



ROKASGRĀMATA

par videi draudzīgu elementu
ierīkošanu meliorācijas sistēmās



ZEMGALES
PLĀNOŠANAS
REĢIONS

Rokasgrāmata par videi draudzīgu elementu ierīkošanu meliorācijas sistēmās

Redaktori: Kristīna Veidemane un Ingrīda Brēmere (Baltijas Vides Forums)

Teksta autori: Ainis Lagzdiņš, Linda Grinberga, Artūrs Veinbergs, Alise Trifane

Vāka foto: Ainis Lagzdiņš

Nodaļu foto autori: Ainis Lagzdiņš (13., 24., 31., 39., 44., 51., 81.lpp.),
Laura E. Christianson (63. lpp.), Dan Jaynes (73. lpp.).

Fotogrāfiju un ilustrāciju autori norādīti rokasgrāmatā

Maketu sagatavoja: Lolita Piterniece

Iespiests: Jelgavas tipogrāfijā, 2018

Izdevējs: Zemgales Plānošanas reģions, 2018

ISBN 978-9934-19-755-0

Brošūra sagatavota Centrālā Baltijas jūras reģiona programmas 2014. - 2020. gadam līdzfinansēta projekta "Praktiski pasākumi vienotā meliorācijas sistēmu apsaimniekošanā ar mērķi samazināt biogēno elementu ieplūdi Baltijas jūrā/NUTRINFLOW" projekta ietvaros.



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Reģionālās attīstības fonds



Interreg
Central Baltic

NUTR
INFLOW

SATURS

Saturs	3
Ievads	4
NUTRINFLOW projekta apraksts	7
Latvijas klimata un augsnes īpašības	10
Augu barības vielas	11
Videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi	12
Sedimentācijas baseini	13
Divpakāpju meliorācijas grāvji	24
Akmeņu krāvumi	31
Meandrēšana	39
Kontrolētā drenāža	44
Mākslīgie mitrāji	51
Koka šķeldas bioreaktori	63
Piesātinātās buferjoslas	73
Kombinēti videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi	81
Terminu skaidrojums	87
Latviešu - angļu terminu tulkojums meliorācijas jomā	89
Izmantotā literatūra	90
Kopsavilkums	95
Summary	96

IEVADS

Zemes meliorācija ir zemes uzlabošana, kas mazina klimatisko apstākļu nelabvēlīgo ietekmi un nodrošina dabas resursu ilgtspējīgu izmantošanu. Meliorācijas sistēmas atkarībā no to iedarbības uz zemes ūdens režīmu iedala: i) nosusināšanas sistēmās, ii) apūdeņošanas sistēmās, iii) divpusējās darbības meliorācijas sistēmās (Meliorācijas likums, 2010). Latvijas klimatiskajos apstākļos nosusināšanas sistēmu ierīkošana nodrošina mitruma pārpalikuma uztveršanu un novadīšanu no lauksaimniecībā izmantojamām zemēm, radot pamatu racionālai un ekonomiski pamatotai lauksaimnieciskai darbībai. Konceptuāli nosusināšanas sistēmas samazina augsnes mitrumu un pazemina gruntsūdeņu līmeni, kā rezultātā iespējama savlaicīga un efektīva augsnes apstrāde, kultūraugu sēja, mēslojuma izkliede, augu aizsardzības līdzekļu izmantošana un kultūraugu ražas novākšana. Mitruma pārpalikuma novadīšana no lauksaimniecības laukiem sekmē kultūraugu attīstību un nodrošina augstākas, vienmērīgākas kultūraugu ražas salīdzinot ar nenosusinātiem apstākļiem.

Nosusināšanas sistēmu, t.sk., drenu sistēmu un vaļējo grāvju, ierīkošana veicina ūdens vertikālo kustību augsnes profila ietvaros, kam ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme uz ūdeņu kvalitāti raksturojošo parametru rādītājiem ūdenstecēs. Nosusināšanas sistēmas samazina virszemes noteces veidošanās riskus lauksaimniecības zemēs, tādējādi tiek samazināta augsnes daļiņu, organiskās vielas, slāpekļa un fosfora savienojumu nonākšana vaļējās ūdenstecēs (Šķiņķis, 1986). Vienlaicīgi ātrā vertikālā ūdens kustība augsnes profila ietvaros sekmē ūdenī viegli šķīstošo neorganisko slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanos no nosusinātām lauksaimniecības zemēm.

Palielinātas augu barības vielu koncentrācijas ūdenī rada labvēlīgus apstākļus eitrofikācijas procesu norisei ūdenstecēs, ūdenstilpnēs un Baltijas jūrā, kā rezultātā tiek veicināta dažādu aļģu un ūdensaugu attīstības intensitāte. Saskaņā ar Piekto Baltijas jūras piesārņojuma slodzes apkopojumu (PLC-5), kas tiek gatavots Helsinku konvencijas par Baltijas jūras reģiona jūras vides aizsardzību ieviešanas ietvaros, lauksaimniecība ir nozīmīgākais izklīdētā piesārņojuma ar slāpekļa un fosfora savienojumiem emisijas avots gan iekšējos ūdeņos, gan Baltijas jūrā. Izklīdētā piesārņojuma slodžu sadalījuma pētījuma rezultāti liecina, ka lauksaimnieciskās aktivitātes ir avots 70% - 90% no slāpekļa un 60% - 80% no fosfora izklīdētā (difūzā) piesārņojuma slodzes, kas ar upju noteci nonāk Baltijas jūrā (HELCOM, 2011). Papildus Helsinku konvencijā izvirzītajiem ūdeņu kvalitātes aizsardzības mērķiem, Latvijai ir saistošas Eiropas Savienības noteiktās ūdeņu kvalitātes aizsardzības prasības. Nitrātu direktīva (91/676/EEC, 1991) un Ūdeņu struktūrdirektīva (2000/60/EC, 2000) ir nozīmīgākie tiesību akti, kas tematiski saistīti ar ūdeņu kvalitātes aizsardzības jomu.

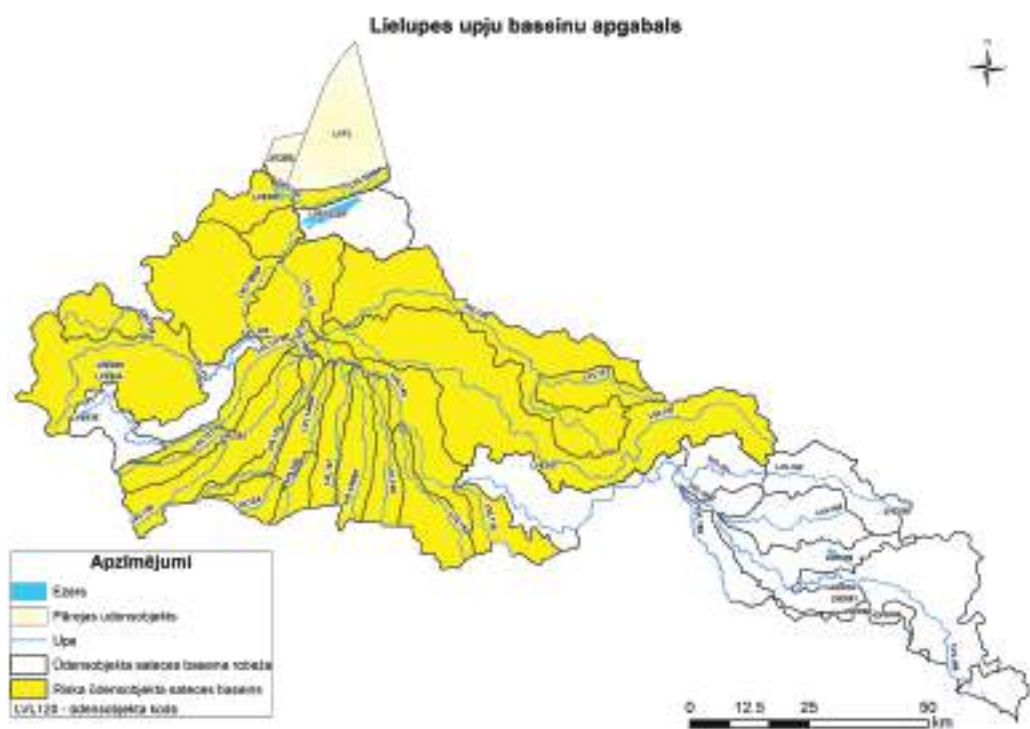
Nitrātu direktīvas mērķis ir pasargāt virszemes un pazemes ūdeņus no lauksaimnieciskās darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem, kamēr Ūdeņu struktūrdirektīvas mērķis ir nodrošināt ūdeņu resursu integrētu aizsardzību un ilgtspējīgu apsaimniekošanu.

Ūdeņu kvalitāti lauksaimniecības zemēs ir iespējams uzlabot, ieviešot divu veidu pasākumus, kuru darbības principi un iegūtie rezultāti augu barības vielu zudumu samazināšanā ir atkarīgi no pasākumu realizācijas novietojuma. Šādā kontekstā izšķir agronomisko aktivitāšu pasākumus, kas tiek realizēti konkrētā lauksaimniecības lauka ietvaros (in-field practices) un ūdens apsaimniekošanas pasākumus, kas tiek īstenoti ārpus konkrētā lauksaimniecības lauka (edge-of-field practices). Rokasgrāmatas turpinājumā detalizēti tiks apskatīti un izvērti videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi, kas uzskatāmi par ūdens apsaimniekošanas pasākumiem, kas tiek īstenoti ārpus lauksaimniecības lauka līmeņa (edge-of-field practices).

Videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanas mērķis ir samazināt slāpekļa un fosfora savienojumu, kā arī suspendēto vielu koncentrācijas ūdenī. Pēc būtības videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi nodrošina labvēlīgu vidi ūdens pašattīršanās procesa norisei, jo palielinās ūdens uzturēšanās laiks meliorācijas sistēmu ietvaros. Tradicionālo meliorācijas sistēmu ierīkošana bez videi draudzīgiem elementiem sekmē paātrinātu ūdens novadīšanu no lauksaimniecības zemēm, līdz ar to samazinot dabisko ūdens pašattīršanās procesa norises laiku.

Kopš 2015. gada Lauku atbalsta dienesta apakšpasākums 4.3. "Atbalsts ieguldījumiem lauksaimniecības un mežsaimniecības infrastruktūras attīstībā" finansiāli atbalsta esošo meliorācijas sistēmu pārbūvi un atjaunošanu, kā arī videi draudzīgu meliorācijas sistēmu ieviešanu Latvijā. Saskaņā ar 2014. gada 30. septembra MK noteikumu Nr.600 "Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam "Ieguldījumi materiālajos aktīvos"" 35.¹ punktā minēto izriet, ka normatīvajos aktos par riska ūdensobjektiem noteiktajos riska ūdensobjektu sateces baseinos atbalstu par meliorācijas sistēmu pārbūvi un atjaunošanu saņem tikai par videi draudzīgu meliorācijas sistēmu izveidi saskaņā ar šo noteikumu 12. pielikumu.

Virszemes ūdensobjektu sateces baseinus, kuros pastāv risks nerasniegt Ūdens apsaimniekošanas likumā noteikto labu virszemes ūdeņu stāvokli paredzētajā termiņā, nosaka 2011. gada 31. maija MK Noteikumi Nr.418 "Noteikumi par riska ūdensobjektiem". 1. attēlā kā piemērs norādīti virszemes ūdensobjektu sateces baseini Lielupes upju baseinu apgabalā, kuros pastāv risks nerasniegt labu virszemes ūdeņu stāvokli. Analogas kartes pieejamas arī par Daugavas, Ventas un Gaujas upju baseinu apgabaliem.



1. attēls. Riska ūdensobjektu sateces baseini Lielupes upju baseinu apgabalā.

NUTRINFLOW PROJEKTA APRAKSTS

Projekta nosaukums latviešu valodā: Praktiski pasākumi vienotā meliorācijas sistēmu apsaimniekošanā ar mērķi samazināt biogēno elementu ieplūdi Baltijas jūrā.

Projekta nosaukums angļu valodā: Practical actions for holistic drainage management for reduced nutrient inflow to Baltic Sea.

Projekta ieviešanas laika periods: 01.09.2015. - 28.02.2019.

Projekta vadošais partneris: ProAgria Etelä-Suomi (Somija)

Projekta kopējais budžets: 1 780 002 EUR

Projekta partneri un finansējums (EUR): ProAgria Etelä-Suomi (Somija): 579 988; Nylands Svenska Lantbrukssällskap (Somija): 24 666; City of Loviisa (Somija): 60 666; Zemgales plānošanas reģions (Latvija): 260 000; Jelgavas novada pašvaldība (Latvija): 141 176; Biedrība “Zemnieku saeima” (Latvija): 171 825; Latvijas Lauksaimniecības universitāte (Latvija): 101 176; JTI-Swedish Institute for Agricultural and Environmental Engineering (Zviedrija): 251 045; County Administrative Board Östergötland (Zviedrija): 190 803.

Projekta mērķis: Samazināt augu barības vielu nonākšanu vietējās ūdenstecēs un Baltijas jūrā, kā arī popularizēt un izmēģināt praktiskus pasākumus ūdens apsaimniekošanā sateces baseinos ar nozīmīgu lauksaimniecības zemju īpatsvaru.

Nozīmīgākās projekta aktivitātes:

- Zemgales Plānošanas reģiona aktivitātes saistītas ar komunikācijas nodrošināšanu starp projekta partneriem un ieinteresētajām pusēm, projekta mājaslapas (<http://nutrinflow.eu/>) un ziņu lapas izstrādi, projekta ikgadējās starptautiskās konferences un studentu inovāciju konkursa organizēšanu, vietēja un starptautiska mēroga semināru un apmācību rīkošanu, kā arī videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu rokasgrāmatas sagatavošanu un publicēšanu.
- Biedrības “Zemnieku saeima” īstenotās aktivitātes ietver informācijas sagatavošanu un izplatīšanu biedrības biedriem, Latvijas un Eiropas Savienības lauksaimniecības politikas veidotājiem par videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanas kārtību un tehniskajiem risinājumiem, darbības principiem un potenciālajiem vides kvalitātes uzlabojumiem. Līdzdalība vietējos un starptautiskos semināros, konferencēs, kā arī biedrības žurnāla sagatavošana nodrošina projekta realizācijas gaitā iegūtās pieredzes izplatību un praktisku pielietojumu Latvijas lauksaimniecības teritorijās. Biedrībai sadarbojoties ar VSIA “Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi”, projekta īstenošanas laikā veikta valsts nozīmes ūdensnotekas Ailes strauts atjaunošana, kas ietver videi draudzīgu

meliorācijas sistēmu elementu izmantošanu, t.sk., divpakāpju meliorācijas grāvis, mākslīgais mitrājs, sedimentācijas baseins, akmeņu krāvums.

- Jelgavas novada pašvaldības aktivitātes saistītas ar izglītojošu pasākumu organizēšanu par Sodītes ūdensteces ekosistēmas izpēti sadarbībā ar biedrību “Ūdensaina” un Aizupes pamatskolu. Videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu popularizēšanas nolūkos pašvaldība organizējusi Atvērto durvju dienu pasākumu “Sodītes grāvja noslēpums”, kā arī semināru Zemgales reģiona pašvaldību pārstāvjiem, uzņēmējiem, lauksaimniekiem, zemju īpašniekiem un apsaimniekotājiem. Par nozīmīgāko praktisko aktivitāti ūdens apsaimniekošanas jomā uzskatāma Sodītes ūdensteces pārbūve, kur visā tās garumā (3.75 km) izveidots divpakāpju meliorācijas grāvis, kas papildināts ar mākslīgo mitrāju 0.4 ha platībā.
- Latvijas Lauksaimniecības universitāte projekta ietvaros veica ūdens kvalitātes un kvantitātes monitoringa aktivitātes divās pilotteritorijās, kuras atrodas LLU mācību un pētījumu saimniecības “Vecauce” un z/s “Mežacīruļi” apsaimniekotajās lauksaimniecības zemēs. Monitoringa mērķis ir noteikt un analizēt videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanas ietekmi uz augu barības vielu samazināšanos notecē no lauksaimniecības zemēm. Sadarbībā ar Zemgales Plānošanas reģionu tika noorganizēts starptautisks inovāciju konkurss universitātes studentiem, kurā piedalījās gan Latvijas, gan ārvalstu studenti. Konkursa mērķis bija motivēt inženierzinātņu un dabas zinātņu studentus iesaistīties meliorācijas problēmu risināšanā, izstrādājot inovatīvus risinājumus videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu jomā. Projekta gaitā iegūtie monitoringa rezultāti tika prezentēti vietēja un starptautiska mēroga semināros un konferencēs, kā arī iekļauti Latvijas Lauksaimniecības universitātes piedāvāto studiju kursu saturā.
- Projekta partneri no Somijas veica Hardombäcken ūdensteces atjaunošanu vai pārbūvi nepilnu 10 km garā posmā. Projekta realizācijas rezultātā tika izbūvētas drenu sistēmas 658 m garumā, atjaunotas trīs esošās un izbūvētas trīs jaunas caurtekas, kā arī izveidoti vairāki videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementi, t.sk., divpakāpju meliorācijas grāvji 400 m garā posmā, divi akmeņu krāvumi un trīs sedimentācijas baseini.
- Projekta aktivitātes Zviedrijā saistītas ar izglītojošu un popularizējošu pasākumu organizēšanu, lai palielinātu zemju īpašnieku un apsaimniekotāju zināšanas un prasmes augsnes auglības uzlabošanas pasākumu un videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ieviešanā, piemēram, augsnes strukturētā kaļķošana, augsnes sablīvēšanās un ūdens infiltrācijas novērtēšana, mākslīgo mitrāju izveides vietu noteikšana. Zviedrijā, tāpat kā Latvijā, tika īstenots inovāciju konkurss

universitāšu studentiem, kurā piedalījās Linköping University un Swedish University of Agricultural Sciences studenti, kuri izstrādāja inovatīvu pieeju zirgu radītā organiskā mēslojuma savākšanas procesu uzlabošanā.

NUTRINFLOW projekta noslēguma konference notika Somijā, kas ir vadošā partnera pārstāvētajā valsts. Konferencē projekta partneri sniedza ziņojumus par paveikto projekta realizācijas laikā. Noslēguma konferences ietvaros tika organizēta Somijas pilotteritoriju apskate, kurās mērķis bija sniegt ieskatu pārējiem projekta partneriem par pilotteritorijā īstenotajām aktivitātēm augu barības vielu zudumu samazināšanā un augsnes kvalitātes uzlabošanā. 2. attēlā apskatāma NUTRINFLOW projekta partneru kopbilde.



2. attēls. NUTRINFLOW projekta partneru kopbilde noslēguma konferencē (Autors: Ari Kultanen).

LATVIJAS KLIMATA UN AUGSNES ĪPAŠĪBAS

Latvija atrodas humīda klimata zonā, kurā nokrišņu daudzums pārsniedz summāro iztvaikošanu, kā rezultātā novērojams izteikts mitruma pārpalikums. VSIA “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra” meteoroloģisko novērojumu ilggadīgie dati liecina, ka gada vidējais nokrišņu daudzums Latvijā ir 667 mm, kur visvairāk nokrišņi izkrīt jūlija un augusta mēnešos, turpretim vismazāk februāra un marta mēnešos. Turklāt nokrišņu daudzumam pēdējā gadsimta laikā ir tendence palielināties (LVĢMC, 2018). Mitruma pārpalikums nosaka noteces veidošanos apstākļus Latvijas ūdenstecēs, kopumā novērojama likumsakarība, ka, palielinoties nokrišņu daudzumam, palielinās noteces apjoms. Ilggadīgais vidējais noteces slānis ir mainīgs atkarībā no konkrētās ūdensteces sateces baseina ģeogrāfiskā novietojuma Latvijas teritorijā, piemēram, Daugavas upju baseinā noteces slānis ir robežās no 230 mm Latgales augstienē līdz 380 mm Vidzemes augstienē (LVĢMC, 2015). Lauksaimniecības noteču monitoringa ilggadīgo novērojumu rezultāti norāda, ka noteces slānis mazo sateces baseinu izpētes līmenī svārstās robežās no 153 mm līdz 278 mm, attiecīgi Dobeles un Jaunpiebalgas novadā (Lagzdins et al., 2012).

Granulometriskais sastāvs ir augsnes fizikālo īpašību rādītājs, kas raksturo smilts, putekļu un māla daļiņu saturu un savstarpējās attiecības augsnē. Granulometriskais sastāvs ir nozīmīgs faktors, kas nosaka augsnes hidrofizikālās īpašības, kur noteces veidošanās kontekstā kā nozīmīgākās ir ūdenscaurlaidība, ūdens pacelšanās spēja un mitrumietilpība (Sauka, 1987). Augsnes ūdenscaurlaidību raksturo filtrācijas koeficients, kurš ir atkarīgs no augsnes porainības, blīvuma, organiskās vielas daudzuma un citām īpašībām. Relatīvi smaga granulometriskā sastāva augsnēs (māls, putekļains māls, smilšains māls) ūdens infiltrācija tiek būtiski aizkavēta, jo ir samazināta porainība. Turpretim lielākas porainības apstākļos, kas novērojami vieglāka granulometriskā sastāva augsnēs (smilts, smilšaina mālsmilts, mālsmilts), ūdens infiltrācija notiek ātrāk (Ward un Robinson, 2000; Cameron et al., 2002; Nikodemus et al., 2008). Augsnes mitrumietilpība norāda par augsnes spēju uzņemt un noturēt zināmu ūdens daudzumu. Augsnes lauka mitrumietilpība raksturotu to ūdens daudzumu, ko dabiskos apstākļos augsne spēj noturēt pēc gravitācijas ūdens aizplūšanas (Sauka, 1987). Drenu notece veidojas, ja mitruma daudzums augsnē pārsniedz lauka mitrumietilpību vai sasniedz pilno mitrumietilpību, kad ūdens aizņem visu augsnes poru tilpumu (DeBarry, 2004). Lauka mitrumietilpības apstākļos mālainas augsnes spēj uzturēt lielāku ūdens daudzumu un ilgāku laika periodu nekā smilšainas augsnes (Wolfe, 2001).

