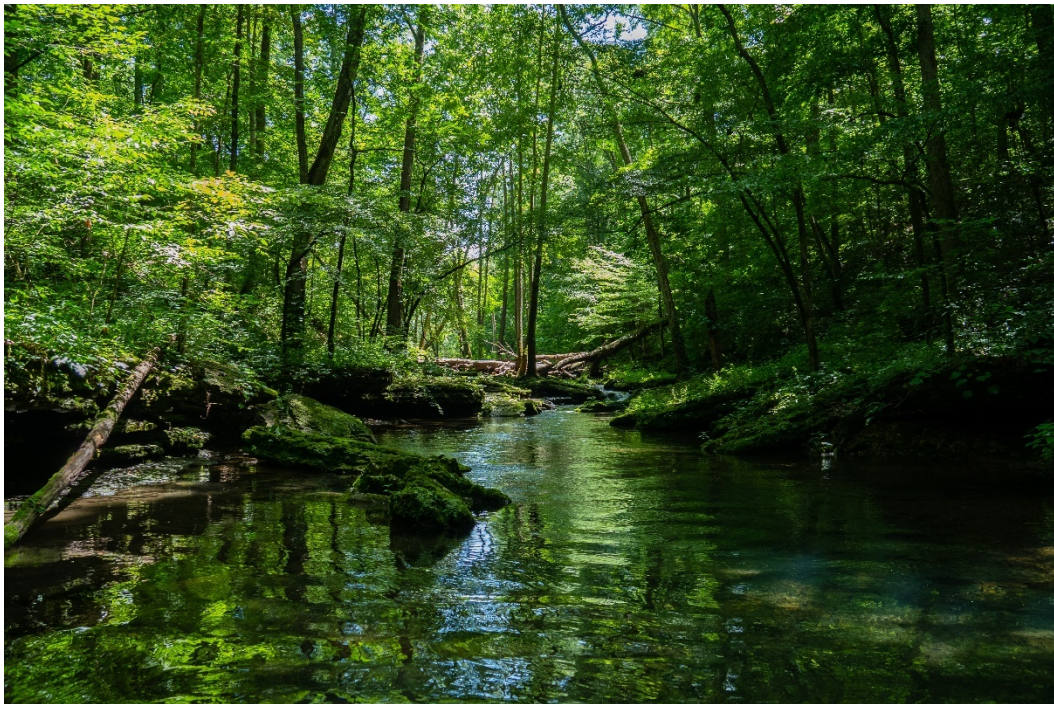


ZAĻĀS INFRASTRUKTŪRAS ELEMENTU IEVIEŠANAS EFEKTIVITĀTE UN EKONOMISKAIS NOVĒRTĒJUMS



**LIFE GoodWater IP A1 aktivitātē "Sagatavošanās aktivitātes lauksaimniecības
radītā piesārņojuma ar augu barības vielām samazināšanai"**

Pasākumu kopums barības vielu noplūžu mazināšanai no lauksaimnieciskās darbības

Rīga, 2022

Zaļās infrastruktūras elementu ieviešanas efektivitāte un ekonomiskais novērtējums

Atskaites autors: Biedrība “Zemnieku saeima”

© Foto: Wirestock/Freeplik

Citēšanas paraugs: Biedrība “Zemnieku saeima”. 2022. Zaļās infrastruktūras elementu ieviešanas efektivitāte un ekonomiskais novērtējums. LIFE GoodWater IP, Rīga, 46 lpp.

Materiāls tapis integrētā projektā “Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai” (LIFE GOODWATER IP, LIFE18 IPE/LV/000014), kas ir saņēmis finansējumu no Eiropas Savienības LIFE Programmas un Valsts reģionālās attīstības aģentūras.

Informācija atspoguļo tikai LIFE GOODWATER IP īstenotāju redzējumu, un Eiropas Klimata, infrastruktūras un vides izpildaģentūra neatbild par to, kā tiek izmantota šeit paustā informācija.

© Biedrība “Zemnieku saeima”, 2022

Dokumenta izstrādes lapa	
Dokumenta versijas numurs	v 2.0
Dokumenta plānotais izstrādes datums	06.2022
Dokumenta faktiskais izstrādes datums	12.2022
Dokumenta aktuālās versijas izstrādes datums	12.2022
Projekta aktivitātes/apakšaktivitātes numurs	A1.3

Satura rādītājs

Kopsavilkums	4
Ievads.....	6
1. Buferjoslas gar ūdenstecēm	9
2. Piesātinātās buferjoslas.....	15
3. Integrētās buferjoslas	19
4. Mākslīgie mitrāji.....	23
5. Denitrifikācijas bioreaktors	29
6. Strukturētā kaļķošana	33
7. Ģipšošana.....	35
8. Starpkultūras	37
Izmantotā literatūra.....	40
Apkopojums.....	42



Kopsavilkums

Barības vielu noplūžu mazināšana no lauksaimniecības zemēm Latvijā ir salīdzinoši jauns izaicinājums. Līdzšinējā lauksaimniecības prakse bija vērsta uz produkcijas kāpināšanas un kvalitātes nodrošināšanu, nefokussējoties uz vides aizsardzību. Saistībā ar jaunajām ES aktivitātēm, ka saistītas gan ar SEG emisiju mazināšanu, zaļā kursa ieviešanu un biodaudzveidības stiprināšanu, daudz lielāka uzmanība tiks pievērsta vides aspektiem. Lai mazinātu barības vielu noplūdes no lauksaimnieciskās darbības, izstrādātas dažādas rekomendācijas. Kaimiņvalstīs, jo īpaši Ziemeļvalstīs vairāki risinājumi arī tikuši testēti reālā vidē, bet iegūti atšķirīgi rezultāti. Latvijā ierobežoto finansiālo un cilvēkkapitāla resursu dēļ vienīgie kvalitatīvie mērījumi notikuši mitrzemju jeb mākslīgo mitrāju darbības novērtēšanai. Saistībā ar buferjoslu efektivitāti, Latvijā nav veikti ne kvalitatīvi demonstrējumi, ne izmēģinājumi to testēšanai, tāpēc realitātē sastopamas gan dažādu platumu, gan augu klājuma buferjoslas, par kuru efektivitāti un augu barības vielu izturēšanas spēju var tikai minēt.

Nemot vērā iepriekšminēto, šajā darbā apkopoti starptautiski pieejami materiāli par dažādiem vides elementiem meliorācijas sistēmās, kurus izmanto ūdenstecēs un arī pasākumi, kurus ieviešot uz lauka jeb agronomiskajā praksē, iespējami pozitīvi rezultāti attiecībā uz barības vielu noplūžu mazināšanu no augsnes.

Ārzemju pieredzes apkopojums dos labu iedvesmu aktīvāk izmantot dažādus vides elementus meliorācijas sistēmās lauksaimniecībā, taču nepietiekami izpētītie elementi nedod iespēju novērtēt to izmaksu efektivitāti attiecībā uz aizkavētajām jeb uz Baltijas jūru neaizplūdušajām barības vielām. Šādus datus varēs iegūt pēc attiecīgo zaļās infrastruktūras elementu izveides Latvijā. Šādus elementus projekta ietvaros paredzēts izvietot Ēdas un Auces upēs jau 2023.-2025. gadā, kā arī tiks veikts atsevišķu zaļās infrastruktūras elementu monitorings.

Summary

Mitigation of nutrient leakage from agricultural lands in Latvia is a relatively new challenge. The agricultural practice so far has mainly focused on increasing production and ensuring quality, without focusing on environmental protection. In connection with the new EU activities, which are related to the reduction of GHG emissions, the introduction of the green course and the strengthening of biodiversity, much more attention is being paid to environmental aspects. Various recommendations have been developed in order to reduce the leakage of nutrients from agricultural activities. In neighboring countries, especially in the Nordic countries, several solutions have also been tested in a real environment; different results have been obtained. Due to the limited financial and human capital resources in Latvia, the only qualitative measurements that have been carried out, evaluate the functioning of wetlands. Regarding the effectiveness of the introduction of buffer strips, neither high-quality demonstrations nor trials for their testing have been carried out in Latvia, so buffer strips of different widths and plant coverage are common, the effectiveness of which can only be guessed.

Considering the above mentioned, this report compiles internationally available materials on various environmental elements in drainage systems used in watercourses as well as measures that can have positive results in terms of nutrient leakage reduction, when implemented in the field or in agronomic practice.

The compilation of foreign practices gives valuable inspiration to use various environmental elements in drainage systems in agriculture more actively, evaluating their cost-effectiveness in terms of delayed or non-permeated nutrients to Baltic Sea. Such data will be available after implementation of green infrastructure elements in Latvia. Within the project, such elements are planned to be placed in the rivers Eda and Auce as early as 2023-2025. Monitoring of certain green infrastructure elements will also be carried out.

Ievads

Nodevums izstrādāts Projekta aktivitātes A1 “Sagatavošanās aktivitātes lauksaimniecības radītā piesārņojuma ar augu barības vielām samazināšanai”¹ apakš-aktivitātes A 1.3. ietvaros, kas paredz zaļās infrastruktūras scenāriju īstenošanas ekonomiskā un vides efektivitātes novērtējuma izstrādi, barības vielu noplūžu mazināšanai no lauksaimniecības, balstoties uz iepriekš īstenotiem projektiem².

Aktivitāte A1 kopumā ietver piecus apakšpasākumus:

- A1.1. Augu barības vielu piesārņojuma avotu noteikšana un novērtēšana izvēlēto riska ūdensobjektu lauksaimniecības platībās (V093 Slocene, G264 Aģe, L118 Auce un V046 Ēda);
- A1.2. Praktisku ieteikumu un tehnisko risinājumu izstrāde zaļās infrastruktūras risinājumu ieviešanai izvēlēto riska ūdensobjektu lauksaimniecības platībās (V093 Slocene, G264 Aģe, L118 Auce un V046 Ēda);
- A1.3. Zaļās infrastruktūras risinājumu īstenošanas ekonomiskais pamatojums un vides efektivitātes izvērtējums lauksaimniecības radītā piesārņojuma ar augu barības vielām samazināšanai (pamatojoties uz iepriekš īstenotajiem projektiem);
- A1.4. Praktisku ieteikumu un tehnisko risinājumu izstrāde ilgtspējīgai un videi draudzīgai meliorācijas sistēmu pārbūvei, atjaunošanai un uzturēšanai izvēlēto riska ūdensobjektu lauksaimniecības platībās (V093 Slocene un G264 Aģe);
- A1.5. Sagatavošanās darbi ieviešanas aktivitātēm (līgumi ar zemes īpašniekiem, kompensācijas, atļaujas un precizējumi).

Projektā ar zaļo infrastruktūru (*green infrastructure, GI*) tiek saprasts stratēģiski plānots dabisku un daļēji dabisku teritoriju tīkls ar dažādiem vides elementiem, kas izstrādāti un pārvaldīti, lai nodrošinātu plašu ekosistēmu pakalpojumu klāstu. Šī projekta kontekstā zaļās infrastruktūras pasākumi pamatā tiek fokusēti uz buferjoslām. Paredzams, ka buferjoslas kalpos kā barjera starp laukiem, kuros notiek aktīva saimnieciskā darbība, un ūdensteci, lai uztvertu dažāda piesārņojuma, piemēram, mēslošanas līdzekļu, un augsnes daļiņas no virszemes noteces. Zināšanas par dažāda veida buferjoslu efektivitāti Latvijas apstākļos ir nepietiekamas. Tāpat jāatzīst, Latvijas lauksaimnieki buferjoslas ieviešuši atšķirīgi – gan izvēloties dažāda platuma joslas, gan atšķirīgu augu klājumu un kopšanas metodes, jo līdz šim buferjoslu platumi netika reglamentēti. Izņēmums – Aizsargjoslu likumā noteiktā 10 m aizsargjosla gar ŪSIK, kurā nedrīkst lietot AAL un mēslojumu, taču var audzēt kultūraugus un šo joslu apstrādāt, kas īsti neatbilst buferjoslu statusam. Daļēji buferjoslu funkcijas pildīja dažāda platuma laukmales, kuras lauksaimnieki ierīkoja, lai pārvietotos gar novadgrāvjiem uz attālākiem laukiem, vai mežu u.c. vajadzībām.

Kopš 2023. gada, lai saņemtu tiešmaksājumus, Latvija noteikusi kā obligātas prasības ievērot 10 m aizsargjoslas gar ŪSIK un 3 m aizsargjoslas gar visiem novadgrāvjiem, taču jāņem vērā,

¹ A1 Preparatory activities for reducing pollution with nutrients from agriculture

² A1.3. Economical assessment and environmental effectiveness of implementation of green infrastructure scenarios for reducing pollution with nutrients in agricultural areas (based on previous projects implemented);

ka tikai daļa šo platību pildīs buferjoslas funkcijas, jo tajās vēl nav izveidojusies pietiekami noturīga augu sega. Tāda var izveidoties tikai tad, ja aizsargjosla, kura tiks pārveidota par buferjoslu ar atšķirīgu augu segumu no pamatkultūrauga, tiks atbilstoši kopta.

Daļēji pie zaļās infrastruktūras var pieskaitīt arī agrotehniskus pasākumus, kas tiek realizēti uz laukiem, lai mazinātu augu barības vielu zudumus, piemēram kalķošana un starpkultūru audzēšana.

Ilgspējīgas meliorācijas sistēmas ir paredzētas, lai mazinātu ūdens plūsmu, savācot, uzglabājot un uzlabojot noteces ūdens kvalitāti sateces baseinos. Kopš 2015. gada Latvijas Lauku attīstības programma 2014.-2020. gadam piedāvāja finansiālu atbalstu esošo meliorācijas sistēmu rekonstrukcijai un renovācijai. Ja rekonstrukcijas un renovācijas darbi tika plānoti riska ūdensobjektu sateces baseinos, bija jāievieš, piemēram, sedimentācijas dīķi, divpakāpju grāvji, akmeņu krāvumi, meandri u.c. Latvijā tikai mitrzemēm un akmeņu krāvējiem ir pētīta to attīrīšanas efektivitāte.

Kopumā zaļās infrastruktūras elementu analīze sniegs vērtīgu informāciju, lai stratēģiski izvēlētos riskam pakļautos ūdensobjektos tādus pasākumus, kas efektīvi samazinās barības vielu noplūdes.

Tā kā zaļās infrastruktūras ieviešanai un uzturēšanai ir nepieciešams lauksaimnieku/zemes īpašnieku ieguldījums investīciju, zemes atvērēšanas un zināšanu ziņā, ir nepieciešams veikt detalizētu ekonomisko un vides aizsardzības aspektu novērtējumu. Zaļās infrastruktūras elementu efektivitātes novērtējums ūdens kvalitātes uzlabošanā un ar to saistītās izmaksas varētu sniegt vērtīgu informāciju lēmumu pieņēmējiem, veidojot attīstības stratēģijas un plānojot atbalsta maksājumu shēmas. Šo apakšpasākumu (A.1.3.) veido vairākas darbības:

- a) esošo zināšanu kopsavilkums par zaļās infrastruktūras ieviešanas izmaksām un ieguvumiem videi;
- b) zaļās infrastruktūras ieviešanai piemēroto lauksaimniecības platību identificēšana;
- c) zaļās infrastruktūras ieviešanas scenāriju sagatavošana saimniecību un nacionālā līmenī;
- d) zaļās infrastruktūras ieviešanas scenāriju novērtējums no ekonomikas un vides aspektiem.

Pēc profesora Aina Lagzdiņa rekomendācijām, virszemes noteces attīrīšanai piemērotākie zaļās infrastruktūras elementi ir **buferjoslas** (*buffer strips*), zālāja ūdensceļi (*grassed waterways*), ievalkas (*swales*), sedimentu uztvērēji (*sediment traps*), infiltrācijas lauki (*infiltration trenches*), virszemes noteces uztvērēji (*surface runoff inlets*), barjeras/uztvērēji grāvjos (*barriers/traps in ditches*). Drenu noteces attīrīšanai tiek izmantotas **inteliģentās/integrētās buferjoslas** (*intelligent/integrated buffers*), **piesātinātās buferjoslas** (*saturated buffers*), **koka šķeldas bioreaktori** (*woodchip bioreactors*).

