

*Petras Pūtys, Rasa Radienė, Jurga Arustienė, Lietuvos geologijos tarnyba  
Spartakas Petrovas, Konstantinas Iljasevičius, Justas Samosionokas,  
VšĮ „Grunto valymo technologijos“*

## LAIDOJIMO VIETŲ ĮTAKA GRUNTINIO VANDENS KOKYBEI

2019 m. Lietuvos geologijos tarnyba (LGT) inicijavo projektą „Kapinių įtakos gruntinio vandens kokybei tyrimai“. Kartu su VšĮ „Grunto valymo technologijos“ specialistais atlikti gręžimo darbai šalia kapinių, kurios buvo pasirinktos pagal keletą kriterijų: jos turėjo būti veikiančios, pakankamai senos (kad jau būtų įvykusi biodegradacija ir atsiradusi galimybė jos metabolitams patekti į gruntinį vandenį bei būti pernešiami už laidojimo vietos ribų), įsikūrusios netolygiame reljefe (kad gruntinis vanduo turėtų aiškia filtracijos kryptį) ir ant nuogulų su geromis filtracinėmis savybėmis. Į tai atsižvelgiant buvo pasirinktos Radviliškio m. naujosios ir Širvintų m. senosios kapinės.

Radviliškio kapinės užima maždaug 1,35 km<sup>2</sup> plotą ir įkurtos vietovėje, kur vyrauja įvairus fluvio-glacialinis smėlis. Vandens lygis svyruoja nuo 118,5 iki 122,5 m absoliučiojo aukščio (a. a.), jo paviršiaus gylis – nuo 2 m pietinėje dalyje iki 3,8 m šiaurinėje. Vyraujanti gruntinio vandens filtracijos kryptis – šiaurės vakarų. Pietinėje ir pietrytinėje kapinių dalyse gruntinio vandens lygis aukščiausias ir vanduo filtruojasi pietų–pietryčių kryptimi (1 pav.).

Širvintų kapinės plyti ant fluvio-glacialinio bei aliuvinio smulkaus smėlio ir užima maždaug 0,53 km<sup>2</sup> plotą (2 pav.). Vandens lygis svyruoja nuo 109,5 iki 111,5 m a. a., paviršiaus gylis – nuo 6,7 m pietinėje dalyje iki 1,3 m šiaurinėje. Vyraujanti gruntinio vandens filtracijos kryptis – šiaurės ir šiaurės vakarų (Širvintų tvenkinio link).

Prie pasirinktų kapinių – prieš ir pagal gruntinio vandens filtracijos kryptį – išgręžti tiriamieji požeminio vandens gręžiniai, nustatytas gruntinio vandens lygis. Prieš įvairiame gylyje paimant požeminio ir grun-

tinio vandens mėginius, gręžiniuose vanduo išpumpuotas tris kartus. Taip pat paimta po du–tris grunto mėginius, nustatyta jų makro- ir mikroelementų sudėtis. Gruntinio vandens bendrosios cheminės sudėties bei grunto granulometrinės sudėties ir metalų tyrimai atlikti LGT laboratorijoje, o specifiniai – bakteriologiniai, medikamentų ir kitų pavojingų cheminių medžiagų, susijusių su žmonėms laidoti naudojamomis medžiagomis, – kitose Lietuvos ir užsienio laboratorijose.

