



## ŠVINO ŠALINIMO IŠ VANDENS NAUDOJANT ALTERNATYVIUS SORBENTUS TYRIMAS

Dorota PAVLOVSKA<sup>1</sup>, Ramunė ALBREKTIENĖ<sup>2</sup>, Dainius PALIULIS<sup>3</sup>

*VGTU Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

*El. paštas: <sup>1</sup>dorota.pavlovska@stud.vgtu.lt; <sup>2</sup>ramune.albrektiene@vgtu.lt; <sup>3</sup>dainius.paliulis@vgtu.lt*

**Anotacija.** Švinas yra sunkusis metalas, pasižymintis stipriomis toksinėmis savybėmis. Šio elemento randama nuotekose, o kartais ir geriamajame vandenyje. Straipsnyje nagrinėjamas švino šalinimas iš vandens, naudojant sorbcijos procesą, norint nustatyti efektyviausiai šviną šalinantį sorbentą. Tyrime naudoti trys sorbentai: molis, sapropelis ir geležies paplavas. Nustatyta, kad molis šviną pašalina 47–91 % efektyvumu, naudojant sapropelį pasiekiamas 94–99 % švino pašalinimas, o naudojant geležies paplavas švino pašalinimo efektyvumas pasiekiamas – 72–99 %. Atlikti tyrimai parodė, kad efektyviausiai šviną iš tiriamojo vandens šalina sapropelis. Naudojant skirtingas sapropelio kiekius ir esant skirtingai kontakto trukmei, švino koncentracija tiriamajame vandenyje po valymo neviršija leistinų geriamojo vandens normų (0,01 mg/l), todėl sorbcijai galima naudoti mažiausią sapropelio kiekį – 1 g/l. Efektyviausias švino išvalymas pasiekiamas, kai kontakto trukmė – 150 min.

**Reikšminiai žodžiai:** švinas, vanduo, sorbentas, adsorbicija, molis, sapropelis, geležies paplavas.

### Įvadas

Ekosistemoms vienas iš pavojingiausių sunkiųjų metalų yra švinas. Šis sunkusis metalas pasižymi stipriomis toksinėmis savybėmis, tai taip pat yra vienas iš pavojingiausių nutekamųjų vandenų komponentų. Sunkieji metalai turi savybę akumuliuotis aplinkoje. Į aplinką sunkieji metalai dideliais kiekiais patenka iš gamtinių ir antropogeninių šaltinių. Renovuojant senus plieno statinius, juose gali susidaryti didelis kiekis švino dulkių. Kitas švino taršos šaltinis yra automobilių transportas – net 75 % esančio benzine švino kartu su automobilio išmetamosiomis dujomis patenka į aplinką. Deginamos šios švino turinčios atliekos: kapsulės, tūbelės, kai kurios sintetinės medžiagos, prieškoroziniai dažai. Visa tai emisijos metu patenka į orą, o paskui nusėda ir patenka į dirvožemį, gyvenamąsias teritorijas ir vandens telkinius. Metalurgijos pramonės, šviną perdirbančios įmonės ir kuro įrenginiai irgi prisideda prie aplinkos teršimo švinu bei švino junginiais. Senuose statiniuose, kuriuose geriamasis vanduo dar tiekiamas šviniiais vamzdžiais, švino kiekis gali viršyti leistiną normą (Harrison ir Laxen, 2012; Brachnova, 1971).

Švinas yra toksiškas, linkęs kauptis organizmuose ir sukelti neigiamus padarinius: pažeidžia centrinę nervų sistemą – pažeidimai gali svyruoti nuo lengvų formų iki sunkių psichikos defektų, per virškinamąjį traktą patekusio švino suaugusiųjų organizme rezorbuojama 5–10 %, o vaikų – 50 %, įkvėptas švinas į kraują patenka 80–100 %, kaupiasi plaukuose, naguose, kauluose (Schampelaere, Nys ir Janssen, 2014; Liu et al., 2014). Nustatyta, kad Kinijoje, Lenkijoje, Japonijoje, Singapūre, Indijoje ir Kambodžoje (Thmey Island, Ningjia įmonė, Dadi įmonė, Fang Cheng įmonė) švino koncentracijos geriamajame vandenyje viršija ribines vertes (pagal Lietuvos higienos normą HN 24:2017 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“, švino koncentracija geriamajame vandenyje neturi viršyti 10 µg/l (0,01 mg/l), o pagal Pasaulio sveikatos organizacija (PSO, angl. *WHO – World Health Organization*) 0,015 mg/l) (Li, Lin, Cheng, Duan ir Lei, 2015; Lu et al., 2015; Liu et al., 2014; Chen, Lee, Nurhati, Switzer ir Boyle, 2015; Patil, Thakur ir Ghorade, 2014). Švino koncentracija gali būti mažinama naudojant nanofiltravimą,