AUGU BARĪBAS VIELAS

Nozīmīgākās augu barības vielas, kuras ir nepieciešamas kultūraugu pilnvērtīgai attīstībai, ir slāpekļa un fosfora savienojumi. Vienlaicīgi šie savienojumi var izskaloties no lauksaimniecības zemēm un nonāk vaļējās ūdenstecēs un ūdenstilpnēs. Tradicionāli ūdeņu kvalitātes pētījumos tiek noteiktas un analizētas atsevišķas slāpekļa un fosfora savienojumu formas. No slāpekļa savienojumu formām tiek pētīts nitrātu slāpekļlis ($\text{NO}_3\text{-N}$), amonija slāpekļlis ($\text{NH}_4\text{-N}$) un kopējais slāpekļlis (N_{kop}), kas ietver nitrātu, amonija un organiskās slāpekļa savienojumu formas. Savukārt, no fosfora savienojumiem tiek pētīts ortofosfātu fosfors ($\text{PO}_4\text{-P}$) un kopējais fosfors (P_{kop}), kas sastāv no ortofosfātu un organisko savienojumu formās esošā fosfora.

Lauksaimniecības kultūraugi ar sakņu sistēmu palīdzību ir spējīgi uzņemt un attīstības procesu nodrošināšanai izmantot galvenokārt neorganiskās slāpekļa ($\text{NO}_3\text{-N}$) un fosfora ($\text{PO}_4\text{-P}$) savienojumu formas (Leinweber et al., 2002; Havlin et al., 2005). Tā kā šīs formas viegli šķīst ūdenī, tās ir pakļautas palielinātam izskalošanās riskam. Nitrātjoni un ortofosfātjoni ir negatīvi lādēti, līdz ar to nesaistās ar negatīvi lādētām augsnes daļiņām un organisko vielu (Merrington et al., 2002). Amonija joni no lauksaimniecības zemēm izskalojās salīdzinoši maz, jo ir pozitīvi lādēti un viegli saistās ar augsnes daļiņām un organisko vielu, it īpaši smaga granulometriskā sastāva augsnēs, kurās ir palielināts māla daļiņu saturs (Hatch et al., 2002). Palielinātas amonija jonu koncentrācijas drenu notecē var liecināt par neatbilstošu vai palielinātu organiskā mēslojuma izkliedi sateces baseina teritorijā. Drenu notecē slāpekļlis organiskajos savienojumos ir novērojams salīdzinoši nelielā daudzumā, jo dominējoši no lauksaimniecības zemēm izskalojās nitrātjoni. Nitrātjonu un kopējā slāpekļa procentuālā attiecība drenu ūdeņos nereti ir 80% vai vairāk (Lagzdīņš, 2012).

Slāpekļa un fosfora savienojumu zudumi no nosusinātām lauksaimniecības zemēm ierasti notiek divu savstarpēji saistītu procesu ietvaros. Drenu notece veidojas nokrišņu vai sniega kušanas ūdeņiem filtrējoties cauri augsnes profilam, tādējādi drenu sistēmās var nonākt ūdenī izšķīdušie slāpekļa un fosfora savienojumi. Ar augsnes daļiņām saistītā veidā esošie slāpekļa un fosfora savienojumi var nonākt drenu notecē, ja izteikta sausuma apstākļos augsnē ir izveidojušās dziļas plaisas vai meliorācijas sistēmas ietvaros ir izbūvētas virszemes noteces uztvērējakas. Virszemes notece un saistītā ūdens augsnes erozija veidojas, kad mainīga reljefa apstākļos lietusgāzu vai sniega kušanas ūdeņu pieplūdes intensitāte pārsniedz ūdens infiltrācijas ātrumu augsnē (Šķiņķis, 1986; Sharpley un Rekolainen, 1997). Tādējādi virszemes notece veicina augsnes daļiņu, organiskās vielas un saistītā veidā esošo slāpekļa un fosfora savienojumu noskalošanos no lauksaimniecības zemēm (Campbell un Edwards, 2001).

VIDEI DRAUDZĪGI MELIORĀCIJAS SISTĒMU ELEMENTI

Nosusināšanas sistēmu ierīkošana lauksaimniecības zemēs ir izjaukusi dabisko ūdens aprites ciklu, paātrinot mitruma pārpalikuma novadīšanu no laukiem un samazinot laiku, kas nepieciešams dabisko ūdeņu pašattīršanās procesa norisei. Videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementu ierīkošana palielina ūdeņu uzturēšanās laiku meliorācijas sistēmās, tādējādi nodrošinot labvēlīgus apstākļus dabisko ūdeņu pašattīršanās procesa norisei, kuru rezultātā tiek samazinātas slāpekļa un fosfora savienojumu, kā arī suspendēto vielu koncentrācijas ūdeņos.

Lauku atbalsta dienesta apakšpasākums 4.3. "Atbalsts ieguldījumiem lauksaimniecības un mežsaimniecības infrastruktūras attīstībā" reglamentē finansiālā atbalsta saņemšanu par meliorācijas sistēmu pārbūvi un atjaunošanu. 2014. gada 30. septembra MK noteikumi Nr.600 "Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam "Ieguldījumi materiālajos aktīvos"" nosaka videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ieviešanas kritērijus.



SEDIMENTĀCIJAS BASEINI

Sedimentācijas baseini

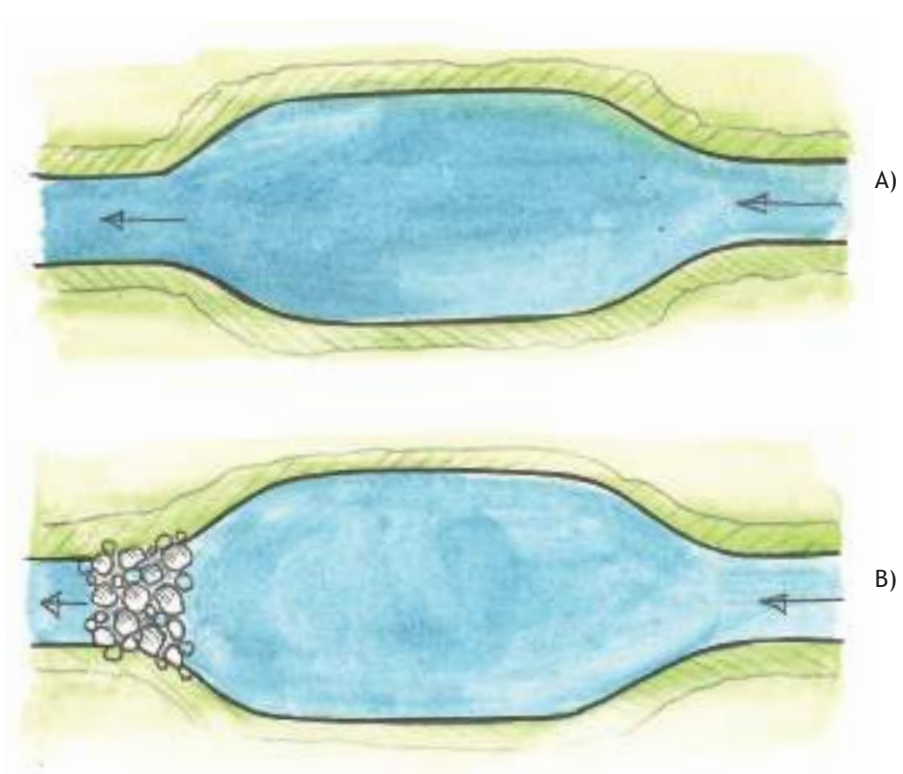
Sedimentācijas baseini ir lauksaimniecības un meža zemes nosusināšanas sistēmu ūdensnoteku (ūdensteču, novadgrāvju) gultņu paplašinājumi un padziļinājumi ar ūdeni izskalojamo produktu sedimentācijai un bioloģiskai akumulācijai (nostādinātājbaseini) (MK noteikumi Nr.600, 2014).

Izmērāmie kritēriji

- Pārtīrāmo novadgrāvju vai ūdensnotekas posma garumam jābūt vismaz 300 m;
- Izbūves vieta - pēc iespējas tuvāk ietecei dabiskā vai regulētā ūdenstecē vai ūdenstilpē;
- Sedimentācijas baseins jāizbūvē 30 - 50 m garā posmā, izveidojot 0.5 - 1.0 m padziļinājumu (lauksaimniecībā izmantojamu augsto sūnu purvā vai izstrādātā kūdras purvā 0.5 - 4 m);
- Sedimentācijas baseina dibens ir vismaz par 2 m platāks nekā pārtīrāmās ietekošās ūdensnotekas vai novadgrāvja dibens (MK noteikumi Nr.600, 2014).

Sedimentācijas baseinus vēlams izbūvēt pēc iespējas tuvāk ietecei dabiskā vai regulētā ūdenstecē divu nozīmīgu iemeslu dēļ. Pirmkārt, sedimentācijas baseina ierīkošana lauksaimniecības un meža zemēs pirms augštecē veicamajiem meliorācijas sistēmu pārbūves vai atjaunošanas darbiem samazinās būvdarbu laikā ūdenstecē nonākušo augsnes un organiskās vielas daļiņu tālāku kustību ūdens plūsmas virzienā. Otrkārt, mērķtiecīga sedimentācijas baseina atrašanās vietas izvēle palielinās darbības efektivitāti, jo varēs tikt attīrīts viss noteiktā sateces baseinā apkopotais ūdens apjoms, nepieļaujot neattīrīta ūdens nonākšanu dabiskā vai regulētā ūdenstecē.

Sedimentācijas baseinus ieteicams izvietot reljefa pazeminājumos, kuros īslaicīgi vai ilgstoši novērojami pārmitri apstākļi un nav iespējama lauksaimniecības kultūraugu ražas iegūšana. Tādējādi nebūtu nepieciešams ūdensteces paplašinājumu veidot uz produktīvo lauksaimniecības zemju rēķina. Shematiski sedimentācijas baseinu attēlojumi doti 3. attēlā.



3. attēls. Sedimentācijas baseinu shematisks attēlojums (Autors: Alise Trifane).

Sedimentu baseinu ierīkošana var izpausties vairākos veidos. Vispārpieņemtais baseinu ierīkošanas veids ir gultnes paplašinājumu un padziļinājumu veidošana ūdenstecē (3. attēla A risinājums). Dabīga reljefa pazeminājuma vai palielināta ūdensteces garenslīpuma gadījumos ieteicama akmeņu krāvumu ierīkošana sedimentācijas baseina izplūdes daļā, jo šāda risinājuma gadījumā tiks samazināts būvdarbu apjoms un izmaksas (3. attēla B risinājums). Kā nozīmīgākie papildus ieguvumi no akmeņu krāvuma ierīkošanas uzskatāmi samazināts ūdens plūsmas ātrums baseina ietvaros un ūdens aerācijas pēc izplūdes no baseina. Latvijā un Somijā izbūvēto sedimentācijas baseinu ilustratīvi piemēri aplūkojami 4. un 5. attēlos.



4. attēls. Sedimentācijas baseins - Ailes strauts Jelgavas novadā (Autors: Ainis Lagzdiņš).



5. attēls. Sedimentācijas baseins - Hardombäcken ūdenstece Somijā (Autors: Ainis Lagzdīnš).

Galvenās funkcijas

No lauksaimniecības zemēm novadītais ūdens var saturēt augsnes un organiskās vielas daļiņas, kā arī ūdenī izšķīdušas augu barības vielas. Īpaši izteikti augsnes un organiskās vielas daļiņu klātbūtni ūdenī var novērot palielinātas noteces apstākļos, kad ūdenim piemīt brūngana nokrāsa. Sedimentācijas baseinu ierīkošana lauksaimniecības zemēs nodrošina ūdens plūsmas ātruma samazināšanu vaļējā ūdenstecē. Šādos apstākļos iespējami kļūst ūdens plūsmas nesto augsnes un organiskās vielas daļiņu izgulsnēšanās procesi.

Plusi un mīnusi

Sedimentācijas baseinu pozitīvās un negatīvās izpausmes ir atkarīgas no ierīkošanas vietas specifiskajiem apstākļiem, t.sk., augštecē esošā sateces baseina izmēriem, sateces baseinā dominējošā augsnes granulometriskā sastāva, lauksaimnieciskās darbības veida un intensitātes.

Plusi:

- Sekmē ūdenī esošo augsnes un organiskās vielas daļiņu uztveršanu un akumulāciju;
- Nodrošina ūdens uzkrāšanas iespējas, kas var tikt izmantots apūdeņošanas vajadzībām izteikta sausuma apstākļos;
- Piesaista ūdensputnus ilgstoša vai īslaicīga uzturēšanās vieta.

Mīnusi:

- Ja izvēlētās sedimentācijas baseina dimensijas nav proporcionālas augštecē esošā sateces baseina platībai, tad palielinātas noteces apstākļos iespējama laika gaitā akumulētā materiāla izskalošanās un atkārtota nonākšana aktīvā apritē;
- Sedimentācijas baseina ierīkošana var piesaistīt bebrus kā potenciālā dzīvotne, īpaši izteikti krūmainos apvidos;
- Nepieciešama regulāra sedimentācijas baseina platībā akumulētā materiāla tīrīšana, kur tīrīšanas biežums ir atkarīgs no augsnes un organiskās vielas uzkrāšanās ātruma.

Efektivitāte augu barības vielu samazināšanā

Somijā veikta pētījuma rezultāti liecina, ka sedimentācijas baseins, kura spoguļvirsmas laukums attiecībā pret sateces baseinu ir 5%, spēja samazināt suspendēto vielu daudzumu ūdenī par 43 - 72%. Ja sedimentācijas baseina spoguļvirsmas laukums attiecībā pret sateces baseinu ir 0.5%, tad novērotais suspendēto vielu daudzuma samazinājums ir līdz 5% (Koskiaho, 2003). Jāatzīmē, ka dotajā piemērā sedimentācijas baseins ar 5% spoguļvirsmas laukuma attiecību pret sateces baseinu, tika izveidots pētnieciskos nolūkos. Visdrīzākais, ka praktiskās darbības apstākļos, šādu sedimentācijas baseinu izveidot nebūs reālistiski. Ieteicamā sedimentācijas baseina spoguļvirsmas laukuma attiecība pret sateces baseinu ir robežās no 0.1% līdz 0.5% (Owenius un Nat, 2011). Ja ierīkošanas vietas specifiskie apstākļi to pieļauj,

tad vēlams izveidot sedimentācijas baseinu ar spoguļvirsmas laukumu līdz 2% no sateces baseina platības (Koskiaho, 2003). Gadījumos, kad ūdensteces sateces baseins pārsniedz 100 ha, ieteicams ūdensteces ietvaros izbūvēt vairākus neliela izmēra sedimentācijas baseinus nevis vienu liela izmēra.

Citā Somijas zinātnieku pētījumā novērtēta meža platībās izbūvētu sedimentācijas baseinu ietekme uz suspendēto vielu samazināšanu ūdenī, ja veikta grāvju atjaunošana kūdrainās augsnēs. Apkopojot rezultātus no 37 sedimentācijas baseiniem, secināts, ka vidēji suspendēto vielu koncentrācijas ūdenī tika samazinātas par 18.3%. Pirmajā gadā pēc grāvju atjaunošanas novērots izteiktāks suspendēto vielu koncentrāciju samazinājums salīdzinājumā ar otro un trešo gadu, jo sedimentācijas baseinos ielūstošo ūdeņu suspendēto vielu koncentrācijas laika gaitā pakāpeniski samazinājās (Joensuu et al., 1999).

ASV veiktā pētījuma rezultāti norāda, ka sedimentācijas baseins var samazināt suspendētās vielas no 88 līdz 97%, kopējo slāpekli no 72 līdz 81%, kopējo fosforu no 32 līdz 66%, ja ūdens sedimentācijas baseinā pavada vismaz trīs dienas (Edwards et al., 1999).

Tehniskais risinājums

Izvēloties vēlamos sedimentācijas baseina tehniskos risinājumus un dimensijas, noteikti jāveic konkrētajam sateces baseinam un ūdenstecei raksturīgo hidroloģisko un hidraulisko aprēķinu analīze. Hidroloģisko aprēķinu mērķis ir noteikt aplēses caurplūdumus ar atšķirīgu pārsniegšanas varbūtību procentos, kas palīdzēs novērtēt sedimentācijas procesu norisi raksturīgā hidroloģiskā režīma apstākļos, t.sk., pavasara palu maksimālais caurplūdums ar 10% pārsniegšanas varbūtību un ilggadīgi vidējais caurplūdums ar 50% pārsniegšanas varbūtību. Izvēlēto aplēses caurplūdumu rezultāti tiks izmantoti hidrauliskos aprēķinos.

Nodaļas turpinājumā raksturotais teorētiskais piemērs ietver hidroloģiskos un hidrauliskos aprēķinus iedomātam sateces baseinam, izmantojot 2015. gada 30. jūnija MK noteikumos Nr. 329 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves"" norādīto aprēķinu metodiku (MK noteikumi Nr. 329, 2015). Sedimentācijas procesu norises aprēķiniem tiek izmantots Stouka likums (Stokes' Law) (Huffman et al., 2013). Hidroloģiskajos aprēķinos izmantoti trīs teorētiski sateces baseini (50 ha, 100 ha un 500 ha platībā), kuri varētu raksturot intensīvu lauksaimniecisko darbību Zemgales reģiona Bauskas apvidū. Visos teorētiskajos sateces baseinos izmantotie aprēķinu parametri norādīti 1. tabulā.

Hidroloģiskajos aprēķinos izmantotie sateces baseinu parametri

Parametrs	Vērtība
A (sateces baseina laukums), km ²	0.5 / 1.0 / 5.0
Mežu platība, %	20
Purvu platība, %	0
S _i (i-tā ezera virsmas laukums), km ²	0
A _i (i-tā ezera baseina laukums), km ²	0
k (kompleksais koeficients), %	1.00
q ₂₀₀ (maksimālās noteces modulis), m ³ /s	0.15
Q _{gv} (gada vidējā notece), mm	180

Iespējamo aplēses caurplūdumu aprēķiniem un reģionam raksturīgo noteces parametru noteikšanai izmantotas 2015. gada 30. jūnija MK noteikumos Nr. 329 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves"" iekļautās empīriskās formulas un kartogrammas. Pavasara palu maksimālā caurplūduma ar 10% pārsniegšanas varbūtību (Q_{pp10%}) un ilggadīgi vidējā caurplūduma ar 50% pārsniegšanas varbūtību (Q_{gv50%}) aprēķinu rezultāti apkopoti 2. tabulā.

Teorētisko sateces baseinu hidroloģisko aprēķinu rezultāti

Sateces baseina platība (km ²)	Pavasara palu maksimālais caurplūdums (Q _{pp10%} , m ³ /s)	Ilggadīgais vidējais caurplūdums (Q _{gv50%} , m ³ /s)
0.5	0.15	0.0029
1.0	0.29	0.0057
5.0	1.25	0.0285

Ūdensteces un sedimentācijas baseina hidrauliskās darbības raksturošanai, kā arī suspendēto vielu izgulsnēšanas spējas novērtēšanai nepieciešams aprēķināt ūdens plūsmas ātrumu (v, m/s) raksturīgo pavasara palu maksimālā caurplūduma ar 10% pārsniegšanas varbūtību (Q_{pp10%}) un ilggadīgi vidējā caurplūduma ar 50% pārsniegšanas varbūtību (Q_{gv50%}) apstākļos. Dotajā piemērā pieņemts, ka ūdensteces gultnes dibena platums b=1.0 m, nogāžu slīpuma koeficients m=2, ūdensteces gultnes dibena garenslīpums i=0.5 ‰. Sedimentācijas baseinam pieņemtie raksturīgie parametri ir garums L=50 m, gultnes dibena platums b=3.0 m, izveidotais padziļinājums 1.0 m, nogāžu slīpuma koeficients m=2, ūdensteces gultnes dibena garenslīpums i=0.5 ‰.

Aprēķinātie ūdens plūsmas ātrumu rezultāti, kas raksturo ūdens plūsmu sedimentācijas baseinā, izmantojot trīs teorētisko sateces baseina izmērus un divus hidroloģiskos režīmus, apkopoti 3. tabulā.

