

Lietaus nuotekų apvalymo efektyvumo tyrimai pratekančiuose tvenkinėliuose

Stefanija Misevičienė

Aleksandro Stulginskio universitetas

Dėl didėjančių urbanizuotų teritorijų plotų, didėja ir paviršinių nuotekų kiekiai. Lietaus nuotekos telkiasi žemės paviršiuje, ant pastatų stogų, iškritus krituliams bei tirpstant sniegui. Šios nuotekos būna daugiau ar mažiau užterštos atmosferinėmis ir mineralinėmis medžiagomis, ištirpusiomis vandenyje. Pagrindiniai rodikliai, apibūdinantys paviršinių nuotekų užterštumą, yra skendinčiųjų medžiagų, BDS₇ bei naftos produktų koncentracijos. Tyrimai parodė, kad skendinčiosios medžiagos, formuodamos nuosėdas paviršiniuose telkiniuose, daro bene didžiausią įtaką vandens kokybei.

Straipsnyje pateikiami 2004 – 2015 m. mėsos perdirbimo įmonės gamybinėje teritorijoje susiformuojančių paviršinių nuotekų apvalymo efektyvumo pratekančiuose tvenkinėliuose tyrimai. Nustatyta, kad skendinčiųjų medžiagų, BDS₇ bei naftos angliavandenių apvalymo efektyvumas buvo atitinkamai 60, 64 ir 91%. Į gamtinę aplinką išleidžiamose išvalytose nuotekose vidutinės šių elementų koncentracijos siekė 11,5, 7,5 ir 0,2 mg l⁻¹ ir buvo atitinkamai 4,4, 7,7 ir 25 kartus mažesnė už DLK, todėl poveikio gamtinei aplinkai nedarė.

Koncentracijos, lietaus nuotekos, pratekantys tvenkinėliai, valymo efektyvumas

Įvadas

Paviršinių nuotekų tvarkymas išlieka aktualus, nes su jomis į aplinką iš stacionarių taršos šaltinių patenka įvairių teršalų. Didėjant urbanizuotų teritorijų plotams, didėja ir surenkamų paviršinių nuotekų kiekiai. Dauguma paviršinių miestų nuotekų išleidžiamos nevalytos, daug nuotekų į paviršinius vandens telkinius patenka iš išsklaidytų taršos šaltinių. Augant automobilių srautui, intensyvėjant statyboms, vykdant kelių priežiūrą, didėja paviršinių nuotekų užterštumas (Göbel et al. 2006; Paul, Meyer 2008; Jang et al. 2010; Rentz et al. 2011). Vertinant laikotarpį nuo 2004 m. pagrindinių teršalų smarkiai sumažėjo: BDS₇ sumažėjo 55,5%, skendinčiųjų medžiagų – 30,7%, bendrojo azoto – 38,5%, bendrojo fosforo – 61,5%, naftos ir jos produktų – 51,4%. Lemiamą reikšmę išleidžiamų teršalų kiekio mažėjimui turėjo efektyvesnis nuotekų valymo įrenginių išvalymas (Aplinkos būklė..., 2015).

Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis 2013 m. į paviršinius vandens telkinius išleista apie išleista 52,9 mln. m³ paviršinių (lietaus nuotakyno) nuotekų. Paviršinės nuotekos nuo teritorijų, kuriose nėra taršos vandens aplinkai kenksmingomis medžiagomis šaltinių – parkų, pėsčiųjų zonų, vejų, žaidimų aikštelių ir kt. – išleidžiamos į vandens telkinius nevalytos. Tokios nuotekos 2013 m. sudarė 87,5% visų paviršinių nuotekų. Dažniausiai valomos paviršinės nuotekos nuo pramoninių įmonių, atliekų tvarkymo objektų, degalinių teritorijų. Valytų nuotekų dalis 12,5% visų paviršinių nuotekų. Iš jų iki normų išvalyta 89,4% nuotekų, nepakankamai išvalytų išleista 10,6% (Aplinkos būklė..., 2015).

Blogiausia vandens kokybė yra netoli taršos šaltinių. Kadangi tokiose vietose gali būti sunku greitai pasiekti leistinas ribas, joms numatomas ilgesnis pereinamasis laikotarpis – vanduo netoli taršos šaltinių turės atitikti direktyvos reikalavimus iki 2018 m. Tuo tarpu iki 2025 m. turės būti nutrauktas bet koks tiesioginis teršalų išmetimas į paviršinius vandenis.

