

Drenaažkuivendusega põllumajandusmaal hajukoormuse leviku iseärasuste selgitamine ja hajukoormuse ohjamise meetodite täpsustamine

Lõpparuanne. I osa

Vastutav täitja: Toomas Timmusk

Tartu, 2022

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Hajukoormuse levik kuivendatud põllumajandusmaal.....	5
Kokkuvõte.....	12
Viidatud kirjandus.....	12
2. Keskkonnakaitserajatiste efektiivsus väetisainete ja sette kinnipidamisel ja nende hoiukulud	14
Sissejuhatus.....	14
2.1. Veekaitsevöönd.....	15
2.1.1. Toimimispõhimõte.....	15
2.1.2. Projekteerimise alused. Mõõtmed.....	16
2.1.3. Veekaitsevööndi efektiivsus väetisainete ja sette kinnipidamisel	17
2.1.4. Viidatud kirjandus.....	22
2.2. Settebasseinid.....	23
2.2.1. Hüdrauliliselt dimensioneeritava settebasseini toimimispõhimõte.....	23
2.2.2. Projekteerimise lähteandmed.....	26
2.2.3. Settebasseini efektiivsus heljumi ja taimetoitainete kinnipidamisel.....	27
2.2.4. Maksumus ja hoiukulud.....	28
2.2.5. Viidatud kirjandus.....	29
2.3. Tehnoloogilised settebasseinid	30
Viidatud kirjandus.....	32
2.4. Puhastuslodud (avaveelised märgalad)	33
2.4.1. Toimimispõhimõte.....	33
2.4.2. Puhastuslodu efektiivsus heljumi ja taimetoitainete kinnipidamisel	36
2.4.3. Maksumus ja hoiukulud.....	39
2.4.4. Viidatud kirjandus.....	40
2.5. Seadedrenaaž.....	41
2.5.1. Toimimispõhimõte.....	41
2.5.2. Ülevaade seadedrenaaži efektiivsuse uuringutest.....	43
2.5.3. Viidatud kirjandus.....	47
2.6. Vooluvee keemiline töötlemine settebasseinis/kaevus	48
2.6.1. Toimimispõhimõte.....	48
2.6.2. Toimimise efektiivsus taimetoitainete kinnipidamisel	50
2.6.3. Viidatud kirjandus.....	51
2.7. Lubi drenikaevikus. Dreenikaeviku täitepinnase töötlemine	51
Viidatud kirjandus.....	53
2.8. Orgaanilisest materjalist filtrid drenaažisüsteemil- bioreaktorid.....	53
Viidatud kirjandus.....	56
2.9. Vooluvee puhastamine pindmise äravooluga – valgväljakud.....	57
2.9.1. Toimimispõhimõte ja uuritus.....	57
2.9.2. Efektiivsus taimetoitainete vähendamisel	57
2.9.3. Projekteerimise alused	58
Viidatud kirjandus.....	59
2.10. Eesvoolu astmeline nõlv	60
2.10.1. Toimimispõhimõte.....	60
2.10.2. Projekteerimise alused	62

2.10.3. Efektiivsus taimetoitainete vähendamisel vooluvees ja tulu	63
2.10.4. Maksumus ja hoiukulud.....	64
Viidatud kirjandus.....	65
3. Drenaažkuivendussüsteemi tehnilise seisundi mõjust hajukoormuse levikule.....	67
Viidatud kirjandus.....	70
4. Ülevaade Soome, Rootsi ja Läti maaparandussüsteemi maa-alal hajukoormuse ohjamise õigusraamistikust	72
Sissejuhatus.....	72
4.1. Ülevaade Soome õigusraamistikust	73
4.1.1. Seadustes kehtestatud kohustuslikud nõuded	73
4.2.2. Eesvoolude ja drenaaži rekonstrueerimise/rajamise toetus.....	76
4.2.3. Hajukoormust ohjavad rajatised kuivendussüsteemil	77
4.3. Ülevaade Rootsi õigusraamistikust.....	83
4.4. Ülevaade Läti õigusraamistikust.....	89
Viidatud kirjandus.....	97

Sissejuhatus

Maaeluministeeriumi poolt tellitud uuringu (riigihange 221901) „Drenaažkuivendusega põllumajandusmaal hajukoormuse leviku iseärasuste selgitamine ja hajukoormuse ohjamise meetodite täpsustamine“ lõpparuanne on esitatud kolme vahearuanadena.

Esimene vahearuanne koosneb teadusartiklite, seireandmete ja varasemate uuringute põhjal tehtud ülevaatest drenaažiga kuivendatud põllumajandusmaal hajukoormuse tekkimise ja leviku ajalise jaotumise kohta meiega sarnastes kliimatingimustes paikneval maatulundusmaal ning erinevat tüüpi keskkonnakaitserajatiste väetisainete ja sette kinnipidamise efektiivsuse ja nende rajatiste hoiukulude analüüsist. Antakse ülevaade Soomes, Rootsis ja Lätis maaparandussüsteemi maa-alal hajukoormuse ohjamise õigusraamistikust, keskkonnakaitserajatistele esitatavatest nõuetest ning rajamise- ja hoiukulude hüvitamise mehhanismist.

Teine vahearuanne põhineb välitöödel, mille eesmärk oli hinnata ajavahemikul 2008–2019 maaparandussüsteemide registrisse kantud hajukoormuse levikut ohjavate maaparandussüsteemi keskkonnakaitserajatiste seisundit (valim hõlmab settebasseine 5%; puhastuslodusid (suured) 100%; suudme puhastuslodusid 25%; seadedrenaaži süsteeme 10%; tuletõrjetiike 5%) ning on antud nende otstarbekuse, nõuetekohasuse, tehnilise seisundi ja toimimise efektiivsuse kohta hinnang.

Kolmas vahearuanne on seadedrenaaži toimimise efektiivsuse uuringu tulemustest kahel ehitisel kergetes ja keskmistes pinnastes ning on esitatud ettepanekud/ täiendused õigusaktidesse.

Töö täitjad: olid EMÜ maaehituse ja veemajanduse osakonna lektor Toomas Timmusk ja Meelis Must, kes tegi keskkonnakaitserajatiste ülevaatusi.

1. Hajukoormuse levik kuivendatud põllumajandusmaal

Põllumajandustootmisel on oma keskkonnamõju, millega kaasnevad kaod mulda, õhku ja vette. Hajukoormus (tuleneb taimekaitsevahendite ja väetiste kasutamisest ning loomakasvatusest) on oluline koormusallikas põhjaveele ning veekogudele. Ilma täiendavate taimetoitainete (mineraalväetiste) kasutamata pole aga efektiivne taimekasvatus võimalik.

Taimetoitainete väljakanne sõltub mulla ja pinnase omadustest, maakasutusest, kasutatud väetiste hulgast, väetamise ajast ning koristatud saagi suuruselt, aga ka konkreetse aasta veerohkusest. Käesolevas töös käsitletakse lämmastiku ja fosforiühendite väljakannet, mis on peamised vooluveekogudes ja järvedes eutrofeerumise põhjustajad. Tehniliste leevendusmeetmete rakendamisel on oluline sisendinfo väljakandes taimetoitainete kontsentratsioonid, selle jaotumine aasta lõikes, hajukoormuse tekke põhjused ning puhastusprotsessi olemus. Taimetoitained seotakse mullas, pinnases, mulla- ja vee-elustikus ning taimedes, viiakse aineriingest välja koristatud saagiga või ladestuvad eesvoolude ja suublate põhjasetetes.

Mulla neelamisvõime on mulla omadus siduda mitmesuguseid vedelaid, tahkeid ja gaasilisi aineid. Eristatakse järgmisi neelamisvõime liike (Mullateadus 2012):

- Mehaaniline;
- Füüsikaline;
- Keemiline;
- Bioloogiline,
- Füüsikalis-keemiline e asendusneeldumisvõime.

Kraavkuivenduse asendamine drenaažiga vähendab pindmist äravoolu ja muld toimib infiltreeruva vee filtrina – mida peenemad poorid, seda suurem on mulla mehaaniline neelamisvõime.

Negatiivse füüsikalise neeldumise korral tõugatakse kolloidi ja seda ümbritseva lahuse piirpinnalt eemale mineraalsoolad sh ka nitraatioon, ammoniaak aga neeldub.

Keemilisel neeldumisel tekivad mulla raskesti lahustuvad ühendid. Keemilisele neeldumisele ei allu nitraadid. Küll happelistes muldades tekivad raud- ja alumiiniumfosfaadid, mis ei lahustu vees ega nõrgalt happelise reaktsiooniga juureeritistes (Mullateadus 2012).

Bioloogiline neelamisvõime on seotud taimedega – koristatava saagiga, millega viiakse lämmastik mullaprofiilist välja. Väetamise soovitused tuginevad põldkatsetele, kus planeeritud saagi jaoks vajaliku kogus viiakse mulda jaotatult, näiteks suvinisu puhul kevadel kolme korraga - külvi alla, võrsumisfaasis ja kõrsumise algusest kuni 2 kõrresõlmeni (Suvinisu 2019), kusjuures väetamisskeemis kasutatavad lämmastikväetised sisaldavad lisaks nitraadile nii ammooniumiooni, mille muutmise nitrifikatsiooniprotsessis nitraadiks võtab aega kui ka väävlit, mis aitab taimel paremini omastada lämmastikku.

Suure saagi eelduseks on, et bioloogilisse aineringsse läheks võimalikult palju taimetoitaineid, saagikuse kasvuga suureneb ka kaaliumi ja fosfori omastamine. Kui edasi järgneb põud või jahe ekstreemsete sademetega periood, siis loodetud saak ikaldub ja taimetoitained jäävad kasutamata. Taimede poolt kasutamata nitraat uhutakse kergesti künnikihist välja.

Lämmastikuringe koosneb paljudest etappidest, kus olenevalt C:N suhtest seotakse lämmastik ka mulla elustikuga või toimub anaeroobses keskkonnas denitrifikatsioon. Mitmes uurimuses märgitakse, et kui vaadelda lämmastiku leostumise muutumist seirepõldudel kasutatud lämmastikväetiste koguste taustal, siis otsest korrelatsiooni ei ole võimalik välja lugeda (Dreenivee... 2022).

Mulla tallamisest tingitud tihenemise vältimiseks ning kultuurtaimede kasvuks on vaja nendele optimaalset niiskusežiimi, mis humiidses kliimatsoonis saavutatakse ainult kuivendusega. Drenaaž alandab põhjaveetaset ja kiirendab vee vertikaalset liikumist mulla profiilis. Drenaažisüsteemid vähendavad pinnaäravoolu mahtu, koos sellega ka mullaosakeste, orgaanilise aine, lämmastiku ja fosfori pindmist väljakannet. Ekstreemsete sademete korral drenid võtavad vastu künnikihist leostuvad lahustuvad taimetoitained ja viivad selle eesvoolu kaudu suublasse.

Kliima on muutunud – sademete hulk on viimase sajandiga kasvanud 5...15%, prognoosimudeli RCP4.5 kasv on aastateks 2041-2070 aasta keskmisena 10%, kusjuures ööpäevas 30 mm

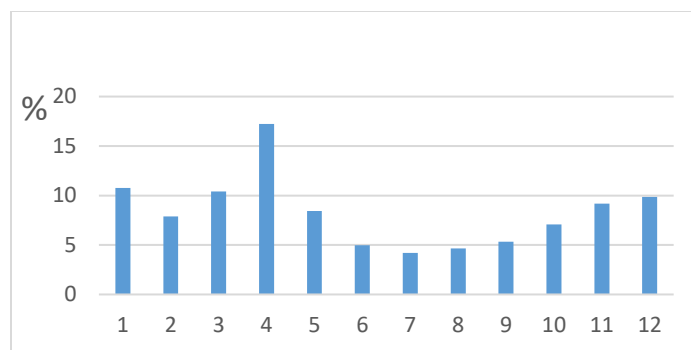
ületavate sademete esinemise sagedus suureneb. Tabel 1.1 on esitatud kahe 30- aastase perioodi (1961-1991 ja 1991-2020) kuu keskmised sademed, sademetega päevade arv kuus ning kuu ööpäeva maksimaalsed sademete kogused. Vegetatsiooniperioodil (mai-oktoober) sajab keskmiselt 59...61% aasta sademetest, kusjuures sel perioodil esinevad ööpäeva maksimumid. Viimase kolmekümnel aastal aga on suurenenud talvekuude sademete kogused. Talved on soojad ja pinnas ei külmu ning sademetest tekkiv liigvesi viiakse drenidega ära juba talvel.

Tabel 1.1. Keskmine sademete hulk ja esinenud ööpäeva maksimumis aastatel 1961-1990 ja 1991-2020 (Keskonnaagentuur)

Kuu	1961-1990			1991-2020		Keskmise sademete hulga muutus %
	keskmine sademete hulk, mm	sademetega päevade arv	sademete ööpäeva maks, mm	keskmine sademete hulk, mm	sademete ööpäeva maks, mm	
jaan.	38	10	33	49	28	29
veeb.	28	7	37	39	36	39
märts	30	8	28	35	32	17
apr.	34	7	50	34	34	0
mai	40	7	73	42	110	5
juuni	51	8	83	70	90	37
juuli	73	10	131	67	103	-8
aug.	78	10	81	81	116	4
sept.	74	12	75	58	78	-22
okt.	66	12	40	72	50	9
nov.	63	13	47	61	41	-3
dets	51	12	33	53	34	4
Kokku	626	*	*	661	*	6

Äravoolu mõjutavad aurumine ja taimede veetarve, samuti sademete kogus, intensiivsus ja aastasisene jaotus ja konkreetse ehitise korral ka pinnase tingimustest ja maapinna reljeefist.

Taimetoitainete bioloogiline sidumine mullaelustikus ja saagis aga ka puhastuslodu taimedes toimub vegetatsiooniperioodil. Viie kuu (mai-oktoober) keskmine äravoolumaht Eesti väikejõgedel on alla kolmandiku aastamahust. Joonisel 1.1. on toodud näide Sargvere peakraavi kohta (valgala pindala 7,25 km², vaatlusperiood 1976-2019) kuu keskmise äravoolu jaotuse kohta. Perioodi mai-oktoober äravool moodustab 35% aastamahust.



Joonis 1.1. Sargvere peakraavi äravoolumahu jagunemine (vaatlusperioodi kuu keskmised väärtused).

Veebilansi elementide – sademete ja drenaaži äravoolu mahu vahelise seose uuringuid on Eesti kohta tehtud vähe. Drenaaži äravoolu seirega tegeleti kümmekond aastat (alates 70-ndate keskelt RPUI „Eesti Maaparandusprojekt“), kus kümnes kohas mõõdeti kolmnurkülevoolude ja isekirjutajatega kollektoritest vooluhulkasid, sademeid ja põhjaveetasid. Uuringutest tegi kokkuvõtte V.Erikson, kes märgib, et drenaaži aastane äravool, olenevalt sademete kogusest ja väljaku omadustest, muutub suurtes piirides, olles siiski sünkroonis ilmastikutingimustega, olenedes peamiselt aasta sademete summast. Andmete analüüsist selgus, et keskmise veerikkusega aastatel talvise (jaanuar, veebruar) ja suvise (mai-august) madalvee perioodil voolab ära 10-15% aastasest äravoolust. Kogu vegetatsiooniperioodil (mai-oktoober) moodustab äravool veerikastel aastatel 40-60%, veevaestel aastatel 10-30% aastasest mahust (Erikson 1984).

Ülevaateuuringuid põllumajandusmaal hajukoormuse leviku selgitamise ja hajukoormuse ohjamise meetodite kohta on Eestis tehtud ka varem (Timmusk 2007; Põllumajanduse... 2011; Veekaitse... 2017).

Matemaatilisi mudeleid, millega modelleeritakse valgalal taimetoitainete väljakannet on loodud Eestiga sarnastes kliimaoludes Soomes alates 80-ndatest aastatest (Kallio 1989), pikaajaliste programmidega uuritud põllu- ja metsamaal taimetoitainete väljakannet ning koostatud asjakohaseid mudeleid (Turtola et al 1987; Rekolainen et al 1992).

Aastakeskmisena, mitmekesise maakasutusega aladel oleneb biogeenide väljakanne põllumaa osakaalust (Rekolainen *et al* 1992):

$$N_L = 11,4 F_p + 240$$

$$P_L = 1,4 F_p + 9,5$$

kus N_L – lämmastiku väljakanne aastas ($\text{kg km}^{-2}\text{a}^{-1}$);

F_p – valgalal põllumaa %.

P_L – fosfori väljakanne aastas ($\text{kg km}^{-2}\text{a}^{-1}$);

F_p – valgalal põllumaa %.

Eestis on teinud pikaajalisi vaatlusi Ü.Manderi tööühm Porijõe valgalas (Mander *et al* 2000), kus 90-ndate alguses toimus mahajäetud maade suurenemine 1,7-lt 10,5%-le ja põllumaa vähenemine 42-lt 24 %-le. See tõi kaasa lämmastiku ja fosfori väljakande vähenemise. Porijõe andmetel koostatud mudel, mis hõlmab maakasutust, väetamist, mulla parameetreid ja äravoolu, kirjeldab lämmastiku ja fosfori väljakande muutusi (Mander *et al* 2000).

Süsteematilist pikaajalist hajukoormuse seiret kuivendatud põllumaal on tehtud Eestis alates 2007. aastast Põllumajandusuuringute keskuse poolt, kus seitsmel põllul uuritakse taimetoiteelementide bilanssi ja väljakannet läbi drenaaži, mõõtes 2-nädalase sammuga vooluhulkasid ja võttes samas veeproovid fosfori- ja lämmastikuühendite määramiseks. Uuringu käigus määratakse taimetoiteelementide sisaldus drenivees ja mullast läbinõrgunud vee hulk. Nende näitajate kaudu arvutatakse taimetoiteelementide leostumine.

Kokkuvõtvalt on saadud tulemuseks, et „dreenivees nitraatiooni kontsentratsioon muutub vegetatsiooniperioodil kordades, filtratsioon ehk mullast läbinõrgunud vee hulk kümnetes kordades. Seetõttu valitseb seos vaid taimetoiteelementide leostumise ja filtratsiooni vahel. Filtratsiooni suurus omakorda sõltub nii sademete jaotusest kuude lõikes, mulla lõimisest ja liigist kui ka kasvatatavast kultuurist ja maa harimisest. Kui vaadelda lämmastiku leostumise muutumist seirepõldudel kasutatud lämmastikväetiste koguste taustal, siis otsest korrelatsiooni ei ole võimalik välja lugeda. Seega on leostumine tingitud ikkagi

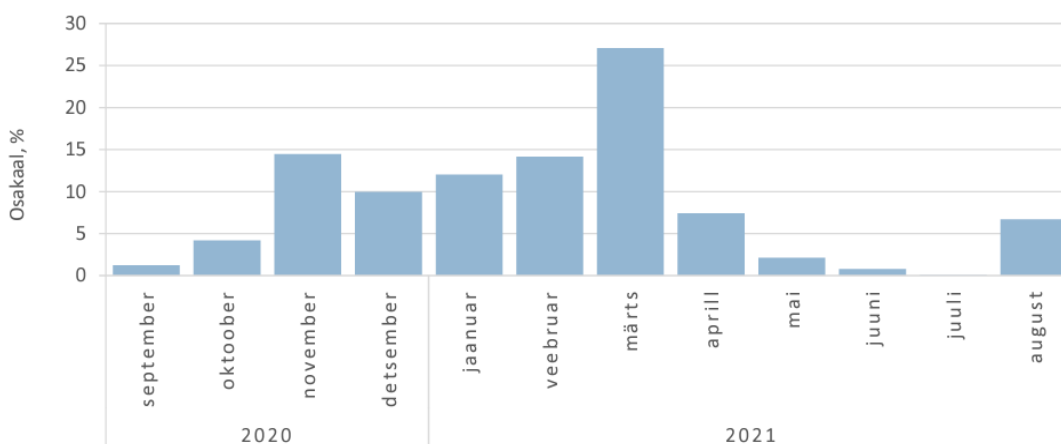
suurel määral filtratsioonitingimustest (sademete hulgast, temperatuurist, maapinna külmumisest), kasvatatavatest kultuuridest ja maa harimisest“ (Dreenivee....2022).

Taimetoitainete kontsentratsioonid on drenivees kõrged. Näitena on toodud Tabel 1.2 perioodi 2007-2021 (erineva maaviljeluse, kasvatatavate kultuuride ja sellest tuleneva väetiste kasutamisega) erinevate toetuste puhul drenivees mõõdetud nitraatiooni kontsentratsioonide kohta.

Äravoolu jaotus mõjutab ka toitainete väljakannet. Näitena on esitatud joonis 1.2 Põllumajandusuuringute keskuse 2021. aasta aruandest lämmastiku väljakande jagunemise kohta aasta jooksul. Enamus lämmastiku väljakandest toimub sügis- ja talvekuudel (2021.a augusti kuu erandlik – sademeid 150% normist).

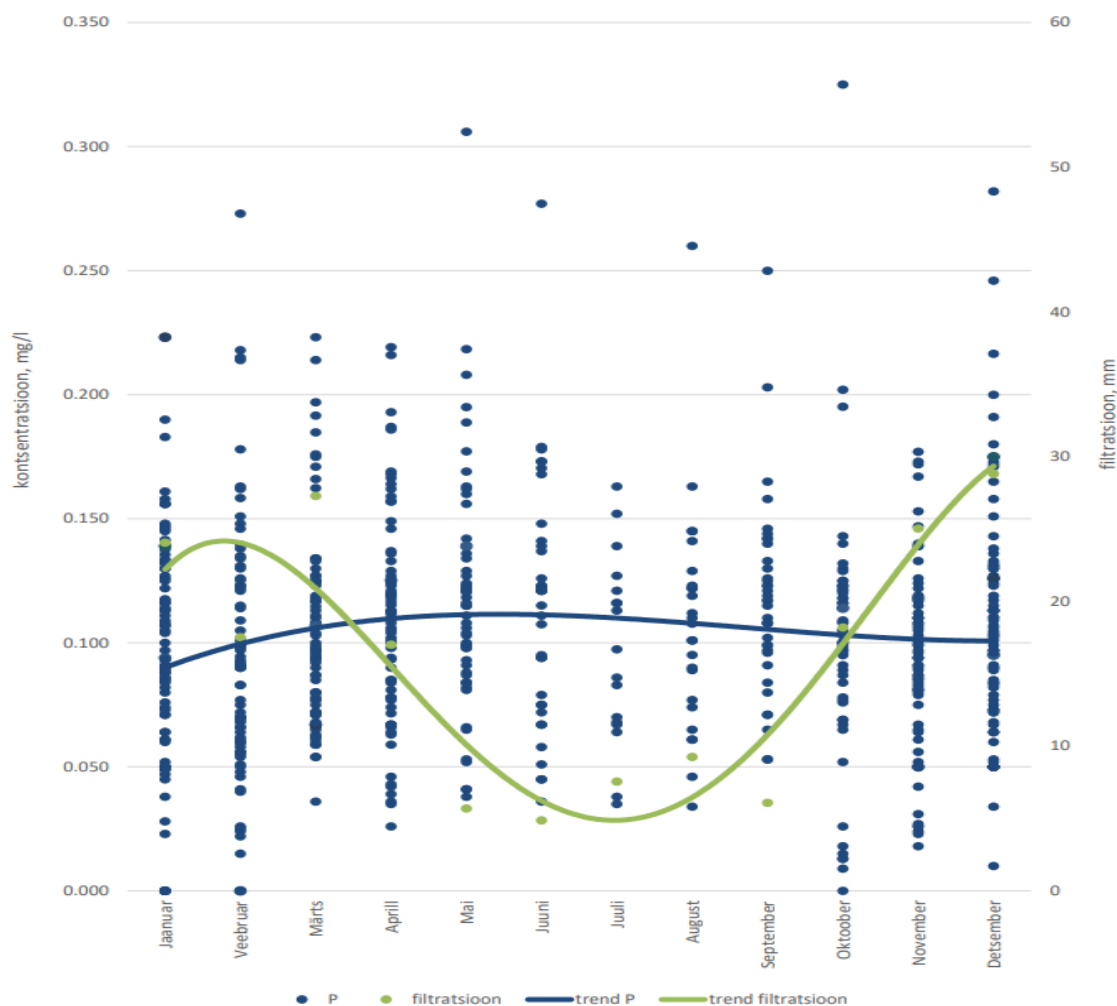
Tabel 1.2. Nitraatiooni sisaldus tavamaaviljeluse (ÜPT) keskkonnasõbraliku majandamise (KSM) ja mahemaaviljelusega (MAHE) toetusega hõlmatud seirepõldude drenivees (Põllumajandusliku... 2021)

Toetustüüp	NO3 keskmine sisaldus, mg/l							
	2007-2013	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2014-2021
KSM	33,5	35,1	44	32,7	39,5	50,7	45,5	39,4
MAHE	18,7	20,8	37,1	20,5	2,7	1,2	0,9	12,3
ÜPT	20,1	103,3	98,6	57,3	44,5	31,5	46,9	61,9



Joonis 1.2. Lämmastiku leostumise jagunemine kuude lõikes seireperioodil september 2020 - september 2021 kõikide seirepõldude andmetel (Põllumajandusliku... 2021).

Sama aruande põhjal fosfori kontsentratsioonikõvera maksimumid jäävad kevadsuvisesse perioodi (joonis 1.3). Üksikväärtused mõnel kuul on küll kõrged, kuid trendijoon jääb samasse skaalasse. Arvestades äravoolu jaotust jääb ka siin väljakandest suurem osa vegetatsioonivälisesse perioodi. Pikaajalise keskmisena (2014-2021) mahemaaviljelusega alalt fosfori kontsentratsioon drenivee seire andmetel oli 0,14 mg/l, tavamaaviljeluse korral 0,08 mg/l ja keskkonnasõbraliku majandamise toetusega alal 0,1 mg/l (Põllumajandusliku... 2021). Üle 10 km² valgalaga vooluveekogus on hea kriteeriumiks fosfori kontsentratsioon alla 0,08 mg/l.



Joonis 1.3. Fosfori keskmine kontsentratsioon ja äravoolukiht (filtratsioon) kuude kaupa 2014-2021 kõikide seirekohtade lõikes (Põllumajanduslike... 2021).

Kokkuvõte

Keskkonnakaitserajatiste valikul tuleb arvestada drenaaži kui ka vooluveekogude äravoolu jaotust ning taimetoitainete kontsentratsiooni ja väljakande ajalist jaotust. Väljakanne oleneb kasutatavast väetise kogusest (mahemaaviljeluse korral rohumaal on lämmastiku väljakanne väike), kuid ei ole otseselt seotud väetamise ajaga. Kuivendatud alalt drenaažiäravool ja seega ka taimetoitainete väljakanne toimub vegetatsioonivälisel perioodil. See seab piirid vooluvee bioloogilisele (taimede poolt) puhastamisefektiivsusele külmas kliimas.

Tekkivat hajukoormust on võimalik vähendada erinevate meetoditega:

- Piirangud väetamise kogustes ja laotamisese ajale;
- Uued väetised, täppismaaviljeluse ja –väetamise rakendamine;
- Rajatised, mis aitavad mittepognoositavast ilmastiku varieerumisest põhjustatud biogeenide ja heljumi väljakannet pidurdada ja vähendada.

Viimane punkt on seotud maaparandussüsteemiga. Taimetoitainete kontsentratsioonid on drenivees on kõrged, kuid drenaažisüsteem on kuivendussüsteemi osa ja erinevate meetmete koosmõjuga saavutatakse veemajanduskavades toodud suublate veekvaliteedi nõuded. Vee kvaliteedi paranemine toimub ka taimi täis kasvanud kraavides ja eesvoolus.

Settebasseinides ja puhastuslodudes toimub väljakande vähendamine seadmise teel (pinnaseosakestega seotud fosforühendid) ja bioloogiliselt - vees kasvavate taimede poolt. Eesti kliimatingimustes toimub veepealsete taimede fotosüntees vegetatsiooniperioodil, seetõttu tuleb kriitiliselt suhtuda teistes ilmastikuoludes tehtud uurimiste tulemustesse.

Viidatud kirjandus

Dreenivee seire. 24.05.2022. {[<https://pmk.agri.ee/et/keskkonnaseire/dreenivee-uuringust>] (1.10.2022)}

Kallio, K. 1989. Peltoalueiden huuhtoutumismallit. Vesi ja Ympäristöhallituksen monistesarja, Nro 154. Helsinki. 58 s.

Mander, Ü., Kull, A., Kuusemets, V. 2000. Nutrient flows and land use change in a rural catchment: a modelling approach. *Landscape Ecology*, 15(3), 187–199.

