabelis 37 on toodud sõnniku ladustamise ja säilitamise tehnoloogiate hindeskaala. Hindeskaala aluseks on tahesõnniku säilitamine lekkekindlas, avatud pinnakihiga betoonelementidest hoidlas.

Tabel 37. Sõnniku ladustamise ja säilitamise tehnoloogiate hindeskaala

Ladustamise ja säilitamise tehnoloogia	Saasteainete eritumine	Käitamine, ekspluatatsioon	Maksumus
Lekkekindel[1] (betoonelementidest), avatud pinnakihiga tahesõnnikuhoidla	0	0	0
Lekkekindel (betoonelementidest), varikatusega tahesõnnikuhoidla	1	0	-1
Lekkekindla põhjaga, kaetud[2] pinnaga sõnnikuaun	-1	1	1
Lekkekindel (betoon- või teraselementidest) avatud pinnakihiga poolvedel- või vedelsõnnikuhoidla	0	-1	-1…-2[3]
Lekkekindel (betoon- või teraselementidest) katusega[4] poolvedel- või vedelsõnnikuhoidla	2	-1	-2
Lekkekindel (betoon- või teraselementidest) ujuvkattega[5] poolvedel või vedelsõnnikuhoidla	2	-2	-1
Lekkekindel (plastikmaterjalist) avatud pinnakihiga laguun-tüüpi poolvedel- või vedelsõnnikuhoidla	-2	-2	1[6]

[1] Lekkiv (amortiseerunud) hoidla ei ole mingisugustel tingimustel PVT.

[2] Sõnnikuauna katteks võib olla kile, hekselpõhk, turvas, saepuru vms. saasteainete emissiooni pidurdav materjal. Naturaalne koorik saasteainete emissiooni ei vähenda.

[3] Betoonelementidest poolvedel- või vedelsõnnikuhoidla maksumus on keskmiselt 17,5 eur/m^3, teraselementidest hoidlal 26-28 eur/m^3.

[4] Betoonist või terasest kaas, jäigast materjalist- või telkkatus.

[5] Ujuvkatteks sobib hekselpõhk, turvas, kergkruus, plastikgraanulid, rapsiõli vms. saasteainete emissiooni pidurdav materjal.

[6] Plastikmaterjalist vedelsõnnikuhoidla maksumus on keskmiselt 8,4 eur/m^3 .

10.3. Sõnniku laotamine

Sõnniku keskkonnasäästliku laotamise eelduseks on suhteliselt kalli eritehnika olemasolu, eriti poolvedel- ja vedelsõnniku korral. Saasteainete emissioon ning leostumine sõltub sõnniku laotamise täpsest ajastamisest, mullastiku tüübist jms. faktoritest. Tabelis 38 on toodud enamlevinud sõnniku laotamise tehnoloogiate hindeskaala. Hindeskaala aluseks on tahesõnniku laotamine põllumaale paisklaoturiga ning muldaviimine 6 tunni jooksul.

Tabel 38. Sõnniku laotamise tehnoloogiate hindeskaala

Tehnoloogia	Saaste-ainete eritumine	Käitamine, ekspluatatsioon	Kasutamine põllumaal	Kasutamine vegetatsiooni-perioodi kestel ja/või rohumaal	Annustamise täpsus	Lisatööde vajadus (muldaviimine)	Maksumus
Tahesõnniku paisklaotamine	0	0	+	-	0	+	0
Vedelsõnniku paisklaotamine	0	0	+	-[1]	-1	+	0
Vedelsõnniku lohisvoolik-laotamine	1	-1	+	+	1	+[2]	-1
Vedelsõnniku düüsidega voolik-laotamine	2	-1	+	+	2	+[2]	-1
Vedelsõnniku segamislaotamine	2	-1	+	-	2	-	-2
Vedelsõnniku sisestus-laotamine (avalõhe) [3]	2	-1	+	+	2	-	-2
Vedelsõnniku sisestus-laotamine (ketastega sulglõhe)[3]	2	-1	+	+	2	-	-2
Vedelsõnniku sisestus-laotamine (piidega sulglõhe)[3]	2	-1	+	-	2	-	-1

[1] Vedelsõnniku paisklaotamine kasvavale taimikule ja/või rohumaadele (muldaviimine ei ole võimalik) suurendab märgatavalt saaste- ja lõhnaainete emissiooni. Ei ole PVT.
[2] Vajalik ainult põllumaal.
[3] Tehnika rakendamine sõltub mullastiku tüübist. Ei sobi kivistele ja savistele (rasketele) muldadele.

10.4. Lüpsisüsteem

Lüpsisüsteemi on võimalik hinnata eelkõige piima kvaliteedi, loomade heaolu (udara tervis), lüpsja koormuse ja maksumuse aspektist (tabel 39). Hindeskaala aluseks on torusselüpsisüsteem lõaspidamisega laudas.