Siekiant apsaugoti gamtinę aplinką nuo taršos, 2007 m. balandžio 2 d. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro priimtaime paviršinių nuotekų tvarkymo reglamente nustatyti aplinkosaugos reikalavimai paviršinių nuotekų surinkimui, valymui ir išleidimui. Šio Reglamento nuostatos taikomos visiems asmenims, valdantiems teritorijas, ant kurių susidaro arba gali susidaryti paviršinės

nuotekos, rengiantiems tokių teritorijų planavimo dokumentus, statybos projektus, projektuojantiems paviršinių nuotekų tvarkymo sistemas, planuojantiems išleisti arba išleidžiantiems paviršines nuotekas į aplinką arba kitiems asmenims priklausančias nuotekų tvarkymo sistemas, taip pat institucijoms, reguliuojančioms ir kontroliuojančioms paviršinių nuotekų tvarkymą.

Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamente nurodomos ne tik svarbiausių teršiančių medžiagų, bet ir kitų kenksmingų aplinkai medžiagų koncentracijos. Pagal jį nuo įmonės gamybinės teritorijos surinktą paviršinių vandenį į gamtinę aplinką galima išleisti tik tada, kai jo momentinės ir vidutinės metinės didžiausios leidžiamos koncentracijos atitinkamai yra tokios: skendinčiųjų medžiagų 50 ir 30 mg l⁻¹, BDS₇ – 57,5 ir 28,75 mg O₂ l⁻¹, naftos angliavandenių – 7 ir 5 mg l⁻¹ (Paviršinių..., 2007).

Paviršinių nuotekų tvarkymo stebėseną yra atliekama 2004 m. kovo mėnesį pradėjusioje dirbti Kėdainių r. Mantvilonių kaime didžiausioje Lietuvoje šiuolaikinėje mėsos perdirbimo įmonėje su universalia kiaulių ir galvijų skerdykla AB Krekenavos agrofirma. Gamybiniai pajėgumai leidžia paskersti 100 kiaulių bei 30 galvijų per valandą ir pagaminti 40 tonų mėsos gaminių per pamainą.

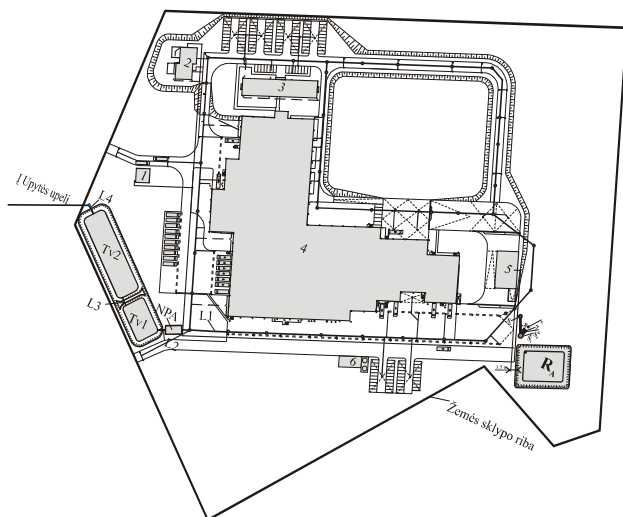
Įmonėje gamybinės ir buitinės nuotekos tiekiamos į Kėdainių miesto valymo įrenginius, o nuo gamybinės teritorijos paviršinės nuotekos kanalizacijos tinklais surenkamos ir valomos biologinio valymo tvenkinėliuose.

Gyvulių atvežimui naudojamos techniškai tvarkingos mašinos, iš kurių naftos produktų patekimas įmanomas tik avarijos atveju, o gamybinė teritorija yra tvarkinga: žiemos metu nuo asfaltuotos dangos valomas sniegas, pavasarį – nušluojamas smėlis.

Darbo tikslas – nustatyti paviršinių nuotekų apvalymo efektyvumą biologinio valymo tvenkinėliuose.

Tyrimų metodika

Įmonės gamybinę teritoriją iš šiaurės ir vakarų riboja keliai, iš rytų ir pietų – dirbamos žemės plotai. Gamybinės teritorijos, užimančios 10,6 ha plotą, pastatų ir komunikacijų išdėstymo joje schema pateikta 1 paveiksle.