Põllumajanduse hajukoormuse piiramise meetmete väljatöötamine ja nende tõhususe hindamine. Hinnang pinna- ja põhjavee hea seisundi saavutamise ja veesäästu võimaluste kohta. Töövõtulepingu 4-1.1/279 lõpparuanne. Tallinn, 2011

Põllumajandusliku keskkonnatoetuse veeseire hindamise raames veekvaliteediga seotud uurimistööd (taimetoiteelementide kontsentratsioon drenivees). 2021. [<https://pmk.agri.ee/et/pollumajanduskeskkonna-uuringud/uurimisvaldkonnad/vesi>]

Rekolainen, S., Kauppi, L., Turtola, E. 1992. Maatalous ja vesine tila. MAVERON loppuraporti. Luonnonvarajulkaisuja 15. Helsinki. 61 s.

Suvinisu väetamisprogramm. 2019. [<https://www.yara.ee/siteassets/crops/wheat/programs/spring-wheat/cp-spring-wheat-2019.pdf>] (30.09.2022).

Timmusk, T. 2007. Eesti Riikliku Arengukava raames maaparanduslike abinõude uuring maatulundusmaalt pärineva hajureostuse vähendamiseks. Eesti Maaülikool. Metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 88 lk.

Veekaitseõuete riikidevaheline võrdlev analüüs ja nõuete tõhususe hindamise mudel. Lõpparuanne. Tartu, 2017

2. Keskkonnakaitserajatiste efektiivsus väetisainete ja sette kinnipidamisel ja nende hoiukulud

Sissejuhatus

Kuivendussüsteemi rajamine muudab oluliselt rajatistega hõlmatud ala veerežiimi. Drenaaž alandab põhjaveetaset ja kiirendab vee vertikaalset liikumist mulla profiilis. Drenaažisüsteemid vähendavad pinnaäravoolu mahtu, koos sellega ka mullaosakeste, orgaanilise aine, lämmastiku- ja fosforiühendite pindmist väljakannet. Liigniiskel perioodil kannavad infiltreeruvad sademed taimede poolt kasutamata jäänud vees lahustuvad taimetoitained künnikihist välja drenitavasse horisonti.

Hajukoormust saab vähendada ning sellega eesvooludes ja suublas veekvaliteeti parandada ühelt poolt piirangutega maakasutusele ja väetamisele, teiselt poolt mitteprognoositavast ilmastiku varieerumisest põhjustatud biogeenide ja heljumi väljakande kinnipidamise või vähendamisega mitmesugustes rajatistes.

Viimastel aastakümnetel on ka põllumajandusmaal hajukoormuse vähendamiseks uuritud ja osaliselt võetud kasutusele mitmeid tehnoloogiaid ja rajatisi. Nendeks on:

- Veekaitsevöönd ja veekaitsevööndi laiendus;
- Settebasseinid;
- Puhastuslodud, tehismärgalad;
- Seadedrenaaž;
- Vooluvee keemiline töötlemine, filtrid kaevus ja eesvoolus;
- Dreenikaeviku täitepinnase töötlemine, lubi drenikaevikus;
- Orgaanilisest ainest filtrid kollektoritel – bioreaktor;
- Vooluvee puhastamine valgväljakutel;
- Astmelise nõlvaga kraav, lammiterrass.

Mõned nendest on kasutusel reoveepuhastuses, mille reostuskoormus (biogeenide kontsentratsioon) ja vooluhulga jaotus erineb oluliselt põllumajandusmaastikul olevast.

2.1. Veekaitsevöönd

2.1.1. Toimimispõhimõte

Põllumajanduslikult maastikult tuleva hajukoormuse ja veekogude veekaitse teema tõusis päevakorrale 70-ndatel aastatel. Ühe valgalalt taimetoitainete ja setete vähendamise meetmena on sellest ajast uuritud ka veekaitsevööndit (Malmi 1986).

Veekaitsevöönd on loodusliku taimestikuga ala, millel majandustegevus on seadusandlusega piiratud. Regulatsioonid vööndi laiusele, majandustegevuse piirangud ja nende kompenseerimise mehhanismid on erinevad.

Eesti veeseaduses on see defineeritud: Veekogu kalda või ranna erosiooni ja hajuheite vältimiseks on veekogu kaldal või rannal veekaitsevöönd. Inglise keeles *water protection zone*. Ingliskeelses teaduskirjanduses kasutatakse mõisteid *riparian buffer zone*, *vegetated buffer zone*, *aga ka vegetative filter strip*. Mitmetel juhtudel terminid *protection zone*, *protection forest* ei pruugi olla otseselt seotud veekoguga. Eesti keeles kasutatakse ka terminit puhervöönd (puhvertsoon), mis võib olla seadusega määratud veekaitsevööndist laiem.

Piki vooluveekogu mõlemal kaldal oleva veekaitsevööndi eesmärk on (Mander *et al* 2005):

- 1) intensiivselt haritavalt maalt tuleva pinna- ja põhjaveevoolu filtreerimine;
- 2) veekogu kaldanõlva kaitsmine erosiooni vastu;
- 3) kohalikest tootmisaladelt (taimekaitsevahenditega töödeldud põllud, suurfarmid) tuleva saastunud õhu filtreerimine;
- 4) vooluveekogu veepeegli varjutamine ja sellega makrofütide kasvu pidurdamine;
- 5) mikrokliima parandamine külgnevatel põldudel;
- 6) uute elupaikade loomine nii maismaal kui ka vees;
- 7) ühenduskoridoride loomine erinevate elupaikade vahel.

Veekaitsevööndite toimise ja hajuheite vähendamise uuringuid on tehtud nii Põhjamaades, Euroopas kui ka Ameerikas. Eestis on veekaitsevööndite erinevaid mõjusid ja efektiivsust uurinud Tartu Ülikoolis professor Ü. Manderi töörühm ja sealt väljakasvanud teadlased (Mander *et al* 1995; Mander *et al* 1997; Kuusemets *et al* 1999; Mander *et al* 2000; Mander *et al* 2005).

Põhjamaades on teemakohaseid uurimusi mitmetes pikaajaliste uurimiste aruannetes ja artiklites (Uusi-Kämpä 1989 ja 2000; Pietola *et al* 2007; Syversen 2005; Virkajärvi *et al* 2006), aga samuti paljudes Euroopa ja Ameerika teadlaste töödes. Kahe ülemaailmse konverentsi kohta kokkuvõttev ülevaateanalüüs on esitatud ajakirja *Ecological Engineering* toimetajaartiklis (Mander *et al* 2005), analüüsi 81 erineva veekaitsevööndi toimimise kohta on tehtud artiklis Zhang *et al* 2010.

2.1.2. Projekteerimise alused. Mõõtmised

Eestis on kehtestatud veekaitsetsooni laius veeseadusega. Veekaitsevööndi ulatus veekaitsevööndi arvestamise lähtejoonest (põhikaardile kantud veekogu veepiir, joonobjekti puhul süvendi serv) on:

- 1) Läänemeresel, Peipsi, Lämmi- ja Pihkva järvel ning Võrtsjärvel – 20 meetrit;
- 2) teistel järvedel, jõgedel, ojadel, allikatel, kanalitel, peakraavidel ja maaparandussüsteemide avatud eesvooludel valgala pindalaga üle 10 km² – kümme meetrit, väiksematel peakraavidel ja maaparandussüsteemide avatud eesvooludel – üks meeter.

Põllumajandusest tuleneva hajuheite vähendamiseks on veekaitsevööndis keelatud:

- puu- ja põõsarinde raie üle 10 km² valgala veekogude rannal või kaldal Keskkonnaameti nõusolekuta, välja arvatud maaparandussüsteemi ehitamiseks ja hoiuks;
- maaharimine, väetise ja reoveesete kasutamine ning sõnnikuhoidla ja -auna paigaldamine;
- keemilise taimekaitsevahendi kasutamine Veeseaduse § 196 lõikes 1 nimetatud registreeringuta;
- pinnase kahjustamine ja muu tegevus, mis põhjustab veekogu ranna või kalda erosiooni või hajuheidet. (Veeseadus 2022).

Ülaltoodust saab järeldada, et veekaitsevöönd on loodusliku taimestikuga ala. Veeseadus ei reguleeri kattetaimestiku liike ja kattuvust.

Eesmärgipärasem on kui veekaitsevööndi laiuse määramisel lähtutakse pinnasest, nõlva kaldest ja selle pikkusest. Seetõttu on maaparandussüsteemi projekteerimismõõdi lisatud juurde mõiste veekaitsevööndi laiend, mis arvestab eelpool nimetatud parameetreid. Kui veekaitsevööndi laiendil kasvab puittaimestik, kavandatakse sinna kujundusraiega põõsaserindeta puistu, mille

puuvõrade liitus on kuni 60 protsenti. Veekaitsevööndi laiendisse projekteeritakse kõrgusjoontega võimalikult paralleelselt ühemeetrise vahekaugusega vall-nõvad, mille valli harja kõrgus nõva põhjast on vähemalt 20 sentimeetrit. Vall tihendatakse ja nõva otsad suletakse. See tähendab seda, et veekaitsevööndi laiendi maa-ala põllumajanduslik kasutamine ka rohumana on välistatud.

2.1.3. Veekaitsevööndi efektiivsus väetisainete ja sette kinnipidamisel

Veekaitsevööndi peamine ülesanne on intensiivselt haritavalt maalt tuleva pinna- ja põhjaveevoolu filtreerimine ja taimetoitainete kinnipidamine. Lämmastikuühendite peetus või vähenemine toimub:

- taimestiku tarbimise ja nendesse ladestumisena;
- mulla mikroobide poolt tarbimise ja nendesse ladestumisena;
- denitrifitseerivate bakterite poolt muutumine lenduvaks gaasiks.

Nimetatud protsesse mõjutavad paljud biofüüsikalised tingimused, mille varieeruvus looduses on suur.

Fosfori peetus oleneb mulla adsorptsioonivõimest, taimede poolt lahustunud fosfaadi elutegevuseks tarvitamisest, mikroobsest immobilisatsioonist.

Veekaitsevööndis taimetoitainete peetus on mittelineaarne – selle esimeses osas (0-5 m) peetakse kinni oluliselt rohkem (20-60%) materjali kui ülejäänud osas. Ü.Mander (Mander *et al* 2005) on kirjeldanud protsessi võrrandiga:

$$C_L = (1 - e^{-kL}) * 100\%$$

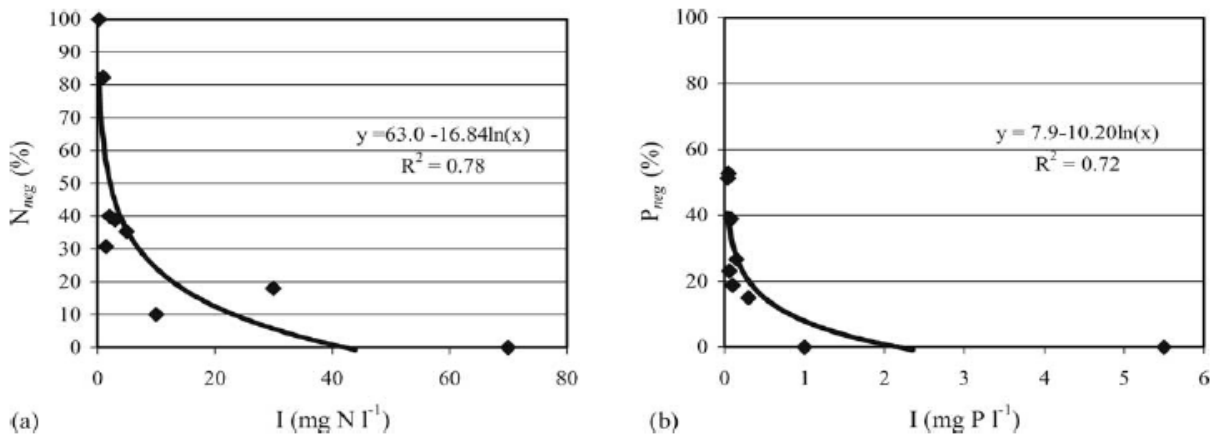
Kus C_L – kontsentratsiooni (%) muutus kaugusel L (m) vööndi piirist

k – peetuse määra tegur (m^{-1}), $k = (\ln C_1 - \ln C_2)/L$;

C_1 – algkontsentratsioon põllu/vööndi piiril;

C_2 – kontsentratsioon kaugusel L .

Samas töös esitab Ü.Mander seose taimetoitainete koormuse ja selle massi peetuse vahel (joonis 2.1):



Joonis 2.1. Seos sisendkontsentratsiooni (I, mg/l) ja negatiivse eemaldamise tõenäosuse vahel (a) lämmastiku ja (b) fosfori jaoks (Mander *et al* 2005).

Mander märgib, et vaatamata vaatluste väiksele arvule on trend nähtav – koormuse suurenemisel efektiivsus väheneb. Peetuse efektiivsus oleneb peamiselt koormuse esinemise ebaühtlusest ja lühiajalisusest – efekt on suurem kui koormus tuleb lühiajalise intensiivse vihma või lume sulamisega.

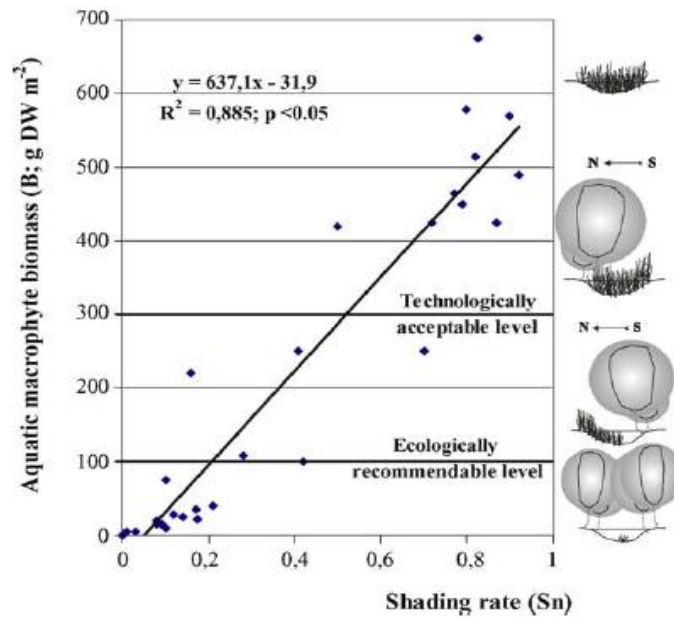
N- ja P-massi eemaldamine veekaitsevööndis võib olla negatiivne - on täheldatud, et kuigi põldu ei väetata on veekaitsevööndist väljavoolav koormus suurem kui sisenev (Kuusemets 2001).

Veekaitsevöönd on loodusliku taimeestikuga ala. Mitmed uurimused näitavad, et efektiivsem on erinevate järjestikuste taimekooslustega ja mullaerimitega riba. Näitena looduslik võsastunud lai lamm vooluveekogu ääres (mis on praktikas erandlik). Reaalsetes oludes rajatud veekaitsevööndite puhul on leitud, et setteid peab kinni paremini ainult rohttaimestiku või puudega kaetud ala. Seevastu lämmastiku ja fosforiühendite osas on efektiivsem variant kus on alustaimestikuna rohi ja puud (Zhang *et al* 2010).

Veekaitsevööndil ja nõlval kasvavatel puudel on peale toitainete omastamise veel ka nõlva kindlustav ja veepeeglit varjutav mõju, mis vähendab hooldustööde mahtu. Ü. Mander on uurinud Eestis põllumajandusmaastiku kraavides varjutusmäära Sn (veepinnal ja avamaastikul mõõdetud valguse intensiivsuse suhe) mõju voolusängi makrofüütide biomassile (Joonis 2.2).

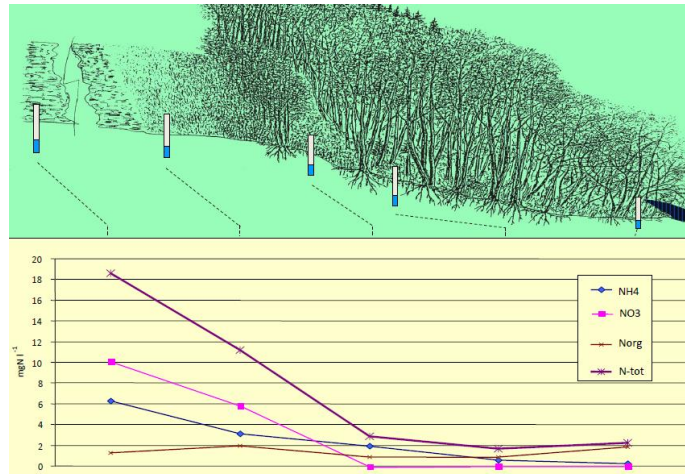
Tehnoloogiliselt eesvoolu hooldamiseks on optimaalne valgustuse vähendamine poole võrra (Mander *et al* 2005).

Ökoloogiliselt ei ole kinnikasvanud säng kasulik veefaunale, samuti sügisel vette langenud lehed võivad põhjustada lagunedes hapnikutarbimist. Eestis peab arvestama ka veel kobraste elutegevusega – puud on nende toidulaud ning paisude ja pesade ehitusmaterjal.



Joonis 2.2. Varju mõjuvee makrofütide massile (Mander *et al* 2005).

Veekaitsevööndite uurimismetoodikad on erinevad, näiteks Porijõe valgaalas uuriti järsul nõlval lämmastiku ja fosfori peetust erineva taimestikuga veekaitsevööndis piesomeetritega (joonis2.5). (Mander *et al* 1995).

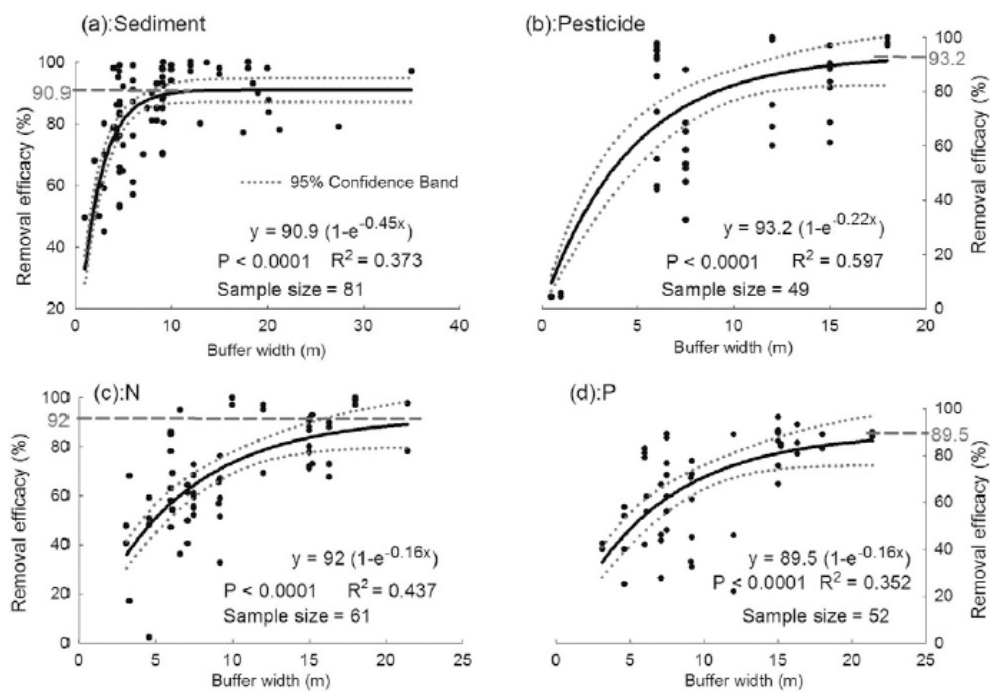


Joonis 2.5. Põhjavee lämmastikukisisalduse muutus nõlval (Mander *et al* 1995).

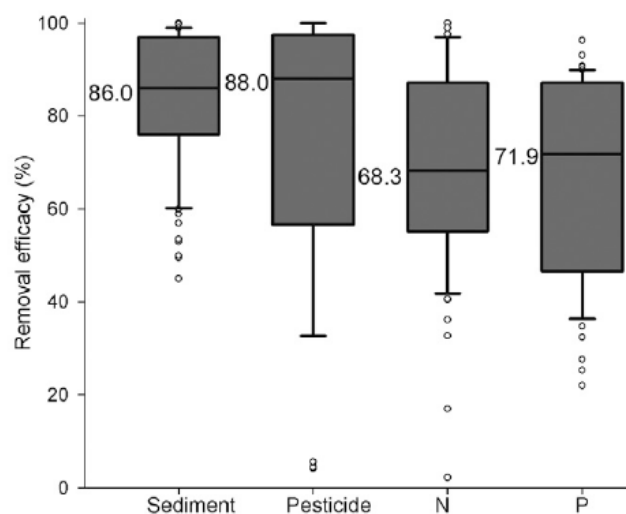
Veekaitsevööndite optimaalseid laiusi on uurinud mitmed teadlased. On tehtud katseid, kus erineva kalde ja taimestikuga nõlvale on juhitud etteantud settekoguse ja taimetoitainete kontsentratsiooniga vett. Simuleeritud äravoolutingimustes kasutati settekontsentratsiooniga 2700 mg/l. veekaitsevööndid olid 2, 5, 10 ja 15 m laiad, kaldega 2; 3 ja 5% ning kolme tüüpi taimestikuga. Kontrollina kasutati kolme palja pinnasega riba. Katsetulemused näitasid, et kõigi vööndite keskmine sette püüdmise efektiivsus oli 84% ja ulatus 68% -st 2-meetrises alas kuni 98% -ni 15-m laiuses vööndis. Kontrollalal peetus 25%. Leiti, et laius on peamine faktor, mis mõjutab sette ladestumist kuni 10 m veekaitsevööndi puhul. Laiuse suurendamine 15 meetrini ei parandanud antud katsetingimustes setete püüdmise efektiivsust (Abu-Zreig *et al* 2004).

Syversen (2005) on uurinud põhjamaise kliima oludes (Norra) puhervööndi laiuse, pinnaäravoolu koguse, selle hooajaline varieeruvuse ja taimkatte tüübi mõju. 10 m laiune vöönd võrreldes 5 m laiusega on oluliselt efektiivsem. Keskmine eemaldamise efektiivsus nii simuleeritud kui ka loodusliku äravoolu katsetes varieerus vahemikus 60–89% fosforühenditel, 37–81% lämmastikule ja 81–91% pinnase osakestel (Syversen 2005)

USA teadlaste kokkuvõttes artiklis on analüüsitud setete, lämmastiku, fosfori ja pestitsiidide peetust olenevalt vööndi laiusest, maaala langust, taimestikust ja kuivenduse tüübist (Zhang *et al* 2010). Alljärgnevalt väljavõtte sellest tööst. Joonisel 2.3 on esitatud veekaitsevööndi laiuse mõju setete, lämmastiku, fosfori ja pestitsiidide peetusele.



Joonis 2.3. Veekaitsevööndi laiususe mõju a) setted; b) pestitsiidid; c) lämmastik; d) fosfor.



Joonis 2.4. Erinevate uuringute andmetel veekaitsevööndi efektiivsus. Vaatluste arv: setted – 81; pestitsiidid – 49; üldlämmastik – 61; fosfor – 52. Numbriga on mediaanväärtus, tumeda kasti serv näitab 25 ja 75 protsentiili, horisontaaljoon 10 ja 90 protsentiili.

2.1.4. Viidatud kirjandus

Abu-Zreig, M., Rudra, R. P., Lalonde, M. N., Whiteley, H. R., & Kaushik, N. K. (2004). Experimental investigation of runoff reduction and sediment removal by vegetated filter strips. *Hydrological Processes*, 18(11), 2029–2037. doi:10.1002/hyp.1400

Kuusemets, V., Mander, Ü. 1999. Ecotechnological measures to control nutrient losses from catchments. *Water Science and Technology*. 40 (10), 195–202.

Malmi, J. S. 1986. Suojavyöhykkeet maatalouden vesiensuojelussa – kirjallisuuskatsaus. Vesihallituksen monistesarja. Nro 415. Helsinki,

Mander, Ü., Kuusemets, V., Hayakawa, T. (2005) Purification processes, ecological functions, planning and design of riparian buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering* 24 (2005) p 421-432.

Mander, Ü., Kuusemets, V., Ivask, M. 1995. Nutrient Dynamics of riparian ecotones: a case study from the Porijõgi River catchment, Estonia. *Landscape and Urban Planning*. 31: 333-348.

Mander, Ü., Kuusemets, V., Lõhmus, K., Mäuring, T. (1997) Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments *Ecological Engineering* 8, p. 299-324.

Pietola, L., Yli-Halla, M. 2007. Laiduntamisen ja suojavyöhykkeiden vaikutukset pintamaan rakenteeseen ja vesitalouteen. *Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote* 27. 18 s.

Syversen, N. (2005) Effect and design of buffer zones in the Nordic climate: The influence of width, amount of surface runoff, seasonal variation and vegetation type on retention efficiency for nutrient and particle runoff. *Ecological Engineering* 24 (2005) p. 483–490

Zhang, X., X. Liu, M. Zhang, Minghua Zhang, R.A. Dahlgren, Melissa Eitzel. 2010. A Review of Vegetated Buffers and a Meta-analysis of Their Mitigation Efficacy in Reducing Nonpoint Source Pollution. *Journal of Environmental Quality*. 39:76–84. doi:10.2134/jeq2008.0496

Uusi-Kämpä, J. 1989. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta. Maatalouden Tutkimuskeskus. Tiedote 10/89. 66 s.

Uusi-Kämpä, J., Kilpinen, M. 2000. Suojakaistat ravinnekuormituksen vähentäjänä. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja sarja A 83. 49s.

Veeseadus. 2022. eRT. [<https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019001?leiaKehtiv#para196>]

2.2. Settebasseinid

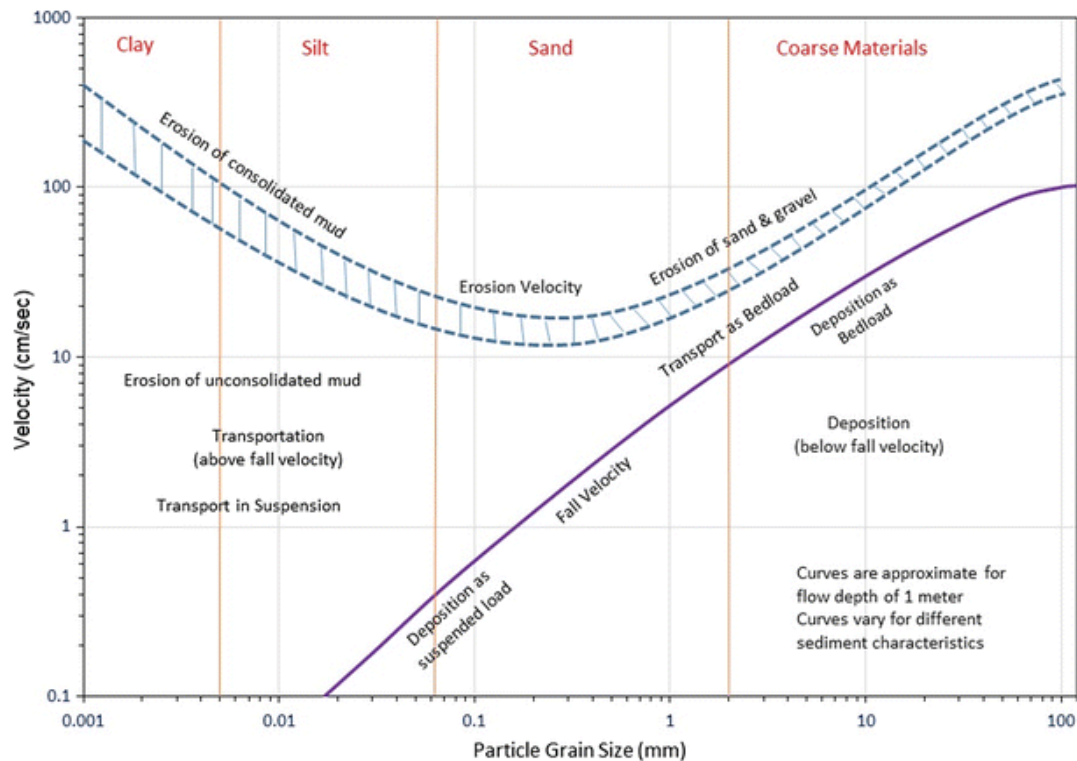
2.2.1. Hüdrauliliselt dimensioneeritava settebasseini toimimispõhimõte

Setete liikumine vooluveekogus võib toimuda kas heljumina (*eng suspended solids*) või mööda põhja veeredes, libisedes ja hüpeldes (põhjauhtained, *eng bed load*). Sette liikumisel üleminek põhjamööda veeremisest ja libisemisest suspensiooniks on olemas voolamise režiimist (laminaarne - turbulentne) ja ei ole konstantne väärtus. Joonisel 2.5 esitatud empiiriline seos voolu kiiruse ja pinnaseosakeste suuruse vahel erosiooni, settimise ja edasikandumise kohta 1 m sügavuses vees (Costa 2016).

