

Organinės medžiagos sklaida sąvartynų aplinkos gruntiniame vandenyje

Vytautas Juodkazis,
Rima Urbanavičiūtė

Juodkazis V., Urbanavičiūtė R. Organic matter spread in groundwater under the impact of municipal waste dumps. *Geologija*. Vilnius. 2002. No. 40. P. 32–45. ISSN 1392-110X.

Waste disposal sites present a global problem. In Lithuania, 15 dumps of municipal wastes have been studied in detail. The dumps are generators of organic matter in large amounts with low oxidation compounds prevailing.

Generalised data on shallow groundwater chemistry in the dump areas have shown that the summarised indices of organic matter – bichromate oxidation (BO) and permanganate oxidation (PO) reflect rather well the general level of pollution and can be considered the geoindicators of municipal pollution. Accumulation and degradation of organic matter are non-stationary processes, therefore single-type short-term investigations are not enough to reveal regularities in its distribution. A long-term monitoring of geological environment should be organised.

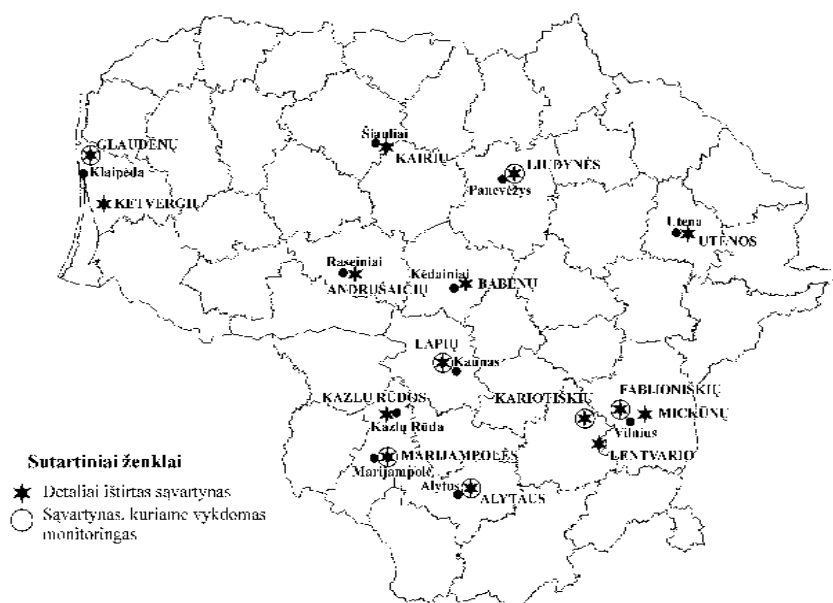
Keywords: groundwater, organic matter, waste dump sites, summarised organic matter

Received 30 August 2002, accepted 08 September 2002

Vytautas Juodkazis, Rima Urbanavičiūtė. Department of Hydrogeology and Engineering Geology, Vilnius University, M. K. Čiurlionio 21, LT-2009 Vilnius, Lithuania

ĮVADAS

Sąvartynai – pasaulinė problema. Ji aktuali ir Lietuvai. Tačiau jeigu daugelyje Vakarų Europos šalių sąvartynų tyrimai atliekami jau ne vieną dešimtmetį, tai Lietuvoje juos pradėta tirti tik atkūrus nepriklausomybę (Lesage, Jackson, 1992; Voigt, Wippermann, 1998). Lietuvoje sąvartynų poveikio arealų hidrogeologinius tyrimus atlieka privačios firmos. Tyrimo darbų apimtys ir metodinis lygis priklauso nuo kelių aplinkybių: skiriamų tyrimams lėšų, tyrimui naudojamos lauko ir laboratorinės įrangos bei hidrogeologinių darbų technologijos, specialistų, projektuojančių ir atliekančių tyrimus, kvalifikacijos.



1 pav. Tirtų sąvartynų išsidėstymo schema ir jų pavadinimai
Fig. 1. Location of the dumps studied and their names

Todėl tyrimų metu gauta informacija apie sąvartynų poveikį geologinei aplinkai yra labai nevienalytė, be to, duomenys apie sąvartynus nėra gausūs. Vis dėlto juos galima panaudoti platesniems apibendrinimams.

Penkiolikos didžiausių Lietuvos sąvartynų tyrimo duomenys kol kas yra apibendrinti tikrai rankraštiniame darbe (Urbanavičiūtė, 2001) (1 pav.). Jame išaiškinti bendriausieji buitinių sąvartynų poveikio geologinei aplinkai ypatumai. Šio darbo tikslas – pasinaudojus sukauptais duomenimis pateikti bendrą sąvartynų sukuriamos hidrogeocheminės aplinkos charakteristiką ir išsamiau aptarti organinės medžiagos sklaidos sąvartynų poveikio arealuose dėsninumus bei sąlygas, formuojančias sąvartynų aplinkos gruntinio vandens cheminę sudėtį. Straipsnis parengtas vykstant valstybinę programą „Litosfera“.

SAVARTYNUOSE ATLIKTŲ TYRIMŲ METODIKA IR APIMTYS

Dešimtyje iš penkiolikos tirtų didžiausių Lietuvos sąvartynų geologiniai-hidrogeologiniai tyrimai buvo atlikti rengiant jų projektą, kituose – juos jau eksploatuojant ar net uždarius (1 lentelė). Tyrimams naudoti tradiciniai geologiniai ir hidrogeologiniai metodai: pagal gręžimo ir hidraulinio išbandymo duomenis buvo nustatoma sąvartyno pagrindo nuogulų litologija, filtracinės savybės, vandens lygis, imami mė-

giniai vandens cheminei sudėčiai nustatyti. Tačiau ne visuose tirtuose sąvartynuose buvo atliktas visas paminėtas tyrimų kompleksas.

Tyrimams ir tolimesniems stebėjimams atskiruose sąvartynuose išgręžtas nevienodas gręžinių skaičius – nuo 4–8 iki 15–20. Gręžinių gylis taip pat nevienodas – nuo 3–9 iki 15–25 m (vienas net iki 51 m). Hidrogeologinių tyrimų metu paimtų mėginių skaičius, be monitoringo darbų metu paimtų mėginių, dažniausiai yra nuo 5–10 iki 15–25 ir priklauso nuo sąvartyno dydžio ir visuomenės požiūrio į jo keliamą grėsmę aplinkai. Pavyzdžiui, Kauno m. Lapių sąvartyne, garsėjančiame nepalankia ekologine situacija, įvairiems hidrocheminiams tyrimams paimti 188 požeminio ir 277 paviršinio vandens mėginiai. Septyniuose iš 15 minėtų sąvartynų atliekami stacionarus stebėjimai (monitoringas) (žr. 1 lentelė).

Nemažai tirtų sąvartynų (Mickūnų, Glaudėnų, Fabijoniškių, Alytaus, Ketvergių, Lapių) yra įrengti litologiniu požiūriu labai kaičiose, ledyno pakraštyje suklotose nuogulose, kur greta glacialinių moreninių priemolių yra ir smėlingų fluvio-glacialinių ir akvaglacialinių darinių. Dalis sąvartynų (Ketvergių, Kazlų Rūdos, Kariotiškių ir Lentvario) yra įrengti ant smėlingo, vandenį ir nuotėkas gerai praleidžiančio grunto. Tai kelia grėsmę gruntiniam vandeniui, nes aeracijos zonos storis po daugeliu sąvartynų yra nedidelis (vidutiniškai nuo 0,5 iki 5,6 m) ir tik atskirais

1 lentelė. Sąvartynų hidrogeologinių tyrimų duomenys
Table 1. Hydrogeological data on dumps

Eil. Nr.	Sąvartynas ¹	Tyrimų vykdytojas ²	Ataskaitos metai	Nuogulų geologinis indeksas	Paimta vandens mėginių cheminei analizei vnt.		Aeracijos zona		Monitoringas ³		
					požeminio	paviršinio	storis m	filtracijos koef. m/d	1	2	3
1	Kėdainių m. Babėnų	UAB BKG	1993	a, f, gIII ⁴	8	2	1,1–5,9	0,2–0,5	–	–	–
2	Šiaulių m. Kairių	LGT	1995	f, gIII	5	4	n.d. ⁵	n.d.	–	–	–
3	Marijampolės	UAB Grota	1997	gIII	5	2	0,7–1,7	n.d.	4	4	4
4	Utenos	LGT	1997	f, gIII	6	10	n.d.	n.d.	–	–	–
5	Panevėžio m. Liudynės	UAB BKG	1997	fIII	25	10	1,1–2,3	0,02–4,5	2	6	2
6	Lentvario	UAB EKO RIVI	1997	fIII	3	–	12–16	10–25	–	–	–
7	Mickūnų	UAB EKO RIVI	1997	f, gIII	11	–	2–4	1–3	–	–	–
8	Kariotiškių	UAB EKO RIVI	1997	fIII	21	–	21–43	11,3–14,9	4	7	–
9	Raseinių r. Andriūšaičių	AB Hidroprojektas	1998	ag, gIII	15	–	1,6–14,2	0,1–2,8	–	–	–
10	Alytaus	UAB BKG	1998	ag, gIII	12	–	1–13,2	~4,4	2	5	1
11	Vilniaus m. Fabijoniškių	UAB BKG	1998	f, ag, gIII	19	–	20,8–35,4	5–100	2	5	–
12	Klaipėdos m. Ketvergių	LGT	1998	fIII	10	4	0,9–6,1	n.d.	–	–	–
13	Kazlų Rūdos	UAB Grota	1999	agIII	7	1	0,2–0,8	~1	–	–	–
14	Klaipėdos r. Glaudėnų	AB Hidroprojektas	2000	aIV, gIII	18	–	0,7–3,1	0,1–9,6	4	10	3
15	Kauno m. Lapių	LGI	2000	f, gIII	188	277	0,7–11,3	0,12–2	4	19	15

¹ Pusjuodžiu šriftu pažymėti tekste naudojami sąvartynų pavadinimai; ² LGT – Lietuvos geologijos tarnyba, BKG – Baltijos konsultacinė grupė, LGI – Lietuvos geologijos institutas; ³ 1 – stebėjimų (monitoringo) periodiškumas (kartai per metus), 2 – stebėjimo gręžinių skaičius vnt, 3 – paviršinio vandens stebėjimo postų skaičius, vnt; ⁴ nuogulų indeksas: a – aliuvio, f – fluvio-glacialinės, ag – akvaglacialinės, g – glacialinės; ⁵ n.d. – nėra duomenų.