3. tabula

Sedimentācijas baseina hidraulisko aprēķinu rezultāti

Sateces baseina platība (km ²)	Hidroloģiskais režīms	Ūdens plūsmas ātrums (m/s)
0.5	($Q_{pp10\%}$)	0.0261
0.5	($Q_{gv50\%}$)	0.0006
1.0	($Q_{pp10\%}$)	0.0384
1.0	($Q_{gv50\%}$)	0.0011
5.0	($Q_{pp10\%}$)	0.1093
5.0	($Q_{gv50\%}$)	0.0051

Lai aprēķinātu dažāda izmēra augsnes daļiņu izgulsnēšanās ātrumu un nepieciešamo attālumu sedimentācijas baseina ietvaros, tiek izmantots Stouka likums (Stokes' Law) (Huffman et al., 2013). Aprēķiniem tiek izmantoti lielākie māla (0.002 mm), putekļu (0.05 mm) un smilts (2.00 mm) daļiņu izmēri, kas raksturoti 2005. gada 25. oktobra MK noteikumos Nr. 804 "Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem" (MK noteikumi Nr. 804, 2005).

Daļiņas grimšanas ātrums stāvošā ūdenī aprēķināms, izmantojot Stouka likumu (Stokes' Law) un sekojošu parametru skaitliskās vērtības:

$$u = \frac{d^2 g}{18\mu} (\rho_s - \rho_w)$$

kur

u - daļiņas grimšanas ātrums (m/sek);

d - daļiņas diametrs (m);

g - gravitātes paātrinājums (m/sek²) - 9.81;

μ - ūdens viskozitāte pie 10 °C (kg/m/sek) - 0.001307;

ρ_s - daļiņu blīvums (kg/m³) - 2650;

ρ_w - ūdens blīvums pie 10 °C (kg/m³) - 999.7.

Aprēķina piemērs ar putekļu daļiņas izmēru 0.05 mm jeb 0.00005 m:

$$u = \frac{0.00005^2 \times 9.81}{18 \times 0.001307} (2650 - 999.7) = 0.0017 \text{ m/sek}$$

Daļiņu izgulsnēšanas laiku stāvošā ūdenī aprēķina:

$$t = \frac{h}{u}$$

kur

t - laiks (sek, stundas, diennaktis);

h - aktīvais ūdens dziļums (m);

u - daļiņas grimšanas ātrums (m/sek).

Aprēķina piemērs ar putekļu daļiņas izmēru 0.05 m jeb 0.00005 m:

$$t = \frac{1.0}{0.0017} = 588 \text{ sek}$$

Daļiņu izgulsnēšanas ceļa attālumu (m) aprēķina:

$$s = t \times v$$

kur

s - izgulsnēšanas ceļa attālums (m);

t - daļiņu izgulsnēšanās ātrums (sek);

v - ūdens plūsmas ātrums (m/sek).

Aprēķina piemērs ar putekļu daļiņas izmēru 0.05 m jeb 0.00005 m:

$$s = 588 \times 0.0006 = 0.35 \text{ m}$$

Aprēķinu rezultāti par dažāda izmēra augsnes daļiņu izgulsnēšanās laikiem un attālumiem atkarībā no sedimentācijas baseinam raksturīgajiem ūdens plūsmas ātrumiem apkopoti 4. tabulā.

Tabulā izcelti aprēķinu rezultāti, kuri norāda par augsnes daļiņu izgulsnēšanās iespējām, ja tiek ņemti 2014. gada 30. septembra MK noteikumos Nr.600 "Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam "Ieguldījumi materiālajos aktīvos"" norādītie sedimentācijas baseinu izmērāmie kritēriji, kur nozīmīgākie ir sedimentācijas baseina garums $L=50$ m un izveidotais padziļinājums 1.0 m. No aprēķinu rezultātiem iespējams secināt, ka sedimentācijas baseinā, kura garums ir 50 m, spēs izgulsnēties tikai smilšu un putekļu daļiņas, kamēr māla daļiņu izgulsnēšana ir visai apgrūtināta un nepieciešams izteikti garāks sedimentācijas baseins.

Augsnes daļiņu izgulsnēšanās laiks un attālums

Sateces baseina platība (km ²)	Augsnes daļiņu izmērs (mm)	Ūdens plūsmas ātrums (m/s)	Augsnes daļiņu izgulsnēšanās laiks (sek)	Augsnes daļiņu izgulsnēšanās attālums (m)
0.5	0.002	0.0261	446678.6	11676.1782
0.5	0.05	0.0261	714.7	18.6819
0.5	2	0.0261	0.4	0.0117
0.5	0.002	0.0006	370416.4	228.4119
0.5	0.05	0.0006	592.7	0.3655
0.5	2	0.0006	0.4	0.0002
1.0	0.002	0.0384	486625.5	18708.9662
1.0	0.05	0.0384	778.6	29.9343
1.0	2	0.0384	0.5	0.0187
1.0	0.002	0.0011	374047.9	409.4559
1.0	0.05	0.0011	598.5	0.6551
1.0	2	0.0011	0.4	0.0004
5.0	0.002	0.1093	639149.8	69875.2796
5.0	0.05	0.1093	1022.6	111.8004
5.0	2	0.1093	0.6	0.0699
5.0	0.002	0.0051	395837.1	2000.1475
5.0	0.05	0.0051	633.3	3.2002
5.0	2	0.0051	0.4	0.0020

Būves ekspluatācija

Būves ekspluatācija saistīta ar sedimentācijas baseina platībā akumulētā materiāla tīrīšanu, kur tīrīšanas regularitāte atkarīga no augsnes daļiņu un organiskās vielas uzkrāšanās ātruma. Ja sedimentācijas baseins ir izbūvēts pirms turpmāko pārbūves vai atjaunošanas darbu veikšanas ūdensteces augštecē, sagaidāma pastiprināta uzduļķotā materiāla akumulācija sedimentācijas baseina platībā un pirmā tīrīšana visdrīzākais būs nepieciešama pēc ūdensteces augštecē plānoto darbu pabeigšanas.



DIVPAKĀPJU MELIORĀCIJAS GRĀVJI

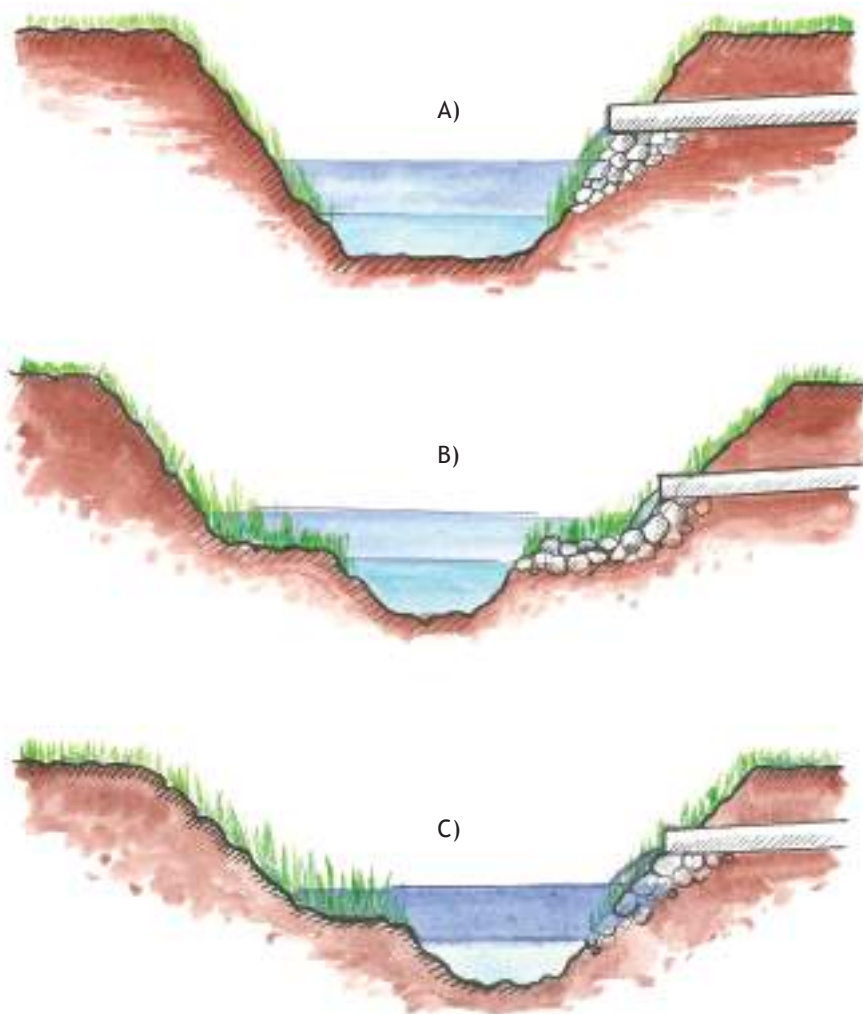
Divpakāpju meliorācijas grāvji

Divpakāpju meliorācijas grāvji ir salikts divpakāpju ūdensnotekas gultnes šķērsprofils, veidojot vai saglabājot izveidojušās mākslīgās palienes ar nostiprinājumiem vai bez tiem.

Izmēramie kritēriji

- Saliktā šķērsprofila plaukta platums - ne mazāks par 1.0 m;
- Saliktu divpakāpju šķērsprofilu posmu kopējais garums projektā - ne mazāk kā 10 % no atjaunojamās (pārbūvējamās) ūdensnotekas vai novadgrāvja garuma (MK noteikumi Nr.600, 2014).

Vairumā gadījumu lauksaimniecības zemēs grāvju šķērsprofilus, t.sk., novadgrāvjiem, kontūrgrāvjiem un susinātājgrāvjiem, projektē un izbūvē trapecveidā, divpakāpju meliorācijas grāvju gadījumā tiek izmantots salikts dubulttrapeces šķērsriezums. Ūdens tecējums divpakāpju meliorācijas grāvī līdzinās dabiskās ūdensteces tecējumam, kad mazūdens periodā ūdens tek pa pamatgultni, bet palielinātas noteces apstākļos palu vai plūdu gadījumā ūdens izkļiedējās palienē. Salīdzinot tradicionālo grāvi ar trapecveida šķērsriezumu, divpakāpju grāvja izvēles gadījumā tiek palielināts šķērsriezuma laukums, kurā palielinātas noteces apstākļos var izkļiedēties ūdens, tādēļ vairumā gadījumu divpakāpju grāvis var novadīt lielāku ūdens apjomu nekā trapecveida grāvis. Divpakāpju grāvju palienes daļa tiek dēvētas par plauku. Plauks nodrošina palielinātu šķērsriezuma laukumu ūdens izkļiedei, kas sekmē ūdens plūsmas ātruma samazināšanu. 2015. gada 30. jūnija MK noteikumos Nr. 329 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves"" ieteikts vietās, kur novērojama liela starpība noturības ziņā starp grunts augšējiem un apakšējiem slāņiem vai arī liela starpība starp palu un vasaras pusgada vidējiem caurplūduma daudzumiem, projektē saliktu dubulttrapeces šķērsriezumu (MK noteikumi Nr. 329, 2015). Trapecveida šķērsprofila grāvja un divpakāpju meliorācijas grāvja divu veidu risinājumi apskatāmi 6. attēlā.



6. attēls. Trapecveida un divpakāpju meliorācijas grāvju risinājumi (Autors: Alise Trifane).

Divpakāpju meliorācijas grāvis var tikt projektēts un izbūvēts, izmantojot divus tehniskos risinājumus. Ja grāvja abos krastos zemes nogabali pieder vienam īpašniekam vai divu zemes nogabalu īpašnieki abos grāvja krastos var savstarpēji vienoties, ieteicams saliktā šķērsprofila plauktus izveidot abās grāvja pusēs (6. attēla B risinājums). Savukārt, ja divu zemes nogabalu īpašnieki abos grāvja krastu nevar vienoties, tad iespējams saliktā šķērsprofila plauktu izbūvēt vienā krastā (6. attēla C risinājums). Izmantojot šādu risinājumu, samazināsies grāvja šķērsriezuma laukums un spēja samazināt ūdens plūsmas ātrumu. NUTRINFLOW projekta īstenošanas ietvaros Latvijā un Somijā izveidotie divpakāpju meliorācijas grāvji drīz pēc būvniecības darbu pabeigšanas apskatāmi 7. un 8. attēlos.



7. attēls. Divpakāpju grāvis - Sodītes ūdenstece Jelgavas novadā (Autors: Ainis Lagzdiņš).



8. attēls. Divpakāpju grāvis - Hardombäcken ūdenstece Somijā (Autors: Ainis Lagzdīņš).

Galvenās funkcijas

Divpakāpju meliorācijas grāvji palielinātas noteces apstākļos samazina ūdens plūsmas ātrumu, jo salīdzinājumā ar trapecveida grāvjiem tiek palielināts grāvja šķērsriezuma laukums, kurā var izkliedēties ūdens. Pēc noteikta laika, kas atkarīgs no ierīkošanas vietas apstākļiem, kad grāvja nogāzēs ir attīstījusies veģetācija, divpakāpju grāvja izveidošana nodrošina ūdens plūsmas nesto augsnes un organiskās vielas daļiņu uztveršanu un izgulsnēšanu, ka arī bioloģiskās daudzveidības palielināšanos.

Plusi un mīnusi

Divpakāpju meliorācijas grāvju ierīkošanas pozitīvie un negatīvie aspekti var tikt raksturoti trīs kategorijās - ūdens kvantitāte un kvalitāte, bioloģiskā daudzveidība un izbūve.

Plusi:

- Palielinātas noteces apstākļos tiek sekmēta ūdens izkļiedēšanās grāvja ietvaros, kas samazina ūdens plūsmas ātrumu un applūšanas riskus hidrogrāfiskā tīkla turpmākajos posmos;
- Palielinātas noteces apstākļos samazina ūdens duļķainību un uzlabo suspendēto vielu, kā arī saistītā veidā esošo fosfora savienojumu izgulsnēšanos palienes platībā;
- Attīstīta veģetācijas grāvju nogāzēs uzlabo putnu un dzīvnieku migrācijas iespējas lauksaimniecības zemēs.

Mīnusi:

- Neskaidra nepieciešamība un tehniskie risinājumi apsaimniekošanas / tīrīšanas pasākumu īstenošanai pamatgultnes aizsērēšanas gadījumos. It īpaši, ja nenoturīgas grunts apstākļos pamatgultnes stiprināšanai tiek izmantotas koka konstrukcijas;
- Divpakāpju meliorācijas grāvji gandrīz vienmēr ir platāki nekā trapeceveida grāvji, tādējādi tiek samazināta lauksaimniecības kultūraugu audzēšanai atvēlētā platība.

Efektivitāte augu barības vielu samazināšanā

ASV veiktā pētījuma ietvaros konstatēts, ka palielinātas noteces apstākļos, kad ūdens izkļiedējās mākslīgajā palienē, divpakāpju meliorācijas grāvji spēj samazināt ūdens duļķainību, suspendēto vielu un fosfora savienojumu koncentrācijas ūdenī (Davis et al., 2015). Mahl et al. (2015) īstenotajā pētījumā novērots, ka mazūdens periodā, kad ūdens tek pa divpakāpju grāvja pamatgultni, šis meliorācijas sistēmu elements var samazināt ūdenī izšķīdušo fosfora savienojumu koncentrācijas par 3 - 53%, kamēr ietekme uz nitrājonu koncentrācijām vai noplūdēm netika konstatēta. Palielinātas noteces gadījumos, divpakāpju grāvji samazināja ūdens duļķainību no 15 līdz 82%, kas nozīmē samazinātu suspendētās vielas transportu hidrogrāfiskā tīkla turpinājumā. ASV pētījuma rezultāti, kur ūdens kvantitātes un kvalitātes monitorings veikts divpakāpju grāvī, kas novada ūdeni no 276 ha lauksaimniecības zemes konstatēts, ka atkarībā

no veģetācijas attīstības stadijas divpakāpju grāvis spēja samazināt kopējā fosfora noplūdi par 40%, ūdenī šķīstošo fosfora savienojumu noplūdi par 11% un suspendēto vielu noplūdi par 22 - 40% (Hodaj et al., 2017).

Tehniskais risinājums

Powell et al. (2007) iesaka divpakāpju meliorācijas grāvju projektēšanas un dimensiju noteikšanas procesu iedalīt deviņos savstarpēji pakārtotos soļus: (1) potenciālās izbūves vietas noteikšana; (2) informācijas apkopošana; (3) informācijas analīze; (4) hidroloģisko aprēķinu veikšana; (5) konceptuālu grāvja dimensiju aprēķinu veikšana; (6) projekta novērtēšana; (7) grāvja dimensiju noslēdzošā noteikšana; (8) būvniecība; (9) monitoringa aktivitāšu veikšana un darbības ietekmes novērtēšana.

Divpakāpju meliorācijas grāvju tehniskais risinājums nodrošina liekā ūdens novadīšanu no lauksaimniecības zemēm, kā arī sekmē dabiskiem apstākļiem raksturīgā ūdens režīma atjaunošanu. Projektējot divpakāpju meliorācijas grāvjus, nepieciešams pamatgultnes un palienes daļu dimensiju aprēķinos ņemt vērā aplēses caurplūdumu aprēķinus ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību. Pamatgultnes dimensijām jānodrošina ilggadīgi vidējā caurplūduma ar 50% pārsniegšanas varbūtību novadīšanu, savukārt palienes daļai jāspēj novadīt pavasara palu maksimālais caurplūdums ar 10% pārsniegšanas varbūtību un/vai vasaras - rudens plūdu maksimālais caurplūdums ar 2 % pārsniegšanas varbūtību.

Būves ekspluatācija

Divpakāpju meliorācijas grāvju ierīkošanas gadījumā, līdzvērtīgi kā trapecveida šķērsprofila grāvjiem, sagaidāma pakāpeniska pamatgultnes aizsērēšana un apauguma attīstība. Līdz ar to nepieciešama grāvju regulāra apsekošana un problēmsituāciju konstatācijas gadījumos atbilstoša rīcība. Ja apaugums traucē ūdens kustību, tad nepieciešama tā pļaušana vai aizvākšana. Divpakāpju meliorācijas grāvju gadījumos jārēķinās ar palielinātu pļaujamo platību. Ārvalstu pētījumu rezultāti liecina, ka divpakāpju grāvju pamatgultne spēj nodrošināt pašattīrīšanās procesu norisi, kā rezultātā tiek samazināta sedimentu akumulācija pamatgultnes ietvaros (D'Ambrosio, 2013; Jayakaran et al., 2010). Joprojām neskaidri ir tehniskie risinājumi par apsaimniekošanas / tīrīšanas pasākumu īstenošanu pamatgultnes aizsērēšanas gadījumos, sevišķi, ja nenoturīgas grunts apstākļos pamatgultnes stiprināšanai tiek izmantotas koka konstrukcijas.



AKMEŅU KRĀVUMI

Akmeņu krāvumi

Akmeņu krāvumi ir projektējot atjaunojamas vai pārbūvējamas ūdensnotekas vai novadgrāvja trasi, garenslīpumu un šķērsprofilu, gultnē atstāj lielos akmeņus un veido akmeņu krāvuma krācītes.

Izmērāmie kritēriji

- Gultnē atstājamo akmeņu diametrs - ne mazāks par 30 cm;
- Akmeņu krāvuma tilpums - ne mazāks par 1 m³ ar akmeņu diametru, kas nav mazāks par 0.2 m;
- Akmeņu krāvuma augstums nepārsniedz vasaras vidējo ūdens līmeni (MK noteikumi Nr.600, 2014).

Akmeņu krāvumu ieteicams veidot tādā augstumā, lai tas nodrošinātu ūdens līmeņa uzstādījumu ūdenstecē, nepārsniedzot vasaras vidējo ūdens līmeni. Šādos apstākļos tiku sekmēta ūdens plūsmas ātruma samazināšana un suspendēto vielu izgulsnēšanās. Atšķirībā no pārējiem videi draudzīgiem meliorācijas sistēmu elementiem, akmeņu krāvuma ierīkošanai nepieciešami minimāli finansiāli un darbaspēka ieguldījumi, jo pārsvarā gadījumu var tikt izmantoti ūdensteces atjaunošanas vai pārbūves gaitā iegūtie materiāli. Tā kā maksimālo caurplūdumu periodos pastāv akmeņu krāvumu nogāzes izskalošanās risks, ieteicama atbilstoša nogāzes stiprināšana. Ieteicams akmeņu krāvumu nogāzes stiprināt līdz projektēšanas procesā aprēķinātajam maksimālajam ūdens līmenim. Ierasti akmeņu krāvumi tiek ieviesti kombinācijā ar citiem videi draudzīgiem meliorācijas sistēmu elementiem, piemēram, sedimentācijas baseiniem vai mākslīgajiem mitrājiem. Akmeņu krāvuma šķērsriezuma un virsskata shematiski attēlojumi doti 9. un 10. attēlos.



9. attēls. Akmeņu krāvuma šķērsriezuma shematisks attēlojums (Autors: Alise Trifane).



10. attēls. Akmeņu krāvuma virsskata shematisks attēlojums (Autors: Alise Trifane).

NUTRINFLOW projekta realizācijas ietvaros akmeņu krāvumi tika ierīkoti Latvijas un Somijas partneru izvēlētajās pilotteritorijās - Ailes strautā un Hardombäcken ūdenstecē. Somijā uzbūvēto akmeņu krāvumu piemēri apskatāmi 11. un 12. attēlos.



11. attēls. Akmeņu krāvums kombinācijā ar sedimentācija baseinu - Hardombäcken ūdenstece Somijā (Autors: Ainis Lagzdīņš).