Suuremad pinnaseosakesed liiguvad mööda põhja, mis toimub liivapinnases ka madalveeperioodil. Mölli- ja ibeosakesed on omavahel seotud ja vajavad voolusängist lahtiuhtumiseks suuremat voolukiirust, turbulentses vooluvees edasikandumine toimub heljumina.

Heljumi settimiskiirus on olemas osakese suurusel, kujul, veetemperatuuril ja voolurežiimil.

Settebassein on veejuhtme laiendatud ja süvendatud lõik, kus võrreldes veejuhtme mõõtmetega on voolu ristlõige oluliselt suurem, mistõttu voolukiirus väheneb ja sellest tulenevalt vette sattunud heljum, sellega seotud taimetoitained ning orgaaniline aine settivad põhja. Settebasseini eesmärk on vooluveega edasikanduv heljum koguda üht kohta kokku, kust siis see hiljem perioodiliselt tõstetakse välja.



Joonis 2.5. Pinnaseosakese settimise, transpordi ja erosiooni seos keskmise kiirusega (Costa 2016).

Settebasseini hüdrauliline on arvutusskeem lihtne:

Settebasseini pikkus (L):

$$L = \frac{v_k H}{v_s}$$

kus L – basseini pikkus;

v_k - arvutusperioodi etteantud tõenäosusega keskmine voolukiirus basseinis (edaspidi arvutuslik voolukiirus);

H – arvutuslik voolusügavus veejuhtmes;

v_s – uhtaine settimiskiirus.

Arvutuslik voolukiirus on vooluhulga ja arvutusliku ristlõike suhe. Arvutuslik ristlõige on settebasseini voolu ristlõige, mis jääb setteruumist ülesse poole.

Teades valgala suurust ja selle põhjal arvutusvooluhulka, basseini ristlõiget ja kinnipeetava osakese settimiskiirust on võimalik määrata settebasseini vajalikud mõõtmed. Probleemid tekivad lähteparameetrite määramisega ning ilmastikust ja maakasutusest tuleneva suure varieeruvusega, mis mõjutab oluliselt settebasseini toimimise efektiivsust.

Settebassein on setete liikumise piiramise ahelas viimane lüli, esmased tegevused peavad olema sette koguse vähendamine valgalalt ja voolusängist. See tähendab kraavide langu ja voolukiiruse arvestamist, vajadusel voolusängi ja nõlvade kindlustamist ning tegevusi valgalal erosiooni vähendamiseks. Erosiooniriski valgalal vähendab nõue kriitilistel perioodidel (sügisel, talvel ja kevadel) taimkatte nõue, mitteharitava veekaitsevööndi jätmine piki veekogu, mulla veejuhtivuse ja mahutavuse suurendamine (agromelioratiivsete ja agrotehniliste võtete rakendamine). Mõnedes maades rajatakse suure languga aladel ka nn kuivad settebasseinid valingvihmade mahutamiseks, äravoolu ühtlustamiseks ja reostuskoormuse kinnipidamiseks (Fiener *et al* 2005). ASAE (USA) standardi järgi peab settebassein mahutama 24 tunnise kestusega 10 aastase korduvusega valingvihmavee.

Kuivendussüsteemiga seotud settebasseinide uurimise ja modelleerimisega on tegeletud Soomes mitmete pikaajaliste ja mahukate programmide raames alates üheksakümnendate aastate algusest (Ihme *et al* 1991, Heino *et al* 1992; Rouhtula 1996, Häikiö *et al* 1998). Mitmetes riikides on settebasseinide projekteerimise aluseks standardid (The Pennsylvania...2007; Инструкция... 1977) või juhendid (Rokasgrāmata ...2018).

Eestis on settebasseinide dimensioneerimise aluseid analüüsitud 2007. aastal Põllumajandusministeeriumi tellitud ja EMÜ poolt täidetud uuringus „Eesti riikliku arengukava raames maaparanduslike abinõude uuring kuivendatud maatulundusmaalt pärineva hajureostuse vähendamiseks“ ja RMK tellimusel 2009. aastal valminud töös „Maaparanduses kasutatavate settebasseinide projekteerimise soovitused (koostajad P. Alekand ja K. Alekand). Seetõttu käesolevas aruandes seda alateemat ei analüüsita.

2.2.2. Projekteerimise lähteandmed

Settebassein dimensioneeritakse harilikult pinnaseosakese settimiskiiruse arvestamisel seisvas vees (ideaalsed tingimused). Ideaalmudel ei arvesta:

- Veevoolu võimalikku otseteed (kogu basseini ala ei ole kaetud liikuva veega);
- Settimise takistust suure heljumikontsentratsiooni tõttu,
- Settinud materjali erosiooni liiga suure voolukiiruse tõttu;
- Äravoolu ebaühtlust.

Juhul kui settebasseini laius ületab tunduvalt kanali laiuse, tuleb selle ette projekteerida sujuvalt laienev üleminekuosa. Laiendusnurk peaks olema $20...30^0$ piires, sest järsuma laienduse puhul tekivad voolukeerised, mis takistavad settimist. Eelnevast tulenevalt projekteeritakse settebassein voolusängi suhtes sümmeetrilisena, et kogu ristlõike ulatuses toimuks voolamine.

Arvutustes kasutatakse järgmisi parameetreid:

- dimensioneeriv vooluhulk;
- pinnakoormus – vooluhulga ja settebasseini pindala suhe, mis võrdub väikseima osakese settimiskiirusega;
- viibeaeg – basseini maht jagatud vooluhulgaga;
- settebasseini laius ja pikkus (pikkus $7...10$ veepinna laiust);
- sügavus valitakse võimalikult suur, mis tagaks suure settemahu;
- voolukiirus valitakse vajaliku settiva teraläbimõõdu alusel (ei tohi olla turbulentset voolu, mis eeldab piisavalt suurt ristlõiget);
- settebasseini pikkuse parandustegur ($1,3...1,8$) mis arvestab voolu ebaühtlast jagunemist ristlõikes ning pikilõikes.

Settebasseini arvutusvooluhulgaks võetakse Soomes keskmine (50% ületustõenäosusega) kevadine maksimaalne vooluhulk, aga rajatised (truubid, ülevoolud jm) projekteeritakse märksa suurema vooluhulgaga (ületustõenäosus 5%). Veemassi liikumiskiirus peab olema alla 0,01 m/s.

Mitmetes juhendites antakse ka empiirilisi soovitusi settebasseini ehitustingimuste, valgala suuruse ja selle maakasutuse põhjal, mida settebassein teenindab.

Soome: lihtsustatud reeglid settebasseini projekteerimiseks olenevalt haritava maa osakaalust valgalas (Rouhtola 1996):

- Kui põllumaa moodustab kuni poole valgala pindalast siis settebasseini pindala ruutmeetrites peaks olema vähemalt 5- kordne valgala pindala hektarites;
- Kui põllumaa moodustab üle poole valgalast, siis settebasseini pindala ruutmeetrites peaks olema vähemalt 7-kordne valgala pindala hektarites;
- Veevoolu ristlõike suurus ülalpool setteruumi peab olema vähemalt 3% basseini pindalast.

Settebasseini suurus peaks olema selline, et keskmise vooluhulga korral on viibeaeg 1 – 2 ööpäeva ja keskmise maksimaalse vooluhulga korral 2 – 5 tundi.

2.2.3. Settebasseini efektiivsus heljumi ja taimetoitainete kinnipidamisel

Maaparandussüsteemi eesvoolude äravoolurežiim on aasta sees ja eri aastatel ebaühtlane. Arvutusvooluhulk võetakse kokkulepitud tõenäosusega ja ekstreemse äravooluga aastal võib vool erodeerida ka settebasseini. Settebasseini efektiivsus heljumi kinnipidamisel oleneb tema projekteerimise lähteparameetritest ehk kokkuvõttes suurusest ning eesmärgiks seatud kinnipeetavate osakeste mõõtmetest.

Settebasseinid kavandatakse tavaliselt ideaalse settimise põhjal, kasutades empiirilist parandustegurit (1,3...1,8). Lihtsustatud arvutusskeem, arvestades vooluhulga arvutusmudeli ebatäpsust, annab praktilise lahenduse. Selle puuduseks on väiksemate sette osakeste eemaldamise alahinnang, mis mõjutab settebasseini üldist efektiivsust (saviosakestega on seotud ka fosforiühendid). On koostatud ka mudeleid, mis arvestab settebasseinis voolu turbulentsust (Janssen 2004; Häikiö *et al* 1998).

Settebasseini eesmärk on vee voolukiiruse aeglustamine, mille tulemusena heljum settib ja sellega koos ka mõningane kogus taimetoitaineid.

Settebasseinis sõltub settimise tulemus viibeajast. Mida pikem see on, seda peenem fraktsioon settib. Üldiselt arvestatakse settebasseinid liiva ja tolmuosakeste settimiseks. Peened saviosakesed settivad vaid siis, kui moodustuvad suurema mõõtmelised tükid.

Efektiivsus taimetoitainete kinnipidamisel oleneb pinnaseosakestega seotud toitainetest. Vees lahustunud nitraat- ja fosfaatiooni kontsentratsioon lühikese viibeaja, aeroobse keskkonna ja taimestiku puudumise tõttu settebasseinis ei vähene. Soomes on uuritud settebasseini mõju biogeenide peetusele – settebassein vähendas nii üld- kui ka fosfaatfosforit 6%, üld- ja nitraatlämmastikku 3%, ammooniumlämmastikku 7% (Häikiö *et al* 1998). Seega settebasseini efekt biogeenidele on väike.

Settebasseinide efektiivsuse uuringud on nn juhtumipõhised – vaatlused on konkreetsetes tingimustes, mida üldistada on raske. Nii näiteks M.Häikiö (1998) oma 1,2 km² valgalaga eesvoolul asuva settebasseini puhul märgib, et esimestel aastatel peeti settebasseinis kinni 60% materjalist, teisel ekstreemsete ilmastikutingimuste korral vaid 18%.

2.2.4. Maksumus ja hoiukulud

Settebasseini maksumuse määrab tema rajamiseks vajalik mullatööde maht, hoiukulud olenevad tühjendamise sagedusest, selleks sobiva masina olemasolust, töö ja kohale vedamise kuludest. Suure kaeveraadiusega ekskavaatori või ujuva pinnasepumba kasutamise teeb kalliks treileri ja veoki maksumus.

Seetõttu tuleb esimese valikuna projekteerida meetmed kraavinõlva ja voolusängi erosiooni vältimiseks. Esimeses järjekorras tuleb hinnata voolusängi uhtumise ohtu ja vajadusel projekteerida kindlus. Nõlvaerosiooni intensiivsus oleneb paljudest teguritest (taimestik, pinnased, sademete intensiivsus, reljeef, põhjavee sissekiildumine) ja võib kesta kogu veejuhtme ekspluatatsioonaja.

Maaparandussüsteemide kogujakraavide voolurežiim erineb oluliselt alaliselt töötavate eesvoolude omast. Atmosfäärse toitumistüübi korral puudub nendes suvel vool. Ajastades tööd sellisele perioodile väheneb erosioonioht - põhjapinnas tiheneb, mittesorteeritud pinnase puhul põhi stabiliseerub või kraav jõutakse ka kindlustada või kattub taimestikuga looduslikult. Edasine sāngi erosioon ja heljumi sattumine vooluvette sõltub tulvaperioodi vooluhulgast.

Mineraalne sete tekib kraavi pinnaveega valgalalt sisse kantavast pinnasest, nõlva erosioonist või vooluveega põhja ja nõlvajalami uhtumisest. Orgaaniline sete tekib turbapinnasest või nõlval ja pervel kasvanud taimede ja puulehtede varisest. Veega edasikantava pinnase kogus ja omadused olenevad valgala ja vooluveekogu sāngi pinnaseomadustest, reljeefist, maakasutusest, harimistehnoloogiast ja taimkatte iseloomust aga ka kraavi langust, hüdro-morfoloogilistest omadustest, taimestikust ja aastaajast. Siin on palju samal ajal toimivaid tegureid ja seetõttu sette kogunemine ei ole prognoositav ja modelleeritav.

Settebasseini praktilistest puhastamisvõimalustest tulenevalt on selle pealtlaius kuni 15 m. Siit tuleneb olenevalt nõlvustegurist kuni 20 m² settebasseini ristlõige. Suuremate settebasseinide puhastamiseks tuleb kasutada pinnasepumpa või pika noolega ekskavaatorit. Seega settebasseini dimensioneerimisel tuleb arvestada valgalalt tulevat vooluhulka ja võimalikku puhastustehnoloogiat. Praktikas tähendab see ehitamist väiksemale valgalale.

2.2.5. Viidatud kirjandus

ASAE S442.2 FEB2017. Water and Sediment Control basins.

Fiener, P., Auerswald, K., Weigand, S. 2005. Managing erosion and water quality in agricultural watersheds by small detention ponds. Agriculture, Ecosystems and Environment. 110. P. 132-142.

Costa, P.J.M. (2016). Sediment Transport. In: Kennish, M.J. (eds) Encyclopedia of Estuaries. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4_187

Häikiö, M. 1998. Laskeutusaltaan toimivuus maatalouden vesiensuojelussa. Suomen ympäristökeskuksen moniste 110.

Häikkiö, M., Laitinen, J., Lakso, E., Lehtinen, A. Laskeutusaltaiden käyttökelpoisuus viljelyalueiden vesiensuojelussa. Suomen Ympäristö 233. 1998. 52 s.

Heino, S., Puustinen, M., Maijala, T., Latostenmaa, H. 1992. Vesistökuormituksen vähentäminen peltojen peruskuivatuksessa. Vesi- ja Ympäristöhallituksen monistesarja. Nro 406. 66 s.

Ihme, R., Heikkinen, K., Lakso, E. 1991. Laskeutusaltaiden toimivuuden parantaminen turvetuotantoaluiden valumavesien käsittelyssä. Vesi- ja Ympäristöhallinnon julkaisu . sarja A 77. s.115-210.

Janssen, R.H.A. 2004. Analysis and Design of Sediment Basins. 8th National Conference on Hydraulics in Water Engineering. July 13-16 2004. Australia [http://www.bechtel.com/assets/files/pdf/]

Rokasgrāmata par videi draudzīgu elementu ierīkošanu meliorācijas sistēmās. Jelgava, 2018

Ruohutla, J. 1996. Kosteikkojen ja laskeutusaltaiden suunnittelu. Suomen ympäristökeskuksen moniste 11

The Pennsylvania Code. 2007. 25 Pa Environmental Protection. Code §102 Erosion and Sediment Control [http://www.pacode.com/secure/data/025/chapter102/chap102toc.html]

Timmusk, T. 2007. Eesti riikliku arengukava raames maaparanduslike abinõude uuring kuivendatud maatulundusmaalt pärineva hajureostuse vähendamiseks. Töövõtulepingu nr 422 aruanne. Käsikiri.
https://www.agri.ee/sites/default/files/public/juurkataloog/MAAPARANDUS/Maaparanduslikud_abinoud.pdf

Valumavesien käsittely: Laskeutusaltaat ja kosteikot. Maatalouden ympäristötuen erityistuet. Maa- ja metsätalousministeriö, 2000.

Инструкция по проектированию отстойников и наносоперехватывающих сооружений для оросительных систем. ВСН-П-15-77. Москва, 1977. 32 с.

2.3. Tehnoloogilised settebasseinid

Settebasseine rajatakse ka väikese valgala pindalaga kraavidele, millele ei ole usaldusväärseid mudeleid hüdroloogiliste arvutuste tegemiseks – vooluhulkade ja voolukiiruste väärtuste leidmiseks. Samuti olenevalt looduslikest tingimustest ja tulenevalt väikesest valgaltast võivad nad olla suvel kuivad.

2007...2018. aastatel kehtinud projekteerimismisnormis kasutati settebasseini dimensioneerimiseks mitmeid konstruktiivseid parameetreid – tekkiva sette maht kraavi pikkusühiku, basseini veemaht

hajukoormuse leviku ohtliku ala hektari kohta ja minimaalne settesüvise maht. Nimetatud parameetrite aluseks olid hinnangud või kogemused.

Juhendites ja keskkonnarajatiste alastel koolitusel nimetati selliseid rajatisi tehnoloogilisteks settebasseinide ja nende peamiseks funktsiooniks on ehituse ajal tekkiva sette kinnipidamine. Ka projekteerimispraktikas on enamusel juhtudel settebasseinide projekteerimise alused konstruktiivsed või on kasutatud mõistet – projekteeritud tehnoloogiline settebassein, mille mõõtmed on normist võetud minimaalsed.

Kahtlemata sellised väikesed rajatised täidavad oma funktsiooni, pidades kinni eeskätt mööda põhja liikuvat setet ja suspensioonina liikuvast heljumist suurema fraktsiooni. Sängi stabiliseerudes setete liikumine väheneb või lakkab ja see suhteliselt väike süvend toimib kahepaiksete või veeputukate elupaigana, suurendades looduslikku mitmekesisust.

Eesti projekteerimisnormis sellist mõistet – tehnoloogiline settebassein, ei ole. Mõistlik oleks see sisse viia arvestades näiteks Soomes metsakuivenduses kasutatavaid praktikaid, kus soovitatakse sängis veega liikuvate uhtainete peatamiseks kasutada ka setitussüvendeid (settepesa). Seni on setitussüvendeid rajatud põhiliselt metsaaladel paiknevate voolusängide korrastamise käigus, kuid neid on võimalik kasutada ka põllumajanduslikes voolusängides. Setitussüvend kujutab endast sängi põhja kaevatud auku, mahuga 1...5m³ ning sügavusega 1...1,5m sängi põhjast arvates. Süvendite toime on veelgi efektiivsem, kui neid rajada järjestikku rohkem kui üks. Koos setitussüvenditega võib rajada ka põhjaülevoolusid (Joensuu et al 2012).

Perioodil 2007...2018 kehtinud normides puudub mõiste „tehnoloogiline settebassein“. 2007. aastal ilmunud juhendis keskkonnarajatiste kavandamiseks on see defineeritud rajatisena, mis on mõeldud ehitustööde käigus tekkiva heljumi kinnipüüdmiseks ja millele pole antud eraldi parameetreid (Juhend...2007).

Kui tehnoloogiline settebassein on juhendis välja toodud tööde ajaliseks hõljumite kinni püüdmiseks, mida hiljem ei puhastata, siis võiks neid mitte arvestada maaparandussüsteemide registris rajatistena. Setete liikumine ei ole prognoositav. Ehitustööd võivad toimuda ka kuivemal perioodil, kus settebassein jääbki tühjaks. Edaspidi sängi nõlvad stabiliseeruvad, kasvavad

taimestikku täis ja setete liikumise oht väheneb. Need voolusängi laiendused ja sügavamad kohad jääksid kahepaiksetele elupaikadeks. Sarnaseid rajatisi – leevendusveekogusid kraavidel – on soovitanud rajada ka ökoloogid (Vaikre *et al* 2019).

Viidatud kirjandus

Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S., Vuollekoski, M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu - kouluttajan aineist. Jyväskylä. 140 s.

Juhend maaparandussüsteemi keskkonnakaitserajatiste kavandamiseks. I osa. 2007. 24 lk.

Vaikre, M., Rannap, R., Remm, L., Soomets, E. 2019. Leevendusveekogude rajamine metsaalade kraavitamise mõjude leevendamiseks (KIK projekt 13227). Tartu Ülikool. 34 lk.

2.4. Puhastuslodud (avaveelised märgalad)

2.4.1. Toimimispõhimõte

Märgala defineeritakse loodusliku alana, kus põhjavesi on maapinna lähedal või ajutine üleujutus katab maapinna. Alal kasvavad niiskele keskkonnale iseloomulikud taimed. Tehismärgala (*eng constructed wetland*) põllumajandusmaastikul on vooluveekogu osa, mille ülesanne on vähendada vooluvees taimetoitainekoormust.

Pindmise vooluga süsteemid ehk avaveelised tehismärgalad on püsiva veetasemega (10 - 50 cm) madalad tiigid või niisked alad, mille põhja ja külgedele on kasvanud kõrgem taimestik ning mille ülesanne on luua mikroorganismidele sobilikud elutingimused. Taimestiku paremaks arenguks rajamise järel kasutatakse istutussegusid. Taimestiku alusel jaotuvad avaveelised märgalad veepinnal ujuvate taimedega (põhjamaades lemle perekonda *Lemna spp.* kuuluvad liigid), ujulehtedega taimedega (nt. vesikupud *Nuphar spp.*, vesiroosid *Nymphaea spp.*), põhja kinnituvate taimedega (harilik pilliroog *Phragmites australis*, hundinuiad *Typha spp.*) ning veealuste taimedega süsteemid (kanada vesikat *Elodea canadensis*). Neist põhja kinnituvate taimedega e. helofüütidega süsteemid on levinuimad.

Eestis maaparanduse valdkonnas kasutatakse avaveelise märgala asemel terminit puhastuslodu. Puhastuslodu on pindalalt suur, aastaajast tingitud äravoolu erinevuse tõttu lameda nõlva korral ka ajutiselt lisanduva üleujutuspiirkonnaga. Efektiivsuse tagamiseks kasutatakse ka pinnasest või tehiselementidest voolusuunajaid. Vee voolamist puhastuslodus mõjutab madal sügavus, väike voolukiirus, kokkupuutumine taimevarte ja pinnasega. Samuti on tagatud üldjuhul vee hea aeratsioon, mis toetab nitrifikatsiooniprotsessi ja fosfori adsorptsiooni.

Aeglase vooluga avaveelise süsteemi osa võidakse kasutada ka denitrifikatsiooniprotsessi toetamiseks, samuti on neid võimalik kombineerida horisontaalse läbivooluga pinnasfiltriga ja sobiva filtermaterjali kasutamise korral tõhustada nii lämmastiku kui ka fosfori ärastamist. Märgitakse, et avaveelised märgalad on sobivad soojema kliimaga aladel, iseäranis kui märgala kasutatakse ka biomassi tootmiseks.

Taimetoitainete peetuse osas mõõdetakse enamasti lämmastiku ja fosforiühendite bilanssi. Lämmastiku muundumine/ringe märgalas:

- Lendumine – ammooniumi muutumine lenduvaks ammoniaagiks, protsessi mõjutab keskkonna pH (neutraalses keskkonnas mitteoluline, kui pH >9,3 on kaod märkimisväärsed. Märgalas vetikate fotosünteesi käigus võib päeval tekkida ka kõrge pH (Vymazal 2007);
- Ammonifikatsioon, nitrifikatsioon – aeroobne orgaanilise lämmastiku lagunemine ammoonium- ja nitraatiooniks ;
- Lämmastiku fikseerimine ja omastamine ja seejärel sidumine biomassi;
- Denitrifikatsioon (anaeroobne protsess, mille toimimiseks on vaja nitraati, mida saab redutseerida, ja orgaanilist ainet, mida oksüdeeritakse);
- ANAMMOX – anaeroobne ammooniumi ja nitriti oksüdatsioon N_2 -ks.

Loetletud protsessidest vähendavad või peavad lämmastikku kinni: lendumine, denitrifikatsioon, taimete poolt omastamine ja taimede koristamine, adsorptsioon, ANAMMOX ja orgaanilise lämmastiku ladestumine põhja.

Fosfor esineb vooluveekogus vee-elustikus ja taimedes, lahustununa vees fosfaatioonina või savimineraalides. Märgalas taimejäänused ladestuvad põhja, samuti ladestuvad suure viibeaja tõttu ka mineraalidega seotud fosforiühendid, selles kasvavad taimed ka omastavad seda oma biomassi kasvatamiseks. Keskkonnategurid, mis reguleerivad lahustunud fosfori (põhiliselt fosfaatidena) vabanemise määra setetest, on temperatuur, lahustunud hapniku kontsentratsioon, pH ja redokspotentsiaal. Hapnikuvaeses keskkonnas võib põhjasetetesse ladestunud fosfor fosfaadina vooluvette tagasi minna.

Puhastuslodu kuju tuleb projekteerida vastavalt tema rakendamise eesmärgile ning hüdroloogilisele- ja saastekoormusele. Puhastuslodus toimuvad protsessid (taimetoitainete bioloogiline sidumine, ibeosakeste settimine) vajavad aega. Äravoolu arvutusmudelid väikeste valgalade kohta on ebatäpsed või ka mitmetes maades puuduvad, seetõttu puhastuslodu suuruse määramisel kasutatakse viibeaja asemel kaudset kriteeriumit – puhastuslodu ja tema valgala pindala suhet. Oluline on puhastuslodus püsiva veetaseme säilimine. Selleks tuleb see rajada

vettpidava pinnasega kohta või kasutada põhja kindlustamisel savi, geomembraane või võimaluse korral pinnase tihendamist.

Puhastuslodu peaks piirama minimaalselt 8 m laiune puhverriba vähest hooldust vajavate ning veetaseme muutust taluvate taimeliikidega. Avaveelised märgalad vajavad regulaarset ülevaatus, sisse- ja väljavoolu puhastust. Perioodiliselt on vaja teostada setete ärastamist ning vajadusel vooluteede süvendust ning teha parandustöid sõltuvalt märgala seisukorrast.

Avaveelisi märgalasid ja pinnasfiltreid on soojema kliimaga maades kasutatud edukalt olemreovee puhastuseks või järelpuhastuseks. Avaveelised tehismärgalad on ehituslikult odavamad, kuid vajavad suuremaid pindalasid ning eeldavad hüdrogeoloogiliselt kaitstud põhjaveega muldade ja pinnaste olemasolu. Võrreldes punktreostusallikast tuleva koormusega iseloomustab hajukoormust väike taimetoitainete kontsentratsioon ning ajas ebaühtlane vooluhulk.

Aastaaegade mõju vee temperatuurile ja äravoolu jaotusele on suur. Eesti tingimuste keskmisest aastasest äravoolu mahust kaks kolmandikku voolab kevadel ja sügisel, kui on ka külm. Puhastuslodus, olenevalt kujunenud tingimustest, on aeroobsed ja anaeroobsed bakterid, mikroorganismid, vetikad, makrofüüdid. Toitained omastatakse setetest või veest, kuid parasvöötmes toimub see intensiivselt vegetatsiooniperioodi alguses, hiljem olenevalt taimedest võivad toitained koguneda ka risoomidesse. Maapealsetesse osadesse kogunenud toitained tuleb märgala hoolduse käigus perioodiliselt eemaldada, kusjuures ujuvate veetaimede võimet siduda lämmastikku on hinnatud keskmiseks, põhja kinnituvate taimede sidumist aga madalaks (Vymazal 2007).

Puhastuslodus toimuvad protsessid olenevad taimestikust, pinnasetingimustest, vooluveekogu hüdro morfoloogilistest tingimustest (veesügavus, voolukiirus, viibeag). Puhastusprotsessi parendab viibeaja suurendamine.

Avaveelised märgalad ehk puhastuslodud kujutavad endast kõrgemate veetaimedega kaetud madalaid (0,2-0,4 m veesügavusega) veekogusid. Sageli samas funktsioonis ka taimestatud kraavid, mis pindala parema ärakasutamise eesmärgil looklevad maa-alal.

Puhastuslodu taimestik on soovitatav rajamisel osaliselt istutada või soodustada taimestiku kasvu seemnete külvamise teel. Veetaimestiku koristamine on soovitatav talvel jääkatte pealt (nt pilliroog ja hundinui ehitusmaterjalideks). Lõunakaldu tuleks hoida puudest ja põõsastest vabad, soodustamaks veetaimede kasvu, kuid põhjaveerudele võib kaldakindlustuse ja elupaiga rikastamise eesmärgil rajada kaitsepuistu. Puhastuslodu toimib efektiivselt, kui see on suure pindalaga, seetõttu on soovitatav rajada looklevate ja sopistunud kallastega või lookleva ja laiendustega kraavina, kus vahelduvad madalama ja sügavama veega osad mis pikendab viibeaega ja soodustab puhastusprotsesse. Keeruka konfiguratsiooniga märgalad sobituvad ka paremini maastikupilti ja loovad ka rohkem elupaiku mitmesugustele organismidele.