Šajā nodevumā apkopota informācija par buferjoslām, inteliģentām/integrētām buferjoslām, piesātinātām buferjoslām, koka šķeldas jeb denitrifikācijas bioreaktoriem, kā arī mitrzemēm jeb mākslīgajiem mitrājiem.

Kā papildus iespēja lauksaimniekiem veikt pasākumus uz lauka, aprakstīts arī kompleksais augu barības vielu mazināšanas pasākums – kalķošana un uztvērējaugu audzēšana.

Turpinājumā sniegts pieejamo zināšanu kopsavilkums par zaļās infrastruktūras ieguvumiem videi un tās ieviešanas izmaksām. Kopsavilkums izstrādāts, izmantojot pieejamo informāciju par zaļās infrastruktūras ieviešanu un uzturēšanu citos projektos. Papildus informācija par zaļās infrastruktūras elementiem pieejama oriģināltekstā citātu veidā.

1. Buferjoslas gar ūdenstecēm

Buferjoslas (dažādos literatūras avotos sauktas arī buferzonas, piekrastes joslas) izvieto gar ūdenstecēm un ūdenstilpnēm.

Īsumā par funkcionalitāti

Buferjoslas kalpo kā papildus aizsargmehānisms no sedimentu (suspendētu vielu) un augu barības vielu virszemes noplūdēm. Buferjoslas iekārto starp apstrādājamu aramzemi un ūdens avotu – ūdensteci vai ūdenstilpni. Lai aizturētu augu barības vielu noteci, buferjoslās izmanto pastāvīgu veģetāciju. Buferjoslas var izmantot arī kā ainavu elementus, bet, lai tās pildītu savas funkcijas, tās atbilstoši jākopj.

Buferjoslu funkcionālais uzdevums:

- stiprināt ūdenstece krastus;
- nodrošināt dzīvotni piekrastes un ūdens iemītniekiem;
- piekrastes veģetācija kalpo kā koridors no viena zemes gabala uz citu florai un faunai, taču šādā veidā var pārvietoties arī nezāļu, tostarp invazīvo augu sēklas;
- novērst tiešu sedimentu ieplūšanu ūdenstecē;
- patstāvīgi mitras buferjoslas, ja vien tās ir bagātas ar oglekli, vai būtiski samazināt dažādu slāpekļa (N) savienojumu³ noplūdes, pateicoties denitrifikācijas procesam, kas rodas noteiktos apstākļos.

Ierīkošana un izvietošana

Buferjoslas ar daudzgadīgiem augiem izvieto starp lauka malu un ūdensteci/tilpni. Tas nozīmē, ka vienā laukā var būt izvietotas vairākas buferjoslas. Lai novērtētu buferjoslu efektivitāti un izvietojumu, izmanto gan modelēšanas metodes, gan ģeogrāfiskās informācijas sistēmas. Proti, buferjoslas platums atkarīgs no lauka slīpuma un augsnes veida. Garas, stāvas nogāzes un viegli erodējamas augsnes prasa ierīkot platākas buferjoslas virs 10 m, savukārt līdzenos laukos bez slīpām nogāzēm, buferjoslas platums var būt 3 metri.

Buferjoslas var iekārtot arī augsnēs ar augstu gruntsūdens līmeni, Natura 2000 teritorijās, kur to uzdevums ir pasargāt gruntsūdeņus no kaitīgu vielu un barības vielu nokļūšanu tieši gruntsūdeņos. Buferjoslas var kalpot kā labs noteces uztvērējs plūdu risku zonās, kā arī var samazināt eroziju, ja buferjoslas veidotas kā zālāja ūdensceļi.

³ Ar N (slāpeklis) un P (fosfors) tiek apzīmēti slāpekļa un fosfora dažādie savienojumi. Ja samazināšana notiek visās slāpekļa savienojumu grupās, to apzīmē vienkāršoti ar N, atsevišķos gadījumos, kad samazināšana skar tikai kādu konkrēto slāpekļa savienojumu, to apzīmē ar konkrētā savienojuma apzīmējumu, piemēram, nitrātu slāpeklis.

Ilggadīgo augu klātas buferjoslas, filtrējošās joslas un zālāju ūdensceļi ir biežāk raksturotie buferjoslu tipi:

- Ilggadīgo augu buferjoslas tiek veidotas no ilggadīgajiem zālājiem, turklāt to sastāvs variē no dažādiem augiem atkarībā no apstākļiem – mitrākās vietās būs vienas augu sugas, sausākās, smilšainākās vietās dominēs citas, arī augsnes pH noteiks augu sugu izvietojumu buferjoslās. Šādas buferjoslas ir vislētāk iekārtojamas.
- Filtrējošās joslas pastiprina sedimentu aizturi no virszemes noplūdēm un šādas joslas parasti izvieto tur, kur tās neietekmē lauksaimniecisko ražošanu.
- Zālāja ūdensceļi ir dabiski izveidojušās vai iesētas zālāja joslas aramzemes laukos, kas veidotas atbilstoši nepieciešamajiem izmēriem ar piemērotu veģetāciju stabilai noteces novadīšanai. Zālāja ūdensjoslas var izmantot vietās, kur ūdens plūsmas ir nelielas un stabilas, lai zāle varētu izturēt applūšanas periodu, un turpināt veģetēt. Ūdensceļi jāveido tā, lai nodrošinātu ūdens plūsmu, nesabojājot pašu ūdensteeci, un lai tie atbilstu konkrētās vietas apstākļiem.

Kopš koki un krūmi arī tiek ieskaitīti kā buferjoslas sastāvdaļas, jāņem vērā daži nosacījumi – tie nevar atrasties pārāk tuvu viens otram un arī ūdenstecei, lai pasargātu tās no nobirušajām lapām. Pārāk blīvi izvietoti koki un krūmi var noēnot apakšējos stāvos augošos augus un tādējādi veicināt krastu eroziju.

Ieguvumi

Buferjoslu devums:

- 1) pasargā ūdenstecei un ūdenstilpnes no sedimentiem, barības vielu noplūdēm un citiem piesārņojošiem avotiem, kas noplūst ar virszemes notecēm;
- 2) pasargā no tiešas mēslošanas līdzekļu un augu aizsardzības līdzekļu nokļūšanas ūdensteceē izkliedes laikā;
- 3) samazina eroziju, ja blakus lauks ir ar slīpumu, jo buferjoslas kultivēšana nav pieļaujama, tikai zāles novākšana;
- 4) palielina biodaudzveidību dodot iespēju augt tādiem augiem, kuri ir nepieciešami apputeksnētājiem;
- 5) bieži vien buferjoslās ir palielināts mitrums, kas veicina augu augšanu un zaļās masas veidošanu. Tas palīdz piesaistīt oglekli augsnē.

Buferjoslas mazina piesārņojumu dažādos veidos:

- 1) blīva buferjoslu veģetācija samazina virszemes noplūžu ātrumu un sedimentu transportēšanas spēju, līdz ar to erodētās augsnes daļiņas un tajās saistītās barības vielas un citi piesārņotāji nogulsņējas buferjoslās;
- 2) fosfors adsorbējas augsnes virskārtā, savukārt viegli šķīstošās barības vielas un citi savienojumi iesūcas augsnē;
- 3) buferjoslu veģetācija ar augu saknēm uzņem izšķīdušās barības vielas no augsnes.

Buferjoslām jābūt pietiekami platām, lai nodrošinātu attālumu starp apstrādājamiem laukiem, kuros tiek izkliedēti kūtsmēsli, minerālmēslojums vai augu aizsardzības līdzekļi, un ūdensteci, tādējādi efektīvi samazinot augsnes daļiņu un tajās saistītā fosfora daudzumu no virszemes noteces stipri erodētās augsnēs vai augsnēs, kas uzartas rudenī. Aiztures efektivitāte ir labāka rudenī nekā pavasarī, jo rudenī vēl ir blīva veģetācija, salīdzinot ar trūdošo augu masu pavasara sniega kušanas un lietus laikā.

Lai samazinātu augu barības vielas no buferjoslām, rekomendē buferjoslās izaugušo zāles masu novākt, nevis mulčēt un atstāt nenovāktu. Fosfora efektīva piesaiste buferjoslā var pakāpeniski mazināties, ja augsnes virskārtā uzkrājas liels fosfora daudzums. Tomēr fosfora savienojumu piesaistes spēju augsnē var palielināt, ja:

- augsnes virsējo slāni apstrādā ar fosforu saistošiem materiāliem (piemēram, kalciju vai dzelzi saturošiem materiāliem);
- iestrādājot izciļņus;
- iekļaujot mini mitrājus.

Slāpekļa, fosfora un citu piesārņojošo vielu uzkrāšana buferjoslās, lai tās nenonāktu tieši ūdenstecē, ir atkarīga no vairākiem apstākļiem, taču izšķirošais ir buferjoslas platums.

Efektivitāte

Buferzonu spēja samazināt piesārņojumu būs atkarīga no procesiem, kā piesārņojošās vielas nonāk virszemes ūdeņos:

- tiešais piesārņojums – piemēram, tieša sedimentu nonākšana ūdenstecē no krastu erozijas;
- virszemes noplūdes – šķīstošo barības vielu nonākšana ar virszemes ūdeņiem;
- drenu ūdeņi, kas ir nitrātu avots.

Ietekme								Laba/pozitīva Vidēja Negatīva Nav zināma Nav attiecināms
Ūdens aizturēšana	N aizturēšana	P aizturēšana	Gruntsūdeņu filtrēšana	Produktivitāte	Biodaudzveidība	Oglekļa uzkrāšana	SEG samazināšana	

1.1.attēls. Buferjoslu ietekme⁴

⁴ Uusi-Kämpä & Salo, 2022

Augu veģetācijai ir izšķirošana nozīme buferjoslas efektivitātes nodrošināšanai. Augu biomasa samazina plūsmas ātrumu un uzlabo augsnes infiltrēšanas spēju, kā arī pasargā virskārtu no erozijas, īpaši slīpumā. Šādas, augiem bagātīgi klātas buferjoslas var samazināt gandrīz 100 % eroziju, 27-46 % fosfora noteces un 54-73 % slāpekļa noteces.

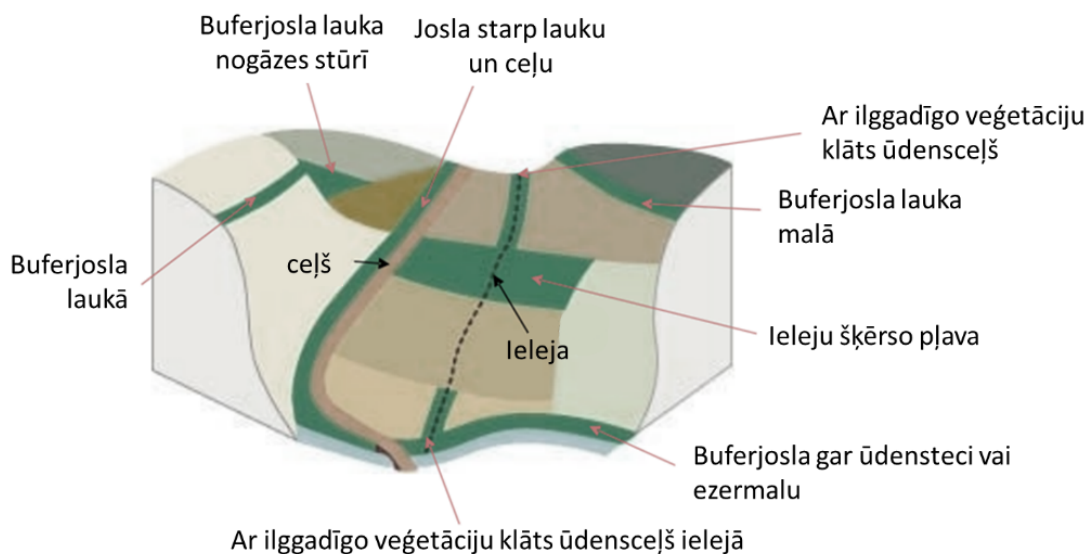
Koki buferzonās uzlabo to efektivitāti, jo uzlabo biodaudzveidību, samazina augu aizsardzības līdzekļu nonesi smidzināšanas laikā, samazina augsnes barības vielas no virszemes noplūdēm un palielina oglekļa sekvestrāciju jeb piesaisti.

Ieviešanas un uzturēšanas izmaksas

1.1. tabula. Buferjoslu ierīkošanas un uzturēšanas izmaksas Latvijā (pēc LLKC veidotajiem aprēķiniem)

Buferjoslas ierīkošanas un apsaimniekošanas veids	Buferjoslu izmaksas EUR uz 1 ha	Izmaksas uz 1 buferjoslas metru, EUR		
		Buferjosla 2 m	Buferjosla 4 m	Buferjosla 8 m
Sētais zālājs ar smalcināšanu	98,25	0,020	0,039	0,079
Sētais zālājs ar zāles novākšanu	133,25	0,027	0,053	0,107
Dabīgais zālājs ar smalcināšanu	37,00	0,007	0,015	0,030
Dabīgais zālājs ar zāles novākšanu	72,00	0,014	0,029	0,058
Dabīgais zālājs ar smalcināšanu un nektāraugu piesēju	66,60	0,013	0,027	0,053
Nektāraugi ar smalcināšanu	79,00	0,016	0,032	0,063

Nav pieejama detalizēta informācija par buferjoslu uzturēšanu – atkarībā no katras konkrētās saimniecības rīcībā esošā tehniskā nodrošinājuma izmaksas varētu pielīdzināt zāles novākšanas izmaksām. Iekļaujot nopļaušanu un savākšanu un rituļu veidošanu vai nopļaušanu un savākšanu ar savācējpiekabi. Salīdzinoši zemākas izmaksas veidotos, ja buferjoslas tikai nosmalcinātu, biomasu nenovācot.



1.4. attēls. Atbilstošas atrašanās vietas izvēle ⁷

1.2. tabula. Buferjoslu platuma noteikšana ⁸

Funkcijas	Buferjoslas platums (piesārņojuma samazināšanai: 70-80 % atdalīšana optimālā situācijā)
Noteces ierobežojums	10-20 m
Suspendēto vielu aizture	5 m (liela izmēra daļiņas) 10-20 m (smalkas daļiņas)
Fosfora (P) aizture	10 m (nešķīstošais fosfors) 10-20 m (izšķīdušais fosfors)
AAL nonesē kontrole	5 m (5-100 m, atkarībā no toksicitātes)
AAL aizture (infiltrācija)	10-20 m
Nitrātu aizture	10 m
Ūdensteču bioloģiskās kvalitātes aizsardzība	10 m

⁷ Chemagref, 2009

⁸ Chemagref, 2009

2. Piesātinātās buferjoslas

Nedaudz atšķirīgs buferjoslu veids ir piesātinātās buferjoslas. Līdzīgi kā klasiskās buferjoslas, tās tiek veidotas no ilggadīgiem zāļaugiem. Taču tās var izvietot vienīgi tādās vietās, kur drenai var pievienot perforējošu cauruli, kas neļauj visam ūdenim no drenu sistēmas ieplūst tieši drenu iztekā, bet lielāko daļu ūdens izplata caur buferjoslu, tādējādi “piesātinot” to ar barības vielām un palēninot filtrāciju.