**Cheminiai procesai laidojimo vietų grunte ir gruntiniame vandenyje.** Įdomu, kad žmogaus organizmą sudaro didesnė dalis Mendelejevo lentelės cheminių elementų. Vidutinės masės kūne randama: deguonies (O) – 43 000 g, anglies – 16 000 g,



1 pav. Radviliškio m. kapinių teritorija, gręžinių išdėstymas, gruntinio vandens lygis ir filtracijos kryptis



2 pav. Širvintų m. kapinių teritorija, gręžinių išsidėstymas, gruntinio vandens lygis ir filtracijos kryptis

vandenilio (H) – 7 000 g, azoto (N) – 1 800 g, kalcio (Ca) – 1 100 g, fosforo (P) – 500 g, sieros (S) – 140 g, kalio (K) – 140 g, natrio (Na) – 100 g, chloro (Cl) – 95 g, magnio (Mg) – 19 g, geležies (Fe) – 4,2 g, vario (Cu) – 0,07 g. Pirminiai organizmo junginiai – sudėtingos organinės medžiagos, kurių didesnę dalį sudaro baltymai (64 % kūno masės), riebalai (10 %) ir angliavandeniai (1 %). Dar 5 % kūno masės sudaro mineralinės druskos (Da Silva, Williams, 2001).

Laidojimo objektų irimo procesai dirvožemio storumėje iš esmės vyksta veikiant trimis veiksniais: dirvožemio mikroorganizmams, drėgmei ir oksiduojančiam deguoniui. Oksidacinėje terpėje susidaro galutiniai skilimo produktai – vanduo ir anglies dioksidas. Ląsteliena skaidoma sunkiau ir tai gali tik kai kurie mikroorganizmai. Anaerobinėmis sąlygomis angliavandeniai rūgsta, susidaro paprastesnės sudėties organinės rūgštys, vanduo ir anglies dioksidas. Priklausomai nuo temperatūros ir drėgmės, šie procesai gali vykti keletą mėnesių (Young et al., 1999).

Azoto junginiai, o tai daugiausia baltymai ir peptidai, skyla iki aminorūgščių, vėliau vyksta dezaminacija, dėl to susidaro karboninės rūgštys ir anglies dvideginis. Be to, mineralizuojantis baltymams,

išsiskiria amonis, kurio sudėtyje yra azoto (amonifikacija). Ši stadija trunka vienerius–ketverius metus. Toliau aerobinėje terpėje veikiant nitrifikuojančioms bakterijoms (*Nitrosomonas* ir *Nitrobacter*) amoniakas virsta nitritais, vėliau – nitratais. Kadangi šiems procesams reikalingas deguonis, tai smėlingose nuogulose puvimas du kartus intensyvesnis negu molingose. Vandens prisotintuose gruntuose puvimas vyksta labai lėtai (Dent et al., 2004).

Organizmui žrant, iš vieno jo masės kilogramo išsiskiria 0,4–0,6 l/kg filtrato, kuriame yra 60 % vandens, 30 % druskų ir įvairių metalų bei 10 % organinių komponentų (Silva, 1998). Į aplinką išsiskiria metabolitai: anglies dioksidas, amonis, nitritas, nitratas; mažesniais kiekiais chlorido jonai ir nesudėtingos organinės molekulės (Żychowski, 2008). Padidėjęs šių komponentų kiekis randamas ir pro kapines besifiltruojančiame gruntiame vandenyje, jame nustatytas didesnis permanganatinis ir bichromatinis indeksai. Tyrimai rodo, kad ir po kelių dešimtmečių kapinių teritorijose išlieka gana didelis bendras azoto kiekis. Įdomu tai, kad technogeninio kapinių užterštumo sunkiaisiais metalais laipsnis neigiamai veikia laidojimo objektų mineralizaciją, t. y. jie yra lėčiau ir tokiose vietose randamas didesnis amonio jono kiekis, o nitratų aptinkama mažai. Taigi, tiriant laidojimo vietų taršos įtaką gruntinio vandens sudėčiai, reikia atsižvelgti ir į jo taršą sunkiaisiais metalais.