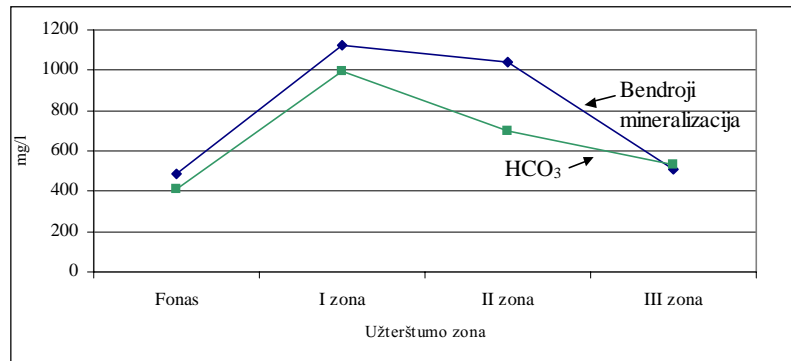
atvejais viršija 10 m. Nepalankiausios sąlygos taršai skliti iš sąvartynų yra moreninėse lygumose, kur įrengti Liudynės, Marijampolės ir Babėnų sąvartynai.

Išsamiai ištirtų Kauno (Lapių) ir Vilniaus (Fabijoniškių) sąvartynų, įrengtų smėlingų nuogulų paplitimo plote, duomenimis, intensyviai jų nuotėkomis teršiamo arealo plotas sudaro 20–30 ha, o maksimalus atstumas pasroviui, kuriame dar jaučiamas sąvartyno poveikis gruntinio vandens cheminei sudėčiai, sudaro apie 150–500 m. Moreniniuose priemoliuose įrengtame išsamiai ištirtame Panevėžio (Liudynės) sąvartyne intensyvios taršos arealas, galima sakyti, sutampa su jo kontūru, nes nuotėkų horizontalios filtracijos galimybė maža (be to, sąvartyną riboja melioracijos grioviai). Tačiau šiuo atveju per moreninį priemolį vyksta vertikalė filtracija, ir tarša yra pasiekusi 20–25 m gylyje slūgsantį Kupiškio-Suosos vandeningąjį horizontą. Tai kelia grėsmę jau ne tik gruntiniam, bet ir spūdiniam požeminiam vandeniui, nes yra susiję su artezinio vandens cheminės sudėties kaita ir jo kokybės blogėjimu.

BENDROJI SĄVARTYNŲ APLINKOS HIDROGEOCHEMINĖ CHARAKTERISTIKA

Bendriausias požeminio vandens cheminės sudėties ir jo, kaip geriamojo vandens, kokybės rodiklis yra bendroji mineralizacija, kurios maksimalios, o dažnai ir vidurkinės reikšmės sąvartynų aplinkoje gerokai viršija gėlo vandens 1 g/l ribą: maksimalios dažniausiai siekia 2–5 g/l, o Lapių sąvartyne – net 17 g/l (2 lentelė).

Visuose tirtuose objektuose nustatyta didelė kai kurių makroelementų koncentracija, susidaranti intensyvios taršos židinių centrinėse dalyse: chloridų iki 2–6, natrio – iki 0,8–4, hidrokarbonato jono – iki 3–12 g/l. Taip pat dideli biogeninių azoto junginių kiekiai aptinkami vandenyje amonio jono, nitritų ir nitratų forma. Jų koncentracija dešimtis ir šimtus kartų viršija geriamajam vandeniui didžiausias leidžiamas koncentracijas. Maksimalus nitratų kiekis siekia iki 3000 (DLK = 50), o nitritų – iki 1660 (DLK = 0,1) mg/l. Būdinga, kad greta didelio nitritų ir nitratų kiekio vandenyje daug yra ir amonio jonų – iki 300–1175 (DLK 2) mg/l. Tai dėsninga, nes sąvartynas generuoja didelį organinės medžiagos kiekį, kurios gruntiniame vandenyje esantis deguonis nespėja oksiduoti. Be to, sąvartyno poveikio areale yra padidėjęs ir sunkiųjų metalų kiekis. Nikelio koncentracija viršija DLK geriamajam vandeniui beveik visuose sąvartynuose. Rečiau nurodytą normą



2 pav. Bendros mineralizacijos ir hidrokarbonatų koncentracijos kaita Fabijoniškių sąvartyno gruntiniame vandenyje

Fig. 2. Variations of total mineralization and hydrocarbonate content in shallow groundwater at Fabijoniškės dump

viršija švinas, chromas, kadmis (žr. 2 lentelę). Didžiausia tarša sunkiaisiais metalais vyksta tuose sąvartynuose, kuriuose kartu su komunalinėmis yra kaupiamos ir skystos pramoninės atliekos.

Panagrinęs hidrocheminę situaciją sąvartyno poveikio areale, jame galima išskirti tris zonas: intensyvios taršos (I zona), mažėjančios taršos (II zona) ir pereinančios į foną (III zona) (2 pav.). Pirmojoje zonoje susidarantis filtratas yra labai koncentruotas teršalas, kurio maksimali koncentracija, kaip minėta, dažniausiai siekia 2–5 g/l. Jame yra ištirpusių labai įvairių teršiančių medžiagų, tarp jų ir organinių. Patėkęs į gruntinį vandenį filtratas gerokai atsiskiedžia. Be to, dalį teršalų prieš tai dar sorbuoja ir aeracijos zonos nuogulos, dalis lakių filtrato komponentų patenka į atmosferą. Todėl II zonoje vandens koncentracija ženkliai sumažėja. Tolimesnę teršiančių medžiagų migraciją lemia hidrogeologinės ir hidrologinės sąlygos. Dažnai šalia sąvartynų teka upeliai ar praeina melioracijos grioviai, į kuriuos suteka užterštas gruntinis II zonos vanduo. Tokiais atvejais teršiamas paviršinis vanduo. Toliau pagal srauto kryptį (III zonoje) stebimas pakankamai staigus vandens kokybės gerėjimas. Jo cheminė sudėtis artėja prie foninių reikšmių. Priklausomai nuo gruntinio vandeningojo sluoksnio litologinės sudėties gamtinės įvairių komponentų vertės atsistato už 200–600 m nuo sąvartyno. Šis bendras *teršimo* ↔ *apsivalymo* procesas būdingas ir organinei medžiagai, tikriausiai, jos suminių rodiklių – permanganato ir bichromato skaičių – kaitai įvairiose sąvartyno hidrocheminėse zonose.

ORGANINĖS MEDŽIAGOS SUMINIAI RODIKLIAI GRUNTINIAME VANDENYJE

Sąvartynuose, t. y. buitinių ir dažnai pramoninių atliekų sąvartose, yra daugybė organinių junginių, kuriuos nustatyti atskirai nėra jokios galimybės. Tai pareikalautų daugybės vandens mėginių analitinių tyri-

2 lentelė. Požeminio vandens kokybė sąvartynuose (nuo – iki/vidurkis mg/l) ¹
 Table 2. Groundwater quality in the dumps (from – to/average, mg/l)

Sąvartynas	BS ² mg/l O ₂	PS ² mg/l O ₂	O ₂	Mg ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	BM ³
DLK, HN 24:1998	–	6,5	–	–	–	–	–	350	450	–
Babėnų (Kaunas)	<u>7–580</u> 106,6	<u>3,04–81,06</u> 16,37	–	18–221 53	<u>13,6–846</u> 124,6	68–201 106,6	250–1098 423,6	11– 2026 291,3	14–418 110,4	380–536 493,6
Kairių (Šiauliai)	–	<u>4,8–93,28</u> 39,96	<u>3,7–6,3</u> 5,16	<u>40,7–108,8</u> 65	<u>11,7–1039</u> 266	<u>74–416</u> 168	<u>292,8–921,1</u> 507,5	<u>39,1–1988</u> 568,4	<u>6,6–84</u> 47	<u>408–4990,6</u> 1566,5
Ketvergių (Klaipėda)	<u>7,7–3200</u> 665,1	<u>1,44–2760</u> 786,16*	–	<u>14,6–97,1</u> 32,4	<u>5,5–190</u> 54,8	<u>86–620</u> 199,1	<u>257,1–3349</u> 791,6	<u>9,6–278,5</u> 82,5	<u>28,3–516,6</u> 129,3	<u>352,3–3366,8</u> 960,97
Marijampolės	<u>6,79–700</u> 365,36	<u>2,56–54,4</u> 19,1	<u>0–4,64</u> 3,28	<u>33,7–300,4</u> 170,7	<u>37,2–793,6</u> 408,4	<u>96–7</u> 384,8	<u>571,3–1863,6</u> 1059,6	<u>13,5–2527,6</u> 1135,4	<u>115,6–338,6</u> 197,3	<u>626,8–3881,5</u> 2035,12
Utenos	–	<u>6,72–76,48</u> 30	–	<u>32,9–125,1</u> 83,6	<u>7,6–391,7</u> 105,1	<u>70–215</u> 145,8	<u>366–3050</u> 1259,6	<u>12,1–539,6</u> 149,6	<u>21,4–144,1</u> 70	<u>457,2–3669,2</u> 1379
Liudynės (Panevėžys)	<u>12,8–1300</u> 277,4	<u>2,76–254,4</u> 74,95	<u>0–3,52</u> 1,18	<u>14,6–202,5</u> 71,6	<u>6,3–1901,5</u> 506,9	<u>52–254</u> 122,3	<u>125,4–6248,5</u> 1685,1	<u>4,97–1065</u> 380	<u>2,5–1697,2</u> 322,9	<u>366,1–7786,3</u> 2390,6
Lentvario	–	<u>2,96–10,88</u> 13,63	–	<u>29,9–57,3</u> 41,7	<u>27,8–659,5</u> 286	<u>53–244</u> 155	<u>282,8–1129</u> 832,6	<u>10,2–800,7</u> 328,7	<u>31,4–170,8</u> 102,1	<u>340–2603,3</u> 1095,4
Mickūnų (Vilnius)	–	<u>0,8–36,72</u> 7,99	–	<u>6,1–64,4</u> 26,3	<u>3,3–178,5</u> 45,5	<u>35–229</u> 83,6	<u>105–1568</u> 387,7	<u>9–328</u> 78,2	<u>18,3–62</u> 40,1	<u>1778–1526,7</u> 624,5
Kariotiškių (Vilnius)	<u>3,27–158,4</u> 40,54	<u>1,2–28</u> 10,18	–	<u>4,7–80,3</u> 42,6	<u>2,1–532,1</u> 51,6	<u>32–400</u> 90	<u>171–1220</u> 451,8	<u>2,84–814,4</u> 86,1	<u>4,8–240,3</u> 38,7	<u>165–3135</u> 582,2
Andriušaičių (Raseiniai)	–	<u>0,1–730</u> 102,8	–	–	–	–	–	<u>6,93–487,9</u> 93	–	–
Alytaus	<u>3,66–170,7</u> 86	<u>0,4–32,4</u> 12	–	<u>19,5–78,8</u> 36,5	<u>3,3–398,7</u> 68,8	<u>62–234</u> 104,7	<u>292,2–1296</u> 531,9	<u>14,9–651,6</u> 88,9	<u>17,2–172,2</u> 57,9	<u>337,7–2329,7</u> 618,8
Fabijoniškių (Vilnius)	–	<u>0,64–38,88</u> 11,62	<u>0–9,12</u> 4,3	<u>22–91,5</u> 47,3	<u>6–367</u> 97,1	<u>70–288</u> 160,3	<u>223,4–1439,6</u> 768,7	<u>2,8–264,7</u> 52,3	<u>13,8–343,1</u> 96,7	<u>209,6–2151,8</u> 912,9
Kazlų Rūdos	<u>23,1–79,6</u> 39,6	<u>6,4–13,92</u> 10,86	<u>0,08–6,08</u> 1,88	<u>20,4–38,6</u> 29,3	<u>1,85–16,2</u> 7,19	<u>66–100</u> 80,8	<u>190,2–360,6</u> 276,5	<u>11,2–38,2</u> 19,4	<u>40–91</u> 58,3	<u>249–452,8</u> 346,7
Gludėnų (Klaipėda)	<u>4,4–200</u> 47,4	<u>3,76–1104</u> 193,99	–	–	–	–	–	<u>14,2–1551,4</u> 273,1	<u>3,9–141</u> 41,5	–
Lapių (Kaunas)	–	<u>0,24–1600</u> 131,84	<u>0–12,4</u> 2,99	<u>4,9–352</u> 53,4	<u>1,7–4320</u> 281,3	<u>20–640</u> 143,4	<u>61–12400</u> 1075,9	<u>1,76–6460</u> 742,8	<u>0–4360</u> 277,1	<u>132–17079</u> 2114,6

