

REGULIUOJAMOJO DRENAŽO EFEKTYVUMAS IR PRIEŽIŪRA

Darius ŽLIBINAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas,
el. paštas: geodarius@gmail.lt

Santrauka

Šiame darbe nagrinėjamas reguliuojamojo drenažo efektyvumas, vertinant projektavimo sprendinius, dirvožemio fizinių savybių įtaką vandens režimui. Darbą sudaro du tarpusavyje susiję tyrimai.

Pirmajame tyrime atlikta 24 reguliuojamojo drenažo projektų techninių, erdvinių ir ekonominių rodiklių analizė. Vertintos esminių drenažo sistemos parametrų – rinktųjų ilgio, drenažo tinklo tankio, reljefo nuolydžio, sistemos ploto, dirvožemio tipo ir reguliuojamo drenažo sistemos ploto – tarpusavio ryšys, o projektiniai sprendiniai lyginti su rekomenduojamomis ir ribinėmis reikšmėmis. Tyrimo rezultatai parodė, kad reguliuojamojo drenažo efektyvumas labai priklauso nuo esamų drenažo sistemų techninės būklės ir jų pritaikomumo reguliavimo sprendiniams. Nustatyta, kad daugeliu atvejų reguliuojamasis drenažas diegiamas rekonstruojant senas sistemas, todėl jo potencialas išnaudojamas tik iš dalies. Taip pat nustatyta, kad palankiausios sąlygos reguliuojamojo drenažo taikymui susidaro teritorijose, kurių paviršiaus nuolydis neviršija 1 %, o didesnio nuolydžio plotuose reguliavimo poveikis sistemai yra ribotas. Analizė atskleidė ir sisteminį neatitikimą tarp projektuojamo ir realiai reguliuojamo drenažo sistemų ploto, kuris daugelyje atvejų sudaro tik apie du trečdalius visos sistemos ploto.

Antruoju tyrimu, remiantis laboratorinio eksperimento rezultatais, įvertinta bioanglies įterpimo į dirvožemį įtaka jo absorbcinėms savybėms ir drėgmės dinamikai. Gauti rezultatai rodo, kad bioanglies įterpimas gali prisidėti prie efektyvesnio reguliuojamojo drenažo veikimo ir tvaresnio vandens režimo valdymo, ypač drėgmės deficito sąlygomis.

Reikšminiai žodžiai: reguliuojamasis drenažas, drenažo sistemų rekonstrukcija, reljefo nuolydis, dirvožemio vanduo, bioanglis.

Ivadas

Mokslinėje literatūroje plačiai nagrinėjamas reguliuojamojo drenažo poveikis vandens kokybei, ypač jo gebėjimas mažinti maistinių medžiagų išplovimą ir sulaikyti vandenį dirvožemyje. R. Hussain ir kt. (2020) atliktas tyrimas rodo, kad į dirvožemį įterpus 5–10 % bioanglies priedo, padidėja dirvožemio drėgmės sulaikymas, pagerėja oro ir vandens pralaidumas. Šios sistemos efektyvumas priklauso nuo tinkamo planavimo, projektavimo, įrengimo ir eksploatavimo (Gasiūnas ir kt., 2019).

Išanalizavus mokslinę literatūrą nustatyta, kad viena iš problemų – netinkamas strateginis investicijų planavimas. Reguliuojamojo drenažo strategija Lietuvoje yra glaudžiai susieta su Europos Sąjungos finansavimo laikotarpiais ir nacionaliniais strateginiais dokumentais, tačiau toks modelis dažnai nepateisina ilgalaikio infrastruktūros vystymo poreikių. Investiciniai ciklai, trunkantys kas 5–7 m., atitinka daugiametės finansinės perspektyvas, tačiau reguliuojamasis drenažas, kaip inžinerinė sistema, pasižymi ilgu eksploataciniu laikotarpiu ir reikalauja nuoseklaus planavimo, apimančio ne vieną finansavimo etapą (Europos Parlamentas, 2021; Žemės ūkio ministerija, 2022). Praktikoje pasitaiko atvejų, kai reguliavimo įrenginiai eksploatuojami netinkamai, pavyzdžiui, laiku neuždaromas uždoris, todėl nesukaupiamas vanduo dirvožemyje. Sistemos veikimą taip pat gali trikdyti užsikimšimai gruntu ar augalų šaknimis, o vožtuvų užsikimšimo problema vis dar nepakankamai ištirta (Ghane, 2023).