membraninį filtravimą (Gholami, A., Moghadassi, Hosseini, Shabani ir Gholami, F., 2014). Dažnai švino šalinimui naudojama adsorbcija (Bhatia et al., 2016). Adsorbcija – ištirpusių arba dujinių medžiagų sugėrimas kieto arba skysto kūno paviršiumi. Adsorbcija naudojama įvairiems dujų ir skystų medžiagų mišiniams išskirstyti, dujoms džiovinti ir valyti, skysčiams, šiuo atveju – vandeniui valyti. Adsorbcija, naudojant nanosorbentus pasižymi kur kas didesniu efektyvumu (Ngulube, Ray, Masindi ir Maity, 2017). Naudojami įvairūs sorbentai: biomasės, aktyvuotos anglies, raudonojo molio, ceolitai, aliuminio, anatazo, anglies nanovamzdelių, chitozano, vario, geležies ir cinko oksidų, magnetito (Bhatia et al., 2016; Badawi, Negm, Abou Kana ir Abdel Moneem, 2017; Gholami et al., 2014; Stomaitė ir Zagorskis, 2014). Taip pat kaip sorbentai gali būti naudojami – ažuolo žievė, formaldehido polimerizuotos žemės riešutų odelės, raudonmedžio žievė, ligninas, ryžių lukštai, molis, modifikuotos durpės, bambuko minkštimas, pjuvenos, veiklusis nuotekų dumblas, modifikuota vilna (Bailey, Olin, Bricka ir Adrian, 1999; Mishra ir Patel, 2009).

Pasaulyje naudojama daug ir įvairių švino šalinimo iš vandens metodų, dažniausiai minimas ir naudojamas yra adsorbcijos procesas, tačiau trūksta tyrimų, kuriuose sorbcijai būtų panaudojami lengvai gaunami ir pigūs sorbentai, tokie kaip molis, sapropelis ir geležies prisotintos paplavos. Sapropeilis pasižymi savybe sorbuoti sunkiuosius metalus iš tirpalo, priklausomai nuo laiko ir sunkiųjų metalų koncentracijos tirpale. Jo efektyvumas pasiekia 97,4 % (Birgėlaitė, Valskys ir Ignatavičius, 2016). Molio paviršiaus plotas taip pat pasižymi geromis sorbcinėmis savybėmis. Paprastai molis naudojamas natūralios būsenos, tačiau atlikus cheminę modifikaciją molio adsorbcijos pajėgumas gali būti pagerintas (Ngulube et al., 2017). Geležies paplavos – tai atlieka, susidaranti vandens gerinimo įrenginiuose geriamojo vandens paruošimo metu, kai iš požeminio vandens iki higienos normose leidžiamos koncentracijos šalinamas bendrosios geležies perteklius (Gegeckas ir Ofverstrom, 2016). Geležies oksidai pasižymi adsorbcinėmis savybėmis (Stomaitė ir Zagorskis, 2014), ši savybė buvo ištirta panaudojant geležies paplavas fosforo šalinimui iš buitinių nuotekų bei organinių junginių šalinimui iš vandens (Bykov ir Valentukevičienė, 2014; Yan et al., 2015; Gegeckas ir Ofverstrom, 2016; Karalūnas ir Albrektienė, 2017).

Šio straipsnio tikslas – ištirti švino šalinimo iš geriamojo vandens efektyvumą ir optimaliausias sąlygas naudojant tris skirtingus sorbentus (molį, sapropelį ir geležies prisotintas paplavas).

## Tyrimo metodika

Tiriamasis vanduo yra vanduo su padidinta švino koncentracija, kuriame yra 0,07 mg/l švino koncentracija. Tokia švino koncentracija vandenyje pasirinkta atsižvelgiant į vandens, paimto iš Kambodžos Fang Cheng įmonės, iš kurio tiekiamas geriamasis vanduo pagal kokybės rodiklius ir švino koncentraciją jame.

