LIETUVOS AGRARINIŲ IR MIŠKŲ MOKSLŲ CENTRAS

Tvirtinu: G. Staugaitis

Vandens monitoringo vertinimo

ATASKAITA

Kaunas, 2023-09-30

Projektas:
NutriBiomass4LIFE
LIFE17 ENV17/LT/000310

Projekto parteris:
Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro
Žemdirbystės instituto
Agrocheminių tyrimų laboratorija

Projekto C1 veikla:

Projekto koordinatorė LAMMC ŽI ATL:	**Agrocheminių tyrimų skyriaus vedėja mokslo darbuotoja dr. Lina Žičkienė**, tel. +370 686 44569, el. paštas: lina.zickiene@lammc.lt, LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorijos Agrocheminių tyrimų skyriaus vedėja, mokslo darbuotoja
Vendens monitoringo ėminius surinko:	**Dr. Lina Žičkienė**, LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorijos Agrocheminių tyrimų skyriaus vedėja, mokslo darbuotoja **Dr. Aistė Masevičienė** LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorijos Agrocheminių tyrimų skyriaus mokslo darbuotoja **Dr. Donatas Šumskis** LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorijos Agrocheminių tyrimų skyriaus mokslo darbuotojas **Dr. Jonas Arbačauskas** LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorijos Agrocheminių tyrimų skyriaus mokslo darbuotojas
Vandens chemines analizes atliko:	LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorijos Analitinio skyriaus darbuotojos
Projekto ataskaitą parengė:	**Dr. Karolina Gvildienė** LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorijos Analitinio skyriaus vedėjo pavaduotoja, jaunesnioji mokslo darbuotoja **Dr. Lina Žičkienė**, LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorijos Agrocheminių tyrimų skyriaus vedėja, mokslo darbuotoja

TURINYS

SANTRAUKA 4
SUMMARY 6
ĮVADAS 8
1.TYRIMŲ METODIKA 10
1.1. Lizimetrų vandens tyrimai 10
1.2. Melioracijos griovių melioruotų upelių vandens tyrimai 15
1.3. Vandens tyrimų monitoringas 16
2. TYRIMŲ REZULTATAI 19
2.1. Lizimetrų vandens tyrimų rezultatai 19
2.2. Melioracijos griovių melioruotų upelių vandens tyrimų rezultatai 24
2.3. Vandens monitoringo tyrimų rezultatai 29
IŠVADOS (I) 32
IŠVADIS (II) 34
IŠVADOS (III) 36
REKOMENDACIJOS 37
LITERATŪRA 38
PRIEDAI 40

SANTRAUKA

Dumble esantys junginiai, kaip nitratai, sunkieji metalai ir kt., gali būti veikiami kritulių ir dirvožemyje vykstančių procesų, ir to pasėkoje išsiplauti į dirvožemio gilesnius sluoksnius ar gruntinius vandenis. Pablogėjusi vandens kokybė gali turėti įtakos žmonių sveikatai ir aplinkos taršai, todėl vandens stebėjimui yra skiriamas didelis dėmesys. Todėl šio projekto veiklos tikslas buvo nustatyti ir įvertinti prasifiltravusio vandens ir šalia esančių melioracijos griovių ar melioruotų upelių vandens cheminę sudėtį ir kokybę, tręšiant laukus džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu.

Vandens tyrimai buvo vykdyti trimis kryptimis: 1) lizimetrų vandens tyrimai; 2) melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandenyse; 3) vandens tyrimai pagal patvirtintą naują monitoringo programą.

Panaudojant džiovinto granuliuoto nuotekų dumblo nuo 11 iki 33 t ha^{-1} hibridinių tuopų ir drebulių augimui buvo suteikta būtinų maistinių medžiagų jų augimui, o stebėta vandens tarša, dėl maistinių ir kenksmingų medžiagų išsiplovimo, nenustatyta.

Lizimetrų ir melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandenyse tyrimais nustatyta, kad pH vertės atitiko net geriamojo vandens higienos normoje nurodomą pH (6,5–9,5) ir buvo neutralus. Taigi tręšimas nuotekų dumblu prasifiltravusio vandens nerūgštino. BDS_7, ChDs ir ištirpusio vandenyje deguonies koncentracijos, granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu tręštose ir netręštose tyrimų aikštelėse prasifiltravusio vandens koncentracijos mažai skyrėsi arba buvo mažesnės koncentracijos netręštuose variantuose. Nustatytos chloridų koncentracijos buvo labai mažos, lyginant su geriamo vandens higienos norma ribine verte, todėl tręšimas nuotekų dumblu chloridų koncentracijos pokyčiams įtakos neturėjo. Amoniakinis azotas lizimetrų vandenyje tiek tręštuose, tiek netręštuose džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu tyrimų aikštelėse, mažai skyrėsi ir buvo 3 ir 31 kartų, o melioracijos grioviuose ir melioruotuose upeliuose 1,6 ir 16 kartų mažesnės nei nurodoma HN 24:2023 ir LAND 20:2005 dokumentuose.

Tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu įtakos turėjo nitritinio, nitratinio ir bendro azoto koncentracijos padidėjimui vandens ėminiuose, kurie buvo tręšiami nuotekų dumblu. Tačiau nustatytų HN 24:2023 ribinių verčių neviršijo. Tręšimas nuotekų dumblu, fosfatų ir bendrojo fosforo koncentracijai lizimetrų vandenyje, įtakos neturėjo. Didesnė bendrojo fosforo koncentracija nustatyta netręštame variante, todėl tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu įtakos fosforo ir fosfatų išsiplovimui į gruntinius vandenis nenustatytas. Sunkiaisiais metalais (Cd, Pb, As, Cr, Ni, Cu, Zn) lizimetrų ir vandenyje, tarša nenustatyta. Dažniausiai didesnė jų koncentracija buvo nustatyta vandens ėminiuose, kurių tyrimų aikštelės nebuvo netręštose džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu. Taršos organiniais teršalais polichlorintais bifenilai (PCB) ir policikliniais aromatiniais angliavandeniliais (PAA) lizimetrų vandenyje po tręšimo nuotekų dumblu ir netręšiant, nenustatyta. Visų tirtų vandens ėminių cheminė analizė parodė šių junginių koncentraciją žemiau nustatymo ribos. Atliktais mikrobiologiniais–

parazitologiniais tyrimais lizimetrų vandenyje nustatyta, kad beveik visi lizimetrų vandenys, atitiko geriamojo vandens reikalavimus, todėl tręšiant granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu mikrobiologinė–parazitologinė tarša nenustatyta.

Atlikus tyrimus vandenyje, pagal naujus vandens monitoringo reikalavimus, laukuose kurie tręšiami džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, tarša, pagal vertinimus kriterijus nenustatyta. Sunkieji metalai Cd, Ni ir Cr buvo žemiau nustatymo ribos. Švino, cinko, gyvsidabrio ir vario nustatytos koncentracijos buvo atitinkamai 1,5, 5, 10 ir 17 kartų mažesnė už nustatytus vertinimus kriterijus. Amoniakinis azotas, bendras azotas ir fosforas buvo gerokai mažesnės koncentracijos, nei nurodoma vertinimo kriterijuose. Vandens ėminiuose atrinkus aukščiausias nustatytas koncentracijas nustatyta, kad $N–NH_4$, P_b ir N_b buvo atitinkamai 2,6; 2,2 ir 1,3 karto mažesnės nei nurodyti vertinimo kriterijai.

Kai šalia nuotekų dumblu tręšiamo lauko nėra melioracijos sistemų, vandenų taršos stebėjimui rekomenduojame įrengti lizimetrus. Atlikus vandens kokybės tyrimus matome, kad gruntinių vandenų taršos kontrolei pilnai užtenka įrengtų lizimetrus, kurie užtikrina vandenų kokybės ir medžiagų išsiplovimo stebėjimą. Lizimetrą rekomenduojame įrengti 60 cm dirvožemio gylyje, 1 lizimetras 50 ha laukui.

Nuo 2022 metų pagal LAND 20–2005 patvirtintą naują vandenų monitoringą yra reikalaujama atlikti sunkiųjų metalų tyrimus vandenyje. Iš tyrimų rezultatų nustatyta, kad atliekant vandens tyrimus lizimetrų vandenyje ir melioruotuose grioviuose ar upeliuose, sunkiųjų metalų koncentracijos dažniausiai buvo žemiau nustatymo ribos t. y. daug kartų mažesnės nei reglamentuoja teisės aktai. Todėl vykdant vandens monitoringą rekomenduotume, tręšiamų nuotekų dumblu laukuose nustatyti šiuos cheminius rodiklius: pH, bendro azoto (N_b,), nitritinio azoto (NO_2,), nitratinio azoto (NO_3), amoniakinio azoto (NH_4), bendro fosforo (P_b) ir fosfatų (PO_4).

Raktiniai žodžiai: granuliuotas džiovintas nuotekų dumblas, lizimetrų vanduo, melioracijos griovių ir melioruotų upelių vanduo, tarša, sunkieji metalai, nitratai, monitoringas

SUMMARY

Risky compounds in sludge, such as nitrates, heavy metals, etc., can be affected by precipitation and soil processes and leach into deeper soil layers or groundwater. Degraded water quality can affect human health and the environment, which is why water monitoring is of great importance. Therefore, the objective of this project was to determine and evaluate the chemical composition and quality of filtered water and the drainage system water of nearby ditches, after fertilizing fields with dried granulated sewage sludge digestate.

Application of dried granulated sewage sludge digestate from 11 to 33 t ha^{-1} for the growth of hybrid poplars and hybrid aspens provided necessary nutrients for their growth, and there was no determined observed water pollution, due to the leaching of nutrients and harmful substances.

The analysis of water in lysimeters and drainage system water in ditches found that the pH values corresponded even to the pH (6.5–9.5) specified in the hygiene standard for drinking water and was neutral. Thus, fertilization with sewage sludge did not acidify the water filtered through the soil. Concentrations of BOD_7, COD, and dissolved oxygen in the water, in the filtered water in the test sites fertilized with granulated dried sewage sludge digestate, and in the unfertilized ones, were of similar quality or had slightly lower concentrations in the unfertilized variants. The determined concentrations of chlorides were very low compared to the limit value of the hygiene norm for drinking water, therefore fertilization with sewage sludge did not affect the changes in the concentration of chlorides. Ammonia nitrogen in lysimeter water in both fertilized and unfertilized with dried granulated sewage sludge digestate research sites was from 3 to 31 times lower, and in ditches was from 1.6 to 16 times lower than indicated in documents HN 24:2023 and LAND 20:2005.

Fertilization with dried granulated sewage sludge digestate affected the increase of nitrite, nitrate, and total nitrogen concentrations in water samples that were fertilized with sewage sludge. However, the limit values set by HN 24:2023 were not exceeded. Fertilization with sewage sludge did not affect the concentration of phosphates and total phosphorus in the water of the lysimeters. A higher concentration of total phosphorus was found in the non-fertilized version, therefore fertilization with granular dried sewage sludge did not affect the leaching of phosphorus and phosphates into groundwater. Heavy metal (Cd, Pb, As, Cr, Ni, Cu, Zn) pollution in lysimeters and water was undetected. Their higher concentration was mostly found in water samples whose research sites were not fertilized with dried granular sewage sludge. Pollution with organic pollutants polychlorinated biphenyls (PCB) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in lysimeter water after fertilization with sewage sludge and without fertilization was not detected. Chemical analysis of all tested water samples showed the concentration of these compounds below the detection limit. The performed microbiological-parasitological analysis in the water of the lysimeters found that in all samples met the requirements for drinking water, therefore, no

microbiological-parasitological pollution was detected when fertilizing with granular dried sewage sludge.

After analysis water, according to the new water monitoring requirements while fertilizing biomass plantations, in the fields that are fertilized with dried granulated sewage sludge digestate, pollution was not detected according to the assessment criteria. Heavy metals Cd, Ni, and Cr were below the detection limit. The highest concentrations found in water samples were found to be for $N–NH^4$, P_t, and N_t, respectively 2.6; 2.2 and 1.3 times lower than the allowed specified evaluation criteria.

When there is no installed drainage systems in the field fertilized with sewage sludge, we recommend installing lysimeters to monitor water pollution. After research results on water quality, we see that the installed lysimeters are fully sufficient for groundwater pollution control, which ensures monitoring of water quality and material leaching. We recommend installing the 1 lysimeter for a field of 50 ha in 60 cm in the soil depth.

From 2022, according to the new water monitoring approved by LAND 20-2005, heavy metal tests in water are required. From the research results, it was found that during water analysis in lysimeter water and drainage system water analysis from ditches the concentrations of heavy metals were mostly below the detection limit, i.e. many times lower than regulated by legislation. Therefore, during water monitoring, we would recommend determining the following chemical parameters in fields fertilized with sewage sludge: pH, total nitrogen (N_t), nitrite nitrogen (NO_2), nitrate nitrogen (NO_3), ammonia nitrogen (NH_4), total phosphorus (P_t) and phosphates (PO_4) and to reject monitoring of heavy metals in water.

Keywords: granular dried sewage sludge, lysimeter water, ditches, pollution, heavy metals, nitrates, monitoring.

ĮVADAS

Požeminį geriamąjį vandenį savo poreikiams gyventojai vartoja tik nedaugelyje pasaulio ir Europos šalių, Lietuva viena iš nedaugelio jų. Tačiau naudojamas vanduo esantis arčiausiai žemės paviršiaus gali būti lengvai užteršiamas. Dažniausiai gruntinio vandens tarša kyla dėl pasklidusios taršos, patenkančios iš intensyvios žemdirbystės laukų, gyvulininkystės ar paukštininkystės kompleksų, trąšų sandėlių ir kt. (Cesar et al., 2012). Didžiausią neigiamą poveikį požeminio vandens kokybei daro azoto junginiai – nitratai. Jie dažniausiai į dirvožemį patenka iš organinių trąšų, mėšlo, nuotekų dumblo ir kt., kai augalai tręšiami nesubalansuotas nespėja įsisavinti maisto medžiagų. Tačiau pagal dabartinius taršos mastus į požeminį vandenį gali patekti ir sunkieji metalai bei pavojingi organiniai junginiai (Klimašauskas, 2009).