Reguliuojamojo drenažo plėtra Lietuvoje priklauso nuo teisinių, techninių ir gamtinių sąlygų. Nors teisinė bazė sudaro prielaidas šios priemonės diegimui (LR Seimas, 1993), trūksta vietinių metodikų ir eksperimentiniais duomenimis pagrįstų tyrimų, todėl būtinos aiškesnės projektavimo rekomendacijos ir tikslesnis jų taikymas praktikoje.

Vandens kokybei gerinti siūloma taikyti papildomas priemones, pavyzdžiui, prieš drenažo šulinį įrengti bioreaktorių su užpildu (Povilaitis ir kt., 2020). Viena mokslo literatūroje minimų medžiagų – bioanglis. Ji pasižymi gebėjimu sorbuoti teršalus, gerinti dirvožemio struktūrą, skatinti mikroorganizmų aktyvumą ir didinti dirvožemio sorbcines savybes (Vismontienė, 2023). Nustatyta, kad bioanglis didina dirvožemio poringumą, mažina vandens išgaravimo greitį ir užtikrina stabilesnį drėgmės režimą šaknų zonoje (Razzaghi et al., 2020). Bioanglis gali būti naudojama reguliuojamojo drenažo bioreaktoriuose arba tiesiogiai įterpiama į dirvožemį.

Nors šios priemonės vertinamos teigiamai, integruotas jų taikymas išlieka menkai ištirtas. Trūksta sisteminių, eksperimentais pagrįstų tyrimų, vertinančių bioanglies poveikį reguliuojamojo drenažo efektyvumui. Naujausi duomenys rodo, kad bioanglis gali padėti palaikyti stabilesnį dirvožemio drėgmės režimą ir didinti sistemos veiksmingumą, ypač esant drėgmės deficitui ir aukštesnėms paros temperatūroms.

Tyrimo tikslas – kompleksškai įvertinti reguliuojamojo drenažo sistemų veikimą, analizuojant jų teisinį reglamentavimą, techninių gedimų priežastis ir bioanglies įterpimo į dirvožemį poveikį reguliuojamojo drenažo efektyvumui.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti teisės aktus ir strateginius instrumentus, reglamentuojančius reguliuojamojo drenažo sistemų įrengimą.
2. Identifikuoti pagrindines reguliuojamojo drenažo neefektyvaus veikimo problemas (gedimus, jų priežastis).
3. Įvertinti bioanglies panaudojimo galimybes siekiant padidinti reguliuojamojo drenažo veikimo efektyvumą.

Tyrimų objektas ir metodai

Atliekant projektavimo ir priežiūros poveikio reguliuojamojo drenažo veikimui ir ilgaamžiškumui tyrimą atliktas projektavimo rekomendacijų, Melioracijos techninių reglamentų „Melioracijos statinių projektavimas“ (2005) ir „Melioracijos statiniai. Pagrindiniai reikalavimai“ (2006) ir kt. (Gasiūnas ir kt., 2019; MTR 2005; MTR, 2006) ir priimtų inžinerinių sprendimų vertinimas. Tam tikslui yra atrinkti 24 reguliuojamojo drenažo techniniai projektai pagal esamas inžinerines charakteristikas, dirvožemio granulometriją ir kitus rodiklius. Atliktas nagrinėjamų projektų sprendimų vertinimas, juos lyginant su rekomenduojamomis ribinėmis reikšmėmis (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Reguliuojamojo drenažo projektų rodiklių vertinimo sąrašas

Table 1. List of indicators for assessing regulated drainage projects

Eil. Nr./Serial No.	Rodiklis / Indicator
1.	Projekto numeris /Project number
2.	Kritulių kiekis, mm/metus / Precipitation, mm/year
3.	Dirvožemio tipas / Soil type
4.	Reljefo nuolydis, % / Terrain slope, %
5.	Drenažo tinklo tankis, m/ha / Drainage network density, m/ha
6.	Sistemos plotas, ha / System area, ha
7.	Reguliuojamojo drenažo sistemos plotas, ha / Area of regulated drainage system, ha
8.	Sausinimo sistemos įrengimo metai, m / Year of installation of the dehumidification system, m
9.	Suprojektuotas reguliuojamasis drenažas, m / Designed regulated drainage, m
10.	Metinė vidutinė oro temperatūra, °C / Annual average air temperature, °C
11.	Realus rinktuvo aptarnaujamas plotas pagal žemės paviršiaus nuolydį, ha //Actual area served by the collector according to the slope of the ground surface, ha
12.	Rinktuvų ilgis, m / Length of collectors, m