1 lentelė. Fang Cheng įmonės atlikti požeminio vandens Kambodžoje tyrimo rezultatai

Table 1. Fang Cheng company's research results of groundwater in Cambodia

Rodiklis	Matavimo rezultatas	Matavimo vienetas	HN 24:2017
Amonis	0,05	mg/l	0,5
Nitritai	0,001	mg/l	0,5
Arsenas	0,3182	µg/l	10
Geležis	0,958	mg/l	0,2
Cinkas	0,0152	mg/l	–
Švinas	0,0702	mg/l	0,01

Tiriamasis vanduo paruoštas naudojant švino standartinį tirpalą 1000±4 mg/l ir distiliuotą vandenį. Naudotos 6 talpos po 1 l tiriamojo vandens.

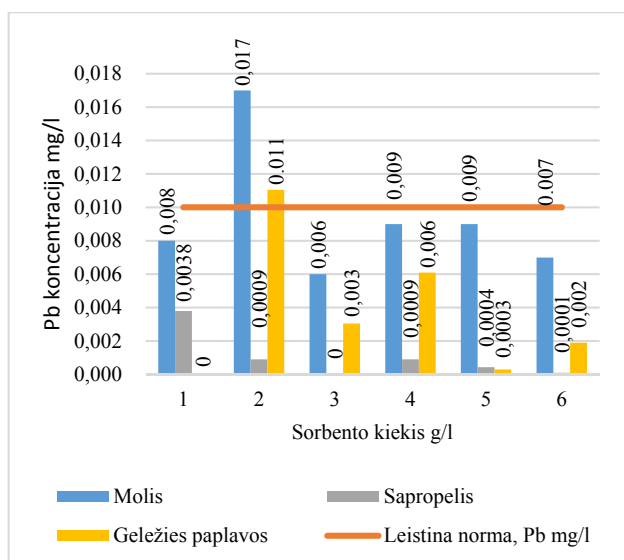
Adsorbcijos procesui pasirinkti trys sorbentai: molis, sapropelis ir geležies paplavos. Sorbentai buvo ruošiami plauinant juos du kartus distiliuotu vandeniu, 3 valandas džiovinant džiovavimo krosnyje 110±2 °C temperatūroje. Išdžiovinta masė susmulkinta porcelianinėje grūstuvėje iki vienalytės masės bei sijojama per 0,2 mm sieta.

Tyrimuose naudoti skirtingi sorbentų kiekiai: 1 g/l, 2 g/l, 3 g/l, 4 g/l, 5 g/l, 6 g/l. Tirpalo pH turi siekti 6,0; tokiu atveju jis turi būti mažinamas naudojant 1 % HCl. Švino tirpalai su sorbentais maišomi magnetinėje maišyklėje 150 min., 200 aps./min greičiu.

Paimti 5 vandens mėginiai po 25 ml po skirtingo kontakto laiko: po 30 min, 60 min, 90 min, 120 min ir 150 min. Po adsorbcijos tirpalas filtruojamas pro membraninį filtrą (47 mm skersmens, porų dydis 0,45 µm). Švino nustatymas vandenyje atliekamas pagal LST EN ISO 15586:2004 Vandens kokybė. Mikroelementų nustatymas atominės adsorbcijos spektrometrija, naudojant grafitinę krosnį.

## Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Atlikus eksperimentinius tyrimus, nustatyta švino išvalymo efektyvumo priklausomybė nuo sorbento kiekio ir nuo kontakto laiko. Tyrimo rezultatai pateikti 1–3 paveiksluose. 1 paveiksle pateikta švino koncentracijos tirpale



1 paveikslas. Švino koncentracijos priklausomybė nuo sorbentų kiekių, esant 30 min. kontakto laikui

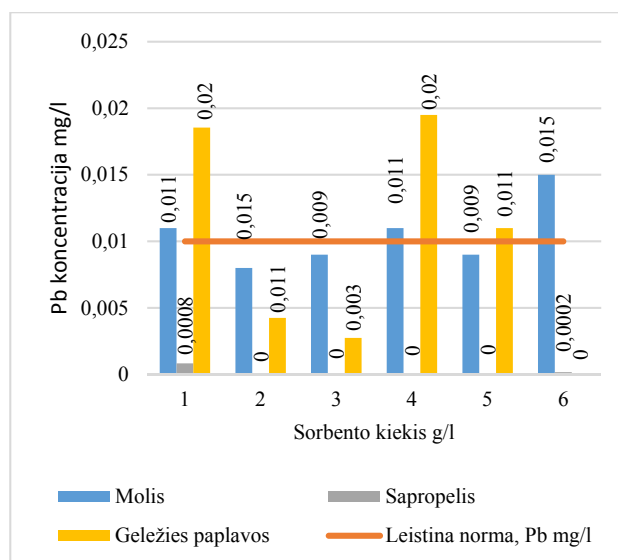
Figure 1. Lead concentration dependence on different amount of sorbents, at 30 min. contact time