2 lentelės tęsinys Table 2 (continued)											
Sąvartynas	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	pH	El. laidis μS/cm	CO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Fe	Mn	K	Cu
DLK, HN 24:1998	50	0,1	2,0	6,0–9,0	2500	–	–	1,0	0,2	–	2
Babėnu	<u>0–14</u> 5,3	<u>0–0,6</u> 0,2	<u>0,1–300</u> 38,2	–	–	–	–	<u>0,001–28,4</u> 5,8	<u>0,005–0,6</u> 0,26	<u>1,43–214,5</u> 46,73	<u>0,007–0,273</u> 0,08
Kairių	<u>0,09–0,42</u> 0,18	<u>0–0,013</u> 0,005	<u>1,13–49,84</u> 11,81	<u>6,72–7,24</u> 6,96	–	<u>0,06–0,14</u> 0,096	–	<u>0,49–106</u> 24,6	<u>0,14–0,73</u> 0,4	<u>5,65–14,55</u> 10,82	<u>0,001–0,006</u> 0,003
Ketvergių	<u>1,04–63,9</u> 33,01	<u>0,013–0,89</u> 0,16	<u>0,02–107</u> 14,14	<u>6,72–7,9</u> 7,19	<u>558–3610</u> 1285	<u>0,07–0,72</u> 0,24	–	–	–	<u>0,024–91,86</u> 16,8	–
Marijampolės	<u>0–26,58</u> 6,42	<u>0–0,55</u> 0,13	<u>0,41–125,29</u> 25,58	<u>6,79–7,4</u> 7,06	<u>912–7990</u> 4468	<u>0,1–0,53</u> 0,28	–	–	<u>0,2–1,47</u> 0,85	<u>5,7–127,6</u> 33,3	<u>0–0,006</u> 0,003
Utenos	<u>366–3050</u> 1259,65	<u>0–0,467</u> 0,16	<u>2,67–391,3</u> 101,92	<u>6,73–7,26</u> 6,93	–	<u>0,09–0,47</u> 0,2	–	<u>0,103–46,3</u> 27,25	<u>0,28–1,83</u> 0,85	<u>0,22–323,76</u> 82,03	<u>0,003–0,008</u> 0,006
Liudynės	<u>0–31,44</u> 2,39	<u>0–1,66</u> 0,13	<u>0,39–338,16</u> 55,78	<u>6,74–10,87</u> 7,16	<u>10,3–9320</u> 2864,9	<u>0,06–46,5</u> 2,32	–	<u>0,19–53,06</u> 15,12	<u>0,018–1,1</u> 0,395	<u>2,28–694,15</u> 184,7	<u>0,006–0,034</u> 0,018
Lentvario	<u>28,4–161,8</u> 91,98	<u>0–1,15</u> 0,46	<u>4,96–40,9</u> 27,87	<u>6,74–7,97</u> 7,02	–	<u>0,1–0,61</u> 0,3	–	–	<u>0,007–0,05</u> 0,023	<u>1,17–57,83</u> 38,9	<u>0,012–0,036</u> 0,022
Mickūnų	<u>0–31,16</u> 5,06	<u>0–1,07</u> 0,114	<u>0–71,82</u> 7,41	<u>7,11–9,03</u> 7,62	–	<u>0,16–4,13</u> 1,58	–	–	<u>0,009–1,48</u> 0,39	<u>0,25–201,47</u> 24,56	<u>0,007–0,039</u> 0,017
Kariotiškių	<u>0,25–341,8</u> 18,3	<u>0–1,53</u> 0,17	<u>0,12–33,85</u> 3,29	<u>6,7–7,82</u> 7,16	–	<u>0,05–0,23</u> 0,17	<u>0–0,07</u> 0,008	<u>1,15–14</u> 4,109	<u>0,132–2,09</u> 0,62	<u>0,45–115,57</u> 12,73	<u>0,014–0,89</u> 0,103
Andriušaičių	<u>0,032–66,6</u> 11,16	<u>0–0,12</u> 0,033	–	–	–	–	<u>0,02–0,113</u> 0,054	<u>0,003–3,4</u> 0,63	<u>0,011–2,24</u> 0,007	–	<u>0,005–0,016</u> 0,01
Alytaus	<u>0–25,4</u> 6,98	<u>0,02–1,14</u> 0,18	<u>0,06–93,05</u> 14,3	<u>6,66–7,9</u> 7,09	–	<u>7,5–357,8</u> 99,46	–	<u>0,11–27,86</u> 2,82	–	<u>0,44–151,26</u> 26,68	–
Fabijoniškių	<u>0,66–426,9</u> 101,5	<u>0–5,72</u> 1,16	<u>0,033–97,2</u> 14,02	<u>6,59–7,61</u> 6,92	<u>597–7380</u> 1691,9	<u>0,05–0,27</u> 0,143	–	<u>0,13–28,9</u> 4,48	<u>0,06–1,89</u> 0,78	<u>0,02–166,58</u> 35,4	<u>0,001–0,226</u> 0,025
Kazlų Rūdos	<u>0–26,57</u> 6,64	<u>0–5,59</u> 1,08	<u>0,17–7,89</u> 2,037	<u>6,85–8</u> 7,14	<u>349–671</u> 504	<u>0,04–0,69</u> 0,181	–	<u>0,11–0,53</u> 0,26	<u>0,072–2,73</u> 0,69	<u>0,95–8,17</u> 3,7	<u>0,002–0,03</u> 0,009
Glaudėnų	<u>0,62–65</u> 9,22	<u>0–0,75</u> 0,18	–	<u>7,5–8,4</u> 7,94	–	–	–	–	<u>0,01–12,35</u> 2,49	–	<u>0,011–0,28</u> 0,082
Lapių	<u>0,35–905</u> 30,95	<u>0–3,19</u> 0,18	<u>0–1175</u> 55,77	<u>5,48–8,08</u> 6,65	–	–	<u>0–26,2</u> 1,69	<u>0,01–130</u> 17,02	<u>0,008–15</u> 1,97	<u>0,04202630</u> 132,48	<u>0,001–0,48</u> 0,024