Antrasis tyrimas vykdytas laboratorijos sąlygomis klimatinėje spintoje, esančioje Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos (VDU ŽŪA) Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros tyrimų laboratorijoje. Eksperimentas baigiamas, kai dirvožemio drėgmės pokytis nefiksuojamas.

Temperatūra eksperimento metu parinkta remiantis daugiamečiais stebėjimo duomenimis, dažniausiai pasitaikančiomis nepalankiomis drėgmės režimo sąlygomis, t. y. 1 mėn. (liepos mėn.) vidutinė paros temperatūra – 20 °C, antrasis eksperimento variantas – 30 °C.

Nustatant galimą bioanglies įtaką dirvožemio vandens dinamikai, tiriamas drėgmės pokytis, taikant suminio išgaravimo skaičiavimo metodiką, pagal Dirsės (1995) formulę (nustatomas suminis išgaravimas).

Vandens išgaravimo dydis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E = H + m (A_1 - A_2) - N, \text{ mm}, \quad (1)$$

čia E – suminis išgaravimas, mm;
H – kritulių kiekis, mm;
m – liejimo norma, cm³;
A₁ – A₂ grunto masė tyrimo pradžioje ir pabaigoje, kg;
N – prasisunkęs pro dirvožemį ir ištekęs vandens kiekis, mm.

Tyrimo metu buvo vertinami bioanglies ir dirvožemio mišinio vandens sulaikymo parametrai. Eksperimente tirti mėginiai su 0 (G100), 25 (A25:G75), 50 (A50:G50), 75 (A75:G25) ir 100 % (A100) bioanglies tūrio įterpimu (žr. 1 pav.), kaip pagrindas naudotas mineralinis gruntas, dulkiškas priemolis (*Silty Loam*). Bioanglis buvo sumaišyta su mineralinio dirvožemio mišiniu ir patalpinti vienodo dydžio induose, po tris mėginius kiekvienam mišiniui. Drėgmės perteklius prisotinimo etape buvo surenkamas. Laboratorijos sąlygomis dirvožemio drėgmės kiekis nustatomas svoriniu metodu. Tyrimo pradžioje organinis gruntas sumaišytas su bioanglimi ir pasvertas jam esant sausam. Vėliau indai prisotinti vandeniu iki maksimalaus vandens imlumo ir sverti kiekvieną dieną tuo pačiu laiku. Kiekvienas matavimas atliktas pakartojant tris kartus. Svėrimas nutraukiamas, kai dirvožemio drėgmės pokytis nefiksuojamas.

Drėkinimas atliekamas vieną kartą – eksperimento pradžioje, vėliau drėkinimo norma lygi – 0 ml. Stebimas vandens nuotėkis N ml, kuris buvo 0 ml, todėl daroma prielaida, kad išgaravimas laboratorijos sąlygomis yra svarių skirtumas stebėjimo pradžioje ir pabaigoje.

Bandinio drėgmės kiekis W – tai esančio dirvožemio porose vandens masės m_w santykis su kietųjų dalelių mase m_s, išreikštas procentais. Kietųjų dalelių masė pagal skaitinę reikšmę lygi sauso (išdžiovinto) dirvožemio masei.

1 pav. Bandymų schema

Fig 1. Test scheme

20 °C – 30 °C														
G100a	G100b	G100c	A100a	A100b	A100c	A25:G7 5a	A25:G7 5b	A25:G7 5c	A50:G5 0a	A50:G5 0b	A50:G5 0c	A75:G2 5a	A75:G2 5b	A75:G2 5c

Vandens (išgaravusio džiovinant) masė apskaičiuojama iš drėgno dirvožemio masės atimant kietųjų dalelių masę (Amšiejus ir kt., 2002):

$$W = (m_w/m_s) \cdot 100 \%, \quad (2)$$

čia m_w – vandens (išgaravusio džiovinant) masė, kg;
 m_s – sauso dirvožemio mėginio masė, kg.