Tabel 39. Lüpsisüsteemide hindeskaala

Lüpsisüsteem	Piima kvaliteet	Loomade tervis ja heaolu	Lüpsja koormus (füüsilise töö osatähtsus)	Maksumus
Torusselüps	0	0[1]	0	0[2]
Ämbrisselüps	-2	0	-2	2
Platsillüps	2	1	2	-1
Robotlüps	2	2	X[3]	-2

[1] Sõltub stabiilse vaakumi tagamisest lüpsisüsteemis
[2] Sõltub loomade arvust9 s.t. vajaliku piima- ja vaakumliini pikkusest
[3] Robotlüpsiga laudas lüpsjaid ei vajata

11. Kokkuvõte

PVT kriteeriumidele vastavate tehnoloogiate ning seadmete rakendamine vähendab ühelt poolt koormust ümbritsevale keskkonnale (saasteainete emissiooni ja leostumise vähenemine) samal ajal paraneb loomade tervislik seisund (madalamad ravikulud) ning inimeste töökeskkonna näitajad. Üheks näitajaks, mille alusel on võimalik komplekssel hinnata ettevõttes rakendatavate tehnoloogiate efektiivsust on sõnnikulämmastiku kogus, mis jõuab põllul taimedeni. Kui 2013. aastal maksab mineraalne lämmastikväetis, näiteks ammooniumsalpeeter (NH_4NO_3, lämmastikusisaldus 34 %) keskmiselt 325 €/t, siis kujuneb kilogrammi lämmastiku hinnaks 0,94 €/kg. Võttes aluseks eeltoodud näitaja on tabelites 41 - 46 kalkuleeritud lendunud (leostunud) lämmastiku maksumus lehma kohta mõningate tehnoloogiliste lahenduste lõikes.

Tabel 41. Summaarne lämmastiku kadu (maksumus): lõaspidamine, katmata sõnnikuaun, tahesõnniku paisklaotus muldaviimiseta

Näitaja					
Piimatoodang, kg/aasta		8725	8725	8725	8725
Väljaheidetega erituv lämmastik, kg/aasta		134	134	134	134
Tehnoloogia	Emissioonifaktor/ leostumine, %	Lämmastiku kaod, kg			
Lõaspidamine, sõnnikueemaldus mobiilse vahendiga 2…3 korda päevas, rohke allapanu (avatud süsteem)	5	6,7	6,7	6,7	6,7
Sõnnikuaun, loomulik koorik	30 /	38,2	38,2	38,2	38,2
	5	6,4	6,4	6,4	6,4
Tahesõnniku paisklaotus muldaviimiseta: jahe (< 10 °C) ja niiske	20	16,5			
Tahesõnniku paisklaotus muldaviimiseta: jahe (< 10 °C) ja kuiv	25		20,7		
Tahesõnniku paisklaotus muldaviimiseta: palav (>25 °C) ja niiske	38			31,4	
Tahesõnniku paisklaotus muldaviimiseta: palav (>25 °C) ja kuiv	48				39,7
Mulda viidud lämmastiku kogus, kg		66,2	62,1	51,3	43
Väljaheidetega eritunud lämmastiku kasutamise efektiivsus, %		49%	46%	38%	32%
Lendunud lämmastiku maksumus, € (N-maksumus 0,94 €/kg)		63,7	67,6	77,7	85,5

Tabel 42. Summaarne lämmastiku kadu (maksumus): sügavallapanul vabapidamine, katmata tahesõnnikuhoidla, tahesõnniku paisklaotus muldaviimisega < 24 h

Näitaja					
Piimatoodang, kg/aasta		8725	8725	8725	8725
Väljaheidetega erituv lämmastik, kg/aasta		134	134	134	134
Tehnoloogia	Emissioonifaktor %	Lämmastiku kaod, kg			
Vabapidamine, sügavallapanu	7,5	10,1	10,1	10,1	10,1
Tahesõnnikuhoidla, loomulik koorik	40	49,6	49,6	49,6	49,6
Tahesõnniku paisklaotus muldaviimisega: jahe (< 10 °C) ja niiske	5	3,7			
Tahesõnniku paisklaotus muldaviimisega: jahe (< 10 °C) ja kuiv	8		5,9		
Tahesõnniku paisklaotus muldaviimisega: palav (>25 °C) ja niiske	13			9,7	
Tahesõnniku paisklaotus muldaviimisega: palav (>25 °C) ja kuiv	25				18,6
Mulda viidud lämmastiku kogus, kg		70,7	68,4	64,7	55,8
Väljaheidetega eritunud lämmastiku kasutamise efektiivsus, %		53%	51%	48%	42%
Lendunud lämmastiku maksumus, € (N-maksumus 0,94 €/kg)		59,5	61,6	65,1	73,5

Tabel 43. Summaarne lämmastiku kadu (maksumus): vabapidamine, sõnnikulaguun, vedelsõnniku paisklaotus muldaviimiseta