Svarbi laidojimo vietų taršos dalis yra mikroorganizmai. Irimo metu susidariusiame filtrate esama bakterijų, virusų, grybelių, pirmuonių. Vyrauja koliforminės bakterijos: *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Streptococcus faecalis*, įvairios *Clostridium* rūšys ir enterovirusai (Żychowski, Bryndal, 2015). Daugelis šių mikroorganizmų savaime nėra patogeniniai, jie tik pagreitina biodegradacijos procesus. O didžioji dalis patogeninių mikroorganizmų po kūno mirties palaipsniui žūva, nes savarankiškai aplinkoje gyvuoti negali. Šarminė aplinka ir organinių medžiagų gausa pailgina kai kurių mikroorganizmų, pvz., *B. anthracis*,

*Clostridium spp.*, amžių, kai kurie, pvz., *E. Coli*, išgyvena iki penkerių metų ir gali pasiekti gruntinį vandenį.

## TYRIMŲ REZULTATAI

**Mikrobiologinės taršos** šaltinis kapinėse – ne vien tik laidojimo objektai. Ji vyksta ir dėl didelio lankytojų aktyvumo, ypač rudenį, kai kritulių kiekis padidėjęs, o su jais padidėja ir gruntinio vandens tarša. Tyrimų rezultatai parodė, kad gruntinis vanduo neatitinka geriamojo vandens mikrobiologinių reikalavimų, ypač dėl žarnyno lazdelių (*Escherichia coli*) ir žarninių enterokokų skaičiaus. Mažiausia mikrobiologinė tarša Radviliškio kapinėse fiksuota pirmame gręžinyje (Rad-1). Kituose gręžiniuose įvairių koliforminių bakterijų kiekis skiriasi nedaug. Ištekantiame gruntinio vandens sraute Širvintų kapinėse ši tarša kiek didesnė (3 pav.).

**Azoto junginiai** – svarbiausias laidojimo vietų taršos rodiklis. 2019–2020 m. tyrimų duomenys rodo, kad azoto junginių yra daugiau gruntinio vandens tėkmės kryptimi. Radviliškio kapinių gręžiniuose nustatytas nitratų kiekis: gręžinyje Rad-1 – 14,3 (2019 m.) ir 14,91 mg/l (2020 m.); Rad-2 – atitinkamai 16,88 ir 15,35 mg/l; Rad-3 – 9,55 ir 3 mg/l; Rad-4 – 68,5 ir 14,28 mg/l. Seniau įrengtame kapinių gręžinyje 2019 m. nitratų aptikta tik 1,12 mg/l, o centriniame kapinių šulinyje – net 55,16 mg/l. Nitritai pasiskirstę tolygiau: Rad-1 – 0,59 ir 0,07 mg/l; Rad-2 – 0,04 ir 0,64 mg/l; Rad-3 – 0,23 ir 0,22 mg/l; Rad-4 – <0,02 ir 0,02 mg/l. Tiek šulinyje, tiek ir senajame kapinių gręžinyje nitritų kiekis neviršijo prietaiso jautrumo ribos. Taip pat nustatyti ir amonio kiekiai: Rad-1 – <0,03 ir 0,04 mg/l; Rad-2 – <0,03 ir <0,05 mg/l; Rad-3 – 1,14 ir 3,5 mg/l; Rad-4 – <0,03 ir <0,03 mg/l. Tiek kapinių šulinyje, tiek ir senajame kapinių gręžinyje amonio kiekis neviršija prietaiso jautrumo ribos.

Nitratų kiekis šalia Radviliškio kapinių per metus nepadidėjo, o Rad-4 gręžinyje sumažėjo daugiau kaip tris kartus. Radviliškio kapinių periferijoje beveik visur gruntinio vandens lygis mažesnis nei pietinės kapinių