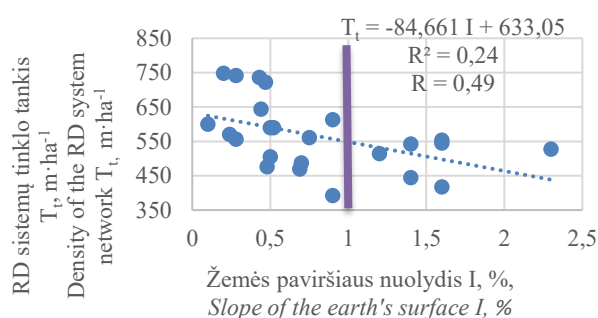
Dirvožemio drėgnis (SWC) apskaičiuotas pagal formulę (Fenta ir kt., 2012):

$$SWC (\%) = [(m_p - m_s) \cdot m_s^{-1}] \cdot 100, \quad (3)$$

čia: m_p – pradinė dirvožemio mėginio masė, kg;
 m_s – sauso dirvožemio mėginio masė, kg.

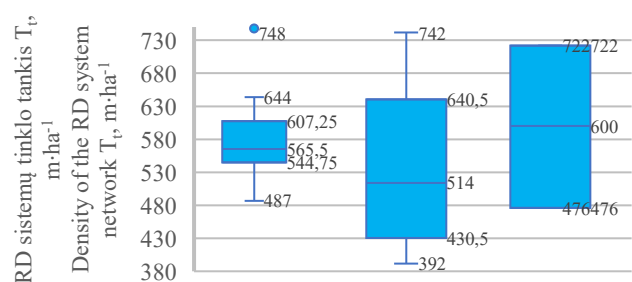
Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Analizė orientuota į esminių drenažo sistemos parametrų – rinktuvų ilgio, drenažo tinklo tankio, reljefo nuolydžio, sistemos ploto, dirvožemio tipo ir realiai reguliuojamo ploto – tarpusavio sąsajų vertinimą.



2 pav. Žemės paviršiaus nuolydžio ir tinklo tankio priklausomybės grafinė analizė

Fig. 2. Graphical analysis of the relationship between the slope of the earth's surface and the network density



Priemolis (Loam), Priesmėlis (Sandbank), Smėlis (Sand)

Dirvožemio tipas, Soil type

3 pav. Tinklo tankio, duomenis grupuojant pagal vyraujančią dirvožemio tipą, duomenų sklaidą

Fig. 3. Data distribution of grid density, grouping data by predominant soil type

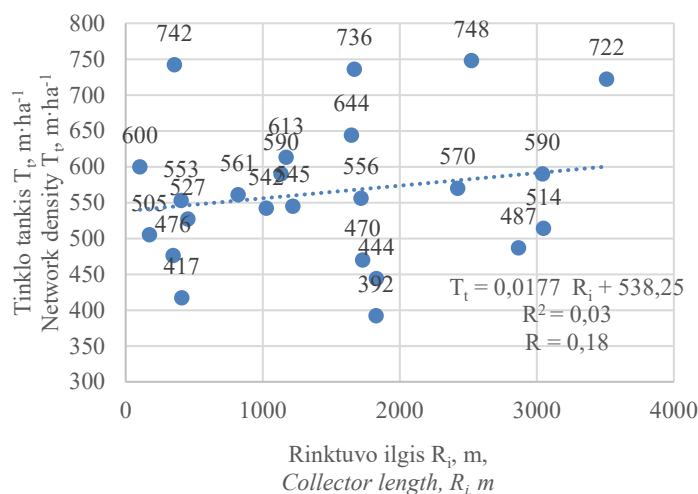
Atlikus priklausomybės tarp žemės paviršiaus nuolydžio ir sistemų tankio duomenų grafinę analizę (žr. 2 pav.), nustatyta, kad žemės paviršiaus nuolydis yra reikšmingas, tačiau ne esminis veiksnys, lemiantis projektuojamą drenažo tinklo tankį. Reguluojamojo drenažo sistemų projektavimui palankiausios sąlygos yra teritorijose, kur žemės paviršiaus nuolydis neviršija 1 %, nes tokiomis sąlygomis dažniausiai projektuojamas didesnio tankio drenažo tinklas, užtikrinantis efektyvesnę vandens lygio reguliavimą.