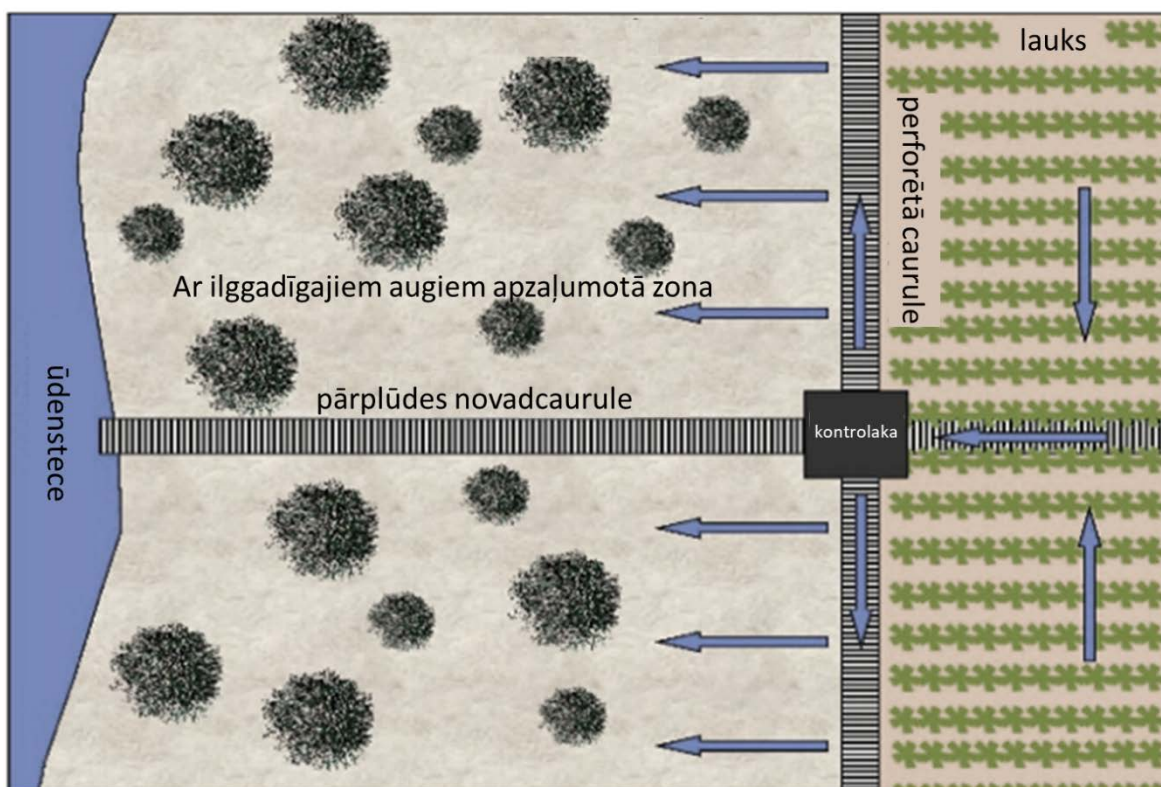
Īsumā par funkcionalitāti

Piesātinātajās buferjoslās drenu ūdeņi tiek izvadīti pirms buferjoslas paralēli ūdenstecei, lai samazinātu nitrātu saturu tajos. Perforēto cauruli ievieto horizontālā līmenī, perpendikulāri pret drenu cauruli, tādējādi ūdens izplūst pirms ūdensteces un lēni izsūcas caur buferjoslu. Drenu ūdeņi pakāpeniski piesūcina buferjoslu, radot anaerobus apstākļus, kas nodrošina denitrifikācijas procesu. Anaerobus apstākļus var nodrošināt tādā situācijā, ja augsnē ir pietiekami augsts oglekļa saturs. Šāda metode Latvijā nav testēta, tās testēšana norisinās ASV.

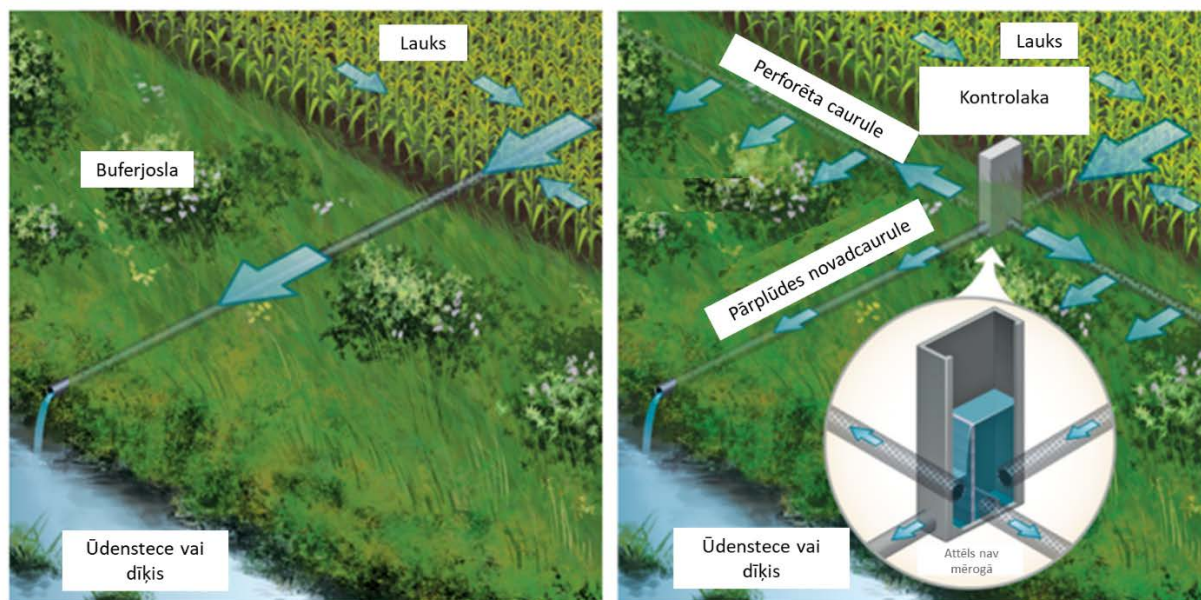


2.1. attēls. Piesātinātās buferjoslas šķērsgriezums ⁹

⁹ Carstensen et al., 2020



2.2. attēls. Piesātinātās buferjoslas struktūra, skats no augšas¹⁰



2.3. attēls. Piesātinātās buferjoslas uzbūve¹¹

¹⁰ USDA, 2020b

¹¹ Streeter & Schilling, 2021

Piesātinātai buferjoslai ir divi mērķi:

- samazināt nitrātu noplūdes no drenu sistēmas caur veģetāciju un denitrifikācijas procesu;
- uzlabot vai atjaunot augsnes piesātinājumu pie ūdenstecei.

Ieviešana

Piesātināto buferjoslu ierīko kā papildus elementu jau esošai drenāžas sistēmai. Lai to īstenotu, galvenajā drenu izvadā tiek uzstādīts papildus elements jeb kontrolaka, kas nodrošina ūdens kontroli. Proti, šis kontrolējošais elements novirza ūdens plūsmu no drenas izplūdes uz sāniem - uz perforētu cauruli. Perforēto cauruli ierok paralēli ūdenstecei. Periodos, kad ūdens plūsma drenu sistēmā ir augsta, konstrukcijai jānodrošina, lai lielā ūdens plūsma apietu perforēto cauruli un pa neperforētu cauruli nonāktu galvenajā drenas izvadā. Kad drenu ūdeņi caur perforēto cauruli nonāk buferjoslas augsnē, augsne kļūst piesātināta. Buferjoslā esošā veģetācija un denitrificējošie augsnes organismi var pārveidot drenu ūdeņos esošos nitrātus pirms tie izplūst tieši ūdenstecē.

Potenciāli plašas teritorijas varētu piemērot piesātināto buferjoslu vajadzībām, jo nav nepieciešamas būtiskas pārbūves un pielāgošana. Piesātinātās buferjoslas būtu vēlams izvietot tur, kur augsne un veģetācija ir tāda, kas pieļauj augstu ūdens līmeni, lai ūdens līmeņa paaugstināšanās negatīvi neietekmētu kultūraugus, krasta stabilitāti vai blakus esošo augsni. Ja sistēmā nokļūst arī virszemes noplūdes, piesātinātās buferzonas ir piemērojamas tikai tad, ja ieplūdes ir pietiekami aizsargātas, lai novērstu augsnes daļiņu iekļūšanu, jo augsnes daļiņas var aizsprostot perforētās caurules.

Lai piesātinātās buferjoslas funkcionētu, ir svarīgi, lai augsnē būtu pietiekams organisko vielu saturs. Augsnēs jau ar 1,2 % organisko vielu saturu notiek denitrifikācijas process. Piesātinātajai buferjoslai jābūt vismaz 9 m platai.

Drenu ūdens sadales sistēma jāprojektē tā, lai apsaimniekošanas periodā saglabātu ūdens līmeņa paaugstinājumus virs sadales caurules. Ūdens sadales sistēmai jābūt novietotai pieejamā vietā, lai veiktu ūdens līmeņa novērošanu, kā arī sistēmas ekspluatāciju un apkopi. Drenu ūdens, kas pārsniedz paredzēto jaudu, ir jānovada pa pārplūdes cauruli uz piemērotu stabilu izplūdi. Pārplūdes caurulei jāatrodas vismaz 9 m attālumā no ūdens sadales sistēmas – tas novērsīs piesātinātās grunts laukuma ap ūdens sadales sistēmu veidošanos.

Projektējot un ierīkojot drenu ūdeņu sadales cauruli un pārplūdes cauruli, jāievēro meliorācijas sistēmu ierīkošanas un uzturēšanas prasības. Sadales caurules jaudai jābūt lielākai par paredzēto piesātinātās buferjoslas plūsmu. Tas nodrošina, ka plūsmu ierobežo augsnes sānu plūsmas jauda, nevis caurules jauda. Sadales caurulēm jābūt izvietotām tā, lai veicinātu vienmērīgu ūdens pieplūdi piesātinātajā buferjoslā.

Piesātinātās buferjoslas uzturēšanai jāņem vērā:

- nepieciešama informācija par plānoto ūdens līmeņa pārvaldību un laiku;
- nepieciešama detalizēta informācija par drenu ūdens sadales sistēmu, sadales cauruļu un pievienotās drenāžas sistēmas pārbaudes un apkopes prasībām, jo īpaši augšteces virszemes ieplūdēm;
- periodiska koku vai krūmu likvidēšana, lai samazinātu sadales cauruļu iespēju aizsērēt;
- būtu regulāri jāreģistrē vismaz ūdens līmeņa izmaiņas kontroles struktūrā, un, ja ir izveidotas – arī novērošanas akās.

Ieguvumi

Lai gan piesātinātās buferjoslas ir salīdzinoši maz testēts vides elements, pareizi uzkonstruētas, tās var nodrošināt:

- no drenu ūdeņiem izplūstošā nitrātu-slāpekļa samazināšanos;
- iespējamo drenu sistēmā nokļuvušo virszemes ūdens sedimentu un drenu ūdens samazināšanos drenu iztekā;
- grāvju krastu stabilizāciju, jo samazinās plūsma;
- daudzveidīgāku dzīvotni tieši piesātinātajā buferjoslā.

Piesātinātās buferjoslas, atkarībā no to platuma, var būtiski samazināt nitrātu apjomu, proti, jo platākai buferjoslai drenu ūdeņiem jāizfiltrējas cauri, jo pozitīvāks efekts uz nitrātu samazināšanu būs vērojams. Taču efekts var samazināties smagās mālainās augsnēs, kur caurplūde būs ļoti apgrūtināta.

Ieviešanas un uzturēšanas izmaksas

Literatūrā ir pieejami tikai daži piemēri, cik šāda veida buferjoslas varētu izmaksāt, taču praktiski nav pieejami dati par to uzturēšanu, it īpaši tādos gadījumos, ja vertikālā drenāžas caurule tiek ievietota nepareizi, rodas aizsērējums – horizontālā perforētā caurule ātri aizsērē. Izmaksas ir atkarīgas no konkrētās vietas, kur paredzēts ierīkot piesātinātās buferjoslas, un kā nozīmīgākā mainīgā izmaksu pozīcija minama izkļiedes caurules diametrs un garums, kā arī perforētās caurules ierakšana.

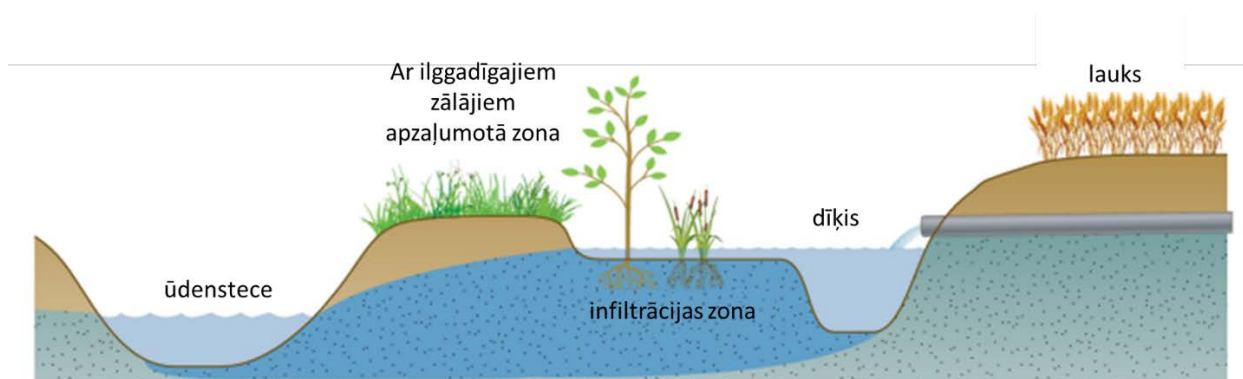
Piesātinātajām buferjoslām pēc izbūves nepieciešama minimāla apkope, vismaz reizi gadā būtu jāpārbauda un jāiztīra kontrolaka no dažāda veida sanesumiem. Nedrīkst pieļaut krūmu un koku augšanu izkļiedes caurules tuvumā, nepieciešams buferjoslas platību regulāri pļaut.

3. Integrētās buferjoslas

Integrētās buferjoslas ir komplicētāks buferjoslu veids. Starp lauku un buferjoslu tiek izrakts grāvis, kurā ietek drenu ūdeņi un tad tie dabiskā ceļā filtrējas caur buferjoslu uz ūdensteeci. Tādējādi notiek gan sedimentu izgulsnēšanās izraktajā grāvī, gan nitrātu slāpekļa samazināšanās buferjoslā denitrifikācijas procesā.

Īsumā par funkcionalitāti

Integrētā buferjosla sastāv no papildus grāvja paralēli ūdenstecei. Šo teritoriju starp vienu un otru ūdensteeci apstāda ar dažādiem augiem. Infiltrācijas jeb palienes joslai būtu jābūt 5-10 m platai. Starp infiltrācijas joslu un ūdensteeci izveido nelielu uzbērumu jeb krasta joslu. Šādas konstrukcijas kontrolei vēlams ierīkot izplūdes aku ūdens līmeņa regulēšanai.



3.1. attēls. Integrētās buferjoslas uzbūve – šķērsgriezums ¹²

Šāda konstrukcija palīdz attīrīt visus ūdeņus – gan virszemes noteces, gan drenu ūdeņus, un filtrē tos, pirms tie nonāk ūdenstece. Paralēlā dīķa vai grāvja mērķis ir uztvert sedimentu daļiņas un palielināt hidraulisko uzturēšanās laiku. Pēc tam ūdens iesūcas ar veģetāciju klātā seklā zonā, kur ir noņemta augsnes virskārta. Šajā infiltrācijas zonā veidojas bezskābekļa apstākļi, un denitrifikācijas procesam nepieciešamais ogleklis rodas no veģetācijas, izdaloties ar sakņu eksudātiem vai no nogulsnetām augu atliekām.

Integrētās buferjoslas nodrošina visplašāko barības vielu samazināšanu no lauksaimniecības zemēm, ja salīdzina ar citiem pasākumiem. Piemēram, lai izbūvētu mitrzes, nepieciešami ievērojami rakšanas darbi, lai pārvietotu augsni. Turklāt mitrzes nebūs rentablas zemēs ar zemu hidroloģisko slodzi un tās nebūs efektīvas mazās platībās. Tradicionālās buferjoslas bez papildus grāvja neattīra drenu ūdeni un tikai daļēji aiztur virszemes noteces.

¹² Carstensen et al., 2020

Ieviešana

Paralēli ūdenstecei tiek izrakts grāvis, kurā nonāk drenu caurules, un izplūst tajā. Integrētās buferjoslas otrā pusē, tuvāk ūdenstecei, grunts līmeni pazemina, noņemot apmēram 10-15 cm augsnes virskārtas un izklājot to uz lauka, tā, ka izveidojas paliene. Rakšana tiek veikta tā, lai paliene būtu pilnīgi līdzena un horizontāla. Slēgtais savākšanas grāvis ir aptuveni 4 m plats un infiltrācijas krasts vismaz 4 metrus plats. Tomēr, ja ir pieejami resursi, to var veidot ievērojami platāku un neregulāras formas.