dalis centre, todėl visuose gręžiniuose nustatyta nuo kapinių pusės į juos nukreipta gruntinio vandens tėkmė, nevienodas tik filtracijos greitis. Visuose gręžiniuose nustatytas už foninį didesnis nitratų kiekis. Mažiausias – Rad-3 gręžinyje, bet nitritų ir amonio čia kaip tik daugiau. Tai rodo, kad į šį gręžinį atiteka filtratas, kuriame kaupiasi nespėjusios oksiduotis azoto formos, išsiskyrusios biodegradacijos metu. Rad-4 gręžinyje nitratų kiekis 2019 ir 2020 m. gerokai skiriasi: 2019 m. nustatytas 68,5 mg/l kiekis, matyt, yra trumpalaikio, po lietaus padidėjusio, vandens filtracijos greičio pasekmė. Šis faktas rodo, kad tokie nitratų taršos „paūmėjimai“, kai jų koncentracija viršija higienos normų nustatytą ribinę vertę (RV), yra įmanomi ir į juos verta atsižvelgti. Azoto formų kiekis senajame kapinių gręžinyje yra mažas, nes į jį atitekančias srautas – iš mažos apkrovos kapinių vietų. Centriniame kapinių šulinyje nitratų labai daug, o kitos formos greitai oksiduojasi dėl į šulinį laisvai patenkančio deguonies.

Šalia Širvintų kapinių išgręžtuose gręžiniuose nustatytos šios nitratų reikšmės: gręžinyje Šir-1 – 1,9 (2019 m.) ir 1,75 mg/l (2020 m.); Šir-2 – atitinkamai 94,42 ir 90,36 mg/l; Šir-3 – 27,2 ir 19 mg/l. Tolygiau pasiskirsto ir nitritai: Šir-1 – <0,02 mg/l; Šir-2 – <0,02 ir 0,16 mg/l; Šir-3 – 0,4 ir 0,158 mg/l. Amonio kiekis niekur neviršijo prietaiso jautrumo ribos. Azoto junginių pasiskirstymas ir kiekis atitinka senų laidojimo vietų „konceptiją“: senose kapinėse biodegradacija jau įvykusi, azoto formos oksidavosi, todėl amonio čia aptinkama labai mažai, o nitritų – tik kai kur. Nitratų kiekis net ir po daugelio metų, matyt, išlieka labai didelis – Šir-2 gręžinyje jis viršija geriamajam vandeniui taikomą ribinę vertę. O Šir-1 gręžinyje, nuo kurio filtracijos srautas nukreiptas kapinių link, azoto formų kiekis mažas.

**Chlorido** jonų kiekis kapinių aplinkos gręžiniuose labai įvairus, be to, laikui bėgant linkęs keistis. Akivaizdu, kad gręžiniuose, kurie išsidėstę gruntinio vandens filtracijos kryptimi, stabilios chloridų didėjimo tendencijos nėra. Po metų jo koncentracija gali tiek



padidėti, tiek ir sumažėti. Kapinių šulinyje chloridų taip pat nedaug. Šie faktai rodo, kad biodegradacijos metu susidariusi chloridų kiekio dalis nėra vyraujanti. Didelis vaidmuo čia tenka chloridams, kurių kilmė gruntuose vandenyje yra kita ir susijusi su nuogulų geocheminėmis savybėmis ar kitos kilmės tarša. Akivaizdus ir chloridų kiekio ryšys su bendrąja mineralizacija.

**Sulfato jonų** koncentracijos reikšmės Širvintų kapinių gręžiniuose labai prieštaringos. Pvz., aukščiausiai esančiame Šir-1 gręžinyje sulfatų nustatyta netgi daugiau (96,8 ir 119 mg/l) nei „pasroviui“ įrengtuose gręžiniuose (nuo 20 iki 60 mg/l). Tai gali būti paaiškinta ne tik kapinių, bet ir kitų priežasčių įtaka. Radviliškio kapinių aplinkos gręžiniuose stebimas neįprastas sulfatų koncentracijos padidėjimas laiko atžvilgiu – dešimt ir daugiau kartų. Tikrovėje toks kitimas vargu ar įmanomas, todėl 2020 m. tyrimų rezultatai, gauti LGT laboratorijoje, buvo palyginti su kitose laboratorijose atliktų sulfatų tyrimų duomenimis. Galima daryti prielaidą, kad 2019 m. atliktų sulfatų tyrimų duomenys ne visai tikslūs. Jeigu remsimės vien 2020 m. tyrimais, turėsime konstatuoti, kad kapines supančiame gruntuose vandenyje, lyginant su medianine jų reikšme Lietuvos gruntuose vandenyje (17–20 mg/l), randamas gana didelis sulfatų kiekis, tačiau didesne dalimi tai nėra laidojimo vietoje vykstančių biodegradacijos procesų išdava.