2 lentelės tęsinys Table 2 (continued)														
Sąvartynas	Zn µg/l	Ni µg/l	Sr µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Pb µg/l	Hg µg/l	As µg/l	DAA ⁴ µg/l	SPAM ⁵ µg/l	Fenoliai µg/l	HR ⁶ µg/l	FR ⁷ µg/l
DLK, HN 24:1998	–	20	–	5	–	50	25	1	–	–	–	–	–	–
Babėnų	<u>55–14750</u> 4934	<u>5–115</u> 30	–	<u>2–33</u> 7	<u>7–130</u> 30	<u>5–352</u> 88	<u>14–86</u> 37	–	–	–	<u>0,01–0,33</u> 0,091	<u>0–0,18</u> 0,062	–	–
Kairių	<u>47–267</u> 106	<u>5–102</u> 35	<u>80–1620</u> 706	<u>0–1</u> 0	–	<u>1–38</u> 11	<u>3–11</u> 6	–	–	–	–	–	–	–
Ketvergių	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	<u>0,001–0,5</u> 0,06	–	–
Marijampolės	<u>2–120</u> 56	<u>2–27</u> 16	<u>0–1744</u> 451	<u>0–1</u> 0	<u>0–2</u> 1	<u>0–7</u> 2	<u>1–42</u> 13	–	<u>0–1</u> 0	–	<u>0,02–2,17</u> 0,77	<u>0,001–0,27</u> 0,0497	–	–
Utenos	<u>46–793</u> 295	<u>3–117</u> 34	–	<u>0–1</u> 1	<u>1–22</u> 8	<u>0–6</u> 3	<u>1–3</u> 2	–	–	–	–	–	–	–
Liudynės	<u>8–131</u> 38	<u>1–1948</u> 171	–	–	–	<u>0–66</u> 11	<u>3–139</u> 60	–	–	<u>0–282,4</u> 27,714	–	<u>0–0,91</u> 0,078	<u>0,014–157</u> 6,42	<u>0,037–22,2</u> 3,94
Lentvario	<u>2–35</u> 18	<u>22–235</u> 100	–	<u>0–1</u> 1	<u>26–30</u> 28	<u>1–23</u> 9	<u>1–2</u> 2	–	–	<u>0,75–330,8</u> 112,11	–	–	–	–
Mickūnų	<u>1–3000</u> 456	<u>3–60</u> 23	–	<u>0–4</u> 2	<u>0–23</u> 10	<u>3–44</u> 19	<u>1–110</u> 27	–	–	<u>0–5,81</u> 1,96	–	–	–	–
Kariotiškių	<u>373–3495</u> 1069	<u>0–360</u> 48	–	<u>1–17</u> 7	–	<u>0–82</u> 16	<u>95–660</u> 235	<u>0–1</u> 0	–	–	–	<u>0–0,01</u> 0,0019	–	–
Andriušaičių	<u>14–265</u> 93	<u>5–102</u> 19	–	<u>1–3</u> 2	–	<u>4–15</u> 7	<u>12–42</u> 23	–	–	–	–	–	–	–
Alytaus	–	–	–	–	–	–	–	–	–	<u>0–344,07</u> 50,54	–	<u>0,002–0,1</u> 0,029	<u>0,055–0,668</u> 0,26	<u>0,073–1,73</u> 0,603
Fabijoniškių	<u>5–53</u> 25	<u>1–324</u> 45	–	<u>0–1</u> 1	<u>0–32</u> 9	<u>0–23</u> 8	<u>1–6</u> 2	–	–	<u>0–7,3</u> 4,45	–	<u>0,018–0,08</u> 0,435	–	–
Kazlų Rūdos	<u>24–4800</u> 2402	<u>1–5</u> 3	<u>85–193</u> 123	0,5	–	<u>0,5–2</u> 1	<u>2–24</u> 9	–	–	0,027	–	–	–	–
Gludėnų	<u>21–68</u> 236	<u>1–540</u> 162	–	<u>0–7</u> 4	–	<u>8–189</u> 71	<u>14–225</u> 129	<u>0,2–2</u> 0,4	<u>1–53</u> 15	–	–	–	–	–
Lapių	<u>5–2600</u> 120	<u>10–1300</u> 142	–	<u>1–117</u> 15	–	<u>3–2700</u> 100	<u>10–1650</u> 83	–	–	–	–	–	–	–

¹ Koncentracijos, viršijančios DLK, pateikiamos pusjuodžiu šriftu; ² BS – biochromato, PS – permanganato skaičiai (ChDS_{Cr} ir ChDS_{Mn}); ³ bendroji mineralizacija; ⁴ daugiacykliniai aromatiniai angliavandeniliai; ⁵ sintetinė aktyviojo paviršiaus medžiaga; ⁶ humino rūgštys; ⁷ fulvo rūgštys.

mų bei, savaime suprantama, lėšų. Todėl Lietuvoje tirtų sąvartynų aplinkos gruntiniame vandenyje nustatyta labai nedaug atskirų organinių junginių: daugiaciklinių aromatinių angliavandenilių (3 sąvartynuose), sintetinės aktyviojo paviršiaus medžiagos (2), fenolių (7), humuso ir fulvo rūgščių (2). Be to, iš kiekvieno sąvartyno paimta tik po kelis pavyzdžius, kurių per maža norint išaiškinti kokius nors dėsningumus (žr. 2 lentelę).

Geriau ištirti suminiai organinės medžiagos rodikliai, kurie parodo, koks deguonies kiekis yra su naudojamas vandenyje ištirpusios organinės medžiagos cheminiam oksidavimui. Jie dažniausiai žymimi santrumpa ChDS. Oksidavimui naudojami du oksidatoriai: kalio permanganatas ($KMnO_4 - ChDS_{Mn}$) ir/ar kalio bichromatas ($K_2C_2O_7 - ChDS_{Cr}$), kurie dar vadinami **permanganato (PS) ir bichromato (BS) skaičiais**. Kalio permanganatas ($ChDS_{Mn}$) yra silpnesnis oksidatorius: oksiduoja 35–50% ir tik lengvai oksiduojamus junginius (riebalų rūgštis, dažniausiai acetato ir acto). Tuo tarpu kalio bichromatas ($ChDS_{Cr}$) oksiduoja iki 95–98% vandenyje esančios lengviau ir sunkiau oksiduojamos organinės medžiagos. Prie sunkiau oksiduojamų organinių junginių priskiriami riebalai, baltymai, angliavandeniai ir kt.

Minėti du organinės medžiagos suminiai rodikliai tiriant hidrogeocheminius procesus yra svarbūs dviem požiūriais: 1) BS/PS santykis leidžia spręsti apie lengviau ir sunkiau oksiduojamų organinių medžiagų santykinį kiekį, 2) žinant bichromato skai-

čiaus vertę yra galimybė nustatyti ir pagrindinį organinės medžiagos požeminiame vandenyje suminį rodiklį – organinės anglies kiekį (C_{org}), kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{org} = ChDS_{Cr} \cdot \frac{12}{32} = ChDS_{Cr} \cdot 0,375 \text{ (mg/l)};$$

čia 0,375 – skaitinis koeficientas, rodantis anglies ir deguonies ekvivalentinio kiekio santykį.

Visuose penkiolikoje tirtų sąvartynų aplinkoje paimtuose vandens mėginiuose buvo nustatyta permanganato skaičiaus vertė, tačiau tik aštuonių sąvartynų vandens mėginiuose buvo nustatytas bichromato skaičius. Bendras tokių sudvejintų analizių, leidžiančių apskaičiuoti BS/PS santykį, skaičius buvo 66. Tąd duomenų sistemimui buvo pasinaudota statistiniais metodais. Kadangi organinės medžiagos suminių rodiklių statistiniai parametrai ir koreliaciniai ryšiai jau buvo tirti natūralioje ir mažai pažeistoje gamtinėje aplinkoje, tai statistinis minėtų 66 analizių duomenų apdorojimas, siekiant palyginti rezultatus, buvo atliktas pagal tą pačią metodiką (Arustienė, Juodkasis, 2001) (3 ir 4 lentelės).

Lyginant sąvartynų aplinkos gruntinio vandens suminių organinės medžiagos statistinių parametrv vertes su analogiškoms vertėms, gautomis natūraliose arba mažai antropogeninių sąlygų pažeistose vietose, matyti, kad minimalios vertės yra du–tris, mediana – dešimtis, o maksimalios – šimtus kartų didesnės. Taigi sąvartynas, būdamas lokalus multikomponentinis tar-

3 lentelė. Sąvartyno poveikio arealo gruntinio vandens statistiniai organinės medžiagos suminių rodiklių parametrai
Table 3. Statistical parameters of the waste dump impact on shallow groundwater summarised organic matter indices

Suminiai parametrai	Mėginių skaičius	Statistiniai parametrai						
		vidurkis	mediana	minimumas	maksimumas	25% kvartilis	75% kvartilis	standartinis nuokrypis
$ChDS_{Mn}$	66	123,82	19,04	1,04	2760	6,72	94,4	369,42
$ChDS_{Cr}$	66	328,9	84,85	3,27	3200	28,39	344,5	642,73
$C_{org,aps.}$	66	123,34	31,82	1,23	1200	10,64	118,54	241,02

4 lentelė. Požeminio vandens grupės, išskirtos pagal bichromato (BS) ir permanganato (PS) skaičių santykį bei pagal sąvartynų poveikio arealo gruntiniame vandenyje ištirpusios organinės medžiagos (OM) savybes
Table 4. Groundwater groups distinguished according to bichromate (BS) and permanganate (PS) oxidation ratio, taking into account features of organic matter (OM) dissolved in shallow groundwater under the impact of waste dump

BS/PS santykio grupė	BS/PS santykis	Permanganatu oksiduotos OM dalis %	BS vidurkis mg/l O_2	$C_{org,aps.}$ vidurkis mg/l	PS vidurkis mg/ O_2	BS–PS koreliacinis ryšys	Mėginių skaičius	% nuo bendro mėginių skaičiaus
1*	<1,3	>75	–	–	–	–	2	3,0
2*	1,3–2,0	50–75	–	–	–	–	4	6,1
3	2,0–4,0	25–50	331,18	124,9	110,37	0,985	33	50,0
4	>4,0	>25	246,85	92,57	46,34	0,989	27	40,9

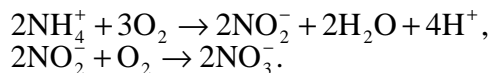
* Maža duomenų imtis – statistiniai rodiklių parametrai neskaičiuojami.

šos židiny, kartu yra ir didelio (palyginus su gamtiniu) organinės medžiagos kiekio generatorius (žr. 3 lentelę). Be to, BS/PS santykis 91% iš 66 mėginių yra didesnis už 2, o tai reiškia, kad vandenyje vyrauja sunkiai oksiduojama organinė medžiaga (27 mėginiuose ji sudaro daugiau kaip 75%). Jos „pavedimo“ į lengviau oksiduojamas medžiagas procesas yra tikriausiai lėtesnis negu organinės medžiagos generacijos (žr. 4 lentelę). BS ir BS–PS koreliacinio ryšio grafikas, arba, kitaip tariant, ryšys tarp visos ir sunkiai oksiduojamos organinės medžiagos, yra tiesė. Koreliacijos koeficientas visai imčiai yra lygus 0,86, tačiau žemų BS verčių intervale (iki BS = 500–750 mg/l O₂) taškų išsibarstymas mažesnis ir minėto koeficiento vertė lygi 0,98. Iš to galima spręsti, kad esant mažesnei organinės medžiagos koncentracijai vandenyje, jos generacijos ir oksidacijos procesai yra apylygiai (3 pav.).