priklausomybė nuo skirtingų sorbentų kiekių, esant 30 minučių kontakto laikui.

Iš 1 paveikslas matyti, kad naudojant visus tris sorbentus vyksta švino adsorbcija, švino koncentracijai sumažėjant iki 0,0001–0,017 mg/l, o tai atitinka 75,6–99 % valymo efektyvumą. Molis švino koncentraciją sumažina iki 0,006–0,017 mg/l (75,6–91,4 %). Švino koncentracija sumažėja žemiau už leistiną ribą – 0,01 mg/l (HN24:2017) naudojant didesnes negu 2 gramai. Naudojant molį geriausi rezultatai pasiekti naudojant 30 min kontakto laiką ir 3 g kiekį, kai tyrimo metu švino koncentracija sumažėjo iki 0,006 mg/l (91,4 %). Naudojant sapropelį švino koncentracija sumažėjo iki 0,0001–0,0038 mg/l (94,6–99 %) (0-inė reikšmė atitinka mažą koncentraciją, kuri yra mažesnė negu prietaiso aptikimo riba). Naudojant geležies paplavas švino koncentracija sumažėja iki – 0,0003–0,011 mg/l (84,3–99 %), švino koncentracija sumažinama iki leistinos ribos naudojant 1–6 g sorbento kiekius.

2 paveiksle pateikta švino koncentracijos priklausomybė nuo skirtingų sorbentų kiekių po 60 min kontakto laiko.

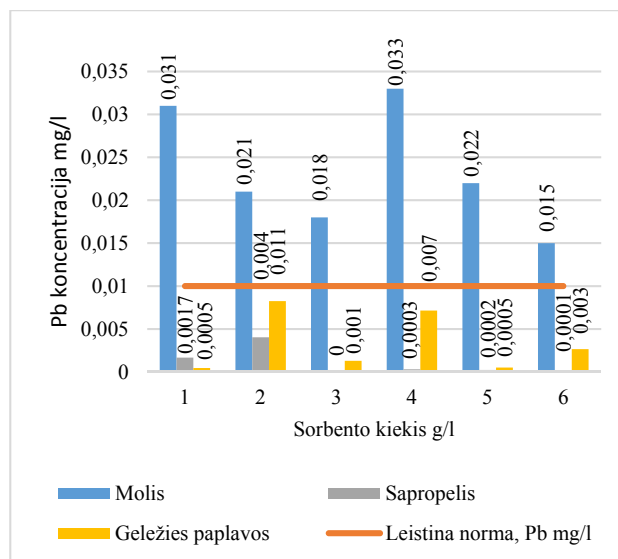
Pateikti rezultatai rodo, kad esant 60 min kontaktui švino koncentracija sumažėja nuo 0,07 mg/l iki 0,0002–0,02 mg/l (71,4–99 %). Molis švino koncentraciją sumažina iki 0,008–0,017 mg/l (75,6–88,6 %). Naudojant 2 g, 3 g ir 5 g molio, švino koncentracija sumažėja žemiau už nustatytą normą (pašalinama 87,1–88,6 % švino). Tačiau 1 g ir 4 g sorbento kiekiai sumažina beveik iki 0,01 mg/l, o pasirinkus 6 g molio pasiekama 0,015 mg/l koncentracija. Naudojant sapropelį, švino koncentracija sumažina-



2 paveikslas. Švino koncentracijos priklausomybė nuo sorbentų kiekių, esant 60 min kontakto laikui

Figure 2. Lead concentration dependence on different amount of sorbents, at 60 min. contact time

ma iki 0,0002–0,0008 mg/l (~99 %), t. y. yra žemiau už leistiną vertę – 0,01 mg/l. Naudojant geležies paplavas, švino koncentracija sumažinama iki 0,003–0,02 mg/l (71,4–95,7 %). Naudojant 2 g ir 3 g geležies paplavų, švino koncentracija yra pasiekama mažesnė, negu leistina riba – 0,003–0,004 mg/l (97,5 %). Naudojant 6 g geležies paplavų švino koncentracijos po valymo yra mažesnės negu prietaiso aptikimo riba. Naudojant 1 g, 4 g, 5 g geležies paplavų, švino koncentracija sumažėja iki 0,011–0,02 mg/l (71,4 – 84,3 %), šiuo atveju švino koncentracija tiriamajame mėginyje viršija leistiną vertę.