Didėjant urbanizacijai ir industrializacijai vis aktualesne, svarbesne problema tampa kietųjų ir skystųjų komunalinių atliekų tvarkymas ir šalinimas (Torri and Cabrera, 2017). Kai kurios šalys kaip Ispanija, Prancūzija, Jungtinė Karalystė, Airija ir Slovakija maždaug 62–70 % kasmet pagaminamo dumblo kaip trąšą panaudoja žemės ūkyje (Economic and Social..., 2010). Atliktais mokslininkų tyrimais nustatytas teigiamas poveikis dumblo panaudojimo žemės ūkyje (Wu et al., 2015; Kominko et al., 2017). Tačiau tręšimas nuotekų dumblu gali kelti pavojų žmonių sveikatai ir aplinkos taršai (Cesar et al., 2012). Dumble esantys junginiai, kaip nitratai, sunkieji metalai ir kt., gali būti veikiami kritulių ir išsiplauti į dirvožemio gilesnius sluoksnius ar gruntinius vandenis (Vettorazzo et al., 2001; Lehmann et al., 2003). To pasėkoje teršalai gali kauptis dirvožemyje, vandenyje ir žemės ūkio produkcijoje ir taip juos užteršti (Clarke et al., 2016; Keller et al., 2002). Pablogėjusi vandens kokybė gali turėti įtakos žmonių sveikatai, todėl vandens stebėjimui yra skiriamas didelis dėmesys. Vienas iš pagrindinių aplinkos apsaugos strategijoje numatytų tikslų yra sumažinti požeminio vandens taršą, kurios viena iš šaltinių yra ūkinė veikla tręšiant dirvožemį organinėmis trąšomis pvz., nuotekų dumblu.

Todėl šio projekto veiklos **tikslas** buvo nustatyti ir įvertinti prasifiltravusio vandens ir šalia esančių melioracijos griovių ar melioruotų upelių vandens cheminę sudėtį ir kokybę, tręšiant laukus džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu.

Projekto veiklos **uždaviniai:**

- specialiuose įrengtuose lizimetruose įvertinti prasifiltravusio vandens cheminę sudėtį ir kokybę bei galimą taršą tręšiant džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu skirtingos granuliometrinės sudėties bei įvairių tipų dirvožemiuose;
- įvertinti vandens kokybę ir taršos riziką melioracijos griovių ar melioruotų upelių, kurie ribojasi su laukais, kurie tręšiami džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu;
- pagal patvirtintus naujus vandenų monitoringo reikalavimus ir juose nurodomus parametrus, įvertinti vandens kokybę melioracijos grioviuose ar melioruotuose upeliuose, kurie ribojasi su laukais tręšiamais džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu.

Tikimasi, kad atlikti vandens sudėties cheminiai tyrimai, įrengtuose lizimetruose ir melioracijos griovių ar melioruotų upelių, padės įvertinti ar ūkinė veikla, šiuo atveju tręšimas trumpos rotacijos želdinių džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, padidina požeminio vandens taršos tikimybę sunkiaisiais metalais bei pavojingais organiniais junginiais ar kaip tik priešingai praturtina vandenį augalams naudingomis maistinėmis medžiagomis.

1. TYRIMŲ METODIKA

Vanduo, ypač gėlas, nuotekos ir gruntinis vanduo, yra jautrus pokyčiams dėl fizikinių, cheminių ar biologinių reakcijų, kurios gali įvykti nuo mėginio paėmimo iki jo analizės pradžios. Šie pokyčiai priklauso nuo mėginio cheminės ir biologinės prigimties, jo temperatūros, buvimo šviesoje trukmės, indo, į kurį jis įpiltas tipo, tarpsnio nuo ėmimo iki analizes pradžios trukmės ir mėginį veikiančių sąlygų, pvz., suplakimo gabenant ir t. t. Paimtas vandens ėminys turi kuo tiksliau charakterizuoti visą apibudinamą objektą ir reikia imtis visų atsargumo priemonių, kad paimtas mėginys iki analizes nepakistų.

Tyrimų objektas. Siekiant įvertinti ar tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu turi įtakos vandens taršai, tręšimo vietoje ir aplink ją susidarančio vandens kokybei buvo pasirinktos trys tyrimo kryptys: 1) lizimetrų vandens, 2) melioracijos griovių vandens ir melioruotų upelių, 3) tyrimai pagal naujas patvirtintas monitoringo taisyklės.

1.1. Lizimetrų vandens tyrimai

Tyrimų vieta. Lizimetrų vandens tyrimai buvo atlikti Rytų Lietuvoje – Trakų, Vilniaus ir Anykščių savivaldybių rajonuose – trumpos rotacijos (iki 20 metų) plantacijomis (*Populus spp*. – hibridinėmis tuopomis ir hibridinėmis drebulėmis) apželdintuose, nenašiuose ir mažiau žemės ūkiui tinkamuose plotuose. Visų tirtų laukų dirvožemiai priklausė Baltijos ir Ašmenos aukštumų dirvožemio rajonui. Poveikio vandens kokybės stebėjimui ir įvertinimui įrengtos 24 tyrimų aikštelės. Tyrimų laukai ir vietos pateiktos prieduose (1–5 priedai).

Tyrimų aikštelių charakteristika. Lizimetrų aikštelės buvo parinktos atlikus vyraujančių dirvožemio tipų ir granuliometrinės sudėties analizę, nes nuo jų priklauso dirvožemio vandens režimo sąlygos, užmirkimas, pH bei kiti rodikliai. Tyrimų aikštelės plotas buvo 6x40 m^2. Tyrimų aikštelės buvo kontrolinės (netręšiamos granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu) ir tręšiamos (granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu). Aikštelių charakteristika pateikta 1.1.1 lentelėje. Vandens tyrimams lizimetrai įrengti 60 cm dirvožemio gylyje. Iškasta 60 cm duobė į ją buvo padėta perforuotas padėklas vandens parsifiltravimui. Kad per skyles su prasifiltravusiu vandeniu nepatektų žemių, padėklas apsuktas laidžia agroplėvele. Vandens surinkimui buvo talpinamas 5 l surinkimo indas 90 cm gylyje (1.1.1 pav.).

Augalai ir jų tręšimas. Parinktuose tyrimų aikštelėse augo hibridinės tuopos ir hibridinės drebulės: 1–16 tyrimų aikštelėse augo hibridinės tuopos 4–5 metų, o 17–24 tyrimų aikštelėse – hibridinės drebulės 6–7 metų. Tyrimų aikštelės (1–16), kur augo trumpos rotacijos želdiniai tręšta 2019 metais 19 t ha^{-1} granuliuoto džiovinto nuotekų dumblo norma (sausomis medžiagomis), o tyrimų aikštelės 17–24 buvo tręštos 2 kartus: pirmą kartą (2016 m.) – po ketvirtų augimo metų, antrą (2019 m.) – po 7 augimo metų. Tręšimo nuotekų dumblu norma 2016 m. buvo 21 t ha^{-1} apdoroto dumblo (sausomis medžiagomis), 2019 m. – 19,09 t ha^{-1}. Tręšimo apdorotu nuotekų

dumblu norma apskaičiuota taip, kad sunkiųjų metalų koncentracijos, numatomame per metus panaudoti apdorotame dumble, neviršytų didžiausiojo leidžiamojo sunkiųjų metalų koncentracijos, kuris per metus gali patekti į dirvožemį (LAND 20:2005). Konkrečiu atveju limituojantis elementas buvo cinkas, pagal kurio koncentraciją ir buvo apskaičiuota dumblo norma. Lauke paskleistas nuotekų dumblas į dirvožemį įterptas lėkštiniais padargais 0–10 cm gyliu, ir ne vėliau kaip per 2 kalendorines dienas nuo jų paskleidimo. Naudoto tręšimui džiovinto granuliuoto nuotekų dumblo parametrai ir tręšiamų monitoringo aikštelių numeriai pateikti 1.1.2 lentelėje.

1.1.1 lentelė. Tyrimų aikštelių charakteristika

yrimų aikštelės Nr.	Dirvožemio tipas	Granuliometrinė sudėtis (inicialas)	Želdinių tipas	Želdinių įvesimo metai	Informacija apie tręšimą
1	Durpžemis	Durpė (d/d)	Tuopos	2015	Tręšta
2					Netręšta
3	Balkšvažemis	Priesmėlis (ps/ps)	Tuopos	2015	Netręšta
4					Tręšta
5	Balkšvažemis	smėlingas lengvas priemolis (sp/sp)	Tuopos	2015	Netręšta
6					Tręšta
7	Smėlžemis	Priesmėlis ant smėlio (ps/s)	Tuopos	2016	Netręšta
8					Tręšta
9	Išplautžemis	Priemolis ant sunkus priemolio (p/p_2)	Tuopos	2016	Netręšta
10					Tręšta
11	Šlynžemis	Puvena ant vidutinio sunkumo priemolio (pv/p1)	Tuopos	2015	Netręšta
12					Tręšta
13	Palvažemis	Priesmėlis ant smėlio ant smėlingo lengvo priemolio (ps/s/sp)	Tuopos	2016	Netręšta
14					Tręšta
15	Smėlžemis	Rišlus smėlis ant smėlio (s_1/s)	Tuopos	2015	Tręšta
16					Netręšta
17	Balkšvažemis	priesmėlis/vidutinio sunkumo priemolio (ps/p1)	Drebulės	2011	Netręšta
18					Tręšta
19	Išplautžemis	priesmėlis/smėlingas sunkus priemolis (ps/sp2)	Drebulės	2011	Netręšta
20					Tręšta
21	Šlynžemis	smėlingas lengvas priemolis/vidutinio sunkumo priemolio (sp1/ p1)	Drebulės	2011	Netręšta
22					Tręšta
23	Smėlžemis	priesmėlis/smėlio (ps/s)	Drebulės	2013	Tręšta
24					Netręšta

Ėminių paėmimas. Vanduo cheminiams tyrimams iš lizimetrų imtas praėjus 1 metams po tręšimo (2020 m.), dviem metams (2021 m) ir trims metams (2022 m.). Vandens mėginiai paimti visose tręštuose ir netręštuose aikštelėse. Iš įrengtų lizimetrų buvo išvesta žarnelė prasifiltravusio

vandens išsiurbimui. Prie žarnelės pajungiant siurblys ir vanduo ištraukimas iš prasifiltravusio vandens surinkimo indo (1.1.1 pav.). Priklausomai nuo metų klimatinių sąlygų ne visada būdavo vandens tyrimams arba būdavo mažesnis kiekis ir pagal tai buvo parenkamos aktualiausios cheminės analizės vandens taršos tyrimams ir jų įvertimui.

1.1.2 lentelė. Granuliuoto džiovinto nuotekų dumble cheminiai rodikliai ir tręšiamos monitoringo aikštelės

Cheminiai rodikliai	**Tręšiamos aikštelės numeris**											
	1	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**	**15**	**18**	**20**	**22**	**23**
pH	7,3	7,1	7,2	7,5	7,5	7,6	7,5	7,6	7,1	7,1	7,09	7,3
Organinė medžiaga %	59,64	58,31	58,63	60,35	58,85	59,96	59,76	58,8	56,74	56,74	58,58	54,76
Bendra siera mg/kg	9158	3510	5237	8238	11231	10108	9794	10088	3437	6611	3713	6855
Bendras azotas (N) mg/kg	42141	41716	46026	45812	46659	47411	46292	42581	39982	41747	39930	37163
Amoniakinis azotas mg/kg	1113	1360	1616	1297	2136	1436	1374	1173	1281	1686	1255	1391
Nitratinis azotas mg/kg	17	66,8	180,2	17	806	1849	146	136	2,83	6,17	9,40	7,11
Bendras fosforas mg/kg	27893	28896	31995	29154	28039	28039	28266	28093	21219	27046	23820	26040
Bendras kalis mg/kg	3098	1795	3669	3343	3294	3313	3357	3395	3318	3239	3805	3583
Kalcis mg/kg	54792	54750	57500	59500	62667	66667	52417	57542	57750	68917	61167	66333
Magnis mg/kg	10000	10833	10750	10542	11583	11792	10042	11042	10708	14500	10917	12500
Manganas mg/kg	294	302	316	294	304	310	309	294	273	278	281	290
Boras mg/kg	<4,1	4,37	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1	8,87	5,77	11,2	3,73
Organinė anglis %	22,29	22,72	23,60	20,22	22,23	20,35	19,67	17,01	20,21	27,3	22,4	28,7
Kadmis mg/kg	2,46	4,81	2,76	3,29	2,85	2,49	2,82	2,84	1,74	2,33	2,55	1,98
Arsenas mg/kg	0,38	0,48	0,48	0,33	0,22	0,16	0,13	0,17	<1,5	0,43	<1,5	0,69
Chromas mg/kg	51,6	48,9	48,8	48,0	56,60	54,8	53,1	56,5	54,2	57,4	55,3	60,9
Nikelis mg/kg	61,0	54,3	54,7	56,7	56,7	58,7	57,3	64,2	43,7	45,3	44,5	54,0
Švinas mg/kg	42,0	41,5	39,9	44,3	44,3	45,8	44,6	44,1	39,4	40,7	39,8	48,3
Varis mg/kg	300	297	305	287	293	301	295	287	256	254	275	276
Cinkas mg/kg	1547	1533	1520	1537	1487	1510	1560	1380	1223	1413	1287	1710
Gyvsidabris mg/kg	0,046	<0,02	<0,02	<0,02	0,036	0,023	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,005	<0,02

Duomenų grupavimas ir vertinimas. Vandens tyrimams parinktos 24 tyrimų aikštelės. 12 tyrimų aikštelių buvo kaip kontrolė (netręštos džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu) ir 12 tyrimų aikštelių tręštos džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu. Aikštelių grupavimas ir skirstymas atliktas

pagal augusius želdinius ir jų tręšimą. Duomenų grupavimui buvo išskirtos nuo 1 iki 16 tyrimų aikštelės, kur augo hibridinės tuopos ir tręštos vieną kartą, ir nuo 17 iki 24 tyrimų aikštelės, kur augo hibridinės drebulės ir tręštos du kartus. Tirtų elementų vertinimui tyrimų aikštelės buvo sugrupuotos: 1; 4; 6; 8; 10; 12 ;14 ;15 – hibridinės tuopos tręštos granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu, 2; 3; 5; 7; 9; 11; 13; 16 – hibridinės tuopos netręštos granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu (kontrolė) ir 18; 20; 22; 23 – hibridinės drebulės tręštos granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu, 17; 19; 21; 24 – hibridinės drebulės netręštos granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu. Duomenys buvo grupuojami pagal ėminių tręšimą (1.1.1 lentelė) ir kiekvieno elemento vedamas vidurkis. Gauti tyrimų rezultatai vertinami pagal geriamojo vandens higienos norma HN 24:2017 ir pagal LAND 20–2005 patvirtintas naujas vandenų monitoringo taisykles.