**Kiti bendrosios cheminės analizės katijonai ir anijonai** ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $HCO_3^-$ ) kapines supančiuose gręžiniuose pasiskirsto nepriklausomai nuo gręžinio padėties filtracinio srauto krypties atžvilgiu. Tačiau laiko atžvilgiu daugelyje gręžinių stebima šių cheminių komponentų kiekio kaita. 2020 m. Rad-1, Rad-2 ir Rad-3 gręžiniuose aiškiai padidėja  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ir  $HCO_3^-$  jono kiekis. Tai galima sieti su sauringa 2019 m. vasara, kai gruntinis vanduo buvo gerokai nuslūgęs. 2020 m. gruntinio vandens lygis iš dalies atsikūrė ir vanduo filtravosi didesnio karbonatingumo nuogulomis. Svyravo  $Na^+$  koncentracija – kai kur kilo, o kai kur krito. Kai kuriais atvejais (Rad-1 ir Rad-2) tai koreliuoja su chloridų kiekiu. Vadinasi, šaltinis yra natrio chloridas, kurio esama ir laidojimo objektų sudėtyje.  $K^+$  greičiausiai atspindi kalio feldšpatų įtaką. Fosfatų koncentracijos šiose kapinėse įprastai niekuo neišsiskiria.

Širvintų kapinių gręžiniuose minėti komponentai pasiskirstę nevienodai: gręžinyje Šir-1 per metus jie iš esmės nepakinta, užtat Šir-2 stebimas  $Ca^{2+}$  ir  $HCO_3^-$  sumažėjimas. Tai sietina su nevienodomis uolienų, pro kurias teka gruntinis vanduo, savybėmis. Šir-3 per metus padidėja  $Na^+$  (kaip ir chloridų) kiekis, matyt, pagreitėjusi filtracija išplauna dalį šių komponentų iš kapinių grunto. Nuo Širvintų kapinių pusės tekančiame sraute nustatytas didesnis ir fonines reikšmes viršijantis fosfatų



3 pav. Gruntinio vandens mėginių paėmimas prie Širvintų kapinių. J. Arustienės nuotr.

kiekis. Tai rodo, kad per ganėtinai ilgą laiką fosforo junginių metabolitai iš kapinių grunto patenka į gruntinį vandenį.

**Cheminis ir biocheminis deguonies suvartojimas.** Abejose kapinėse permanganatinis ir bichromatinis indeksai beveik nesiskiria nuo vidutinių Lietuvos gruntinio vandens reikšmių. Išimtis tik Rad-3 gręžinys, kuriame abu rodikliai maždaug dvigubai didesni už foninius (atitinkamai 5,77 ir 23 mg O/l). Šis faktas kartu su padidėjusia nitritų ir amonio jonų koncentracija bei palyginti nedideliu kiekiu nitratų reiškia, kad į šį gręžinį atitekėjęs filtratas yra ganėtinai naujas ir organinių medžiagų degradacijos procesai čia dar nėra pasibaigę.

**Sunkiųjų metalų** – arseno, kobalto, gyvsidabrio, nikelio – koncentracijos nė viename gręžinyje neviršija prietaisų jautrumo ribos. Cinko, bario ir mangano kiekiai santykinai didesni jau minėtame Rad-3 gręžinyje (trupučiai viršija fonines reikšmes) – atitinkamai 0,361 ir 0,0231 mg/l. Galimai tai susiję su santykinai didele (0,0032 %) cinko koncentracija žmogaus organizme (Da Silva, Williams, 2001), laidojimo objektų biodegradacija ar metalinių karsto dalių korozija. Bario ir mangano kiekio padidėjimo priežastis lieka neaiški. Tai gali būti buitinės taršos rezultatas, kuriai, beje, būdingas ir didesnis nei foninis cinko kiekis.