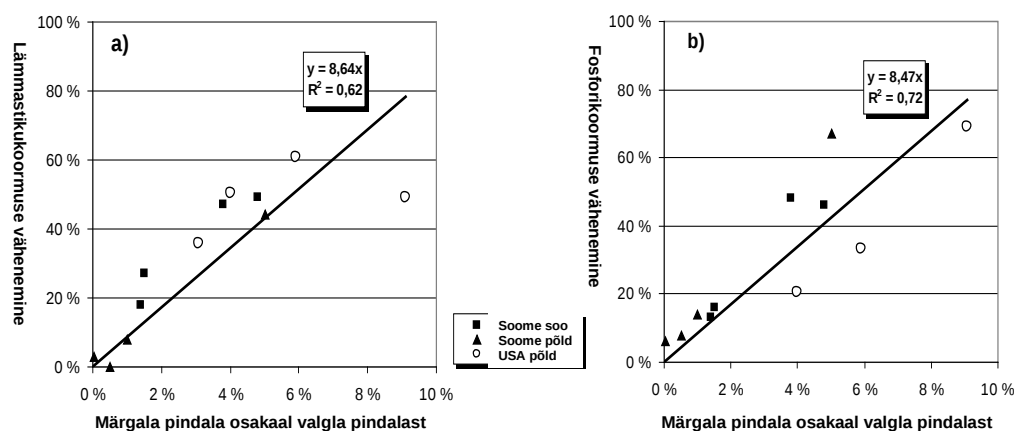
Hüdrauliliseks dimensioneerimiseks vajalikud parameetrid on: vooluhulk, viibeaeg, hüdrauliline efektiivsus, sügavus. Soomes soovitatakse kasutada puhastuslodu viibeaja arvutuseks keskmist suurimat äravoolumoodulit, paisu ning muude rajatiste dimensioneerimiseks 5% ületustõenäosusega maksimumäravoolumoodulit (Rouhtula 1996).

2.4.2. Puhastuslodu efektiivsus heljumi ja taimetoitainete kinnipidamisel

Põhjamaade tingimustes on puhastuslodude efektiivsuse teemaga tegeletud pikaajaliste projektide raames kõige rohkem Soomes (Puustinen *et al* 2000; 2001; 2007; Koskiahho 2006). Eestis rajati esimene puhastuslodu 2015. aastal Vända peakraavile (Kill 2018).

Puhastuslodu on vähem efektiivne fosfori sidumisel ning külma kliimaga aladel ka hapnikku nõudvate protsesside osas. Need protsessid küll toimivad, kuid märkimisväärse efekti saamiseks on vaja väga suurt ala. Anaeroobsusele kalduvad tingimused ja süsiniku kättesaadavus annavad aga head eeldused lämmastiku denitrifikatsiooniks (lämmastik lahkuib gaasilise lämmastikuna). Kõige parem efektiivsus N eemaldamiseks saadaksegi seetõttu süsteemides, kus puhastuslodu on kombineeritud selle ees paikneva mõne aereeriva süsteemiga. Selleks sobivad hästi nt mehaanilised nitrititseeerivad seadmed, samuti ka taimestatud või taimestamata vertikaalse läbivooluga pinnasfiltrid (Cooper *et al*, 1996; Kadlec *et al*, 2000).

Märgitakse, et puhastuslodu pindala või nende pindalade summa valgala peaks moodustama vähemalt 0,2% valgala pindalast, kuid soovitatav pindala on 1...2% (Kosteikojen ...1996). Mitmed teadlased on oma artiklites märkinud, et puhastuslodu pindala peaks moodustama mitte vähem kui 2% valgala pindalast (Koskiaho et al, 2003; Koskiaho & Puustinen, 2005)



Joonis 2.7. Põllumajanduslikelt kõlvikutelt koguneva vee puhastamise (lämmastiku- ja fosforikoormuse vähendamise) sõltuvus puhastuslodu suurusest (puhastuslodu pindala osakaalust tema valgla pindalast) (Koskiaho & Puustinen, 2005 järgi).

Põllumajanduslikelt kõlvikutelt valguva vee puhastamiseks rajatud avaveeliste tehismärgalade heaks näiteks on 2001.a. Lõuna-Soomes Hovis ehitatud süsteem, mis toimib edukalt nii lämmastiku- kui ka fosforiühenditest puhastajana. Selle puhastusefektiivsuse näitajad on toodud tabelis 2.1 (Koskiaho et al, 2003).

Tabel 2.1. Aastane (1. mai 1999–30. aprill 2000) toitainete sidumine Hovi (Soome) tehismärgalas.

Toime	Hõljuvaid	P _{üld}	PO ₄ -P	N _{üld}	NH ₄ -N	NO ₃ -N
Sidumine (kg ha ⁻¹)	24300	24	1,2	280	0,7	220
Puhastusefektiivsus (%)	68	62	27	36	20	35

Braskerud (2002) on oma töös analüüsinud puhastuslodude efektiivsust põhjamaa kliimatingimustes. Vaatlusperioodi pikkus 3...7 aastat, puhastuslodude suurus 350-900 m², mis olid 0,06-0,4% valgalast. Keskmise fosfori peetus 21-44 % sissevoolust, hoolimata suurest hüdraulilisest koormusest (keskmise koormus 0,7-1,8 m/ööpäevas), fosfori kinnipidamine 26-71 g /m² aastas. Koostatud mudel näitas, et fosfori kinnipidamist puhastuslodus mõjutasid mitmed välised tegurid – fosforiühendite hulk sissevoolus, aastaaeg, fosfori sisaldus heljumis ja fosfori settimise kiirus. Puhastuslodud olid ristkülikukujulised, külgede suhtega 12:1 kuni 5:1.

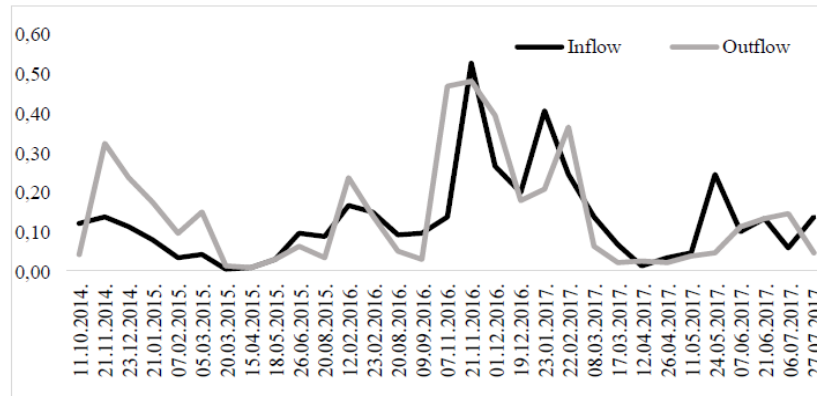
Põllumajanduslikest valgatest toitainete väljakande vähendamiseks rajatavad puhastuslodud ei saa olla väikesed, sest nii denitrifikatsiooniks (kui tegemist on valdavalt nitraatiderohke veega) kui ka fosforiühendite settimiseks ja adsorptsiooniks on vajalik piisav viibeaeg. Fosfori puhul on lisaks oluline ka veekihi sügavus (Sakadevana, Bavorin 1999). Vajalikuks viibeajaks hinnatakse 3-5 ööpäeva.

Liiga suur hüdrauliline koormus põhjustab väikese viibeaja, puhastusefektiivsuse vähenemise ja suurendab resuspensiooni ohtu (Puustinen *et al* 2001).

90-ndatel aastatel ei pööratud puhastuslodude rajamisel tähelepanu nende hüdroloogilisele ja hüdraulilisele efektiivsusele ning toimimisele. Mitmed teadlased on teinud uurimistöid erineva kuju ning sisse-ja väljavoolu asukoha mõjust veevoolu jagunemisele puhastuslodu ristlõikes ja on leitud selle mõju olulisus (Persson 1999; Persson, Wittgren 2003; Koskiahho 2003). Tegelikult jääb viibeaeg mõnevõrra väiksemaks – osal puhastuslodu mahust ei toimu veevahetust. Selle iseloomustamiseks kasutatakse mõistet hüdrauliline efektiivsus. Hüdraulilise efektiivsuse suurendamiseks soovitatakse rajada puhastuslodu võimalikult pikk (pikkuse laiuse suhe vähemalt 4:1), juhtida sellesse vesi mitme kraaviga või kasutada voolu juhtimiseks suunajaid (Persson 1999; Koskiahho 2003). See on oluline – Soomes Hovi puhastuslodel ilma veevoolu suunavate saarekesteta saadi hüdrauliliseks efektiivsuseks 0,24, viimaste rajamisega 0,65.

Äsja rajatud ja suhteliselt väikeste tehismärgalade toimimise efektiivsus jääb väikeseks. Näiteks Lätis on tehtud kolme aasta pikkused vaatlused 0,37 ha suurusel tehismärgalal. See moodustab 0,5% dreneažiga kuivendatud valgalast, mille kogupindala on 73,6 ha. Puhastuslodu oli laiusega 6...42 m, sügavusega alguses kuni 2,1 m ja lõpus maksimaalselt 1,4 m, rajati olemasolevale

eesvoolule ujutades üle 0,27 ha põldu. Sissevoolus üldlämmastiku kontsentratsioonid 5...36 mg/l, üldfosfor 0...0,5 mg/l. Tulemuseks saadi vähenemine nitraadi osas 13%, ammoniumi osas 15% ja üldlämmastiku osas 16% e. Väikese efektiivsuse üheks põhjuseks on ka algaasis vähene taimestik. Fosfaatiooni ja üldfosfori osas väljakande vähenemine on vastavalt 38 ja 36%. Heljumi peetuseks arvutati 31%. Märkigi ka seda, et mõnel juhul mõõdeti väljavoolus suurem toitainete sisaldus võrreldes sissevooluga (Joonis 2.8. Grinberga *et al* 2017).



Joonis 2.8. Fosfaatiooni kontsentratsioonid puhastuslodu sissevoolul (inflow) ja väljavoolul (outflow) mg/l katseperioodil (Grinberga *et al* 2017).

Eestis Vända avaveeline tehismärgala (rajati 2015. aastal) koosneb settetiigist ja kahest madalaveelisest puhastuslodust, mis on taimestatud hundinuiadega. Kokku moodustavad need 0,3% valgalast. 2017. aasta märtsist kuni 2018. aasta aprillini kogutud andmete põhjal vähendas Vända tehismärgala fosforit 17,5 kg/ha*a. Aastane puhastusefektiivsus fosfaadi puhul oli 9,4% ja üldfosfori puhul 12,0%, olles soojemal perioodil vastavalt 44,6% ja 32,4%. Fosfaadi ja üldfosfori puhastusefektiivsusel oli tugev logaritmiline seos vooluhulgaga, mis näitab, et väiksem vooluhulk ja pikem vee viibeaeg soodustab fosfori vähendamist puhastuslodus (Kill 2018).

2.4.3. Maksumus ja hoiukulud

Puhastuslodu võtab enda alla suure pinna (kuni 2 % valgalast), näiteks Rootsis muutub selle kavandamisel ka maa sihtotstarve. Kaevetöödega mullatööde maht on suur. Mõistlik on sobiva

reljeefi ja pinnase korral võrrelda ka osalise või täieliku paisutamisega variante, sest siis on hüdrauliline efektiivsus suurem.

Tehismärgalad ei ole hoiuvabad. Aineriingest toitainete eemaldamiseks tuleb vajadusel koristada taimestikku. Otsevoolu vältimiseks ja hüdraulilise efektiivsuse suurendamiseks tuleb taastada taimestikku, rajada voolu suunajaid või tõkkeid.

2.4.4. Viidatud kirjandus

Braskerud, B. C. 2002. Factors affecting phosphorus retention ins mall constructes wetlands treating agricultural non-point pollution. *Ecological Engineering* 19 (2002) 41–61

Grinberga, L., Lagzdins, A. 2007. Nutrient retention in surface flow constructed wetland in agricultural land in Latvia. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development* 2017. <http://doi.org/10.15544/RD.2017.179>

Kill, K. 2018. Avaveelise tehismärgala efektiivsus põllumajandusliku hajukoormuse vähendamiseks . Magistritöö keskkonnatehnoloogia erialal, Tartu Ülikool.

Koskiaho J. & Puustinen, M. 2005. Function and potential of constructed wetlands for the control of N and P transport from agriculture and peat production in boreal climate. *Journal of Environmental Science & Health, Part A*, 40 (6-7), 1265-1279.

Koskiaho, J. Flow velocity retardation and sediment retention in two constructed wetland–ponds *Ecological Engineering, Volume 19, Issue 5, February 2003, Pages 325-337*

Koskiaho, J., Ekholm, P., Rätty, M., Riihimäki, J., Puustinen, M. 2003. Retaining agricultural nutrients in constructed wetlands – experiences under boreal conditions. *Ecological Engineering* 20 (1), 89-103.

Liikanen, A., Puustinen, M., Koskiaho, J., Väisänen, T., Martikainen, P. ja Hartikainen, H. 2004. Phosphorus Removal in a Wetland Constructed on Former Arable Land. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 33 s. 1124-1132

Majonen, L. Vesiensuojelukosteikot. Teknillinen Korkeakoulu Diplomityö. Helsinki, 2005. 121 s.

Puustinen, M., Koskiaho, J., Jormola, J., Järvenpää, L., Karhunen, A., Mikkola-roos, M., Pitkänen, J., Riihimäki, J., Svensberg, M., Vikberg, P. 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. *Suomen Ympäristö* 21.

Puustinen, M., Koskiahho, J., Riihimäki, J., Rätty, M., Jormola, J., Gran, V., Ekholm, P., Maijala, T. Vesiensuojelukosteikot viljelyalueiden valumavesien hallinnassa. Suomen Ympäristökeskuksen moniste 178. Helsinki 2000. 67 s.

Roiha, P. Kosteikon virtaaminen ja aineiden kulkeutumisen mallintaminen. Teknillinen Korkeakoulu. Diplomityö. Helsinki, 2006. 71 s.

Vymazal, J. 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, Vol. 380, pp. 48–65. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.09.014>

Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Haberl, R., Perfler, R. & Laber, J. 1998. Removal mechanisms and types of constructed wetlands. In: Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P.F., Green, M.B. & Haberl, R. (Eds). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe*, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. pp 11–60.

Persson, J., 2000. The hydraulic performance of ponds of various layouts. *J. Urban Water* 2/3, 243–250.

Persson, J., Wittgren, H.B. (2003) How Hydrological and hydraulic conditions affect performance of treatment wetlands. *Ecological Engineering*. Volume: 21 Number: 4-5, pp 259-269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2003.12.004>

2.5. Seadedrenaaž

2.5.1. Toimimispõhimõte

Suures mahus drenaažkuivenduse rajamine arenenud maades jäi 20. sajandi keskele. Uurimis- ja arendustöodes keskenduti kuivenduse efektiivsuse, saagikuse ja tulu suurendamisele. Seoses maaviljeluse intensiivistumisega aga ka keskkonnanõuete karmistumisega on alates 70-ndatest paljud teadlased uurinud ja modelleerinud drenaaži toimimist sh taimetoiteinete väljakannet.

Traditsioonilise drenaažisüsteemi eesmärk on eemaldada maatulundusmaalt pinnavesi ja alandada põhjaveetaset normidega etteantud aja jooksul vastavale sügavusele, muutes pinnaseprofiili ülemise osas aeroobseks. Mulda viidud sõnniku ja taimejäänuste valgulämmastiku kõdunemise ning nitrifikatsiooniprotsessi lõpptulemusena tekib hästi lahustuv, mullaga nõrgalt seotud ja drenaaživeega väljakantav nitraatlämmastik.

Nitrifikatsioon on pöörduv protsess. Hapnikuvaestes tingimustes ning piisava koguse süsinikku olemasolu korral võivad denitrifitseerivad bakterid taandada nitraate ning sel viisil vabastada gaasilist lämmastikku. Denitrifikatsiooni intensiivsus sõltub mulla happesusest, temperatuurist, hapnikurežiimist ning taimede kasvust (Vinther 1991). Soojema kliimaga piirkondades on seda protsessi ka altniisutuse juures uuritud.

Drenaažkuivendus ei tekita iseenesest reostust vaid kiirendab põhjavee äravoolu kiirust, millega kaasneb ka vees lahustunud taimetoitainete (nitraat- ja fosfaatioonid) väljakanne. Siit idee tõkestada äravool ja vähendada ka lämmastikuühendite väljakannet ja hapnikuvaeses keskkonnas soodustada ka denitrifikatsiooniprotsessi. Äravoolu tõkestamise kasutamise eelduseks on asjaolu, et samasugust normikohast kuivenduse intensiivsust ei ole vaja tagada läbi aasta. Suviviljade puhul talvekuudel võib veetase olla kõrgem ja saak sellest ei vähene. Samuti pärast külvi võib vähendada kuivenduse intensiivsust ja sellega ka säilitada veevarusid kasvuperioodiks.

Seadedrenaaž toimib samal põhimõttel kui dreenniisutus - rajatakse kogujakraavidele ülevoolud või drenaažikollektoritele regulaatorkaevud. Põhimõtteline erinevus niisutusest – süsteemi ei pumbata vett juurde. Ingliskeelses kirjanduses on seadedrenaaži vaste *controlled drainage, water table management*.

Veetaseme reguleerimise eesmärk on drenaažiäravoolu ning sellega ka lämmastiku väljakande vähendamine eesvoolu, millega kaasneb sobivate tingimuste korral denitrifitseerumisprotsess. Samas säilitatakse ka veevarusid sademetevaese perioodi jaoks.

Põhjaveetaset hoitakse kõrgusel, mis võimaldab veel maakasutust ega vähenda oluliselt saaki. Samas parim tulemus väljakande vähenemiseks toob aga tihti kaasa kõrge põhjavee taseme ja liigniiskuse tõttu väheneb saak. Drenaažisüsteem on täielikult uputatud. Vaid sademete- ja koristusperioodil töötab süsteem veetaseme alandajana.

Seadedrenaaži kasutamise eeldused: pinnase hea veeläbilaskvus, maapinna väike kalle, mis võimaldab ühe regulaatorkaevuga teenindada suurt ala.

Märkus: Denitrifikatsiooni tulemusena väheneb lämmastikväetiste kasutamise efektiivsus, sest väetisena lisatud lämmastik muudetakse gaasilisteks ühenditeks, mis mullast lenduvad.

Vähem on uuritud seadedrenaazi mõju fosforiühendite kinnipidamisele. Mõned uuringud on näidanud paljutöotavaid tulemusi, kus fosfori väljakande vähenemine on 40-95% võrreldes tavapärase dreanaaziga (Ross et al., 2016). Kuid märgitakse, et seadedrenaazi tekitatud anaeroobne keskkond võib suurendada lahustunud PO_4^- kadu - rauaühenditega seotud fosfor muutub lahustuvaks fosfaadiks mis võidakse vaba äravoolu ajal välja kanda.

2.5.2. Ülevaade seadedrenaazi efektiivsuse uuringutest

Seadedrenaazi kasutamine ja uurimine algas 70-ndatel ja 80-ndatel aastatel USA-s (Skaggs *et al* 2012). Sellest ajast alates on tehtud mitmeid uuringuid altniisutuse keskkonnamõju kohta (Kalita *et al* 1993, Zhou *et al* 2000, Ng *et al* 2002). On uuritud seadedrenaazi mõju äravoolule, taimetoitainete väljakandele, lämmastiku bilansile, taimekasvutingimustele ja saagikusele. Uurimistööd on seotud peamiselt lämmastiku väljakande vähendamisega denitrifikatsiooni ja äravoolu vähendamise abil (Evans 1996, Mirjat and Kanwar 1998, Skaggs 2008).

Põhjamaades on alustatud seadedrenaazi uuringutega 90-ndatel aastatel Soomes (Karvonen 1992, Vakkilainen *et al* 1992, Paasonen-Kivekäs *et al.* 2000), Rootsis (Wesström ja Messing 2007, Leedus (Ramoska *et al* 2011; Povilaitis *et al* 2018), Taanis (Carstensen *et al* 2019). Eestis rajati esimene katseväljak 1994. aastal (Timmusk 1994) ja teine 2007. aastal.

Seadedrenaazi toimimise ja efektiivsuse uurimistöö metoodika põhineb erineva suurusega katsealade ja kontrollala vaatlustel, kus mõõdetakse põhjaveetasel, pidevalt äravoolu ning perioodiliselt või proportsionaalselt äravoolu mahuga võetud veeproovidest määratakse keemilisi ühendeid (peamiselt lämmastik ja fosfor). Mõned autorid on mõõtnud ka denitrifikatsiooni intensiivsust ja saagikust. On modelleeritud veetaseme reguleerimise mõju keskkonnatingimustele, eri pinnase ja maaviljeluse tingimustes.

Enamik läbi viidud uuringuid seostavad nitraatlämmastiku vähenemist äravoolu vähenemisega, kuid mõned uuringud on näidanud ka denitrifikatsiooni osatähtsust (Gilliam jt, 1979; Lalonde jt, 1996; Wesström jt, 2001).

Ülevaateartikkel (Skaggs *et al* 2016) nitraatlämmastiku väljakande vähenemine (18...75%) olenedes drenaažisüsteemi projekteerimisest, asukohast, pinnasest ja piirkonnast. Saagikus on mõnes katses suurenenud olenedes ilmastikust. Koondandmed sellest uurimusest, kuhu on lisatud aruande autori refereeritud tulemusi on tabelis 2.2 ja Põhjamaades tehtud uurimiste kohta tabelis 2.3.

Tabel 2.2. Seadedrenaaži efektiivsuse uurimistulemusi.

Autor	Asukoht	Pindala ha	Dreeni		Vee- tase maapinnast, m	Vähenemine %		
			Vahekaugus, m	sügavus		Äravo ol	Toitained (N)	Toitained (P)
Gilliam et al. (1979)	N.Carolina	5...16	30 ja 80	1,2	0,3 – 0,5	50	50	
		3	30	1	0,3	85	85	
Evans et al. (1989)	N.Carolina	4	18	1	0,6	56	56	
		4	100	1,2	0,6	51	56	
		4	18	1	0,6	17	18	
Lalonde et al. (1996)	Ontario	0,63	18,3	1	0,75	49	69	
				1	0,5	0	82	
Tan et al. (1998)	Ontario	2,2	9,3	0,65	0,3	20	19	
Drury et al, 2008	Ontario	0,1	7,5	0,6	0,3	29	31-44	
Wesstrom et al 2007	Rootsi	0,2	10	1	0,-0,4	80	80	
Fause, 2005	Ohio	0,07	6	0,8	0,3	41	46	
Williams et al, 2015	Ohio	13,8; 14,9	15	1	0,45	8-34	8-44	40-68
Carstensen, 2019	Taani				0,3	37-54	38-51	43-46

Väikestel katsealadel on saadud äravoolu mahu oluline vähenemine (tabel 2

Tabel 2.3. Seadedrenaazi tulemusi Põhjamaades (Salo *et al* 2021)

Autor	Meetod	Riik	Periood	Drenaazi äravoolu vähenemine, %
Rozemeijer et ai. (2016)	Eksperiment	Taani	2007-2011	46-58
Carstensen et ai. (2016)	Eksperiment	Taani	2012-2015	6-52
Österholm et ai. (2015)	Eksperiment	Soome	2011-2013	Negatiivne
Povilaitis et ai. (2018)	Eksperiment	Leedu	2014-2016	55-80
Sunohara et ai. (2016)	Eksperiment	Kanada	2005-2013	60
Saadat et ai. (2018)	Eksperiment	USA/Indiana	2007-2016	27-85
Wesström & Messing (2007)	Eksperiment	Rootsi	1996-2000	60-95
Wesström et ai. (2014)	Eksperiment	Rootsi	2002-2005	40-60

Seadedrenaazi efektiivsus äravoolu vähendamises oleneb kohalikest tingimustest. Seadedrenaazi puhul suureneb evapotranspiratsioon, pindmine äravool, vertikaalne ja horisontaalne filtratsioon. Modelleerides seadedrenaazi veebilanssi erineva veetaseme korral mudeliga DRAINMOD, on saadud väikeste süsteemide korral märkimisväärne horisontaalne vee vool väljaspoole süsteemi (Youssef *et al* 2021), mida peab arvestama ka katsetulemuste tõlgendamisel. Samale tulemustele on jõutud ka teistes töödes (Williams *et al* 2015; Carstensen *et al* 2019).

Põhjaveetaseme tõstmine drenaazi seadekaevudega loob sobiva elukeskkonna denitrifitseerivatele bakteritele. USA-s Iowa osariigis tehtud katsete käigus õnnestus altniisutussüsteemidega üldlammastiku väljakanne 15-lt kg/ha/a 8-le kg/ha/a ehk 46%. Põhjaveekõrguse reguleerimisega vähenes ka lammastiku leostumine sügavamatesse horisontidesse. Katses, kus hoiti veetaset 1,0...1,6 m sügavusel maapinnast oli nitraadikontsentratsioon 1,2 m sügavusel 17...20 mg/l, variandis kus põhjavesi oli vahemikus 0,12...0,8 m oli vastavalt 2,5...7 mg/l. (Kalita *et al* 1993).

J.Ahoneni mudeli järgi üldlammastiku väljakanne Soome tingimustes altniisutusega põllult on 15...35% väiksem denitrifikatsiooni ning väiksema äravoolu mahu tõttu (Karvonen, 1992). Traditsioonilisel altniisutusel on drenide vahekaugus 30...40% väiksem kui kuivendusel ning see niisutusviis on sobiv kasutada tasastel, väikse languga (alla 1%) aladel. Pinnas peab olema hea veeläbilaskvusega (vähemalt 0,2 m/ööp). Katsetes, kus on esikohal lammastiku aineringe reguleerimine pole seda alati arvestatud. Neid on rajatud ka turvas ja savipinnastes (Karvonen, 1992).

Lämmastikuringe on kahesuunaline protsess keskkonnas, kus aeroobsete mikroorganismide eluks vajalik hapnik puudub, saavutavad ülekaalu anaeroobsed denitrifitseerivad bakterid Tõstes pinnasevee taset tõrjub vesi hapniku pinnasest välja, tekitades nõnda anaeroobse keskkonna. Piisava koguse süsiniku olemasolul ning hapnikuvaestes tingimustes võivad denitrifitseerivad bakterid taandada nitraate ning sel viisil vabastada gaasilist lämmastikku. Denitrifikatsiooni intensiivsus sõltub mulla happesusest, temperatuurist, hapnikurežiimist ning taimede kasvust. Nii on võimalik seadedrenaazi kasutades võimalik vähendada lämmastiku väljakannet dreanaaziäravooluga.

Fosfor on mullas väheliikuv, kuid kuivendatud fosforirikkas mullas täheldatakse seadedrenaaziga alal drenivees suuremat fosfori kontsentratsiooni võrreldes traditsioonilise dreanaaziga (Sanchez Valero *et al* 2007). Üldiselt enamuses dreanaaziga väljakantud fosforist moodustab lahustunud fosfor. Teatud juhtudel (lõheline savi, makropooride rikas pinnaseprofiil), kantakse välja ka pinnaseosakestega seotud fosforit.

Taanis aastatel 2012-2015 sügisest kuni kevadeni keskmistes pinnastes neljal katseväljakul (igauks 1 ha, drenide vahe 15 m, sügavus 1,1, m) tehtud uuringu käigus hoiti veetaset kuni 70 cm drenidest kõrgemal. Paisutuse tulemusena vooluhulk vähenes 37... 54%, lämmastiku väljakanne vähenes 38...51% ja fosfori väljakanne astavalt 43... 46% võrreldes traditsioonilise dreanaaziga. Märgitakse, et kõrge veetaseme korral denitrifikatsioon ei olnud oluliselt suurem. Seadedrenaaz ei ole Taanis ametlikult aktsepteeritud taimetoitainete väljakannet vähendav leevendusmeede, märgitakse, et vajab täiendavalt uurimist (Carstensen *et al* 2019).

Leedus tehtud katsed näitasid (Ramoska *et al* 2009), et seadedrenaazi äravoolu periood oli 40...62% lühem, äravoolu maht vähenes 25% ja nitraadi väljakanne 20...28% väiksem. Loetletud kogused olenesid ilmastikust. Seadedrenaaziga alal saagikus oli 5,6...10% suurem. Uurimisperiood 2000-2007, kontrollala suurus 4,9 ha , katseala 5,4 ha, veetase maksimaalselt 68 cm drenide kohal.

Suurem osa veetaseme reguleerimisega seotud veekvaliteedi uuringutest on keskendunud NO³-N koormustele, mitmetes uuringutes on märgitud ka lahustunud fosfaatiooni koormuste olulisest

vähenedisest. Wesstrom jt. (2001) ning Wesstrom ja Messing (2007) täheldasid fosfaatiooni koormuse vähenedist 58–95% , mis oli proportsionaalne dreeniäravoolu vähenedisega.