1 pav. AB Krekenavos agrofirmos teritorijos schema: L1 – L4 – lietaus vandens tinklas, TV1 – TV2 – tvenkiniai, NPA – naftos-purvo atskirtuvas
Fig. 1. Territory plan of plc „Krekenavos agrofirma“: L1...L4 – surface (rain) water network, TV1...TV2 – biological ponds; OST – oil sludge trap

Nuo įmonės teritorijos surenkamos paviršinės nuotekos uždarais kolektoriais nuleidžiamos į valymo įrenginius. Valymo įrenginiai yra sudaryti iš naftos purvo gaudyklės ir dviejų pakopų biologinio valymo tvenkinio. Naftos purvo teršalų gaudyklės naudingasis tūris – 158 m³, biologinio tvenkinio – 1500 m³. Pastarasis yra dviejų lygių – 1/3

tvenkinio (nuotekų įtekėjimo zonoje) yra 1,8 m gylio ir naudojama dulkėms bei smėliui nusodinti, 2/3 tvenkinio yra tik 0,7 m gylio ir užsodinta vandens augalais (švendrais).

Vandens analizės atliko ASU Vandens išteklių inžinerijos instituto Cheminių analitinė laboratorija. Bandiniuose skendinčios medžiagos nustatomos košimo pro stiklo pluošto koštuvą (LAND 46-2007), BDS₇ – apskaičiuojamas deguonies kiekio skirtumas po 7 parų inkubacijos (LAND 47-2007), naftos produktai – infraraudonųjų spindulių spektrofotometriju (LAND 61-2003) su IKAN-1 buvo atliekami LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje.

Rezultatai ir aptarimas

Lietingiausi metai buvo 2009, 2012 ir 2010 m., kai kritulių iškrito atitinkamai 123, 122 ir 122 % standartinės klimato normos. Mažiausia kritulių iškrito 2005, 2006 ir 2015 m., atitinkamai 79, 80 ir 82 % standartinės klimato normos (SKN). 2004, 2008, 2011, 2013 bei 2014 m. kritulių kiekis beveik atitiko normą ir sudarė atitinkamai 94, 97, 97, 91 ir 95 % SKN. Visą tiriamąjį laikotarpį vidutinė oro temperatūra buvo didesnė už SKN, išskyrus 2010 m., kai ji atitiko SKN ir buvo 6,2 °C. Šilčiausi metai buvo 2008 ir 2015, nes vidutinė paros oro temperatūra buvo 2,3 °C didesnė už SKN (1 lentelė).

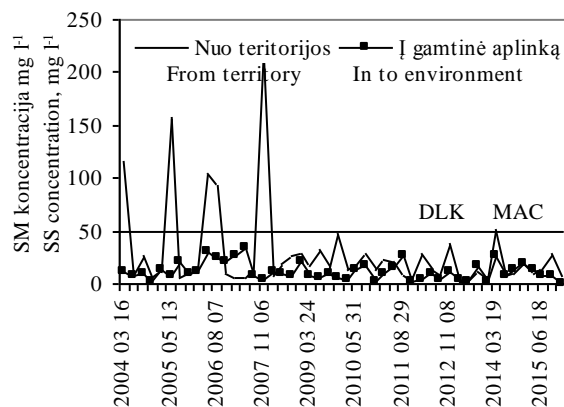
1 lentelė. Tiriamojo laikotarpio meteorologinės sąlygos
Table 1. Meteorological conditions during the research period

Rodikliai Indices	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Krituliai mm Precipitation, mm	556	468	469	668	574	726	722	574	723	538	560	485
% nuo SKN % of the climate standard	94	79	80	113	97	123	122	97	122	91	95	82
Vidutinė oro temperatūra °C Average air temperature, °C	7,1	6,7	7,7	8,0	8,5	7,1	6,2	7,8	6,7	7,5	7,9	8,5
Nuokrypis nuo SKN Deviation from the climate standard, °C	+0,8	+0,5	+1,5	+1,8	+2,3	+0,9	0	+1,6	+0,5	+1,3	+1,7	+2,3