12. attēls. Akmeņu krāvums kombinācijā ar sedimentācija baseinu - Hardombäcken ūdenstece Somijā (Autors: Ainis Lagzdiņš).

Galvenās funkcijas

Akmeņu krāvumi pilda noteikta ūdens līmeņa uzturēšanas funkciju, kā rezultātā ūdenstecē tiek samazināts ūdens plūsmas ātrums un sekmēti suspendēto vielu izgulsnēšanās procesi. Ņemot vērā ūdens līmeņu starpību starp augšas bjefu un lejas bjefu, akmeņu krāvumi sekmē īslaicīgu ūdens plūsmas paātrinājumu un krācīšu veidošanos. Ūdens kustība pār akmeņu krāvumu nodrošina ūdens apskābekļošanu (aerāciju) un pašattīrīšanās procesu aktīvāku norisi.

Plusi un mīnusi

Plusi:

- Slāpekļa un fosfora savienojumu, kā arī suspendēto vielu koncentrāciju samazināšana ūdenī;
- Ūdens bagātināšana ar skābekli;
- Salīdzinoši vienkārša un lēta ierīkošana;
- Minimāla apsaimniekošanas nepieciešamība;
- Daudzveidīgāka dzīvesvide mikroorganismiem;
- Bioloģiskās daudzveidības palielināšana;
- Ūdensteces estētiskās vērtības palielināšana.

Mīnusi:

- Ilgākā laika periodā iespējama uzpludinātajā platībā akumulētā materiāla tīrīšana.

Efektivitāte augu barības vielu samazināšanā

NUTRINFLOW projekta ietvaros turpināts 2013. gadā uzsāktais ūdeņu kvalitātes monitorings SIA Latvijas Lauksaimniecības Universitātes mācību un pētījumu saimniecības „Vecauce” apsaimniekotajās lauksaimniecības zemēs. Kopumā 2013. gadā sadarbojoties Latvijas Dabas fondam, biedrībai “Zemnieku Saeima” un Latvijas Lauksaimniecības universitātei, tika izveidoti 12 akmeņu krāvumi, kuru tehniskie risinājumi dotajā brīdī neatbilst 2014. gada 30. septembra MK noteikumos Nr.600 “Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam ”Ieguldījumi materiālajos aktīvos”” definētajiem videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ieviešanas kritērijiem. Neskatoties uz neatbilstību esošiem videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ieviešanas kritērijiem, iegūtos rezultātus var izmantot, lai raksturotu akmeņu krāvumu ietekmi uz ūdeņu kvalitātes rādītājiem. Lai pilnvērtīgāk novērtētu augu barības vielu un suspendēto vielu koncentrāciju mainību pētāmajās ūdenstecēs un novērtētu akmeņu krāvumu darbības efektivitāti, nepieciešams analizēt informāciju sateces baseiniem raksturīgajiem virsmas apstākļiem, kā arī informāciju par uzpludinātās platības spoguļvirsmas un sateces baseina platību attiecību. Pētījums veikts ūdenstecēs, kurās tiek novadīta notece no lauksaimniecības zemēm. 5. tabulā apkopota informācija par pētījuma vietām raksturīgajiem sateces baseiniem.

Pētījumā iekļauto sateces baseinu raksturojums

Akmens krānums Nr.	Sateces baseina platība, ha*	Lauksaimniecības zeme, %	Meži, %	Spoguļvirsmas / sateces baseina platības attiecība, %
7	60.0	98.6	1.4	0.059
8	68.2	89.8	10.2	0.021
10	162.0	93.6	6.4	0.039

* Informācija iegūta analizējot Valsts SIA „Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi” meliorācijas digitālā kadastra informāciju.

Laika posmā no 2013. gada līdz 2018. gadam noteiktas slāpekļa un fosfora savienojumu un suspendēto vielu vidējo koncentrāciju izmaiņas ūdeņu paraugos, kas ievākti pirms un pēc izplūdes no akmeņu krāvumiem. Pētījuma rezultāti apkopoti 6. tabulā.

Slāpekļa un fosfora savienojumu un suspendēto vielu samazinājuma efektivitāte akmeņu krāvumos (2013 - 2018)

Akmens krānums Nr.	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N _{kop}	PO ₄ -P	P _{kop}	Suspendētās vielas*
7 (izmaiņas, %)	28	-4	-3	-10	0	-3
8 (izmaiņas, %)	2	-4	-4	-17	-6	-54
10 (izmaiņas, %)	-5	-6	-5	-32	-25	-86

* Monitoringa periods no 2016. gada līdz 2018. gadam.

Kopumā pētījuma gaitā iegūtie rezultāti par augu barības vielu un suspendēto vielu samazinājumu ūdeņos vērtējami kā labi, it sevišķi ņemot vērā, ka šī meliorācijas sistēmu elementa ierīkošanas izmaksas ir ļoti zemas.

Tehniskais risinājums

Akmeņu krāvumu ierīkošanas tehniskajos risinājumos nav pieejamas daudzveidīgas variācijas, kā tas ir citu videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu gadījumos. Nozīmīgākie kritēriji, kuri ieteicams ņemt vērā, projektējot un būvējot akmeņu krāvumus, ir saistīti ar akmeņu izvietojumu ūdenstecē. Akmeņiem ir

jānodrošina ūdens plūsmas ātruma īslaicīgs palielinājums un straujteču veidošanās. Akmeņi jānovieto arī nogāzēs, lai tās stiprinātu un pasargātu no izskalošanās palielinātu caurplūdumu gadījumos. Akmeņu krāvumu ietekmētais ūdens līmeņa uzstādinājums nevar būt augstāks kā vasaras vidējais ūdens līmenis.

Būves ekspluatācija

Ja novērojama akumulētā materiāla uzkrāšanās akmeņu krāvumu ietekmētajā uzpludinātajā platībā, nepieciešama ūdensteces gultnes tīrīšana.



MEANDRĚŠANA

Meandrēšana

Meandrēšana ir ūdensnotekas gultnes sīklīkumainības veidošana, atjaunojot vecās gultnes posmus vai veidojot jaunus līkumus.

Izmērāmie kritēriji

- Atjaunoti vecās gultnes posmi - vairāk par 3;
- Izveidoti jauni līkumi ar ne mazāk kā 3 m lielu liekuma rādiusu no pastāvošās ūdensnotekas (novadgrāvju) ass līnijas un ne mazāk kā 6 līkumiem attiecīgajā posmā (vienviet);
- Izbūves vieta - pēc iespējas tuvāk ietecei regulētā ūdensnotekā un (vai) dabiskā ūdenstecē (ūdenstilpē) (MK noteikumi Nr.600, 2014).

Ūdens tecējuma trajektorijas izmaiņas dabiskās ūdenstecē ir dabisks hidromorfoloģisks process, kas atkarīgs no ūdenstecei pieguļošo teritoriju grunts sastāva un ūdens plūsmas ātruma. Meliorācijas sistēmu ierīkošanas laikā tika regulēti dabiskie strauti un upes, kā arī veikta jaunu virszemes ūdensteču izveide, t.sk., novadgrāvji, kontūrgrāvji un nosusināšanas grāvji. Ūdensteču meandrēšana lauksaimniecības zemēs ir cilvēka veidots ūdensteču vai to posmu dabiskošana. Jāņem vērā, ka meandrēšanas aktivitātes var ietekmēt ūdensteču nogāžu stabilitāti. Nenostiprinātu vai neatbilstoši nostiprinātu nogāžu gadījumos palielinātu caurplūdumu apstākļos var tikt izskalotas nogāzes, kurās sastopama nenoturīga grunts. Īpaši uzmanība jāpievērš ūdenstecei ārējā līkuma nostiprināšanai, jo straumes ātrums šajos posmos ir vislielākais. No ārējā līkuma izskalotie sedimenti izgulsnēsies lejtecē esošajos iekšējos līkumos, kuros straumes ātrums ir samazināts. Ūdenstecei sīklīkumainības veidošanas piemēri no Latvijas un Zviedrijas ilustrēti 13. un 14. attēlos.



13. attēls. Ūdensteces meandrs ar akmeņu stiprinājumu nogāzē - Zviedrija
(Autors: Ainis Lagzdiņš).



14. attēls. Ūdensteces meandrs bez nogāzes stiprināšanas - Latvija (Autors: Ainis Lagzdiņš).

Galvenās funkcijas

Ūdensnotekas sīklīkumainības veidošanai ir vairāki pozitīvie aspekti, kur kā nozīmīgākie uzskatāmi samazināts ūdens plūsmas ātrums un plūdu riski lejtecē, uzlabota suspendēto vielu izgulsnēšanās un akumulācija, atjaunoti putnu un dzīvnieku dabiskie dzīvesvides apstākļi.

Plusi un mīnusi

Plusi:

- Augu barības vielu un suspendēto vielu koncentrāciju samazināšana ūdenī;
- Plūdu risku samazināšana ūdensteces lejtecē;
- Ūdens duļķainības samazināšana;
- Daudzveidīgāka dzīvesvide mikroorganismiem, kas sekmē pašattīršanās procesu aktīvāku norisi;
- Bioloģiskās daudzveidības palielināšana;
- Ūdensteces estētiskās vērtības palielināšana.

Mīnusi:

- Būvniecības laikā nepieciešami nozīmīgi grunts pārvietošanas darbi;
- Ja konstatēta nogāžu izskalošanās, nepieciešama nogāžu stiprināšana.

Efektivitāte augu barības vielu samazināšanā

Vepraskas un Craft (2015), veiktā pētījuma ietvaros, norāda par meandru izveidošana pozitīvo ietekmi uz sedimentācijas procesu norisi ūdenstecē un organiskās vielas akumulāciju anaerobos apstākļos. Noraidošs viedoklis par cilvēka veidoto ūdensteču dabiskā tecējuma atjaunošanu pausts Kondolf (2006) pētījumā, kurā skaidrots, ka ūdensteču atjaunošanas darbu plānošanai ir jābūt balstītai uz konkrētā ūdenstecē notiekošo ģeomorfoloģisko un ekoloģisko procesu izpratni, vēsturiskajām izmaiņām ūdenstecē un ar to saistītajiem ierobežojumiem un iespējām.

Tehniskais risinājums

Pirms meandru projektēšanas un veidošanas būtu ieteicams detalizēti iepazīties ar ūdensteces gultnes un pieguļošo teritoriju grunts sastāvu un novērtēt meandru pielietojuma atbilstību konkrētajai ūdenstecei. Ja grunts sastāva noteikšanas rezultāti norāda par nenoturīgu vai vidēji noturīgu grunts sastāvu, vēlams savlaicīgi iekļānot nogāžu stiprināšanu.

Būves ekspluatācija

Ja ūdensteces periodiskās apsekošanas laikā novērota nogāžu izskalošanās, nepieciešama nogāžu stiprināšana, kuru iespējams veikt ar akmeņu vai koka konstrukciju pielietojumu.



KONTROLĒTĀ DRENĀŽA

Kontrolētā drenāža

Kontrolētā drenāža ir divpusējās mitruma regulēšanas konstrukcijas drenu kontrolakās vai uz drenu kolektoru iztekām.

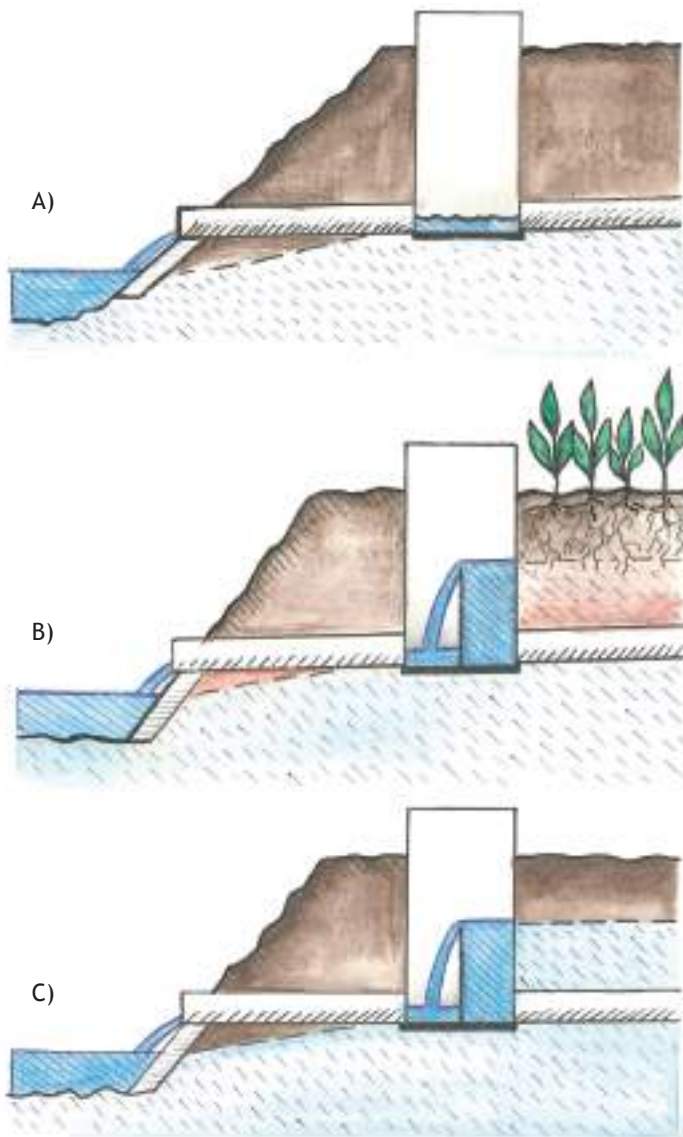
Izmērāmie kritēriji

Kontrolakā vai uztvērējākā ierīkots vertikāls aizbīdnis vai augstuma regulēšanas caurule, vai cita veida konstrukcija ūdens līmeņa regulēšanai. Drenu kolektora iztekas galā ierīkots cauruļvadu aizbāznis ar trosi, kur viens gals piestiprināts pie iztekas un otrs pie aizbāžņa (MK noteikumi Nr.600, 2014).

Kontrolētā drenāža ir ūdens apsaimniekošanas pasākums, kas regulē liekā mitruma novadīšanu no lauksaimniecības lauka, izmantojot kontrolaku ar manuāli vai automātiski regulējamiem aizvariem. Kontrolētās drenāžas galvenais uzdevums ir nodrošināt drenu noteces aizturēšanu un gruntsūdens līmeņa uzstādinājumu ietekmētajā platībā. Ūdens līmeņa regulēšanas konstrukciju visbiežāk izvieto uz drenu sistēmu vai kolektoru iztekām vai iespējami tuvu pirms ūdens novadīšanas atklātā gultnē. Pastāv iespēja ar līdzīgas konstrukcijas palīdzību uzstādināt ūdens līmeni vaļējā ūdenstecē.

Iespējamie drenu noteces aizturēšanas un gruntsūdens līmeņa regulēšanas varianti ir atkarīgi no vasaras vai ziemas kultūraugu izvēles. Ja plānots sēt vasaras kultūraugus, ieteicams aizvaru regulēšanu kontrolakā (ievietošana vai izņemšana) balstīt uz sekojošiem principiem:

- Pavasarī pirms augsnes mehanizētas apstrādes, vasaras kultūraugu sējas un mēslojuma izklīdes, rekomendējama aizvaru pilnīga izņemšana (15. attēla A risinājums). Tas nodrošinās brīvu ūdens plūsmu drenu sistēmā un liekā mitruma novadīšanu no lauka. Atkarībā no augsnes granulometriskā sastāva aizvaru izņemšana jāplāno 3 - 4 nedēļas pirms paredzētajām aktivitātēm laukā (mālainās augsnēs ātrāk, smilšainās vēlāk);
- Pēc pavasarī veiktajām aktivitātēm laukā ieteicama pakāpeniska aizvaru ievietošana kontrolakā, kas vasaras periodā var nodrošināt izvēlēto gruntsūdens līmeņa uzstādinājumu laukā (15. attēla B risinājums). Gruntsūdens līmeņa svārstības laukā ietekmē ne tikai aizvaru ievietošana, bet arī nokrišņu daudzums turpmākajā laika periodā pēc aizvaru ievietošanas. Ja pēc aizvaru ievietošanas nokrišņu daudzums ir neliels, augsnes profilā nebūs iespējams uzkrāt ūdeni un nodrošināt izvēlēto gruntsūdens līmeņa uzstādinājumu;



15. attēls. Drenu noteces aizturēšanas un gruntsūdens līmeņa regulēšanas variantu shematisks attēlojums (Autors: Alise Trifane).

- Optimālo gruntsūdens līmeņa uzstādīājumu ieteicams noteikt pēc kultūraugu sakņu sistēmu dziļuma dažādās to attīstības stadijās (15. attēla B risinājums). Šajā laika posmā, kad noris aktīva veģetācijas procesu norise un kultūraugu sakņu sistēmas pakāpeniski attīstās dziļāk augsnē, kritiska ir gruntsūdens līmeņa regulāra kontrole. Nav pieļaujams pārāk augsts gruntsūdens līmeņa uzstādīājums, jo tas var negatīvi ietekmēt kultūraugu attīstību. Gadījumos, kad izdodas laukā uzturēt optimālo gruntsūdens līmeņa uzstādīājumu, izteikti sausās vasarās

kontrolētā drenāža var pozitīvi ietekmēt kultūraugu ražas, jo kultūraugiem var kļūt izmantojams augsnes profilā uzkrātais ūdens;

- 3 - 4 nedēļas pirms kultūraugu ražas novākšanas rekomendējama aizvaru pilnīga izņemšana (15. attēla A risinājums). Tas nav nepieciešams, ja vasaras laikā nav izdevies augsnes profilā uzkrāt ūdeni un gruntsūdens līmenis atrodas dziļi zem zemes virsmas;
- Ja pēc ražas novākšanas nav paredzēts sēt ziemas kultūraugus, tad ziemas periodā starp diviem vasaras kultūraugiem, kad laukā ir papuve vai kultūraugu atliekas pēc ražas novākšanas, gruntsūdens līmeni var uzstādīt maksimāli tuvu zemes virsmai (15. attēla C risinājums).

Dažādu formu kontrolaku piemēri ar manuāli regulējamiem aizvariem apskatāmi 16. un 17. attēlos.



16. attēls. Kontrolaka ar manuāli regulējamiem aizvariem - Zviedrija (Autors: Ainis Lagzdīņš).



17. attēls. Kontrolaka ar manuāli regulējamiem aizvāriem - ASV (Autors: Ainis Lagzdīņš).

Galvenās funkcijas

Ūdens uzkrāšana augsnes profila ietvaros nodrošina drenu noteces samazināšanu, kā rezultātā samazinās augu barības vielu zudumi no nosusinātām lauksaimniecības zemēm. Izteikti sausās vasarās optimāla gruntsūdens līmeņa uzstādīējuma uzturēšana, var labvēlīgi ietekmēt kultūraugu ražas.

Plusi un mīnusi

Plusi:

- Limitēta drenu notecē nodrošina ūdenī šķīstošo slāpekļa (nitrātjoni) un fosfora (ortofosfātjoni) savienojumu zudumu samazināšanos no nosusinātām lauksaimniecības zemēm;
- Izteikta sausuma apstākļos optimāla gruntsūdens līmeņa uzturēšana var nodrošināt uzkrātā ūdens pieejamību kultūraugu attīstības procesu nodrošināšanai.

Mīnusi:

- Nepārdomāta gruntsūdens līmeņa regulēšana var izraisīt pārmitrus apstākļus un negatīvi ietekmēt kultūraugu attīstību un ražu;
- Kontrolēto drenāžu iespējams ierīkot apvidos, kuros zemes virsmas slīpums nepārsniedz 0.5%;
- Latvijā nav veikti pētījumi par kontrolētās drenāžas ietekmi uz drenu sistēmu aizsalšanas un aizsērēšanas procesiem.

Efektivitāte augu barības vielu samazināšanā

Ārvalstīs veiktie pētījumi galvenokārt pievērš uzmanību drenu noteces un augu barības vielu noplūžu samazināšanās novērtēšanai. Helmers et al. (2012) pētījumā konstatējis, ka kontrolētās drenāžas ieviešana lauksaimniecības zemēs samazina drenu noteci par 37% un nitrātjonu noplūdi par 36%. Jaynes (2012) novērojis kontrolētās drenāžas apstākļos drenu noteces samazinājumu par 21%, nitrātu slāpekļa noplūdes samazinājumu par 29%. Vēl izteiksmīgāks no lauksaimniecības zemēm novadītā ūdens apjoma un augu barības vielu zudumu samazinājums konstatēts pētījumā Zviedrijā, kur kontrolētās drenāžas apstākļos novadītā ūdens apjoms samazināts par 79 - 94%, nitrātjonu noplūdes samazinājums no 78 līdz 94% un fosfora noplūdes samazinājums no 58 līdz 85% (Wesström et al., 2001).