1.1.1 pav. Lizimetrų vandens aikštelių įrengimas ir vandens paėmimas

Cheminių analizių metodai vandenyje. Lizimetrų vandens ėminiuose atlikti šie cheminiai tyrimai: pH, biocheminio deguonies nustatymas (ChDS), bichromatinė oksidacijos (BDS_7), ištirpusio vandenyje deguonies, amoniakinio azoto (N-NH4), nitratinio azoto ($N\text{-}NO_3$), nitritinis azoto ($N\text{-}NO_2$), bendro azoto (Nb) koncentracijos nustatymas, fosfatų ($P\text{-}PO_4$) ir bendro fosforo (Pb). Tai pat tirta tarša sunkiaisiais metalais: kadmiu (Cd), švinu (Pb), arsenu (As), chromu (Cr), nikeliu (Ni), variu (Cu), cinku (Zn) ir gyvsidabriu (Hg). Tirta tarša ir organiniais teršalais tai polichlorintais bifenilais (PCB) ir policikliniais aromatiniais angliavandeniliais (PAA). Tyrimams paimtuose lizimetrų vandens ėminiuose cheminės analizės buvo atliktos šiais metodais:

pH (vandenilio potencialas, vandenilio jonų (H^+) koncentracijos tirpale matas, parodantis tirpalo rūgštingumą ar šarmingumą) – nustatome su prietaisu Inolab Multi 720. Prieš pH matavimą prietaisas yra kalibruojamas su standartiniais tirpalais pH 6,86 ir pH 9,18. Po to į stiklinaitę 50 ml įpilame tiriamojo vandens ir elektrodo pagalba matuojamas pH.

BDS_7 – analizuojamas vandens ėminys praskiedžiamas skirtingais kiekiais vandeniu kuris yra prisotintas ištirpusiu deguonimi ir užsėtas aerobiniais mikroorganizmais. Mėginys inkubuojamas termostate proe +20 °C tamsoje 7 paras. Elektrometriniu metodu naudojant oksimetrą išmatuojama ištirpusio deguonies koncentracija prieš ir po inkubacijos.

ChDS – įvertinus vandens kilmę paimame atitinkamą mėginio kiekį į kurį dedame katalizatorių $HgSO_4$ po to 5 ml kalio bichromato ir 15 ml koncentruotos H_2SO_4. Tirpalas verdamas 2 val. naudojant aušinimo sistemą. Atvėsęs titruojamas Moro druskos tirpalu 12 mol/l. Cheminio deguonies suvartojimo kiekis apskaičiuojamas pagal titravimui sunaudotos Moro druskos kiekį.

Ištirpęs vandenyje deguonis – matuojamas elektrometriniu metodu iš karo atvežtuose ėminiuose ir atidarius indą su tyrimams pristatytu mėginiu stengiantis, kad iš aplinkos neprisisotintų papildomai deguonies.

Amoniakinis ($N–NH_4$), nitratinis ($N–NO_3$) ir nitritinis ($N–NO_2$) azotai – tyrimas atliekamas tiesiogiai tiriamajame ėminyje. Paruošimo metodas netaikomas. Prieš matavimą mėginiai yra nufiltruojami ir į mėgintuvėlį įpilama apie 10 ml mėginio po to dedama į aparatą matavimams atlikti. Azoto formų matavimus atliekame naudojant srauto analizės (FIA) spektrometrinį metodą.

Bendras azotas (N_b) – tai organinio, amoniakinio, nitratinio ir nitritinio azoto kiekis vandenyje. Tyrimui imamas 50 ml tirpalo kiekis įpilama 10 ml oksiduojančio tirpalo (kalio peroksodisulfato, boro rūgšties ir natrio šarmo). Taip paruoštas tirpalas termostate mineralizuojamas 1 h. Prie 120 °C. Po mineralizacijos atvėsęs tirpalas suplaunamas į 100 ml kolbutę atskiedžiama distiliuotu vandeniu iki brūkšnio. Bendro azoto koncentracija paruoštame mėginyje matuojama srauto analizės (FIA) spektrometriniu metodu.

Chloridai – nustatytą mėginio kiekį įpilama indikatoriaus (kalio chromato) ir titruojama 0,02 n sidabro nitrato tirpalu iki atitinkamos spalvos. Chloridų kiekis apskaičiuojamas pagal titravimui sunaudotą $AgNO_3$ kiekį.

Fosfatai ($P–PO_4$) – matuojami spektrometriniu metodu. Tyrimui pristatytas ėminys nufiltruojamas ir paimama apie 40 ml tiriamojo ėminio po to dedama amonio molibdatas ir askorbininė rūgštis. Taip paruoštas mėginys dedamas į spektrometrą ir prie 750 nm bangos ilgio atliekamas matavimas.

Bendras fosforas (P_b) – tyrimas atliekamas spektrometriniu metodu. Tiriamojo mėginio imam 40 ml. Priklausomai nuo vandens švarumo imami ir mažesni kiekiai. Toliau vykdoma oksidacija į tiriamąjį tirpalą dedame peroksodisulfato ir verdame apie 30 min. Atvėsę mėginiai neutralizuojami NaOH ir dedame rūgštinį molibdatą bei 10 % askorbininę rūgštį. Matavimas atliekamas naudojant spektrometrą prie bangos ilgio 750 nm.

Sunkieji metalai – paviršiniame vandenyje sunkieji metalai matuojami atominės absorbcijos spektrometrijos metodu. Kadmio, švino ir arseno koncentracijos nustatytos naudojant elektroterminės atominės absorbcijos spektrometrinį metodą, chromo ir nikelio koncentracijos nustatytos naudojant indukuotos plazmos optinės emisijos spektrometrinį metodą ir vario, cinko

koncentracijos nustatytos naudojant liepsnos emisijos spektrometrinį metodą. Tyrimai atliekami tiesiogiai tiriamajame ėminyje prieš tai mėginys nufiltruojamas ir parūgštinamas azoto rūgštimi. Mėginio paruošimas taikomas tik esant drumstam vandeniui su nuosėdomis. Atliekama mineralizacija naudojant druskos rūgštį ir azoto rūgštį santykiu 1:3.

PCB – 1000 ml vandens ekstrahuojama 2 kartus (50 ml ir 30 ml) heksanu po 30 min., paliekam nusistovėti 15 min. Organinis sluoksnis filtruojamas per bevandenį $NaSO_4$ į 100 ml konusinę kolbą. Surinktas ekstraktas išgarinamas, užpilama 1 ml heksano ir analizuojama dujų chromatografijos metodu.

PAA vandenyje: 500ml arba 1000ml vandens ekstrahuojama 2 kartus po 30 ml dichlorometanoliu, filtruojama per bevandenį $NaSO_4$ į 100 ml konusinę kolbą. Surinktas ekstraktas išgarinamas, užpilama 1 ml acetonitrilo ir analizuojama skysčių chromatografijos metodu.

1.2.Melioracijos griovių melioruotų upelių vandens tyrimai

Tyrimų vieta. Melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandens kokybės tyrimai Trakų, Elektrėnų, Švenčionių ir Anykščių savivaldybių rajonuose, nenašiuose ir mažiau žemės ūkiui tinkamuose plotuose.

Ėminių vietų charakteristika. Tyrimų laukai ir vietos iš kurių imti vandens ėminiai pateiktos 6–10 prieduose. Ėminių vietos buvo parenkamos, taip, kad vienas vandens ėminys imamas lauko pradžioje, prieš tręšimą, o kitas lauko pabaigoje, po tręšimo.

Augalai ir jų tręšimas. Laukuose, prie kurių buvo imami vandens ėminiai, buvo apželdinti rumpos rotacijos (iki 20 metų) plantacijomis (*Populus spp*. – hibridinėmis tuopomis ir hibridinėmis drebulėmis ir žilvičiais). Laukai, kuriuose augo trumpos rotacijos želdiniai buvo tręšiami apdorotu nuotekų dumblu norma apskaičiuota taip, kad sunkiųjų metalų koncentracijos numatomame per metus panaudoti apdorotame dumble neviršytų didžiausiojo leidžiamojo sunkiųjų metalų koncentracijos, kuris per metus gali patekti į dirvožemį (LAND 20−2005). Taip pat maksimali tręšimo norma apskaičiuota, kad į dirvožemį nepatektų: azoto – daugiau kaip 170 kg/ha per metus, fosforo − 40 kg/ha arba fosforo (V) oksido (P_2O_5) − 90 kg/ha per metus ir buvo nuo 11 iki 33 t/ha. Lauke paskleistas nuotekų dumblas į dirvožemį įterptas lėkštiniais padargais 0–10 cm gyliu, ir ne vėliau kaip per 2 kalendorines dienas nuo jų paskleidimo

Ėminių paėmimas. Buvo surinkti 44 vandens ėminiai. Vandens ėminio paėmimui buvo naudojamas stiklinė, kuri buvo panardinama į vandenį, o jei prisipildžius pilama į 1,5 l plastikinį butelį. Cheminėms analizėms buvo pripildoma trys po 1,5 l plastikiniai buteliai. Vanduo buvo imamas ne trumpiau 2 valandas, kas kiek laiko atsemiant nedideli kiekį vandens (į kibirą), paskui viskas gerai sumaišoma ir pripildomi indai, o perteklius išpilamas.

Granuliuoto džiovinto nuotekų dumblo įtaka melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandens kokybei buvo vertinama imant vandens ėminius pradžioje (netręštas) ir pabaigoje (tręštas). Vandens ėminiai tyrimams imti praėjus 1 m. 2 m. ir 3 m. po tręšimo nuotekų dumblu.

Siekiant tiksliau įvertinti nuotekų dumblo įtaką buvo pasirinkti skirtingi tręšimo laikotarpiai ir 2021 m. dvi tyrimų aikštelės patręštos biomasės pelenais. Granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu tręšta 2018 ir 2020 m., praėjus vieneriems metams po tręšimo atitinkamai – 2019 ir 2020 m. paimti 4 ėminiai vandens ėminiai. Granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu tręšta 2017, 2019 ir 2021 m., praėjus dviem metams po tręšimo paimti 20 ėminių. 4 ėminiai paimti po tręšimo biomasės pelenais. Granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu tręšta 2016 ir 2020 m., praėjus trims metams po tręšimo atitinkamai – 2019 ir 2023 m. paimti 37 vandens ėminiai (1.2 lentelė).

1.2.1 lentelė. Melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandens ėmimo schema

Ėminiai imti praėjus 1 m. po tręšimo											
Tręšimo data	***2018 m***						***2020 m***				
Ėminių ėmimo data	***2019 m***						***2021 m***				
Netręštas	VG3						VG21				
Tręštas	VG4						VG20				
Ėminiai imti praėjus 2 m. po tręšimo											
Tręšimo data	***2017***	***2019***					***2021***				
Ėminių ėmimo data	***2019***	***2021***					***2023***				
Netręštas	VG 5	VG 7	VG 9	VG 11	VG 13	VG 12	VG 19	VG 3	VG 29	VG 31	VG 39
Tręštas	VG 6	VG 8	VG1 10	VG 12	VG 14	VG15 VG16	VG17 VG18	VG 4	VG 30	VG 32	VG 40
Ėminiai imti praėjus 3 m. po tręšimo											
Tręšimo data	**2016**										
Ėminių ėmimo data	**2019**										
Netręštas	VG1	VG7	VG9	VG11	VG13	VG12	VG19				
Tręštas	VG2	VG8	VG10	VG12	VG14	VG15; VG16	VG17;VG18				
Tręšimo data	***2020***										
Ėminių ėmimo data	***2023***										
Netręštas	VG 1	VG 5	VG 24	VG 28	VG 33	VG 35	VG 38	VG 39	VG 43		
Tręštas	VG 2	VG 6	VG25 VG26	VG 27	VG 34	VG 36	VG 37	VG 40	VG41 VG42 VG44		

Cheminės analizės. Paimtuose ėminiuose atlikti šie cheminiai tyrimai: pH, biocheminio deguonies nustatymas (ChDS), bichromatinės oksidacijos (BDS_7), ištirpusio vandenyje deguonies, amoniakinio azoto (N–NH4), nitratinio azoto ($N–NO_3$), nitritinio azoto ($N–NO_2$), bendro azoto (N_b), fosfatų ($P–PO_4$) ir bendro fosforo (P_b) koncentracijos nustatymas. Cheminių analizių metodai ir jų aprašymas pateiktas 1.1. skyriuje Lizimetrų vanduo.

1.3.Vandens tyrimų monitoringas

Vadovaujantis Lietuvos respublikos aplinkos apsaugos ministro 2001–06–29 d. įsakymu Nr. 349 „Dėl nuotekų dumblo tvarkymo ir panaudojimo reikalavimų patvirtinimo“, Lietuvos

Respublikos aplinkos ministro 2020 m. liepos 3 d. įsakymo Nr. D1–410 redakcija (toliau LAND 20–2005) buvo numatytas nauja tvarka išdėstytas vandens monitoringas, kuris turi būti vykdomas plotuose, kurie tręšiami nuotekų dumblu. Įsakymas įsigaliojo nuo 2021 m. sausio 1 d. Nuo tada plotuose, kurie buvo tręšiami nuotekų dumblu, vandens monitoringas buvo vykdomas pagal naujus patvirtintus reikalavimus.

Tyrimų vieta. Melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandens kokybės tyrimai Švenčionių, Molėtų ir Anykščių savivaldybių rajonuose, nenašiuose ir mažiau žemės ūkiui tinkamuose plotuose.

Ėminių vietų charakteristika. Tyrimų laukai ir vietos iš kurių imti monitoringui vandens ėminiai pateiktos 11–13 prieduose. Ėminių vietos buvo parenkamos, taip kaip nustato LAND 20–2005. Drenažinio vandens monitoringui parenkamos melioracijos sistemos, kurių visas drenažinio vandens surinkimo plotas patenka į vieno dumblo naudotojo naudojamą tręšiamą lauką. Atsižvelgiant į tai kad drenažinio vandens ėminių skaičius turi būti ne mažesnis kaip viena vieta kiekviename 50 ha tais metais tręšiamų laukų plote. Pagal vandens ėminių paėmimo nurodomą plotą Anykščių r. sav. kiekviename lauke buvo imama po 1 vandens ėminį, viso 3 ėminiai, Švenčionių r. sav. viename lauke 2 ėminiai ir Molėtų r. sav. taip pat viename lauke 2 ėminiai.