USA-s Ohios korraldatud katses uuriti N ja P väljakannet taasta jooksul kahel kõrvuti asuval dreenažisüsteemil, kus äravoolu vähenedine oli 8...38%. NO₃-N väljakanne vähenes 8...44% (1,3-26,8 kg/ha) ja aastas fosfori väljakanne 40...68% (0,04...0,51 kg/ha). Efektiivsust mõjutas paisutuse kõrgus, kuivenduse intensiivsus ja pinnase omadused. Seadedreenažiga alal toitainete kontsentratsiooni muutust ei täheldatud. Autor märgib, et on vaja selgitada seadedreenaži kõrgest veetasemest tingitud äravoolu liikumist kõrvale või muutumist pindmiseks (Williams *et al* 2015).

2.5.3. Viidatud kirjandus

Carstensen, M.V., Børgesen, C.D., Ovesen, N.B., Poulsen, J.R., Hvid, S.K., and Kronvang, B. 2019. Controlled Drainage as a Targeted Mitigation Measure for Nitrogen and Phosphorus. *Journal of Environmental Quality*. 48: 677-685. doi:10.2134/jeq2018.11.0393

Kalita P.K., Kanwar R.S. 1993. Effect of Water-table Management Practices on the Transport of Nitrate-N to Shallow Groundwater. *Transactions of the ASAE*. Vol. 36. No.2: 413-422.

Karvonen T. 1992. Säätosalaojitus- ja padotuskastelu: tutkimuksen tausta. Säätosalaojitus. Koekentien perustaminen. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote. N:o 16. Helsinki: 5-8.F

Lalonde, V., C.A. Madramootoo, L. Trenholm, and R.S. Broughton. 1996. Effects of controlled drainage on nitrate concentrations in subsurface drain discharge. *Agric. Water Manage.* 29:187-199. doi: 10.1016/0378-3774(95)01193-5

Povilaitis, A., A. Rudzianskaitė, S. Misevičienė, V. Gasiūnas, O. Miseckaitė, I. Živatkauskienė. 2018. Efficiency of drainage practices for improving water quality in Lithuania. *Transactions of the ASABE*. Vol. 61(1): 179-196

Ramoska, E., N. Bastiene, and V. Saulys. 2011. Evaluation of controlled drainage efficiency in Lithuania. *Irrig. Drain.* 60:196-206. doi:10.1002/ird.548

Ross, J.A., M.E. Herbert, S.P. Sowa, J.R. Frankenberger, K.W. King, S.F. Christopher, et al. 2016. A synthesis and comparative evaluation of factors influencing the effectiveness of drainage water management. *Agric. Water Manage.* 178:366-376. doi:10.1016/j.agwat.2016.10.011

Salo, H., Salla, A., Koivusalo, H. 2021. Seasonal effects of controlled drainage on field water balance and groundwater levels. *Hydrology Research* doi: 10.2166/nh.2021.056

Skaggs, R.W., M.A. Youssef, J.W. Gilliam and R.O. Evans. 2010. Effect of controlled drainage on water and nitrogen balances in drained lands. Trans. ASABE 53:1843-1850. doi:10.13031/2013.35810

Skaggs, R.W., N.R. Fausey, and R.O. Evans. 2012. Drainage water management. J. Soil Water Conserv. 67:167A-172A. doi:10.2489/jswc.67.6.167A

Wesstrom, I., and I. Messing. 2007. Effects of controlled drainage on N and P losses and N dynamics in a loamy sand with spring crops. Agric. Water Manage. 87:229-240. doi:10.1016/j.agwat.2006.07.005

Wesstrom, I., I. Messing, H. Linner, and J. Lindstrom. 2001. Controlled drainage: Effects on drain outflow and water quality. Agric. Water Manage. 47:85-100. doi:10.1016/S0378-3774(00)00104-9

Williams, M.R., K.W. King, and N.R. Fausey. 2015. Drainage water management effects on tile discharge and water quality. Agric. Water Manage. 148:43-51. doi:10.1016/j.agwat.2014.09.017

Youssef, M. A. Liu, Y., Chescheir, G.M., Skaggs, R.W., Negm, L.M. (2021) DRAINMOD modeling framework for simulating controlled drainage effect on lateral seepage from artificially drained fields. Agricultural Water Management 254. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106944>

2.6. Vooluvee keemiline töötlemine settebasseinis/kaevus

2.6.1. Toimimispõhimõte

Fosfor (P) on üks toitainetest, mis põhjustab paljudes veekogudes eutrofeerumist. Vooluvees esineb fosforit vees lahustunud fosfaatioonina või saviosakesega seotuna. Settebasseinid projekteeritakse uhtainete-rikastele veejuhtmetele jämeda fraktsiooni setitamiseks. Erisooni ohtlikus pinnases fosforiühendite rikka aluspinnase ibe- ja tolmuosakeste setitamiseks ilma täiendavate abinõude rakendamiseta kulub väga palju aega. Avaveelises põhjataimestikuga kaetud puhastuslodus fosforiühendite kinnipidamine võrreldes lämmastikuga on väiksem ja anaeroobse keskkonna puhul vabaneb settest ka lahustunud fosfor.

Settebasseini efektiivsuse tõstmiseks on mitmed teadlased uurinud nii labori kui ka välitingimustes kollektoritest tuleva hõljuvainete– ja fosforirikka vee puhastamiseks reovee puhastusseadmetes

kasutatava keemilise fosforiärastuse lihtsustatud varianti. Kemikaalidest on kasutatud Sachtofer PR Ca-Fe oksiidgraanuleid (Saaremäe *et al* 2014; Klimeski *et al* 2013), alumiiniumi- ja kolmevalentse rauaioonide kasutamist ja tekkinud happelise keskkonna lubjaga neutraliseerimist (Aura 2000), Polonite[®], Filtralite-P (Adam *et al* 2006; Povilaitis *et al* 2018) ja granuleeritud kõrgahjuräbu (Povilaitis *et al* 2018).

Polonite[®] on kaltsiumsilikaat, suure eripinnaga graanulmaterjal, mille mõõtmed 2-6 mm, mahumass 730 kg/m³, pH >12, fosfori adsorbtsiooni võime kuni 12% (<http://www.ecofiltration.se/wp/wp-content/uploads/2016/09/product-sheet-Polonite-v2-eng.pdf>).

Filtralite-PTM on fosfori sidumiseks savi baasil loodud kerge (mahumass 380 kg/m³), 0,5-5 mm läbimõõduga aluseline (pH 12) materjal (<https://www.filtralite.com/en/products/filtraliter-nature-p-05-4>).

Ained lisatakse vooluvette dosaatoriga proportsionaalselt vooluhulgaga või tükiline materjal asetatakse voolusängi, millest vesi voolab läbi või üle. Kõige lihtsamad filtrid koosnevad drenaažikaevu pandavast kotist või võrksukast, mis täidetakse mingi poorse materjaliga (puitlaastud, killustik, kookoskiud) ning sellesse on segatud kemikaalid (alumiinium-, raudsulfaat või lubi). Lisatavate kemikaalide hulk oleneb vee reoainesisaldusest ja vooluhulgast. Filter töötab seni kuni materjal küllastub ja sidumisvõime väheneb oluliselt.

Happelist keskkonda tekitavad (näiteks raudsulfaat) materjali puhul on probleemiks täpne pH taseme jälgimine ja neutraliseeriva lubja doseerimine. Teise lihtsama variandina soovitatakse alumiinium polümeere (soome k. *alumiinihydrokipolymeeri*), mis liidavad saviosakesed efektiivselt kokku ja setitavad põhja, sidudes samal ajal ka veest fosfori. Hilisemat vee neutraliseerimist siin ei vajata (küll soovitatakse lubjata mulda neutraalseks). Kasutatav kontsentratsioon on üks kg ainet 10 – 30 m³ vee kohta. Kuna moodustunud suuremad savipinnase osakesed on settinud põhja ja nende fosfori sidumisvõime vastab looduslikus seisundis oleva mulla omale, pole seda vajalik kohe ka eemaldada.

2.6.2. Toimimise efektiivsus taimetoitainete kinnipidamisel

Filtermaterjali toimimise efektiivsus fosfori sidumisel oleneb nii tera suuruse jaotusest, pH, eripinnast ja Al-, Fe- või Ca-ioonide sisaldusest. Praktikas kasutamisel on oluline ka materjali maksumus ja jäätmete keskkonnamõju - filtrisubstraadid peavad olema saadaval suurtes kogustes madala hinnaga, kuid pikaajalise P-sorptsioonivõimega. Potentsiaalsete väetistena on need filtrimaterjalid hiljem kasutatavad ka põllumajanduses.

Filtralite-PTM on võrdlevalt uuritud laboritingimustes väikses mõõtkavas ja välitingimustes eramute reoveest fosfori eemaldamisel (Adam *et al* 2006) kus materjal on näidanud häid tulemusi. Katse kestis senini, kus filter ei suutnud enam fosforit siduda. Laboriskaalas (filtri mõõtmed 26x7x7 cm) materjali fosfori sidumisvõime 76% ehk 4,4 kg P kuupmeetri materjali kohta.

Soomes Jokioise katsejaamas on uuritud 17 ha suuruse ala äravoolu töötlemist alumiiniumisooladega fosforiväljakande vähendamiseks. Katsealal vähenes üldfosfori sisaldus kontrollalaga võrreldes sügiskuudel 4 – 10 korda, lahustunud fosfaadi osas neli korda. Sissevoolus fosfaatiooni sisaldus 0,04 mg/l, väljuvas vees 0,005-0,01 mg/l, üldfosfori vähenemine 0,4-0,8 mg-lt 0,005-0,1 mg/l (Aura 2000).

Leedus tehtud katsetes uuriti 3,6 km² valgalaga kraavivee biogeenidest puhastamist suunates selle läbi kaevudesse paigutatud Polonite, Filtralite-P ja granuleeritud kõrgahju rübust filtrite. Filtrite maht 1 m³, vesi läbis filtri vertikaalselt (sissevool kaevu põhjas). Kuna testitud filtrimaterjalid näitasid lämmastiku eemaldamise väikest efektiivsust, valiti uuringu teise etapi jaoks kolm muud materjali: puukoor, puusüsi ja dolomiidilaastud (Povilaitis *et al* 2018) .

Eesti INTERREG projekti raames rajati katseala, kus uuriti potentsiaalse P-sorptsioonimaterjalina Sachtofer PR Ca-Fe oksiidgraanuleid. Eesvoolule ülesseatud katsed (vesi voolas materjalist läbi) näitasid, et fosfaatiooni eemaldamise efektiivsus oli 10–70%, sõltuvalt viibeajast ja graanuli vanusest. Leiti, et selle materjali puudusteks on massi kadu, mis on põhjustatud kipsi kiirest lahustumisest põhjustades sulfaadi ja kaltsiumi kontsentratsiooni suurenemisest vees. Arvestades hüdraulilisi ja keemilisi omadusi, on tehniliste lahenduste väljatöötamiseks vaja täiendavaid katseid (Saaremäe *et al* 2014).

Soomes uuriti välitingimustes Sachtofer PR filtri (maht 6 m³) abil eesvoolu suure fosfori sisaldusega (kontsentratsioon 0,05-0,3 mgP/l) vee puhastamist. Katse kestis 2,5 aastat. Esimesel aastal pidas filter kinni 53%, viimasel aastal vähenes kuni 15% sissevooluga kandunud fosfori massist. Probleemidena märgiti võimalikku otsevoolu, mis vähendas viibeaga, huumusosakeste ja vetikatega kattumist ning talvist külmumist ja materjali kokku vajumist (Klimeski *et al* 2013).

2.6.3. Viidatud kirjandus

Adam, K., Sovik, A.K., Krogstad, T. 2006. Sorption of phosphorous to Filtralite-P™—The effect of different scales. Water Research, 40.

Aura, E. Sameat vesistöt voidaan puhdistaa. Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät. 20-vuotisjuhlaseminaari Jokioinen 26.-27.7.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 79.- Jokioinen, 2000.- S. 47-51.

Klimeski, A., Risto Uusitalo, Aaro Näreänen, Kimmo Rasa, Eila Turtola. 2013. Upscaled application of Sachtofer PR as phosphate-binding filter. http://www-conference.slu.se/ipw7/IPW7_abstract_book_130911.pdf

Povilaitis, A., A. Rudzianskaitė, S. Misevičienė, V. Gasiūnas, O. Miseckaitė, I. Živatkauskienė. 2018. Efficiency of drainage practices for improving water quality in Lithuania. Transactions of the ASABE. 61(1): 179-196. <https://doi.org/10.13031/trans.12271>

Saaremäe, E., Liira, M., Poolakese, M., Tamm, T. 2014. Removing phosphorus with Ca-Fe oxide granules – a possible wetlands filter material. Hydrology Research. 45.3.

2.7. Lubi drenikaevikus. Dreenikaeviku täitepinnase töötlemine

Reoveepuhastusest on tuntud põhimõte, kus lubjaühenditega vähendatakse heitvee fosforisisaldust. Seda on viimastel aastatel uuritud ka drenaažkuivenduse juures, segades ehitustööde ajal väljakaevatud pinnasesse lupja.

Ioonvahetuse käigus Ca ioon tõrjub eemale mulla pinnalt muid katioone (Na⁺, K⁺, H⁺), millega savi muutub struktuurilt tükilisemaks, tõuseb pH, lahustunud räni ja alumiiniumi ühendid moodustavad Ca-silikaadid ja Ca alumiinium hüdraadid. Need ühendid lisavad tekkinud tükilisele

struktuurile kestvust. Aja jooksul karboniseerimisega moodustub karbonaatsild saviosakeste vahel, mis veelgi enam stabiliseerib tükilist struktuuri. Ca seob ka fosforit.

Siit tekkis esialgselt idee kasutada seda drenikaevikute täitepinnase veejuhtivuse parandamiseks. Sellealaseid uurimisi on teinud mitmed teadlased (Šaulis, 1988; Šaulys and Bastiene, 2006). On uuritud lubja mõju drenivee kvaliteedile (Šaulys and Bastiene, 2007; 2008).

Leedus tehtud uurimistöö näitas, et savipinnase veejuhtivuse parandamiseks lubja segamine kaeviku täitepinnasesse suurendas poorsust 30%, mullaagregaatide (läbimõõt 0,25...10 mm) arvu keskmiselt 3,3 korda ning filtratsioonimoodulit 100...300 korda, mahumass vähenes 24%. Soovitava lubja koguse jaoks drenikaevikus on töö autoril välja töötatud graafikud. Lubja (aktiivset CaO ja MgO) peaks olema sõltuvalt savisisaldusest 0,6...1,8 % mulla massist (Шаулис, 1988).

Soomes uuriti, arendati ja patenteeriti 90-ndatel aastatel lubja kasutamise meetod savika pinnasega nõlvadel paiknevate põldude eesvoolu kantava heljumi ja fosfori vähendamiseks. Tehnoloogia põhineb lubjalisandiga täidisdrenaaži rajamises risti pinnavee liikumissuunaga. Pinnas profileeritakse toru kohal, madalamale poolele tekitatakse vall, millega tõkestatakse pindmine äravool. Vesi imbub läbi suurema poorsusega lubjarikka drenikaeviku täitepinnase, mis seob liikuvat fosfori ning neutraliseerib ka äravooluvee happesust. Esialgsetes katsetes oli lubja kogus 3 – 8% pinnase märjast massist. Optimaalne lubja kogus sõltub pinnase omadustest. Tulemuseks vähenes kuni 80% fosfori väljakanne (Weppeling... 1995).

Leedus tehtud katsed raskes savipinnases näitavad, et kaeviku täitepinnase lupjamine (0,6% CaO lisamine savimullale) vähendas üldfosfori väljakannet aastas kaks korda ja fosfaatiooni kolm korda. Lubjalisandita võrdlusel oli fosfori kontsentratsioon 2,8 korda kõrgem. (Šaulys and Bastiene, 2007).

Šaulys, V., Nijolė Bastienė. 2008. The impact of lime on water quality when draining clay soils. *EKOLOGIJA*. Vol. 54. No. 1. P. 22–28. DOI: 10.2478/V10055-008-0005-1.

Šaulys, V. and Bastiene, N. 2006. The effect of lime admixture to trench backfill on the functioning of tile drainage in heavy soils. *Irrigation and Drainage*, 55:372-382.

Šaulys, V. and Bastiene, N. 2007. The impact of lime admixture into trench backfill on the variation of phosphorus in drainage outflow. *Irrigation and drainage* 56:99-105.

Weppeling, K., Palko, J., Puustinen, M. 1995. Kalkkisuodinoja – uusi ojitusmenetelmä. *Vesitaolous* 1. s. 14-15.

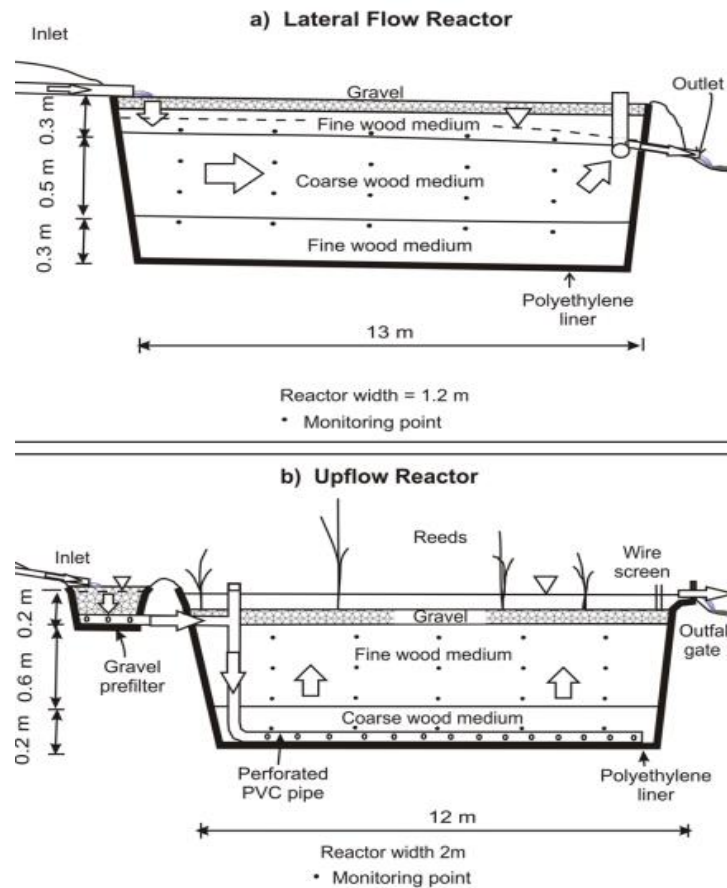
Шаулис, В.Б. 1988. Способы отвода поверхностных вод с дренированных земель (на примере Литовской ССР). Автореферат. Минск, 21 с.

2.8. Orgaanilisest materjalist filtrid drenaažisüsteemil- bioreaktorid

Denitrifitseerimisprotsessi tõhustamiseks on nii labori kui ka välikatsetega uuritud drenaažiäravoolu juhtimist läbi filtri, (*eng Denitrifying Bioreactor*) mis koosneb süsinikurikkast orgaanilisest ainest, milleks valdavalt kasutati hakkpuitu. Tegevus on tulnud reoveepuhastusest, kus viimases etapis puhastist väljuvast veest võetakse süsinikuühendite lisamisega välja lämmastik. Märkus: bioreaktoriks nimetatakse Eesti keeles biogaasijaama mahutit, kus tekib metaan. Käesolevas tekstis on kasutatud otsetõlget inglise keelest ja nimetatud rajatist bioreaktoriks.

Bioreaktor ehitatakse tavaliselt kollektorile enne suubumist eesvoolu. Kaevikulõik vooderdatakse vajadusel kilega ja täidetakse hakkpuiduga. Bioreaktorid on üldjuhul projekteeritud pikkade ja

kitsaste ristkülikukujuliste kaevikutena, et tagada vajalik viibeaeg. Rajatise pikkuseks on võetud kuni 30 m, laius kuni 5 m ja sügavus vastavalt drenaaži rajamissügavusele (joonis .) Veetaseme reguleerimise rajatised on sarnased seadedrenaažile - nende ülesanne on reguleerida veetaset, vooluhulka ja viibeaega.



Joonis 2.9. Bioreaktori toimimise skeemid (Van Driel *et al* 2006).

Selle konstruktsiooni eelised on:

- bioreaktorite kasutuselevõtt ei vaja täiendavaid muudatusi drenaažisüsteemis;
- Bioreaktori rajamine ei vähenda haritava maa pindala (filtri kohale paigutatakse huumuskiht tagasi);
- bioreaktorid toimivad minimaalse hooldusega. Veetaset regulaatorkaevus muudetakse paar korda aastas;
- bioreaktorite tööiga on pikk, võivad töötada kuni 20 aastat.

Filter on voolutakistus ja seetõttu bioreaktoritest tuleb vajadusel vett mööda juhtida, millega kuivendussüsteemi efektiivsus ei vähene.

USA-s on bioreaktorid levinud, kus - Loodusvarade Kaitse Talitus (The Natural Resources Conservation Service) on tunnistanud selle parimaks võimalikuks tehnikaks lämmastikukoormuse vähendamisel.

Bioreaktoreid on uuritud laboris, kus on võimalik täpselt ette anda katsetingimusi – siseneva vee temperatuuri ja toitainete sisaldust.

Leedus on tehtud laboriuuring 0,32 m³ filtriga, kus kasutati okas- ja lehtpuude haket. Vee temperatuur 14-26 kraadi. Nitraatlämmastiku eemaldamise efektiivsus kuni 65...68% (Povilaitis *et al* 2018).

Feyereisen jt. (2016) viisid läbi laboriuuringu selgitamaks külma ja sooja ilmastiku mõju. Bioreaktori täitena enne puiduhaket lisati ka põllumajandusjäätmek (maisitõlvikuid, maisi varsi). Katsed näitasid, et maisitõlvikute lisamine suurendas nitraadi eemaldamise efektiivsust – tekib rohkem denitrifitseerivaid baktereid.

Mitmed uurimistööd (Hay ja Kjaersgaard, 2012) näitasid, et bioreaktorid suudavad koos seadedrenaazi ja puhastuslodudega drenaaziveest eemaldada nitraati efektiivsusega 30...70%.

Hassanpour jt. (2017) kasutas paaris bioreaktoreid kuivendatud põllul New Yorgi osariigis, üks bioreaktor oli täidetud hakkpuidu ja teine hakkpuidu ja biosöe seguga. Uurimistöö kestus 3 aastat. Nende tulemused näitasid, et NO₃-N eemaldamine keskmine tulemuslikkus oli 50%, kuid NO₃-N eemaldamine talvel peaaegu puudus, samas suvel kuni 72 g päeval. Uuring näitas, et biosüsi oli efektiivne denitrifikatsiooni suurendamisel ainult esimesel aastal.

USA-s (Iowa) rajati üheksa aastat kasutusel olnud 19 ha drenaazisüsteemile bioreaktor mõõtmetega 15x7,6x1,1 m, kus uuriti puidu lagunemist, filtri veejuhtivust ja selle vähenemise põhjuseid. Esimese kolme aastaga läbis bioreaktori 51-68% äravoolust, mille nitraadisisaldus

väheneb 27-33% (sisenevas vees nitraadi kontsentratsioon 5-20 mgN/l). Hiljem bioreaktor vähendas 50% võrra siseneva vee lämmastiksisaldust. Bioreaktorid mahuühiku kohta eemaldati lämmastikku keskmiselt $6,68 \text{ g N m}^{-3} \text{ d}^{-1}$. (Christianson *et al* 2020)

Kanadas Ontarios uuriti bioreaktori efektiivsust kahe aasta jooksul, kus drenaažisüsteemi keskmine vooluhulk 7,7 l/min ja sissevoolava vee nitraadisisaldus 11,8 mgN/l. Bioreaktori mõõtmed 13x1,2x1,1 m. Keskmiselt väheneb lämmastiksisaldus 3,9 mg N/l. Bioreaktori pindalaühiku kohta ööpäevas väheneb lämmastiksisaldus $2,5 \text{ g N/m}^2 \text{ /d}$. Massibilansi arvutused näitavad, et denitrifikatsioonist tulenev süsiniku tarbimine oli <2% aastas; Seega on bioreaktorite potentsiaal töötada mitu aastat, ilma et oleks vaja filtrit täiendada. Bioreaktor saavutas hooldusvaba töö kõigi aastaegade tingimustes, sealhulgas nii põua- kui ka külmaperioodi järel (Van Driel *et al* 2006).

Denitrifikatsiooniprotsessiks on vaja anaeroobset keskkonda, süsinikku ja soojust. Eestis drenaažiga lämmastiku väljakanne toimub peamiselt sügisel, kevadel ja talvel. Mõned autorid on näidanud talveperioodil bioreaktoris denitrifikatsiooniprotsessi puudumist.

Kui filter ehitada tasasele alale kollektori suudmepiirkonda, siis tekib torustikus paisutus, mida tuleb möödaviiguga reguleerida.

Viidatud kirjandus

Christianson, L., G. Feyereisen, C. Hay, U. Tschirner, K. Kult, N. Wickramaratne, N. Hoover, M. Soupir. 2020. Denitrifying bioreactor woodchip recharge: media properties after nine years. Transactions of the ASABE. Vol. 63(2): 407-416. <https://doi.org/10.13031/trans.13709>

Addy, K., Arthur J. Gold, Laura E. Christianson, Mark B. David, Louis A. Schipper, and Nicole A. Ratigan. 2016. Denitrifying Bioreactors for Nitrate Removal: A Meta-Analysis. Journal of Environmental Quality. 45: 873-881. doi:10.2134/jeq2015.07.0399

Feyereisen, G.W., Thomas B. Moorman, Laura E. Christianson, Rodney T. Venterea, Jeffrey A. Coulter, and Ulrike W. Tschirner. 2016. Performance of Agricultural Residue Media in

Laboratory Denitrifying Bioreactors at Low Temperatures. Journal of Environmental Quality. 45: 779-787. doi:10.2134/jeq2015.07.0407

Van Driel, P. W., Robertson, W. D., and Merkley, L. C. 2006. Denitrification of agricultural drainage using wood-based reactors. Transactions of the ASABE 49(2): 565-573.

Povilaitis, A., A. Rudzianskaitė, S. Misevičienė, V. Gasiūnas, O. Miseckaitė, I. Živatkauskienė. 2018. Efficiency of drainage practices for improving water quality in Lithuania. Transactions of the ASABE. Vol. 61(1): 179-196

2.9. Vooluvee puhastamine pindmise äravooluga – valgväljakud

2.9.1. Toimimispõhimõte ja uuritus

Soomes turbakaevandamisala (Ihme *et al* 1991) ja metsakuivenduse eesvoolude (Huttunen *et al* 1996, Hynninen *et al* 2010, Liljaniemi *et al* 2003, Jormola *et al* 2004) vooluvee täiendavaks puhastamiseks heljumist ja sellega kaasnevatest taimetoitainetest on uuritud ja kasutusele võetud lahendus, kus vooluvesi juhitakse madalamale alale (maapinnale) ühtlaselt laiali.

Soodsa reljeefi ja maakasutuse korral on võimalik mitte juhtida eesvool suublasse, vaid kaevata eesvoolu lõppu jaotuskraav, mille suubla poolne serv on horisontaalne. Vooluvesi valgub sel juhul ühtlaselt taimestikuga kaetud looduslikule maastikule ja liigub aeglaselt ja samal ajal puhastudes mehaaniliselt heljumist ja taimede poolt omastatakse toitained. Pinnasesse imbumise osakaal on väike, seetõttu eesti keeles võik olla termin valgväljak, Soome keeles kasutatakse terminit „*pintavalutuskenttä*“, inglise keeles „*overland flow*“.

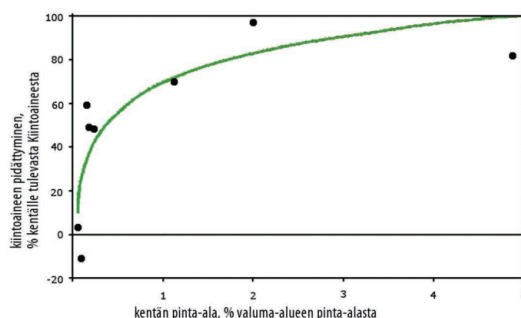
2.9.2. Efektiivsus taimetoitainete vähendamisel

Puhastusmeetodit on Põhjamaade tingimustes uuritud Soomes 80-ndate aastate lõpus välikatsetega, kus turbatootmisala äravooluvesi juhiti selleks eraldatud looduslikku rabasse. On leitud, et valgväljaku taimestik peaks olema looduslikus seisundis (tarnad), ala suurus peab olema vähemalt 2% valgla pindalast. Alal ei tohi olla kraave, mis põhjustaksid otsevoolu, valgväljaku

lang on alla 1%. Katsealal turbakaevandusalal vähenes heljum 44-74%, orgaaniline aine 20-30%, N_{üld} 38-74% ja P_{üld} 37-68% (Ihme et al 1991).