Analizė (žr. 3 pav.) rodo, kad didėjant dirvožemio filtraciniam laidumui, projektuojamas reguliuojamojo drenažo tinklo tankis yra didesnis, o projektiniai sprendiniai tampa įvairesni. Tai ypač aktualu smėlio ir priesmėlio dirvožemiuose, kuriuose reguliuojamojo drenažo sistemų projektavimui reikia lankstesnio požiūrio ir detalesnio vietinių sąlygų įvertinimo.

Reguluojamojo drenažo tinklo tankio ir rinktuvų ilgio priklausomybės grafikas (žr. 4 pav.) rodo, kad reguliuojamojo drenažo tinklo tankis neturi tiesioginės įtakos rinktuvų ilgiui, o ryšys tarp šių kintamųjų yra silpnas ir statistiškai menkai reikšmingas. Tai patvirtina, kad projektuojant reguliuojamojo drenažo sistemas tinklo tankio sprendiniai formuojami nepriklausomai nuo rinktuvų ilgio, o jų kaita susijusi su kitais projektiniais ar teritoriniais veiksniais.

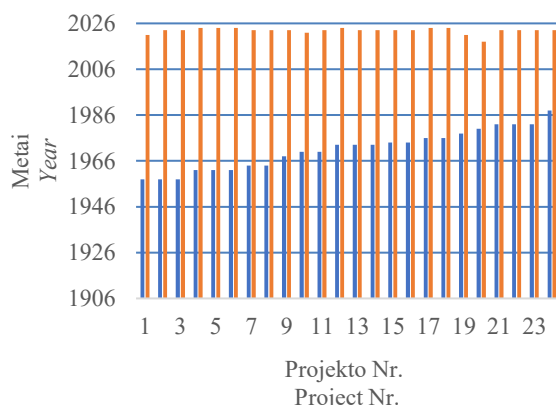
Išanalizavus duomenis nustatyta, kad visais nagrinėtais atvejais reguliuojamasis drenažas projektuojamas esamų sausinimo sistemų rekonstrukcijos pagrindu (žr. 5 pav.). Tiriamos sausinimo sistemos buvo įrengtos prieš kelis dešimtmečius, o reguliuojamojo drenažo projektavimas vykdomas pastaraisiais metais (nuo 2018 iki 2024 m.). Tai reiškia,

kad tarp pirminio įrengimo ir rekonstrukcijos susidarė 40–60 m. laikotarpis, per kurį drenažo sistemos reikšmingai nusidėvėjo, todėl atnaujinat sausinimo sistemas būtinas esminis sausinimo sistemos rekonstravimas.



4 pav. Rinktuvų ilgio R_i (m) ir tinklo tankio T_t (m/ha) priklausomybės grafinė analizė

Fig. 4. Graphical analysis of the dependence of collector length R_i (m) and network density T_t (m/ha)

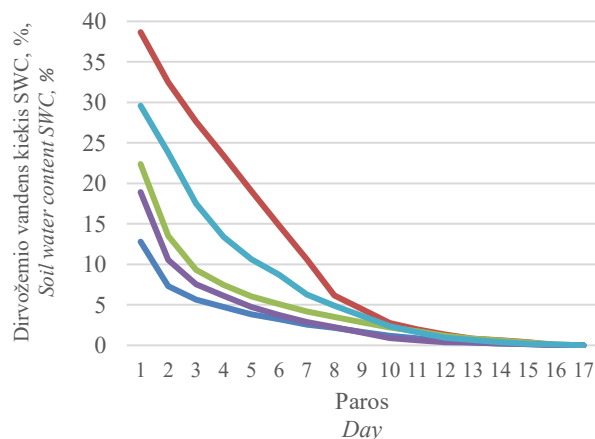


5 pav. Reguliuojamojo drenažo sistemų įrengimo ir sausinimo sistemos statybos metai

Fig. 5. Year of installation of regulated drainage systems and construction of the drainage system