Pagrindiniai rodikliai, apibūdinantys paviršinių nuotekų taršą, yra skendinčių medžiagų, BDS₇ ir naftos produktų koncentracijos. Kaip teigia Li et al. (2014) skendinčios medžiagos, formuodamos nuosėdas paviršiniuose vandenyse, daro didžiausią įtaką vandens kokybei. Dalis skendinčių medžiagų, sumažėjęs nuotekų tėkmės greičiui, nusėda. Tiriamuoju laikotarpiu dažniausiai didesnės skendinčių medžiagų koncentracijų reikšmės buvo nustatytos po intensyvesnio lietaus, kuris nuplovė jas nuo įmonės teritorijos. Iš 2 pav. matyti, kad šių medžiagų momentinės koncentracijos didesnės negu didžiausios leistinos koncentracijos (DLK) būna atitekėjusios nuo įmonės gamybinės teritorijos ir svyruoja nuo 68 iki 220 mg l⁻¹.

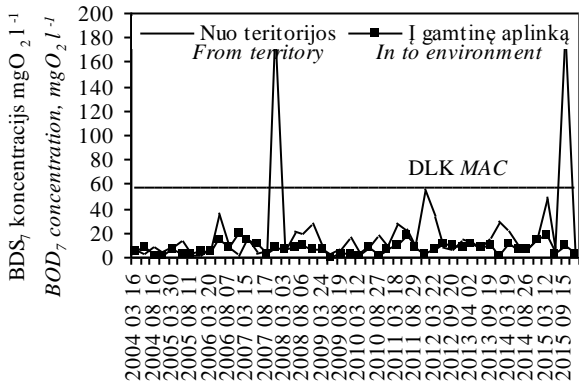
Nuotekoms praėjus visas valymo pakopas, skendinčių medžiagų kiekis sumažėjo ir pagal jau minėtą reglamentą šių medžiagų vidutinė metinė koncentracija į gamtinę

aplinką su paviršinėmis nuotekomis išleista 11,5 mg l⁻¹ ir buvo ne didesnė negu 30 mg l⁻¹.



2 pav. Skendinčių medžiagų kaita paviršiniame vandenyje
Fig. 2. Fluctuations of suspended solids in surface water

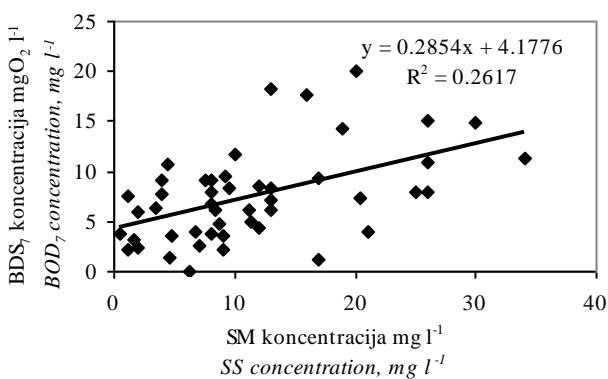
Kuo BDS₇ koncentracijos nuotekose yra didesnės, tuo nuotekos yra labiau užterštos organinėmis medžiagomis. Tiriamauoju laikotarpiu nuo įmonės teritorijos nutekėjusios paviršinės nuotekos šiuo požiūriu tik 2 kartus turėjo didelį užterštumą: 2007 m. lapkričio 6 d. bei 2015 m. rugsėjo 15 d., kai šių medžiagų koncentracijos nustatytos atitinkamai 187 ir 185,6 mg l⁻¹ (3 pav.).



3 pav. BDS₇ koncentracijų kaita paviršiniame vandenyje
Fig. 3. Fluctuations of BOD₇ in surface water

Tam įtakos turėjo po ilgesnio sauso laikotarpio iškritęs didesnis kritulių kiekis, kuris padidino skendinčiųjų medžiagų kiekį, kurios nuotekose padidino organinių medžiagų kiekį. Paviršinės lietaus nuotekos praėjusios visas valymo pakopas nuo organinės taršos buvo išvalytos, nes į gamtinę aplinką išleidžiamose nuotekose organinės taršos nenustatyta, kadangi net didžiausios koncentracijos buvo 3,8 – 4,1 karto mažesnės už didžiausią leidžiamą momentinę BDS₇ koncentraciją.