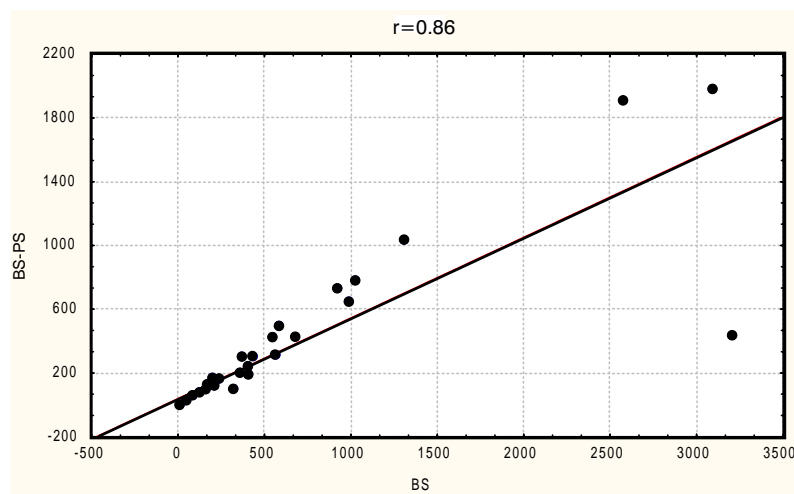
Įdomu pažymėti, kad analogiškas BS priklausomybės nuo BS–PS grafikas buvo sudarytas natūraliose ir antropogeninių veiksnių mažai pažeistose sąlygose besiformuojančio požeminio vandens, kur maksimalios BS vertės siekė tik 30 mg/l O₂ (imtis – 533 analizės). Koreliacijos koeficientas buvo 0,984, tačiau ir tuo atveju gautas panašus priklausomybės vaizdas – mažesnis išsibarstymas buvo stebimas žemų verčių intervale (Arustienė, Juodkakis, 2001). Apie lėtą organinės medžiagos oksidacijos procesą sąvartyno aplinkos filtrate ir gruntiniame vandenyje galima spręsti paanalizavus ir biogeninių azoto junginių tarpusavio santykius.

Didžiąją atliekų dalį tirtuose sąvartynuose sudaro buitinės atliekos, kuriose visuomet daug azoto turinčios organinės medžiagos. Jai pūvant ir irstant, pirmiausia išsiskiria amoniakas (NH₃), kuris, vandens

terpėje prisijungęs vandenilio atomą, virsta amonio jonu (NH₄⁺). Jeigu vandenyje yra pakankamai deguonies, tai oksidacinėje aplinkoje vyksta nitrifikacijos procesas. Pirmiausia susidaro nitrito jonas, o po to, jeigu deguonies vandenyje yra daug, ir galutinis organinės medžiagos nitrifikacijos produktas – nitrato jonas (Крайнов, Швец, 1989 ir kt.).



Atliekant minėtų 15-os sąvartynų 66-ių filtrato ir gruntinio vandens mėginių hidrocheminę analizę, deguonis buvo nustatytas tik 15-oje mėginių. Visai deguonies nerasta 5 mėginiuose, nuo 0,1 iki 1 mg/l jo rasta 2-se, nuo 1 iki 2 mg/l – 3-se ir nuo 2 iki 3,5 mg/l – 5-se mėginiuose. Apie deguonies stoką sąvartynų aplinkoje galima spręsti ir iš biogeninių elementų kiekio. Iš minėtų trijų biogeninių azoto junginių formų vyrauja amonio jonas (NH₄⁺). Nitrito ir nitrato jonų arba visai nėra, arba yra tik dešimtosios ir šimtosios vieneto dalys (iš 66 mėginių tik trečdalyje NO₂⁻ viršijo DLK (0,1 mg/l), o NO₃⁻ (DLK = 50 mg/l) – tik 4 mėginiuose). Žinant, kad organinės medžiagos degradacijos pradinėje stadijoje sunkiai oksiduojamos medžiagos „pavedamos“ į lengvai oksiduojamas ir kad tik po to prasideda nitrifikacijos procesas bei pirmiausia susidaro amonio jonas, tai geriausias jo koreliacinis ryšys turėtų egzistuoti su lengvai oksiduojamos organinės medžiagos dalimi, kurios kiekybine išraiška yra permanganato skaičius. Ši prielaida pasitvirtino (r = 0,85), tačiau koreliacinis ryšys ir su sunkiai oksiduojama medžiaga (BS–PS) yra panašus (r = 0,80).



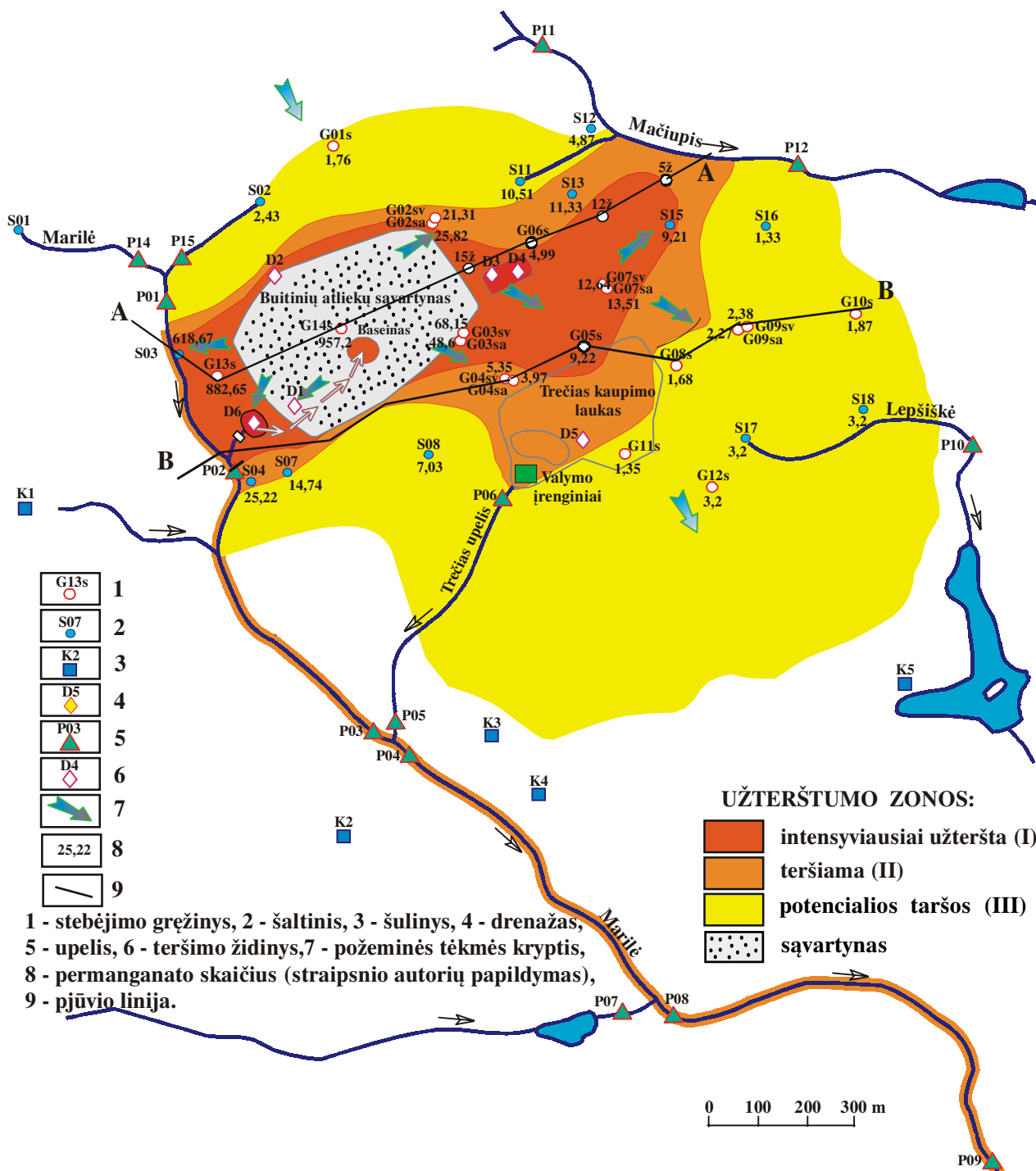
3 pav. Koreliacinio ryšio tarp bichromato skaičiaus (BS) ir skirtumo tarp bichromato ir permanganato skaičių (BS–PS) grafikas

Fig. 3. Bichromate COD number (BS) relation to the difference between bichromate and permanganate COD numbers CBS–PS)

ORGANINĖS MEDŽIAGOS SUMINIŲ RODIKLIŲ SKLAIDA

Organinės medžiagos sklaidai sąvartynų gruntiniame vandenyje būdingi bendrieji cheminės taršos sklaidimo dėsniumai – konvekcinis jos transportas ir laipsniškas prasiskidimas bei degradacija. Atliktų darbų apimtis ir gauti tyrimų duomenys neleidžia visapusiškai išnagrinėti šio klausimo, todėl jis bus aptartas dviejų geriausiai ištirtų sąvartynų pavyzdžių, vienas iš kurių yra įrengtas smėlingų, antrasis – molingų nuogulų paplitimo plotuose.

Lapių sąvartynas. Daugiausia informacijos apie organinės medžiagos sklaidą gauta tiriant Kauno (Lapių)



4 pav. Lapių sąvartyno hidromonitoringo postai ir užterštumo zonos (pagal J. Diliūną, M. Kaminską, V. Bajoriną, 2001)
 Fig. 4. Hydrological monitoring posts and pollution zones at the Lapės dump (after J. Diliūnas, M. Kaminskas, V. Bajorinas, 2001)

sąvartyną (Diliūnas ir kt., 2001), kuris yra daugeliui Lietuvos sąvartynų tipinėse sąlygose, nes jo teritorijoje plačiai paplitę smėlingi dariniai.