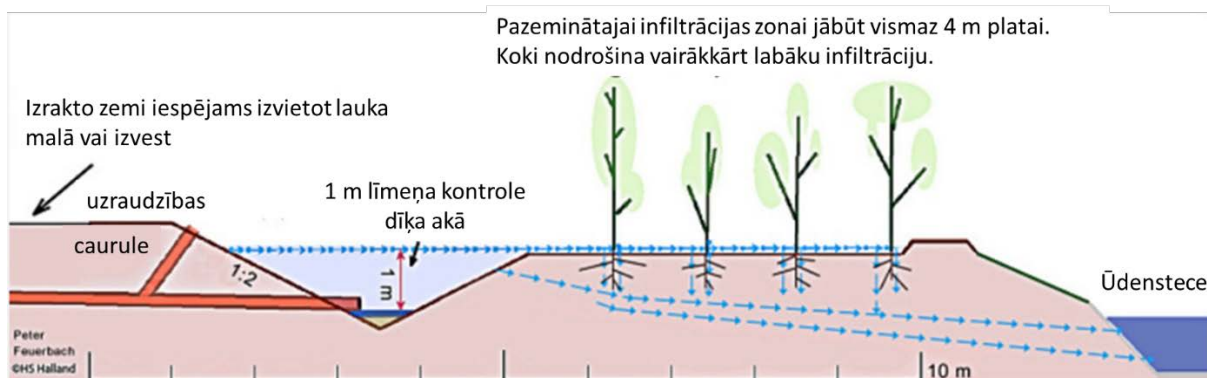
Buferjoslas veidojamas vietās, kur zemes slīpums veicina ūdens kustību caur buferjoslu tuvējās ūdenstecei vai ūdenstilpnes virzienā.

Jāveic sekojošas darbības :

- jāizrok 3 m plats un 30-100 m garš grāvis/dīķis;
- jāizveido vismaz 5 m plata palienes daļa, noņemot pusi no virszemes starp grāvi/dīķi un ūdensteci;
- jāizbūvē uzbēruma/piekrastes zona starp infiltrācijas krastu un ūdensteci;
- jāierīko kontrolaka;
- jāiestāda koki palienes daļā, lai uzlabotu augsnes caurlaidību.

Kontrolaku izvieto grāvī ar izeju uz ūdensteci aptuveni 10 cm virs infiltrācijas krasta līmeņa. Izplūdes līmeni, ja nepieciešams, var pazemināt līdz pat grāvja dibenam. Kad līst lietus un ūdens sāk tecēt no drenu caurulēm, ūdens līmenis grāvī paceļas tik augstu, lai nosegtu infiltrācijas krastu. Tā var būt priekšrocība vasarā, kad ūdeni var ietaupīt. Vēl lielāka lietuss laikā, kad infiltrācijas krasts nespēj uzņemt ārkārtējus ūdens daudzumus, ūdeni novada virs infiltrācijas līmeņa tieši ūdenstecē.

Ja laukiem jābūt pēc iespējas sausākiem, piemēram, kad tie ir jāapstrādā vai jānovāc raža, ūdens līmeni var īslaicīgi viegli un ātri pazemināt, pazeminot ūdens līmeni izplūdes akā līdz tādām līmenim, kas ir netālu no grāvja dibena. Ieteicams infiltrācijas krastā stādīt kokus (vai ļaut tiem izaugt dabīgi), jo tas daudzkārt palielina infiltrācijas spēju (pat līdz 60 reizēm). Pēc 10-15 gadiem var novākt biomasu un iztīrīt grāvī sakrājušos nogulumus. Augu barības vielas ne tikai tiek aizkavētas, lai pa tiešo nenonāktu ūdenstecē, bet tās tiek arī gudri un ilgtspējīgi laistas apritē otrreiz.



3.2. attēls. Integrētās buferjoslas shēma ¹³

Koki infiltrācijas krastā dod vairākas priekšrocības. Koki ietekmē augsnes infiltrācijas īpašības vairākos veidos: tārpi ievieļ augsnē lapas, radot lielus caurumus. Pēc kāda laika, kad uz virsmas sakrājas arvien vairāk lapu, infiltrācijas krasts tiek pasargāts pat no stipra lietus ietekmes, kas uz kaila lauka var ātri aizvērt visas atvērtās augsnes poras.

Vējš rada mehāniskas vibrācijas un spēj izkustināt koku stumbru tā, ka augsnē ap stumbru veidojas atveres. Gar smalkākajām saknēm veidojas plāna ūdens plēve, kas var izplatīt ūdeni tālāk. Vasarā lielu daudzumu ūdens absorbē veģetācija un tas tālāk iztvaiko gaisā.

Ieguvumi

Ir publicēti daudzi zinātniski pētījumi un vadlīnijas par buferjoslu darbību un efektivitāti, un ir dokumentēts, ka to darbība ir cieši saistīta ar vairākiem bioloģiskiem, hidroloģiskiem un ģeoloģiskiem faktoriem. Izklaidētā piesārņojuma samazināšana joprojām ir galvenais buferjoslu uzdevums. Vienkāršo buferjoslu efektivitāte attiecībā uz suspendēto vielu, P, N, pesticīdu un organiskā mēslojuma radītā difūzā piesārņojuma samazināšanu ir dažāda. Vienkāršo buferjoslu piesārņojuma samazināšanas potenciāls ir vislielākais rupjāku sedimentu un ar to saistīto P un pesticīdu daļiņu transportēšanā. Buferjoslu efektivitāte ir mazāka smalko daļiņu un šķīstošo N, P un citu piesārņotāju uztveršanai un noturēšanai.

Iemesli tam ir šādi:

- zāles buferjoslu primārais uzdevums ir palēnināt un noturēt daļiņas no virszemes noteces, savukārt drenu noteci šādas buferjoslas neietekmē;
- ilgākā laika posmā virszemes notece var izveidot īpašus ceļus, kas samazina sedimentu uztveršanu;
- P tiek pārveidots.¹⁴

¹³ Feuerbach, 2016

¹⁴ Stutter et al., 2009

Tādējādi parasto zāles buferjoslu spēja samazināt dažāda veida piesārņotāju daudzumu un pārneses ātrumu ir ierobežota, ja vien to platums nav daudz lielāks par 10 m (Hill, 2018). Tomēr lēna plūsma caur buferjoslu ir ļoti svarīga, lai nodrošinātu piesārņojošo vielu biogeoķīmisko apstrādi (sorbciju, bioloģisko uzņemšanu un noārdīšanos) buferšķīdumā.

Integrētai buferjoslai ir vairākas priekšrocības salīdzinājumā ar vienkāršo buferjoslu – tā samazina gan virszemes, gan drenu ūdeņu barības vielu noplūdes, veicina biodaudzveidību un dod iespēju iegūt papildus biomasu no augiem.

Ieviešanas un uzturēšanas izmaksas

Buferjoslu izveides izmaksas galvenokārt saistītas ar šajās platībās pārtraukto ražošanu. Šo zaudējumu apmēru noteiks ražas potenciāls no buferjoslas, kā arī graudu cenas. Lopkopības saimniecībās var tikt pievienotas izmaksas, kas saistītas ar papildus barības iegādi, ja pieprasījumu vairs nevar apmierināt ar produkciju, kas iegūta no pārējām zemēm. Buferjoslas dažās lopkopības saimniecībās var radīt papildus izdevumus par kūtsmēsli aizvešanu.

Bāze par hektāru 306 eiro + kompensācija par buferjoslu 282 eiro (161 eiro pastāvīgās ganības) = apm. 588 eiro. Galvenie ieguvumi ir palielināta bioloģiskā daudzveidība ūdenstecēs un buferjoslās, augu augšanas samazināšanās strautos, ko izraisa ēnojums no koku veģetācijas gar strautiem, un barības vielu samazināšanās un saglabāšana, kā arī labāka virszemes notece.

Integrēto buferjoslu ierīkošanas izmaksas ir atkarīgas no konkrētai ierīkošanas vietai raksturīgajiem apstākļiem – svarīgākais ir pieplūstošā ūdens apjoms, jo no tā ir atkarīgs buferjoslas garums un platums. Jārēķina arī izmaksas saistībā ar kontrolakas izveidi.

4. Mākslīgie mitrāji

Ir dažādi mākslīgo mitrāju veidi. Šajā nodaļā galvenā uzmanība pievērsta virszemes ūdens plūsmas mākslīgi veidotiem mitrājiem ar sedimentācijas dīķi. Mākslīgajā mitrājā jeb mitrzemē ir viens vai vairāki applūduši grāvji vai baseini, kas paredzēti, lai imitētu dabiskā mitrājā vai purvā notiekošos procesus. Ūdenim lēnām plūstot caur mitrāju, daļiņas nosēžas, patogēni iet bojā, un aizturētās barības vielas izmanto ūdens organismi un augi.

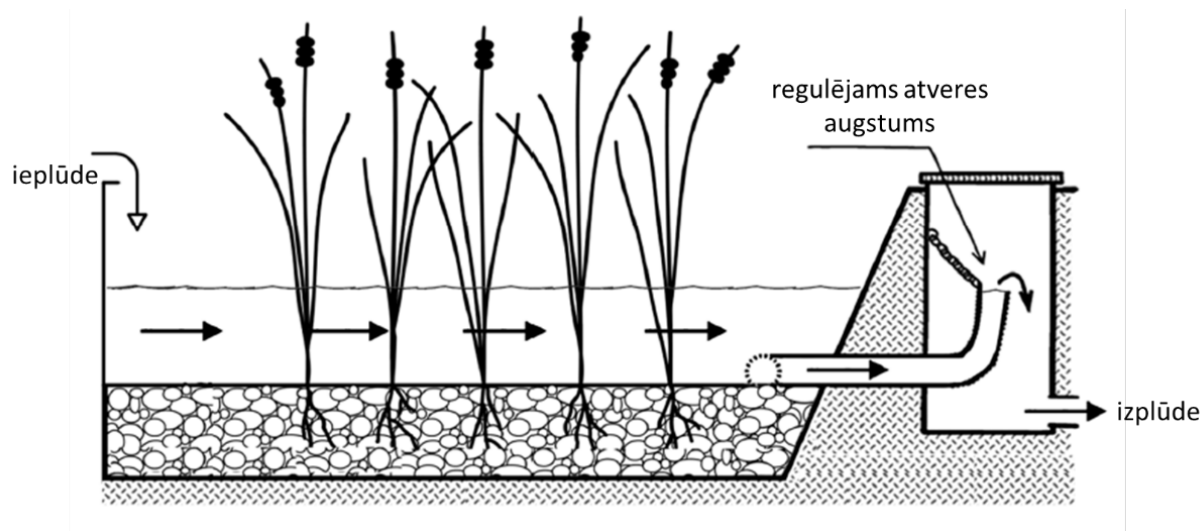
Īsumā par funkcionalitāti

Vēsturiski mākslīgais mitrājs vairāk izmantots kā ūdens uzkrāšanas, nevis ūdens attīrīšanas pasākums. Pēdējās desmitgadēs izbūvētās mitrzemes ir kļuvušas par populāru līdzekli mājāsaimniecību sadzīves notekūdeņu piesārņojuma mazināšanai. Mitrzemes ir populārs lietus ūdens novadīšanas veids, bet gūst arvien lielāku popularitāti arī lauksaimniecības notekūdeņu attīrīšanā.

Mākslīgie mitrāji ir modificētas sistēmas, kas izmanto dabiskus procesus, kas ietver mitrāju veģētāciju, augsni un ar to saistītos mikroorganismus, lai uzlabotu ūdens kvalitāti.

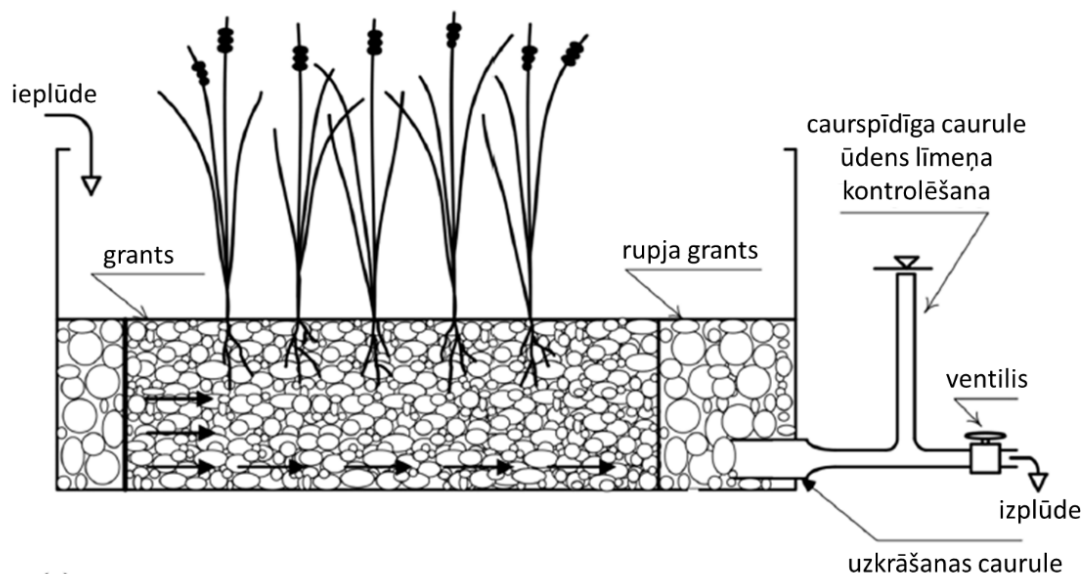
Mākslīgos mitrājus var iedalīt trīs tipos:

- 1) virszemes plūsmas mākslīgie mitrāji;
- 2) pazemes plūsmas mākslīgie mitrāji:
 - horizontālās plūsmas mitrāji;
 - vertikālas plūsmas mitrāji;
- 3) kombinētie mākslīgie mitrāji.

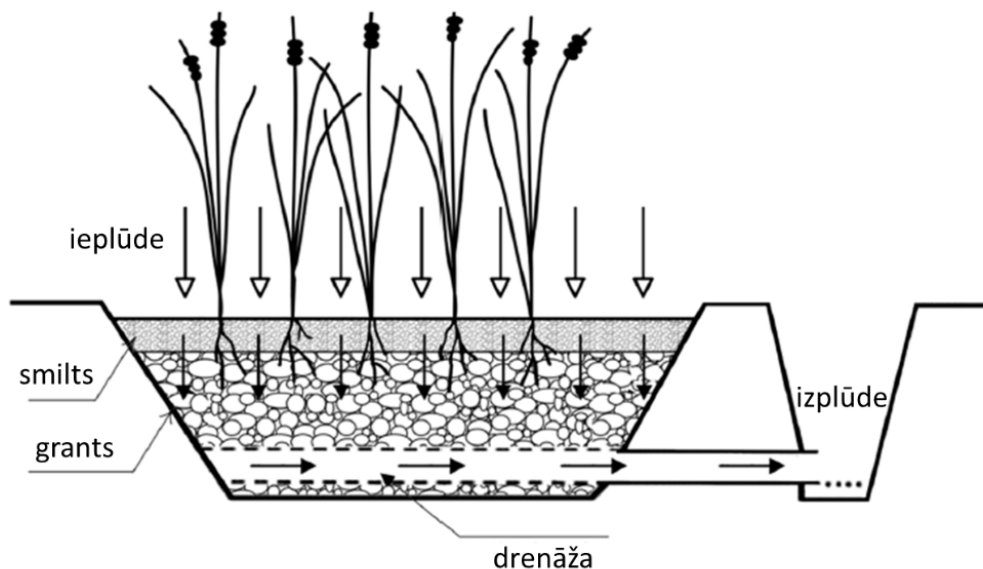


4.1. attēls. Virszemes plūsmas mākslīgo mitrāju shēma ¹⁵

¹⁵ Wang et al., 2018



4.2. attēls. Horizontālās plūsmas mitrāja shēma ¹⁶



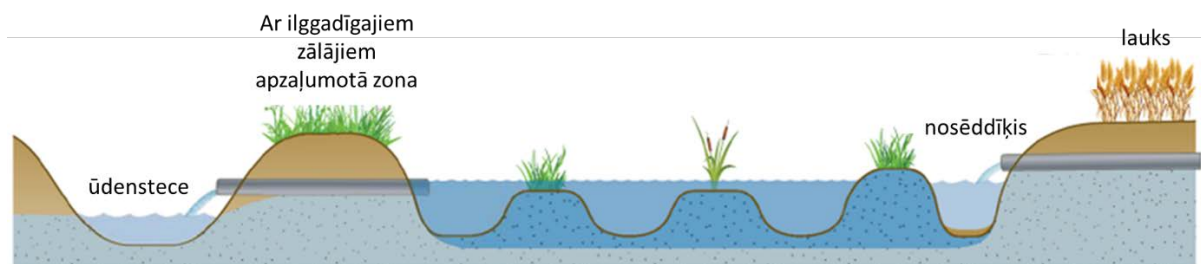
4.3. attēls. Vertikālās plūsmas mitrāja shēma ¹⁷

Virszemes mākslīgos mitrājos drenu ūdens nonāk vienā vai vairākos dziļos grāvjos vai baseinos un seklas veģetācijas zonās, pirms sasniedz izplūdi un galu galā straumi. Dziļās zonas samazina ūdens plūsmu un tādējādi palielina hidraulisko uzturēšanās laiku un veicina

¹⁶ Wang et al., 2018

¹⁷ Wang et al., 2018

denitrifikāciju un sedimentāciju, savukārt seklās veģetācijas zonas piegādā organisko oglekli. Turklāt virszemes mākslīgie mitrāji var uztvert virszemes noteci, ja tie atrodas zemāk. Šādi mitrāji galvenokārt tiek izveidoti vietās ar zemu augšņu caurlaidību, vai bieži tiek noslēgti ar necaurlaidīgiem slāņiem, piemēram, māla membrānām, lai novērstu noplūdi gruntsūdeņos. Mitrājus difūzā piesārņojuma kontrolei sāka veidot 80. gadu beigās ar mērķi izveidot vienkāršas sistēmas, kas imitē dabiskos mitrājos notiekošos procesus.