Maatulundusmaal peaks valgväljak olema väike, sest seda on kergem hooldada ning sobivat ala on lihtsam leida.

Soomes tehti metsakuivendusaladel 20 valgväljaku uuringuid (valgala 2,5...67,7 ha). Kui puhverriba laiuks oli 2...10 m, siis see ei andnud taimetoitainete vähenemisel positiivset tulemust (Liljaniemi et al 2003). Küll aga märgitakse sette kinnipidamise efektiivsust - 70...90% (Joensuu 2008). Joonisel 2.9 on toodud Soome metsakraavidel mõõdetud valgväljakute efektiivsus heljumi kinnipidamisel. Valgväljaku pindala peaks olema 0,5...1 % valgala pindalast.

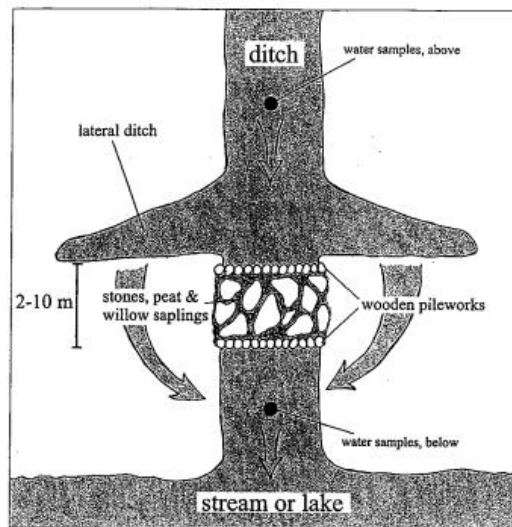


Joonis 2.9. Valgväljaku pindala mõju heljumi peetusele (horisintaaltelg – valgväljaku pindala osakaal kuivendussüsteemmi valgalast; vertikaaltelg – heljumi peetus % heljumi summaarsest koormusest (Joensuu *et al* 2012).

2.9.3. Projekteerimise alused

Projektiga „Natural Water Retention Measures“ koostatud ülevaate järgi sobib valgväljak vee puhastamiseks eeskätt põhjamaades metsa- ja poollooduslikel aladel valgalaga kuni 1 km² (Overland...). Valgväljaku maa-ala peab olema tasane, et vesi imbuks pinnasesse või voolaks ühtlase kihina taimestikust läbi.

Soome kogemused metsakraavidel: 1...30 m kaugusel suublast on kraavi (eesvoolu) säng tõkestatud puitsulundseinaga ja täidetud 2...10 m pikkuselt kohaliku pinnasega (/turvas, kivid). Kindlustatud paju istikutega (joonis 2.10. Liljaniemi *et al* 2003).



Joonis 2.10. Valgväljaku skeem metsakraavil (Liljaniemi *et al* 2003)

Eestis on analoogne lahendus toodud kataloogis „Maaparandusrajatiste tüüpjoonised“ . Joonisel 5.5. on toodud puhastuslodu lammialal PLL skemaatiline lahendus ilma dimensioneerimise aluste või soovituslike mõõtmeteta.

Viidatud kirjandus

Huttunen, A., Heikkinen, K. & Ihme, R. 1996. Nutrient retention in the vegetation of an overland flow treatment system in northern Finland. *Aquatic Botany* 55: 61–73.

Hynninen, A., Saari, P., Nieminen, M., Alm, A. 2010. Pintavalutus metsätaloustoimien valumavesien puhdistamisesa — kirjallisuustarkastelu. *Suo* 61(3–4). s. 77–85.

Ihme, R., Isotalo, L., Heikkinen, K. ja Lakso, E. 1991a. Turvesuodatus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A 77 s, 3 - 114. Vesi-ja ympäristöhallitus.

Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S., Vuollekoski, M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu - Metsätalouden vesiensuojelu -kouluttajan aineisto. [<https://www.doria.fi/handle/10024/93967>]

Jormola, J., Harjula, H., Sarvilinna, A. 2004. Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Suomen Ympäristö 631.

Liljaniemi, P., Vuori, K.-M., Tossavainen, T., Kotanen, J., Haapanen, M., Lepistö, A., & Kenttämies, K. (2003). Effectiveness of Constructed Overland Flow Areas in Decreasing Diffuse Pollution from Forest Drainages. *Environmental Management*, 32(5), 602–613. doi:10.1007/s00267-003-2927-4

Overland flow areas in peatland forests. F14. [<http://nwrm.eu/measure/overland-flow-areas-peatland-forests>] (08.10.2022).

2.10. Eesvoolu astmelise nõlv

2.10.1. Toimimispõhimõte

Suublate reguleerimisel või eesvoolu rajamisel projekteeritakse haritava maa piires voolusängi ristlõige üldjuhul sellise suurusega, et veetase jääks maksimaalsete vooluhulkade korral allapoole kallast. Alates 1989. aastast on projekteerimisnormis voolusängi dimensioneerimiseks kasutatavat karedusarvu olenevalt vooluhulgast ja pinnasest suurendatud kuni 1,3 korda, väärtuseni 0,04. Tegelikult, perioodilise maaparandushoiutöö puudumisel võib karedusarv olla veelgi suurem. Lisaks väheneb ka sügavus nõlva voolamise ja setete ladestumise tulemusena. Kokkuvõttes arvutusvooluhulga ärajuhtimisel on veetase lubatust kõrgem ja on vajalik rekonstrueerimine.

Kehtivat maaparandussüsteemi projekteerimisnormi eesvoolu rekonstrueerimisel on ajakohastatud lahendusvariandiga, kus kavandatakse eesvoolu astmeline nõlv. Kui eesvoolu põhja ladestunud settes on moodustunud stabiilne looklev madalvee voolusäng, mille põhja kõrgus vastab nõuetele, siis tuleks kaaluda projekteerimisel lahendust, kus suurvee läbilaskmiseks laiendatakse eesvoolu ristlõiget selliselt, et eesvoolus sette ladestumiseks moodustuks lammiala (Maaparandussüsteemi ... 2019). Praegu seda lahendust ei loeta Eestis keskkonnakaitserajatiseks. Horisontaalset astet nimetatakse terrassiks või bermiks (*fi* *tulvatasanne*, *tulvaterassi*; *eng* *two-stage ditch*). Käesolevaks töös kasutatakse terminit lammiterrass.

Mitmed vooluveekogude (jõgede) tervendamise seotud soovitused, juhendid ja normid (Näreaho *et al* 2006; Jormola *et al* 2007; Two-Stage ... 2007), teadusartiklid (Christopher *et al* 2017; Davis *et al* 2015; Hodaj *et al* 2017), dissertatsioon (Englund 2020) käsitlevad lammiterrassi efektiivsust biogeenide koormuse vähendamisel. On avaldatud ka uurimistööd, mis vaatlevad rajamise majanduslikku poolt (Roley *et al* 2016, Västilä *et al* 2021).

Sirgena kaevatud eesvoolu lai põhi muutub aja jooksul erosiooni, setete ladestumise ja madalvee ajal taimeistiku kasvu tõttu looklevaks, kus voolutingimused ning elustik hakkavad aegamööda muutuma mitmekesisemaks. Samas eesvoolu sāngi veelābilaskevōime vāheneb, mis toob kaasa kuivendusseisundi halvenemise. Juhul, kui uuendataval eesvoolu lõigul puuduvad drenaāžisüsteemid vōi suudmete kõrgus on sūgisesest keskmisest veetasemest piisaval kõrgusel, saab traditsioonilise sette eemaldamise asemel rajada lammiterrassi.

Lammiterrass on sāngi ristlōike alumises osas paiknev sānginōlva horisontaaltasapinnaline osa, mis kattub veega üksnes suurte vooluhulkade korral (suvine ja kevadine maksimum). Suurema kareduse ja seega vāiksema voolukiiruse tõttu vooluvees liikuv heljum settib lammiterrassile. Miinimumvooluhulk jääb eesvoolus looduslike protsesside tulemusel kujunenud kitsasse looklevasse sāngi, millesse suurema voolukiiruse tõttu ka sette kogunemise risk on vāiksem. Voolusāngis hoiutōode vajadus vāheneb.

Traditsiooniliste meetoditega sirgeks ja laiaks kaevatud sāngides on madalveesāng palju laiem kui see oleks looduslikes, puhastamata ja õgvendamata vooluveekogudes; seetōttu pole veevool piisav hoidmaks selliseid madalveesānge lahti. Lammiterrasside rajamine vōimaldab sāilitada sāngi

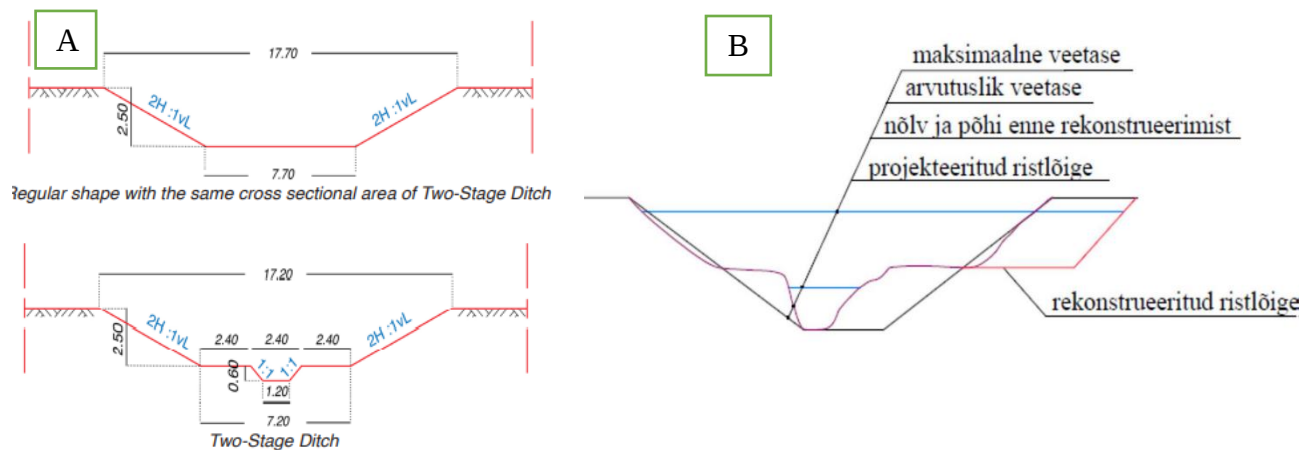
kulgemistrajektoori ning põhja vormi ja materjali struktuuri muutmata kujul. Ka vee kvaliteet ei lange tööde teostamise ajal märkimisväärselt – kuna sängi veega täidetud osas kaevamist ei toimu ja heljumit vooluvette ei teki.

Lammi võib vahelduvalt kaevata ka mõlemale kaldale. Astmelise nõlva tõttu on eesvoolu pealtlaius tunduvalt suurem, millega kaasneb haritava maa vähenemine.

2.10.2. Projekteerimise alused

Lammiterrasside rajamise eesmärgiks on luua sängis lisamahtu tavalisest suurematele vooluhulkadele ning sel teel vältida põldude üleujutamist ning saagikadusid. Eesvoolu sängi ristlõige dimensioneeritakse nii, et madalvee ajal voolab vesi üksnes madalveesängis ning lammiterrass püsib üldjuhul kuiv. Arvestama peab, et kuna terrassidel kasvav taimestik aeglustab veevoolu, peaks sängide ristlõige olema dimensioneeritud mõnevõrra suuremaks kui traditsioonilisel viisil kaevates.

Kinnikasvanud sängi, kus on moodustunud lai ja madal põhi, puhastamisel kaevatakse ainult kitsas madalvee säng (Joonis 2.11 A), mille sügavus peab tagama drenaažikollektorite suudmetest vaba äravoolu. Vajadusel arvutusliku maksimaalse vooluhulga läbilaskmiseks kaevatakse nõlv lamedamaks või laiemaks. Joonisel 2.11 B on kujutatud variant kus eesvoolu sügavus on piisav, kuid sette ja nõlvade deformatsioonide tõttu või tarnamätastega kinnikasvanud – maksimaalse vooluhulga jaoks liiga väikese ristlõikega. Madalvee säng on kitsas, looklev kiire vooluga ja seetõttu taimestikus vaba. Sellisel juhul laiendatakse madalvee sängist 0,1...0,2 m kõrgemalt kraavi ristlõiget, moodustades 4...5 m laiuse terrassi (olemasolev looklev säng jääb süvendamata).



Joonis 2.11. Olemasolevasse sängi madalvee perioodi voolusängi süvendamine

2.10.3. Efektiivsus taimetoitainete vähendamisel vooluvees ja tulu

Uurimistööd on keskendunud vooluvee kvaliteedile. Lammiterrassid parandavad vee kvaliteeti, tõstavad sängi veeläbilaskevõimet ning vähendavad hoiutööde vajadust. Erosiooni vältimiseks ja vee kvaliteedi tagamiseks peavad lammiterrassid olema kaetud rohttaimestikuga. Terrasside taimkate kogub ja seob veega edasiliikuvaid tahkeid osakesi, mis läbi väheneb sängide puhastamise vajadus. Terrassi suurema kareduse ja ristlõike tõttu väheneb sellel voolukiirus ja heljum settib.

Hajukoormuse (lämmastik ja fosfor) vähendamise efektiivsust on uurinud mitmed teadlased. Tulemused sõltuvad pinnase, maaviljeluse ja kliimatingimustest. Näitena USA, Kanada piiril Erie järve vesikonnas intensiivse põllumajandusliku tootmise piirkonnas mõõdeti hajukoormust ja SWAT programmiga modelleeriti väljakannet valgaladel, kus rajati lammiterrassiga kraavisänge pikkusest 25; 50 ja 100 % ulatuses. Tulemuseks saadi vastavalt 2, 5 ja 10% nitraatlämmastiku väljakande vähenemine, üldfosfori osas vastavalt 12, 20 ja 31% (Christopher *et al* 2017). Samas piirkonnas tehtud katsed näitasid, et suure nitraatlämmastiku kontsentratsiooni korral puhastusefekt on väike (Davis *et al* 2015). Sellest lõunapoolsetes osariikides (Ohio, Indiana) tehtud katsed andsid sarnased tulemused (Hodaj *et al* 2017). Märgitakse, et tulemused varieeruvad suurtes piirides olenevalt vooluhulgast, toitainete koormusest ja denitrifikatsiooni intensiivsusest, kusjuures Põhja-Ameerika tingimustes tehtud katsetes ilmneb suur fosfori peetuse võime (3 –

53%), nitraadi peetus on suure koormuse korral väiksem. Ka vee hägusus väheneb 15 – 82% (Mahl *et al* 2015).

2.10.4. Maksumus ja hoiukulud

Lammiterrassiga eesvoolu puhul voolusängist setete eemaldamise vajadus/sagedus on väiksem ja kui terrass paikneb ühel nõlval, siis saab kasutada sama suurt ekskavaatorit ning hoiukulud ei erine.

Eesvoolu ääres on ette nähtud veekaitsevöönd, Eestis laiusega 1 meeter ja üle 10 km² valgala puhul 10 m. Viimase puhul mahuks nõlvaterrass veekaitsevööndi sisse. Väikese valgala korral kaasneb täiendav maakadu. Kuigi veeseaduse parandusega trapetsikujulise eesvoolu puhul hakatakse veekaitsevööndi laiust lugema pervest, siis siin peaks tegema ettepaneku arvestada seda madalveesängi servast.

Soome Keskkonnainstituudi (SYKE) juhitud töörühm (Västilä *et al* 2021) on analüüsinud teiste maade teadlaste kogemusi ja teinud katsetulemusi lammiterrassiga eesvoolu keskkonnakaitselise efektiivsuse kohta ja maksumuse kohta. Täiendavalt on hinnatud saamata jäävat saagi maksumust ja lammiterrassi kasu mitme kvalitatiivse kriteeriumiga: täiendavad ökosüsteemi teenused, bioloogiline mitmekesisus. Lisaks on analüüsitud traditsioonilise kujuga eesvoolu ja nõlvaterrassi rajamise ja hoiukulude maksumust, ehitise all oleva maa tõttu vähenenud toodangust tulenevat kahjumit. Leiti, et 60-aastase ajaraami puhul on nõlvaterrassi ühe kilomeetrise eesvoolulõigu hoiukulud 5 korda väiksemad, aga selle rajamiskulud koos ehitise all oleva maaga võrreldes traditsioonilise eesvoolu hoiuga kulud suurenesid kahekordselt. Samas peab arvestama rahas mitte mõõdetavate tuludega: bioloogilise mitmekesisuse suurenemine, parem vee kvaliteet. Soome töörühm tegi ettepaneku arvestada nõlvaterrassi veekaitsevööndi osana, mis parendab viimase efektiivsust ning maaomaniku suuremad kulud kompenseeritakse keskkonnatoetuste vahenditest.

Christopher, S. F., Tank, J. L., Mahl, U. H., Yen, H., Arnold, J. G., Trentman, M. T., Royer, T. V. (2017). Modeling nutrient removal using watershed-scale implementation of the two-stage ditch. *Ecological Engineering*, 108, 358–369. doi:10.1016/j.ecoleng.2017.03.015

Davis, R. T., Tank, J. L., Mahl, U. H., Winikoff, S. G., & Roley, S. S. (2015). The Influence of Two-Stage Ditches with Constructed Floodplains on Water Column Nutrients and Sediments in Agricultural Streams. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 51(4), 941–955. doi:10.1111/1752-1688.12341

Englund, S. 2020. Optimizing the design of two-stage ditches to improve nutrient and sediment retention. Department of Earth Sciences, Uppsala University. Master thesis.

Hodaj, A., Bowling, L. C., Frankenberger, J. R., & Chaubey, I. (2017). Impact of a two-stage ditch on channel water quality. *Agricultural Water Management*, 192, 126–137. doi:10.1016/j.agwat.2017.07.006

Jormola, J., Harjula, H., Sarvilinna, A. 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. *Suomen Ympäristö* 631. 168 s.

Mahl, U., Tank, J.L., Roley, S.S., Davis, R. 2015. Two-Stage ditch floodplains enhance N-removal capacity and reduce turbidity and dissolved P in agricultural streams. *Journal of the American Water Resources Association*. Vol 51, No 4. P 923-940.

Näreaho, T., Jormola, J., Laitinen, L., Sarvilinna, A. 2006. Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnossapito. *Suomen Ympäristö* 52. Helsinki. 64 s.

Roley, S. S., Tank, J. L., Tyndall, J. C. & Witter, J. D. (2016). "How cost-effective are cover crops, wetlands, and two-stage ditches for nitrogen removal in the Mississippi River Basin?" In: *Water Resources and Economics* 15, pp. 43–56. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wre.2016.06.003>.

Two-Stage Channel Design. Chapter 10. Stream Restoration Design (National Engineering Handbook 654). United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. 2007. [<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/water/manage/restoration/?cid=stelprdb1044707>].

Västilä, K.; Väisänen, S.; Koskiahho, J.; Lehtoranta, V.; Karttunen, K.; Kuussaari, M.; Järvelä, J.; Koikkalainen, K. Agricultural Water Management Using Two-Stage Channels: Performance and Policy Recommendations Based on Northern European Experiences. *Sustainability* 2021, 13, 9349. <https://doi.org/10.3390/su13169349>.

3. Drenaažkuivendussüsteemi tehnilise seisundi mõjust hajukoormuse levikule.

Drenaažkuivenduse ülesanne on tagada intensiivsele taimekasvatustehnoloogiale vastav pinnase kandevõime ja taimedele sobiv niiskusrežiim – eemaldada liigvesi, millega alandatakse põhjaveepinda. Eestis algas drenaažkuivenduse rajamine suures mahus 55...60 aastat tagasi, selle jooksul on muutunud maaharimise masinapark, nõuded mulla veerežiimile ja teadusliku uurimistöö tulemusena muudetud projekteerimism norme. Drenaažisüsteemi füüsiline kulumine (filtri ja torude ummistumine) koos muutunud veerežiimi nõuetega ei taga enam soovitud kuivendusintensiivsust. Mõiste kuivendusintensiivsus tähendab põhjavee alanemise kiirust kuivendusnormini, mis tagab maakasutuseks sobiva veerežiimi.

Teaduskirjanduses on vähe uuringuid drenaažkuivenduse tehnilise seisundi ja puuduliku kuivendusintensiivsuse hindamise kohta. Eestis tehtud uurimistöödes (K.Hommik, V.Jõgeva, K.Kull) on kuivendusintensiivsus ja selle vähenemine seotud drenaažisüsteemi vanusega. Uuringud seisnesid põhjaveetasemete ja drenaaži äravoolu mõõtmises, K.Hommiku metoodika järgi intensiivsuskoeffitsiendi määramises ning selle võrdlemisel normatiivsega. Drenaažitorustiku tehnilist seisundit seejuures ei ole hinnatud.

Ebarahuldav kuivendusintensiivsus ei olene ainult drenaažisüsteemi seisundist, vaid ka eesvoolude ja pinnavee eemaldamise efektiivsusest, eriti raskes pinnases või tihenenud künnikihi aluse horisondi korral. Eesti ilmastik (sademed, aurumine) on aastati varieeruv ning varasemad uurimistööd on näidanud, et puudulik kuivendus avaldub paljudel juhtudel keskmisest märjemal aastal ning siis mitte ka kogu drenaažisüsteemi ulatuses.

Kuivendatud alal hajukoormuse ja taimetoitainete väljakandega temaatikaga seotud uuringutes ei ole üldjuhul mõõdetud põhjaveetasemeid ega seostatud äravoolu suurust normiga.

Alljärgnevalt on antud vastus käesoleva uurimistöö tehnilises kirjelduse ülesandele - kirjanduse ja/või teoreetilise analüüsi kaudu antakse hinnang drenaažkuivendussüsteemi tehnilise seisundi mõjust hajukoormuse levikule.

Tõenäoliselt puuduliku kuivendusintensiivsusega alaliselt liigniiskes turvas- või gleimullaga põldu haritava maana ei kasutata ning on kasutusest väljas või kasutatakse ekstensiivselt rohumaana, millelt toitainete väljakanne on sama, mis looduslikul alal.

Intensiivse taimekasvatuse korral maaharija teab mulla taimetoitainete varu, teab kasvatatava kultuuri omadusi ja potentsiaalselt saaki ning selle põhjal hindab väetamise vajadust. Suviviljade korral antakse väetis näiteks kolmes osas: külvi alla, võrsumisfaasis ja kõrsumise algusest kuni 2 kõrresõlmeni (Suvinisu 2019). Jaotatud väetamisega arvestatakse taimede väetiste tarbimist.

Eesti ilmastikku iseloomustab sademete perioodilisus ja valingvihmad, mille esinemise sagedus kliimamuutuste prognoosis kasvab. Tehniliselt korras drenaažisüsteemi alandab pinnaseprofiili veevaru väliveemahutavuseni, mis omakorda aurumise ja taimede veetarbega väheneb. Sellega tekib pinnasese sademevee mahutamiseks puhver – näitena sademetest toituval Lemme ehitisel puudus gleimullas drenaažäravool 2022.aastal mai algusest kuni septembri lõpuni. Taimede areng on ootuspärane, väetised tarbitakse ära ja viiakse suurema saagiga välja. Olulist leostumist ei toimu.

Kui drenaaži kuivendusintensiivsus on puudulik, siis drenaaž ei jõua sademeid ära viia ja põhjaveetase tõuseb ning taimede kasv häiritud ja seega ka väetiste tarbimine on väiksem.

Eestis tehti kuivenduse vajaduse, põhjavee taseme mõju ja saagi seose kohta katseid 60-ndatel aastatel. K.Hommik oma ökonoomiliselt põhjendatud kuivendusintensiivsuse määramisel kasutas J.Eiseni ning oma kaastöötajate katseväljakute andmeid saagikadude (y) hindamiseks võrrandis:

$$y = 100 - 132 (t_V - 0,15)^{0,46}$$

$$y = 100 - 132 (t_{VI} - 0,25)^{0,48}$$

Kus t_V ja t_{VI} - põhjavee keskmised sügavused mais ja juunis.

Saagikaod sõltuvad külvi- ja tärkamisaja põhjaveesügavusest. Kõrge põhjaveetaseme puhul ei saa külvata või taimede nõrga arengu tõttu ei kasutata ära mullas taimetoitaineid, mis infiltreeruva sademeveega liiguvad allapoole ja või kantakse eesvoolu.

Eesti ilmastik eri aastatel vaheldub ning suvel esinevad tihti ka pikad põuaperioodid, mille tulemusena saak ikaldub ja väetamisega kevadel antud taimetoitained (sh lämmastik) jääb kasutamata. Aeroobses keskkonnas lämmastikuühendid muutuvad vees lahustuvaks nitraadiks, mis leostub augustikuu valingvihmadega või sügisesel vihmaperioodil põhjavekke ja kantakse ka korras kuivendussüsteemiga välja.

Teine ebarahuldava kuivendusega so pinnavee aeglase ära juhtimisega seotud probleem ilmneb taliviljade korral. Näitena talirukis talvel lohkudesse koguneva pinnavee puhul kahjustub või hävineb. Talirukist väetatakse NPK väetisega sügiskülvi alla ja kevadel lämmastikväetistega kaks korda. Praeguse tehnoloogia korral antakse ühesugune norm kogu pinnale arvestamata pinnavee kahjustusi. Kahjustatud kohad tarbivad väetist kasvuperioodil vähem ja siit tekib tõenäosus suuremaks toitainete leostumiseks. Lahenduseks on uued kaugseirel põhinevad väetustarbe programmid. 2023. a tuuakse turule Atfarm on Yara patenteeritud satelliidipõhine programm, mis võimaldab lämmastikuga väetada põllupõhiselt vastavalt kultuuride vajadusele (talvekahjustatud piirkonnas väetada vähem). Programm põhineb satelliidilt iga 2–3 päeva tagant põldudest tehtavatel biomassi fotodel (Atfarm 2022).

Teiselt poolt drenaažiga kuivendatud alal puudub praktiliselt pindmine äravool, mis tähendab erosiooni vähenemist ning vähemat setete ja sellega koos taimetoitainete kandumist eesvoolu.

Rootsis on tehtud uuringuid mullaharimise mõju kohta taimetoitainete leostumisele ja drenaaži kaudu väljakandele alates 1972.aastast. Projekti käigus mõõdeti äravoolu, võttes 2 korda kuus veeproove ning koguti andmeid maakasutajalt kasvatatavate kultuuride, väetamise ja maaharimise viiside kohta. Katsealal olev drenaažisüsteem rajati 1975. aastal, torude vahekaugus 16 m, pinnaseks peenliiv savi. Nimetatud drenaažisüsteem rekonstrueeriti 1998. aastal. Kogutud andmete põhjal tehti uuring, (Wesström *et al* 2014), mille eesmärk olid modelleerida DRAINMOD programmiga drenaaži toimimine ja selgitada drenaažisüsteemi rekonstrueerimise mõju pinna ja drenaaži voolumustritele ning teha kindlaks, kas drenaažisüsteemi rekonstrueerimine muutis toitainete kontsentratsiooni pinnases kõrge põhjaveetaseme korral ja drenaaži äravoolus. Tulemus - pärast rekonstrueerimist oli põhjaveetaseme madalam ja äravool suurem, samuti suurenesid lämmastiku ja fosfori väljakanded.

Soomes aastatel 2017-2020 mitmete asutuste koostöös tehti uurimistöö „Kuivendus ja taimetoitainete tase Soome maaviljeluses, Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA)”. Projekti eesmärk oli olemasolevate andmete põhjal välja selgitada eelkõige põldude kuivendusseisund, aga ka muude pinnase omaduste mõju saagitasemele ja toitainete tasakaalule (lämmastik ja fosfor), võttes arvesse ka ilmastikutingimuste mõju. Projekti käigus analüüsiti masinõppe meetoditega olemasolevatest andmebaasidest (sh maa viljakus, drenaažkuivenduse seisund, meteoroloogilised andmed, põldude reljeef, saagid, omand) saadud parameetrite võimalikke seoseid.

Selle uuringu taustal on oluline parameetrite rühm: kuivendusseisund, saagikus ja taime toitainete tase. Põldudel, kus hinnati kuivendus suurepäraseks, olid kuivendatud drenaažiga ja seal oli saagikus 7-20% kõrgem, väiksem lämmastikubilanss ning juunikuu liigniiskust taluti saagikadudeta võrreldes põldudega, mille kuivendusseisundit hinnati halvaks. Heas kuivendusseisundis põlde väetati suurema normiga, kuid taimed kasutasid selle paremini ära ja lämmastikubilanss oli väiksem. Leiti, et Soome eesvoolude seisundi ja põllukuivenduse olukorra halvenemise ja toitainete leostumise riski vahel on seos. Puudulik kuivendusseisund ja liigne happesus piiravad põllukultuuride saagi moodustumist, jättes põllule rakendatavad sisendid, sh väetised kasutamata. Selle tulemusena on saagikus madal ja suurenenud on toitainete leostumine, mis toob kokkuvõttes kaasa rahalise kahju. Drenaažisüsteemi uuendamine ja rekonstrueerimine annab eeldatavalt lisasaaki 152-627 kg/ha, tasuvusajaks odral, talirukkil ja suvistel õlikultuuridel vastavalt 18, 12 ja 20 aastat (Ovaska *et al* 2021).