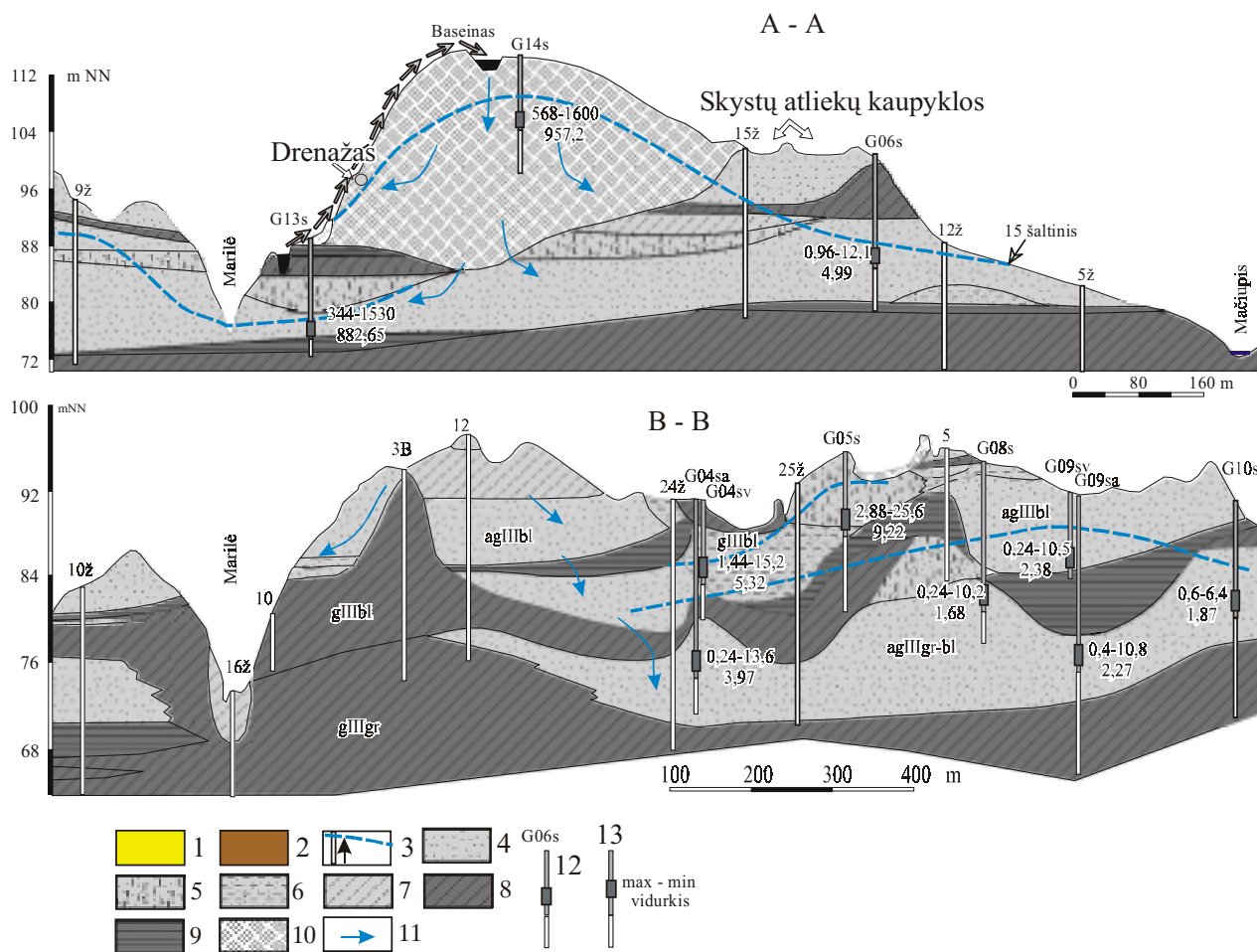
Technogeninėje ir hidrologinėje sąvartyno situacijoje galima išskirti dvi pagrindines ekologinio pavojingumo dalis: pirmą – kietų, daugiausia buitinių atliekų sąvartyną su skystų pramoninių atliekų ba-

seinu; antrą – sąvartyno poveikio (užterštumo) teritoriją, susidedančią iš trijų zonų (I – intensyviai užterštos, II – teršiamos, III – potencialios taršos) (4 pav.). Sąvartyno aplinkoje įrengtas monitoringo tinklas, kuriame įvairios paskirties ir konstrukcijos stebėjimo postai yra pažymėti įvairiais simboliais ir skaičiais: G 02s – gręžinys, įrengtas į gruntinį sluoks-

nį arba į viršutinę (sv) ir apatinę (sa) bendro grunto ir tarpfluoksninio vandeningojo komplekso dalį; S 02 – šaltinis; K 2 – šulinys; D 2 – sąvartyno drenažo sistemos išleidėjas ir skystų atliekų kaupyklos (teršimo židiniai); P 02 – paviršinio vandens tyrimo postai. Minėtuose postuose nuo 1994 iki 2002 m. pradžios atlikti hidrogeocheminiai tyrimai (Diliūnas ir kt., 2001). Monitoringo metu atliekant hidrogeocheminius gruntinio ir drenažinio vandens tyrimus, daugiausia buvo nustatomas permanganato skaičius (ChDS_{Mn}). Todėl ir šiame straipsnyje organinės medžiagos dėšningumai sąvartyno aplinkos gruntiniame vandenyje aiškinami remiantis suminiu

permanganato skaičiaus rodikliu ir prisilaikant J. Diliūno ir kt. (2001) išskirtų užterštumo zonų, kurios gerai atspindi ir organinės medžiagos sklaidą (žr. 4 pav.).

Sąvartyno filtrato mėginyje, paimtame iš atliekų sąvartos centre įrengto gręžinio (G14s), kaip ir reikėjo tikėtis, vidurkinė permanganato skaičiaus (PS) vertė yra didžiausia ir siekia 957 mg/l O_2 . Atliekų sąvartą supančioje I (intensyviai teršiamoje) zonoje PS vertės yra skirtingos ir priklauso nuo mėginio paėmimo vietos. Vakarų link, kur nuo atliekų sąvartos krašto iki Marilės upelio yra tik apie 100 metrų, o tėkmės nuolydis didelis, PS vertės taip pat dide-



5 pav. Lapių sąvartyno aplinkos hidrogeologiniai pjūviai: 1 – filtruojančios uolienos (įvairaus rupumo smėlis, molingas ir dulkingas smėlis), 2 – vandensparos (priesmėlis, priemolis, molis), 3 – gręžinys, požeminio vandens lygis ir vandens spūdis, 4 – smulkus smėlis, 5 – dulkingas smėlis, 6 – molingas smėlis, 7 – priesmėlis, 8 – priemolis, 9 – molis, 10 – piltas gruntas (sąvarta), 11 – tėkmės kryptis, 12 – stebėjimo gręžinys: viršuje jo numeris žemėlapyje ir pjūvyje (pagal J. Diliūną, M. Kaminską, V. Bajoriną, 2001), 13 – permanganato skaičius (mg/l O_2) – suminis organinės medžiagos rodiklis (straipsnio autorių papildyta)

Fig. 5. Hydrogeological sections of the Lapės dump area: 1 – filter rocks (various-grained sand, clay and silty sand); 2 – aquiclude rocks (sandy loam, loam, clay); 3 – well, groundwater level and water pressure; 4 – fine sand; 5 – silty sand; 6 – clayey sand; 7 – sandy loam; 8 – loam; 9 – clay; 10 – dumped ground; 11 – flow direction; 12 – observation well: above – its number in the map and section (after J. Diliūnas, M. Kaminskas, V. Bajorinas, 2001); 13 – permanganate (COD number (mg/l O_2) – summarised index of organic matter (supplemented by authors of the present paper)

lės – nuo 619 mg/l O₂ (S03) iki 883 mg/l O₂ (G13s). Šiaurryčių, Mačiupio link, kur I zonos ilgis apie 350 m, o srauto nuolydis gerokai lėkštesnis, PS vertės yra 10 ir daugiau kartų mažesnės ir kinta nuo 10 iki 68 mg/l O₂ (4 ir 5 pav.).

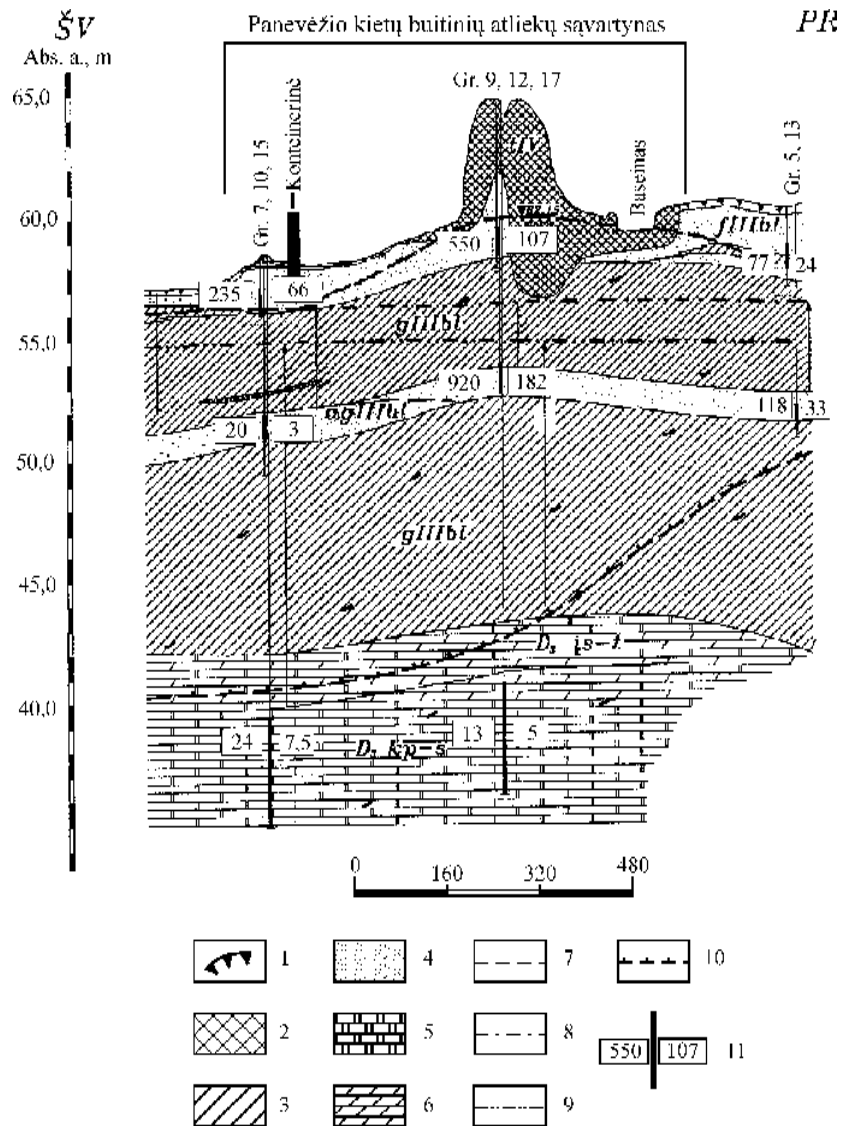
Antroje, dar pakankamai intensyviai teršiamoje, zonoje PS vertės gruntiniame grėžinių ir natūralių šaltinių vandenyje sumažėja beveik pusiau ir kinta nuo 4–5 iki 21–26 mg/l O₂. Trečioje, vadinamojoje potencialios taršos, zonoje (Diliūnas ir kt., 2001) PS vertės gruntinio vandens mėginiuose sumažėja 4–5 kartus ir vidutiniškai siekia tik 1–5 mg/l O₂. Tiksliai dviejų natūralių šaltinių (S08 ir S11) vandenyje nustatyta PS vertė siekė 7 ir 10 mg/l O₂ ir viršijo leistiną geriamajam vandeniui normą (DLK = 6,5 mg/l O₂). Šioje zonoje PS vertės yra artimos foninėms.

