

ŠALTINIŲ MONITORINGAS

Algirdas Klimas

UAB „Vilniaus hidrogeologija“, J. Basanavičiaus g. 37-1, LT-03109, Vilnius

Vilniaus universitetas, M. K. Čiurlionio 21/27, LT-03101

El. paštas: vh@mail.itl.lt

Klimas A. SPRING MONITORING. *Annales Geographicae*, 40(1), 2007.

Abstract. Natural springs, popular among the hydrogeologists in foretime, recently experienced a true Renaissance as an important and reliable source of hydrogeological and hydrochemical information. The article demonstrates the results of spring use for the groundwater monitoring and mapping. References 16. Figs 5. Tables 5. In Lithuanian, summary in English.

Keywords: springs, groundwater, hydrochemistry, monitoring.

Received: 15 August 2007, accepted: 29 September 2007.

Įvadas

Šaltinių vandens tyrimų istorija Lietuvoje gana sena: pavyzdžiui, garsus elektrochemikas Teodoras Grotusas (Theodor Grotthuss) Smardonės šaltinio vandenį tyrinėjo dar 1816 metais (Grotthuss, 1816). Vėliau tyrinėti ir kiti mineralinio vandens šaltiniai – Druskininkuose, Stakliškėse, Birštone ir kitur (Кондратас, Вайтекунас, 1990). Nemažiau garsių Vingrių (Vilnius) geriamojo vandens šaltinių daugiau kaip 500 metų istoriją parašė J. Jurkštas (Jurkštas, 1990). Tarpukariu Nemuno slėnio šaltinius aprašė O. Linstovas (Linstow, 1925), juos tyrinėjo M. Kaveckis (Kaveckis, 1929).

Tačiau vėliau, pokario metais, ne tik gėlo, bet ir mineralinio vandens šaltinius hidrogeologai praktiškai pamiršo – apie požeminio vandens išteklius, jų vandens kokybės būklę buvo sprendžiama tik iš gręžinių tyrimo medžiagos. Nepelnytai pamirštais šaltiniais hidrogeologai vėl susidomėjo palyginti neseniai (Juodkakis, 2004; Juodkakis, Papievis, 2006). Taip atsitiko, regis, dėl dviejų priežasčių: 1) labai pabrango gręžimo darbai ir gręžiniai; 2) prisiminta, kad patikimiausios informacijos apie požeminio vandens būklę gaunama tiriant šaltinius. Juk bet kurio gręžinio duomenys apibūdina tik tą vandeningojo sluoksnio vietą, kurioje jis įrengtas. Tuo tarpu net nedidelis šaltinis visada atspindi tam tikro ploto, iš kurio jis surenka požeminį vandenį ir išplukdo jį į Žemės paviršių, būklę. Maža to, pastaraisiais metais šaltiniai vis dažniau panaudojami požeminio vandens monitoringui (stebėsenai), nes iš jų gaunama labai patikimos informacija apie šio vandens kokybinės ir kiekybinės būklės pokyčius, kurių nustatymas, vertinimas ir prognozavimas yra svarbiausias monitoringo uždavinys (Lietuvos..., 1997).

1. Tyrimų metodika

Bendrieji šaltinių tyrimo metodikos principai yra seniai nusistovėję: 1) nustatomas šaltinio tipas; 2) išmatuojamas šaltinio debitas; 3) vietoje išmatuojami nestabilūs fizikocheminiai šaltinių vandens rodikliai; 4) paimama vandens laboratoriniams tyrimams.

Šaltiniai yra dviejų tipų – kylantieji ir besileidžiantieji. Kylantieji šaltiniai, kaip sako jų pavadinimas, išteka iš gilesnių vandeningųjų sluoksnių. Tokie šaltiniai dažniausiai aptinkami giliuose upių slėniuose. Jei tokiose vietose gilesni sluoksniai yra suskaldyti tektoninių lūžių, šaltinių vanduo gali būti nebegėlas. Besileidžiantieji šaltiniai dažniausiai atsiveria upių slėnių šlaituose. Čia į paviršių išteka gruntinis ar seklių vandeningųjų sluoksnių pusiau spūdinis vanduo.