**Kitų gruntiniame vandenyje tirtų junginių** – vaistinių preparatų, BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, ksileno), perfluorintų junginių, halogenintų ir nehalogenintų lakiųjų organinių junginių, policiklinių aromatinių angliavandenilių, polichlorintų bifeniolių, chlororganinių pesticidų, chlorofenolių, naftos angliavandenilių – kiekiai visuose 2019 m. tirtuose mėginiuose neviršijo analitinių prietaisų jautrumo ribos.

**Cheminų elementų tyrimai grunto mėginiuose.** Nustatytas didelis jų spektras: makroelementai S, P, Fe, Ca, Mg, K, Na; kai kurie oksidai: Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca ir Fe. Dauguma mikroelementų buvo palyginti su Lietuvos dirvožemių geocheminių tyrimų rezultatais (Kadūnas ir kt., 1999). Mikroelementų kiekis neviršija foninių reikšmių ir atitinka smėlio nuoguloms būdingus kiekius. Padidėję tik chromo ir alavo kiekiai. Teoriškai tai galima būtų paaiš-

kinti kapinių metalinių puošybos elementų (pvz., kryžių) korozija, bet greičiausiai sistemiskai aukštesnės jų kiekio reikšmės byloja apie laboratorijos prietaisų kalibravimo problemas, nes gruntiniame vandenyje jų koncentracijos nesiekia net jautrumo ribos. Kalcio ir magnio svyravimai atitinka karbonatų kaitos gruntuose dėsningumus, o fosforo kiekis aiškiai didesnis Širvintų kapinių apačioje esančiuose gręžiniuose, kur gruntiniame vandenyje randamas didesnis fosfatų kiekis. Arseno ir sieros kiekiai svyruoja gana dideliame intervale: siera – nuo 4,5 iki 102 mg/kg, o arsenas – nuo minimalių reikšmių iki 9,5 mg/kg. Šie elementai neblogai koreliuoja tarpusavyje ( $r = 0,72$ ). Tai reiškia, kad didelė sieros dalis greičiausiai aptinkama sulfidų sudėtyje, kurie nėra laidojimo objektų irimo tiesioginė pasekmė, o kita jos dalis prinešama su sulfatais. Geležies kiekis tokia koreliacija nepasižymi, nes tik maža jos dalis Lietuvos sąlygomis būna sulfidų sudėtyje.

## IŠVADOS

Radviliškio ir Širvintų kapinių hidrogeologiniai ir geocheminiai tyrimai parodė, kad pagrindinis kapinių taršos rodiklis yra įvairios azoto formos: nitratai, nitritai ir amonis. Jų kiekio tarpusavio santykis atskleidžia, kaip toli pažengusi biodegradacija ir kaip seniai susidarė į gruntinį vandenį patenkantis filtratas, – kuo didesnis nitritų ir amonio, palyginti su nitratais, kiekis, tuo biodegradacija mažiau pažengusi. Tai būdingiau naujesnėms kapinėms (ar kapavietėms). Ir priešingai – didesnis nitratų kiekis rodo jau įvykusią biodegradaciją, kuri būdinga senesnėms kapinėms. Tas pats požymis rodo ir didesnį atstumą nuo laidojimo objektų. Senesnių kapų rodikliu gali būti ir padidėjęs fosfatų kiekis, o kai kurių sunkiųjų metalų, tokių kaip cinkas ir baris, kiekis, taip pat didesnis permanganatinis bei bichromatinis indeksai rodo nevisišką organinės medžiagos susiskaidymą.