Augalai ir jų tręšimas. Laukuose, prie kurių buvo imami vandens ėminiai, buvo apželdinti rumpos rotacijos (iki 20 metų) plantacijomis (*Populus spp*. – hibridinėmis tuopomis ir hibridinėmis drebulėmis). Laukai, kuriuose augo trumpos rotacijos želdiniai buvo tręšiami apdorotu nuotekų dumblu norma apskaičiuota taip, kad sunkiųjų metalų koncentracijos numatomame per metus panaudoti apdorotame dumble neviršytų didžiausiojo leidžiamojo sunkiųjų metalų koncentracijos, kuris per metus gali patekti į dirvožemį (Dumblo LAND, 2021). Taip pat maksimali tręšimo norma apskaičiuota, kad į dirvožemį nepatektų: azoto – daugiau kaip 170 kg/ha per metus, fosforo − 40 kg/ha arba fosforo (V) oksido (P_2O_5) − 90 kg/ha per metus ir buvo nuo 11 iki 33 t/ha. Lauke paskleistas nuotekų dumblas į dirvožemį įterptas lėkštiniais padargais 0–10 cm gyliu, ir ne vėliau kaip per 2 kalendorines dienas nuo jų paskleidimo

Ėminių paėmimas. Buvo surinkti 7 vandens ėminiai. Vandens ėminio paėmimui buvo naudojamas stiklinė, kuri buvo panardinama į vandenį, o jei prisipildžius pilama į 1,5 l plastikinį butelį. Buvo analizėm pripildoma trys į 1,5 l plastikiniai buteliai. Vanduo buvo imamas ne trumpiau 2 valandas, kas kiek laiko atsemiant nedideli kiekį vandens (į kibirą), paskui viskas gerai sumaišoma ir pripildomi indai, o perteklius išpilamas.

Granuliuoto džiovinto nuotekų dumblo įtaka melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandens kokybei buvo vertinama imant vandens ėminius praėjus pusmečiui po tręšimo nuotekų dumblu. Poveikio vandeniui įvertinimui, pagal naujus monitoringe nurodomus reikalavimus, pateikiamas 1.3.1 lentelėje.

1.3.1 lentelė. Poveikio drenažiniam vandeniui monitoringo planas

Nustatomi parametrai	Vertinimo kriterijus[1]	Matavimo dažnumas
Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, N_b ir NH_4, P_b	DLK į gamtinę aplinką (Nuotekų tvarkymo reglamentas): Cd ≤ 40 µg/l Cr ≤ 0,5 mg/l Cu ≤ 0,5 mg/l Ni ≤ 200 µg/l Pb ≤ 100 µg/l Zn ≤ 0,4 mg/l Hg ≤ 2 µg/l (Ūkio subjektų aplinkos monitoringo nuostatai): N_b ≤ 15 mg/l NH_4-N ≤ 5 mg/l P_b ≤ 2 mg/l	Vieną arba du kartus per metus. Jei tręšiama iki birželio 15 d., ėminys imamas po tręšimo, bet ne vėliau kaip iki birželio 15 d. Jeigu tręšiama ir po birželio 15 d., kitas ėminys imamas po tręšimo, bet ne vėliau kaip iki lapkričio 15 d.

Pastabos. [1]Teisės aktuose patvirtintos ribinės, siektinos arba kitos norminės vertės, su kuriomis bus lyginami matavimų rezultatai.

Cheminės analizės. Paimtuose ėminiuose atlikti šie cheminiai tyrimai: azoto ($N\text{-}NH_4$), bendro azoto ir bendro fosforo bei sunkiųjų metalų: kadmio (Cd), nikelio (Ni), chromo (Cr), švino (Pb), vario (Cu), cinko (Zn). Tyrimų dažnumas nurodomas 1.3.1 lentelėje. Cheminių analizių metodai ir jų aprašymas pateiktas 1.1. skyriuje Lizimetrų vanduo.

2. TYRIMŲ REZULTATAI

2.1. Lizimetrų vandens tyrimų rezultatai

Nuotekų dumblo, kuriame yra didelės koncentracijos sunkiųjų metalų gali įtakoti metalų kaupimąsi dirvožemyje, kurie taip pat gali migruoti į gilesnius sluoksnis, gruntinius vandenis ir išsiplauti sukeldami aplinkos taršą. Todėl vienas iš pagrindinių veiksnių ribojančių dumblo naudojimą žemės ūkyje – galima tarša. Taip pat didelė problema yra nitratų ir fosfatų išsiplovimas. Jų išplovimas dažnai įtakojamas nesubalansuoto tręšimo ir tai sukelia rimtų problemų požeminiam vandeniui. Todėl trąšų naudojimas, ar nesubalansuotas tręšimas gali užteršti dirvožemį ir vandenį bei neigiamai veikti augalų augimą ir dirvožemio mikroorganizmus. Kitas rodiklis, turintis įtakos prasifiltravusio vandens cheminei sudėčiai, yra pH. Žinoma, kad pH turi įtakos sunkiųjų metalui judrumui.

Atliktais, prasifiltravusio vandens lizimetruose, tyrimais nustatyta, kad pH, tręšiant dirvožemį džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, praktiškai nesikeitė. Vieną kartą tręštuose tyrimų aikštelėse pH nustatytas 6,5, o netręštoje 6,7 (2.1.1 lentelė). Galima teigti, kad tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu pH įtakos neturėjo. Lyginant su geriamojo vandens higienos norma (HN 24:2023), kurioje nurodoma pH vertės ribos yra 6,5–9,5, tai yra vanduo turi būti neutralus arba vidutinio šarmingumo. Lizmetrų vanduo po patręšimo, tiek prieš tręšimą nuotekų dumblu atitiko vertes, nurodomas higienos normoje.

2.1.1 lentelė. Vidutinės cheminių rodiklių koncentracijos lizimetrų vandenyje

Pavadinimas	**Tręšta**		**Netręšta**	
	Tręšta vieną kartą (1–16 lizimetrų vanduo)	Tręšta du kartus (17–24 lizimetrų vanduo)	1–16 lizimetrų vanduo	17–24 lizimetrų vanduo
pH	6,5	6,6	6,6	6,7
Biocheminio deguonies suvartojimo (BDS_7) mg O_2/l	11,6	8,1	10,8	9,5
Bichromatinė oksidacija (ChDs) mg O_2/l	79,4	71,75	70,7	64,4
Amoniakinis azotas ($N–NH_4$) mg/l	0,16	0,11	0,12	0,10
Nitritinis azotas ($N–NO_2$) mg/l	0,10	0,13	0,02	0,07
Nitratinis azotas ($N–NO_3$) mg/l	4,72	10,79	2,49	8,08
Bendras azotas (N_b) mg/l	6,4	11,39	4,1	10,85
Chloridai (Cl) mg/l	13,6	9,4	12,3	8,0
Fosfatai ($P–PO_4$) mg/l	0,05	0,07	0,04	0,05
Bendras fosforas (P_b) mg/l	0,11	0,25	0,12	0,28
Ištirpęs vandenyje deguonis (O_2) mg/l	7,2	7,2	7,3	6,6

Nustatytos chloridų koncentracijos lizimetrų vandenyje, tyrimų aikštelėse, kurios buvo tręšiamos vieną kartą ir netręštos džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, svyravo buvo 13,5 ir 12,3 mg/l, o tyrimų aikštelėse, kurios tręštos du kartus ir netręštos atitinkamai – 9,4 ir 8,0 mg/l (2.1.1 lentelė). Nustatytos chloridų koncentracijos buvo labai mažos lyginant su geriamo vandens higienos norma nurodomoje nurodoma chloridų indikatorine verte – 250 mg/l. Tyrimai rodo, kad tręšimas nuotekų dumblu chloridų koncentracijos pokyčiams įtakos neturėjo ir laiko atžvilgiu chloridų koncentracija mažėjo.

BDS_7, ChDs ir ištirpusio vandenyje deguonies tyrimų analizė rodo šių rodiklių mažėjimą. BDS_7 koncentracija, patręšus nuotekų dumblu vieną kartą, mažai skyrėsi tręštame ir netręštame variante atitinkamai – 11,6 ir 10,8 mg O_2/l, o patręšus du kartus BDS_7 koncentracijos nustatytos mažesnės ir ji didesnė buvo netręštame variante – 9,5 mg O_2/l, nei tręšiant nuotekų dumblu – 8,1 mg O_2/l. Tai rodo, kad tręšimas nuotekų dumblu nedaro įtakos BDS_7 koncentracijai vandenyje. Lyginant nuotekų dumblu tręštuose ir netręštuose variantuose nustatyta, kad ChDs lizimetrų vandenų koncentracija didesnė buvo tręštuose variantuose. Nuotekų dumblu tręšiant vieną kartą ChDs koncentracija nustatyta – 79,4, o du kartus – 70,7 mg O_2/l, tuo tarpu netręštuose variantuose koncentracija buvo atitinkamai – 71,75 ir 64,4 mg O_2/l. Ištirpusio deguonies suvartojimo kiekis, lyginant nuotekų dumblu tręštą variantą su netręštu tyrimai rodo, kad po vienerių metų tręšimo, nustatyta beveik tokia pati koncentracija tręštame ir netręštame variante, atitinkamai – 7,2 ir 7,3 mg/l. Tyrimų aikštelės, kurios buvo tręštos du kartus nuotekų dumblu, netręštame variante ištirpusio deguonies suvartojimo koncentracija nustatyta 0,6 mg/l mažesnė nei tręštame variante (2.1.1 lentelė).

Tyrimais nustatyta, kad BDS_7, ChDs ir ištirpusio vandenyje deguonies koncentracijos, granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu tręštose ir netręštose tyrimų aikštelėse prasifiltravusio vandens koncentracijos mažai skyrėsi. Įvertindami tai, kad BDS_7 – parodo bioecheminio deguonies suvartojimą arba organinių medžiagų kiekį vandenyje, ChDS – parodo cheminio deguonies suvartojimą ir vandens taršą cheminiais organiniais junginiais galime manyti, kad lizimetriniame vandenyje yra daugiau cheminės kilmės organinių medžiagų negu natūralios kilmės.

Azotas gamtoje yra judrus, jį sunku išlaikyti, netgi kai azotas yra pasisavinamas augalų ilgainiui jis gali grįžti į aplinką (Vitousek et al., 2002; Robertson et al., 2009; Smil, 1999). Pagrindinė problema yra azoto perteklius, dėl kurio atsiranda jo nuostoliai ir to pasėkoje aplinkos tarša. Sunku tiksliai panaudoti reikiamą azoto kiekį, kad būtų visiškai patenkinti augalų fiziologiniai poreikiai ir, kad būtų išvengta nuostolių į aplinką (Herrera et al., 2016; Norton and Ouyang, 2019). Dumble esančios maistinių medžiagų, tokių kaip azotas ir fosforas, perteklius gali išsiplauti į gruntinį vandenį, jei augalija jų nesunaudoja. Todėl žemės ūkis yra dažnai jis siejamas su nitratų tarša, dėl ko blogėja vandens ekosistemos (Wakida and Lerner, 2005). Taip pat azoto praradimas iš agroekosistemos dujų pavidalu, tokių kaip amoniakinis azotas ir azoto oksidai,

blogina oro kokybę ir labai prisideda prie klimato kaitos (Zhang, et al., 2011; Fowler et al.,2013). Nuotekų dumble yra apie 60 % bendro azoto organinėje formoje, o likusi dalis apie 40 % mineralinio azoto (Corrêa et al., 2006). Tai reiškia, kad azotas iš nuotekų dumblo atsipalaiduoja palaipsniui. Tačiau nors nėra staigaus jo atsipalaidavimo, kaip iš mineralinių trąšų yra svarbu nustatyti, ar tręšiant granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu vyksta tarša azotu ir jo junginiais.

Lizimetrinio vandens tyrimų analizė parodė, kad tiek tręštuose, tiek netręštuose džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu tyrimų aikštelėse, amoniakinio azoto vandens ėminiuose koncentracija labai panaši. Tręštuose tyrimų aikštelėse vandens ėminiuose nustatytas amoniakinis azotas ($N–NH_4$) vidutiniškai sudarė 0,16–0,12 mg/l, o netręštuose – 0,11–0,10 mg/l (2.1.1 lentelė). Geriamojo vandens higienos normoje (HN 24:2023) amoniakinio azoto ribinė vertė – 0,5 mg/l, atnaujintame LAND 20:2005 vandenų monitoringe – 5 mg/l. Taigi nustatytos amoniakinio azoto koncentracijos buvo 3 ir 31 kartų mažesnės nei nurodoma dokumentuose.

Atliktais lizimetriniuose vandenyse tyrimais nustatyta nitritinio, nitratinio ir bendro azoto padidėjimas vandens ėminiuose, kurių tyrimų aikštelės buvo tręštos. Džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu tręštų aikštelių prasifiltravusiame vandenyje nitritinio azoto nustatyta 0,13–0,10, o netręštuose – 0,07–0,02 mg/l (2.1.1 lentelė). Geriamojo vandens higienos normoje nustatytos ribinės vertės – 0,5 mg/l nitritinio azoto lizimetrų tiriamas vanduo, neviršijo. Nitratinio azoto lizimetriniuose vandenyse koncentracijos labiausiai skyrėsi tręštuose ir netręštuose tyrimų variantuose. Tyrimų aikšteles tręšiant vieną kartą, nitratų vandenyje nustatyta 4,72, o netręštuose dvigubai mažiau – 2,49 mg/l. Nuotekų dumblu tręštuose tyrimų aikštelėse du kartus, nitratų koncentracija vandenyje sudarė 10,79, netręštuose – 8,08 mg/l (2.1.1 lentelė). Iš atliktų tyrimų matyti, kad dumblo panaudojimas tręšimui du kartus didina nitratų koncentraciją vandenyje, tačiau ji apie 5 kartus mažesnė, nei nurodoma HN 24:2023 – 50 mg/l. Nustatyta bendra azoto koncentracija lizimetrų vandenyje atitiko nitratinio azoto tendencijas. Daugiausiai jo nustatyta du kartus tręšus džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu – 11,39 mg/l (2.1.1 lentelė). Bendrojo azoto koncentracija nėra HN 24:2023 reglamentuojama, tačiau LAND 20:2005 vandenų monitoringe ji nurodoma – 15 mg/l ir jos neviršijo.