4.4. attēls. Virszemes plūsmas mākslīgā mitrāja ar nosēddīķi shēma ¹⁸

Mākslīgajiem mitrājiem var būt dažādi dizaini, un literatūrā tos apzīmē ar dažādiem terminiem, piemēram, mākslīgi veidotie mitrāji, mitrzesmes, aizturēšanas dīķi, ieplūdes-izplūdes dīķi, nosēddīķi, noteces mazināšanas pasākumi un ilgtspējīgas meliorācijas sistēmas elementi. Dizaina atšķirības nozīmē, ka tie var būt piemēroti konkrētam laukam, viensētai vai pašvaldībai, un to mērķis ir uzlabot ūdens kvalitāti.

Papildus difūzā piesārņojuma mazināšanai mitrzesmes sniedz arī citus ieguvumus (ekosistēmu pakalpojumus), tostarp oglekļa uzglabāšanu, plūdu riska samazināšanu, nepietiekamu nokrišņu un sausuma noturību, biotopu nodrošināšanu un estētisko kvalitāti. Šiem pakalpojumiem ir dažāda efektivitāte atkarībā no dizaina, klimatiskajiem apstākļiem, augsnēm un sateces baseina īpašībām. Bieži tiek optimistiski pieņemts, ka mitrzesmes nepārtraukti sniedz papildu devumu, neņemot vērā to, ka to efektivitāte laika gaitā var mainīties un to, kā tie tiek pārvaldīti vai uzturēti.

Arī sedimentācijas dīķu dizains var atšķirties. Tie var ietvert dažādus papildus elementus, piemēram, kaļķakmens filtrus, lai vēl vairāk samazinātu barības vielu izskalošanos nekā parastā dīķī.

Ieviešana

Lai gan virszemes mākslīgais mitrājs ir piemērots nelielās pilsētu teritorijās (piemēram, decentralizētu notekūdeņu apstrādei vai viensētu vai mājražotāju ūdeņu uzlabošanai), tas ir vispiemērotākais ierīkošanai piepilsētu un lauku teritorijās, jo nepieciešama pietiekama zemes

¹⁸ Carstensen et al., 2020

platība mitrzesmes ierīkošanai. Tiek pieņemts, ka sedimentu nogulsnešanās ir relatīvi ilgstoša uzkrāšanās. Ja nepieciešams, mitrājos uzkrātos nogulumus var periodiski izņemt.

Projektējot mākslīgo mitrāju, apjoms un platība ir vieni no svarīgākajiem efektīvas attīrīšanas faktoriem. Mitrājam jābūt pietiekami lielam, lai varētu ievērojami samazināt ūdens ātrumu un sedimenti paspētu ūdenī nosēsties. Dažkārt zemes īpašnieku interesē arī citas mitrāju funkcijas, piemēram, ūdens uzkrāšana apūdeņošanai, kas arī prasa lielākus apjomus, un nāks par labu attīrīšanas efektam. Nav stingru norādījumu par vēlamo hidraulisko uzturēšanās laiku, taču kopumā var teikt, ka jo lielāks ir mitrājs, jo labāka ir izvadītā ūdens kvalitāte. Atkarībā no tā, kuras augu barības vielas ir dominējošas (piemēram, slāpekļs, fosfors vai augsnes daļiņas), mitrāju platības prasības būs atšķirīgas. Efektīvu augsnes daļiņu jeb sedimentu uztveršanu var panākt mazākā platībā nekā šķīstošā amonija un nitrātu samazināšanu, savukārt efektīvai šķīstošā fosfora noņemšanai ir nepieciešama lielākā mitrāja platība, ja vien nav pievienots īpašs sorbējošs materiāls.

Piemēram, Īrijā ar gada nokrišņu daudzumu 750–1200 mm, lai panāktu efektīvu šķīstošā fosfora aizturi (<1 mg/l P mitrāja izplūdē), mitrājam ir jābūt 1,3 reizes lielākam par pašu sateces lauku no dzīvnieku fermu pagalmiem. Tomēr, ja mērķis ir panākt optimālu augsnes daļiņu un slāpekļa aizturi, mitrāja lielums var būt ievērojami mazāks. Vispārējs ieteikums mitrājiem, kas izveidoti, lai ievērojami samazinātu slāpekļa koncentrāciju notecē no lauksaimniecības zemēm – tiem jābūt vismaz 2% no sateces baseina reģionos, kur nokrišņu daudzums ir 500–700 mm gadā.

Pilsētas lietis ūdens dīķi ir paredzēti aiztures laikam 1-3 dienas, lai panāktu labu augsnes daļiņu izgulsnešanos un ievērojami pazeminātu daļiņu koncentrāciju izplūdes ūdenī. Ja maksimālais nokrišņu daudzums ir 20 mm dienā, 5000 m² lielam pagalmam būtu nepieciešams 0,5 m dziļš mitrājs 200 m² platībā, lai teorētiskais aiztures laiks būtu viena diena. Tā kā nokrišņu daudzums ievērojami atšķiras, izmēriem jābūt balstītiem uz zināšanām par maksimālo paredzamo nokrišņu daudzumu konkrētajā teritorijā un to biežumu. Var izmantot, piemēram, maksimālo nokrišņu daudzumu, kas notiek ik pēc diviem gadiem, lai noteiktu lietis ūdens uztveres baseinu izmērus.

Ieguvumi

Pārdomāti izveidotie dažādie mākslīgo mitrāju komponenti (veģetācija, augsne un hidroloģija ar saistīto mikroorganismu kopums) var efektīvi darboties, lai nodrošinātu ūdens kvalitātes uzlabošanu. Pateicoties izmaksu efektivitātes un zemā enerģijas patēriņa priekšrocībām, mākslīgos mitrājus sekmīgi varētu izmantot sekundāro sadzīves notekūdeņu attīrīšanai.

Mākslīgie mitrāji ir ieviesti un pētīti dažādās valstīs visā pasaulē, jo īpaši Ziemeļeiropā un Rietumeiropā. Francijā un Anglijā mākslīgos mitrājus izmanto automaģistrāļu noteces attīrīšanai, dažos gadījumos līdz pat 100 % atdalot smagos metālus, piemēram, kadmiju. Dānija un Vācija izmanto mākslīgos mitrājus, lai attīrītu sadzīves notekūdeņus, lai samazinātu bioķīmisko skābekļa patēriņu un arī atdalītu slāpekli (N) un fosforu (P), parasti par 30–50 %.

Norvēģija, Somija un Igaunija attīra difūzus lauksaimniecības piesārņojuma avotus, noņemot suspendētās cietās vielas un augu barības vielas, galvenokārt kopējo P. Vidēji tie ievērojami samazina P un N no notekūdeņiem, pilsētu un lauksaimniecības noteces. Tika secināts, ka nepieciešami turpmāki pētījumi par hidrauliskās slodzes ietekmi uz mitrājiem, kā arī tika konstatēts, ka mitrājiem ar barības vielu slodzes ātrumu, ko noteica nokrišņi, bija ievērojami zemāka P samazināšanas efektivitāte nekā mitrājiem ar kontrolētu slodzi.

No mitrzesmes izplūstošā ūdens kvalitāte ir atkarīga no vairākiem faktoriem, tostarp mākslīgā mitrāja iekšējās vides apstākļiem. Iekšējie apstākļi, piemēram, temperatūra, ūdeņraža jonu koncentrācija (pH), izšķīdušais skābeklis ietekmē un maina dažādus būtiskus piesārņotāju samazināšanas procesus: sedimentāciju, filtrēšanu, nogulsnešanos, iztvaikošanu, absorbciju, uzņemšanu ar augiem un mikrobioloģiskos procesus.

Citā pētījumā konstatēts, ka ūdens piesārņojošo vielu samazināšanas efektivitāti ne tik daudz ietekmē vides faktori kā augu sugas. Augi spēj kontrolēt barības vielu samazināšanas procesus, nodrošinot dažādas mikroorganismu sugas, kas kalpo kā starpnieks izņemšanas procesā. Tāpēc ir svarīgi izvēlēties tādus augus, kam ir plaša/dziļa sakņu sistēma, lai augsne būtu īrdenāka, veidotos vairāk organisko vielu un tādējādi filtrēšana tiktu efektīvizēta. Tomēr konkrētu augu efektivitāte Latvijas apstākļos vēl jāpēta un jānovēro. Mitrāji ar kaļķakmens filtriem var atdalīt 20 - 30% fosforu un vismaz 10% slāpekļa no drenu ūdeņiem¹⁹.

Lai kāds būtu mitrāja galvenais mērķis, vienmēr var veikt dažādus pasākumus, lai uzlabotu apstākļus floras un faunas attīstībai. Viskritiskākais posms ir pārejas zona starp ūdeni un zemi (litorālā zona). Ziemeļeiropas dabiskajos mitrājos vasarā un ziemā bieži ūdens līmenis ir zemāks nekā pavasarī un rudenī. Pazemināts ūdens līmenis atklāj piekrastes zonu, kur daži ūdensaugi izžūst. To vietā izaug citi augi, kuri, savukārt, paaugstinoties ūdens līmenim, var applūst un iet bojā. Šī dabiskā stresa situācija pludmalēs liek daudzām augu sugām sacensties par vietu piekrastes zonā. Šādi dabiski traucējumi rada biotopus, kas kļūst vērtīgi vairākām dzīvnieku sugām. Stabils ūdens līmenis bieži ir labvēlīgs monokultūrām, kur viena vai dažas sugas izplešas uz visu pārējo rēķina. Augu daudzveidību veicinās piekrastes zonas noganīšana vai nopļaušana. Lēzenas nogāzes un garas neregulāras piekrastes zonas nodrošina daudz lielāku bioloģiskās daudzveidības potenciālu nekā taisnas piekrastes zonas ar stāvām nogāzēm.

Dzīvniekiem jādod piekļuve aizsardzībai, piemēram, starp akmeņiem, zem vai virs ūdens, un tiem jāatrod piemērotas vietas olu dēšanai. Akmeņi, smiltis, zari, nokaltis koks, īsa un gara zāle, sala, tilts, sekla teritorija pāri mitrājam – viss varētu derēt. Diemžēl mēs ne vienmēr precīzi zinām, kam mūsu mazie draugi dod priekšroku. Tāpēc labākais, ko varam darīt viņu labā – nodrošināt pēc iespējas vairāk iespēju izvēlēties piemērotāko dzīvotni.

¹⁹ <https://balticsea2020.org/english/alla-projekt/overgodning/eutrophication-completed-projects/223-sedimentation-ponds-limestone-filters-wetlands/>

Ieviešanas un uzturēšanas izmaksas

Latvijā visvairāk informācijas par mākslīgiem mitrājiem devusi LBTU Vides un būvzinātņu fakultātes Vides un ūdenssaimniecības katedras pētniece Linda Grinberga, viņas promocijas darbā atrodams pat īpašs kalkulators, ar kura palīdzību var aprēķināt vēlamās gan virszemes, gan pazemes plūsmas mitrāja dimensijas.

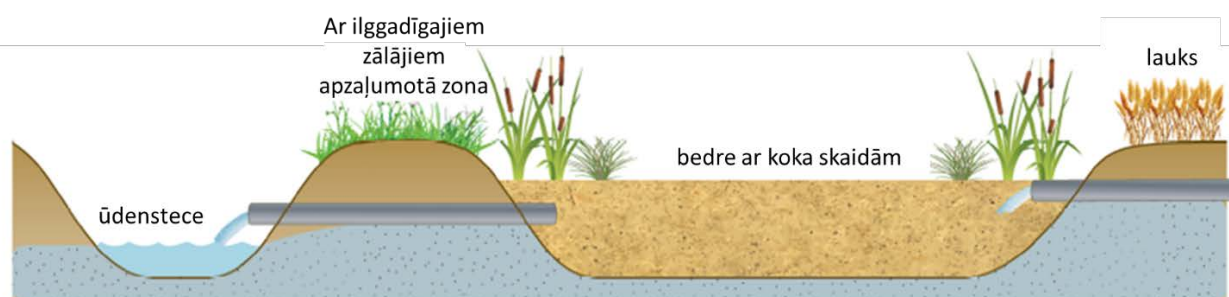
5. Denitrifikācijas bioreaktors

Denitrifikācijas jeb koka šķeldas bioreaktors ir nedaudz atšķirīga pieceja slāpekļa samazināšanai no drenu ūdens. Tas ir līdzīgs integrētajai buferzonai – arī šajā gadījumā zaļā elementa ietvaros tiek izveidots papildu grāvis vai bedre. Taču bedre tiek piepildīta nevis ar ūdeni, bet ar sausu filtra materiālu – parasti koka skaidām, kas uztver noteci, pirms tā sasniedz piekrastes zonas augsnes daļu.

Īsumā par funkcionalitāti

Denitrificējošie bioreaktori ir vēl viena pasīva pieceja slāpekļa attīrīšanai. To darbības mehānisms – ar nitrātiem bagātu ūdeni novada anaerobā tranšējā, kurā ir pastāvīgs oglekļa avots. Oglekļa avotam ir tāda struktūra, kas denitrifikācijas procesā samazina nitrātu slāpekļa koncentrāciju drenu ūdeņos. Ūdens aizturēšana uz noteiktu laika periodu nodrošina pietiekamu denitrifikāciju.

Bioreaktorā drenu ūdens tiek novadīts horizontāli vai vertikāli caur bedri vai baseinu, kas piepildīts ar filtrējošu substrātu (piemēram, dažāda veida koksnes skaidas, kas sajauktas ar granti, augsni vai citiem materiāliem), pirms tas sasniedz izplūdes atveri (sk. 5.1. attēlu). Filtrējošais substrāts var būt tiešā saskarē ar gaisu vai noslēgts zem augsnes slāņa bioreaktora augšpusē. Līdzīgi kā virszemes plūsmas mākslīgajam mitrājam, pamatne ir izklāta ar necaurlaidīgām membrānām, lai izvairītos no iespējamās noplūdes gruntsūdeņos, ja tā atrodas uz ūdeni caurlaidīgām augsnēm. Denitrifikācijas bioreaktori ir pazīstami arī kā pazemes plūsmas konstruētie mitrāji, denitrifikācijas gultnes vai biofiltri. Pirmo izmēģinājuma pētījumu ar bioreaktoru (Kanāda, 1994) iedvesmoja notekūdeņu attīrīšanas iekārtas. Tomēr, atšķirībā no notekūdeņu attīrīšanas iekārtām, denitrifikācijas bioreaktors tika izstrādāts, lai veicinātu anaerobus apstākļus, un ar oglekli bagāts filtra materiāls tika pievienots, lai nodrošinātu denitrifikāciju.