Näitaja					
Piimatoodang, kg/aasta		8725	8725	8725	8725
Väljaheidetega erituv lämmastik, kg/aasta		134	134	134	134
Tehnoloogia	Emissioonifaktor %	Lämmastiku kaod, kg			
Vabapidamine, skreeperseadmed, sõnnikueemaldus >3 korda päevas, vähene allapanu	7,5	10,1	10,1	10,1	10,1
Vedelsõnnikuhoidla, laguun, loomulik koorik	20	24,8	24,8	24,8	24,8
Vedelsõnniku paisklaotus muldaviimiseta: jahe (< 10 °C) ja niiske	20	19,8			
Vedelsõnniku paisklaotus muldaviimiseta: jahe (< 10 °C) ja kuiv	25		24,8		
Vedelsõnniku paisklaotus muldaviimiseta: palav (>25 °C) ja niiske	38			37,7	
Vedelsõnniku paisklaotus muldaviimiseta: palav (>25 °C) ja kuiv	48				47,6
Mulda viidud lämmastiku kogus, kg		79,3	74,4	61,5	51,6
Väljaheidetega eritunud lämmastiku kasutamise efektiivsus, %		59%	56%	46%	38%
Lendunud lämmastiku maksumus, € (N-maksumus 0,94 €/kg)		51,4	56,1	68,2	77,5

Tabel 44. Summaarne lämmastiku kadu (maksumus): vabapidamine, ringja põhiplaaniga katteta vedelsõnnikuhoidla, vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega < 24 h

Näitaja					
Piimatoodang, kg/aasta		8725	8725	8725	8725
Väljaheidetega erituv lämmastik, kg/aasta		134	134	134	134
Tehnoloogia	Emissioonifaktor %	Lämmastiku kaod, kg			
Vabapidamine, skreeperseadmed, sõnnikueemaldus >3 korda päevas, vähene allapanu	7,5	10,1	10,1	10,1	10,1
Vedelsõnnikuhoidla, ringja põhiplaaniga, loomulik koorik	10	12,4	12,4	12,4	12,4
Vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega: jahe (< 10 °C) ja niiske	5	5,6			
Vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega: jahe (< 10 °C) ja kuiv	8		8,9		
Vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega: palav (>25 °C) ja niiske	13			14,5	
Vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega: palav (>25 °C) ja kuiv	25				27,9
Mulda viidud lämmastiku kogus, kg		106	102,6	97,1	83,7
Väljaheidetega eritunud lämmastiku kasutamise efektiivsus, %		79%	77%	72%	62%
Lendunud lämmastiku maksumus, € (N-maksumus 0,94 €/kg)		26,3	29,5	37,7	47,3

Tabel 45. Summaarne lämmastiku kadu (maksumus): vabapidamine, ringja põhiplaaniga kattega vedelsõnnikuhoidla, vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega < 24 h

Näitaja					
Piimatoodang, kg/aasta		8725	8725	8725	8725
Väljaheidetega erituv lämmastik, kg/aasta		134	134	134	134
Tehnoloogia	Emissioonifaktor %	Lämmastiku kaod, kg			
Vabapidamine, skreeperseadmed, sõnnikueemaldus >3 korda päevas, vähene allapanu	7,5	10,1	10,1	10,1	10,1
Vedelsõnnikuhoidla, ringja põhiplaaniga, jäik kate (betoon-, telkkatus)	2	2,5	2,5	2,5	2,5
Vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega: jahe (< 10 °C) ja niiske	5	6,1			
Vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega: jahe (< 10 °C) ja kuiv	8		9,7		
Vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega: palav (>25 °C) ja niiske	13			15,8	
Vedelsõnniku lohislaotus muldaviimisega: palav (>25 °C) ja kuiv	25				30,4
Mulda viidud lämmastiku kogus, kg		115,4	111,8	105,7	91,1
Väljaheidetega eritunud lämmastiku kasutamise efektiivsus, %		86%	83%	79%	68%
Lendunud lämmastiku maksumus, € (N-maksumus 0,94 €/kg)		17,5	20,9	26,6	40,3

Tabel 46. Summaarne lämmastiku kadu (maksumus): vabapidamine, ringja põhiplaaniga katteta vedelsõnnikuhoidla, vedelsõnniku sisestuslaotus

Näitaja					
Piimatoodang, kg/aasta		8725	8725	8725	8725
Väljaheidetega erituv lämmastik, kg/aasta		134	134	134	134
Tehnoloogia	Emissioonifaktor %	Lämmastiku kaod, kg			
Vabapidamine, skreeperseadmed, sõnnikueemaldus >3 korda päevas, vähene allapanu	7,5	10,1	10,1	10,1	10,1
Vedelsõnnikuhoidla, ringja põhiplaaniga, loomulik koorik	10	12,4	12,4	12,4	12,4
Vedelsõnniku avalõhe sisestuslaotus rohumaal	10	11,2			
Vedelsõnniku segamislaotus	5		5,6		
Vedelsõnniku sulglõhe sisestuslaotus rohumaal	1			1,1	
Vedelsõnniku sulglõhe sisestuslaotus põllumaal	1				1,1
Mulda viidud lämmastiku kogus, kg		100,4	106,0	110,4	110,4
Väljaheidetega eritunud lämmastiku kasutamise efektiivsus, %		75%	79%	82%	82%
Lendunud lämmastiku maksumus, € (N-maksumus 0,94 €/kg)		31,6	26,3	22,1	22,1