Fosforas yra būtina augalų mitybai ir jų augimui. Kad būtų užtikrinamas reikiamas jo kiekis augalams naudojamos fosforo trąšos, kurių gamybai naudojami fosfatai. Tačiau dėl pernelyg didelio trąšų, taip pat fosfatų turinčių produktų naudojimo, dirvožemyje susikaupia arba išplauna perteklinis jų kiekis į gruntinius vandenis upes, upelius, tvenkinius ar ežerus. Todėl išsiplovęs perteklinis fosfatų kiekis, prisideda prie aplinkos taršos (Zoboli et al., 2016). Vandens aplinkos tarša fosfatais gali sukelti eutrofikaciją (Seftel et al., 2018). Todėl, tręšiant džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, kuriame yra didelis fosforo kiekis, svarbu nustatyti ar trumpos rotacijos želdiniai spėja jį pasisavinti ir nevyksta šių medžiagų išsiplovimas.

Fosfatų ir bendrojo fosforo koncentracijos skirtumai lizimetrų vandenyje, tarp netręštos ir tręštos nuotekų dumblu aikštelių, nenustatyta. Lyginant tręštą ir netręštą variantą bendrojo fosforo daugiau nustatyta netręštame variante, todėl tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu įtakos

fosforo ir fosfatų išsiplovimui į gruntinius vandenis neturėjo (2.1.1 lentelė). Atnaujintame LAND 20:2005 vandenų monitoringe reglamentuojamos bendrojo fosforo koncentracijos 2 mg/l, neviršijo ir buvo apie 7 kartus mažesnės nei nurodoma.

Naudojant nuotekų dumblą tręšimui, organinių medžiagų irimo metu į dirvožemį gali patekti sunkieji metalai. Taip yra pavojus, kad jie iš dirvožemio gali patekti ir į maisto grandinę, ko pasėkoje ir žmogaus organizmą (Liu et al., 2007). Požeminio ir paviršinio vandens tarša iš dumblo išplautais sunkiaisiais metalais taip pat yra rimta aplinkosauginė problema. Todėl buvo svarbu nustatyti ar naudojant granuliuotą džiovintą nuotekų dumblą yra dėl saugu sunkiųjų metalų išsiplovimo.

Lizimetrų vandenyje nustatyta 7 sunkiųjų metalų koncentracijas: gyvsidabrio (Hg), cinko (Zn), vario (Cu), nikelio (Ni), chromo (Cr), arseno (As), švino (Pb) ir kadmio (Cd). Tačiau tyrimų duomenimis sunkiųjų metalų koncentracijos dažniausiai buvo žemiau nustatymo ribos. Todėl sunkiųjų metalų vertinimui neišskyrėme tyrimų aikštelių, kurios buvo tręštos vieną kartą ir du kartus. Duomenys vertinti bendrai apskaičiuojant vidutines sunkiųjų metalų koncentracijas džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu tręštuose ir netręštuose variantuose.

Vidutinė Cd koncentracija lizimetrų vandenyje, tręštuose džiovinto granuliuotu nuotekų dumblu tyrimų aikštelėse, nustatyta 0,0004, o netręštuose – 0,0006 mg/l. Geriamojo vandens higienos normoje (HN 24:2023) Cd ribinė vertė – 0,005 mg/l, atnaujintame LAND 20:2005 vandenų monitoringe – 0,04 mg/l. Taigi nustatytos Cd koncentracijos buvo 8 ir 67 kartų mažesnės nei nurodoma dokumentuose.

Vidutinė švino koncentracijos lizimetrų vandenyje tręštame ir netręštame variante nustatytos atitinkamai 0,04 ir 0,01 mg/l. Nurodomas švino koncentracijas HN 24:2023 lizimetrų vanduo viršijo, tačiau LAND 20:2005 nurodama švino koncentraciją mūsų tyrimais gauta 2,5 kartus mažesnė.

Arseno koncentracijos nustatytos tik dvejose netręštuose variantuose ir vidutiniškai sudarė 0,009 mg/l. Tręštuose variantuose arseno koncentracijos buvo žemiau nustatymo ribos. Arseno koncentracija nurodoma HN 24:2023 yra 0,01 mg/l, tad mūsų nustatytos As koncentracijos neviršijo nurodomų ribinių verčių.

Chromo koncentracijos buvo nustatytos tik 2 ėminiuose: 1 tręštame variante ir 1 netręštame. Abiejų koncentracijos buvo vienodos ir vidutiniškai sudarė 0,02 mg/l. HN 24:2023 nurodoma Cr koncentracija – 0,025 mg/l, o LAND 20:2005 – 0,5 mg/l. Taigi nustatytos lizimetrų vandenyje Cr koncentracijos neviršijo nurodomų koncentracijų teisės aktuose.

Nikelio, kaip ir chromas, koncentracijos buvo nustatytos tik dvejose ėminiuose. Jo koncentracija vidutiniškai buvo 0,01 mg/l. Lizimetrų vandenyje nustatytos Ni koncentracijos buvo 2 kartus mažesnės nei nurodoma HN 24:2023 ir 20 kartų mažesnės nei nurodoma LAND 20:2005 vandenų monitoringe.

Cu dažniausiai buvo žemiau nustatymo ribos arba jo koncentracija vidutiniškai sudarė 0,02 mg/l. Nurodomą HN 24:2023 vario koncentraciją (0,002 mg/l) lizimetrų tiriamas vanduo viršijo, tačiau už nurodomą LAND 20:2005 buvo 25 kartus mažesnė.

Lizimetrų vandenyje nustatyta didesnė cinko koncentracija lyginant su netręštu variantu, atitinkamai 0,34 ir 0,04 mg/l. Geriamojo vandens HN 24:2023 Zn norma nėra nurodoma, o pagal LAND 20:2005 Zn koncentracija buvo 1,2 kartus mažesnė.

Gyvsidabrio koncentracijos nustatytos didesnės netręštuose variantuose – 0,0002, o tręštuose 0,00008 mg/l. Nurodomą HN 24:2023 0,001 mg/l tręštuose variantuose nustatyta koncentracija buvo didesnė, tačiau nurodomos Hg 0,002 mg/l koncentracijos LAND 20:2005 neviršijo.

Įvertinant tai, kad sunkiųjų metalų dažniausiai didesnės koncentracijos buvo nustatytos ėminiuose, kurie paimti iš lizimetrų įrengtų netręštose džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu tyrimų aikštelių, tai galime teigti, kad tręšimas nuotekų dumblu sunkiųjų metalų koncentracijoms įtakos neturėjo.

Įvairūs toksiški organiniai teršalai, tokie kaip PAA, PCB ir patogeninės bakterijos, esančios nuotekų dumble, taip pat kelia didelių problemų dėl aplinkos taršos (Pepper et al., 2006; Dai et al., 2007). Todėl buvo svarbu nustatyti ar šie teršalai galėjo išsiplauti, tręšiant granuliuotu džiovinto nuotekų dumblo ir tapti tarša gruntiniams vandenims.

Taršos organiniais teršalais polichlorintais bifenilai (PCB) ir policikliniais aromatiniais angliavandeniliais (PAA) lizimetrų vandenyje po tręšimo nuotekų dumblu nenustatyta. Visų vandenų cheminė analizė parodė šių junginių koncentraciją žemiau nustatymo ribos.

Prieš tręšiant nuotekų dumblu būtina žinoti dumblo klasę. Apdoroto dumblo skirstymas į klases atliekama pagal mikrobiologinius-parazitologinius parametrus (2.1.2 lentelė). Tyrimų aikštelės, kur buvo įrengti lizimetrai buvo tręštos A klasės granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu.

2.1.2 lentelė. Apdoroto dumblo skirstymas į klases pagal mikrobiologinius-parazitologinius parametrus

Dumblo klasė	Fekalinė žarnyno lazdelė (*Escherichia coli*), ksv/g	Anaerobinės klostridijos (*Clostridium perfringens*), ksv/g	Helmintų kiaušinėliai ir lervos, vnt./kg	Patogeninės enterobakterijos, ksv/g
A	≤ 1000	≤ 100 000	0	0
B	1001–100 000	100 001–10 000 000	1–100	0
C	> 100 000	>10 000 000	> 100	≥1

Svarbu žinoti kaip mikrobiologiniai-parazitologiniai rodikliai įtakoja gruntinius vandenis, tręšiant dirvožemį granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu, todėl ir prasifiltravusiame lizimetrų vandenyje atlikome mikrobiologinius-parazitologinius tyrimus.

Tyrimais nustatyta, kad *Escherichia coli* lizimetrų vandenyje buvo nuo *<1 iki 2,0* ksv/100 ml, *Clostridium perfringens* nuo neaptikto kiekio iki *76* ksv/100 ml. Skirtingai, nei nurodoma dumblo mikrobiologiniuose–parazitologiniuose tyrimų parametruose, atlikome žarninių enterokokų ir *Salmonella* nustatymą lizimetrų vandenyje. Šie parametrai visuose vandens ėminiuose buvo žemiau nustatymo ribos, o *Salmonella* bakterijų neaptikta.

2.1.3 lentelė. Geriamojo vandens mikrobiologiniai rodikliai

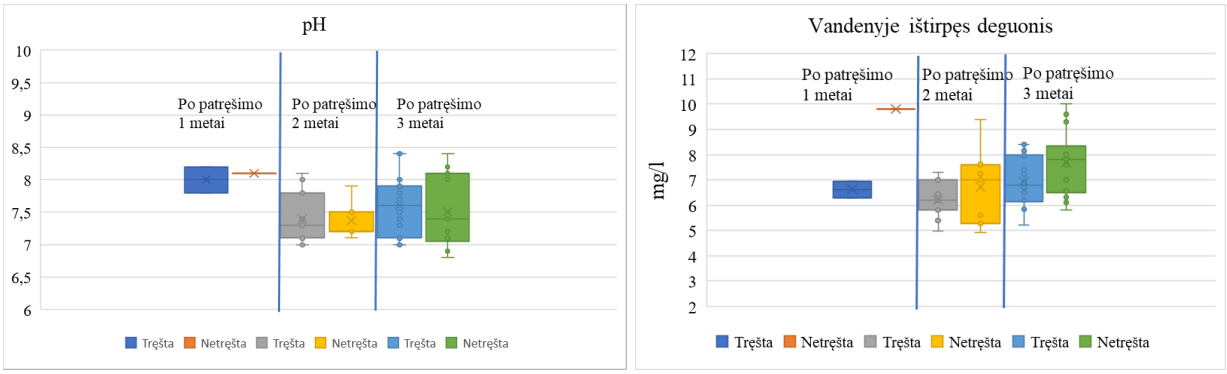
Rodiklio pavadinimas	Rodiklio ribinė vertė	Matavimo vienetas
1. Žarninės lazdelės (*Escherichia coli*)	0/neaptikta	skaičius/100 ml
2. Žarniniai enterokokai	0/neaptikta	skaičius/100 ml

Pagal HN 23:2023 geriamojo vandens mikrobiologinius rodiklius (2.1.3 lentelė) vandenyje neturi būti aptinkama žarninė lazdelė *Escherichia coli* ir žarniniai enterokokai. Žarninių enterekokų nenustatyta nei viename lizimetrų vandens ėmėmyje, nepriklausomai ar buvo tręšiama džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu ar ne. *Escherichia coli* buvo nustatyta tik viename vandens ėminyje, kituose vandens ėminiuose *Escherichia coli* bakterija buvo mažiau už nustatymo ribą. Taigi beveik visi lizimetrų vandenys, pagal mikrobiologinius rodiklius atitiko geriamojo vandens reikalavimus.

2.2. Melioracijos griovių melioruotų upelių vandens tyrimų rezultatai

Sunkiųjų metalų judrumui reikšmingą įtaką turi dirvožemio pH. Todėl svarbu nustatyti koks jis yra, kaip jį įtakoja tręšimas džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, kaip pH kinta ir kokią įtaką tai turi sunkiųjų metalų judrumui.

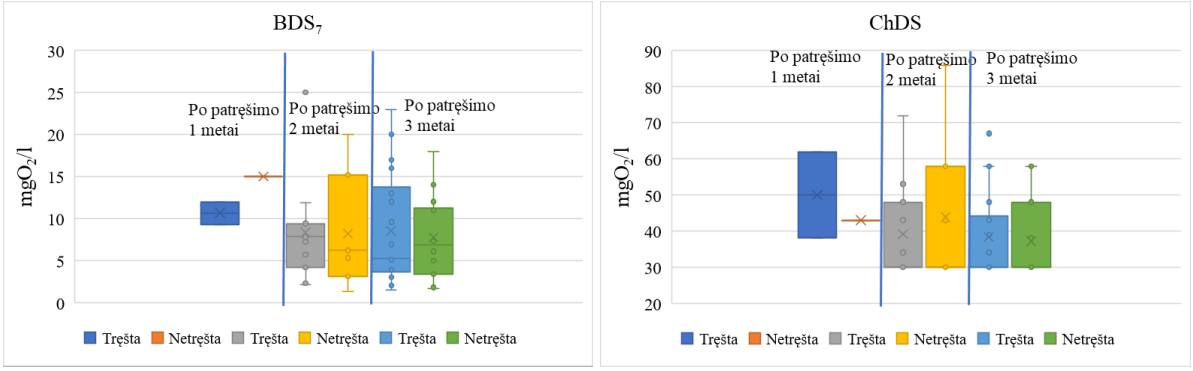
Atlikti melioracijos griovių ir melioruotų upelių pH vandens tyrimai parodė, kad tręšimas nuotekų dumblu ir praėjęs laikotarpis po patręšimo (vieneri, dveji ir treji metai), neturi įtakos vandenio pH. Praėjus vieneriems, dviem ir trims metams po patręšimo granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu, tręštuose ir netręštuose vandens ėminiuose pH beveik nesiskyrė. Skirtumai pH išryškėjo tik tarp metų. Pirmais metais tręštuose ir netręštuose vandens ėminiuose pH buvo 8 ir 8,1, antrais tręštuose ir netręštuose variantuose pH reikšmė buvo ta pati – 7,4, o trečiais atitinkamai – 7,6 ir 7,5 (2.2.1 pav.). Gauti tyrimų rezultatai rodo, kad laiko pH reikšmės artėjimo link rūgštesnės vertės, bet jos nepasiekia melioracijos griovių vanduo po tręšimo nuotekų dumblu yra neutralus arba šarminis.