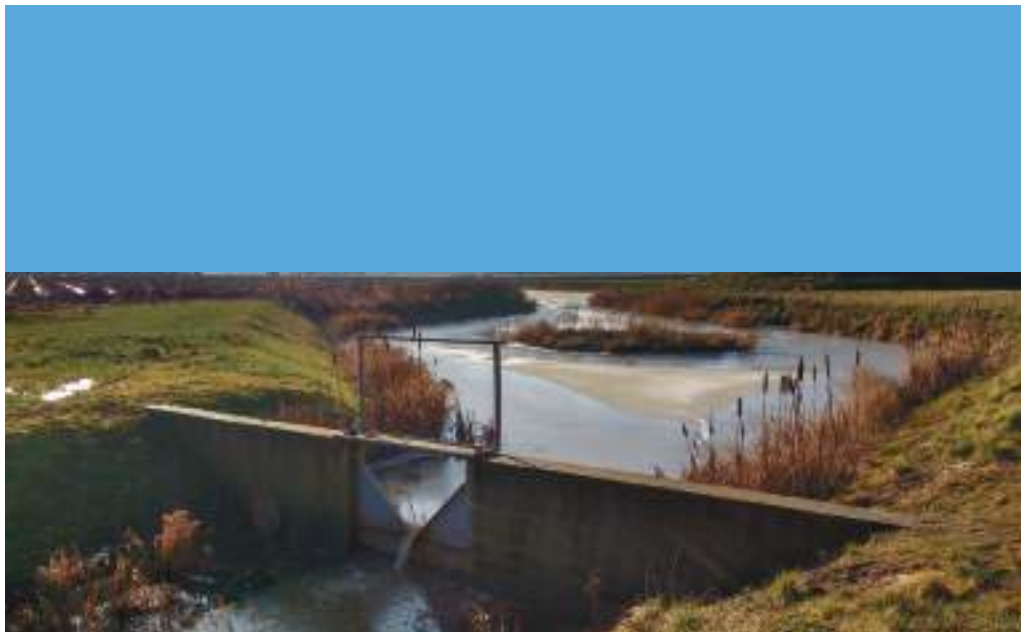
Tehniskais risinājums

No praktiskās funkcionalitātes viedokļa, kontrolētai drenāžai vispiemērotākās ir lauksaimniecības platības ar zemes virsmas slīpumu līdz 0.5%. Lai uzturētu viendabīgu gruntsūdens līmeni laukā un neappludinātu zemākās platības, ieteicama vairāku kontrolaku ierīkošana uz drenu kolektoriem kaskādes veidā, ja zemes virsmas augstuma izmaiņas ir robežās no 30 līdz 60 cm. Kontrolētās drenāžas ieviešana ir iespējama ne

tikai projektējot un izbūvējot jaunas drenu sistēmas, papildus ir iespējams pielāgot arī esošās drenu sistēmas.

Būves ekspluatācija

Būves ekspluatācijā kritiska ir savlaicīga kontrolakas aizvaru atvēršana un aizvēršana. Ja tiek nokavēta aizvaru savlaicīga atvēršana, tad laukā var rasties pārmitri apstākļi. Līdz ar to var kavēties augsnes mehāniskā apstrāde, kultūraugu sēja un mēslošana, kas var atstāt negatīvu ietekmi uz kultūraugu attīstību un ražu. Savlaicīga kontrolakas aizvaru aizvēršana var sekmēt noteikta gruntsūdens līmeņa uzturēšanu ietekmētajā platībā, kas sausuma apstākļos var kalpot kā papildus ūdens avots kultūraugu vajadzību nodrošināšanai.



MĀKSLĪGIE MITRĀJI

Mākslīgie mitrāji

Mākslīgie mitrāji ir mākslīgi veidoti mitrāji ūdens piesārņojuma piesaistei ar virszemes vai pazemes plūsmu.

Izmērāmie kritēriji

- Mākslīgi veidoti mitrāji, kuru iepriekš nav bijis un kuri radīti, īstenojot projektu;
- Izbūves vieta - pēc iespējas tuvāk ietecei regulētā ūdensnotekā un (vai) dabiskā ūdenstecē;
- Ūdens plūsmas filtrācijai izmantoti dabiski augu filtri (niedru u. c.), koka šķelda, grants, smilts;
- Mitrājam ar virszemes plūsmu mitrāja baseina dziļums no pamatnes - ne vairāk kā 1.5 m (MK noteikumi Nr.600, 2014).

Mākslīgais mitrājs ir cilvēka veidota ūdens ekosistēma, kuras uzdevums ir nodrošināt dabisko ūdens pašattīršanās procesu norisi un sekmēt augu barības vielu, suspendēto vielu un citu piesārņojošo vielu samazinājumu ūdenī. Mākslīgie mitrāji pirmsākumos tika izmantoti sadzīves un rūpniecības notekūdeņu, kā arī lietus ūdeņu attīrīšanai. Laika gaitā pārliecinoties, ka mākslīgie mitrāji ir salīdzinoši efektīvi un ekspluatācija izmaksu ziņā lēts ūdeņu attīrīšanas risinājums, mākslīgie mitrāji tika pielāgoti no lauksaimniecības zemēm novadīto ūdeņu attīrīšanai.

Atkarībā no ūdens plūsmas režīma mākslīgos mitrājus iedala virszemes plūsmas (redzama atklāta ūdens virsma), pazemes plūsmas (atklāta ūdens virsma nav redzama) un kombinētas plūsmas (apvienoti virszemes un pazemes plūsmas elementi). Visu veidu plūsmu mitrājiem iespējami dažādi tehnisko risinājumu varianti, kuru izvēle ir atkarīga no ieplūstošā ūdens kvantitatīvajiem un kvalitatīvajiem rādītājiem, būvniecības vietai raksturīgajiem hidroģeoloģiskajiem un meteoroloģiskajiem apstākļiem, kā arī sateces baseina īpatnībām. Šajā izdevumā raksturoti virszemes un pazemes plūsmas mākslīgie mitrāji.

Virszemes plūsmas mitrāji var būt sekla vai padziļināta ūdenstilpne, kurām raksturīgs caurplūstošs ūdens režīms un redzama atklāta ūdens virsma. Ūdens attīrīšanas procesus mitrājā var nosacīti iedalīt vairākās funkcionālajās zonās, kurās atkarībā no izvēlētajiem tehniskajiem risinājumiem norisinās fizikālie, bioloģiskie un ķīmiskie procesi vai kombinēta minēto procesu mijiedarbība. Ja mitrāja sākumposmā izbūvēts gultnes padziļinājums, tad šajā posmā sagaidāma suspendēto vielu mehāniska

izgulsnēšanās. Augu barības vielu uzņemšana un pārveidošana no vienas formas otrā ir atkarīga no veģetācijas attīstības un mikroorganismu aktivitātes. Lai virszemes plūsmas mitrāji spētu efektīvi samazināt augu barības vielas un suspendētās vielas notecē no lauksaimniecības zemēm, ieteicams projektēt un izbūvēt mitrāju, kuram spoļuvirsmas platība būtu robežās no 0.5 līdz 4% no sateces baseina platības (Owenius, van der Nat 2011). Virszemes plūsmas mitrāja šķērsriezuma un virsskata ilustratīvi piemēri doti 18. un 19. attēlos.



18. attēls. Virszemes plūsmas mitrāja šķērsriezuma shematisks attēlojums (Autors: Alise Trifane).

18. attēla kreisajā pusē, kas ir mitrāja ieplūdes daļa, un aiz vidus daļā esošās veģetācijas zonas, kas ir izplūdes daļa, redzamas mākslīgajiem mitrājiem raksturīgās dziļūdens zonas, kurās paredzēta suspendēto vielu izgulsnēšanās. Veģetācijas zona, kas atrodas mitrāja vidusdaļā, sekmēs mazāka izmēra daļiņu aizkavēšanu, ūdenī izšķīdušo slāpekļa un fosfora savienojumu saistīšanu un pārveidošanās procesu nodrošināšanu.

19. attēlā redzamas mākslīgi izveidotas salas, kas pilda ūdens plūsmas izkliedes funkciju. Ūdens plūsmu vēlams izkliedēt, lai palielinātu ūdens plūsmas ceļa garumu un uzturēšanās laiku mākslīgā mitrāja ietvaros. Ja mitrājā netiek izbūvētas mākslīgi veidotas barjeras, kas var izpausties kā salas vai perpendikulāri krasta līnijām izveidoti zemūdens vaļņi, paātrinās ūdens apmaiņa mitrājā un samazinās darbības efektivitāte. Virszemes plūsmas mitrājus parasti izmanto lauksaimniecības noteču attīrīšanai, jo ūdens satur slāpekļa un fosfora savienojumus, kā arī suspendētās vielas mainīgās koncentrācijās. Latvijā izbūvētie virszemes plūsmas mākslīgie mitrāji apskatāmi 20. un 21. attēlos.



19. attēls. Virszemes plūsmas mitrāja virskata shematisks attēlojums (Autors: Alise Trifane).



20. attēls. Virszemes plūsmas mākslīgais mitrājs - z/s “Mežacīruļi” (Autors: Ainis Lagzdiņš).



21. attēls. Virszemes plūsmas mākslīgais mitrājs - z/s “Vilciņi-1” (Autors: Ainis Lagzdīņš).

Pazemes plūsmas mitrājā ūdens attīrīšanas procesi norisinās zem zemes virsmas, tādēļ ūdens plūsma nav redzama. Ūdens tiek filtrēts cauri rupjas smilts, grants, koka šķeldas vai cita dabiska materiāla filtram, tādējādi attīrīšanas procesi norit slēgtā vidē, novēršot smaku izplatības iespēju. Virs mitrāja tiek stādīti mitrumu mīloši augi, kuru sakņu sistēmas var sasniegt mitrājā uzturēto ūdens līmeni. Pazemes plūsmas mitrāja ūdens attīrīšanas efektivitāte ir atkarīga no projektēšanas procesā veiktajiem inženiertehniskajiem aprēķiniem un būvniecības precizitātes. Atšķirībā no virszemes plūsmas, pazemes plūsmas mitrāju gadījumā, projektējos mitrāja dimensijas, īpaši svarīgi ir ņemt vērā ieplūstošā ūdens kvantitāte un kvalitāte. Jo lielāks būs ieplūstošā ūdens apjoms un augstākas augu barības, suspendēto un organisko vielu koncentrācijas, jo lielāka platība un filtrējošā materiāla daudzums jāparedz mitrājam. Pazemes plūsmas mitrāju var veidot kombinācijā ar sedimentācijas baseinu, kurā izgulsnējās lielāko izmēru augsnes un organiskās vielas daļiņas. Šāda risinājuma gadījumā var rasties nepieciešamība izmantot sūkni ūdens padevei no sedimentācijas baseina uz pazemes plūsmas mitrāju. Kopumā pazemes plūsmas mitrāji ir piemēroti lietus ūdeņu attīrīšanai, kas tiek novadīti no zemnieku saimniecības cietā seguma virsmām. 22. attēlā redzams viens no retajiem Latvijā izbūvētajiem pazemes plūsmas mākslīgajiem mitrājiem.



22. attēls. Pazemes plūsmas mākslīgais mitrājs - z/s “Mežacīruļi” (Autors: Ieva Siksnāne).

Galvenās funkcijas

Virszemes un pazemes plūsmu mākslīgo mitrāju primārā funkcija ir ūdens attīrīšana no slāpekļa un fosfora savienojumiem, kā arī suspendētajām vielām, kas notiek dabisku fizikālu, ķīmisku un bioloģisku procesu rezultātā. Virszemes plūsmas mitrāji nodrošina bioloģiskās daudzveidības uzturēšanas funkciju, jo rada labvēlīgu dzīves vidi augiem, mikroorganismiem, putniem un dzīvniekiem. Papildus virszemes plūsmas mitrājā akumulēto ūdeni var izmantot apūdeņošanas, ugunsdzēsības vai citām saimnieciskām vajadzībām.

Plusi un mīnusi

Virszemes un pazemes plūsmas mitrāju pozitīvās un negatīvās iezīmes ir atkarīgas no mitrāju izbūves vietas specifiskajiem apstākļiem, izvēlētajiem tehniskajiem risinājumiem, sateces baseina izmēriem un ieplūstošā ūdens kvantitatīvajiem un kvalitatīvajiem rādītājiem.

Plusi:

- Sekmē augu barības vielu un suspendēto vielu samazināšanu notecē no lauksaimniecības zemēm;
- Papildina lauksaimniecības ainavu ar atklāta ūdens elementiem;
- Palielina bioloģisko daudzveidību;
- Nodrošina papildus ūdens avotu saimnieciskajām vajadzībām.

Mīnusi:

- Atkarībā no sateces baseina izmēriem un pieplūstošā ūdens apjoma un kvalitātes, mākslīgo mitrāju ierīkošanai var būt nepieciešama salīdzinoši liela platība;
- Nepieciešama regulāra mākslīgo mitrāju apsaimniekošana, kas ietver nogāžu pļaušanu un akumulētā materiāla tīrīšanu;
- Ūdens pievadīšanai pazemes plūsmas mitrāja izbūves gadījumā, var būt nepieciešama ūdens sūkņa izmantošana, kas rada papildus ekspluatācijas izdevumus.

Efektivitāte augu barības vielu samazināšanā

NUTRINFLOW projekta ietvaros tika turpināts 2014. gadā uzsāktais pētījums par augu barības vielu un suspendēto vielu samazināšanas efektivitāti virszemes un pazemes plūsmas mākslīgajos mitrājos, kas izbūvēti z/s „Mežacīruļi”. Virszemes plūsmas mitrājs attīra no lauksaimniecības zemēm novadīto noteci, kamēr pazemes plūsmas mitrājs attīra lietus un sniega kušanas ūdeņus, kas tiek novadīti no saimniecības teritorijā esošajiem cietajiem segumiem. Ūdeņu paraugi tika ievākti manuāli, balstoties uz nejaušu ūdens paraugu ievākšanas metodiku reizi divās nedēļās.

Virszemes plūsmas mitrāja sateces baseina kopējā platība ir 73.64 ha, savukārt mākslīgā mitrāja spoguļvirsmas platība ir 0.38 ha. Tas nodrošina 0.005% attiecību starp mitrāja spoguļvirsmas platību un sateces baseina platību. Ūdens līmenis tiek uzturēts izmantojot aizsprostu ar iebūvētu V-veida pārgāzni. Virszemes plūsmas mitrājs lauksaimniecības noteces attīrīšanai izbūvēts uz meliorācijas grāvja 100 m attālumā no ietekas Eglones upē. Mitrāja garums 240 m, platums no 6 līdz 42 m.

Pazemes plūsmas mākslīgais mitrājs izvietots blakus novadgrāvja gultnei 70 m no ietekas Eglones upē. Mitrāja izbūves vietas izvēle saistīta ar vēsturiski izveidotā lietus ūdeņu novadīšanas sistēmas novietojumu. Lietus un sniega kušanas ūdeņu novadīšanas sistēmas sateces baseina platība ir 0.8 ha. Lietus un sniega kušanas ūdeņi paštecē nonāk sedimentācijas baseinā, kura izmēri ir 9.9 x 13.75 m un tilpums 45 m³. Sedimentācijas baseins uztver un daļēji izgulsnē rupjākās suspendētās vielas un kalpo maksimālo ūdens plūsmu izlīdzināšanai lietusgāžu un sniega kušanas epizožu laikā. No baseina ūdens uz pazemes plūsmas mitrāju tiek padots kontrolētā apjomā ar sūkņa palīdzību. Pazemes plūsmas mitrāja virsmas izmēri ir 8.2 m x 19.6 m. Pētījuma rezultāti, kas iegūti salīdzinot slāpekļa un fosfora savienojumu un suspendēto vielu vidējās koncentrācijas pirms un pēc izplūdes no mitrājiem, apkopoti 7. tabulā. Pētījuma rezultāti norāda, ka slāpekļa un fosfora savienojumu un suspendēto vielu attīrīšanas efektivitāte ir augsta.

7. tabula

Slāpekļa un fosfora savienojumu un suspendēto vielu samazinājuma efektivitāte mākslīgajos mitrājos (2014 - 2018)

Paraugu ņemšanas vieta	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N _{kop}	PO ₄ -P	P _{kop}	Suspendētās vielas
Virszemes plūsmas mitrājs						
Izmaiņas, %	-20	-36	-20	-26	-24	-43
Pazemes plūsmas mitrājs						
Izmaiņas, %	-19	-65	-51	-88	-89	-63

Somijā veikta pētījuma rezultāti norāda, ka trijos virszemes plūsmas mākslīgajos mitrājos suspendēto vielu daudzums gada ietvaros vidēji samazinājies par -5% līdz 72%, kopējā fosfora par -6% līdz 67%, kopējā slāpekļa par -7% līdz 40% un amonija jonu par -50% līdz 57%. Jāatzīmē, ka ar “-“ zīmi apzīmētās skaitliskās vērtības norāda par noteiktās vielas palielinājumu ūdeņos pēc izplūdes no mākslīgā mitrāja. Mitrāji ar ilgāku ūdens uzturēšanās laiku samazināja augu barības vielas ar augstāku efektivitāti (Koskiaho et al., 2003). Zviedrijā veiktā pētījumā analizēti septiņu virszemes plūsmas mitrāju darbības rādītāji. Pētījumā konstatēts, ka visi mitrāji samazināja suspendēto vielu un kopējā fosfora daudzumu ūdenī, kur attīrīšanas efektivitāte ir atkarīga no mitrāja garuma (Johannesson et al., 2015). Braskerud (2001) pētījumā novērots, ka četri virszemes plūsmas mitrāji spēj attīrīt no 21 līdz 44% no mitrājā ieplūstošā kopējā fosfora daudzuma.

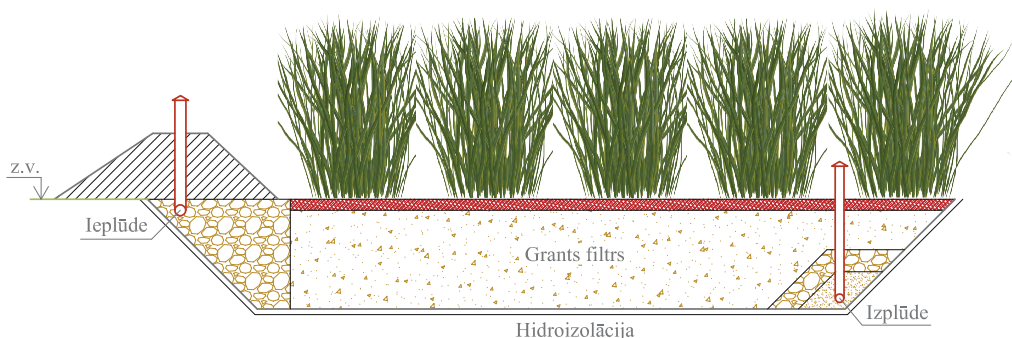
Tehniskais risinājums

Virszemes plūsmas mākslīgo mitrāju tehnisko risinājumu izvēli visbiežāk ierobežos izbūves vietas piemērotība konkrētajam meliorācijas sistēmu elementam. Ieteicams virszemes plūsmas mitrājus būvēt dabiskos reljefa pazeminājumos, kuros novērojami regulāri vai periodiski pārmitri apstākļi, jo šāda izvēle samazinās būvniecības izmaksas. Šādos apstākļos nebūs nepieciešams veikt grunts pārvietošanas darbus lielos apjomos. Mitrāja funkcionalitātei nepieciešamo ūdens līmeņa palielinājumu ūdenstecē iespējams nodrošināt ar ūdens līmeņa regulēšanas būves izveidi izplūdes daļā. Noteikti nepieciešams paredzēt ūdens novadīšanas iespēju no visas mitrāja platības, ko var nodrošināt, izbūvējot aizvarus izplūdes daļā. Mitrāja pilnīga iztukšošana radīs labvēlīgus apstākļus akumulētā materiāla tīrīšanas darbu veikšanai, ko ieteicams veikt vasaras mazūdens periodā. Virszemes plūsmas un pazemes plūsmas mitrāju novietojums z/s “Mežacīruļi” apskatāms 23. attēlā.



23. attēls. Virszemes un pazemes plūsmas mākslīgo mitrāju novietojums - z/s “Mežacīruļi” piemērs (Autors: Linda Grinberga).

Pazemes plūsmas mitrājus ieteicams projektēt un būvēt reljefa pazeminājumos, uz kuriem iespējams novadīt lietus un sniega kušanas ūdeņus no saimniecības teritorijā esošajiem cietajiem segumiem un jumtiem. Šādā veidā tiks samazinātas turpmākās ekspluatācijas izmaksas, jo ūdens novadīšanai uz mitrāju varēs izmantojot pašteci. Ja reljefa apstākļi nav labvēlīgi šādas būvniecības vietas atrašanai vai pazemes plūsmas mitrāju paredzēts pievienot jau esošai lietus ūdeņu novadīšanas sistēmai, tad nepieciešama ūdens sūkņu izmantošana. Pazemes plūsmas mitrāja efektīvas darbības nodrošināšanai un neattīrītu ūdeņu infiltrācijas novēršanai, nepieciešama hidroizolējoša materiāla ieklāšana gultnē. 24. attēlā dots shematiskais pazemes plūsmas mitrāja piemērs.



24. attēls. Pazemes plūsmas mākslīgā mitrāja šķērsgriezuma shematiskais attēlojums - z/s "Mežacīruļi" piemērs (Autors: Linda Grinberga).

Būves ekspluatācija

Virszemes plūsmas mākslīgā mitrāja izmēru un formu ieteicams pielāgot apsaimniekošanas vajadzībām, ņemot vērā pieejamās traktortehnikas parametrus. Apsaimniekošana ietver nogāžu pļaušanu un akumulētā materiāla tīrīšanas darbus. Nogāžu pļaušana veicama regulāri, lai nepieļautu krūmāju attīstību. Atkarībā no augsnes daļiņu un organiskās vielas uzkrāšanās ātruma un apjoma, nepieciešama periodiska gultnes tīrīšana. Ierasti ūdens plūsmas transportētais materiāls izgulsnējas mitrāja ieplūdes daļā, līdz ar to paredzama biežāka ieplūdes daļas gultnes tīrīšana.