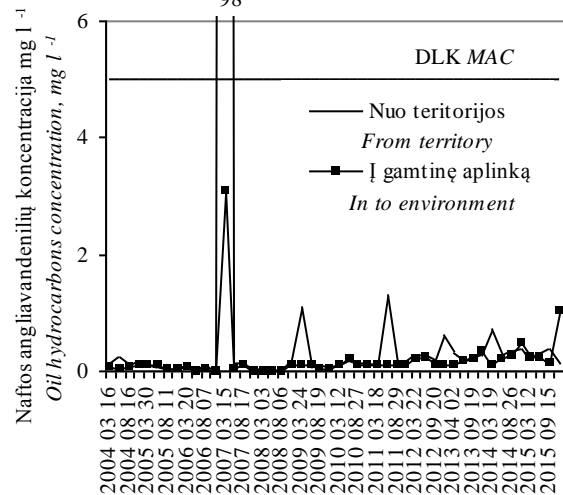
Paviršinių nuotekų tarša organiniais junginiais yra tiesiogiai susijusi su skendinčiomis medžiagomis. Koreliacine analize nustatytas vidutinis koreliacijos ryšys ($r=0.51$, $t_{\text{apsk.}}=4.02 > t_{\text{teor.95\%}}=2.0$) tarp skendinčiųjų medžiagų kiekio ir organinės taršos įmonės AB Krekenavos agrofirma paviršinėse (lietaus) nuotekose (4 pav.).



4 pav. Skendinčiųjų medžiagų (x) ir organinių medžiagų (y) ryšio charakteristika įmonės lietaus nuotekose
Fig. 4. The relationship of suspended solids (x) and organic matters (y) in surface (rain) wastewater in company territory

Didesnės naftos angliavandenilių koncentracijos stebėjimų laikotarpiu buvo nustatytos nuo įmonės teritorijos nutekėjusiame vandenyje 2007 m. kovo 15 d.

siekė net 98 mg l⁻¹, 2009 kovo 24 d. – 1,08 mg l⁻¹, 2011 birželio 13 d. – 1,3 mg l⁻¹ 2012 m. lapkričio 8 d. – 0,61 mg l⁻¹ bei 2014 m. kovo 19 d. – 0,73 mg l⁻¹. Galima teigti, kad tai atsitiktiniai atvejai. Be to, nuo įmonės teritorijos surinktame paviršiniame vandenyje šios koncentracijos, išskyrus 2007 m. buvo nuo 5,4 iki 11,5 kartų mažesnės, palyginti su DLK išleidžiamoms nuotekoms į gamtinę aplinką (5 pav.).



5 pav. Naftos angliavandenilių koncentracijų kaita paviršiniame vandenyje
Fig. 5. Fluctuations of oil hydrocarbons in surface water

Išvalytos lietaus paviršinės nuotekos į gamtinę aplinką buvo išleistos švarios, nes naftos angliavandenilių koncentracijos nustatytos gerokai mažesnės nei nuo įmonės teritorijos surinktame vandenyje. Netgi 2007 m. nustačius paviršinėse nuotekose naftos produktų 98 mg l⁻¹, jie buvo išvalyti iki 3,1 mg l⁻¹, o tai net 2,3 karto mažiau nei DLK.

Į gamtinę aplinką paviršinės nuotekos išleidžiamos išvalytos, nes vidutiniškai per stebėjimo metus skendinčiųjų medžiagų, BDS₇ bei naftos angliavandenilių koncentracijos, praėję pro valymo įrenginius, sumažėjo atitinkamai 60, 64 ir 90 % ir buvo mažesnės už DLK (2 lentelė).

2 lentelė. Lietaus nuotekų valymo efektyvumo rodikliai
Table 2. Effectiveness indicators of surface (rain) wastewater treatment

Rodikliai Indices	Koncentracija mg l ⁻¹ Concentration, mg l ⁻¹		Vidutinis valymo efektyvumas % The average treatment efficiency %
	Prieš valant Before treatment	Į gamtinę aplinką In to environment	
SM	1,6-220	0,5-34	60
SS	28,5	11,5	
BDS ₇	0,98-187	4,7-7,68	64
BOD ₇	20,8	7,5	
Naftos angliavandeniliai Oil hydrocarbons	0-98 2,3	0-3,1 0,2	91

Išvados

1. Nustatyta, kad įmonės paviršines nuotekas labiausiai teršia skendinčios medžiagos, nes tiriamuoju laikotarpiu vidutinė tarša nuo įmonės teritorijos surinktame vandenyje nustatyta 28,5 mg l⁻¹. Tačiau praėjus valymo etapus skendinčių medžiagų sumažėjo 60 %, t.y. iki 11,5 mg l⁻¹. Ši koncentracija atitinka į gamtinę aplinką išleidžiamų paviršinių nuotekų aplinkosaugos reikalavimus.