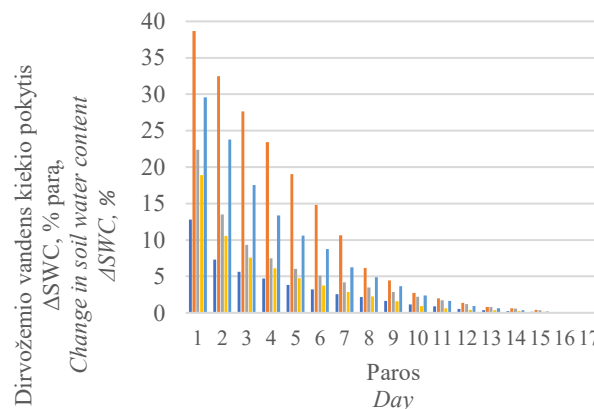
Atsižvelgiant į nustatytus reguliuojamojo drenažo veikimo apribojimus, tyrimai buvo papildyti dirvožemio drėgmės išlaikymo analizėmis. 30 °C temperatūroje atliktų bandymų metu nustatyta, kad dirvožemio vandens kiekis (SWC, %) visų tirtų grunto–bioanglies proporcijų mėginiuose nuosekliai mažėjo (6 pav.). Didžiausios pradinės SWC reikšmės nustatytos grynos bioanglies (A100) mėginiuose, o mažiausios – gryno grunto (G100) mėginiuose.

Iš grafiko (žr. 7 pav.) nustatyta, kad dirvožemio vandens sumažėjimo intensyvumas (Δ SWC, %/parą) didžiausias buvo pirmosiomis džiovinimo paromis visose tirtose grunto–bioanglies proporcijose. Didžiausi Δ SWC pokyčiai buvo grynos bioanglies (A100) ir didesnę bioanglies dalį turinčiuose mėginiuose, o mažiausi – gryno grunto (G100) mėginiuose.



6 pav. Vandens išgaravimas SWC 30°C temperatūroje, %

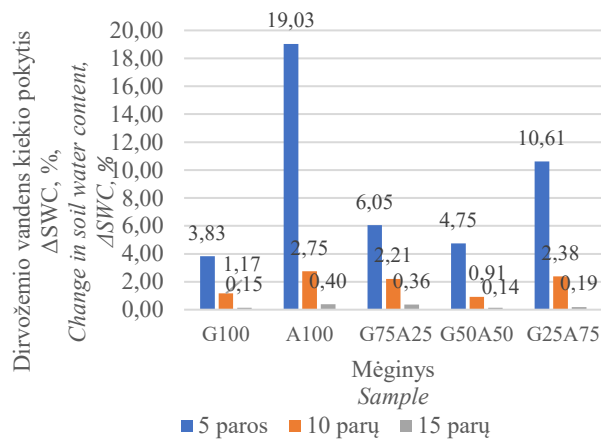
Fig. 6. Water evaporation SWC at 30°C, %



7 pav. Dirvožemio vandens kiekio pokytis (Δ SWC, %/parą) esant skirtingoms grunto–bioanglies proporcijoms 30 °C temperatūroje

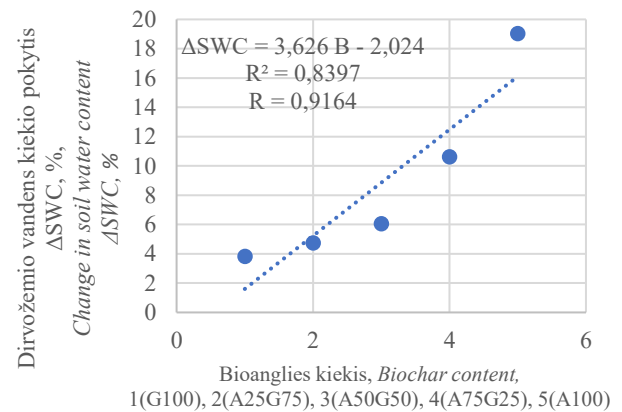
Fig. 7. Change in soil water content (Δ SWC, %/day) at different soil-biochar ratios at 30 °C

30 °C temperatūroje, po 5, 10 ir 15 džiovinimo parų, nustatyti reikšmingi dirvožemio vandens kiekio (SWC, %) skirtumai įterpiant skirtingas grunto–bioanglies proporcijas (žr. 8 pav.). Didžiausias SWC pokytis nustatytas po 5 parų grynos bioanglies (A100) mėginiuose, o mažiausias – gryno grunto (G100) mėginiuose. Bioanglies mišiniuose (G25A75, G75A25 ir G50A50) buvo tarpinės reikšmės, didėjimo tendencija sutapo su didėjančia įterptos bioanglies dalimi.