Pazemes plūsmas mākslīgo mitrāju regulāri apseko, pievēršot uzmanību filtra virsai un veģetācijas attīstībai. Nav pieļaujama ūdens parādīšanās virs filtra, jo tas liecina par infiltrācijas vai drenu caurules piesērējumu, vai cita veida mitrāja traucētu darbību, kas var negatīvi ietekmēt attīrīšanas procesu norisi. Cauruļu skalošanai piesērējuma gadījumā var izmantot spēcīgu ūdens strūklu. Ja piesērē ūdeni sadalošo

cauruļu apbērumš, grants bērumu var izrakt un nomainīt ar jaunu filtra materiālu. Mitrāja ekspluatācijas sākuma posmā jāpievērš pastiprināta uzmanība veģētācijai, kas klāj pazemes plūsmas mitrāja viršpusi. Jānodrošina izvēlētajiem augiem optimāls mitruma režīms, ja ūdens pieplūde nav pietiekama. Pēc augu sakņu sistēmas pilnīgas izveidošanās, speciāla mitruma kontrole nav nepieciešama. Rudenī, kad pazeminātu gaisa temperatūru ietekmē veģētācijas attīstības ir limitēta, ieteicams augus nopļauj un atstāt virs mitrāja filtra. Tas nodrošinās cauruļvadiem un filtra daļai nepieciešamo siltumizolāciju ziemas sezonas laikā.



KOKA ŠŪKELDAS BIOREAKTORI

Koka šķeldas bioreaktori

2014. gada 30. septembra MK noteikumi Nr.600 "Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam "Ieguldījumi materiālajos aktīvos"" aktuālajā redakcijā neparedz koka šķeldas bioreaktoru kā videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu izveidi normatīvajos aktos par riska ūdensobjektiem noteiktajos sateces baseinos. Kopumā jāatzīmē, ka koka šķeldas bioreaktori tiek plaši pētīti un izmantoti ASV, kamēr Eiropas valstīs pētījumi par šī ūdens kvalitātes uzlabošanas pasākuma ieviešanas iespējām lauksaimniecības zemēs tikai tiek uzsākti.

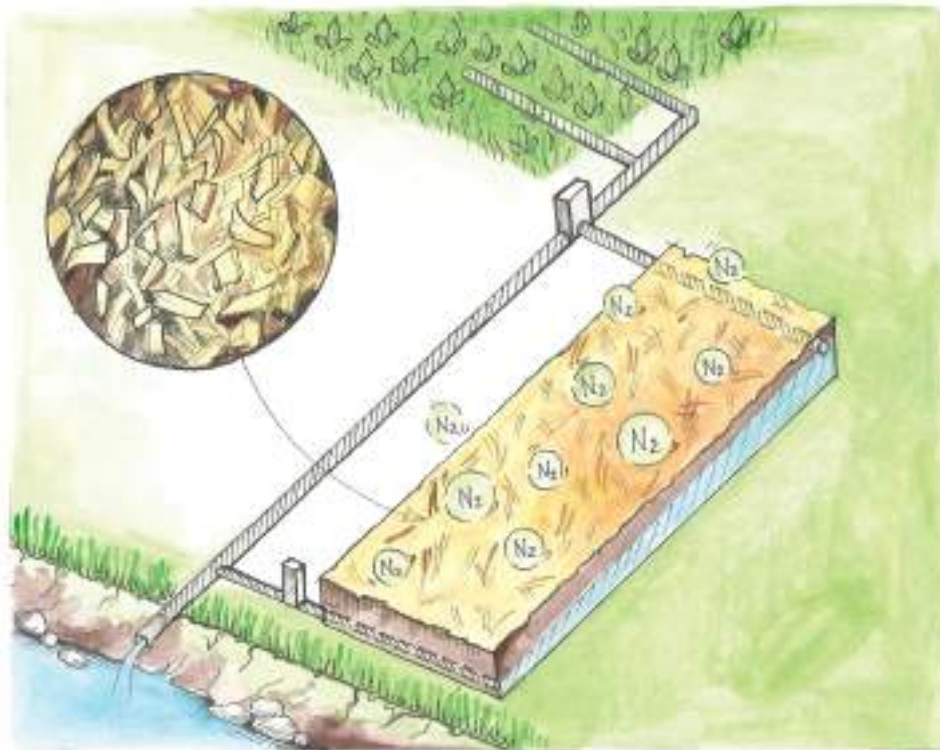
Koka šķeldas bioreaktori ir drenu noteces novadīšana uz koka šķeldas filtru ar pazemes ūdens plūsmu, lai sekmētu denitrifikācijas procesu norisi.

Izmērāmie kritēriji

- Ūdens plūsmas filtrācijai izmantots koka šķeldas filtrs;
- Koka šķeldas izmērs robežās no 1 līdz 5 cm;
- Gultni veido taisnstūra vai kvadrāta formā ar vai bez ūdens plūsmu regulējošām barjerām;
- Gultnes dziļums no pamatnes - ne mazāks par 1.2 m;
- Divas kontrolakas ūdens plūsmas regulēšanai ieplūdes un izplūdes daļā;
- Izbūves vieta - drenu kolektors pēc iespējas tuvāk ietecei dabiskā vai regulētā ūdenstecē vai ūdenstilpē.

Koka šķeldas bioreaktoru darbības principi ir saistīti ar drenu noteces pārtveršanu un novadīšanu uz lauksaimniecības lauka malā vai starp diviem laukiem ierīkotu gultni, kas pildīta ar koka šķeldu. Ūdenim pakāpeniski plūstot caur koka šķeldas filtru tiek nodrošināti labvēlīgi apstākļi denitrifikācijas procesu norisei, kā rezultātā nitrātjoni (NO_3^-) tiek reducēti par nekaitīgo slāpekļa gāzi (N_2). Denitrifikācijas reakcijas iespējamās anaerobos apstākļos, kad baktērijām (*Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Micrococcus*) ir pieejams oglekli saturošs barības avots (Kļaviņš un Cimdiņš, 2004). Koka šķeldas bioreaktoros baktērijas izmanto nitrātjonos esošo skābekli elpošanas procesu nodrošināšanai un koka šķeldu kā barības avotu. Lai nodrošinātu bioreaktorā limitēta skābekļa apstākļus un vienmērīgu baktēriju darbību, nepieciešama konstanta ūdens līmeņa uzturēšana. Tradicionāli ūdens līmeņa

uzturēšanai tiek izmantotas divas kontrolakas attiecīgi ieplūdes un izplūdes daļā. Koka šķeldas bioreaktora shematiskais attēlojums dots 25. attēlā.



25. attēls. Koka šķeldas bioreaktora shematiskais attēlojums (Autors: Alise Trifane).

Divas kontrolakas uzskatāmas par nozīmīgām bioreaktora konstrukcijas sastāvdaļām, kur katra kontrolaka pilda noteiktas funkcijas. Kontrolaka, kas atrodas bioreaktora ieplūdes daļā, nodrošina ūdens novadīšanu uz koka šķeldas filtru un ūdens pārplūdi maksimālo caurplūdumu apstākļos. Kontrolaka, kas ierīkota bioreaktora izplūdes daļā, sekmē noteikta ūdens līmeņa uzturēšanu bioreaktorā. Tādējādi tiek nodrošināts konkrēts ūdens uzturēšanās laiks bioreaktorā, kas sekmē denifrikācijas procesu pilnvērtību norisi. Abas kontrolakas ir aprīkotas ar manuāli vai automātiski regulējamiem vairāku līmeņu aizvāriem. Ieplūdes kontrolakas gadījumā aizvaru ievietošana vai izņemšana pieļauj palielināt vai samazināt ūdens apjomu, kas tiek novadīts uz bioreaktoru. Aizvaru ievietošana vai izņemšana izplūdes kontrolakā regulē ūdens uzturēšanās laiku bioreaktorā (Christianson un Helmers, 2011). 26. attēlā redzams maza izmēra koka šķeldas bioreaktora būvniecības process, kas tika realizēts ASV sadarbojoties privātpersonai un University of Illinois at Urbana-Champaign pētniekiem.



26. attēls. Koka šķeldas bioreaktors - ASV (Autors: Laura E. Christianson).

27. attēlā ilustrēts koka šķeldas bioreaktora piemērs, kurā izmantotas ūdens plūsmu regulējošas barjeras, kuru uzdevums ir vienmērīgi izkliedēt ūdens plūsmas visā gultnes platībā un paildināt ūdens uzturēšanās laiku. Bioreaktora platībā izvietotās vertikālās caurules nav uzskatāmas par bioreaktora projektēšanas un būvniecības nepieciešamu sastāvdaļu, tās sniedz iespēju University of Illinois at Urbana-Champaign pētniekiem veikt pilnvērtīgu nitrātjonu un citu piesārņojošo vielu samazināšanās procesu novērtējumu ūdens plūsmas virzienā.



27. attēls. Koka šķeldas bioreaktors ar ūdens plūsmu regulējošām barjerām - ASV
(Autors: Laura E. Christianson).

Pēc būvniecības darbu veikšanas virs koka šķeldas bioreaktora gultnes ieteicams izveidot un uzturēt ilggadīgo zālāju, kura pļaušanai vēlams izmantot pēc iespējas vieglāku lauksaimniecības tehniku, lai novērstu koka šķeldas sablīvēšanos un hidroizolācijas slāņa mehāniskus bojājumus. Koka šķeldas bioreaktora piemērs vairākus gadus pēc ierīkošanas dots 28. attēlā. Piemērā redzamajā bioreaktorā tiek veiktas ūdeņu kvalitātes monitoringa aktivitātes, par ko liecina šim mērķim izveidoto monitoringa cauruļu klātbūtne. Ja bioreaktorā netiek veiktas monitoringa aktivitātes, monitoringa caurules netiek izbūvētas un bioreaktora virsma ir līdzens lauks bez šķēršļiem.



28. attēls. Koka šķeldas bioreaktors vairākus gadus pēc ierīkošanas - ASV (Autors: Ainis Lagzdiņš).

Galvenās funkcijas

Drenu notecēi no lauksaimniecības zemēm var būt raksturīgas palielinātas nitrātjonu koncentrācijas. Koka šķeldas bioreaktori nodrošina drenu noteces pārtveršanu un attīrīšanu, izmantojot koka šķeldas filtru, kurā aktīvi norisinās denitrifikācijas procesi, kā rezultātā anaerobās baktērijas patērē nitrātjonus esošo skābekli un izdala slāpekli gāzveida formā.

Plusi un mīnusi

Koka šķeldas bioreaktoru pozitīvās un negatīvās iezīmes ir atkarīgas no kontrolaku aizvaru regulēšanas precizitātes un ūdens uzturēšanās ilguma koka šķeldas filtra gultnē, jo neatbilstoša aizvaru regulēšana var radīt nevēlamus traucējumus drenu kolektoru funkciju nodrošināšanā palielinātas noteces apstākļos, kamēr pārlietu ilga ūdens uzturēšanās bioreaktorā var izraisīt citu piesārņojošu vielu veidošanos.

Plusi:

- Optimālas funkcionalitātes apstākļos koka šķeldas bioreaktori var nodrošināt efektīvu nitrātjonu koncentrāciju samazinājumu notecē no nosusinātām lauksaimniecības zemēm. Bioreaktori var tikt izmantoti arī fosfora savienojumu un bakterioloģiskā (*Salmonella* un *E. Coli*) piesārņojuma samazināšanai ūdenī;
- Koka šķeldas bioreaktori izveidošanai nepieciešama neliela platība, tos var izvietot lauksaimniecības lauka malā vai starp diviem laukiem.

Mīnusi:

- Neatbilstoša kontrolaku aizvaru regulēšana maksimālo caurplūdumu apstākļos var izraisīt traucējumus drenu kolektoru darbībā un radīt pārmitrus apstākļus lauksaimniecības laukā;
- Neatbilstoša kontrolaku aizvaru regulēšana mazūdens periodā, kā rezultātā ūdens pārāk ilgi uzturas koka šķeldas bioreaktorā, var radīt labvēlīgus apstākļus, lai veidotos ūdens piesārņojums ar metil - dzīvsudrabu un gaisa piesārņojums ar sērūdeņraža gāzi;
- Ja denitrifikācijas procesu pilnvērtīga norise ir traucēta, var izdalīties siltumnīcefektu izraisošā gāze - dislāpekļa oksīds (N_2O);
- Latvijā nav veikti pētījumi par koka šķeldas bioreaktoru ierīkošanas ietekmi uz meliorācijas sistēmu aizsalšanas un aizsērēšanas procesiem.

Efektivitāte augu barības vielu samazināšanā

Pārsvārā gadījumu pētījumi par koka šķeldas bioreaktoru ietekmi uz augu barības vielu samazinājumu ūdenī ir veikti ASV, kur bioreaktori tiek ieviesti un pētīti vairāk nekā divdesmit gadus ilgā laika periodā. Hassanpour et al. (2017) veiktajā pētījumā konstatēts, ka sešos lauka apstākļu bioreaktoros nitrātjonu

koncentrācijas vidēji tika samazinātas par 50%, kur samazinājuma efektivitāte bija atkarīga no ūdens uzturēšanās laika un ūdens temperatūras. Ilgāks ūdens uzturēšanās laiks (vairāk nekā 6 h) un augstāka ūdens temperatūra (virs 16 °C) nodrošināja efektīvākos nitrāciju samazināšanas rādītājus. Gottschall et al. (2016) ziņo par kopējā fosfora un ūdenī izšķīdušā reaktīvā fosfora samazinājumu maza izmēra bioreaktoros, attiecīgi 21% un 19%. Laboratorijas apstākļos veikto eksperimentu rezultāti norāda, ka bioreaktori var samazināt Salmonella un E. Coli baktēriju koncentrācijas robežās no 75 līdz 78% pie ūdens temperatūras 10 °C un robežās no 90 līdz 96% pie ūdens temperatūras 21.5 °C (Soupir et al., 2017). Dotajā pētījuma novērots nitrātu koncentrāciju samazinājums plašā amplitūdā atkarībā no ūdens temperatūras un ūdens uzturēšanās laika. Nitrātu koncentrāciju samazinājums vidēji par 96% konstatēts pie ūdens temperatūras 21.5 °C un 24 stundu ūdens uzturēšanās laika bioreaktorā. Ievērojami zemāks samazinājums (vidēji 29%) novērots, ja ūdens temperatūra ir 10 °C un ūdens uzturēšanās laiks ir 12 stundas.

Tehniskais risinājums

Koka šķeldas bioreaktora tehniskais risinājums sastāv no vairākām savstarpēji saistītām sastāvdaļām: i) divas kontrolakas, kas aprīkotas ar vairāku līmeņu aizvāriem, ūdens plūsmas regulēšanai ieplūdes un izplūdes daļā, ii) koka šķeldas filtra gultne, kas no apakšas, sāniem un virspuses klātas ar hidroizolācijas slāni, iii) perforētas caurules ūdens izkliedei un savākšanai, kuras attiecīgi izvietotas ieplūdes un izplūdes daļā, iv) neperforēta pārplūdes caurule maksimālo caurplūdumu novadīšanai.

Koka šķeldas bioreaktori tiek projektēti un būvēti, lai attīrītu drenu noteci, pieņemot, ka drenu notece satur salīdzinoši augstas nitrātu koncentrācijas un zemas suspendēto vielu koncentrācijas. Ja nosusinātajā platībā ierīkoti virszemes ūdens uztvērēji vai cita veida būves virszemes noteces uztveršanai un novadīšanai drenāžā, tad šādos apstākļos nav ieteicama bioreaktoru izveide. Virszemes notece ierasti satur augstas suspendēto vielu koncentrācijas un bioreaktoru izveides gadījumā paredzama ātra koka šķeldas filtra aizsērēšana.

Bioreaktorus var izveidot esošas nosusināšanas sistēmas ietvaros, kā arī iekļaut jaunas nosusināšanas sistēmas projektā. Abos gadījumos nepieciešams ņemt vērā drenu kolektoru dziļumu un diametru, drenu sistēmas īpatnības un nosusinātās platības slīpumu. Ja koka šķeldas bioreaktors tiek projektēts lēzena slīpuma apstākļos, tad paredzama minimāla ūdens līmeņa uzstādinājuma veidošanās drenu

kolektorā, jo ieplūdes daļā esošā kontrolaka regulē ūdens pieplūdi. Ūdens līmeņa uzstādīnājuma augstumu drenu kolektorā iespējams periodiski regulēt ar aizvaru izņemšanu vai ievietošanu.

Pilnvērtīgai funkciju nodrošināšanai un efektīvai nitrātjonu koncentrāciju samazināšanai vēlams bioreaktorus projektēt nosusinātajai platībai, kas nepārsniedz 30 ha. Šāda izmēra nosusinātajai platībai parasti koka šķeldas filtra gultne ir 30 - 35 m gara, 3 - 8 m plata un 1.2 m dziļa. Koka šķeldas filtra gultni pēc hidroizolācijas slāņa ieklāšanas zem un virs koka šķeldas apber ar aptuveni 30 cm biezu augsnes slāni. Ja bioreaktorus plānots izmantot lielākas nosusinātās platības noteces attīrīšanai, tad attiecīgi paredzami lielāki koka šķeldas filtra gultnes izmēri un platība. Bioreaktorus projektē vietās, kurās nav iespējama vai ir ierobežota lauksaimnieciskā darbība, tādējādi netiek ietekmēta lauksaimnieciskās produkcijas ražošana. Tā kā koka šķeldas filtru gultne tiek projektēta gara un šaura, bioreaktorus var ierīkot lauksaimniecības lauku malās, kur atrodas buferjoslas vai ar ilggadīgajiem zālājiem klātas platības. Kopumā bioreaktoru izmērus projektē, balstoties uz hidroloģiskajiem un hidrauliskajiem aprēķiniem, lai būve vienlaikus spētu nodrošināt maksimālā caurplūduma uztveršanu 20% apmērā un ūdens uzturēšanās laiks filtra platībā būtu lielāks par 6 stundām (Christianson un Helmers, 2011).

Koka šķeldas īpašībām ir nozīmīga loma noteiktas ūdens plūsmas nodrošināšanai un denitrifikācijas procesu pilnvērtīgai norisei. Lai nodrošinātu projektēto ūdens plūsmu caur koka šķeldas filtru, nepieciešams izmantot kvalitatīvas šķeldas, kuru izmērs ir robežās no 1 līdz 5 cm. Izmantojot pārāk maza izmēra šķeldu vai skaidas, kā arī dažādu piemaisījumu gadījumos, var samazināties ūdens caurlaidība caur filtru, kas samazinās attīrītā ūdens apjomu un nitrātjonu attīrīšanas potenciālu. Nav ieteicams izmantot koksni, kas apstrādātas ar aizsardzības līdzekļiem. Tāpat nav ieteicams izmantot koku lapas vai skuju, jo tās satur salīdzinoši daudz slāpekļa savienojumus un ātri degradējas. Pētījumu rezultāti liecina, ka lapu un skuju koku šķeldai ir līdzvērtīgs potenciāls samazināt nitrātjonu koncentrācijas ūdenī un daudz nozīmīgāki ir šķeldas izmēru un formas parametri (Addy et al., 2016). Koka šķeldas izmēru un formu piemēri doti 29. attēlā, kur labākais koka šķeldas sastāvs ir labajā pusē, jo nav novērojama maza izmēra šķeldas klātbūtne.



29. attēls. Koka šķeldas izmēru un formu piemēri - ASV (Autors: Ainis Lagzdinš).

Būves ekspluatācija

Koka šķeldas bioreaktora optimālas darbības nodrošināšanai nozīmīga ir savlaicīga kontrolaku aizvaru atvēršana un aizvēršana. Maksimālo caurplūdumu apstākļos nepieciešams ieplūdes daļā atvērt pārplūdes caurules aizvarus un nodrošināt brīvu ūdens novadīšanu dabiskā vai regulētā ūdenstecē vai ūdenstilpē. Mazūdens periodā ieteicams ieplūdes daļā aizvērt pārplūdes caurules aizvarus un nodrošināt maksimālu ūdens novadīšanu uz bioreaktoru.

Sagaidāms, ka koka šķeldas bioreaktora pilnvērtīga darbība ilgst aptuveni 15 līdz 20 gadus. Atkarībā no ieplūstošā ūdens kvalitatīvajiem un kvantitatīvajiem rādītājiem, bioreaktoru darbības ilgums individuālos gadījumos var būt atšķirīgs. Ja novērojama ūdenscaurlaidības spējas vai nitrātjonu attīrīšanas efektivitātes samazināšanās, ieteicama vecās koka šķeldas izņemšana un aizstāšana ar jaunu.