2.2.1 pav. Vandens pH ir ištirpusio vandenyje deguonies kitimas praėjus vieneriems, dviem ir trims metais po patręšimo džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu

Ištirpusio vandenyje deguonies (O_2) tyrimai parodė, kad praėjus vieneriems metams po tręšimo granuliuotu džiovintu nuotekų koncentracija kito nuo 6,3 iki 7,0 mg/l, praėjus dviem metams nuo 4,9 iki 9,4 mg/l, praėjus trims metams nuo 5,2 iki 8,4 mg/l. Nustatyta, kad po patręšimo praėjus vieniems, dviem ir trims metams, ištirpusio vandenyje deguonies koncentracija buvo panaši. Lyginant vandens ėminių rezultatus, kurie buvo imti prieš tręšimą su po tręšimo pastebėta, ištirpusio deguonies koncentracijos sumažėjimas vandens ėminiuose, kurie imti po patręšimo. Didžiausia koncentracija gauta 10 mg/l vandens ėminiuose, kurie imti prieš tręšimą (2.2.1 pav.). Tai leidžia manyti, kad tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu ištirpusio vandenyje deguonies koncentracijos melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandenyje nedidino.

Analizuojant bichromatinės oksidacijos (ChDS) ir biocheminio deguonies suvartojimo (BDS_7) rezultatus nustatyta, kad praėjus vieneriems metams po tręšimo granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu ChDs reikšmė kinta nuo 38 iki 62 mg O_2/l, o BDS_7 nuo 9,3 iki 12 mg O_2/l, praėjus dviem metams ChDs kito nuo 34 iki 72 mg O_2/l, BDS_7 nuo 2,1 iki 25 mg O_2/l, praėjus trims metams ChDs nuo 34 iki 67 mg O_2/l, BDS_7 nuo 1,5 iki 23 mg O_2/l (2.2.2 pav.). Vandens tyrimuose nustatytas ChDs koncentracija laiko atžvilgiu kito nedideliame intervale ir tarp metų jo koncentracijos buvo panašios. Tačiau BDS_7 koncentracija vandenyje didžiausia nustatyta praėjus vieneriems metams po tręšimo. Praėjus dviem ir trims metams po patręšimo BDS_7 koncentracija vandens ėminiuose nustatyta mažesnė, bet nėra tendencijos, kad vandens ėminiuose imtuose, prieš tręšimą ir po tręšimo, kad BDS_7 koncentracija būtų didesnė. Lyginant vandens ėminius imtus prieš tręšimą ir po tręšimo, pastebėta, kad praėjus 2 metams po tręšimo didžiausia ChDs koncentracija gauta 86 mg O_2/l netręštoje aikštelėje. Tai pat yra tyrimų aikštelių kuriose cheminio deguonies suvartojimas mažesnis už nustatymo ribą (<30 mgO_2/l), o praėjus 3 metams po pakartotinio tręšimo nuotekų dumblu visose tirtose tyrimų aikštelėse ChDs reikšmė gauta mažesnė už nustatymo ribą. Tai leidžia manyti, kad tręšimas nuotekų dumblu šio rodiklio vertės melioracijos griovių vandenyje nedidino.

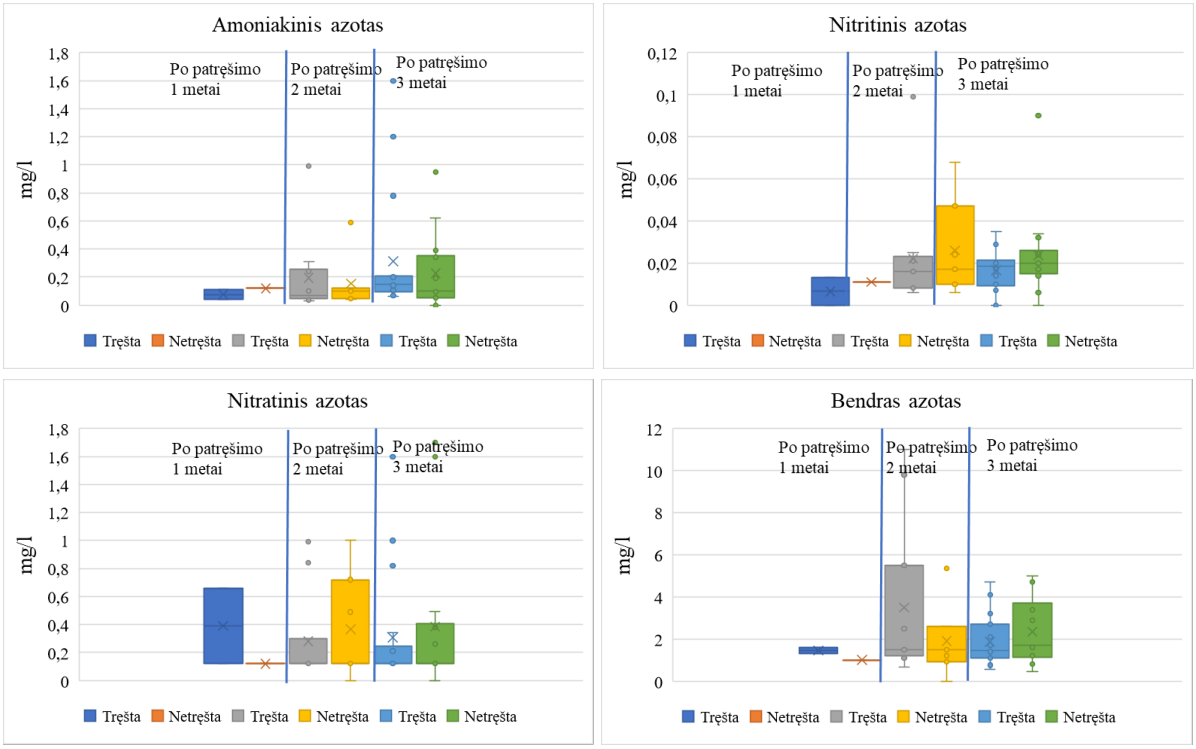


2.2.2 pav. BDS_7 ir ChDS kitimas vandenyje praėjus vieneriems, dviem ir trims metais po patręšimo džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu

Melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandens amoniakinio azoto ($N–NH_4$), nitritinio azoto ($N–NO_2$), nitratinio azoto ($N–NO_3$) ir bendro azoto (N_b) koncentracijos kitimas nuo tręšimo granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu pateiktos 2.2.3 pav.

Atlikti įvairių azoto formų tyrimai vandenyje parodė, kad praėjus vieneriems metams po tręšimo granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu, vandenyje $N–NH_4$ koncentracija po tręšimo ir prieš tręšimą vidutiniškai nustatyta 0,075 ir 0,22 mg/l, praėjus dviem metams – 0,20 ir 0,15 mg/l, o praėjus trims metams atitinkamai – 0,31 ir 0,22 mg/l (2.2.3 pav.). Atlikti įvairių azoto formų tyrimai vandenyje parodė, kad amoniakinis azotas po patręšimo didėja ir trečiais metais jo koncentracija nustatyta didžiausia, tačiau šios nustatytos koncentracijos yra gerokai mažesnės už nurodomas vertes. Nuotekų dumblo LAND 20–2005 nurodytame vandenų monitoringe amoniakinio azoto ribinė vertė nurodyta 5 mg/l, o geriamojo vandens HN 24:2023 – 0,5 mg/l.

Didelės įtakos žmonių sveikatai turi vandenyje esantis nitratinis azotas. Praėjus vieneriems metams po tręšimo nuotekų dumblu $N–NO_3$ vidutiniškai prieš tręšimą ir po tręšimo nustatyta atitinkamai – 0,39 ir 0,12 mg/l, praėjus dviem metams atitinkamai – 0,28 ir 0,38 mg/l, praėjus trims metams – 0,30 iki 0,39 (2.2.3 pav.). Didžiausia nitratinio azoto koncentracija vandenyje nustatyta praėjus trims metams po patręšimo. Tačiau nitratų koncentracijos didėjimui vandenyje įtakos galimai turėjo ne tręšimas granuliuotu džiovintu nuo tekų dumblu, kadangi didesnė jų koncentracija buvo nustatyta vandens ėminyje, kuris dar tik turėjo pratekėti pro tręšiamą lauką. Vandens ėminiuose nustatyta didžiausia nitratų koncentracija buvo net 128 kartus mažesnė už HN 24–2023 nurodomą ribinę vertę (50 mg/l).

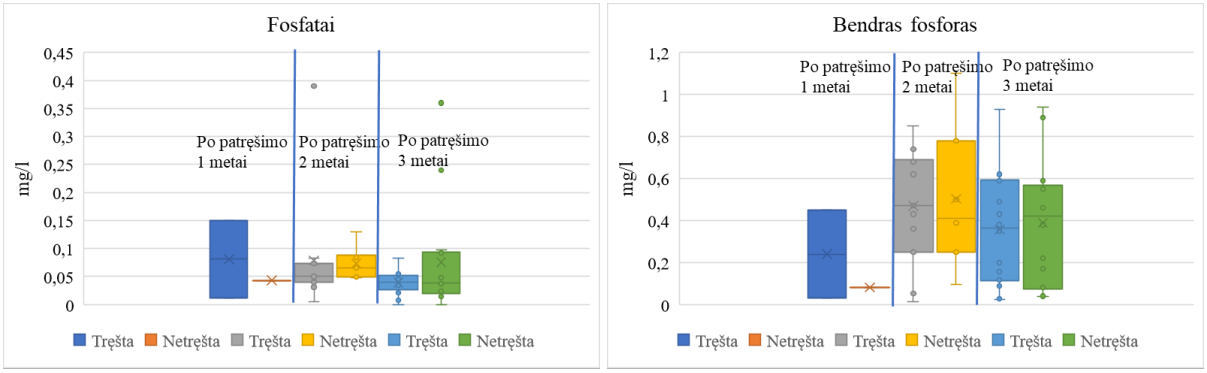


2.2.3 pav. Amoniakinio, nitritinio, nitratinio ir bendro azoto kitimas vandenyje praėjus vieneriems, dviem ir trims metais po patręšimo džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu

Nitritinio azoto vandenyje daugiausiai nustatyta antrais metais. Prieš tręšimą jo vandenyje buvo 0,026, o patręšimo 0,022 mg/l. Trečiais metais jo koncentracija po tręšimo mažėjo ir nustatyta tik 0,012 mg/l (2.2.3 pav.). Galima manyti, kad nitritinio azoto koncentracijai vandenyje tręšimas džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, įtakos neturėjo. Nustatyta nitritinio azoto koncentracija melioruotų griovių ar melioruotuose upelių buvo 19 kartų mažesnė nei nurodoma geriamojo vandens HN 23:2023.

Bendro azoto, kaip ir nitritinio, daugiausiai nustatyta praėjus dviem metams po patręšimo. Prieš tręšimą jo koncentracija nustatyta – 2,2, o po patręšimo 3,5 mg/l. Trečiais metais N_b koncentracija mažėjo, ypač sumažėjusi vandenyje koncentracija nustatyta tręštame variante ir ji sudarė 1,9 mg/l (2.2.3 pav.). Sumažėjusią koncentraciją galėjo įtakoti spartesnė medžiagų mineralizacija ir jų didesnis panaudojimas biomasės augimui. Antrais metais nustatyta N_b didžiausia koncentracija buvo apie 4 kartų mažesnė nei nurodoma LAND 20–2005 vandenų monitoringe.

Taip buvo atlikta bendro fosforo (P_b) ir fosfatų ($P–PO_4$) tyrimai melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandenyje. Šių elementų koncentracijos pokyčiai nuo tręšimo granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu pateikti 2.2.4 pav.



2.2.4 pav. Fosfatų ir bendro fosforo koncentracijos vandenyje praėjus vieneriems, dviem ir trims metais po patręšimo džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu

Fosforas labai reikšmingas augalų mitybai. Tačiau jo perteklius gali tapti taršos šaltiniu. Fosforas dirvožemyje dažnai yra organiškai sujungtas fosfatas, kuris, esant pakankamai aukštam pH tampa augalams prieinamu. Šis fosfatas veikia taip pat greitai, kaip vandenyje tirpios mineralinės fosforo trąšos. Tačiau fosfatai yra judrus ir jų perteklius gali išsiplauti taip sukeldami eutrofikacijos procesus. Atlikus fosfatų tyrimus vandenyje nustatyta, kad didžiausia jų koncentracija buvo praėjus dviem metams po tręšimo. Prieš tręšimą jų koncentracija vandens ėminiuose sudarė 0,073, o po tręšimo – 0,089 mg/l. Praėjus trims metams po tręšimo fosfatų koncentracija tręštame variante sumažėjo dvigubai ir buvo 0,0041 mg/1, netręštame variante nors neženkliai, bet nustatytas didesnis jų kiekis – 0,081 mg/l. Bendro fosforo, kaip ir fosfatų, bendro ir nitritinio azoto, daugiausiai nustatyta praėjus dviem metams po patręšimo. Prieš tręšimą P_b koncentracija nustatyta – 0,50, o po patręšimo 0,47 mg/l. Trečiais metais po tręšimo P_b koncentracija sumažėjo ir taip pat išliko panaši tręštame ir netręštame variante atitinkamai – 0,34 ir 0,39 mg/l (2.2.4 pav.). Net ir antrais metais nustatyta P_b didžiausia koncentraciją, neviršijo LAND 20–2005 reglamentuojamų dydžių ir buvo 4 kartus mažesnė už nurodytas vertes vandenų monitoringe.

Po dviejų metų tręšimo džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu padidėjusi bendro fosforo, fosfatų, bendro ir nitritinio azoto koncentracijos melioruotų griovių ar melioruotuose upelių tirtame vandenyje, rodo, kad sparčiau mineralizavosi organinės trąšos ir daugiau junginių esančių dumble atsipalaidavo ir tapo augalams prieinami. Trečių metų vandens tyrimai rodo, kad taršos šiais junginiais nebuvo, nes kai kur jų koncentracijos buvo mažesnės nei prieš tręšimą. Todėl manoma, kad dumblas buvo trąša biomasei užtikrinanti mitybą ir spartesnį želdinių augimą.