Viidatud kirjandus

Atfarm – vajaduspõhise lämmastikväetamise tulevik. Yara Eesti OÜ, Jatiina OÜ • 4. oktoober 2022. [<https://www.pollumajandus.ee/sisuturundus/2022/10/03/atfarm-vajaduspohise-lammastikvaetamise-tulevik>] (05.10.2022)

Hommik, K. 1963. Põllumajanduslike maade kuivenduse intensiivsus. Tartu.

Ovaska, S., Liski, E., Äijö, H., Häggblom, O., Paasonen-Kivekäs, M. 2021. Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 36. 97 s.

Wesström, I., Ulén, B., Joel, A., Johansson, G., & Stjernman Forsberg, L. (2015). Effects of tile drainage repair on nutrient leaching from a field under ordinary cultivation in Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 65(sup2), 228–238. doi:10.1080/09064710.2014.997283

4. Ülevaade Soome, Rootsi ja Läti maaparandussüsteemi maa-alal hajukoormuse ohjamise õigusraamistikust

Sissejuhatus

Eesti, Soome, Rootsi ja Läti siseriiklikes seadustes on arvestatud EL otsuste ja direktiividega. Vooluveekogudega seotud keskkonnanormid on käsitletud vee raamdirektiivis ja nitraadidirektiivis. Põllumajanduslikult maalt tulev hajukoormus on seotud maakasutusega, mida oluliselt mõjutab EL ühine põllumajanduspoliitika.

Direktiivid on liikmesriikidele kohustuslikud, kuid liikmesriigid saavad ise otsustada, milliste instrumentidega (seadus, valitsuse või ministri määrused) on tagatud nende ülevõtmine. Seetõttu on eri riikides sarnase nimetusega seaduste sisu tihti erinev. Eestis ja Lätis on olemas maaparandusseadus, Soomes on kuivenduse korralduse teemad käsitletud veeseaduse 5.peatükis, Rootsis oli maaparandusseadus 19. saj lõpus, 20. sajandil käsitleti vastavad teemad veeseaduses, praegu osaliselt keskkonnakoodeksis ja seaduses „veesektori erisätted“.

Kuivendussüsteemide ehituse tippaeg oli Rootsis enne Teist maailmasõda, teistes vaatlusalustes riikides 60-ndatel. Kuna maa kuivendamine ei ole kohustuslik vaid võimalus, seega ei ole kusagil õiguslikult sätestatud kohustust rajada kuivendussüsteemiga seotud hajukoormust vähendavaid rajatisi. Arvestades põhjamaade ilmastikku, siis ei ole enamuse aastatel liigniisketel muldadel ilma kuivenduseta võimalik maad harida ja saada konkurentsivõimelise hinnaga piisavat saaki. EL ühtses põllumajanduspoliitikas on toetuste meetmetel suur tähtsus. Maaelu arengukavades on toetused põllumajandussektori konkurentsivõime ja keskkonnaseisundi parendamiseks.

Keskkonnamõju vähendamiseks on investeeringutoetused seotud keskkonnaseisundit parandavate meetmete rakendamise või ehitiste rajamise tingimustega, koos kohustusega vähemalt viis aastat neid eesmärgipäraselt kasutada. Kuivenduse rajatiste investeeringutele hoiutoetust vaadeldud maades ei maksta, va Soome, kus on makstud lepingute alusel hajukoormust vähendavatele rajatistele hoiutoetust.

Riigikantselei strateegiabüroo tellimusel on EMÜ poolt 2017. aastal koostatud võrdlusanalüüs Eesti, Läti, Soome ja Saksamaa põllumajanduskoormuse vähendamiseks rakendatud tegevuskavade ja kehtestatud veekaitsemeetmete kohta (Veekaitse...2017). Käesolevas aruandes seetõttu neid teemasid ei käsitleta, vaid keskendutakse kuivendussüsteemiga seotud hajukoormust vähendavatele rajatistele.

Soome, Rootsi ja Läti maaelu toetustega seotud keskkonnakaitserajatiste meetmed ja tegevused on kirjeldatud seaduste ja määruste seisuga 2020. aasta.

4.1. Ülevaade Soome õigusraamistikust

4.1.1. Seadustes kehtestatud kohustuslikud nõuded

Soomes on veekaitsega seotud teemad toodud **veeseaduses (Vesilaki 587/2011)**, keskkonnakaitseaduses (Ympäristönsuojelulaki (527/2014)) ja looduskaitseaduses (Luonnonsuojelulaki (1096/1996)).

Soomes ei ole eraldi maaparandusseadust, kuivendusega seotud teemad on toodud veeseaduse peatükis 5 (Vesilaki, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587#L5>) ja eesvoolude rajamise toetuse seaduses (Laki peruskuivatustoiminnan tukemisesta 947/1997). Termin „peruskuivatus“ hõlmab üle 10 km² valgalaga ojade ja eesvoolude süvendamist või kaevamist, kaitsetammide rajamist, torueesvoolude rajamist, mis loovad eelduse reguleeriva võrgu sh ka drenaaži rajamiseks.

Veeseaduse 5 peatüki kohaldamisala:

Selle peatüki sätteid kohaldatakse kuivendamise ning kraavide kasutamise ja hooldamise suhtes. Kuivendus tähendab järgmist:

- 1) kraavi rajamine;
- 2) kraavi, kraavi või oja suurendamine või sirgendamine;
- 3) kaeviku või oja puhastamine, mille suhtes ei kohaldata 6. peatüki (näiteks veepinna püsiv alandamine järves) sätteid.

Viienda peatüki sisuks on tegevuste korraldamise määratlemine. Veekaitse teemadest on märgitud, et pooled võivad kokku leppida puhastuslodude rajamises või laiendamises, mis vähendab kuivendamiskulusid või soodustab keskkonna- või üleujutuste kaitset. Paragrahvis „Eesvoolu rajamine teise maal“ märgitakse, et kraavi juurde kuulub kummalgi kaldal 1 m laiune riba (*fi piennar*), kui seda pole määratud laiemaks või pinnase omadused ei nõua laiemat. Ühistuga mitteliitunud omaniku kuuluvale alale võib ühistu otsusega moodustada puhastuslodu või selle osa, kui meede ei põhjusta ala kasutamisele olulist kahju.

Eesvoolude kaevamine, süvendamine on üldiselt loakohustuslik mõnede eranditega.

Veeseaduse alusel on kehtestatud **Valitsuse määrus „Veemajanduse küsimused“ Valtioneuvoston asetus vesitalousasioista 1560/2011**, mille 3. peatüki kohaselt käsitletakse kuivendusega seotud projekti ja sellega seotud nõudeid ja asjaajamist. Selle kohaselt kuivendusprojekt koosneb joonistest, seletuskirjast, töömahu tabelitest ja maksumuse arvestusest.

Riik toetab eesvoolude rajamist Põllumajanduse Arengufondi (MAKERA) vahenditest. Toetusi võib anda ühise projekti jaoks kahes või enamas talus. Taotluse sisuks võib olla riigikraavide/eesvoolude süvendamine ja kaevamine, torustike ehitamine ja põllumaale kaitsetammide rajamine, et luua piisavad tingimused reguleeriva võrgu, eriti drenaaži jaoks.

Seaduses „Eesvoolu rajamise toetusest (Laki peruskuivatustoiminnan tukemisesta 947/1997)“ on toodud nõuded keskkonnakaitseks. Abi andmise tingimus on see, et kuivenduse projektis arvestatakse järgmiste keskkonnakaitse ja majandamisega seotud aspektidega:

- Rakendatakse piisavaid meetmeid töö tegemise ajal reostuskoormuse ja tööjärgse erosiooni vähendamiseks, vajaduse korral spetsiaalsete veekaitselahenduste abil, nagu settebasseinid ja puhastuslodud;
- Rajatakse puhverribasid (veekaitsevöönd) valgala kraavide äärde;
- Nähakse ette tegevused ehitusala keskkonnaväärtuste säilitamiseks või parandamiseks.

Vajadusel võidakse toetuse määramisel kehtestada keskkonnakaitse ja majandamisega seotud lisatingimused.

Seaduses „Eesvoolu rajamise toetusest“ on määratletud Veeseadusega määratletud 1 m laiusele ribale (*fi piennar*) nõuded ja eesmärk – see on taimestikuga alaliselt kaetud ala piki eesvoolu.

Lisaks antud seadus toob sisse mõiste veekaitseriba (*fi suojakaista*), mis on mitmeaastase taimestikuga alaliselt kaetud ala piki eesvoolu, et välistada põllult leostuva materjali sattumine veekogusse. See algab kraavi pervest hõlmates ka Veeseaduses on märgitud 1 m laiuse riba. Laiust määratud ei ole.

Seaduses „Eesvoolu rajamise toetusest“ kehtestab toetuse andmise tingimused. Projektis tuleb ette näha meetmed, mis tagavad või võtavad arvesse keskkonnakaitse aspekte:

- 1) piisavad meetmed tööaegse veereostuse ja tööjärgse erosiooni vähendamiseks sh settebasseinid ja märgalad;
- 2) piisavate kaitseribade loomine piki eesvoolu kaldaid.

Seaduses arvväärtusi ei ole toodud.

Põllumajandusmaalt hajukoormuse vähendamisega seotud tegevused ei ole seotud reguleeriva võrgu ehk drenaaziga. Hajukoormuse vähendamise meetmed on seotud toetustega maakasutusel ja piirangutega väetamisel.

Keskkonnatoetust saab sel juhul kui veekaitseriba (*fi suojakaista*) on 3 m laiune. Taotleda saab seda Lõuna-Soomes).

Keskkonnatoetuste alla kuulub ka veekaitsevöönd (*fi suojavyöhyke*), mille laius on 10 m. Mõisted veekaitseriba ja veekaitsevöönd on seotud erinevate toetuste süsteemiga. Veekaitsevöönd on eraldi pinnana toetusobjektiks.

Keskkonnakaitseaduse (527/2014) põhjal on kehtestatud valitsuse määrus Põllumajanduse ja aianduse heitkoguste piiramine (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014). Selles määruis on antud nõuded sõnniku, väetiste kasutamise aja ja koguste kohta ning sõnnikuaunade miinimumkauguse kohta eesvooludest ja ojadest. Väetamine on keelatud veekogu ääres 5 m ribal, järgmises viiemeetris

tsoonis on sõnniku ja orgaaniliste väetiste panek keelatud, kui põldu ei kultiveerita 24 tunni jooksul pärast tööd.

4.2.2. Eesvoolude ja drenaaži rekonstrueerimise/rajamise toetus

Eesvoolude projekti toetatakse kuni 40% abikõlblikest kuludest. Toetuse maksimaalset osamaksu võib suurendada maksimaalselt 20 protsendipunkti võrra, kui:

- 1) projektis nõutavad veekaitsemeetmed või rajatiste lahendused on eriti kallid; või
- 2) märkimisväärne osa projekti kuludest on põhjustatud sette või üleujutuste kahju likvideerimisest, mis on tekkinud valgala ülevalpool toimunud tegevustest.

Mõningatel juttudel võidakse keskkonnanarajatised korvata 100% ulatuses.

Maaelu arengukava täitmiseks kehtestatud seadus ja selle põhjal määrus „Valitsuse määrus talu investeeringutoetuse rakendamisest (Valtioneuvoston asetus maatilan investointituen kohdentamisesta 241/2015) sätestab reguleeriva võrgu rajamise toetuse põhimõtted ja määrab: toetust võib määrata põllumajandusmaale drenaaži ja seadedrenaaži rajamiseks või olemasolevate drenaažisüsteemide uuendamiseks ja remondiks. Seda ei saa kasutada eesvoolu toruga asendamisega ega väikepumpla rajamiseks.

Toetust võib saada heakskiidetud investeeringu ühikukulust kulutustest drenaažil 35% ja seadedrenaažil 40%.

Ehitusinvesteeringute ühikhinnad on kehtestatud määrusega „Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatalouden investointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista 846/2018 ja muudatusega 262/2019“:

- Drenaaž ja torustik, ümbritsetud drenaažikruusa, killustiku või tehiskattematerjaliga: jm 4,20 € mis sisaldab projekteerimist, torumaterjali, filtermaterjali, kaevamist ja tagasitäidet. Torul peab olema kvaliteedi- ja tugevusnõuded standardile SFS 5211 või samaväärsele vastavad. Eelmähitud toru kattematerjali paksus on vähemalt 3 mm vastavalt SFS-EN ISO 9863. Kruusa või killustiku kihi paksus vähemalt 8 cm kõrgusel torust ülalpool.

- Drenaaž ja torustik, muu katte ja filtermaterjal: jm 2,1 eurot, sisaldab projekteerimist, toru, filtermaterjali hinda, kaevamist ja tagasitäidet. Torul peab olema kvaliteedi- ja tugevusnõuded standardile SFS 5211 või samaväärsele vastavad.
- Seadedrenaaži kaev, ha kohta 850.- €, sisaldab kaevu ja paigaldustöid.

4.2.3. Hajukoormust ohjavad rajatised kuivendussüsteemil

Maaelu arengukavast tuleneva seaduse „Seadus teatavate programmipõhiste põllumajandustootjate hüvitiste kohta, Laki eräistä ohjelmaperusteisista viljelijäkorvauksista, 1360/2014)“ põhjal on antud välja valitsuse määrus keskkonnatoetuste kohta „**Valtioneuvoston asetus ympäristökorvauksesta 235/2015**“.

Määruse 235/2015 paragrahv 14 „Keskkonnakohustuse sektoripõhised meetmed“ kohaselt võib: kohustuse kehtivuse ajaks keskkonnakohustuse võtnud põllumajandustootja valida abikõlbliku ala jaoks kaheksast maatükispetsiifilised meetmest, sh äravoolu reguleerimine ja veekaitsevööndid.

Äravoolu reguleerimine eeldab, et keskkonnakohustuse kompenseeritavale alale ehitatud seadedrenaaž, altniisutamise või drenaaživee ringlussevõtu süsteem.

Kui aastatel 2007-2013 on sõlmitud eritoetuse leping, siis taotleja saab uuel perioodil kogu sellele alale toetust. Kui keskkonnakohustuse alla kuuluv abikõlblik ala ei ole olnud hõlmatud ühe spetsiaalse toetuslepinguga, võib meetet rakendada ainult alal, kus on tegemist peamiselt turba või happelise sulfaatmullaga.

Määruse 235/2015 paragrahv 36 Keskkonnalepingud näeb ette muuhulgas ka puhastuslodude hooldustoetuse tingimused.

Keskkonnaalase kokkuleppe kohaselt võib sõlmida puhastuslodude, lammide või loodusliku sängi all oleva maa suhtes, mille suhtes kohaldatakse majandamismeetmeid. Keskkonnakokkuleppe võib sõlmida ka väikeste puhastuslodude, põhjatammide ja lammialade rajamiseks ja haldamiseks.

Keskkonnakokkulepet ei saa sõlmida veekaitse või bioloogilise mitmekesisuse väärtusteta niisutusbasseinide haldamiseks ega piirkonna haldamiseks eesmärgiga muuta ala järveks või tiigiks. Samuti ei saa sõlmida keskkonnakokkulepet ala kohta, kus äravooluveest põhjustatud koormus tuleneb peamiselt mittepõllumajanduslikest allikatest.

Pärast keskkonnakokkuleppe sõlmimist ei ole lepingupiirkond enam põllumajandusmaa. Puhastuslodude servaalasid võib sõltuvalt nende laiusest hallata puhvertsoonidena keskkonnakohustuse alusel või deklareerida keskkonnakohustuse alusel kaitsevöönditena. Meede aitab vähendada põllumajandussurvet või parandada elupaikade mitmekesisust. Puhastuslodu võib toimida ka kastmisvee reservuaarina, loodusliku toidutiigina kalakasvatuseks, krabifarmina ja puhkuseks.

Määrusega „ Maa- ja metsatalousministeriön asetus ympäristökorvauksesta 327/2015“ nähakse ette tegevused põllumajanduse keskkonnakompensatsiooni tehniliseks rakendamiseks.

Määruses on toodud nõuded lämmastik- ja fosforväetiste, sõnniku kasutamiseks. Samuti täpsustatakse veekaitsevööndis, puhastuslodus ning äravoolu reguleerimisega seotud tegevusi.

Veekaitsevöönd/puhverriba peab olema kaetud mitmeaastase rohu, heina või heinamaa taimestikuga. Kaitseriba ei tohi modifitseerida, väetada ega töödelda taimekaitsevahenditega. Taimestiku hävitamine ja ümberistutamine on erandkorras lubatud väga umbrohtunud olukordades vastavalt taimekaitsevahendi kasutamise piirangutele. Tugev umbrohtumine tähendab umbrohtude laialdast esinemist, mis tuulega või muul viisil hõlpsasti levivad teistele põldudele, puude või põõsaste kasvu, kahjulike võõrliikide esinemist või muud sarnast olukorda. Kui umbrohtutõrjega, kraavi hoiutöödega või muul põhjusel veekaitsevööndi taimesti on hävinenud, tuleb see taastada võimalikult kiiresti. Puhverribalt võib saaki koristada ja majandada karjatamise teel.

Puhastuslodude hoiutööd tuleb läbi viia vastavalt projektile. Planeeritud tegevus peab olema kooskõlas meetme eesmärkidega. Iga-aastased puhastuslodude hoiu tegevused on vajadusel sette eemaldamine; vee keemilise töötlemise korral setitusainete lisamine; voolusängi ja paisude hooldus; taimestiku niitmine lodus ja piirneval alal ja taimejäätmete koristamine. Niitmisjäätmel tohib kasutada muuks tegevuseks.

Äravoolu reguleerimine, seadedrenaaz. Drenaazisüsteemis tuleb veetaset reguleerida, tõstes või langetades varja kõrgust kontrollkaevudes või muudes kollektorisse paigaldatud seadmetes. Äravoolu korduvkasutuse puhul tuleb kevadise äravoolu ja valingvihmade vesi koguda eraldi basseinis, kust see kuival ajal kastmisveena põllule tagasi antakse.

Seadedrenaazisüsteemi reguleerimiskaevudega tuleb veetaset hoida vastavalt ilmastiku- ja kasvutingimustele ning harimismeetmetele. Paisutamisel tuleb arvestada külvi- ja koristusmasinate jaoks vajalikku pinnase kandevõimet, kevadniiskuse säilitamist põllul, taimede veetarvet ja vajalikku pinnase veemahutavust enne valingvihma ja sügisest vihmaperioodi. Talvel tuleb kasutada väikest paisutuskõrgust. Maaomanik peab paisukõrgust ja kastmisvee võimalikku kasutamist reguleerima ning kandma hoolt seadmete korrasoleku eest.

Meetme rakendamise kohta tuleb pidada päevikut, mis peab sisaldama reguleerimis- ja hooldusmeetmeid.

Valitsuse määrus looduslike ebasoodsate tingimuste hüvitamise ja põllumajanduse keskkonnatoetuse kohta, Valtioneuvoston asetus luonnonhaittakorvauksesta ja maatalouden ympäristötuesta, 29.6.2000/644

Looduslike ebasoodsate tingimuste hüvitamise eesmärk on tagada maa jätkuv põllumajanduslik kasutamine, aidates seeläbi kaasa elujõuliste maakogukondade püsijäämisele, maakoha säilitamisele ning säästvate põllumajandussüsteemide säilitamisele ja edendamisele, võttes eelkõige arvesse keskkonnakaitsenõudeid.

Põllumajanduse keskkonnatoetuse eesmärk on vähendada keskkonnamõju, eriti pinna- ja põhjaveele ning õhule, suurendades taimsete toitainete kasutamist, vähendades pestitsiidide kasutamisest tulenevaid riske, hoolitsedes põllumajanduspiirkondades bioloogilise mitmekesisuse ning looma- ja taimeliikide eest ning korraldades põllumajandusmaastikku.

Põllumajandustootjaga võib lepinguid sõlmida, kui kõnealuse lepingu sõlmimiseks kehtestatud tingimused on täidetud ja kui ala, loomühikute arv või loomade arv lepingu kohta on suurem

miinimumnõuetest. Alljärgnevalt valikuliselt read määrusest hajukoormust vähendavate rajatiste miinimumsuuruse kohta:

Meede või rajatis	Miinimumsuurus
kaitsevööndite rajamine ja hoid	0,15 (ha)
puhastuslodu ja settebasseini rajamine ja hoid	0,15 (ha)
seadedrenaaz	0,50 (ha)
dreenniisutus	0,50 (ha)
äravoolu korduvkasutamine	0,50 (ha)
Lubjatäitega filterdreen	0,50 (ha)

Leping veekaitsevööndite rajamisest ja hoiust.

Veekaitsevööndi rajamise ja hoiu lepingus kohustub põllumajandustootja rajama haritavale põllumaale planeeringu kohaselt mitmeaastase taimestikuga kaetud kaitsevööndi ja majandama seda vastavalt lepingu tingimustele. Leping võib hõlmata ka piiratud looduslikku rannapiirkonda kaitsevööndi vahetus läheduses, kaitsevööndi ja veekogu vahel tingimusel, et seda majandatakse vastavalt lepingu tingimustele ja lepingu eesmärkidele.

Käesolevas artiklis osutatud lepingute sõlmimisel eelistatakse alasid, mille jaoks on koostatud kaitsevööndite üldkava või samaväärne loetelu.

Leping puhastuslodu ja settebasseini rajamisest ja hoiust.

Puhastuslodude ja settebasseini rajamise ja majandamise lepingus kohustub põllumees rajama vastavalt kavale haritavale põllule või muule alale puhastuslodu või settebasseini. Muu ala tähendab siin ala, mis jääb lähimatest põldudest kuni kilomeetri kaugusele.

Puhastuslodude või settebasseinide haldamise lepingus kohustub põllumajandustootja majandama viie-aastase lepingu alusel rajatud või muul viisil veekaitseks heaks kiidetud settebasseine või puhastuslodusid.

Leping seadedrenaazi, altniisutuse ja kuivendusvee korduskasutuse kohta.

Seadedrenaaz, altniisutuse ja dreenaazivee ringlusse võtu lepingus kohustub põllumajandustootja kavandatud meetmeid rakendama oma haritaval põllualal.

Leping lubjalisandiga täidisdrenaazi kohta.

Lubjalisandiga täidisdrenaazi lepingus kohustub põllumees kavandatava kuivendamise läbi viima oma haritaval põllul. Lepingut saab sõlmida ainult Lesti, Perhoni, Ähtävä ja Lapväärtinjoki vesikonna valgalal asuvate põldude kohta.

Eritoetuse määr.

Lepingu sõlminud maakasutajaga makstakse aastas eritoetust lepingus olevale põllu või muu maa pinna kohta maksimaalselt järgmiselt:

Leping	Euro
- veekaitsevööndi rajamine ja hoid	449,90/ha
- settebasseini ja puhastuslodu rajamine ja hoid	336,38/ha (muu ala)
- settebasseini ja puhastuslodu rajamine ja hoid	449,90/ha (põld)
- seadedrenaaz	156,41/ha
- dreenniisutus	156,41/ha
- äravoolu korduvkasutus	156,41/ha
- Lubja täitega filterdreen	252,28/ha

Määruses on ette nähtud maksimaalsed summad. Tegelikkuses olenevalt seatud eesmärgist, taotluste arvust ja vahendite mahust on makstud välja vähem, või enam mitmes tegevusvaldkonnas enam toetuslepinguid ei sõlmita. 2017. aastal maksti hüvitisteks kokku 281,5 miljonit eurot. (Hyvönen *et al* 2020). Tabelis 1 on toodud maaparandust puudutavad lepingud 2017. aasta kohta.

2022. aastal enam uusi alasid lisada ei saanud. 2023. aastaks toetatavad tegevused lepinguna on puhastuslodu hoid.

Tabel 1. Soome mandriosa maaelu arengu programmi 2017. aasta rakendusaruandest toetuste mahu ja maksete andmed (Hyvönen *et al* 2020).

Keskkonnatoetuse meede	Toetus- sektor, ha	Toetus. €/ha	Summa kokku		Eesmärk, ha
			€	%	
Põllukohased tegevused:					
Seadedrenaazi hooldus	41 857	70	3 280 025	1,2	40 000
Dreenniisutus hooldus	10 753	250	3 242 878	1,2	-
Äravooluvee korduskasutuse hooldus	338	250	94 967	0,0	-
Keskkonnalepingud:					
Puhastuslodu hooldus	903	450	416 343	0,1	1 100

4.3. Ülevaade Rootsi õigusraamistikust

Rootsis on haritava maa pind alates möödunud sajandi viiekümnendatest aastatest vähenenud üle 1,2 miljoni ha võrra, olles statistikaameti andmetel 2016. aastal 2,62 miljonit ha, drenaažiga kuivendatud on sellest 1,22 miljonit ha. Enamus sellest on rajatud enne 1940-ndaid (1,1 miljonit ha). Kuivendamise jaoks ei ole Rootsis eraldi maaparandusseadust, see on reguleeritud veeseadusega.

90-ndate aastate lõpus koondati erinevatest seadustest veega seotud teemad kokku keskkonnakoodeksiks ja normid, mis sinna ei sobinud on veesektori eriseaduses.

Kuivendamisega seotud teemad on käsitletud üldjoontes keskkonnakoodeksis (Miljöbalk 1998: 808), mille § 13 sätestab, et kuivendust ei tohi rajada ilma loata. Lisaks on vaja luba muudeks vee ärajuhtimise meetmeteks juhtudel, kui meetmel võib eeldada püsivat negatiivset mõju taimede ja loomade elule. Põllumajandusmaa kuivendamiseks drenaažiga, mille läbimõõt on kuni 300 millimeetrit, on luba vaja ainult juhul, kui on tõenäoline, et tegevus kahjustab avalikke või erahuve.

Piirkondades, kus on eriti oluline märgalade säilimine võib valitsus keelata maa kuivendamise. Maakonna haldusnõukogu võib teha taotluse põhjal erandi.

Luba ei ole vajalik kraavide hooldustöödeks, puhastamiseks, et säilitada vee sügavus või asend või taastada koheselt oma varasemast asendist kõrvale kaldunud või muul viisil oma rada muutnud vooluveekogu. Kui töö on seotud kellelegi teisele kuuluva kinnisvaraga, tuleb kinnisasja omanikku sellest alati enne töö algust teavitada.

Kuivendustööde korraldus on sätestatud veesektori eriseaduses (1998:812), Lag med särskilda bestämmelser om vattenverksamhet“. Kuivendamisega seotud hajukoormust vähendavaid rajatise nendes ei puudutata.

Maaelu arengukava rakendusotsustes toetatakse põllumajandusmaastikul mitmeid hajureostust vähendavaid meetmeid.

Kuivendust on reguleeritud maaelu arengu meetmete toetamise määrusega „Förordning om stöd för landsbygdsutvecklingsåtgärde (SFS 2015:406)“, kus on esitatud tingimused ja toetatavad tegevused järgmiste põllumajandusmaastikule rajatavate keskkonnakaitsega seotud rajatiste kohta:

- Seadedrenaaz;
- Märjalade rajamine ja taastamine nii bioloogilise mitmekesisuse kui ka veekvaliteedi parandamiseks;
- Veekaitsevööndite rajamine;
- Veekvaliteedi parandamine lubifiltritega ja elupaikade loomine vooluveekogusse;
- Eesvoolu lammiterrassi rajamine;
- Varem rajatud puhastuslodude hooldus.

Kõikide rajatiste puhul on ühiseks jooneks (va puhastuslodu hooldus) omaniku kohustus tagada keskkonnainvesteeringu objekti toimimise vähemalt 5 aastaks, arvestatuna viimasele ülevaatusele järgnevast aastast. Samuti tuleb põllumaad harida.

Seadedrenaaz – toetuse määr 8000 Rootsi krooni (785.- €) kaevu kohta. Maakonna haldusnõukogu hindab taotlust vastavalt maaelu arengu programmi eesmärkide saavutamisele ja antud piirkonna arengueesmärkidele. Toetatakse ainult kõrgeima prioriteediga rakendusi.

Toetustingimused: Seadedrenaazi ala peab paiknema nitraaditundlikul alal. Regulaatoriga kaevu võib ehitada nii olemasolevasse või uude drenaažisüsteemi.