Šaltinių debitai matuojami keliais būdais. Įrengtų kaptuotų šaltinių debitą galima nustatyti tūrio metodu: dažniausiai yra fiksuojamas laikas, per kurį prisipildo vandens matuojamasis indas, ir šaltinių debitas apskaičiuojamas litrais per sekundę (l/s). Didesnių šaltinių debitai nustatomi sudėtingesniais metodais (Nielsen, 1991). Mažų neįrengtų šaltinių debitas dažniausiai nustatomas „iš akies“.

Toliau tiesiog šaltinio srovėje išmatuojama tekančio vandens temperatūra. Vandens temperatūros matavimai gali patikslinti šaltinio tipą (kylantysis, besileidžiantysis). Mat kylančiųjų šaltinių vandens temperatūra yra gerokai stabilesnė nei besileidžiančiųjų, todėl kylančiųjų šaltinių vanduo vasarą atrodo šaltesnis, žiemą – šiltesnis. Pasemto šaltinio vandens lauko laboratorijos prietaisais tuoj pat išmatuojamas vandens šarmingumo ir rūgštingumo rodiklis pH, oksidacijos ir redukcijos potencialas Eh ir savitasis elektros laidis (SEL). Šie rodikliai atspindi šaltinio vandens hidrocheminę būklę, suminę vandenį ištirpusių druskų koncentraciją, taigi ir užterštumą. Po to vandens imama bakteriologinei ir įvairioms hidrocheminėms analizėms. Toliau tekste pateikta šios metodikos praktinio taikymo pavyzdžių.

2. Tyrimų rezultatai

Susidomėjus šaltiniais, jų tyrimų duomenys pradėti naudoti bent dviejų rūšių hidrogeologinims uždaviniais spręsti: 1) požeminio vandens hidrocheminės būklės kartografavimui; 2) požeminio vandens cheminės sudėties pokyčių registravimui, t. y. monitoringui.

Šaltinių monitoringas yra dvejopos paskirties. Pirma, kai kurių šaltinių vandenį vietos gyventojai geria ir vartoja maistui ruošti, todėl jų vandens kokybę būtina nuolat kontroliuoti. Antra, kai kurie šaltiniai miestuose yra tinkami požeminio vandens taršos monitoringui, t. y. išsklaidytosios (urbanizuotos teritorijos) ar koncentruotosios (židininės) taršos kontrolei.

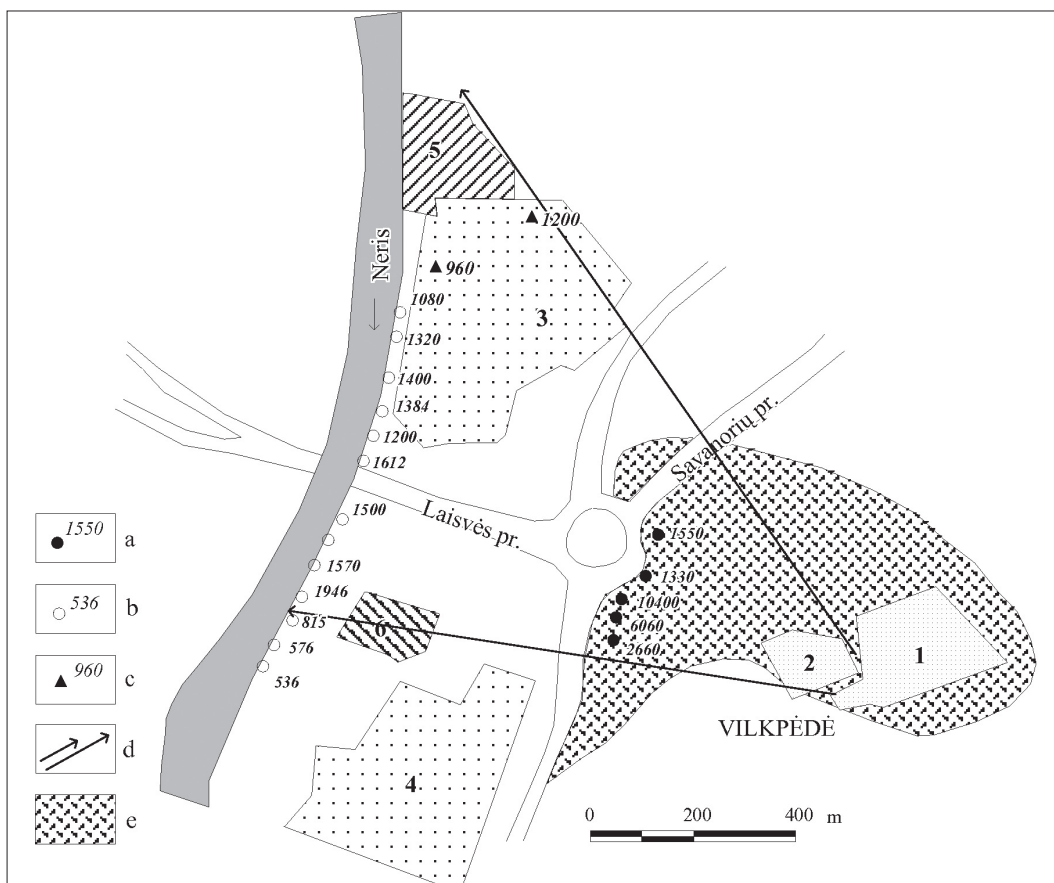
Straipsnyje pateikiamas požeminio vandens taršos kartografavimo pavyzdys Vilniuje, buv. Naftos bazės poveikio zonoje (Vilkpėdės šaltiniai). Šaltinių monitoringo pavyzdžių pateikiama ir daugiau.