Tačiau schemoje (žr. 4 pav.) panaudotos vidurkinės vertės ne visiškai apibūdina teršiančių medžiagų sklaidą laiko požiūriu. Faktiniai duomenys rodo, kad mažiausios ir didžiausios vertės, lyginant jas su vidurkinėmis, viename ir tame pačiame stebėjimo taške gali kisti plačiame intervale. Palyginus 1994–2001 metų Geologijos instituto vykdomų Lapių sąvartyno hidrogeocheminį stebėjimų duomenis matyti, kad, lyginant vidurkines reikšmes su mažiausiomis, skirtumas siekia iki 3, o kartais ir iki 10 kartų, o lyginant su didžiausiomis – iki 3–6 kartų. Taigi nuodugnesniems tyrimams tikslinga naudoti vienalaikių tyrimų duomenis.

Akivaizdumo dėlei organinės medžiagos sklaida pavaizduota ir hidrogeologiniame pjūvyje, kuriame matyti jos koncentracijos kaita viršutinėje ir apatinėje bendro gruntinio ir tarpfluoksninio vandeningojo komplekso dalyje (žr. 5 pav.). Dėsninga, kad apatinėje dalyje permanganato skaičiaus vertė yra mažesnė, nors yra keletas atvejų, kai mažesnė ji yra viršutinėje dalyje. Išsamiau paanalizavus pjūvyje pateiktus kitus monitoringo duomenis matyti, kad techno-

geninių procesų generuojamos organinės ir kitos teršiančios medžiagos prasiskverbimo gylis siekia apie 10–20 m. Apie tai jau buvo rašyta anksčiau remiantis taršos rodiklių kompleksu (Diliūnas ir kt., 2001).

Liudynės sąvartynas. Šis sąvartynas, skirtingai nuo aptarto Lapių sąvartyno, yra įrengtas dugninės morenos paplitimo plote (Jurkonis, 1997). Be to, jį, kaip



6 pav. Liudynės sąvartyno geologinės aplinkos pjūvis (pagal BKG ataskaitą – A. Jurkonis, 1997): 1–6 – litologiniai ženklai (1 – dirvožemis, 2 – technogeninis gruntas, 3 – moreninis priemolis, 4 – smėlis, 5 – dolomitas, 6 – mergelis), 7–9 – vandens lygio paviršius (7 – gruntinio, 8 – tarpmoreninio, 9 – prekvartero), 10 – orientacinė mineralizuoto (užteršto) vandens išplitimo riba, 11 – cheminio deguonies sunaudojimo suminiai rodikliai mg/l O₂; kairėje – bichromato skaičius, dešinėje – permanganato skaičius (straipsnio autorių papildyta) Fig. 6. Geological section of the Liudynė dump area (after BKG report – A. Jurkonis, 1997): 1–6 – lithology (1 – soil, 2 – technogenous ground, 3 – morainic loam, 4 – sand, 5 – dolomite, 6 – marl); 7–9 – water table surface (7 – soil, 8 – intermorainic, 9 – Prequaternary); 10 – approximate area of mineralised (polluted) water; 11 – summarised values of chemical oxygen demand, mg/l O₂: left – bichromate COD number, right – permanganate COD number (supplemented by authors of the present paper)

buvo minėta, riboja melioracijos grioviai, todėl horizontalios teršiančių medžiagų migracijos poveikis nėra didelis ir praktiškai apsiriboja sąvartyno teritorija. Šioje hidrogeologinėje situacijoje teršiančių medžiagų, tarp jų ir organinės medžiagos, migracija vyksta vertikaliai (gilyn), nes hidrodinaminės sąlygos tam yra palankios: žemiau slūgsančių spūdinių vandeninųjų sluoksnių pjezometrinis lygis yra žemiau negu gruntinio vandens laisvasis paviršius. Vertikalios migracijos poveikiui pailiustruoti pasinaudota Baltijos konsultacinės grupės sudarytu pjūviu (Jurkonis, 1997) papildant jį suminių organinės medžiagos rodiklių kiekybiniais duomenimis (6 pav.).

Geologinėje Liudynės sąvartyno aplinkos sandauroje išsiskiria paviršių dengiančios nedidelio storio smėlingos nuogulos (fQIIIbl), slūgsančios ant Baltijos amžiaus moreninio priemolio (gQIIIbl). Po moreninio priemolio sluoksniu (storis 5–7 m) slūgso nestoras 1,5–2,5 m tarpmoreninis Baltijos stadijos vandeningasis sluoksnis (aglQIIIbl), kurio pjezometrinis lygis yra žemiau už gruntinio vandens lygį ir sudaro galimybę teršalams bei organinei medžiagai filtruoti gilyn. Tarpmoreninį vandeningąjį sluoksnį nuo žemiau slūgsančių Kupiškio-Suosos vandeningųjų karbonatinių darinių skiria 8–10 m storio tos pačios Baltijos stadijos moreninio priemolio sluoksnis, per kurį taip pat vyksta vertikali filtracija gilumine kryptimi (žr. 6 pav., 5 lentelė).

Analizuojant nurodytą pjūvį ir lentelę matyti, kad trumpalaikiai tyrimai neduoda galutinio atsakymo apie teršalų migracijos dėsninumus šioje daugiasluoksnėje vandeningojoje sistemoje. Tam būtini hidrogeologinio monitoringo duomenys. Iš turimų duomenų galima padaryti kelias preliminarias išvadas.

Pirma, tyrimų metu gauti duomenys leidžia daryti išvadą, kad sąvartyno generuojama organinė medžiaga teršia visą trijų tirtų vandeninųjų sluoksnių hidrodinaminę sistemą, nes BS/PS santykio vertė visais atvejais viršija 3–4, o kai kada siekia net 10–14. Tai reiškia, kad vandenyje vyrauja sunkiai oksiduojama organinė medžiaga (iki 60–70%), kuri yra būdinga intensyvios antropogeninės taršos vietoms (Arustienė, Juodkazis, 2001). Net Kupiškio-Suosos vandeningojo sluoksnio, slūgsančio 25–30 m gylyje, vandens kokybė pagal 1997 08 28 paimtų mėginių (15-to ir 17-to gręž.) tyrimo rezultatus neatitinka geriamajam vandeniui keliamų higienos reikalavimų (žr. 5 lentelę). Tai rodo, kad moreninis priemolis, nors ir sulauko didelę teršiančių medžiagų dalį, tačiau negali visiškai apsaugoti Kupiškio-Suosos vandeningojo sluoksnio nuo koncentruotos sąvartyno taršos.

Antra, organinės medžiagos suminių rodiklių vertės pagal skirtingu laiku paimtų mėginių tyrimų rezultatus skiriasi du ir daugiau kartų. Pavyzdžiui, centrinėje sąvartyno dalyje gruntiniame vandeningajame sluoksnyje BS vertė pagal 1997 06 17 paimtų mėginių rezultatus yra 550 mg/l O₂ (9-tas gręžinys), o žemiau slūgsančiame tarpmoreniniame sluoksnyje – 920 mg/l O₂ (12-tas gręžinys). Analogiška padėtis ir pietrytinėje sąvartyno dalyje: gruntiniame sluoksnyje BS vertė – 77 ml/l O₂, o žemiau slūgsančiame tarpmoreniniame – 118 mg/l O₂. Atidžiau paanalizavus 5 lentelėje pateiktus duomenis, galima pastebėti, kad sudėtingą organinės medžiagos koncentracijos kaitą ir nestacionarius organinės medžiagos migracijos procesus daugiasluoksnėje hidrodinaminėje sistemoje negalima paaiškinti apsiribojant 3 mėginių (šiuo atveju) rezultatais.

5 lentelė. Liudynės sąvartyno geologinės aplinkos hidrocheminiai deguonies sunaudojimo duomenys (žr. 6 pav.)*
Table 5. Hydrochemical oxygen demand data in the geological environment of Liudyne waste dump site (see Fig. 6)

Mėginio paėmimo data	Suminis rodiklis	Vandeningasis sluoksnis ir gręžinio numeris							
		Gruntinis fQIIIbl			Tarpmoreninis agQIIIbl			Kupiškio-Suosos D ₃ kp-s	
		7	9	5	10	12	13	15	17
1997 06 17	BS	235	550	77	20	920	118	24	13
	PS	66	107	24	3	182	33	7,5	5
	BS/PS	3,56	5,14	3,21	6,67	5,05	3,58	3,2	2,6
1997 07 01	BS	543	1020	d.n.	197	1300	d.n.	41	40
	PS	112	234	d.n.	18,5	254	d.n.	5,4	2,8
	BS/PS	4,85	4,36	d.n.	10,6	5,12	d.n.	7,59	14,2
1997 08 28	BS	427	403	d.n.	29	670	d.n.	55	16
	PS	116	153	d.n.	6,4	246	d.n.	10	9,3
	BS/PS	3,68	2,63	d.n.	4,53	2,72	d.n.	5,5	1,72

* BS – bichromato, PS – permanganato skaičiai (mg/l O₂); d.n. – duomenų nėra (mėginiai nepaimti); pajuodinti skaičiai – pjūvyje panaudoti duomenys (6 pav.)