Toetust taotleb isik peab omama maad või omama selleks maaomaniku luba investeeringu teostamiseks. Taotluses tuleb esitada maa-ala kaart, kaevude joonis ja nende planeeritav arv, maa-ala pinnase andmed, nõustamise andmed (kui need on) ning kõik vajalikud load.

Keskkonnainvesteering märjalade ja tammide rajamiseks ja taastamiseks.

Eesmärk on luua tingimused bioloogilise mitmekesisuse säilitamiseks ja suurendamiseks. See võib olla kasulik näiteks punasesse nimekirja kantud lindudele või kahepaiksetele, kelle elupaigaks on need märjalad või tiigid. Võimalused märjala või tiigi bioloogilise mitmekesisuse parendamiseks sõltuvad muu hulgas kujundusest ja asukohast.

Märgalade, puhastuslodude ja tammide rajamine ja taastamine vee kvaliteedi parandamiseks.

Eesmärk on vähendada lämmastiku ja fosfori transporti põllumajandusmaastikult järvede, ojade ja meredeni. Puhastuslodu või tiik puhastab vett, kogudes fosforit sisaldavaid mullaosakesi ja kus bakterite abil muudetakse vees sisalduv lämmastiku gaasiliseks lämmastikuks.

Toetust saab 50, 90 või 100 protsendi ulatuses kulude katteks, olenevalt puhastuslodude või tiigi asukohast ja eeldatavast mõjust. 100 protsendi saamiseks peab puhastuslodu või tiik asuma nitraaditundlikul alal. Toetuse saamiseks peavad kulud olema vähemalt 30 000 Rootsi krooni.

Toetustingimused:

- Iseenda töö või oma ettevõtte töö ei ole abikõlblik;
- Ehitis peab olema põllumajandusmaastikul või maal, mis külgneb sellega ja saab vee eelpool nimetatud alalt;
- Tuleb arvestada koha loodus-, keskkonna- ja kultuuriväärtusi;
- Puhastuslodul või tiigis ilma halduskogu loata ei tohi kasvatada ega toita kalu, vähke või muid loomi.

Taotlusele peale põhjenduse tuleb lisada järgmised dokumendid:

- piirkonna kaart;
- joonis sellest, milline puhastuslodu peaks välja nägema;
- nõustamise dokumendid, kui seda on;
- kõik load;
- ehitamise ajakava.

Taastatud märgalade, puhastuslodude ja tiikide haldamise eest saab taotleda hüvitist. Looduslike märgalade eest hüvitist taotleda ei saa.

Esimest korda kohustuse taotlemisel kontrollib maakonna haldusnõukogu, kas märgala või tamm vastab olemasolevatele nõuetele:

- märgala ulatus ja asukoht;

- märgala või tiigi otstarve;
- märgala või tammi rajamiseks või taastamiseks kasutatud meetodid ja materjalid;
- muud tingimused, mis olid kavandatud märgala või tammi rajamisel või taastamisel.

Kui märgala või tiik on haritavaal maal, võib kaotatud maa väärtuse eest saada hüvitist (karjamaa puhul ei saa hüvitist).

Tiik ei tohi kinni kasvada (taimestik vajadusel eemaldada), selle lähedal ei tohi kasutada taimekaitsevahendeid, väetada. Tiigi pindala peab olema vähemalt 0,1 ha.

Hüvitis on 4000 Rootsi krooni hektari kohta. Lisaks on maa asendamise kompensatsioon - 1000 Rootsi krooni hektari kohta. Götalandi lõunatasandikul on maahüvitis 3000 Rootsi krooni hektari kohta. Minimaalne makse summa on 1000 Rootsi krooni.

Keskkonnainvesteering lammiterrassiga kraavide rajamiseks.

Eesmärk on parandada vee kvaliteeti järvedes, ojades ja meredes, vähendades erosiooni ja leostumist. Eesmärk on ka bioloogilise mitmekesisuse säilitamine ja suurendamine.

Toetuse määr on 50, 90 või 100 protsendi ulatuses kuludest, olenevalt kraavi asukohast ja eeldatavast mõjust. 100 protsendilise toetuse saamiseks peab rekonstrueeritav kraav asuma nitraaditundlikul alal.

Toetuse saamiseks peavad kulutused olema vähemalt 30 000 Rootsi krooni ja samas ei saa toetust rohkem kui 1000 Rootsi krooni kraavi meetri kohta.

Toetustingimused:

- Töömaa peab olema põllumaal või selle lähedal. Vee kvaliteedi parandamiseks tehtav töö peab olema seotud põllumajanduse mõjudega.
- Keskkonnainvesteering tuleb läbi viia arvestades leiduvaid loodus- ja kultuurilisi keskkonnaväärtusi;

- Keskkonnainvesteeringu teostamiseks peab taotlejal olema maa või peab olema maaomaniku luba;
- Kraav peab kujundama nii, et sellel oleks madal vooluosa, samuti terrassid kraavi ühel või mõlemal küljel;
- Vajadusel peavad olema keskkonna-, loodus- ja kultuuriväärtusi reguleerivate Rootsi õigusaktidega nõutavad load.

Kaitsevööndite keskkonnakompensatsioon.

Hüvitise eesmärk on vähendada pinna äravoolu, erosiooni ning fosfori ja muude toitainete leostumist haritavatelt maadelt. Kaitsevööndid vähendavad taimekaitsevahendite sattumist järvedesse ja vooluveekogudesse. Hüvitist saab nitraaditundlikul alal haritavaal maal asuvate kaitsevööndite eest.

Minimaalne makse summa on 1000 Rootsi krooni.

Kaitsevöönd vooluveekogu ääres.

Veekogude veekaitsevöönd on piki akvatooriumi paiknev rohumaa. Veeala on veega kaetud ala kõige kõrgema prognoositava veetaseme juures. See võib olla näiteks kraav, mis mingil aastaajal kannab vett, järv või tiik.

Kaitsevöönd peab asuma vahetult akvatooriumiga külgneval haritavaal maal. Kaitsevööndi ja akvatooriumi vahel ei tohi olla liiga palju puid ja põõsaid. See on lubatud hajutatud puude ja põõsastega, kuid seal ei tohi olla metsa ega sarnaseid tihedaid puualasid.

Kohandatud kaitsevöönd.

Kohandatud kaitsevöönd on looduslik rohumaa, mis paikneb kas erosiooniohtlikul pinnasel, teede ääres kus on oht mullale teelt kanduvast soolast või piirkond, mida ohustab üleujutus. See võib olla näiteks pinnaveekaevude kõrval asuv maa või põllumaa lohkudes. Kui taotletakse toetust kohandatud kaitsevööndite jaoks, hindab maakonna halduskogu, kas maa vastab toetuse

tingimustele. Nad annavad hinnangu kohapealse külastuse ajal või eelmise kohapealse külastuse dokumentide põhjal.

Kaitsevööndid peavad olema kokku vähemalt 0,10 hektarit, kuid iga üksik kaitsevöönd võib olla väiksem, kuid mitte väiksem kui 100 ruutmeetrit.

Vooluveekogude kaitsevööndi eest hüvitise saamiseks peab see olema vähemalt 6 meetrit lai ja maksimaalselt kuni 20 meetrit lai.

Kaitsevöönd peab koosnema vastavatest põllukultuuridest:

Kaitsevöönd koosneb rohust või rohust segus kaunviljadega. Maksimaalselt 15 massiprotsenti seemnesegust võib koosneda söödakultuuridest.

Võib valida kaitsevööndis putukatele kasulikke seemnesegusid.

Külvata tuleks seemnekogusega, mis on liigile ja kasvatamise eesmärgile omane. Kaitsevöönd tuleb külvata hiljemalt viimaseks külvikuupäevaks esimesel aastal, mil teie kohustus kehtima hakkab. Viimane külvikuupäev on 30. juuni.

Tegevused kaitsevööndis:

- Koristada või korrastada taimestik kaitsevööndis, kuid mitte varem kui 1. juulil. Eemaldada niidetud materjal, kui see võib taimestikku kahjustada kaitsevööndis.
- Kaitsevööndis ei tohi aga väetada ega kasutada taimekaitsevahendeid.
- Maakonna haldusamet võib lubada kaitsevööndis taimestikku enne 1. juulit trimmerdada, et vähendada bioloogilist mitmekesisust ohustavate võõrliikide levikut.
- Kui kaitsevööndi taimestik kahjustub või hävib, tuleb see taastada võimalikult kiiresti.

Peab tagama, et taimestik ei oleks kaitsevööndis kahjustatud. Kaitsevööndit ei tohi kohustusliku perioodi jooksul harida, välja arvatud kohustuse viimane aasta. Kraavitööde ajal võib paigutada pinnase kaitsevööndile ja külgneva krundi drenide rajamisel võivad need läbida kaitsevööndi. Kuid mõlemal juhul tuleb mullamassid eemaldada ja kaitsevööndi taimestik parandada 30. juuniks.

Hüvitis on 3000 Rootsi krooni hektari kohta nii vooluveekogude kaitsevööndite kui ka kohandatud kaitsevööndite eest.

Keskkonnainvesteering veevaliteedi parandamiseks.

Võib saada toetust algatustele, mis parandavad ökoloogilist seisundit, vähendavad eutrofeerumist või tööd, mis parandavad veeorganismide elutingimusi. Näiteks võib see olla järgmine:

- paigaldada filtrikaevusid
- rakendada meetmeid erosiooni vähendamiseks;
- luua tasuta matkaradu;
- luua uusi elupaiku.

Võib olla ka vooluveekogu muutvad tegevused, näiteks sāngi muutmise looklevaks või truupide avamine. Toetuse idee on leida kohaspetsiifilisi ja eesmärgile kohandatud algatusi.

Toetuse määra:

Võib saada toetust 50, 90 või 100 protsendi kulutustest, olenevalt sellest, kus kavatsetakse keskkonnainvesteering läbi viia ja millist mõju see eeldatavasti avaldab. 100 protsendi saamiseks peab ehitised paiknema nitraaditundlikul alal.

Toetuse saamiseks peavad kulutused olema vähemalt 30 000 Rootsi krooni.

4.4. Ülevaade Läti õigusraamistikust

Läti maaparanduse ajalugu on Eestiga sarnane. Põllumajandusmaa pindala 1,93 miljonit ha, drenaažiga kuivendatud 1,49 miljonit ha. Maaparanduse valdkonnas on olemas maaparandusseadus - Meliorācijas likums (<https://likumi.lv/ta/id/203996-melioracijas-likums>) ja kasutamist reguleerib maaparandussüsteemi käitamise ja hooldamise eeskiri Meliorācijas sistēmas ekspluatācijas un uzturēšanas noteikumi Ministru kabineta noteikumi Nr.714

Nendes dokumentides ei ole kuivendusega sh drenaažisüsteemidega maa-alal hajureostust vähendavaid keskkonnakaitserajatisi mainitud. Ka muudes seadustes ja määrustes ei ole eraldi välja toodud kuivendatud maad.

Keskkonnamõju hindamise seadus (<https://likumi.lv/ta/id/51522-on-environmental-impact-assessment>) nõuab eelhinnangut järgmiste veemajandusprojektide korral:

- põllumajanduses kasutatava maakasutuse kategooria muutmine, kui ümberkujundatava maa pindala on suurem kui 50 hektarit;
- osaliselt ümber ehitatud või majandustegevuseks mittekasutatavate territooriumide muutmine haritavaks maaks, kui maa pindala on suurem kui 50 hektarit
- uued veemajandusprojektid, sealhulgas uute melioratsiooni- ja niisutussüsteemide ehitamine, kui nende maa-ala on üle 100 hektari,
- olemasolevate melioratsiooni- või niisutussüsteemide ümberehitamine, kui nende maa-ala on üle 500 hektari;
- mere alt maa ülesharimine (polder).

Veeseadus (<https://likumi.lv/ta/id/66885-uden-Management-Law>) defineerib mõisted tehisveekogu ja tugevalt muudetud veekogu. Veeseaduse artikli kolm kohaselt heitmete piiramine vees, näeb ette punkt- ja hajureostusallika heitkoguste piiramise kompleksse lähenemisviisi, vastavalt reostuse (*Par piesārņojumu (likumi.lv)*) seaduses sätestatud reostuse vältimise ja kontrolli nõuetele, hajukoormuse piiramise ja parima võimaliku tehnika kasutamise ja keskkonnasõbralikud tehnoloogiad.

Kabineti määruses 23.12.2014 nr 834 Nõuded vee, pinnase ja õhu kaitsmiseks põllumajandusliku tegevuse põhjustatud reostuse eest (<https://likumi.lv/ta/id/271376-prasib-uden-soil-and-air-protection-from-agricultural-activity-causation>) sätestatakse nõuded vee ja pinnase kaitsmiseks nitraatidest tuleneva põllumajandusliku tegevuse põhjustatud reostuse eest, ammoniaagi heite piiramiseks; nitraaditundlikud alad ja nende alade haldamise kord.

Reeglid on sarnased Eestis kehtestatud nõuetega: keelatud väetiste laotamine külmunud või lumega kaetud pinnale, lammidel üleujutusohuga perioodil. Piirangud väetamisele: näitena

sõnnikus sisalduva lämmastiku kogus põllumajandusmaa hektari kohta aastas ei tohi ületada 170 kilogrammi, mis vastab 1,7 loomühikule.

Kaitsevööndite seadus (Aizsargjoslu likums [https://likumi.lv/ta/id/42348-Protection Zone-Law](https://likumi.lv/ta/id/42348-Protection-Zone-Law))

Veekogude, vooluveekogude ja tehisveekogude jaoks kehtestatakse pinnaveekogude kaitsevööndid, et vähendada reostuse negatiivset mõju veeökosüsteemidele, vältida erosiooniprotsesside arengut, piirata majandustegevust ülejutatud aladel, samuti säilitada maastikku.

Pinnaveekogude kaitsevööndite minimaalsed laiused määratakse kindlaks:

- 10–25 kilomeetri pikkuste vooluveekogude puhul mõlemal kaldal vähemalt 50 meetri laiune riba,
- kuni 10 kilomeetri pikkuste vooluveekogude puhul vähemalt 10 meetri laiune riba mõlemal kaldal

Kaitsevööndis on keelatud väetiste ja taimekaitsevahendite kasutamine ning puude raie.

Hajureostuse vähendamiseks seotud rajatise kuivendussüsteemidel toetatakse Maaelu arengukava alusel (Lauksaimniecības un lauku attīstības likums) ja määruses nr 600 „Riikliku ja Euroopa Liidu abi kord avatud ideekonkursside vormis investeerimiseks materiaalsesse põhivarasse“ (Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam "Ieguldījumi materiālajos aktīvos) kehtestatud reeglite alusel.

Määruse nr 600 alammeede 4.3 on põllumajanduse ja metsanduse infrastruktuuri arendamiseks tehtavate investeeringute toetamine. Alameetme eesmärk on parandada põllumajanduse arendamisega seotud infrastruktuuri, suurendada metsa tootlikkust, parandada puistu tervist ja puidu kvaliteeti, säilitada ja parandada metsade pikaajalist panust ülemaailmsesse süsinikuringesse, säilitada bioloogilist mitmekesisust ja leevendada kliimamuutusi ning suurendada põllumajanduse ja metsanduse konkurentsivõimet.

Toetatavad tegevused: sh maaparandussüsteemide rekonstrueerimine ja uuendamine, sealhulgas ümberehitatud või restaureeritud maaparandussüsteemiga külgnevate teede rekonstrueerimine või uuendamine (ilma katendita);

Toetuse saamise tingimused:

- Põllumajandusettevõtte võib ehitada ja renoveerida kuivendussüsteeme põllumajanduslikuks tootmiseks kasutataval maal.
- Drenaažisüsteemi rekonstrueerimise ja renoveerimise kulud (kuivendussüsteemi rekonstrueerimise ja uuendamise ehituse kulud, ehitise rekonstrueerimise ja renoveerimise kulud, keskkonnasõbraliku kuivendussüsteemi paigaldamise ja pindala kulud, juurdepääsuteede ehitamise ja rekonstrueerimise kulud), ei ületa 20% määrase Nr 600 lisas 8 määratletud maksimaalsete abikõlblike kulude põhjal määratud projekti kogumaksumust (Tabel 2).

Taotlejad on:

- põllumajandusettevõtte, mis plaanib projekti rakendada põllumajandus- või metsamaal;
- kohalik omavalitsus (ka kohaliku omavalitsuse ettevõtte), kes teostab põllumajandus- või metsamaal kohaliku omavalitsuse omandis olevate melioratsioonisüsteemide ja hüdrotehniliste ehitiste rekonstrueerimist või uuendamist ning põllumajandus- või metsamaal põllumajandusliku tähtsusega kommunaalsüsteemide rekonstrueerimist või uuendamist;
- riikliku tähtsusega melioratsioonisüsteemide käitaja või seaduslik valdaja;
- füüsiline või juriidiline isik, kellele kuulub mets ja kes plaanib projekti viia läbi metsamaal, sealhulgas põllumajandusmaal, kui kuivendussüsteemi rekonstrueerimise ja uuendamise kavandatavad kulud ei ületa 30% projekti rekonstrueerimise ja uuendamise kogukuludest.

Tabel 2. Drenaažisüsteemide ehitamise, rekonstrueerimise ja uuendamise maksimaalsed abikõlblikud kulud. (Kabineti 30. septembri 2014. aasta määruse nr 600 lisa 8)

Jrk nr	Ehitustööde liik	Mõõtühik	Ühikuhind (ilma käibemaksuta)
1.	Drenaažisüsteemide rekonstrueerimine, uuendamine:		
1.1.	Drenaažitransseede ja kraavide rekonstrueerimise, taastamistööde kulud, mis on seotud 1 m ³ väljakaevatud pinnase (põllumajandusmaal) kuludega	euro / 1 m ³	4.00
1.2.	1 m ³ väljakaevatud pinnase (metsamaal) maksumus süvendite, kraavide ja kraavide rekonstrueerimise, uuendamistööde tegemisel	euro / 1 m ³	5.00
1.3.	kuivendussüsteemi kulud koos VUU rekonstrueerimise ja ehitustüüpide renoveerimisega, mis on seotud ühe meetri kuivenduse maksumusega	euro / m	6.00
1.4.	truupide ehitustööde kulud kuni (kaasa arvatud) 0,6 m (sh.) ehitustüübid (sh vanade truupide demonteerimine), mis on omistatud ehitatud truubi ühe meetri maksumusele	euro / m	400,00
1.5.	truupide läbimõõduga üle 0,6 kuni 1 m (kaasa arvatud) läbimõõduga ehitustööde kulud (sh vanade truupide demonteerimine), mis on omistatud ehitatud truubi ühe meetri maksumusele	euro / m	650,00
1.6.	üle 1 m läbimõõduga truupide ehitustüüpide kulud, mis on seotud ehitatud truubi ühe meetri maksumusega	euro / m	900.00
2.	Riikliku tähtsusega melioratsioonisüsteemide rekonstrueerimine ja uuendamine	-	Vastavalt hankemenetlusele (põhjenduse hindamine)
3.	Drenaažikaevude (kontrollkaevud, kaetud kaevud, vastuvõtukaevud) ehituskulud (sh vanade kaevude demonteerimine) ja kollektorite ühendamistööd	euro / tk.	750,00
4.	Drenaaživäljakute (Ø kuni 250 mm) renoveerimise ja rekonstrueerimise kulud	euro / tk.	100.00
5.	Drenaaživäljakute (Ø üle 300 mm) renoveerimise ja rekonstrueerimise kulud	euro / tk.	400,00

Taotlus võib olla ka ühisprojekt, kui selles osalejate vahel on sõlmitud notariaalselt tõestatud leping ja pärast ühisprojekti elluviimist ehitatakse ümber või uuendatakse vähemalt 2 kinnistul veerežiimi reguleeriv ühise piiriga kuivendussüsteem.

Drenaažisüsteemi rekonstrueerimiseks või uuendamiseks antakse toetust, kui see vastab vähemalt ühele järgmistest tingimustest:

- ehitustööd kuivendussüsteemis tehti rohkem kui 15 aastat tagasi;

- projektis ettenähtud kraavide mullatöö maht on vähemalt 30% kogu rekonstrueeritava või uuendatava melioratsioonisüsteemi kaevetööde mahust.

Toetuse suurus:

- Drenaažisüsteemide rekonstrueerimine ja uuendamine - 50%;
- Keskkonnasõbralike drenaažisüsteemide paigaldamine - 60%;
- Melioratsioonisüsteemide rekonstrueerimine või uuendamine ühisprojektides - 60%;
- Munitsipaalse tähtsusega kuivendussüsteemid - 90%
- Drenaažisüsteemide rekonstrueerimine ja uuendamine riikliku tähtsusega süsteemides - 100%;
- Platsid, juurdepääsuteed jne. infrastruktuur ühistutele - 40%;
- Platsid, juurdepääsuteed jne. infrastruktuur põllumajandusettevõtete jaoks, sh noortele põllumajandustootjatele - 40%.

Abikõlblikud hajukoormust vähendavad rajatised on settebasseinid, seadedrenaaž, puhastuslodud, meandrite kaevamine, kivid sängis või kividest põhjapaisud ja lammiterrass. Keskkonnakaitse rajatiste projekteerimise nõuded on antud ainult määrusega 600 (tabel 3). Praegu pole keskkonnasõbralike drenaažisüsteemide elementide paigaldamiseks muid standardeid. Peale selle on koostatud projekti NUTRINFLOW raames 2018. aastal juhend „Rokasgrāmata par videi draudzīgu element ierīkošanu meliorācijās sistēmās - Juhend keskkonnasõbralike elementide rajamiseks kuivendussüsteemides“, mida projekteerijad ka kasutavad.

Tabel 3. Keskkonnasõbralike kuivendussüsteemide elemendid ja nende kriteeriumid (Kabineti 30. septembri 2014. aasta määruse nr 600 lisa 12)

Jrk nr	Keskkonnasõbralike drenaažisüsteemide elemendid	Mõõdetavad kriteeriumid
1.	Settebasseinid - põllu- ja metsamaade kuivendussüsteemide veevoolude (ojad, kraavid) pikendused ja süvendid vees liikuva pinnase settimiseks	• Puhastatava kraavi pikkus peab olema vähemalt 300 m • Asukoht - võimalikult lähedal loodusliku või reguleeritud vooluveekogu või veekogu sissevoolule • settebassein tuleks ehitada 30–50 m pikkusele lõigule, luues 0,5–1,0 m süvendi (0,5–4 m põllumajanduses kasutatavas madalsoos) • settebasseini põhi on vähemalt 2 m laiem kui puhastatava sissevoolava eesvoolu või kraavi põhi
2.	Eesvoolu astmeline nõlv - kaheastmelise kuivendus põhja liitlõige, moodustades või säilitades moodustunud kunstlikud ülejutus alused	• Bermi laius - vähemalt 1,0 m • Projekti kaheastmeliste ristlõikude kogupikkus - vähemalt 10% taastuva (ümberehitatud) eesvoolu või kraavi pikkusest
3.	Põhjapaisud - taastatavate või ümberehitatud vooluveekogudes, pikisuunalise langu ja ristlõike projekteerimisel jäetakse sāngi suured kivid ja moodustatakse kivi hunnikud	• Sāngi pandud kivide läbimõõt - vähemalt 30 cm • Kivide virnastamismāht - vähemalt 1 m³ ja kivide läbimõõt mitte vähem kui 0,2 m • Kivi hunniku kõrgus ei ületa suvist keskmist veetaset
4.	Meandrite loomine vanade lammisektsioonide taastamise või uute loomise teel	• renoveeritud vanad sektsioonid - rohkem kui 3 • uued kurvid, mille kumerusraadius on vähemalt 3 m olemasoleva renni (kraavide) teljest ja vähemalt 6 meandrit vastavas lõigus (ühes kohas) • asukoht - võimalikult lähedal reguleeritud eesvoolu / või loodusliku vooluveekogu sissevoolule
5.	Seadedrenaaž - veetaseme reguleerimise rajatised eesvoolus või drenaažikollektoril	Reguleerimis seade vastuvõtja peab olema varustatud vertikaalse siibri või kõrguse reguleerimistoruga või muu veetaseme reguleerimiseks mõeldud struktuuriga.
6.	Tehismārgalad - tehismārgalad veesaaste vähendamiseks pinna- või maa-aluse voolu kaudu	• Kunstlikud mārgalad, mida varem ei olnud ja mis loodi projekti kāigus • Asukoht - võimalikult lähedal reguleeritud eesvoolu/ või loodusliku vooluveekogu sissevoolule • Veevoolu filtreerimiseks kasutati looduslikke taimefiltreid (pilliroog jne), hakkpuitu, kruusa, liiva • Mārgalade puhul on mārgala basseini sūgavus kuni 1,5 m

Projekti hinnatakse tabelis 4 toodud hindamiskriteeriumitega. Igal juhul peavad projektid EL-i toetuse saamiseks sisaldama kuivendussüsteemide keskkonnasõbralikke elemente, kuna need annavad projekti hindamisel 30 punkti. Ilma 30 punktita on olla keeruline konkurents.

Taotlusi on olnud tavaliselt rohkem kui ressursse ja see motiveerib keskkonnakaitserajatisi rajama. Peale selle valitsuse määru ses toodud reostustundlike veekogude valgalades saab drenaažisüsteemide rekonstrueerimiseks ja uuendamiseks toetust ainult keskkonnasõbralike kuivendussüsteemide rajamiseks.

Tabel 4. Projekti valikukriteeriumid meetme "Investeeringud materiaalsesse varasse" alameetmes "Põllumajandus- ja metsanduse infrastruktuuri arendamise investeeringute toetamine (Kabineti 30. septembri 2014. aasta määruse nr 600 lisa 5)"

Jrk nr	Kriteeriumigrupp	Kriteerium	Punktide arv kriteeriumis	Maksimaalne võimalik punktide arv rühmas
1.	Projekt näeb ette ehitustöid	Projektitaotlusega on esitatud ehitusprojekt koos märkega ehitusloas projekteerimistingimuste täitmise kohta või selgitus väljakute ja juurdepääsuteede rajamise ja rekonstrueerimise kohta.	30	30
2.	Rakendamisel on ühisprojekt, mille käigus toimub süsteemi rekonstrueerimine või uuendamine	Projekt puudutab rohkem kui viie omaniku kuivendussüsteeme	20	20
		Projekt puudutab kuni viie omaniku kuivendussüsteeme	10	
3.	Projekt kasutab keskkonnasõbraliku drenaažisüsteemi elemente	Projekt näeb ette sektsiooni loomise loogete, settebasseinide, kaheastmeliste kuivenduskraavide või põhjapaisude, seadedrenaazi ja tehismärgaladega	30	30
4.	Toetuse taotleja	Toetuse taotleja on kohalik omavalitsus (sh munitsipaalettevõtte), kes ehitab ümber või renoveerib põllu- või metsamaale valla omandis olevad kuivendussüsteemid ja hüdrotehnilised rajatised ning ehitab üles või taastab põllumajandus- või metsamaal ühise põllumajandusliku tähtsusega kuivendussüsteemi	15	15
5.	Rakendatud projekti abikõlbliku summa suurus projektide esitamise vooru alameetmes	kuni 50 000 eurot	15	15
		50 001–150 000 eurot	10	
		rohkem kui 150 001 EUR	5	
6.	Projektitaotluse esitamine	Projektitaotlus on esitatud maaelu tugiteenuse elektroonilisse taotlussüsteemi	5	5
Kokku				115
Toetuse saamise minimaalne punktide arv on 35 punkti				

Abi ei anta kuivendussüsteemi rekonstrueerimiseks või uuendamiseks:

- Natura 2000 territooriumidel rangelt kaitstavate looduslike territooriumide, looduskaitseala ja looduspargi režiimis (välja arvatud juhul, kui melioratsioonisüsteemide rekonstrueerimine või uuendamine on ette nähtud Natura 2000 territooriumil kaitsekavaga) ja mikrokaitsealade või bioloogiliselt väärtuslike rohumaade ranges režiimis;
- looduslikes vooluveekogudes.

.Pärast EL-i toetuse saamist peab taotleja renoveeritud ja ümberehitatud kuivendussüsteeme omal kulul 5 aastat hooldama. Drenaažisüsteemide hoiutöid ei toetata.

Viidatud kirjandus

Dränering av jordbruksmark 2016. Slutlig statistik. JO 41 SM 1701.
https://djur.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Arealer/JO41/JO41SM1701/JO41SM1701_ikortadrag.htm

Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannus-tehokkuus (MYTTEHO). Loppuraporti Luonnonvarakeskus, Helsinki, 2020.

Gunnar Jacks (2019): Drainage in Sweden -the past and new developments, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, DOI: 10.1080/09064710.2019.1586991

Veekaitse nõuete riikidevaheline võrdlev analüüs ja nõuete tõhususe hindamise mudel. Lõpparuanne. Tartu, 2017