PIESĀTINĀTĀS BUFERJOSLAS

Piesātinātās buferjoslas

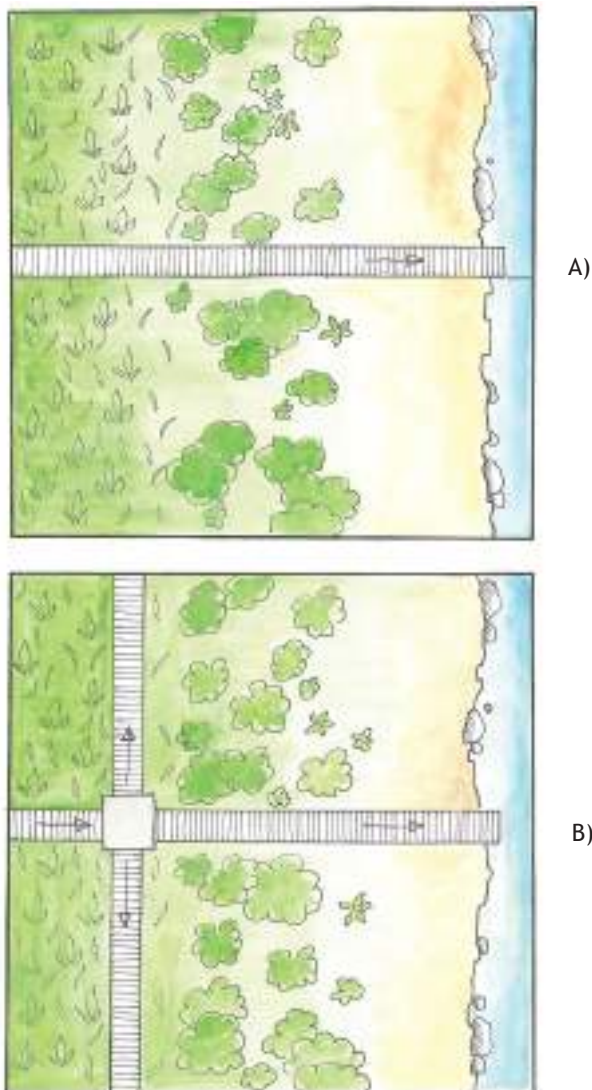
Piesātinātās buferjoslas kā videi draudzīgs meliorācijas sistēmu elements nav iekļauts atbalstāmajās aktivitātēs, kuras reglamentē 2014. gada 30. septembra MK noteikumu Nr.600 "Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam "Ieguldījumi materiālajos aktīvos"" aktuālā redakcija. Analogi kā koka šķeldas bioreaktori, piesātināto buferjoslu pētniecība un ieviešana lauksaimniecības zemēs ar mērķi samazināt augu barības vielu zudumus aizsākta ASV.

Piesātinātās buferjoslas ir kontrolēta drenu noteces izkļiedēšana un filtrēšana caur dabisku vai regulētu ūdensteču vai ūdenstilpņu buferjoslām ar ilggadīgu veģetāciju.

Izmērāmie kritēriji

- Viena kontrolaka ūdens plūsmas regulēšanai uz izkļiedes cauruli un pārplūdes cauruli;
- Ūdens izkļiede un filtrācija buferjoslā ar ilggadīgu veģetāciju, izmantojot paralēli dabiskas vai regulētas ūdenstece vai ūdenstilpes krasta līnijai izbūvētu perforētu cauruli;
- Maksimālo caurplūdumu novadīšana, izmantojot neperforētu pārplūdes cauruli;
- Izbūves vieta - drenu kolektors pēc iespējas tuvāk ietecei dabiskā vai regulētā ūdenstecē vai ūdenstilpē.

Piesātinātās buferjoslas ir ūdens apsaimniekošanas pasākums, kas nodrošina drenu noteces pārtveršanu pirms novadīšanas dabiskā vai regulētā ūdenstecē vai ūdenstilpē un izkļiedi buferjoslas platībā. Ūdens izkļiede ar veģetāciju klātā buferjoslā sekmē pakāpenisku ūdens infiltrāciju, kā rezultātā ar ūdeni piesātinātajā zonā kļūst iespējama denitrifikācijas procesu norise un augiem attīstības procesu nodrošināšanai kļūst pieejami ūdenī izšķīdušie slāpekļa un fosfora savienojumi. Tradicionālas drenu noteces novadīšanas un piesātināto buferjoslu virsskata shematisks attēlojums dots 30. attēlā.



30. attēls. Tradicionāla drenu noteces novadīšanas risinājuma un piesātināto buferjoslu virsskata shematiskais attēlojums (Autors: Alise Trifane).

Tradicionāli drenu notece tiek novadīta dabiskā vai regulētā ūdenstecē vai ūdenstilpē ar drenu kolektoru palīdzību, kuri šķērso ar veģetāciju klāto buferjoslu (30. attēla A risinājums), kas ir ātrākais veids liekā mitruma novadīšanai no lauksaimniecības laukiem. Šāda risinājuma pielietojuma gadījumā netiek paredzēta drenu noteces attīrīšana. Piesātināto buferjoslu izmantošanas gadījumā drenu notece ar kontrolakas un perforētas caurules palīdzību tiek pārtverta, novadīta un izkliedēta buferjoslas garumā un platumā (30. attēla B risinājums), kā rezultātā tiek stimulēta dabisko ūdens pašattīršanās procesu norise.

31. attēlā apskatāms piesātinātās buferjoslas būvniecības procesa piemērs no ASV. Attēlā vidus daļā redzams kontrolakas ierīkošana process ūdens novadīšanai uz buferjoslu un perforētas caurules ievietošanai izveidota tranšeja. Attēla labajā pusē redzama buferjosla, kuras platībā aug lakstaugi, krūmi un koki ar dažādu sakņu sistēmu dziļumu, kas veicina ūdenī izšķīdušo slāpekļa un fosfora savienojumu uzņemšanu, kā arī nodrošina organiskās vielas klātbūtni augsnē, kas ir nozīmīga denitrifikācijas procesu norisei.



31. attēls. Piesātinātā buferjosla - ASV (Autors: Dan Jaynes).

32. attēlā ilustrēts funkcionējošas piesātinātās buferjoslas piemērs no ASV. Buferjoslas platībā tiek nodrošināti labvēlīgi apstākļi dažāda veida veģetācija attīstībai, kā arī ierīkoti vairāki gruntsūdens kvalitātes monitoringa urbumi darbības efektivitātes novērtēšanai.



32. attēls. Piesātinātā buferjosla - ASV (Autors: Dan Jaynes).

Galvenās funkcijas

Piesātinātām buferjoslām ir divu veidu funkcijas ūdens kvantitātes un kvalitātes ziņā. Pirmkārt, pārtverot un novadot drenu noteci uz buferjoslām samazinās ūdens apjoms, kas neattīrīts nonāk vaļējās ūdenstecēs vai ūdenstilpēs. Otrkārt, piesātināto buferjoslu ierīkošanas gadījumos tiek nodrošināta ūdens izkliede un infiltrācija buferjoslas platībā, kas sekmē ūdens attīrīšanu denitrifikācijas procesu norises ietvaros un augiem, krūmiem, kokiem uzņemot ūdenī izšķīdušos slāpekļa un fosfora savienojumus. Papildus buferjoslu uzturēšana samazina virszemes noteces un tās transportēto augsnes daļiņu un organisko vielu tiešu nonākšanu ūdenstecēs vai ūdenstilpēs, kā arī tiek veicināta bioloģiskās daudzveidības saglabāšana un putnu un dzīvnieku migrācija lauksaimniecības zemēs (Jaynes et al., 2018).

Plusi un mīnusi

Piesātināto buferjoslu izmantošanas pozitīvie un negatīvie aspekti ir tematiski saistīti ar ierīkošanas vietas specifiskajiem apstākļiem un funkcionalitātes nodrošināšanu.

Plusi:

- Samazina no lauksaimniecības zemēm novadītās drenu noteces apjomu;
- Nodrošina efektīvu ūdenī šķīstošu slāpekļa un fosfora savienojumu koncentrāciju samazinājumu, īpaši izteikti nitrātjonu gadījumā;
- Uztver virszemes noteci un samazina augsnes daļiņu un organisko vielu nonākšanu ūdenstecēs vai ūdenstilpēs;
- Sekmē bioloģiskās un ainavu daudzveidības uzturēšanu;
- Attīstītas veģetācijas apstākļos uzlabo putnu un dzīvnieku migrācijas iespējas.

Mīnusi:

- Neatbilstošas piesātinātās buferjoslas ierīkošanas vietas gadījumā, var tikt samazināta ūdensteces krasta nogāzes noturība un sekmēta nogrūvumu un izskalojumu veidošanās;
- Ja drenu notece satur augstas suspendēto vielu koncentrācijas, iespējama izkliedes cauruļu aizsērēšana un saistītie piesātinātās buferjoslas funkcionalitātes traucējumi.

Efektivitāte augu barības vielu samazināšanā

Piesātināto buferjoslu darbības efektivitātes novērtēšanai starp ūdens izkliedes cauruli un ūdensteci vai ūdenstilpi tiek izveidoti vairāki gruntsūdens urbumi, kuros tiek ievākti ūdens paraugi ķīmiskā sastāva noteikšanai laboratorijā. Tādējādi iespējams noteikt ūdens kvalitātes mainību gruntsūdens plūsmas virzienā. ASV veiktā pētījuma rezultāti liecina, ka 20 m plata buferjosla gada griezumā var uztvert un attīrīt 55% no drenu noteces apjoma, kas tiek novadīts no 10 ha nosusinātās platības. Nitrātjonu koncentrācijām ir tendence samazināties gruntsūdens plūsmas virzienā, kur augstākās koncentrācijas novērojamas pie izkliedes caurules, kamēr zemākās ūdensteces tuvumā (Jaynes un Isenhardt, 2014). Lai piesātinātās buferjoslas spētu nodrošināt labvēlīgus apstākļus denitrifikācijas procesu norisei un tādējādi samazinātu nitrātjonu koncentrācijas ūdenī, nepieciešama detalizēta potenciālās ierīkošanas vietas izpēte. Īpaša uzmanība pievēršama organiskās vielas saturam augsnē, kas kalpo kā baktēriju darbības ierosmes avots denitrifikācijas procesu norisei, un ūdensnecaurlaidīgā slāņa dziļumam, kas nodrošina noteikta gruntsūdens līmeņa uzturēšanu (Utt et al., 2015). Jaynes un Isenhardt (2018) veikuši pētījumu par piesātināto buferjoslu darbības efektivitāti sešās vietās, kurās nosusinātās platības ir robežās no 3.4 līdz 40.5 ha. Dotā pētījuma rezultāti liecina, ka buferjoslas spēj vidēji samazināt nitrātjonu zudumus par 8 līdz 84%.

Tehniskais risinājums

Konceptuāli piesātināto buferjoslu tehniskais risinājums sastāv no sekojošām sastāvdaļām: i) viena kontrolaka, kas aprīkota ar vairāku līmeņu aizvāriem, ūdens plūsmas regulēšanai uz izkļiedes cauruli un pārplūdes cauruli, ii) perforēta izkļiedes caurule, kas izbūvēta paralēli dabiskas vai regulētas ūdenstecei vai ūdenstilpes krasta līnijai, iii) neperforēta pārplūdes caurule maksimālo caurplūdumu novadīšanai, iiiii) buferjosla, kurā tiek uzturēta dažāda veida veģetācija.

Piesātināto buferjoslu darbība ietver drenu noteces daļēju izkļiedēšanu paralēli ūdenstecei vai ūdenstilpes krasta līnijai. Lai novērstu traucējumus liekā mitruma novadīšanai no lauksaimniecības laukiem palielinātas noteces apstākļos, kad ūdens infiltrēšanās spēja buferjoslā ir zemāka nekā pieplūstošā ūdens apjoms, pirms buferjoslas tiek izbūvēta kontrolaka. Kontrolaka nodrošina ūdens izkļiedi buferjoslas platībā, izmantojot perforētu cauruli, un maksimālo caurplūdumu novadīšanu uz ūdensteci vai ūdenstilpi, izmantojot neperforētu cauruli. Izkļiedētais ūdens nodrošina papildus ūdens pieplūdi un sekmē gruntsūdens līmeņa paaugstināšanos buferjoslas platībā. Noteikta gruntsūdens līmeņa uzturēšana buferjoslā ir atkarīga no ūdensnecaurlaidīgā slāņa dziļuma. Reljefa slīpuma apstākļos un gravitācijas spēku ietekmē izkļiedētais ūdens pārvietojas no izkļiedes caurules ūdenstecei vai ūdenstilpei virzienā, kur ūdens kustības ātrums ir atkarīgs no augsnes granulometriskā sastāva, kas ietekmē ūdens filtrācijas spēju un nogāžu stabilitāti. Augsnes granulometriskais sastāvs kombinācijā ar pieplūstošā ūdens apjomu un buferjoslas platumu nosaka ūdens plūsmas laiku no izkļiedes caurules līdz ūdenstecei vai ūdenstilpei. Ilgāks ūdens uzturēšanās laiks buferjoslā sekmē ilgāku denitrifikācijas procesu norisi un augu spēju piesaistīt ūdenī izšķīdušās augu barības vielas, kā rezultātā palielinās ūdens attīrīšanas efektivitāte. Kopumā ieteicamais piesātināto buferjoslu platums ir vismaz 10 m.

Potenciālajai piesātināto buferjoslu ierīkošanas vietai ir jāatbilst noteiktām sateces baseina platības, reljefa un augsnes īpašību prasībām. Tā kā sateces baseina platība ietekmē pieplūstošā ūdens apjomu, tad attiecīgi lielākam sateces baseinam nepieciešams paredzēt garākas izkļiedes caurules pielietojumu. Izkļiedes caurules garumu parasti ierobežo vairāki blakus apstākļi, piemēram, blakus esošo drenu kolektoru izvietojums, īpašumu robežas, buferjoslas garums. No reljefa viedokļa piesātinātajām buferjoslām piemērotākās ir vietas, kurās buferjoslas ir izvietotas reljefa pazeminājumos attiecībā pret lauksaimniecības lauku. Šādos apstākļos netiks ietekmēta liekā mitruma novadīšana no lauka un tiks stimulēta horizontālā ūdens kustība buferjoslas platībā. Piesātinātajām buferjoslām nav piemērotas vietas, kurās augsnē izteikti dominē smilts un grants vai māls. Smilts un grants klātesamības gadījumā ūdens ātri infiltrēsies cauri augsnes profilam, nepieļaujot konstanta

gruntsūdens līmeņa uzturēšanu, kamēr mālainās augsnēs ūdens kustība buferjoslā būs pārāk lēna. No augsnes granulometriskā sastāva viedokļa vispiemērotākās būtu smilšmāla un smaga smilšmāla augsnes.

Būves ekspluatācija

Piemērotu projektēšanas kritēriju un optimālas ierīkošanas vietas izvēles gadījumā, turpmākā piesātināto buferjoslu apsaimniekošana ir minimāla. Nepieciešams periodiski apsekot kontrolaku un piesērējuma gadījumā iztīrīt. Kontrolakas aizvaru sezonāla regulēšana nav nepieciešams, ja vien tīpašniekam vai apsaimniekotājam nav vēlme uzstādināt gruntsūdens līmeni lauksaimniecības laukā vai to maksimāli samazināt. Ja buferjoslā tiek uzturēti ilggadīgi lakstaugi, nepieciešama to regulāra nopļaušana. Lai novērstu izkļiedes caurules funkcionalitātes traucējumus, ko var izraisīt dziļu sakņu sistēmu attīstība, ieteicams nepieļaut krūmu un koku augšanu izkļiedes caurules tuvumā.



KOMBINĒTI VIDEI DRAUDZĪGI MELIORĀCIJAS SISTĒMU ELEMENTI

Kombinēti videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi

Vairākus videi draudzīgus meliorācijas sistēmu elementus, kuri apskatīti iepriekšējās nodaļās, iespējams ierīkot savstarpēji saistītās kombinācijās, kur nozīmīga ir meliorācijas sistēmu elementu ieviešanas secība. Vienlaikus jāatzīmē, ka atsevišķus videi draudzīgus meliorācijas sistēmu elementus nav iespējams tiešā veidā savietot ar citiem, piemēram, kontrolētā drenāža, koka šķeldas bioreaktori un piesātinātās buferjoslas. Šo elementu ieviešana paredz tehniskajos risinājumos iekļaut drenu kolektoru izmantošanu, kas novada lieko mitrumu no lauksaimniecības zemēm. Pēc būtības kontrolētās drenāžas, koka šķeldas bioreaktoru un piesātināto buferjoslu ierīkošana samazina augu barības vielu koncentrācijas hidrogrāfiskā tīkla sākuma posmā, pirms ūdens sasniedz dabiskas vai regulētas ūdensteces.

Valējās ūdenstecēs dažādās kombinācijās iespējams ierīkot sedimentācijas baseinus, divpakāpju meliorācijas grāvjus, akmeņu krāvumus, meandrēšanu un mākslīgos mitrājus. Domājot par projektējamo un ierīkojamo videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu savstarpējo secību, ieteicams ņemt vērā sekojošus aspektus:

- Sedimentācijas baseini - nodrošina ūdens plūsmas transportēto augsnes daļiņu un organiskās vielas izgulsnēšanos. Lai samazinātu ūdens plūsmas transportētā materiāla izgulsnēšanos turpmākajos hidrogrāfiskā tīkla posmos un meliorācijas sistēmu elementos, sedimentācijas baseinus vēlams projektēt un izbūvēt pirms augštecē veicamajiem meliorācijas sistēmu pārbūves vai atjaunošanas darbiem, kā arī pirms citu videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanas vietām.
- Divpakāpju meliorācijas grāvji - nodrošina ūdens plūsmas izkliedi un ātruma samazināšanos, kā arī ūdens transportētā materiāla uztveršanu palielinātas noteces apstākļos. Meliorācijas sistēmu elementa ierīkošanas vietai kombinētā sistēmā nav paredzamas specifiskas prasības, vēlams projektēt pirms mākslīgiem mitrājiem un meandrēšanas.
- Akmeņu krāvumi - nodrošina noteiktu ūdens līmeņa uzstādinājumu valējā ūdenstecē un sekmē ūdens apskābekļošanu. Lai nodrošinātu sedimentācijas baseinu un mākslīgo mitrāju efektīvu funkcionēšanu un samazinātu būvniecības izmaksas, vēlams projektēt pēc attiecīgajiem meliorācijas sistēmu elementiem.
- Meandrēšana - nodrošina ūdens plūsmas ātruma samazināšanos valējā ūdenstecē. Ierīkošanas vietas izvēlei kombinētā sistēmā nav paredzamas specifiskas prasības, vēlams projektēt pēc sedimentācijas baseiniem, akmeņu krāvumiem, mākslīgiem mitrājiem un divpakāpju grāvjiem.

- Mākslīgie mitrāji - nodrošina ūdens uztveršanu un izkliedi palielinātas noteces apstākļos, samazina ūdenī šķīstošo slāpekļa un fosfora savienojumu, kā arī suspendēto vielu koncentrācijas ūdenī. Vēlams projektēt pēc sedimentācijas baseiniem un/vai pirms akmeņu krāvumiem.

Kombinēti videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi ir ieviesti dabas saimniecībā “Lielkrūzes”, kas atrodas Jaunpiebalgas novadā. Saimniecības apsaimniekotajā platībā uz virszemes ūdensteces ūdens plūsmas virzienā noteiktā secībā ierīkoti vairāki meliorācijas sistēmu elementi - sedimentācijas baseins, mākslīgais mitrājs, akmeņu krāvums un meandrēšana.

33. attēlā redzams sedimentācijas baseins, kurā izgulsnējās lielākās un smagākās ūdens transportētās augsnes daļiņas. Sedimentācijas baseinam seko izteikta ūdensaugu zona, kas pilda mākslīgā mitrāja funkcijas. Šajā zonā samazināta ūdens plūsmas ātruma apstākļos notiek mazāko un vieglāko augsnes daļiņu izgulsnēšanās, kā arī ūdenī izšķīdušo slāpekļa un fosfora savienojumu uzņemšana augu attīstības procesu ietvaros.



33. attēls. Kombinēti videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi (sedimentācijas baseins un mākslīgais mitrājs) - dabas saimniecība “Lielkrūzes” (Autors: Ainis Lagzdiņš).

34. attēlā aplūkojama ūdens izplūdes vieta no mākslīgā mitrāja, pirms ierīkotā akmeņu krāvuma. Akmeņu krāvums nodrošina noteikta ūdens līmeņa uzstādinājumu augštecē esošajā sedimentācijas baseinā un mākslīgajā mitrājā. Aiz akmeņu krāvuma seko meandrētais ūdensteces posms (35. attēls).



34. attēls. Kombinēti videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi (mākslīgais mitrājs un akmeņu krāvums) - dabas saimniecība “Lielkrūzes” (Autors: Ainis Lagzdiņš).



35. attēls. Kombinēti videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi (meandrēšana) - dabas saimniecība "Lielkrūzes" (Autors: Ainis Lagzdīņš).

Ūdens kvalitātes monitoringa aktivitātes šajā videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanas vietā nav veiktas, taču kombinētas sistēmas ieviešanas gadījumā sagaidāma izteikti efektīva augu barības vielu un suspendēto vielu samazinājuma procesu norise ūdenstecē.

Videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ieviešanas potenciālā ietekme uz ūdeņu kvalitātes rādītājiem apkopota 8. tabulā. Tabulā iekļauto vērtējumu sagatavošanas procesā ņemta vērā zinātniskajā literatūrā apkopotā informācija un Latvijā veikto ūdeņu kvalitātes pētījumu rezultāti. Tabulā norādīto informāciju vēlams ņemt vērā, plānojot meliorācijas sistēmu elementu izvēli atkarībā no ierīkošanas vietai raksturīgajiem ūdeņu kvalitātes rādītājiem un vēlamajiem ūdeņu kvalitātes uzlabošanas rezultātiem.

Videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ieviešanas potenciālā ietekme uz ūdeņu kvalitāti

Palielinātas augu barības vielu koncentrācijas ūdenī	Videi draudzīgi meliorācijas sistēmu elementi								
	Sedimentācijas baseini	Divpakāpju meliorācijas grāvji	Akmeņu krāvumi	Meandrēšana	Kontrolētā drenāža	Mākslīgie mitrāji		Koka šķeldas bioreaktori	Piesātinātās buferjoslas
						Virszemes plūsmas	Pazemes plūsmas		
Nitrātu slāpeklis (NO ₃ -N)	Zema	Vidēja	Zema	Vidēja	Augsta	Vidēja	Vidēja	Augsta	Augsta
Amonija slāpeklis (NH ₄ -N)	Vidēja	Vidēja	Vidēja	Vidēja	Augsta	Augsta	Augsta	Vidēja	Vidēja
Kopējais slāpeklis (N _{kop})	Vidēja	Vidēja	Vidēja	Vidēja	Augsta	Augsta	Augsta	Augsta	Augsta
Ortofosfātu fosfors (PO ₄ -P)	Zema	Vidēja	Zema	Vidēja	Augsta	Vidēja	Augsta	Vidēja	Vidēja
Kopējais fosfors (P _{kop})	Vidēja	Vidēja	Vidēja	Vidēja	Augsta	Vidēja	Augsta	Vidēja	Vidēja
Suspendētās vielas	Augsta	Vidēja	Vidēja	Vidēja	Vidēja	Augsta	Augsta	Vidēja	Vidēja

TERMINU SKAIDROJUMS

Termins	Skaidrojums
Aplēses hidroloģiskie lielumi	Ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību aprēķināti hidroloģiskie lielumi (caurplūdumi, ūdens līmeņi), kas kalpo par pamatu meliorācijas sistēmu un hidrotehnisko būvju svarīgāko izmēru noteikšanai un ūdens resursu plānošanai
Apūdeņošanas sistēma	Specializētu būvju un ierīču kopums zemes apūdeņošanai
Caurplūdums	Ūdens daudzums, kas vienā laika vienībā izplūst caur ūdensteces vai būves aktīvā šķērsriezuma laukumu (litri sekundē, kubikmetri sekundē)
Denitrifikācija	Oksidēto slāpekļa savienojumu (NO_3^- vai NO_2^-) reducēšanās par slāpekli (N_2), kas notiek mikrobioloģisku procesu norises rezultātā
Divpusējās darbības meliorācijas sistēma	Nosusināšanas sistēma, kas izmantojama arī zemes apūdeņošanai
Drena	Meliorācijas sistēmas vai hidrotehniskās būves pazemes konstrukcija augsnes un filtrācijas ūdeņu uztveršanai un novadīšanai, kas izveidota kā caurule vai dobumains ķermenis no grunts, vietējiem vai rūpnieciski ražotiem materiāliem
Drenu kolektors	Drenu cauruļvads, kas savāc susinātājdrenu uzņemtos augsnes vai filtrācijas ūdeņus, un novada atklātā gultnē
Drenu sistēma (drenāža)	Hidrauliski saistītu un pakārtotu drenu kopums, kas uztver un novada augsnes vai filtrācijas ūdeņus atklātā gultnē caur vienu izteku
Grāvis	Meliorācijas sistēmas būve, kas uztver meliorējamās platības virszemes un pazemes ūdens noteci un pazemina gruntsūdens līmeni (susinātājgrāvis), norobežo meliorējamo platību no apkārtējās platības virszemes ūdeņiem un gruntsūdeņiem (kontūrgrāvis, uztvērējgrāvis)
Hidrogrāfiskais tīkls	Attiecīgā upes baseina vai dabas apvidus savstarpēji saistītu upju, pastāvīgu vai nepastāvīgu ūdensteču un ezeru kopums
Izteka	Drenu sistēmas būve drenu kolektora izvadīšanai atklātā gultnē
Koncentrācija	Vielas daudzums ūdens tilpuma vienībā (miligrami litrā, kilogrami kubikmetrā)
Meliorācijas sistēma	Meliorācijas būvju (specializētu būvju) un ierīču kopums zemes ūdens režīma regulēšanai
Nosusināšanas sistēma	Specializētu būvju kopums zemes nosusināšanai
Notece	Ūdens aprites dabā sauszemes posms, kurš notiek pa zemes virsmu (virszemes notece), augsni un iežu slāņiem (pazemes notece)

Pali	Virszemes ūdensobjekta hidroloģiskā režīma fāze, kam pavasarī raksturīgs augsts ūdens līmenis sniega un ledus kušanas rezultātā
Paliene	Ūdensteces ielejas daļa, kas palos vai plūdos periodiski applūst
Pārsniegšanas varbūtība	Hidroloģisko aplēses un pārbaudes lielumu gadījumu skaits procentos no kopējā lielumu gadījumu skaita, kad kāds lielums tiek pārsniegts
Plūdi	Virszemes ūdensobjekta hidroloģiskā režīma fāze, kam vasarā vai rudenī raksturīgs augsts ūdens līmenis intensīvu nokrišņu rezultātā
Suspendētās vielas	Ūdenī nešķīstošas augsnes daļiņas, organiskas un neorganiskas vielas
Upes baseins	Zemes virsmas, augsnes un iežu daļa, no kuras satek attiecīgās upes ūdens

LATVIEŠU - ANĢĻU TERMINU TULKOJUMS MELIORĀCIJAS JOMĀ

Termins latviešu valodā	Termins angļu valodā
Akmeņu krāvums	Bottom dam
Aplēses hidroloģiskie lielumi	Discharge - frequency estimations
Apūdeņošanas sistēma	Irrigation system
Caurplūdums	Discharge
Denitrifikācija	Denitrification
Divpakāpju meliorācijas grāvis	Two-stage ditch
Divpusējās darbības meliorācijas sistēma	Controlled drainage
Drena	Tile
Drenu kolektors	Main collector
Drenu sistēma (drenāža)	Subsurface drainage system
Grāvis	Ditch
Hidrogrāfiskais tīkls	Hydrologic network
Izteka	Outlet
Koncentrācija	Concentration
Kontrolētā drenāža	Controlled drainage
Mākslīgais mitrājs	Constructed wetland
Meandrēšana	Meandering
Meliorācijas sistēma	Drainage system
Notece	Runoff
Pali	Spring flood
Paliene	Floodplain
Pārsniegšanas varbūtība	Probability of exceedance
Plūdi	Flood
Sedimentācijas baseins	Sedimentation pond
Suspendētās vielas	Suspended solids
Upes baseins	Catchment

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. 2000/60/EC (2000) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for the Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, No. L327, 72 p.
2. 91/676/EEC (1991) Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal of the European Communities, No. L375, 8 p.
3. Addy K., Gold A.J., Christianson L.E., David M.B., Schipper L.A., Ratigan N.A. (2016) Denitrifying bioreactors for nitrate removal: A meta-analysis. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 45 (3), p. 873 - 881.
4. Braskerud B.C. (2001) Factors affecting phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecological Engineering*, Vol. 19, p. 41 - 61.
5. Cameron K.C., Di H.J., Condon L.M. (2002) Nutrients and Pesticides Transfer from Agricultural Soils to Water in New Zealand. In: Haygarth P.M., Jarvis S.C. *Agriculture, Hydrology and Water Quality*. Wallingford, United Kingdom: CAB International, p. 7 - 27.
6. Campbell K.L., Edwards D.R. (2001) Phosphorus and Water Quality Impacts. In: Ritter W. F., Shirmohammadi A. *Agricultural Nonpoint Source Pollution : Watershed Management and Hydrology*. Boca Raton, Florida: CRC Press, p. 91 - 109.
7. Christianson L., Helmers M. (2011) *Woodchip Bioreactors for Nitrate in Agricultural Drainage*. Agriculture and Environment Extension Publication 85, Iowa State University, Ames, Iowa.
8. D'Ambrosio J.L. (2013). *Perspectives on the Geomorphic Evolution and Ecology of Modified Channels and Two-Stage Ditches in the Agriculturally-Dominated Midwestern United States*. Doctoral dissertation: The Ohio State University, Columbus, Ohio.
9. 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. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 51, No. 4, p. 941 - 955

10. DeBarry P.A. (2004) *Watersheds: Processes, Assessment, and Management*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 700 p.
11. Edwards C.L., Shannon R.D., Jarrett A.R. (1999) Sedimentation basin retention efficiencies for sediment, nitrogen, and phosphorus from simulated agricultural runoff. *Transactions of the ASAE*, Vol. 42 (2), p. 403 - 409.
12. Gottschall N., Edwards M., Craiovan E., Frey S.K., Sunohara M., Ball B., Zoski E., Topp E., Khan I., Clark I.D., Lapen D.R. (2016) Amending woodchip bioreactors with water treatment plant residuals to treat nitrogen, phosphorus, and veterinary antibiotic compounds in tile drainage. *Ecological Engineering*, Vol. 95, 852 - 864.
13. Hassanpour B., Giri S., Plier W.T., Steenhuis T.S., Geohring L.D. (2017) Seasonal performance of denitrifying bioreactors in the Northeastern United States: Field trials. *Journal of Environmental Management*, Vol. 202, p. 242 - 253.
14. Hatch D., Goulding K., Murphy D. (2002) Nitrogen. In: Haygarth P.M., Jarvis S.C. *Agriculture, Hydrology and Water Quality*. Wallingford, United Kingdom: CAB International, p. 7 - 27.
15. Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., Nelson W.L. (2005) *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc. 515 p.
16. HELCOM (2011) *The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5)*. Baltic Sea Environment Proceedings, No. 128.
17. Helmers M., Christianson R., Brenneman G., Lockett D., Pederson C. (2012) Water table, drainage, and yield response to drainage water management in southeast Iowa. *Journal on Soil and Water Conservation*, Vol. 67 (6), p. 495 - 501.
18. Hodaj A., Bowling L.C., Frankenberger J.R., Chaubey I. (2017) Agricultural impact of a two-stage ditch on channel water quality. *Agricultural Water Management*, Vol. 192, p. 126 - 137.
19. Huffman R.L., Fangmeier D.D., Elliot W.J., Workman S.R. (2013) *Soil and Water Conservation Engineering*, 7th edition. St. Joseph, Michigan: ASABE. 524 p.
20. Jayakaran A.D., Mecklenburg D.E., Witter J.D., Ward A.D., Powell G.E. (2010) Fluvial Processes in Agricultural Ditches in the North Central Region of the United States and Implications for Their Management. In: *Agricultural Drainage Ditches: Mitigation Wetlands for the 21st Century*, M.T. Moore and R. Kroger (Editors). Research Signpost, Kerala, India, p. 1 - 27.

21. 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. Extension Publication ABE-160-W, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
22. Jaynes D.B. (2012) Changes in yield and nitrate losses from using drainage water management in central Iowa, United States. *Journal on Soil and Water Conservation*, Vol. 67 (6), p. 485 - 494.
23. Jaynes D.B., Isenhardt T.M. (2014) Reconnecting Tile Drainage to Riparian Buffer Hydrology. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 43, p. 631 - 638.
24. Jaynes D.B., Isenhardt T.M. (2018) Performance of Saturated Riparian Buffers in Iowa, USA. *Journal of Environmental Quality*, doi:10.2134/jeq2018.03.0115.
25. Joensuu S., Ahti E., Vuollekoski M. (1999) The effects of peatland forest ditch maintenance on suspended solids in runoff. *Boreal Environment Research*, Vol. 4, p. 343 - 355.
26. Johannesson K.M., Kynkäänniemi P., Ulén B., Weisner S.E.B., Tonderski K.S. (2015) Phosphorus and particle retention in constructed wetlands - A catchment comparison. *Ecological Engineering*, Vol. 80, p. 20 - 31.
27. Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam "Ieguldījumi materiālajos aktīvos" (2014): LR MK noteikumi Nr. 600. [tiešsaiste] [Skatīts 22.10.2018]. Pieejams: <http://likumi.lv/ta/id/269868-kartiba-kada-pieskir-valsts-un-eiropas-savienibas-atbalstu-atklatu-projektu-konkursu-veida-pasakumam-ieguldijumi-materialajos>
28. Kļaviņš M., Cimdiņš P. (2004) Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība. Latvijas Universitāte. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds. 208 lpp.
29. Kondolf G.M. (2006) River restoration and meanders. *Ecology and Society*, Vol. 11 (2), Article 42.
30. Koskiahho J. (2003) Flow velocity retardation and sediment retention in two constructed wetland-ponds. *Ecological Engineering*, Vol. 19, p. 325 - 337.
31. Koskiahho J., Ekholm P., Rätty M., Riihimäki J., Puustinen M. (2003) Retaining agricultural nutrients in constructed wetlands - experiences under boreal conditions. *Ecological Engineering*, Vol. 20, p. 89 - 103.
32. Lagzdins A., Jansons V., Sudars R., Abramenko K. (2012) Scale Issues for Assessment of Nutrient Leaching from Agricultural Land in Latvia. *Hydrology Research*, Vol. 43, No. 4, p. 383 - 399.

33. Lagzdiņš A. (2012) Slāpekļa un fosfora savienojumu noplūdes analīze lauksaimniecībā izmantotajās platībās: Promocijas darbs inženierzinātņu (Dr. sc.ing.) doktora zinātniskā grāda iegūšanai. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 165 lpp.
34. Leinweber P., Turner B.L., Meissner R. (2002) Phosphorus. In: Haygarth P.M., Jarvis S.C. Agriculture, Hydrology and Water Quality. Wallingford, United Kingdom: CAB International, p. 29 - 55.
35. LVĢMC (2015): Daugavas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns 2016.-2021. gadam. [tiešsaiste] [Skatīts 22.10.2018] Pieejams: <https://www.meteo.lv/lapas/vide/udens/udens-apsaimniekosana-/upju-baseinu-apsaimniekosanas-plani-/upju-baseinu-apsaimniekosanas-plani?&id=1107&nid=424>
36. LVĢMC (2018): VSIA "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs" mājaslapa. [tiešsaiste] [Skatīts 22.10.2018] Pieejams: <https://www.meteo.lv/lapas/laika-apstaki/klimatiska-informacija/latvijas-klimats/latvijas-klimats?id=1199&nid=562>
37. Mahl U.H., Tank J.L., Roley S.S., Davis R.T. (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.
38. Meliorācijas likums (2010): LR likums. Pieņemts: 14.01.2010. [tiešsaiste] [Skatīts 22.10.2018] Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=203996>
39. Merrington G., Winder L., Parkinson R., Redman M. (2002) Agricultural Pollution: Environmental Problems and Practical Solutions. New York: Taylor & Francis. 243 p.
40. Nikodemus O., Kārklīņš A., Kļaviņš M., Melecis V. (2008) Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. Latvijas Universitāte. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds. 256 lpp.
41. Noteikumi par augsnes un grunts kvalitātes normatīviem: LR MK noteikumi Nr. 804. [tiešsaiste] [Skatīts 25.10.2018] Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=120072>
42. Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves" (2015): LR MK noteikumi Nr. 329. [tiešsaiste] [Skatīts 24.10.2018] Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/274993-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-224-15-melioracijas-sistemas-un-hidrotehniskas-buves->
43. Noteikumi par riska ūdensobjektiem (2011): LR MK noteikumi Nr. 418. [tiešsaiste] [Skatīts 23.10.2018]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=231084>

44. Owenius S., van der Nat D. (2011) Measures for water protection and nutrient reduction. Project Report - Baltic Compass, Work Package 3. 57 p.
45. Powell G.E., Ward A.D., Mecklenburg D.E., Jayakaran A.D. (2007). Two-stage channel systems: Part 1, A practical approach for sizing agricultural ditches. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 62 (4), p. 277 - 286.
46. Sharpley A.N., Rekolainen S. (1997) Phosphorus in Agriculture and Its Environmental Implications. In: Tunney H., Carton O.T., Brookes P.C., Johnston A.E. Phosphorus Loss from Soil to Water. Wallingford, United Kingdom: CAB International, p. 1 - 53.
47. Soupir M.L., Hoover N.L., Moorman T.B., Law J.Y., Bearson B.L. (2018) Impact of temperature and hydraulic retention time on pathogen and nutrient removal in woodchip bioreactors. *Ecological Engineering*, Vol. 112, p. 153 - 157.
48. Šķiņķis C. (1986) Augšņu drenēšana. Rīga: Avots. 331 lpp.
49. United States Department of Agriculture (USDA) (2007) Two-stage Channel Design. United States Department of Agriculture, Part 654 Stream Restoration Design National Engineering Handbook.
50. Utt N., Jaynes D., Albertsen J. (2015) Demonstrate and Evaluate Saturated Buffers at Field Scale to Reduce Nitrates and Phosphorus from Subsurface Field Drainage Systems. CIG Final Report to NRCS and FSA.
51. Vepraskas M.J., Craft C.B. (2015) Wetland Soils: Genesis, Hydrology, Landscapes, and Classification, Second Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press. 508 p.
52. Ward R.C., Robinson M. (2000) Principles of Hydrology. Maidenhead, England: McGraw-Hill Publishing Company. 450 p.
53. Wesström, Messing I., Linnér H., Lindström J. (2001) Controlled drainage - effects on drain outflow and water quality. *Agricultural Water Management*, Vol. 47, p. 85 - 100.
54. Wolfe M.L. (2001) Hydrology. In: Ritter W.F., Shirmohammadi A. Agricultural Nonpoint Source Pollution: Watershed Management and Hydrology. Boca Raton, Florida: CRC Press, p. 1 - 27.

KOPSAVILKUMS

NUTRINFLOW projekta nosaukums un saturs ir tematiski saistīts ar praktisku meliorācijas sistēmu apsaimniekošanu un augu barības vielu samazināšanu vietējās ūdenstecēs un Baltijas jūrā.

Kopumā ūdens resursu apsaimniekošana lauksaimniecības zemēs jāvērtē no vides, ekonomiskajiem, politiskajiem un sociālajiem aspektiem, pastiprinātu uzmanību pievēršot nepieciešamībai veikt liekā mitruma novadīšanu lauksaimniecības zemēm vienlaikus samazinot lauksaimnieciskās darbības ietekmi uz vidi. Nozīmīgākā videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu funkcija ir sabalansēt meliorācijas nepieciešamību un vides kvalitātes standartu ievērošanu. Pētījumu rezultāti liecina, ka visi 2014. gada 30. septembra MK noteikumos Nr.600 "Kārtība, kādā piešķir valsts un Eiropas Savienības atbalstu atklātu projektu konkursu veidā pasākumam "Ieguldījumi materiālajos aktīvos"" minētie videi draudzīgie meliorācijas sistēmu elementi spēj novadīt lieko mitrumu un uzlabot ūdens kvalitāti. Latvijas apstākļos veiktais ūdeņu kvalitātes monitorings apliecina mākslīgo mitrāju un akmeņu krāvumu efektivitāti augu barības vielu samazināšanā, izvēloties optimālus projektēšanas un būvniecības principus. Katra meliorācijas sistēmu elementa piemērotība konkrētiem apstākļiem ir atšķirīga no vides kvalitātes ieguvumu, būvniecības un ekspluatācijas izmaksu viedokļa. Projektējot videi draudzīgus meliorācijas sistēmas elementus, rūpīgi jāizvērtē ierīkošanas vietai raksturīgie ūdens kvantitatīvie un kvalitatīvie rādītāji, topogrāfiskā situācija, sateces baseina virsmas apstākļi un citi ietekmējošie faktori, lai nodrošinātu maksimālus vides un ekonomiskos ieguvumus. Videi draudzīgu meliorācijas sistēmu ieviešanas ieguvumi saistīti ar ūdens kvalitātes uzlabošanu un plūdu risku mazināšanu hidrogrāfiskā tīkla ietvaros, bioloģiskās daudzveidības palielināšanu, ūdens resursu izmantošanu apūdeņošanas un rekreācijas vajadzībām.

SUMMARY

The title and content of the NUTRINFLOW project is thematically related to holistic drainage water management and reduction of nutrient inputs into local watercourses and the Baltic Sea.

In general, the management of water resources in agricultural areas should be assessed from the environmental, economic, political and social aspects by paying increased attention to the need to remove excess moisture from agricultural fields, while reducing environmental impacts of agricultural activities. The most important task of environmentally friendly drainage systems is to balance the need for artificial drainage and compliance with environmental quality standards. All environmentally friendly drainage systems explored in this project are capable to remove excess moisture and improve water quality. The water quality monitoring activities which were carried out in Latvia as a part of the NUTRINFLOW project suggests positive effects of constructed wetlands and bottom dams to reduce nutrients losses when optimum design and construction approaches are applied. The suitability of each nutrient mitigation measure for specific circumstances varies in terms of environmental quality benefits, construction and operational costs. When it comes to design of environmentally friendly drainage systems, a careful assessment of water quantity and quality parameters along with topography, catchment area specific conditions and other factors need to be taken into consideration to ensure maximum environmental and economic benefits. The benefits of implementation of environmentally friendly drainage systems are related to water quality improvements and flood risks reduction within the hydrologic network, increased biodiversity, usage of water resources for irrigation and recreation purposes.