IŠVADOS

• Sąvartynų poveikio arealuose požeminio vandens taršos ir jo kokybės požiūriu dažniausiai išskiriamos trys zonos: I – intensyvios taršos, II – mažėjančios taršos, III – pereinančios į hidrogeocheminio fono reikšmes. Zonų plotis priklauso nuo paviršių denigančių nuogulų litologijos (filtracinių savybių), hidraulinio gradiento (filtracijos greičio) ir gruntinio vandens srauto krypties. Atstumas, kuriame dar išlieka sąvartyno poveikis gruntinio vandens cheminei sudėčiai, yra iki 150–200 molingose ir iki 200–600 m smėlingose nuogulose. Taršos gylis smėlingose nuogulose, kuriose vyrauja horizontali filtracija, siekia 10–20 m, o moreniniuose priemoliuose, esant palankioms vertikalioms filtracijos sąlygoms, jis gali būti dvigubai didesnis ir pasiekti spūdinis vandeninguosius sluoksnius. Šie atstumai, nustatyti pagal bendruosius vandens neorganinės taršos komponentus, yra būdingi ir organinei medžiagai.

• Organinės medžiagos suminiai rodikliai – bichromato (BS) ir permanganato (PS) skaičiai – sąvartynų poveikio areale pakankamai gerai atspindi bendrą taršos būklę ir gali būti laikomi buitinės taršos geoidikatoriais. Tą patvirtina ir koreliacinis ryšys tarp bendros mineralizacijos ir permanganato bei bichromato skaičių. Tačiau organinės medžiagos kaupimosi ir degradacijos procesai yra nestacionarūs, todėl jos sklaidos dėsniumams išaiškinti neužtenka vienkartinų trumpalaikių tyrimų. Tam būtinas ilgalaikis sąvartyno geologinės aplinkos monitoringas.

• Sąvartynų aplinkos gruntinio vandens suminių organinės medžiagos rodiklių – bichromato ir permanganato skaičių – statistinių parametrų vertės, lyginant jas su analogiškais vertėmis, gautomis natūraliose arba mažai antropogeninių sąlygų pažeistose vietose, yra daug didesnės: minimalios vertės duotris, mediana – dešimtis, o maksimalios – šimtus kartų. Didžioji organinės medžiagos dalis sąvartynų aplinkos gruntiniame vandenyje pagal BS/PS santykį priskirtina sunkiai oksiduojamai medžiagai. Taigi sąvartynas, būdamas lokalus multikomponentinis taršos židinys, kartu yra ir galingas sunkiai oksiduojamos organinės medžiagos kiekio generatorius.

• Nuodugnai tirtų 15-os mūsų šalies sąvartynų duomenų analizė parodė, kad atliekamų darbų metodika, apimtys ir detalumas yra labai nevienodas. Siekiant sukaupti reprezentacinę duomenų bazę apie sąvartynus kaip taršos židinius, keliančius grėsmę aplinkai, būtina unifikuoti tyrimų ir monitoringo darbų programas, numatyti privalomą kompleksą metodų ir laboratorijose nustatomų hidrocheminių vandens sudėties bei jo kokybės rodiklių sąrašą. Organinės medžiagos tyrimų požiūriu svarbūs yra jau minėti suminiai BS ir PS rodikliai bei deguonies kiekis van-

denyje, taip pat vandens oksidacijos ir redukcijos potencialo (pH ir Eh) vertės.

PADEKA

Rengiant šį straipsnį naudotasi daugelio geologijos organizacijų, tyrusių sąvartynus, ataskaitomis. Už galimybę pasinaudoti minėtose ataskaitose pateiktais duomenimis autoriai dėkingi visoms organizacijoms ir tyrimus atlikusiems specialistams. Organinės medžiagos sklaida sąvartyno geologinėje aplinkoje straipsnyje iliustruojama dviejų objektų – Lapių ir Liudynės – pavyzdžiu. Autoriai nuoširdžiai dėkoja J. Diliūnui, M. Kaminskui, V. Bajorinui ir A. Jurkonui, sutikusiems, kad jų grafinė medžiaga būtų panaudota straipsnyje. Dėkojame kolegei Sonatai Gaidekytei, padėjusiai parengti straipsnį spaudai.

Literatūra

- Arustienė J., Juodkasis V. 2001. Gėlo požeminio vandens organinės medžiagos suminių rodiklių koreliaciniai ryšiai. *Geologija*. 36. 44–54.
- Diliūnas J., Kaminskas M., Bajorinas V. 2001. Kauno buitinių atliekų sąvartyno Lapėse hidromonitoringas ir dujų tyrimas. Kaunas–Vilnius, Kauno saviv. ir Geologijos intas. 50 p.
- Jurkonis A. (ats. vykd.). 1997. Panevėžio pavojingų atliekų laikinojo saugojimo aikštelės ir buitinių atliekų sąvartyno teritorijos kompleksiniai ekohidrogeologiniai tyrimai (baigiamosios ataskaitos rankraštis). Vilnius, Baltijos konsultacinė grupė.
- Lesage S., Jackson (Edit.). 1992. Groundwater contamination and analysis at hazardous waste sites. New York: Marcel Dekker, Inc. 545 p.
- Urbanavičiūtė R. 2001. Lietuvos buitinių atliekų sąvartynai ir jų poveikis geologinei aplinkai. Magistro darbas (rankraštis). Vilniaus universitetas. 52 p.
- Voigt H. J., Wippermann Th. 1998. Geochemie. Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. *Band 6*. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag. 491 S.
- Voigt H. J. 1989. Hydrogeochemie. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundwasserindustrie. 168–169 S.
- Крайнов С. Р., Швец В. М. 1989. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. Москва: Недра. 68–69 с.

Vytautas Juodkasis, Rima Urbanavičiūtė

ORGANIC MATTER SPREAD IN GROUNDWATER UNDER THE IMPACT OF MUNICIPAL WASTE DUMPS

S u m m a r y

The waste disposal sites present a global problem. In Lithuania, 15 dumps, ecologically most dangerous, have been investigated in detail. These sites accumulate mainly municipal waste. Therefore they contain high amounts of organic matter with low-oxidisable compounds prevailing. The generalisation of the data on groundwater chemistry

in the geological environs of the dumps showed that summarised indices of organic matter – bichromate oxidation (COD_{Cr}) and permanganate oxidation (COD_{Mn}) in the zone of dump impact reflect rather well the general state of pollution and can be considered geoindicators of municipal pollution.

According to groundwater pollution and its quality, most often three zones are distinguished in the area of dump impact: I – intensive pollution, II – decreasing pollution, and III – close to hydrogeochemical background type. The area of the zones depends on the lithology of deposit cover (filtration qualities), hydraulic gradient (filtration rate) and direction of groundwater flow. The distance at which the dump impact on groundwater chemistry is felt reaches 150–200 m in clayey deposits and 500–600 m in sands. The depth of pollution in sandy deposits, where horizontal filtration occurs, reaches 10–20 m, whereas in morainic loam, under favourable hydrodynamical conditions of vertical filtration, the distance can be twice as long and reach confined aquifers. These distances determined by general inorganic pollution components are characteristic of organic matter as well.

The summarised indices of organic matter – bichromate oxidation (BO) and permanganate oxidation (PO) – reflect rather well the general state of pollution and can be considered the geoindicators of municipal pollution. This is confirmed by a correlation of dry matter values *versus* permanganate and bichromate oxidation values. However, accumulation of organic matter and its degradation are non-stationary, therefore in order to reveal the regularities in their distribution single short-term analyses are not sufficient. For this purpose long-term monitoring of the geological environment of a dump is necessary.

Statistical parametric values of summarised organic matter indices in groundwater of dump environs are significantly higher than in natural sites or those or little affected by man: 2–3 times for minimum values, tens of times for median values and hundreds of times for maximum values. The bulk of organic matter in shallow groundwater of dump environs, according to BO/PO ratio, is attributed to the category of low-oxidisable compounds. Hence, a dump as a source of local multicomponental pollution is at the same time a powerful generator of low-degradable organic matter.

A detailed analysis of the data obtained at 15 dumps in Lithuania showed that the methodology, extent and exhaustiveness of studies were very different. Pursuing the goal to accumulate a representative database about dumps as pollution sources of potential hazard to the environment, it is necessary to harmonize the study and monitoring programs and to define an obligatory complex of

methods and a list of chemical laboratory analysis parameters for water and its quality. From a viewpoint of organic matter generation and degradation, the summarised indices mentioned above and oxygen content, as well as red-ox potential indices (pH and Eh) are important.

Витаутас Юодказис, Рима Урбанавичюте

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ГРУНТОВЫХ ВОДАХ АРЕАЛА ВЛИЯНИЯ СВАЛОК БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Резюме

Свалки бытовых отходов – это проблема во всем мире. На территории Литвы детально исследовано пятнадцать наиболее опасных с экологической точки зрения бытовых свалок, которые, кроме всего прочего, являются источниками большого количества органических веществ.

Обобщенными показателями органических веществ в грунтовых водах являются перманганатная (ПО) и бихроматная (БО) окисляемость. Их значения в пределах ареалов влияния свалок достаточно точно отражают площадь и степень общей загрязненности, в связи с чем они могут рассматриваться в качестве геоиндикаторов при исследовании свалок.

Статистические значения параметров органических веществ грунтовых вод (ПО и БО) в пределах свалок намного выше значений, полученных в естественных или близких к ним условиях: минимальные значения – в 2–3 раза, средние – в 10, а максимальные – в 100 раз. Соотношение значений бихроматной и перманганатной оксидации показывает, что в пределах геологической среды свалок большая часть органических соединений является трудноокисляемой и что процесс их перевода в легкоокисляемые происходит медленнее, чем процесс их образования.

Обобщение и анализ результатов выполненных различными геологическими фирмами за 1993–2000 гг. исследований 15 свалок бытовых отходов показали, что их методика, объемы и детальность на исследованных объектах значительно различаются. Для создания репрезентативной базы данных о свалках бытовых отходов как очагах концентрированного загрязнения необходимо унифицировать методику и объемы исследований, программы проведения мониторинга, а также наметить комплекс исследуемых компонентов химического состава подземных вод и показателей их физического состава.