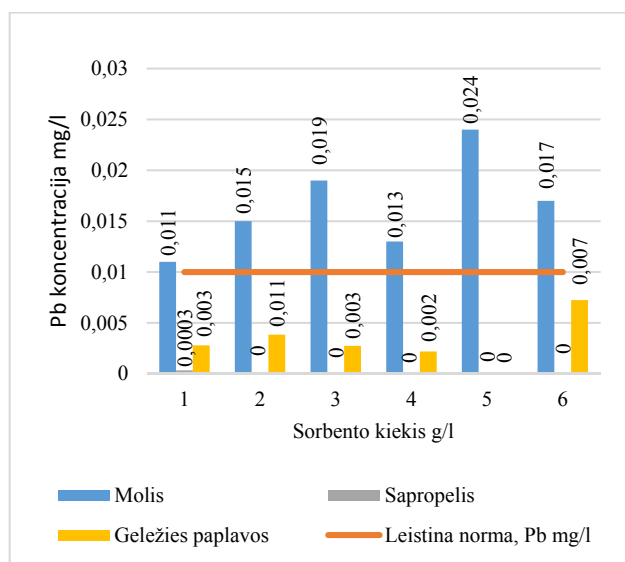
3 paveikslas. Švino koncentracijos priklausomybė nuo sorbentų kiekių, esant 90 min kontakto laikui

Figure 3. Lead concentration dependence on different doses of sorbents, at 90 min. contact time

3 paveiksle pateikta švino koncentracijos priklausomybė nuo skirtingų sorbentų kiekių, esant 90 minučių kontakto laikui.

Iš 3 paveiksle pateiktų tyrimo rezultatų matyti, kad naudojant tris tirtus skirtingus sorbentus švino koncentracija sumažinama iki 0,001–0,033 mg/l (52,6–99 %). Naudojant molio sorbentą, švino koncentracija sumažinama iki 0,015–0,033 mg/l (52,6–78,6 %), tačiau ji nėra sumažinama iki leistinos ribos – 0,01 mg/l. Naudojant sapropelį švino koncentracija sumažėja iki 0,0002–0,004 mg/l (94,3–99 %) ir geležies paplavas – 0,001–0,011 mg/l (84,3–99 %). Naudojant šiuos du sorbentus švino jonų koncentracija sumažinama žemiau nei leistina vertė naudojant visus sorbentų kiekius.

4 paveiksle pateikta švino koncentracijos priklausomybė nuo skirtingų sorbentų kiekių esant 120 minučių kontakto laikui.

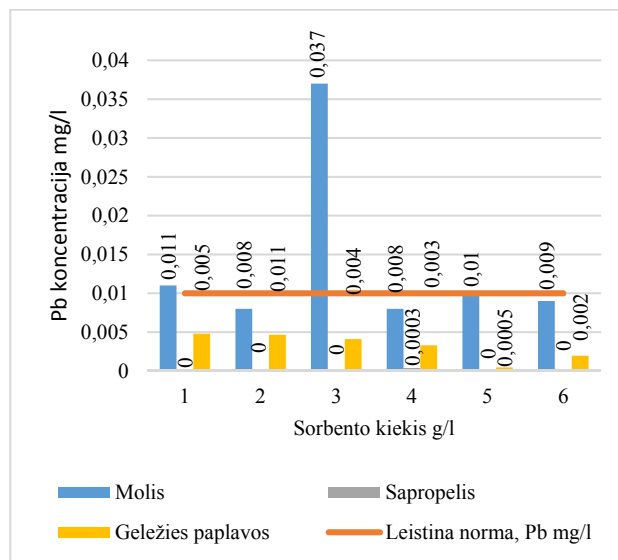


4 paveikslas. Švino koncentracijos priklausomybė nuo sorbentų kiekių, esant 120 min kontakto laikui

Figure 4. Lead concentration dependence on different amount of sorbents, at 120 min contact time