Medienos pelenai yra sudėtingas neorganinių ir organinių junginių mišinys, kurių sudėtis gali labai skirtis. Pelenai daugiausia šalinami sąvartynuose, tačiau tai kelia pavojų dėl elementų išsiplovimo ir jų keliamo taršos pavojaus dirvožemiui bei gruntiniams vandenims. Norint, kad medienos biomasės pelenai būtų naudojami kaip antrinė žaliava, būtina atlikti išplovimo tyrimus, nustatyti, kokių mikroelementų juose yra, o kurie iš jų pelenų šalinimo metu galėtų patekti į aplinką ir ją teršti. Taigi pelenai turi ir teigiamų savybių. Jie gali būti kaip vertinga trąša, turinti

kalcio, kalio ir fosforo. Kaip organinė trąša vertingi tik medžio pelenai. Medžio pelenuose gausiausia kalcio, todėl juos galima prilyginti kalkinei trąšai. Pelenai ne tik didina augalų derlių, bet ir mažina dirvožemio rūgštumą. Todėl atlikome vandens tyrimus lauko, kuris buvo tręšiamas medžio kuro pelenais.

Dirvožemis buvo parinktas durpė, kuri dažniausiai buvo rūgšti. Taigi pelenai buvo naudojami kaip kalkinė priemonė, tačiau buvo svarbu nustatyti medžiagų išsiplovimą ir taršos pavojų. Vandens tyrimai buvo atliekami praėjus dviem metams po patręšimo medžio kuro pelenais.

Iš atliktų tyrimų matome, kad tręšiant medžio kuro pelenais po dviejų metų, vandens ėminiuose, kurie buvo imti po tręšimo, pH nustatytas didžiausias – 7,7. Kiti vandens cheminiai rodikliai iš pelenais tręšto ir netręšto varianto buvo panašus arba žemesni negu granuliuotu nuotekų dumblu tirtuose vandens ėminiuose (2.2.1 lentelė).

2.2.1 lentelė. Vandens ėminiai cheminiai rodikliai tręšimui naudojant medžio kuro pelenus ir granuliuotą džiovintą nuotekų dumblą

Rodikliai	Tręšta medžio kuro pelenais prieš du metus	Tręšta dumblu prieš du metus	Netręšta medžio kuro pelenais	Netręšta dumblu
pH	7,7	7,4	7,4	7,4
BDS 7 mg O_2/l	5,15	8,35	7,10	8,20
Ištirpęs vandenyje deguonis (O_2) mg/l	36,00	39,09	38,00	43,86
Bichromatinė oksidacija mg O_2/l	6,25	6,20	6,70	6,71
Amoniakinis azotas (N–NH_4) mg/l	0,20	0,20	0,28	0,15
Nitritinis azotas (N–NO_2) mg/l	0,03	0,02	0,02	0,03
Nitratinis azotas (N–NO_3) mg/l	0,60	0,28	<0,12	0,43
Bendras azotas (N) mg/l	1,11	3,50	1,60	2,22
Fosfatai (P–PO_4) mg/l	0,04	0,08	0,05	0,07
Bendras fosforas (P_b) mg/l	0,42	0,47	0,47	0,50

Kai tręšimui buvo naudojama medienos kuro pelenai, vandenyje nustatyta didesnė koncentracija nitratinio azoto – 0,60 mg/l, netręštame variante jų buvo mažiau už nustatymo ribą – <0,12 mg/l (2.2.1 lentelė). Nustatytas didžiausias nitratų kiekis geriamojo vandens HN 24:2003 ribinės vertės neviršijo ir buvo 30 kartų mažesnė už leistiną.

2.3.Vandens monitoringo tyrimų rezultatai

Nuotekų dumblo tvarkyme ir panaudojime vis daugiau dėmesio skiriama jo aplinkosauginiams ir ekonominiams aspektams. Natūralaus nuotekų dumblo panaudojimo tikslas – atgauti vertingąsias dumblo medžiagas ir panaudoti kaip organines trąšas. Tačiau be maistingų medžiagų esančių nuotekų dumble yra ir sunkieji metalai, kurie iš nuotekų dumblo ir dirvožemio

gali išsiplauti ir užteršti požeminius ir paviršinius vandenis (Singh and Agrawal, 2007), ko pasėkoje patekti į žmogaus organizmą per dirvožemio – pasėlių – maisto grandinę, taip keldami pavojų žmonių sveikatai. Todėl pagrindinis aspektas, ribojantis galimybę naudoti dumblą kaip trąšą žemės ūkyje, yra sunkieji metalai. Patvirtintame LAND 20–2005 naujai išdėstytoje redakcijoje buvo atnaujintas vandens monitoringas (nuo 2021 m. sausio 1 d.), kuriame numatomi sunkiųjų metalų tyrimai.

Atlikus tyrimus vandenyje, pagal naujus vandens monitoringo reikalavimus, laukuose kurie tręšiami džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, tarša, pagal vertinimus kriterijus nenustatyta. Visų tirtų vandens ėminių sunkieji metalai Cd, Ni ir Cr buvo žemiau nustatymo ribos. Švino, gyvsidabrio ir vario nustatytos koncentracijos viename ėminyje buvo atitinkamai 1,5, 10 ir 17 kartų mažesnė už nurodomas vertes. Cinko koncentracijos nustatytos dvejose vandens ėminiuose. Jos taip pat neviršijo nurodomų verčių ir buvo nuo 3 iki 5 kartų mažesnės (2.3.1 lentelė).

Vertinimo kriterijuose, amoniakinis azotas, bendras azotas ir fosforas buvo gerokai mažesnės koncentracijos, nei nurodoma vertinimo kriterijuose. Vandens ėminiuose atrinkus aukščiausias nustatytas koncentracijas matyti, kad $N–NH_4$, P_b ir N_b buvo atitinkamai 2,6; 2,2 ir 1,3 karto mažesnės nei nurodyti vertinimo kriterijai (2.3.1 lentelė).

2.3.1 lentelė. Poveikio drenažiniam vandeniui tyrimų rezultatai mg/l

Pavadinimas	Vertinimo kriterijus	Tyrimų metai 2023						
		Anykščių r.			Švenčionių r.		Molėtų r.	
		AV1	AV3	AV5	ŠV-1	ŠV-2	BV-2	BV-3
Amoniakinis azotas ($N–NH_4$)	5 mg/l	0,05	0,25	0,36	<0,04	0,054	1,9	0,4
Bendras azotas (N_b)	15 mg/l	12,0	3,00	2,7	2,21	6,17	3,51	2,2
Bendras fosforas (P_b)	2 mg/l	0,016	0,019	0,77	0,86	0,79	0,92	0,83
Kadmis (Cd)	40 µg/l	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Nikelis (Ni)	200 µg/l	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chromas (Cr)	0,5 mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Švinas (Pb)	100 µg/l	0,066	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Varis (Cu)	0,5 mg/l	<0,06		<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Cinkas (Zn)	0,4 mg/l	0,082	0,11	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Gyvsidabris (Hg)	2 µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1

Vandens mėginiuose nustatytas koncentracijas palyginome su HN 24:2023, kuri taikoma geriamajam vandeniui. Atlikta amoniakinio azoto tyrimų duomenų analizė parodė, kad tik BV-2 ėminyje $N–NH_4$ koncentracija 1,9 mg/l viršija geriamojo vandens HN 24:2023 normoje nurodytą 0,5 mg/l ribibė vertę. Bendro azoto ir bendro fosforo koncentracijos HN 24:2023 nėra reglamentuojamos (2.3.1 lentelė).

Sunkieji metalai nuotekų dumble vieni iš griežčiausiai reglamentuojamų elementų, kadangi jie kelia rimtą pavojų paviršiniam vandeniui, požeminiam vandeniui ir kas svarbiausia žmonių sveikatai. Todėl nustatytas sunkiųjų metalų švino vario ir cinko koncentracijas palyginome su geriamojo vandens higienos normoje nurodytomis ribinėmis vertėmis. Tyrimai parodė, kad tik švinas AV1 ėminyje (0,066 mg/l) viršijo nurodomą ribinę vertę (0,005 mg/l) (2.3.1 lentelė). Cinko koncentracijos nėra nurodomos, o vario nustatyta koncentracija ribinių verčių neviršijo.

IŠVADOS (I)

Lizimetrų vandens tyrimais nustatyta:

1. Lizimetruose vandens pH nustatytas 6,5, o granuliuotu nuotekų dumblu netręštose – 6,7. Tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu pH įtakos neturėjo. Nustatytos vertės atitiko geriamojo vandens higienos normoje nurodomą pH (6,5–9,5), ir buvo neutralus. Taigi tręšimas nuotekų dumblu prasifiltravusio vandens nerūgštino.

2. Tyrimais nustatyta, kad BDS_7, ChDs ir ištirpusio vandenyje deguonies koncentracijos, granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu tręštose ir netręštose tyrimų aikštelėse prasifiltravusio vandens koncentracijos mažai skyrėsi.

3. Lizimetrų vandenyje didesnės chloridų koncentracijos nustatytos tręšiant vieną kartą – 13,5 mg/l, o tręšiant du kartus – 9,4 mg/l. Nustatytos koncentracijos buvo labai mažos, lyginant su geriamo vandens higienos norma ribine verte, todėl tręšimas nuotekų dumblu chloridų koncentracijos pokyčiams įtakos neturėjo ir laiko atžvilgiu koncentracija mažėjo.

4. Tyrimais nustatyta, kad tiek tręštuose, tiek netręštuose džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu tyrimų aikštelėse, amoniakinio azoto koncentracija vandens ėminiuose mažai skyrėsi ir buvo 3 ir 31 kartų mažesnės nei nurodoma HN 24:2023 ir LAND 20:2005 dokumentuose.

5. Tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu įtakos turėjo nitritinio, nitratinio ir bendro azoto koncentracijos padidėjimui vandens ėminiuose. Tačiau nustatytų HN 24:2023 ribinių verčių neviršijo. Nitritinio azoto tręštuose tyrimų aikštelėse nustatyta 0,13–0,10 mg/l, o netręštuose 0,02–0,07 mg/l.

6. Nitratinio azoto lizimetrų vandenyne nustatytos didžiausios koncentracijų skirtumai tręštuose ir netręštuose tyrimų variantuose. Tręšiant vieną kartą, nitratų vandenyje nustatyta 4,72, o netręštuose dvigubai mažiau – 2,49 mg/l. Nuotekų dumblu tręšiant du kartus nitratų koncentracija vandenyje sudarė 10,79, netręštame – 8,08 mg/l. Dumblo panaudojimas tręšimui didina nitratų koncentraciją vandenyje, tačiau ji apie 5 kartus mažesnė, nei nurodoma HN 24:2023.

7. Bendro azoto daugiausiai nustatyta du kartus tręšus džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu – 11,39 mg/l. N_b nėra HN 24:2023 reglamentuojama, tačiau LAND 20:2005 vandenų monitoringe ji nurodoma – 15 mg/l ir jos neviršijo.

8. Tręšimas nuotekų dumblu, fosfatų ir bendrojo fosforo koncentracijai lizimetrų vandenyje, įtakos neturėjo. Didesnė bendrojo fosforo koncentracija nustatyta netręštame variante, todėl tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu įtakos fosforo ir fosfatų išsiplovimui į gruntinius vandenis nenustatytas. Bendrojo fosforo koncentracija buvo apie 7 kartus mažesnės nei nurodoma LAND 20:2005.

9. Sunkiaisiais metalais (Cd, Pb, As, Cr, Ni, Cu, Zn) lizimetrų vandenyje, tarša nenustatyta. Dažniausiai didesnė jų koncentracija buvo nustatyta vandens ėminiuose, kurių tyrimų aikštelės

nebuvo netręštose džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu. Galime teigti, kad tręšimas nuotekų dumblu sunkiųjų metalų koncentracijoms įtakos neturėjo.

10. Taršos organiniais teršalais polichlorintais bifenilai (PCB) ir policikliniais aromatiniais angliavandeniliais (PAA) lizimetrų vandenyje po tręšimo nuotekų dumblu ir netręšiant, nenustatyta. Visų tirtų vandens ėminių cheminė analizė parodė šių junginių koncentraciją žemiau nustatymo ribos.

11. Atliktais mikrobiologiniais–parazitologiniais tyrimais lizimetrų vandenyje nustatyta, kad beveik visi lizimetrų vandenys, atitiko geriamojo vandens reikalavimus, todėl tręšiant granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu mikrobiologinė–parazitologinė tarša nenustatyta.