5.1. attēls. Denitrifikācijas bioreaktora shēma ²⁰

²⁰ Carstensen et al., 2020

Ieviešana

Bioreaktorus var ieviest vietās, kur nepieciešams samazināt tieši nitrātu slāpekļa koncentrāciju drenu ūdeņos. Šī prakse neattiecas uz pazemes ūdeņiem, kā arī terasēm, kur ūdens avots galvenokārt veidojas no virszemes noplūdēm.

Bioreaktora dizainam ir jāatbilst vienam no šiem kritērijiem:

- Jānodrošina tāda jauda, lai attīrītu vismaz 15 procentus drenu ūdeņu no maksimālās plūsmas. Aprēķinot projektēto drenu plūsmu, nevajadzētu ņemt vērā plūsmu no virsmas ieplūdes. Bioreaktora hidrauliskajam uzturēšanās laikam jābūt vismaz 3 stundas pie maksimālās plūsmas.
- Projektētā jauda, hidrauliskais uzturēšanās laiks un nitrātu samazināšanas intensitāte, lai panāktu kopējo nitrātu samazinājumu par 20 procentiem no drenu sistēmas vidējās gada plūsmas, ņemot vērā bioreaktorā caurplūdušo plūsmu un apvada plūsmu.

Jāizvēlas oglekļa materiāli, kas ir salīdzinoši rupji, ar zemu smalko daļiņu procentuālo daudzumu, ar zemu augsnes vai citu piesārņotāju saturu un kas būs pietiekami izturīgi, lai kalpotu 10 gadus, vai arī pēc vajadzības var tikt noņemti un nomainīti. Pirms substrāta ievietošanas tranšējā jāizklāj sienas un dibens ar ģeotekstila vai plastmasas membrānu, lai novērstu augsnes nonākšanu substrātā.

Virš bioreaktora virsmas jāizveido augsnes slānis, un tam var izmantot ģeotekstilu, lai atdalītu materiālu no augsnes. Ieteicams izmantot neaustu, II klases ģeotekstilu.

Visbiežāk izmantotā oglekļa substrāts ir koka šķelda. Izvēloties šķeldu, jāņem vērā šādi kritēriji:

- koksnes sugas ar zemu tanīna saturu²¹;
- deviņdesmit procentu šķeldas ir 1–2 collas garas;
- nevajadzētu izmantot pret puvi izturīgus kokus, piemēram, ciedru vai sarkankoku²²;
- nevajadzētu izmantot koksni, kas ir krāsota vai apstrādāta, lai nodrošinātu koksnes izturību pret trupi.

Nevajadzētu izmantot šķeldu, kas satur ievērojamu daudzumu zāģu skaidu, lapu atlieku, mizas vai augsnes daļiņas.

Bioreaktors jāplāno tā, lai ieplūde sadalītos visas tranšejas platumā. Tranšējām, kuru garuma un platuma attiecība ir platāka par 4:1, jāizveido ieplūdes sadales sistēma, lai katras ieplūdes vietas platums nepārsniegtu 25 procentus no tranšejas garuma. Jāuzber šķelda bedres centrā vismaz 10 procentu apjomā no kopējā materiāla daudzuma.

²¹ Zane Lībierte norāda, ka Latvijā tādas ir alksnis, vītols, apse, bērzs; kopumā koki ar gaišu koksni ir ar zemāku tanīna saturu, ar tumšu – ar augstāku.

²² Zane Lībierte norāda, ka Latvijas apstākļiem raksturīgie koki šajā gadījumā ir ozols un citi cietie lapu koki; arī priele un egle varētu nebūt piemēroti koki (sveķu dēļ).

Jāizstrādā bioreaktora ieplūdes un izplūdes ūdens kontroles sistēma, lai nodrošinātu nepieciešamo jaudu un hidrauliskās uzturēšanās laiku. Jāiestata augštecē ūdens kontroles sistēma tā, lai izvairītos no augiem, kam patīk paaugstināts ūdens līmenis. Ja topogrāfija ir tāda, ka plānotais ūdens līmenis augšpus bioreaktora negatīvi ietekmēs ražu, ūdens līmeni bioreaktora augštecē jāregulē. Jāprojektē ūdens kontroles struktūra, lai droši apietu plūsmas, kas pārsniedz projektēto jaudu. Jāiekļauj zema līmeņa atvere izplūdes ūdens kontroles konstrukcijā, lai nodrošinātu bioreaktora iztukšošanu ne ilgāk kā 48 stundu laikā periodos, kad plūsma ir zema vai tās vispār nav. Turklāt, lai atvieglotu darbību un apkopi, jānodrošina izeja, lai pilnībā varētu iztukšot bioreaktoru.

Bioreaktors jānovieto pietiekami tālu no labības laukiem, lai lauku varētu apsaimniekot, nebraucot pāri bioreaktoram, un tādā augstumā, lai nodrošinātu labības lauku pareizu drenāžu. Lai nodrošinātu, ka šķeldu nesabietē tehnika, kas brauc tai pāri, jādrošina aizsardzība vai jāizvieto nožogojumi, lai novērstu bojājumus.

Jānovērtē zona ap bioreaktoru, lai novirzītu virsmas noteci no tā un nodrošinātu, ka ūdens neuzkrājas ap bioreaktoru.

Plānojot, projektējot un uzstādot denitrifikācijas bioreaktorus, jāņem vērā:

- Denitrifikācijas bioreaktori var efektīvi darboties ar citām metodēm un uzraudzības sistēmām, lai panāktu turpmāku nitrātu slāpekļa līmeņa samazinājumu.
- Nitrātu koncentrācijas noteikšana drenu izplūdes ūdenī pirms bioreaktora projektēšanas palīdzēs noteikt tranšējas parametrus. Šī informācija būs noderīga arī uzraudzībai, kas notiek pēc izveides.
- Bioreaktori darbojas, pateicoties dažādu baktēriju kolonijām, kas izvietojas oglekļa barotnē. Inokulāciju²³ var veikt, pievienojot notekūdeņus no esoša bioreaktora.
- Cauruļvadi bioreaktorā laika gaitā var aizsērēt. Apsveriet iespēju iekļaut vertikālas tīrīšanas caurules, lai varētu "izspiest" visas aizsērējušās caurules.
- Ir svarīgi saglabāt oglekļa barotnes porainību, lai nodrošinātu, ka ūdens vienmērīgi plūst cauri un nerada sastrēgumus sistēmā. Grants sajaukšana ar nepieciešamo šķeldas daudzumu var palīdzēt saglabāt nepieciešamo porainību.
- Palaišanas laikā plūsma no denitrifikācijas bioreaktora var saturēt izskalotas organiskās vielas un dažas augu barības vielas. Ja plūsma no reaktora nonāk tieši straumē vai citā ūdenstilpē, var būt nepieciešams veikt darbības, lai mazinātu sākotnējo kaitīgo ietekmi.
- Denitrifikācijas bioreaktori var dot efektu visu gadu, ne tikai ražas sezonas laikā. Tāpēc, ja plānotais ūdens paaugstinājums negatīvi neietekmē kultūraugus vai lauka darbus, jā saglabā plānotais ūdens pacēlums visu gadu.

²³ Inokulācija - dzīvu mikroorganismu ievadīšana barotnē, augsnē, auga vai dzīvnieka organismā (Tezaurs.lv)

Ieguvumi

Šķeldas bioreaktori nodrošina denitrifikācijas procesu ar nitrātiem bagātu drenu ūdeņu attīrīšanai. Fosfora pārvērtības denitrifikācijas bioreaktorā bieži tiek ignorētas. Ir plaši atzīts, ka šķeldas bioreaktoriem ir negatīvs uzsākšanas efekts, kurā šķelda var izskalot nevēlamas vielas, piemēram, izšķīdušo organisko oglekli, amoniju (NH_4^+), kopējo slāpekli un izšķīdušo fosforu. Izskalošanās apmērs ir atkarīgs no tādiem faktoriem kā oglekļa veids, hidrauliskais uzturēšanās laiks un temperatūra. P samazināšana bioreaktoros notiek tad, ja tie ir savienoti pārī ar fosfora filtriem vai pārveidotiem bioreaktoriem. Piemēram, šķeldas apstrāde ar 10% ūdens attīrīšanas iekārtu atliekām, kas satur alumīniju.²⁴

Ieviešanas un uzturēšanas izmaksas

Šķeldas bioreaktora izmaksas Latvijā nav aplēstas, jo šāds reaktors vēl nav uzbūvēts. Izmaksas veidojas no rakšanas darbiem, lai izveidotu attiecīgā lieluma tranšeju, izolācijas materiāla un šķeldas pildījuma. Papildus nepieciešams aprīkojums drenu ūdeņu novadīšanai.

²⁴ Bailon, 2020 jeb Bailon, S., B., A., P. (2020). *Dissolved phosphorus removal in denitrifying bioreactors: field and laboratory studies*. Dissertation, University of Illinois. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/2142/108627>

6. Strukturētā kaļķošana

Strukturētā kaļķošana ir augsnes uzlabošanas metode, ko plaši izmanto Amerikas Savienotajās Valstīs. Tā ir kaļķa iestrāde mālainā augsnē. Kaļķis rada augsnē tādu reakciju, kas uzlabo augsnes stāvokli, kā arī padara virszemes noteci no lauka mazāk kaitīgu ūdenstilpēm.

Īsumā par funkcionalitāti

Māla augšņu strukturālā kaļķošana nāk par labu gan ūdeņiem, gan lauksaimniekam. Labas struktūras augsni ir vieglāk apstrādāt, un tā var palielināt ražu, jo spēj aizturēt ūdeni un barības vielas.

Strukturālā kaļķošana uzlabo augsnes struktūru mālainās augsnēs. Kalcija joni mijiedarbojas ar māla minerāliem un veido porainus agregātus. Labāka augsnes struktūra palielina ūdens infiltrācijas spēju un līdz ar to samazina virszemes noteces un erozijas riskus. Tas arī samazina saraušanos un plaisu veidošanās risku, kur ūdens sadala augsnes daļiņas. Augsnes daļiņu erozija varētu būt galvenais fosfora zuduma avots mālainās augsnēs.

Ieviešana

Priekšnoteikums ir labi funkcionējoša lauka drenāža un mālu saturs vismaz 15%. Lai panāktu vislabāko efektu, strukturālo kaļķošanu veic tūlīt pēc ražas novākšanas, kad augsnes mitruma saturs ir zems un ir augsne ir iesilusi. Svarīga ir arī iestrādāšana augsnē tūlīt pēc izkliešanas.

Ieguvumi

Strukturālās kaļķošanas galvenais devums ir uzlabota ūdens infiltrācijas spēja, samazināti fosfora zudumi un uzlabota produktivitāte. Bioloģiskā aktivitāte augsnē var palielināties, kas nozīmē lielāku bioloģisko daudzveidību un augstāku organisko vielu saturu augsnē. Efekts ir ilgstošs, ja augsnes stāvoklis ieviešanas brīdī ir optimāls, proti, augsne nav pārmitra un sasalusi.

Galvenie kaļķošanas efekti:

- Ķīmiskie – pH, bāzes piesātinājums, barības vielu pieejamība;
- Bioloģiskie – ietekmē mikrofloru un faunu;
- Fizikālie – augsnes struktūras izmaiņas.

Kaļķošana var ietekmēt māla augsnes agrotehniskās īpašības, piemēram:

- Agregātu izmēru, sadalījumu un stabilitāti;
- Sausuma noturību;
- Tilpummasu un poru izmērus;
- Ūdens infiltrācijas un hidraulisko vadītspēju;
- Augsnes garozas veidošanos, stiepes izturību un saraušanos;

- Barības vielu izskalošanos.

Ieviešanas un uzturēšanas izmaksas

Latvijā tieši strukturētā kaļķošana ir mazāk izplatīta nekā pamatkaļķošana un uzturošā kaļķošana, kuru uzdevums ir paaugstināt augsnes skābumu līdz kultūraugiem optimālam līmenim. Piemēram, optimāls pH kviešiem, rapšiem, pākšaugiem ir pH 6 – 7, taču daļa Latvijas augšņu ir ar pazeminātu pH 4,5-5,5. Lai paaugstinātu pH par 0,1 iedaļu nepieciešama 1 t CaCO₃ ekvivalenta. Augsnes skābuma mazināšana palielina dažu augu barības elementu pieejamību no augsnes, piemēram, fosfora, kas ļauj samazināt mēslojuma apjomu un tādējādi novēršot arī izskalošanos.

Kaļķošanas izmaksas ir dažādas, atkarībā no kaļķošanas materiāla, piemēram, dolomītmiltu, kaļķakmens miltu, kaļķa u.c. izejvielu izmaksām un transportēšanas izmaksām no ieguves vietas. Nav nekādu uzturēšanas izmaksu.

7. Ģipšošana

Ģipša iestrādāšana augsnē arī ir kalpošanas metode. Ģipsis rada labvēlīgus apstākļus augsnē un samazina saimniekošanas ietekmi uz vidi.

Īsumā par funkcionalitāti

Ģipsis ir kalcija sulfāts ar divām saistītām kristāla ūdens daļiņām ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$). Ģipsis ir dabā sastopams minerāls, bet arī rūpniecības blakusprodukts. To var viegli pārstrādāt. Ja ir zināma ģipša izcelsme un apstiprināts, ka tā saturs ir tīrs, tas ir drošs lietošanai lauksaimniecībā. Ģipsi var izmantot, lai samazinātu fosfora izskalošanos no laukiem, jo tas izšķīstot augsnē sāk iedarboties uzreiz, izšķīstot kalcija un sulfāta jonus. Augsnes daļiņas tuvojas viena otrai un veido lielākas mikrodaļiņas. Kalcijs veido tiltus starp augsnes daļiņām. Turklāt fosfors var ciešāk saistīties uz augsnes daļiņu virsmas, samazinot augsnes ūdenī esošo fosfora daudzumu. Vienlaikus fosfors augiem ir pieejams tāpat kā iepriekš. Ģipša sastāvā esošā sulfāta negatīvā ietekme upes vidē nav novērota. Taču tā varētu būt potenciāli nelabvēlīga ģipša blakusparādība, tāpēc nav ieteicams to izkliegt pazemes ūdeņu veidošanās zonās un ezeru sateces baseinos. Ir arī konstatēts, ka ģipsis pasliktina selēna uzņemšanu augos pirmajā gadā pēc izkliešanas.

Ieviešana

Ģipsis tiek izkliegt ar kalpošanas materiāla vai kūtsmēsli izkliegtāju. Pētījumu rezultāti liecina, ka 4 t/ha ģipša ir pietiekama deva, lai panāktu efektīvu ūdens aizsardzību. Ģipsis jāizkaisa pēc ražas novākšanas un pirms augsnes apstrādes. Tas ir piemērots visām augsnes apstrādes metodēm: aršanai, vieglai apstrādei un bezaršanai. No ūdens aizsardzības viedokļa vislabākais rezultāts tiek sasniegts, ja pēc izkliešanas lauks tiek viegli apstrādāts, jo tad ģipsis vienmērīgāk iesūcas augsnē un mazāk izskalojas no virskārtas. Tiešo sēju nedrīkst veikt uzreiz pēc ģipša izkliešanas, jo var tikt kavēta dīgtspēja. Ģipsi var kaisīt uz rugāju laukiem rudenī, ja lauksaimnieks plāno tiešo sēju pavasarī. Ģipsi nedrīkst kaisīt uz sniega vai sasalušas zemes, jo ģipsis, pirms tas izšķīst augsnē, var tikt noskalots ar sniega kušanas ūdeni vai lietu. Lai novērstu augsnes sablīvēšanos, ja iespējams, ģipsis jāizkaisa sausajā periodā. Ieteicams izkaisīt diezgan drīz pēc nogādāšanas fermā. Ja nepieciešams, ģipsi var glabāt lauka malā, no vēja un lietus pasargājot, piemēram, ar brezentu. Tas novērsīs ģipša izplatīšanos vidē un novērsīs kaudzes virsmas sacietēšanu. Ģipša sacietēšana var kavēt un ietekmēt vienmērīgu izkliedi.