Iš 4 paveikslo matyti, kaip po 120 min kontakto laiko švino koncentracija sumažėja iki 0,003–0,024 mg/l (66,7–99 %). Molis švino jonų koncentraciją sumažina iki 0,011–0,024 mg/l (66,7–84,3 %), tačiau nesumažina iki leistinos vertės. Naudojant sapropelį švino koncentracija sumažinama iki  $\leq 0,0003$  mg/l, tokiu atveju švino išvalymas yra labai efektyvus, kadangi švino koncentracija labai maža, nes švino koncentracija yra mažesnė negu prietaiso aptikimo riba. Naudojant geležies paplavas švino koncentracija vandenyje sumažėja iki 0,002–0,007 mg/l (90,0–97,1 %). Šiuo atveju švino koncentracija po valymo yra gaunama mažesnė negu leistina vertė.

5 paveiksle pateikta švino koncentracijos priklausomybė nuo skirtingų sorbentų kiekių, esant 150 minučių kontakto laikui.

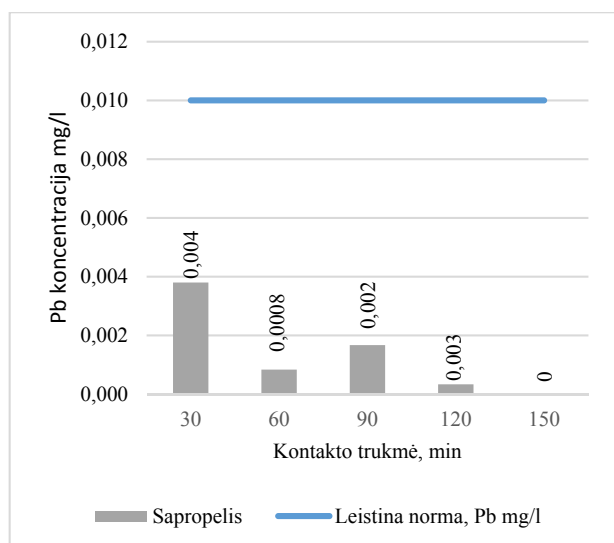


5 paveikslas. Švino koncentracijos priklausomybė nuo sorbentų kiekių, esant 150 min kontakto laikui

Figure 5. Lead concentration dependence on different amount of sorbents, at 150 min. contact time

Analizuojant 5 paveikslą, matyti, kad po 150 min kontakto trukmės, naudojant visus tris sorbentus švino koncentracija sumažinama iki 0,0003–0,037 mg/l (47,1–99 %). Molis švino koncentraciją sumažina iki 0,009–0,037 mg/l (47,1–87,1 %). Švino koncentracija yra sumažinama iki leistinos vertės, išskyrus atvejį, kai naudojamas 4 g kiekis. Naudojant sapropelį švino koncentracija sumažinama iki  $\leq 0,0003$  mg/l, tokiu atveju švino išvalymas yra labai efektyvus ir siekia ~99 %. Naudojant geležies paplavas švino koncentracija sumažėja iki 0,0005–0,005 mg/l (92,9–99 %). Šiuo atveju švino koncentracija sumažinama žemiau už leistiną vertę. Naudojant geležies paplavas šviniui šalinti, geriausias sorbentų kiekis – 5 g, o efektyviausia kontakto trukmė – 150 min, nes jos metu švino koncentracija sumažėja iki 0,0005 mg/l (99 %).

Atlikus eksperimentinius tyrimus su trimis skirtingais sorbentais – moliu, sapropeliu ir geležies paplavomis, nustatyta, kad efektyviausiai šviną pašalina sapropelis naudojant 1 g–6 g kiekius. Kadangi sapropelis efektyviai pašalina šviną naudojant visus tirtuosius kiekius, todėl geriausia naudoti mažiausią jo kiekį. 6 paveiksle pateikta švino koncentracijos priklausomybė nuo kontakto laiko, naudojant 1 g sapropelio.



6 paveikslas. Švino koncentracija, esant skirtingiems kontakto trukmės dydžiams, naudojant 1 g/l sapropelio

Figure 6. Lead concentration dependence on different doses of sorbents, at 30 min. contact time

Iš 6 paveikslo matyti, kad šalinant šviną iš tiriamojo vandens su sapropeliu, esant tiek 30 minučių, tiek 150 minučių trukmei, švino koncentracija vandenyje sumažinama efektyviai ir švinas neviršija leistinos vertės. Taip pat nustatyta, kad efektyviausia adsorbcijos trukmė švinui šalinti yra 120–150 min. Esant tokiems kontakto laiko trukmės dydžiams, švino koncentracija nuotekose sumažėja iki iki  $\leq 0,003$  mg/l (~99 %).