8 pav. Dirvožemio vandens kiekio (SWC, %) palyginimas skirtingose grunto proporcijose po 5, 10 ir 15 džiovinimo parų, esant 30 °C temperatūrai

Fig. 8. Comparison of soil water content (SWC, %) in different soil proportions after 5, 10 and 15 days of drying at a temperature of 30 °C



9 pav. Bioanglies kiekio įtaka dirvožemio vandens kiekio pokyčiui (ΔSWC, %) po 5 džiovinimo parų, esant 30 °C temperatūrai

Fig. 9. Influence of biocarbon content B on the change in soil water content (ΔSWC, %) after 5 days of drying at 30 °C

Analizuojant bioanglies kiekio įtaką dirvožemio vandens kiekio pokyčiui (ΔSWC, %) po 5 džiovinimo parų, nustatytas aiškus teigiamas ryšys tarp bioanglies dalies mišinyje ir vandens kiekio pokyčio (9 pav.). Didėjant bioanglies kiekiui nuo 0 % (G100) iki 100 % (A100), stebėtas nuoseklus ΔSWC didėjimas.

Išvados

1. Teisės aktų ir strateginių dokumentų analizė parodė, kad Lietuvoje sudarytos teisinės ir institucinės priemonės reguliuojamojo drenažo sistemų įrengimui ir finansavimui. Tačiau nustatyta, kad strateginis šios technologijos planavimas yra fragmentiškas ir priklausomas nuo trumpalaikių administracinių bei finansinių ciklų, todėl jos plėtra dažnai grindžiama administraciniais reikalavimais, o ne inžineriniu tikslumu.

2. Nustatyta, kad reguliuojamojo drenažo sistemų efektyvumą dažniausiai riboja esamų drenažo sistemų techninė būklė ir projektinių sprendinių neatitikimas vietos sąlygoms. Tyrimas parodė, kad žemės paviršiaus nuolydis, laidūs dirvožemiai ir neatitikimas tarp projektuojamo ir faktiškai reguliuojamo ploto (vidutiniškai 44 %) mažina reguliavimo efektyvumą.

3. Tyrimo rezultatai parodė, kad bioanglies įterpimas į dirvožemį pagerina dirvožemio vandens laikymosi savybes. Įterpus 25 % ir 50 % bioanglies tūrio, augalams palankios drėgmės išlaikymo trukmė pailgėjo iki 6 parų (2 paromis daugiau nei grunte be bioanglies). Bioanglimi praturtintas dirvožemis pasižymėjo didesne vandens sorbcine geba, todėl bioanglis gali būti naudojama kaip papildoma priemonė reguliuojamojo drenažo efektyvumui didinti.

Literatūra

1. Amšiejus J., Mackevičius R., Medzvieckas J., Stragys V. (2002). Gruntų mechanika: laboratoriniai darbai. Vilnius: Technika, 114 p.
2. Dirsė A., Seniūnas A. (1995). Augalų vandens poreikiai. *Žemės ūkio mokslai*, 4, 29–34.
3. Ghane, E. (2023). *Why do subsurface drainage systems underperform?* (MSU Extension Bulletin E3451, rev. ed.). Michigan State University Extension. Prieiga per internetą: https://www.canr.msu.edu/field_crops/uploads/files/E3451_Underperformance_Rev_0.pdf
4. Europos Parlamentas, 2021, Europos Parlamento ir tarybos reglamentas Nr. 32021R2115, 2021-12-02, Prieiga per internetą: <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/2115/oj>, (žiūrėta 2026-01-30).
5. Fenta B. A., Driscoll S. P., Kunert K. J., Foyer C. H. (2011). Characterization of drought tolerance traits in nodulated soya beans: the importance of maintaining photosynthesis and shoot biomass under drought induced limitations on nitrogen metabolism. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 198, 92–103.
6. Gasiūnas V., Misevičienė S., Bastienė N., Adamonytė I., Aleknevičienė V., Magyla R. (2019). Bendrosios rekomendacijos reguliuojamojo drenažo inovacijai diegti. Prieiga per internetą: https://titris.lzukt.lt/uploads/multiforms/docs/704_753484532eb40dca2d2946af1b88d50f.pdf, (žiūrėta 2026-01-30).
7. Hussain, R., Bordoloi, S., Gupta, P. et al. Effect of biochar type on infiltration, water retention and desiccation crack potential of a silty sand. *Biochar* 2, 465–478 (2020), <https://doi.org/10.1007/s42773-020-00064-0>
8. Lietuvos Respublikos Seimas, 1993, Lietuvos Respublikos melioracijos įstatymas. Nr. I-323, 1993-12-09. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.D0429A864011> (žiūrėta 2026-01-28).
9. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerija. (2005). Dėl melioracijos techninio reglamento MTR 1.05.01:2005 „Melioracijos statinių projektavimas“ patvirtinimo. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro įsakymas