2.1. Požeminio vandens būklės kartografavimas – Vilkpėdės šaltiniai

Į Vilniaus teritorijos paviršių įsirežusiam giliame, terasuotame Neries slėnyje gausu šaltinių. Besileidžiantieji šaltiniai išteka vos ne iš po kiekvienos terasos, kurių mieste yra net 9, o Neries pakrantėse gausu ne tik besileidžiančiųjų, bet ir kylančiųjų šaltinių. Nemažai jų yra įvairiu laipsniu tyrinėti: per pastaruosius 15 metų Neries slėnio Valakupių–Bukčių ruože Vilniaus universiteto studentai, vadovaujami prof. V. Juodkazio, yra tyrinęję apie 30 šaltinių vandenį (Juodkasis, Papievis, 2006), nuo 2002 m. Vilniaus miesto savivaldybės vykdomas 13 šaltinių monitoringas (Klimas, 2005). Kaupiama informacija apie šių šaltinių vandens cheminės sudėties būklę ir jos pokyčius.

Aptikus esminių tos būklės skirtumų, sumanyta pasinaudoti gausiais konkrečios teritorijos šaltiniais sudėtingos požeminio vandens taršos paplitimo ir sklaidos kartografavimui. Ši teritorija apima Gerosios Vilties gatvės rajone buvusių Vilniaus miesto Naftos ir Smėlio bazes, Savanorių pr. esančią 2-ąją šiluminę elektrinę, Geležinkeliečių ir Vingio vandenvietes (1 pav.).

Vilniaus miesto Naftos ir Smėlio bazių teritorija susidomėta dar 1982 m., kai Savanorių ir Laisvės prospektų transporto žiedo šaltiniuose, kurie straipsnyje vadinami viršutiniaisiais, buvo aptikta naftos (Климак, Кадунас, 1986). Šios problemos tyrimai ir naftos dėmės požemyje likvidavimo darbai tęsiasi iki šiol (Juodkasis et al., 2003). Ištirta, kad milžiniško masto gruntinio vandens tarša neviršijo leidžiamos Geležinkeliečių ir Vingio vandenviečių eksploatuojamam tarpmoreniniam vandeningajam sluoksniui ir pačioms vandenvietėms. Faktai rodo, kad eksploatuojamą sluoksnį nuo taršos čia saugo moreninio priemolio perdanga ir savotiška Neries slėnio sąranga šioje vietoje. Mat minėtieji taršos židiniai – Naftos ir Smėlio bazės – yra Neries III–IV terasose, kurias drenuoja Savanorių pr. transporto žiede atsiveriantys vadinamieji viršutiniai Vilkpėdės šaltiniai, kurių čia aptikta 5.