Įvairių kitų organinių medžiagų, tarp jų ir vaistinių preparatų, tyrimai neparodė jų kiekio padidėjimo gruntiniame vandenyje.

Matyt, šios medžiagos suyra arba lieka kapinių grunte ir į vandenį patenka itin mažais kiekiais. Grunto cheminės sudėties tyrimai leidžia manyti, kad tik dalis fosforo ir sieraos junginių galėtų būti prinešta iš kapinių arealo. Kitų grunto cheminių elementų kiekis dėl laidojimo objektų įtakos padidėjęs nežymiai.

Mikrobiologinės taršos tyrimai atskleidė, kad iš kapinių išstakančiame gruntinio van-

dens sraute ši tarša padidėjusi nežymiai. Tai reiškia, kad kapinių mikrobiologinės taršos šaltinis – ne vien tik laidojimo objektai. Ji vyksta ir kitais būdais, pvz., dėl kapinių lankytojų aktyvumo, ir yra tiesioginės buitinės taršos dalis. Tyrimų rezultatai rodo, kad gruntinis vanduo neatitinka geriamojo vandens mikrobiologinių reikalavimų dėl žarnyno lazdelių ir žarninių enterokokų skaičiaus.

## LITERATŪRA

- Da Silva, J. J., Frausto, R., Williams, R. J. P. The Biological Chemistry of the Elements. In *The Inorganic Chemistry of Life* (2001-08-16).
- Dent, B. B., Forbes, S. L., Stuart, B. H. Review of human decomposition processes in soil. *Environmental Geology*, 2004, 45 (4), p. 576–585.
- Young, C. P., Blackmore, K. M., Reynolds, P. J., Leavens, A. Pollution Potential of Cemeteries. In *R & D Technical Report P 223*. Environment Agency, 1999, 61 p.
- Kadūnas, V., Budavičius, R., Gregorauskienė, V., Katinas, V., Kliaugienė, E., Radzevičius, A., Taraškevičius, R. Lietuvos geocheminis atlasas (Geochemical atlas of Lithuania). Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba, Geologijos institutas, 1999, 162 p.
- Silva, L. M. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres (Cemeteries: potential source of contamination of superficial aquifers). In *IV Congresso Latino-Americano de Hidrologia Subterrânea* (IV Latin American Congress of the Hydrology of the Groundwater). Montevideo: ALHSUD, 1998, p. 667–681.
- Żychowski, J. Impact of WW 1 and 2 mass graves on the natural environment. Cracow: Pedagogical University of Cracow, 2008, 23 p.
- Żychowski, J., Bryndal, T. Impact of cemeteries on groundwater contamination by bacteria and viruses – a review. *Journal of Water and Health*, 2015, 13 (2), p. 285–301.

## Summary

### THE INFLUENCE OF CEMETERIES ON UNCONFINED GROUNDWATER QUALITY

The cemeteries are one of potential pollution sources of unconfined groundwater unless not being highlighted. The decay of fats, carbohydrates and some other materials human body is compound with finally results in carbon dioxide and water. However, decay of proteins results in forms of nitrogen – ammonium is finally oxidising as nitrite and nitrate ions. Also some chemical elements: sulphur, phosphorus, zinc, etc. can reach unconfined aquifer. There is significant for some microbiota getting the aquifer too.

In order to research the problem, some research was performed in two cemeteries: Radviliškis and Širvintai ones. The research in boreholes and wells gives us some evidence

on nitrates and ammonium to be the main pollutant of the cemeteries. The ratio of these chemical components depends on the distance of the distance of leachate migration and age of a cemetery. Some quantities of phosphates and zinc can be the certain indicator of the pollution. All other components, such as heavy metals, sulphate and chlorides, organic components do not show any significant increase in common case. Increase of permanganate and bichromate indexes could be the indicator of quite new cemetery case only. The results of the research also show the groundwater does not match the microbiological requirements of drinking water due to the number of intestinal rods and intestinal enterococci.