2. BDS₇ koncentracijos išleidžiamame į gamtinę aplinką vandenyje buvo labai mažos ir nesiekė didžiausios leidžiamos momentinės koncentracijos. Nustatyta, kad organinių medžiagų koncentracijų didėjimą lemia skendinčių medžiagų kiekis paviršiniame vandenyje (r=0,51).

3. Naftos angliavandenilių nuotekose taip pat buvo nustatyta nedaug. Į gamtinę aplinką išleistose nuotekose šių produktų vidutinė koncentracija per tiriamąjį laikotarpį buvo 0,2 mg l⁻¹, t.y. 35 kartais mažesnė, nei nustatyta DLK.

4. Tyrimai parodė, kad atskirais atvejais lietaus nuotekos, surinktos nuo įmonės gamybinės teritorijos būna

užterštos, todėl siekiant geresnės upelių vandens ekologinės būklės, valyti jas būtina.

Literatūra

1. Aplinkos būklė 2014. Tik faktai. AAA, Vilnius, 2015. 168 p. <http://gamta.lt/files/AB20141451478063964.pdf>.
2. Dėl paviršinių nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo pakeitimo. LR Aplinkos ministro 2015 m. spalio 15 d. įsak. Nr.D1-743, TAR, 2015, Nr. 2015-15667.
3. JANG, YC., JAIN, P., TOLAYMAT, T., DUBEY, B., SINGH, S., TOWNSEND, T. Characterization of roadway stormwater system residuals for reuse and disposal options. *Science of the Total Environment*, 2010, Vol. 408, p. 1878-1887.
4. GÖBEL, P., DIERKES, C., COLDEWEY, WG. 2007. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2007, Vol. 91, p. 26-42.
5. LI, C., LIU, M., HU, Y., GONG, J., SUN, F., XU, Y. Characterization and first flush analysis in road and roof runoff in Shenyang, China. *Water Science and Technology*, 2014, Vol. 70, Iss. 3, p. 397-406.
6. PAUL, MJ., MEYER JL. Streams in the Urban Landscape. *Urban Ecology*, 2008, Vol. 3, p. 207 – 231.
7. Paviršinių nuotekų tvarkymo reglamentas. LR Aplinkos ministro 2007 m. balandžio 2 d. įsak. Nr.D1-193, V. ž., 2007, Nr. 42-1594.

Stefanija Misevičienė

Investigations of rain wastewater treatment efficiency in the retention ponds**Summary**

Due to the increase in the urbanized areas, there is an increase in surface wastewater quantity. Surface (rain) wastewater accumulates on the soil surface, on building roofs, during precipitation and melting snow. This wastewater is more or less polluted with atmospheric and mineral materials dissolved in water. The main indicators, describing the pollution of the surface wastewater, are the concentrations of suspended solids, BDS₇ and oil products. The research has shown that suspended solids, by forming sediments in surface waters, are making almost the biggest impact on water quality.

This article presents the 2004-2015 year research about the effectiveness of surface (rain) wastewater treatment in pass through ponds in a meat processing company. It was determined that the effectiveness of treatments of suspended solids, BDS₇ and oil hydrocarbons was respectively 60, 64 and 91%. The average concentrations of these elements in the wastewater after treatment were 11.5, 7.5 and 0.2 mg l⁻¹ and were 4.4, 7.7, and 25 times lower than the MAC respectively, therefore they had no impact on the environment.

Concentrations, rain wastewater, retention ponds, treatment efficiency

Gauta 2016 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2016 m. balandžio mėn.

Stefanija MISEVIČIENĖ. Aleksandro Stulginskio universiteto Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto Vandens išteklių inžinerijos instituto technologijos (technikos) mokslų daktarė, docentė. Adresas: Studentų g. 10, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. (8 610)92895, el.paštas: stefanija.miseviciene@asu.lt
Stefanija MISEVIČIENĖ. Aleksandras Stulginskis University Faculty of Water and Land Management of Water Resources Engineering Institute, doctor of technology (technical) sciences, assoc. prof. Address: Studentu 10, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Tel (+370 610) 92895, e-mail: stefanija.miseviciene@asu.lt.