Somijā ģipsis ir pieejams kā Siilinjärvi fosforskābes rūpniecības blakusprodukts. Ģipsis veidojas procesā, kurā lokāli iegūts apatīts tiek izšķīdināts sērskābē. Tā kā Siilinjärvi apatīts nesatur smagos metālus vai radioaktivitāti, tā procesā iegūtais ģipsis ir droši lietojams.

Ieguvumi

Ģipsis samazina eroziju, daļiņu fosfora un izšķīdušā reaktīvā fosfora izskalošanos no laukiem ar augstu māla saturu. Var samazināt arī organiskā oglekļa izskalošanos. Pēc izkliedēšanas ģipsis salīdzinoši ātri izšķīst kalcijs un sulfāta jonus, palielinoties jonu stiprumam, vairāk fosfora saistās ar māla daļiņām un samazinās izskalošanās. Lauki, kas apstrādāti ar ģipsi, ir mazāk pakļauti erozijai. Ģipsis neietekmē augsnes pH.

Ir konstatēts, ka ietekme ilgst piecus gadus. Joprojām ir nepieciešami pētījumi par ilgtermiņa ietekmi un ietekmi uz augsnēm, kurās nav liels māls saturs.

Ietekme	
Ūdens aizturēšana	
N aizturēšana	
P aizturēšana	
Gruntsūdeņu filtrēšana	
Produktivitāte	
Biodaudzveidība	
Oglekļa uzkrāšana	
SEG samazināšana	

Labā/pozitīva

Vidēja

Negatīva

Nav zināma

Nav attiecināms

7.1.attēls. Ģipšošanas ietekme²⁵

Ieviešanas un uzturēšanas izmaksas

Saskaņā ar SAVE projekta rezultātiem 2016. gadā liela mēroga pilotprojektā ģipsis tika transportēts no Somijas austrumiem uz Somijas dienvidrietumiem (apmēram 500 km) ar 144 kravas automašīnām. Ģipša iestrādāšanas kopējās izmaksas bija 220 eiro par hektāru, no kuriem lielāko daļu sastādīja transporta izmaksas. Samazinot fosfora slodzi no lauksaimniecības, izmaksas bija 60–70 eiro par kilogramu P – ievērojami mazāk nekā citu šobrīd pieejamo pasākumu izmaksas.

Latvijā ģipšošana netiek veikta, jo ģipsi iegūst tikai vienā karjerā un to izmanto celtniecības un medicīnas vajadzībām.

²⁵ Uusi-Kämppä & Salo, 2022

8. Starpkultūras

Starpkultūras sēj pēc galvenā kultūrauga novākšanas augustā – septembrī. Tās turpina augt un uzņemt barības vielas, mazinot barības vielu izskalošanos un zudumus, kā arī mazīna augsnes eroziju.

Īsumā par funkcionalitāti

Latvijā atbalstu par starpkultūrām var saņemt, ja izpilda sekojošus nosacījumus:

- jāsēj vismaz divi kultūraugi maisījumā: vasaras rapsis, viengadīgā airene, baltās sinepes, rapsis, auzas, facēlija, griķi, vasaras vīķi, ziemas vīķi, rudzi, pupas, zirņi vai lopbarības redīsi, ne vēlāk kā līdz kārtējā gada 1.septembrim;
- starpkultūru sējums jā saglabā vismaz līdz kārtējā gada 31.oktobrim;
- aizliegts izmantot AAL laika posmā no 1. septembra līdz 31. oktobrim.

Pēc kultūraugiem ar īsāku veģetācijas periodu (pākšaugiem, ziemājiem, agražiem kartupeļiem) paliek augsne bez seguma vairākus mēnešus gadā, jo īpaši, ja paredzēts sēt vasarājus. Šis periods bez augu seguma – no augusta līdz oktobrim – ir piemērots starpkultūru audzēšanai.

Starpkultūru audzēšanai ir sekojoši ieguvumi:

- Pēc galvenā kultūrauga novākšanas starpkultūras nekavējoties pārklāj augsnes virsmu, pasargājot to no tiešas atmosfēras ietekmes, augsnes erozijas un izžūšanas.
- Uzkrājot barības vielas savā biomasā, tiek samazināta barības vielu izskalošanās un notiek pakāpeniska barības vielu pārnese nākamajiem kultūraugiem.
- Augsnes uzirdināšana starpkultūru sēšanas laikā rada labvēlīgus apstākļus ne tikai starpkultūru, bet arī nezāļu sēklu dīģšanai. Blīvā starpkultūru seguma strauja augšana efektīvi nomāc nezāļu augšanu un novērš to sēklu izplatīšanos.
- Starpkultūras palielina augsnes organiskā oglekļa krājumus, stimulē augsnes mikrobioloģiskos un barības vielu cirkulācijas procesus.
- Starpkultūras ar dziļi iekļūstošām saknēm irdina augsni un uzņem barības vielas no dziļajiem augsnes slāņiem, kas nav pieejami citiem kultūraugiem.
- Starpkultūras palielina lauka bioloģisko daudzveidību, var nomākt kultūraugu slimības un kaitēkļus. Starpkultūrām ir dažādas īpašības. Stiebrzāles parasti ir aukstumizturīgākas un rada atliekas, kas ir visizturīgākas pret sadalīšanos; pākšaugi var veicināt N uzkrāšanu, fiksējot gaisa slāpekli (N_2); un krustziežu dzimtas augi var visstraujāk izaugt siltos laika apstākļos, spējot uzņemt lielu daudzumu N.

Ieviešana

Sējot starpkultūru pēc iespējas ātrāk pēc labības ražas novākšanas, augsne visu laiku tiek uzturēta aktīva. Slāpekļa izskalošanās tiek samazināta līdz minimumam, un tiek maksimāli palielināts organisko vielu daudzums, augsnes virskārtā. Starpkultūras var iesēt tieši rugainē



vai izkaisīt uz kultivētas augsnes, atsevišķos gadījumos starpkultūras var izkaisīt virs pamatkultūras īsi pirms ražas novākšanas. Tā kā maisījumos ir gan lielas, gan mazas sēklas, ieteicamais sēšanas dziļums 1,5-3 cm. Pieveļšana ir svarīga, lai nodrošinātu labu augsnes un sēklu kontaktu un palīdzētu uzturēt augsnes mitrumu dīgšanai un augšanai. Organisko mēslojumu var lietot pirms kultivēšanas/sēšanas, lai nodrošinātu augiem nepieciešamās pamata barības vielas. Tas palielinās augšanu un biomasas veidošanos. Augsnē esošās barības vielas starpkultūras uzkrāj savā biomasā un pēc sadalīšanās pavasarī tās nonāk nākamajam kultūraugam. Pavasarī starpkultūru iestrādāšanu var veikt arot, diskot vai izmantot tiešo sēju.

Ieguvumi

Viens no galvenajiem argumentiem, lai starpkultūras iekļautu augmaiņā, ir to spējas uzņemt barības vielas un tādējādi samazināt slāpekļa zudumus. Pētījumi liecina, ka augsnes minerālā N palielināšanos rudenī ietekmē ne tikai intensīva kultūraugu mēslošana, bet arī intensīva augsnes organisko vielu sadalīšanās. Piemēram, izpētīts, ka Ziemeļlietuvā smilšmāla augsnēs pēc galvenā kultūrauga novākšanas augsnē paliek no 20 līdz 110 kg/ha slāpekļa. Tas rada nopietnu ūdens piesārņojuma risku. Vislielākais slāpekļa izskalošanās risks ir vieglās augsnēs ar zemu sorbcijas spēju. Tomēr, ņemot vērā lielo māla daļiņu daudzumu, kas nosaka smagas augsnes saistošās īpašības, nevienmērīgu nokrišņu sadalījumu veģetācijas periodā, slāpeklis var tikt zaudēts arī no smagajām augsnēm ne tikai izskalošanās, bet arī virszemes noteces rezultātā.

Slāpekļa pārpalikums augsnē pēc ražas novākšanas ir atkarīgs no vairākiem faktoriem:

- Audzējamo kultūraugu sugas. Lielākais barības vielu pārpalikums parasti ir melnajā papuvē pēc agraļiem kartupeļiem, rapša, kukurūzas un dārzeņiem; zemākais – aiz graudaugiem un cukurbietēm.
- Augsnes produktivitāte un citas augsnes īpašības. Lielāks slāpekļa daudzums ir trūdvielām bagātās, strukturētās augsnēs.
- Mēslošanas veids. Organiskā mēslojuma (kūtsmēsli, zaļmēsli) sadalīšanās notiek visā veģetācijas periodā un, ja augustā – septembrī nav augu seguma, barības vielas var izskalot no augsnes.

Starpkultūru spējas uztvert un uzkrāt augsnes slāpekli biomasā var sakārtot šādā secībā: eļļas rutki>seradella>facēlija>baltās sinepes>lupīna>viengadīgā airene>griķi>zirņi. Eksperimentos Lietuvā vismazākais minerālā slāpekļa daudzums augsnē tika konstatēts pēc baltajām sinēm kā starpkultūras. Baltās sinepes, salīdzinot ar citiem augiem, vislabāk spēj piesaistīt slāpekli no dziļākiem augsnes slāņiem. Šo īpašību nosaka sakņu augšana un iespiešanās intensitāte. Svarīgs ir arī sējas laiks. Baltajām sinēm, kas tiek izkaisītas pa graudaugiem to piengatavībā, ir iespējas ātrāk iesakņoties un līdz ar to izveidot lielāku biomasu nekā pēc ražas novākšanas iesētajām sinēm. Graudu veidošanās laikā graudaugi izmanto nelielu daudzumu augsnes slāpekļa, tāpēc šo funkciju pārņem agri iesētās sinepes. Jo lielāka ir slāpekļa uzņemšana no augsnes, jo lielāka tiek izaudzēta starpkultūru virszemes biomasā. Starpkultūras spēj aizturēt līdz 40 kg/ha slāpekļa no 0-40 cm augsnes slāņa un līdz 20 kg/ha no dziļākiem 40-80 cm

Papildu ieguvumi:

- labākas ražas;
- nezāļu ierobežošana;
- augšņu uzlabošana, veidojot organisko vielu un uzlabojot augsnes struktūru;
- ieviešanas un uzturēšanas izmaksas.

Saskaņā ar starpkultūru izmantošanas izmaksu un ieguvumu analīzi Ventas un Lielupes upju baseinu apgabalos (projekts “CATCH POLUTION”, 2019) lielākā daļa starpkultūru audzēšanas izmaksas Lietuvā un Latvijā svārstās no 34 līdz 210 EUR/ha. Vidējās ikgadējās vienības izmaksas ir aptuveni 120 EUR/ha Lietuvā (2019) un ap 100 EUR/ha Latvijā (2017).



Izmantotā literatūra

- Bailon, S., B., A., P. (2020). *Dissolved phosphorus removal in denitrifying bioreactors: field and laboratory studies*. Dissertation, University of Illinois. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/2142/108627>
- Bender, M., Holtorff, M., Kiesow, A., Hildebrand, A., Lindner, M., Köppen, L., Lenz J. (2019). *Intelligent Buffer Zones – a solution for water and phosphorous retention and nitrogen removal*. Retrieved from: http://www.wrrl-info.de/en/docs/wrrl_factsheet_intelligentbufferzone_2019.pdf
- Carstensen, M., V., Hashemi, F., Hoffmann, C., C. et al. (2020). *Efficiency of mitigation measures targeting nutrient losses from agricultural drainage systems: A review*. *Ambio* 49, 1820–1837. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01345-5>
- Chandrasoma, J., Christianson, R., Christianson, L. (2019). *Saturated Buffers: What Is Their Potential Impact across the US Midwest?*. *ae*. 4. 10.2134/ae1811.0059. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/330813949_Saturated_Buffers_What_Is_Their_Potential_Impact_across_the_US_Midwest/link/5c552207299bf12be3f51e82/download
- Chemagref (2009). *Buffer zones: Implementation at watershed scale watershed scale*. Workshop on GAEC implementation after the Health Check adjustment Dublin, 28 September 2009. Retrieved from: https://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/images/4/40/GAEC2009_S1_2.pdf
- ecosystemsunited.com (2016). *Buffer Zones & Buffer Strips – What They Are and Why We Need Them*. Retrieved from: <https://ecosystemsunited.com/2016/03/25/buffer-zones-buffer-strips-what-they-are-and-why-we-need-them/>
- Feuerbach, P. (2016). *Integrated Buffer Zones*. Eldsberga, The Wetland Research Centre. Retrieved from: http://www.wetlands.se/wetlands_integrated_bufferzones_eng.php
- Gilley, J.E. (2005). *Erosion. Water-Induced. Encyclopedia of Soils in the Environment*, Elsevier, Pages 463-469, ISBN 9780123485304, Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00262-9>.
- Jaynes, D., Reinhart, B., Hay, C., Isenhardt, T., Jacquemin S., Kjaersgaard, J., Nelson, K., Utt., N. (2018). *Questions and Answers about Saturated Buffers for the Midwest*. Transforming Drainage project, the North Central Extension and Research Activity 217 (NCERA-217). Retrieved from: <https://store.extension.iastate.edu/product/Questions-and-Answers-about-Saturated-Buffers-for-the-Midwest>
- Kronvang, B., Zak, D., Carstensen M. V., v'ant Veen, S., Hoffmann, C. C. (2019). *A New Era of Regulation of Agricultural Pressures on Water Quality in Denmark: Implementation and Effects of Collective and Targeted Mitigation Measures*. Aarhus, Department of Bioscience and DCE of Aarhus University. Retrieved

from:

https://videscentrs.lv/gmc.lv/files/files/Par_centru/ES_projekti/GURINIMAS/Kronvang_Riga_september_2019_conf_final.pdf

- Lepine, C. (2020). Denitrifying woodchip bioreactors for aquaculture manifold design and potential water reuse. Master's Thesis, Urbana, Illinois. Retrieved from: <https://www.ideals.illinois.edu/items/115692>
- Mitsch, W., Day, J., W., Gilliam, W., Groffman, P., M., Hey, D., L., Randall, G., Wang, N., (2001). *Reducing Nitrogen Loading to the Gulf of Mexico from the Mississippi River Basin: Strategies to Counter a Persistent Ecological Problem*. BioScience, Volume 51, Issue 5, May 2001, Pages 373–388, [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0373:RNLTG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0373:RNLTG]2.0.CO;2)
- Muscutt, A., D., Harriss, G. L., Bailey, S.W., Davies, D., B. (1993). *Buffer zones to improve water quality: a review of their potential use in UK agriculture*. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/016788099390059X>
- Nyieku F. E., Essandoh H. M. K., Armah F. A., Awuah E. (2021). *Environmental conditions and the performance of free water surface flow constructed wetland: a multivariate statistical approach*. Wetlands Ecol Manage 29, 381–395 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11273-021-09785-w>
- Parkyn, S. (2004). *Review of Riparian Buffer Zone Effectiveness*: MAF Technical Paper No: 2004/05, p.2. Retrieved from: <https://schooltravel.gw.govt.nz/assets/Documents/2022/05/10.1.1.74.742.pdf>
- Räty, M. (2020). *Phosphorus losses from grasslands in short-term ley rotations under boreal conditions*. Doctoral Dissertation. Helsinki, Natural Resources Institute Finland (Luke). Retrieved from: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/546547/luke-luobio_91_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Streeter, M. T., Schilling, K. E. (2021). *Quantifying the effectiveness of a saturated buffer to reduce tile NO₃-N concentrations in eastern Iowa*. In Environ Monit Assess 193: 500. Retrieved from: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10661-021-09297-3.pdf>
- Stutter, M., Kronvang, B., Huallacháin, D., Rozemeijer, J. (2019). *Current Insights into the Effectiveness of Riparian Management, Attainment of Multiple Benefits, and Potential Technical Enhancements*. Journal of Environment Quality. 48. 236. Retrieved form: 10.2134/jeq2019.01.0020
- The Soil and Water Conservation Society (2022). Saturated Buffer Facts. Retrieved from: <https://www.swcs.org/resources/conservation-media-library/saturated-buffer-facts#:~:text=A%20saturated%20buffer%20is%20an,water%20laterally%20along%20the%20buffer>
- Tilley, E. Ulrich, L. Luethi, C. Reymond, P. Zurbrugg, C. (2014): *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. 2nd Revised Edition. Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Retrieved from: <https://sswm.info/node/5587>