## Išvados

Atlikus eksperimentinius tyrimus, šalinant šviną iš tiriamojo vandens adsorbcijos būdu, panaudojant tris skirtingus sorbentus: sapropelį, molį bei geležies paplavas, nustatyta:

1. Visi trys tirtieji sorbentai mažina švino koncentracijas vandenyje: molis 47–91 % efektyvumu, sapropelis 94–99 %, o geležies paplavos – 72–99 %, priklausomai nuo sorbento tipo bei kontakto trukmės.

2. Nustatyta, kad molis efektyviausiai šviną šalina esant trumpiausiai adsorbcijos trukmei – 30 min. Šiuo atveju švino jonų koncentracija sumažinama iki 0,006–0,017 mg/l (75,7–91,4 %). Efektyviausiai švinas pašalinamas (91,4 %), naudojant 3 g sorbento kiekį.

3. Naudojant geležies paplavas efektyviausiai sumažinama švino koncentracija vandenyje po 150 min kontakto laiko. Švino koncentracija sumažinama iki 99 %. Efektyviausia sorbento kiekis – 5 g, švino koncentracija sumažėja iki 0,0005 mg/l (99 %).

4. Naudojant sapropelį išvalymo efektyvumas siekia 94–99 %, naudojant skirtingus sorbento kiekius ir esant skirtingam adsorbcijos laikui.

5. Atlikus eksperimentinius tyrimus nustatyta, kad efektyviausiai šviną iš tiriamojo vandens šalina sapropelis. Naudojant skirtingus sapropelio kiekius ir esant skirtingai kontakto trukmei, švino koncentracija tiriamajame vandenyje po valymo neviršija leistinų geriamojo vandens normų (0,01 mg/l), todėl sorbcijai galima naudoti mažiausią sapropelio kiekį – 1 g/l. O efektyviausias švino išvalymas pasiekiamas, kai kontakto trukmė – 150 min.

## Literatūra

- Badawi, M. A., Negm, N. A., Abou Kana, M. T., & Abdel Moneem, M. M. (2017). Adsorption of aluminum and lead from wastewater by chitosan-tannic acid modified biopolymers: Isotherms, kinetics, thermodynamics and process mechanism. *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 465-476. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.003>
- Bailey, S. E., Olin, T. J., Bricka, M. R., & Adrian, D. D. (1999). A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals. *Water resource* 33, 2469–2479. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00475-8](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00475-8)
- Bhatia, M., Satish, Babu R., Sonawane, S. H., Gogate, P. R., Girdhar, A., Reddy, E. R., & Pola, M. (2016). Application of nanoadsorbents for removal of lead from water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-20.
- Birgėlaitė, R., Valskys, V. ir Ignatavičius, G. (2016). Silicinio sapropelio naudojimas sunkiesiems metalams šalinti iš tirpalo. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 8(4), 388-396. [tps://doi.org/10.3846/mla.2016.946](https://doi.org/10.3846/mla.2016.946)
- Bykov, A. ir Valentukevičienė, M. (2014). Fosfatų šalinimas iš nuotekų naudojant geležies prisotintas paplavas. Iš *17-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos „Pastatų inžinerinės sistemos“ straipsnių rinkinys*, 2014 m. balandžio 11-12 d., (p. 13-16). Vilnius.
- Brachnova, I. T. (1971). Metalų ir jų junginių miltelių toksiškumas. *Medicina*.
- Chen, M., Lee, J.-M., Nurhati, I. S., Switzer, A. D., & Boyle, E. A. (2015). Isotopic record of lead in Singapore Straits during the last 50 years: Spatial and temporal variations. *Marine Chemistry*, 168, 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2014.10.007>
- Gegeckas, D. ir Ofverstrom, S. (2016, balandis). Geležies paplavų panaudojimas fosfatų pašalinimui iš pūdyto dumblo vandens. Iš *19-toji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“*. Pastatų inžinerinės sistemos. Vilnius.
- Gholami, A., Moghadassi, A. R., Hosseini, S. M., Shabani, S., & Gholami, F. (2014). Preparation and characterization of polyvinyl chloride based nanocomposite nanofiltration-membrane modified by iron oxide nanoparticles for lead removal from water. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1517-1522. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.07.041>