IŠVADOS (II)

Melioracijos griovių melioruotų upelių vandens tyrimų rezultatais nustatyta:

1. Vandens monitoringas buvo atliekamas stebint vandenų kokybę lauko pradžioje įtekantis – prieš tręšimą ir lauko gale ištekantis – po tręšimo praėjus metams, dviem ir trims. Vandens pH skirtumai nustatyti tarp metų. Pirmais metais tręštuose ir netręštuose vandens ėminiuose pH buvo 8 ir 8,1, antrais tręštuose ir netręštuose variantuose pH reikšmė buvo ta pati – 7,4, o trečiais atitinkamai – 7,6 ir 7,5. Rezultatai rodo, kad pH reikšmės artėjo link rūgštesnės vertės, bet jos nepasiekia melioracijos griovių vanduo po tręšimo nuotekų dumblu yra neutralus arba šarminis.
2. Ištirpusio deguonies koncentracijos sumažėjimas nustatytas vandens ėminiuose, kurie imti po patręšimo. Didžiausia koncentracija gauta 10 mg/l vandens ėminiuose, kurie imti prieš tręšimą. Tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu ištirpusio vandenyje deguonies koncentracijai, melioracijos griovių ir melioruotų upelių vandenyje, įtakos nenustatyta.
3. Bichromatinės oksidacijos (ChDS) koncentracija laiko atžvilgiu vandens ėminiuose kito nedideliame intervale, o praėjus trims metams po tręšimo, koncentracijos dažniausiai buvo žemiau nustatymo ribos. Tai leidžia manyti, kad tręšimas nuotekų dumblu šio rodiklio vertės melioracijos griovių vandenyje nedidino. Biocheminio deguonies suvartojimo (BDS_7) koncentracija vandenyje didžiausia nustatyta praėjus vieneriems metams po tręšimo, vėliau BDS_7 koncentracija mažėjo ir nebuvo skirtumo tręštuose ir netręštuose variantuose.
4. Amoniakinio azoto koncentracija po patręšimo didėja ir trečiais metais ji nustatyta didžiausia – 0,31 mg/l, tačiau koncentracijos yra 1,6 ir 16 kartų mažesnės už nurodomas geriamojo vandens HN 24:2023 ir nuotekų dumblo LAND 20–2005 koncentracijas.
5. Didžiausia nitratinio azoto koncentracija vandenyje nustatyta praėjus trims metams po patręšimo – 0,39 mg/l. Nitratų koncentracijos didėjimui vandenyje įtakos galimai turėjo ne tręšimas granuliuotu džiovintu nuotekų dumblu, kadangi didesnė jų koncentracija nustatyta vandens ėminiuose, kurie buvo imami prieš įtekant į lauką, kuris dar tik bus tręšiamas. Nustatyta didesnė nitratų koncentracija buvo net 128 kartus mažesnė už HN 24–2023 nurodomą ribinę vertę (50 mg/l).
6. Nitritinio azoto vandenyje daugiausiai nustatyta antrais metais po patręšimo – 0,022 mg/l. Trečiais metais koncentracija mažėjo ir nustatyta tik 0,012 mg/l. Galima manyti, kad nitritinio azoto koncentracijai vandenyje tręšimas džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, įtakos neturėjo. Nitritinio azoto koncentracija melioruotų griovių ar melioruotuose upelių buvo 19 kartų mažesnė nei nurodoma geriamojo vandens HN 24:2023.
7. Bendro azoto, kaip ir nitritinio, daugiausiai nustatyta praėjus dviem metams po patręšimo – 3,5 mg/l. Trečiais metais N_b koncentracija mažėjo, ypač sumažėjusi vandenyje koncentracija nustatyta tręštame variante ir sudarė tik 1,9 mg/l. Sumažėjusią koncentraciją galėjo įtakoti spartesnė medžiagų mineralizacija ir jų didesnis panaudojimas biomasės augimui.

8. Didžiausia fosfatų ir bendro fosforo (P_b) koncentracija nustatyta praėjus dviem metams po tręšimo atitinkamai – 0,089 ir 0,47 mg/l. Praėjus trims metams po tręšimo fosfatų koncentracija sumažėjo dvigubai ir buvo 0,0041 mg/1, o P_b koncentracija sumažėjo ir buvo panaši tręštame ir netręštame variante atitinkamai – 0,34 ir 0,39 mg/l. Net ir antrais metais nustatyta P_b didžiausia koncentraciją neviršijo LAND 20–2005 reglamentuojamų koncentracijų ir buvo 4 kartus mažesnė už nurodytas vertes vandenų monitoringe.

9. Tręšiant medžio kuro pelenais stebėta vandenų kokybė prieš tręšimą ir po tręšimo praėjus dviem metams prodė, kad vandens ėminiuose, kurie buvo imti po tręšimo, pH nustatytas didžiausias – 7,7. Kiti rodikliai iš pelenais tręšto lauko paimto netręšto ir tręšto vandens ėminio buvo panašus arba žemesni negu granuliuotu nuotekų dumblu tirtuose vandens ėminiuose. Didesnė koncentracija nustatyta tik nitratinio azoto – 0,60 mg/l, tačiau didžiausias nitratų kiekis geriamojo vandens HN 24:2003 ribinės vertės neviršijo ir buvo 30 kartų mažesnė už leistiną.

IŠVADOS (III)

Vandens monitoringo tyrimų rezultatais nustatyta:

1. Atlikus tyrimus vandenyje, pagal naujus vandens monitoringo reikalavimus, laukuose kurie tręšiami džiovintu granuliuotu nuotekų dumblu, tarša, pagal vertinimus kriterijus nenustatyta.
2. Sunkieji metalai Cd, Ni ir Cr buvo žemiau nustatymo ribos. Švino, cinko, gyvsidabrio ir vario nustatytos koncentracijos buvo atitinkamai 1,5, 5, 10 ir 17 kartų mažesnė už nustatytus vertinimus kriterijus.
3. Amoniakinis azotas, bendras azotas ir fosforas buvo gerokai mažesnės koncentracijos, nei nurodoma vertinimo kriterijuose. Vandens ėminiuose atrinkus aukščiausias nustatytas koncentracijas nustatyta, kad $N–NH_4$, P_b ir N_b buvo atitinkamai 2,6; 2,2 ir 1,3 karto mažesnės nei nurodyti vertinimo kriterijai.

REKOMENDACIJOS

Nuotekų dumblo naudojimas, kaip trąšų žemės ūkyje, yra susijęs su aplinkos problemomis dėl įvairių, dažnai nepageidaujamų medžiagų, esančių nuotekų dumble. Kadangi tokios medžiagos, kaip sunkieji metalai, organiniai junginiai ir patogenai, esantys dumble, gali būti pašalinti išsiplovimo proceso metu ir tapti aplinkos tarša ar patekti į maisto grandinę ir kelti grėsmę žmonių sveikatai. Tam įtakos turi panaudotų organinių trąšų kiekis, pH ir kiti dirvožemyje vykstantis procesai skatinantys medžiagų judrumą ir jų išsiplovimą.

Panaudojant džiovinto granuliuoto nuotekų dumblo nuo 11 iki 33 t ha^{-1} hibridinių tuopų ir drebulių augimui buvo suteikia būtinų maistinių medžiagų jų augimui, o stebėta vandens tarša, dėl maistinių ir kenksmingų medžiagų išsiplovimo, nenustatyta. Lietuvoje galiojančiuose teisės aktuose, pradėjus vykdyti projektą, nebuvo reglamentuojama vandenų tyrimai žemės ūkyje naudojant tręšimui nuotekų dumbą. Jei naudojant mėšlą ir srutas numatoma vandenyje tirti N_b, NO_2, NO_3, NH_4, P_b ir PO_4, tai naudojant nuotekų dumblą nebuvo aišku dėl vandens tyrimų. Vykdant vandens monitoringą, teisės aktuose nurodoma, nesant melioracijos sistemoms, reikia atlikti gruntinio vandens monitoringą, kuris atliekamas taršių objektų įrengimo atveju (gamyklų, degalinių ir pan. statybos atveju), t. y. įsirengti gręžinius gruntinio vandens monitoringui. Finansiškai, tai yra labai brangus ir perteklinis reikalavimas.

Kai šalia nuotekų dumblu tręšiamo lauko nėra melioracijos sistemų, vandenų taršos stebėjimui rekomenduojame įrengti lizimetrus. Atlikus vandens kokybės tyrimus matome, kad gruntinių vandenų taršos kontrolei pilnai užtenka įrengtų lizimetrus, kurie užtikrina vandenų kokybės ir medžiagų išsiplovimo stebėjimą. Lizimetrą rekomenduojame įrengti 60 cm dirvožemio gylyje, 1 lizimetras 50 ha laukui.

Nuo 2022 metų pagal LAND 20–2005 patvirtintą naują vandenų monitoringą yra reikalaujama atlikti sunkiųjų metalų tyrimus vandenyje. Iš tyrimų rezultatų nustatyta, kad atliekant vandens tyrimus lizimetrų vandenyje ir melioruotuose grioviuose ar upeliuose, sunkiųjų metalų koncentracijos dažniausiai buvo žemiau nustatymo ribos t.y. daug kartų mažesnės nei reglamentuoja teisės aktai. Todėl rekomenduotume praplečiant cheminių analizių tyrimus juos nustatyti vadovaujantis mėšlu ir srutomis tręšiamų laukų stebėjimui nurodomais parametrais vandenų monitoringe, atsisakant perteklinių sunkiųjų metalų monitoringo tyrimų vandenyje.

Vykdant vandens monitoringą, tręšiamų nuotekų dumblu laukuose, rekomenduotume nustatyti šiuos cheminius rodiklius: pH, bendro azoto (N_b,), nitritinio azoto (NO_2,), nitratinio azoto (NO_3), amoniakinio azoto (NH_4), bendro fosforo (P_b) ir fosfatų (PO_4).

Kad apsaugoti gruntinius vandenis nuo galimos taršos tręšiant nuotekų dumblu rekomenduojame atsižvelgti į jame esančių maisto medžiagų – azoto, fosforo ir sunkiųjų metalų koncentracijas. Todėl siekiant nenusižengti gamtosauginiams reikalavimams, rekomenduojama prieš naudojant nuotekų dumblą tręšimui įvertinti dirvožemio ir nuotekų dumblo maistines medžiagas bei sunkiųjų metalų koncentracijas, taip pat auginamų augalų rūšis, kad nekiltų pavojus dėl aplinkos ir vandenų taršos.

LITERATŪRA

1. Cesar R., Silva M., Colonese J., Bidone E., Egler S., Castilhos Z. and Polivanov H. (2012) Influence of the properties of tropical soils in the toxicity and bioavailability of heavy metals in sewage sludge-amended lands. Environmental Earth Science 66: 2281–2292.
2. Clarke R., Peyton D., Healy M. G., Fenton O., Cummins E. A. (2016). A quantitative risk assessment for metals in surface water following the application of biosolids to grassland. *Sci. Total Environ.*, *566–567*, 102–112.
3. Corrêa R. S, White R. E, Weatherley A. J. (2006). Effect of compost treatment of sewage sludge on nitrogen behavior in two soils. Waste Management.26(6):614–619.
4. Dai J., Xu M., Chen J., Yang X., & Ke Z. (2006). PCDD/F, PAH and heavy metals in the sewage sludge from six wastewater treatment plants in Beijing China. *Chemosphere*, *66* (2), 353–361.
5. European Commission; DG Environment. *Final Report Part III: Project Interim Reports In Environmental, Economic and Social Impacts of the Use of Sewage Sludge on Land*; Milieu Ltd.: Brussels, Belgium, 2010.
6. Fowler D., Coyle M., Skiba U., Sutton M. A., Cape J. N., Reis S., et al. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty–first century. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 368 (1621): 2013 01 64.
7. Herrera J. M., Rubio G., Häner L. L., Delgado J. A., Lucho-Constantino C. A., Islas-Valdez S., et al. (2016). Emerging and established technologies to increase nitrogen use efficiency of cereals. Agronomy. 6 (2): 25
8. Keller C., Mcgrath S. P. and Dunham S .J. (2002). Trace metal leaching through a soil grassland system after sewage sludge application. Journal of Environmental Quality 31: 1550-1560.
9. Klimašauskas M. „Požeminio vandens kokybės analizė skirtingose Lietuvos agroekologinėse zonose" LŽŪ, 2009 m. 66 p.
10. Kominko H., Gorazda K. and Wzorek Z. (2017). The possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. Waste and Biomass Valorization 8 (5): 1781–1791
11. Lehmann J. and Chroth G. S. (2003) Chapter 7. Nutrient leaching. In; Schroth G. and Sinclair F. L. Trees, crops and soil fertility, Oxfordshire, United Kingdom: CAB International, p. 151–166.
12. Lietuvos respublikos aplinkos ministro įsakymas dėl Lietuvos respublikos aplinkos ministro 2001 m. birželio 29 d. įsakymo Nr. 349 „Dėl normatyvinio dokumento LAND 20-2005 „Nuotekų dumblo naudojimo trešimui bei rekultivavimui reikalavimai" patvirtinimo" pakeitimo 2020 m. liepos 3 d. Nr. D1-410 Vilnius.
13. Lietuvos respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas dėl Lietuvos respublikos sveikatos apsaugos ministro 2003 m. liepos 23 d. įsakymo Nr. V–455 „Dėl Lietuvos higienos

normos HN 24:2017 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ patvirtinimo“ pakeitimo 2023 m. sausio 31 d. Nr. V–141.

14. Liu Y., Zhou M., Zeng G., Li X., Xu W., & Fan T. (2007). Effect of solids concentration on removal of heavy metals from mine tailings via bioleaching. *Journal of Hazardous Materials*, *141*(1), 202–208.

15. Norton J., Ouyang Y. (2019). Controls and adaptive management of nitrification in agricultural soils. Frontiers in Microbiology. 10:1931.

16. Pepper I. L., Brooks J. P., & Gerba C. P. (2005). Pathogens in Biosolids. *Advances in Agronomy*, *90*, 1–41.

17. Robertson G. P., Vitousek P. M. (2009). Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource. Annual Review of Environment and Resources.34 (1). P. 97–125.

18. Singh R., & Agrawal M. (2007). Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*, *28*(2), 347–358.

19. Seftel M. E., Ciocarlan R. G., Michielsen B., Meynen V., Mullens S., and Cool P. (2018). “Insights into phosphate adsorption behavior on structurally modified ZnAl layered double hydroxides,” *Applied Clay Science*. Vol. 165. P. 234–246.

20. Smil V. (1999). Nitrogen in crop production: An account of global flows. Global Biogeochemical Cycles.13 (2). P.647–662

21. Torri S. I., Cabrera M. N. 2017. The environmental impact of biosolids’ land application. In *Organic Waste: Management Strategies, Environmental Impact and Emerging Regulations*; Nova Science Publishers: New York, NY, US.

22. Vettorazzo S. C., Amaral F. C. S., and Chitolina J. C. (2001) Nutrient leaching potential following application of papermill lime-sludge to an acidic clay soil. Revista Brasileira de Ciência do Solo 25(3): 755–763.

23. Vitousek P. M. , Hättenschwiler S., Olander L., Allison S. (2002) .Nitrogen and nature. AMBIO: A Journal of the Human Environment. 31 (2). P. 97–101

24. Wakida F. T, Lerner D. N. (2005). Non-agricultural sources of groundwater nitrate: A review and case study. Water Research. 39(1) P. 3–16.

25. Wu C., Li W., Wang K. and Li Y. (2015) Usage of pumice as bulking agent in sewage sludge composting. Bioresource Technology 190: 516–21.

26. Zhang Y., Liu J., Mu Y., Pei S., Lun X., Chai F. (2011). Emissions of nitrous oxide, nitrogen oxides and ammonia from a maize field in the North China plain. Atmospheric Environment. 45 (17). P. 2956–2961

27. Zoboli O., Zessner M., and Rechberger H. (2016).“Supporting phosphorus management in Austria: potential, priorities and limitations,” *Sci Total Environ*. Vol. 565, P. 313–323,

PRIEDAI