- Tiwari, T., Lundström, J., Kuglerová, L., Laudon, H., Öhman, K., and Ågren, A. M. (2016). *Cost of riparian buffer zones: A comparison of hydrologically adapted site-specific riparian buffers with traditional fixed widths*. Water Resour. Res., 52, 1056– 1069. Retrieved from: [10.1002/2015WR018014](https://doi.org/10.1002/2015WR018014).
- USDA (2007). *Engineering Field Handbook*. Part 650. Chapter 7: Grassed Waterways. Retrieved from: <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17766.wb>
- USDA (2017). *Structure For Water Control. Conservation Practice Standard. Code 587*. Natural Resources Conservation Service. Retrieved from: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Structure_for_Water_Control_587_CPS_Oct_2017.pdf
- USDA (2020a). *Saturated Buffer. Conservation Practice Standard. Code 604*. Natural Resources Conservation Service. Retrieved from: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Saturated_Buffer_604_CPS_9_2020.pdf
- USDA (2020b). *Saturated Buffer. Conservation Practice Overview. Code 604*. Retrieved from: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Saturated_Buffer_604_Overview_9_2020.pdf
- USDA (2022a). *Subsurface Drain. Conservation Practice Standard. Code 606*. Natural Resources Conservation Service. Retrieved from: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Subsurface_Drain_606_NHCP_CPS_2022.pdf
- USDA (2022b). *Denitrifying Bioreactor. Conservation Practice Standard. Code 605*. Natural Resources Conservation Service. Retrieved from: https://www.nrcs.usda.gov/wps/cm1s_proxy/https/ecm.nrcs.usda.gov%3A443/fncmis/resources/WEBP/ContentStream/idd_1098A182-0000-C01B-9731-D430C14DA162/0/Draft_605_IA_CPS_Denitrifying_Bioreactor_8-15-22.docx
- Uusi-Kämppe, J., Salo, T. (2022). *Buffer zones along waters*. Waterdrive Catalogue of Measures. Natural Resources Institute Finland (LUKE), Finland. Retrieved from: <https://www.slu.se/en/departments/soil-environment/research/agricultural-water-management-/waterdrive/catalogue-of-measures/buffer-zones/>
- Uusi-Kämppe, J., Turtola, E., Närviäinen, A., Jauhiainen, L. & Uusitalo, R. (2012). *Phosphorus mitigation during springtime runoff by amendments applied to grassed soil*. Journal of Environmental Quality 41: 420–426. Retrieved from: <https://doi.org/10.2134/jeq2010.0441>
- Uusi-Kämppe, J. & Jauhiainen, L. (2010). *Long-term monitoring of buffer zone efficiency under different cultivation techniques in boreal conditions*. Agriculture, Ecosystems and Environment 137: 75–85. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.01.002>

- Wang, M., Zhang, D., Dong, J. et al. (2018). Application of constructed wetlands for treating agricultural runoff and agro-industrial wastewater: a review. *Hydrobiologia* 805, 1–31. Retrieved form: <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3315-z>
- Zak, D., Stutter, M., Jensen, H., Egemose, S., Carstensen, M. Et al. (2019). *An Assessment of the Multifunctionality of Integrated Buffer Zones in Northwestern Europe*. *Journal of Environment Quality*. 48. Retrieved form: [10.2134/jeq2018.05.0216](https://doi.org/10.2134/jeq2018.05.0216).

Apkopojums

Elements	Raksturojums	Ieviešana	Ieguvumi	Ieviešanas izmaksas
Buferjoslas gar ūdenstecēm/tilpēm	Buferjoslas tiek izvietotas starp aramzemes laukiem un ūdenstecēm, lai aizkavētu virszemes barības vielu noplūdes un novadītu tās caur augu veģetāciju. Buferjosla kalpo kā dabisks virszemes augu barības vielu aizkavētājs un samazinātājs, tādējādi novēršot virszemes barības vielu nonākšanu tieši ūdenstecē/tilpē.	Buferjoslas var ierīkot dažāda platuma atkarībā no lauka slīpuma – jo lielāks slīpums, jo platāka buferjosla. Vēlams, lai tā būtu klāta ar patstāvīgu ilggadīgu augu segu, kura gan aizkavē gan absorbē barības vielas. Koku un krūmu audzēšana buferjoslās tiek stingri reglamentēta atbilstoši meliorācijas sistēmu uzturēšanas prasībām, kā arī jāraugās, lai tie neaug cieši viens pie otra.	Ūdensteču/tilpju aizsardzība no sedimentiem, virszemes augu barības elementiem un piesārņojošām vielām. Buferjoslas pasargā no mēslojuma un augu aizsardzības līdzekļu tiešas nonākšanas ūdenī kļiedēšanas laikā. Buferjoslas mazina augsnes eroziju un uzlabo bioloģisko daudzveidību, veicina oglekļa piesaisti.	Ierīkošanas izmaksas atkarīgas no buferjoslas platuma, augu sastāva un apsaimniekošanas veida. Variācijas ir ļoti plašās robežās – sākot no 40 eiro/ha, līdz 135 eiro/ha. Ierīkošanas izmaksas var arī rēķināt par katru buferjoslas metru – no 0,01 – 0,1 eiro. Buferjoslas ar koku vai krūmu stādījumiem var maksāt dārgāk, jo jāreķina papildus izmaksa par stādiem.
Piesātinātās buferjoslas	Piesātināto buferjoslu izveido drenu sistēmai perpendikulāri pievienojot perforēto cauruli, kas neļauj visam potenciāli piesārņojošajam ūdenim no drenu sistēmas tieši ieplūst ūdenstecē. Lielākā daļa drenu ūdeņu caur perforēto cauruli izplūst buferjoslā, tādējādi piesātinot to ar barības vielām un palēninot filtrāciju.	Izveido, ierīkojot perpendikulāru izvadu esošai drenāžas sistēmai. Pirms drenu iztekas tiek uzstādīta kontroles sistēma, kas nodrošina ūdens kontroli. Ūdens plūsma no drenas tiek izplatīta uz sāniem - uz perforētu cauruli. Perforētā caurule iet paralēli ūdenstecei. Pirms piesātinātās buferjoslas ieviešanas nav nepieciešams izveidot īpašu veģetāciju.	Samazina nitrātu daudzumu no drenu sistēmām, samazina ūdens plūsmu pa drenu izteku, stabilizē krastus un veicina biodaudzveidību piesātinātajā buferjoslā.	Pēc ASV veiktajiem pētījumiem, 10 ha lauka pārveidošana piesātinātajā buferjoslā izmaksā ap 2000 dolāriem. Latvijā šādas buferjoslas nav izveidotas, tāpēc izmaksas var tikai aptuveni aplēst – izmaksas veidosies no perforētās caurules un tās ierakšanas darbiem, kā arī kontrolakas izbūves.
Integrētās/inteliģentās buferjoslas	Integrētā buferzona sastāv no papildus izrakta grāvja vai iegarena dīķa, kas novietots paralēli ūdenstecei. Platība starp abām tecēm ir piepildīta ar augiem. Zaļās zonas platums starp grāvjiem tradicionāli ir 5–10 m plats. Starp infiltrācijas zonu un ūdensteci ir arī uzbērums jeb krasta josla. Dažās	Jāizrok 3m plats un 30-100m garš grāvis/dīķis ar vismaz 5m platu infiltrācijas krastu, noņemot pusi augsnes virskārtas starp grāvi/dīķi un ūdensteci. Starp infiltrācijas krastu un ūdensteci jāizveido uzbēruma josla, kuru var apstādīt, jāierīko kontrolaka.	Integrētās buferzonas sniedz vairāk priekšrocību nekā parastās buferjoslas. Tās samazina augu barības vielas gan no virszemes noteces, gan drenu ūdens. Integrētā buferjosla dod dabas daudzveidību un dod biomasu.	Latvijā šādas buferjoslas nav izveidotas, tāpēc izmaksas var tikai aptuveni aplēst – izmaksas veidosies, lai izraktu papildus grāvi un izveidotu kontrolaku.

Elements	Raksturojums	Ieviešana	Ieguvumi	Ieviešanas izmaksas
	konstrukcijās ir iekļauta izplūdes aka ūdens līmeņa regulēšanai.			
Virszemes plūsmas mākslīgais mitrājs	Virszemes plūsmas mākslīgie mitrāji ar sedimentācijas dīķi sastāv no viena vai vairākiem applūstošiem grāvjiem vai dīķiem, kas paredzēti, lai atdarinātu dabiska mitrāja vai purva dabiski notiekošos procesus. Ūdenim lēnām plūstot caur mitrāju, daļiņas nosēžas, patogēni iet bojā, un barības vielas izmanto mikroorganismi un augi.	Mākslīgie mitrāji var būt ļoti dažādi. Mitrāju var izveidot, apstādinot straumi, ļaujot sezonāliem palu ūdeņiem mitrājā nogulsnēt sedimentus un ķīmiskās vielas un tad ļaut ūdenim plūst atpakaļ straumē. Tā kā mitrājā ir gan mākslīgi, gan dabiski dambji, bieži vien var izveidot šādu mitrāju ar minimāliem būvniecības darbiem.	Pārdomāti uzstādot un uzturot mitrāju komponentes (veģētācija, augsne ar saistīto mikroorganismu kopumu un hidroloģija) var efektīvi darboties, lai nodrošinātu ūdens kvalitātes uzlabošanos. Izbūvētajiem mitrājiem ir unikālas priekšrocības – rentabilitāte un zems enerģijas patēriņš.	Izmaksas būs atkarīgas no mitrāja izmēriem un izvietojuma, proti, cik apjomīgi būs rakšanas darbi.
Denitrifikācijas jeb koka šķeldas bioreaktors	Denitrifikācijas jeb koka šķeldas bioreaktors ir līdzīgs integrētajai buferzonai – buferjoslā tiek izrakta tranšeja vai bedre, kuru piepilda ar sausu filtra materiālu – parasti koka šķeldu, kurā ievada drenu ūdeņus, pirms tie sasniedz izteku.	Reaktoram jānodrošina jauda, lai attīrītu vismaz 15 procentus no drenāžas maksimālās plūsmas. Sienām un dibenam jābūt izklātam ar ģeotekstila vai plastmasas membrānu. Virs šķeldas slāņa jāuzklāj ģeotekstils un jāuzber augšnes slānis. Visbiežāk izmantotā oglekļa vide ir lapu koku šķeldas. Šķeldas bioreaktoram jāprojektē ieplūdes un izplūdes ūdens kontroles sistēma.	Šķeldas bioreaktoru uzdevums samazināt nitrātu slāpekli no drenu ūdeņiem, izmantojot denitrifikācijas procesu. Šķeldas bioreaktoriem ir negatīvs palaišanas efekts, kurā no šķeldas var izskalošies nevēlamās vielas. Izskalošanās apjoms un daudzums ir atkarīgs no tādiem faktoriem kā oglekļa vides, hidrauliskais uzturēšanās laiks un temperatūra.	Latvijā šādi denitrifikācijas jeb koka šķeldas bioreaktori nav izveidoti, tāpēc izmaksas var tikai aptuveni aplēst – izmaksas veidosies, lai izraktu atbilstoša lieluma tranšeju un piepildītu to ar koka šķeldu. Papildus izdevumi – ūdens kontroles sistēmas izveide.
Strukturālā kaļķošana	Augsnes uzlabošanas metode, kas ietver kaļķa iestrādāšanu mālainā augsnē. Labas struktūras augsni ir vieglāk apstrādāt, un labākas ūdens un barības vielu aiztures spējas dēļ palielinās raža. Kalcija joni mijiedarbojas ar māla minerāliem un veido porainus agregātus. Ar labāku augsnes struktūru palielinās ūdens infiltrācijas spēja un līdz ar to	Priekšnoteikums ir labi funkcionējoša drenu sistēma un mālu saturs vismaz 15%. Lai panāktu vislabāko efektu, strukturālo kaļķošanu veic tūlīt pēc ražas novākšanas, kad augsnes mitruma saturs ir zems un temperatūra ir augsta. Svarīgi iestrādāt augsnē tūlīt pēc izkļiedēšanas. Kaļķu veids un devas atšķiras atkarībā no izcelsmes avota.	Strukturālā kaļķošana uzlabo ūdens infiltrācijas spēju, samazina fosforu zudumus un uzlabo produktivitāti. Bioloģiskā aktivitāte augsnē palielinās, kas nozīmē lielāku bioloģisko daudzveidību un augstāku organisko vielu saturu augsnē. Efekts ir ilgstošs, ja augsnes stāvoklis kaļķošanas brīdī ir optimāls.	Kaļķošanas izmaksas ir atkarīgas no vairākiem aspektiem – kaļķojamā materiāla daudzuma un cenas, piegādes attāluma un izkļiedes izmaksām.

Elements	Raksturojums	Ieviešana	Ieguvumi	Ieviešanas izmaksas
	arī virszemes noteces un erozijas risks.			
Ģipšošana	Ģipsi iestrādājot augsnē, tiek radīti labvēlīgi apstākļi, lai ātri samazinātu fosfora izskalošanos no laukiem, jo tas sāk iedarboties uzreiz, kad izšķīst augsnē. Ja ir zināma ģipša izcelsme un apstiprināts, ka tā saturs ir tīrs, tas ir drošs lietošanai lauksaimniecībā.	Ģipsi kaisa laukos ar palielinātu māla saturu, ar kūtsmēsli izklīdētāju (ieteicamais daudzums 4 t/ha). Tas jāizkaisa pēc ražas novākšanas un pirms augsnes apstrādes. Ģipšošana piemērota aršanai, samazinātai augsnes apstrādei un bezaršanas lauksaimniecībai. Sēju nedrīkst veikt uzreiz pēc ģipša izklīdēšanas. Nav ieteicams to izplatīt gruntsūdeņu veidošanās vietās un ezeru sateces baseinos.	Ģipsis samazina eroziju un fosfora izskalošanos no laukiem ar paaugstinātu māla saturu. Var samazināt arī organiskā oglekļa izskalošanos. Pēc izklīdēšanas ģipsis salīdzinoši ātri izšķīst kalcija un sulfāta jonos, tādējādi palielinot augsnes poru stiprumu. Palielinoties jonu stiprumam, vairāk fosfora saistās ar māla daļiņām un samazinās izskalošanās. Kalcijs veido tiltus starp augsnes daļiņām. Tāpēc lauki, kas apstrādāti ar ģipsi, ir mazāk pakļauti erozijai.	Ģipšošanas izmaksas ir atkarīgas no vairākiem aspektiem – iestrādājamā ģipša daudzuma un cenas, piegādes attāluma un izklīdes izmaksām.
Starpkultūras jeb uztvērējaugi	Starpkultūras ir augi vai dažādu kultūraugu maisījums, kurus izsēj pēc galvenā kultūrauga novākšanas – tie turpina augt un uzņemt barības vielas, tostarp nitrātu slāpekli.	Sējot starpkultūras pēc iespējas ātrāk, pēc labības ražas novākšanas, augsne visu laiku tiek uzturēta aktīva. Starpkultūras var iesēt tieši rugājos vai izkaisīt uz vēl nenovāktas labības. Tā kā visi maisījumi satur mazas un lielas sēklas, ieteicams sēšanas dziļums 1,5-3 cm. Pievelšana ir svarīga, lai nodrošinātu labu augsnes un sēklu kontaktu un palīdzētu uzturēt augsnes mitrumu dīgšanai un augšanai.	Pēc galvenā kultūrauga novākšanas starpkultūras ātri pārklāj augsnes virsmu, pasargājot to no tiešas atmosfēras ietekmes, augsnes erozijas un izžūšanas. Uzkrājot barības vielas biomas veidošanā, tās samazina barības vielu izskalošanos un pārnes barības vielas uz nākamajiem kultūraugiem. Augsnes irdināšana starpkultūru sēšanas laikā rada labvēlīgus apstākļus ne tikai starpkultūru, bet arī nezāļu sēklu dīgšanai. Starpkultūras palielina augsekas bioloģisko daudzveidību.	Starpkultūru izmaksas Lietuvā un Latvijā svārstās no 34 līdz 210 eiro/ha. Izmaksas sastāv no sēklu cenas un sējas izmaksām.