- Harrison, R. M., & Laxen, D. P. H. (2012). *Lead Pollution*. Prieiga per internetą 2017 m. sausio 15 d.: [https://books.google.lt/books?hl=en&lr=&id=Rr5TBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT11&dq=Lead+pollution+sources&ots=KEqUrN-osY4&sig=cTm8tF9Xpu\\_UCO7muq0SrrCYzBI&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.lt/books?hl=en&lr=&id=Rr5TBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT11&dq=Lead+pollution+sources&ots=KEqUrN-osY4&sig=cTm8tF9Xpu_UCO7muq0SrrCYzBI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Yan, L., Qin, L., Yu, H., Li, S., Shan, R., & Du, B. (2015). Adsorption of acid dyes from aqueous solution by CTMAB modified bentonite : Kinetic and isotherm modeling. *Journal of Molecular Liquids*, 211, 1074-1081. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.08.032>
- Karaliūnas, K. ir Albrektienė, R. (2017, balandis). Organinių medžiagų šalinimas iš vandens naudojant geležies prisotintas paplavas. Iš *20-toji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“*. Pastatų inžinerinės sistemos, 2017 m.
- Li, P., Lin, C., Cheng, H., Duan, X., & Lei, K. (2015). Contamination and health risks of soil heavy metals around a lead/zinc smelter in southwestern China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113, 391-399. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.025>
- Liu, G., Yu, Y., Hou, J., Xue, W., Liu, X., Liu, Y., Wang, W., Alsaedi, A., Hayat, T., & Liu, Z. (2014). An ecological risk assessment of heavy metal pollution of the agricultural ecosystem near a lead-acid battery factory. *Ecological Indicators*, 47, 210-218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.040>
- Lu, L., Cheng, H., Liu, X., Xie, J., Li, Q., Zhou, T. (2015). Assessment of regional human health risks from lead contamination in Yunnan Province, Southwestern China. *PLoS One*, 10(3): e0119562. <https://doi.org/10.1145/2818302>
- Mishra, P. C., & Patel, R. K. (2009). Removal of lead and zinc ions from water by low cost adsorbents. *Journal of Hazardous Materials*, 168(1), 319-325. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.02.026>
- Ngulube, T., Ray, J., Masindi, V., & Maity, A. (2017). An update on synthetic dyes adsorption onto clay based minerals: A state-of-art review. *Journal of Environmental Management*, 191, 35-57. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.031>
- Patil, S., Thakur, V., & Ghorade, I. (2014). Analysis of heavy metals in Jaikwadi dam water, Maharashtra (India). *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*, 2(5): 69-74.
- Schamphelaere, K. A. C., Nys, C., & Janssen, C. R. (2014). Toxicity of lead (Pb) to freshwater green algae: Development and validation of a bioavailability model and inter-species sensitivity comparison. *Aquatic Toxicology*, 155, 348-359. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.07.008>
- Stomaitė, K. ir Zagorskis, A. (2014). Sieros vandenilio ir amoniako adsorbcijos ceolito įkrova iš biologinių dujų eksperimentiniai tyrimai. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 6(4), 379-385. <https://doi.org/10.3846/mla.2014.52>

## INVESTIGATION OF LEAD REMOVAL FROM WATER USING ALTERNATIVE SORBENTS

D. Pavlovskā, R. Albrektienė, D. Paliulis

### Summary

Lead is a highly toxic heavy metal. This element is found in wastewater; it can also be found in drinking water. This article examines lead removal from water by adsorption with the aim to select the most effective sorbent. Three different sorbents have been used in this study: clay, sapropel and rinsings containing iron. It has been determined that clay eliminates lead from water with 47–91% efficiency. Using sapropel the efficiency reaches 97–99%, by removing lead and iron backwash – 72–99%. The study results showed that the most effective sorbent is sapropel. Using different amounts of sapropel at different contact times the concentration of lead in water after treatment did not exceed the permissible levels (0.01 mg/l), so the optimal amount of sapropel that can be used for sorption is 1 g/l. The best lead removal results were achieved within 150 minutes of contact with the sorbent.

**Keywords:** lead, water, sorbent, adsorption, clay, sapropel, iron rinsings.