Nr. 3D-1, 2005-01-03. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.E78B7371652F/VioqmQvpmO>, (žiūrėta 2026-02-26).

10. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerija. (2006). Dėl melioracijos techninio reglamento MTR 2.02.01:2006 „Melioracijos statiniai. Pagrindiniai reikalavimai“ patvirtinimo. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro įsakymas Nr. 3D-2, 2006-01-09. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.102CF5981EC5/asr> (žiūrėta 2026-01-28).

11. Lietuvos Respublikos Žemės ūkio ministerija. 2022. Lietuvos žemės ūkio ir kaimo plėtros 2023–2027 m. strateginis planas. Prieiga per internetą: https://zum.lrv.lt/public/canonical/1765977239/18818/Strateginis_planas_v.6.1_20251212.pdf (žiūrėta 2026-01-28).

12. Povilaitis A., Matikienė J. (2020). Nitrate removal from tile drainage water: The performance of denitrifying woodchip bioreactors amended with activated carbon and flaxseed cake. *Agricultural Water Management*, 229, 105937. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105937>

13. Razzaghi F., Obour P. B., Arthur E. (2020). Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. *Geoderma*, 361, 114055. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114055>

14. Gasiūnas, V., Misevičienė, S., Bastienė, N., Adamonytė, I., Aleknevičienė, V., & Magyla, R. (2019). *Bendrosios rekomendacijos reguliuojamojo drenažo inovacijai diegti*. Vytauto Didžiojo universitetas. Prieiga per internetą: https://titris.lzukt.lt/uploads/multiforms/docs/704_753484532eb40dca2d2946af1b88d50f.pdf

15. Vismontienė R. (2023). *Azoto ir fosforo taršos iš drenažo sistemų mažinimas taikant denitrifikacijos bioreaktorių su bioanglies priedu*. Mokslo daktaro disertacija. Kaunas.

EFFICIENCY AND MAINTENANCE OF REGULATED DRAINAGE

Abstract

This study examines the efficiency of regulated drainage by assessing design solutions and the influence of soil physical properties on the water regime. The study consists of two interrelated investigations.

In the first study, an analysis of the technical, spatial, and economic indicators of 24 regulated drainage projects was carried out. The relationships among the key drainage system parameters—collector length, drainage network density, terrain slope, system area, soil type, and the area of the regulated drainage system—were evaluated, and the design solutions were compared with recommended and threshold values. The results show that the efficiency of regulated drainage largely depends on the technical condition of existing drainage systems and their suitability for regulation measures. It was found that in many cases regulated drainage is implemented during the reconstruction of old systems; therefore, its potential is only partially utilized. The results also indicate that the most favorable conditions for the application of regulated drainage occur in areas where the surface slope does not exceed 1 %, whereas in areas with steeper slopes the effect of regulation on the system is limited. The analysis also revealed a systematic discrepancy between the designed and the actually regulated drainage system area, which in many cases accounts for only about two-thirds of the total system area.

The second study, based on laboratory experimental results, evaluated the effect of biochar incorporation into soil on its absorption properties and moisture dynamics. The results showed that biochar increases soil porosity, reduces the rate of water evaporation, and ensures a more stable moisture regime in the root zone. The findings indicate that biochar incorporation may contribute to more effective regulated drainage operation and more sustainable water regime management, particularly under conditions of moisture deficit.

Keywords: regulated drainage, drainage system reconstruction, terrain slope, soil water, biochar.