1 pav. Savitojo elektros laidžio vertės ($\mu\text{S}/\text{cm}$) Vilkipėdės šaltiniuose: a, b – viršutiniai ir apatiniai šaltiniai; c – seklūs monitoringo gręžiniai; d – chloridais užteršto gruntinio vandens sklaidos plotas; e – nafta užteršto gruntinio vandens plotas. Skaičiais pažymėta: 1, 2 – Naftos ir Smėlio bazės; 3 – įm. VELGA; 4 – ŠEC-2; 5, 6 – vandenvietės (5 – Vingio, 6 – Geležinkeliečių)

Fig.1. Electroconductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$) of Vilkipėdė springs water: a, b – upper and lower springs; c – shallow monitoring bores; d – area of groundwater, polluted by chloride; e – oil plume above the water table. Numbers show: 1,2 – Oil and Sand/Salt storage sites; 3 – VELGA – factory; 4 – Thermocentral No 2, 5, 6 – wellfields (5 – Vingis, 6 – Geležinkeliečių)

Šaltinių vanduo dvokia nafta, jis sūrokas – savitojo elektros laidžio (SEL) vertės svyruoja tarp 1330 ir 10400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kai kurie duomenys apie centrinio, labiausiai užteršto, Vilkipėdės šaltinio vandens cheminę būklę 2002–2007 m. pateikti 1 lentelėje.

Iš šios lentelės matyti, kad šaltinio vanduo užterštas natrio, kalcio, kalio chlorido tirpalu, sklindančiu iš buv. Smėlio bazės, kurioje daugelį metų sandėliuotas šių druskų ir smėlio mišinys apledėjusių gatvių barstymui. Šiame vandenyje su blizgančia naftos plėvele gausu ir ištirpusių naftos produktų (aromatinių angliavandenilių), iš jų ir benzeno, daugiacyklų aromatinių angliavandenilių (DAA), daugiausiai naftaleno, gana daug naftos degradacijos produktų – fenolių. Su naftos produktais sietinos labai aukštos suminių organinės medžiagos rodiklių – permanganato ir dichromato indeksų – vertės, kurių santykis, lygus 6,5, byloja neseną taršą (Juodkasis et al., 2003). Organinės medžiagos degradacijos iki CO_2 tiesioginė pasekmė – rūgštinė pH vertė (<7), netiesioginė, antrinė (CO_2 reakcija su grunto karbonatais) – labai aukštos hidrokarbonatų (HCO_3) koncentracijos ir šarminė vandens reakcija: maksimalios pH vertės siekia 8 (Klimas, 2003). Organinei medžiagai oksiduoti suvartojama labai daug deguonies, todėl tokiam vandenyje nėra ne tik O_2 , bet ir nitratų (NO_3), sulfatų (SO_4), o jo oksidacijos ir redukcijos potencialo Eh vertė yra neigiama, siekianti beveik –100 mV (Klimas, Gregorauskas, 2002).

1 lentelė. Vilkpėdės centrinio šaltinio vandens cheminės būklės rodikliai

Table 1. Chemical characteristics of groundwater from Vilkpėdė upper/central spring

Rodiklis <i>Constituent</i>	Dimensija <i>Dimension</i>	Rodiklio vertė <i>Constituent value</i>	DLK (didžiausia leidžiama koncentracija) <i>MPC (Maximum Permissible Concentration)</i>		
			HN 24:2003 ¹	HN 48:2001 ²	Pavojingų... ³
SEL*	μS/cm	2665–10400	2500	2500	-
pH	pH vienetai	6,85–7,99	6,5–9,5	6–9	-
Eh	mV	-87/-95	-	-	-
BM*	g/l	1,5–4,3	-	-	-
BK*	mg-ekv/l	5,1–15,5	-	-	-
DI*	mg/l O ₂	94,5–130,6	-	-	125
PI*	mg/l O ₂	11,6–20,1	5	6,5	-
Cl ⁻	mg/l	705–1800	250	350	350
SO ₄ ²⁻	mg/l	1,5–9,0	250	450	450
HCO ₃ ⁻	mg/l	868–998	-	-	-
NO ₃ ⁻	mg/l	0–1,2	50	50	50
NH ₄ ⁺	mg/l	0–1,9	0,5	2	2
Ca ²⁺	mg/l	164–203	-	-	-
Mg ²⁺	mg/l	40,9–69	-	-	-
Na ⁺	mg/l	506–1200	200	200	-
K ⁺	mg/l	51,4–72,2	-	-	-
Benzenas <i>Benzene</i>	μg/l	8,6–10,5	1	1	1
DAA	μg/l	0,001–0,023	0,1	0,2	10
Detergentai <i>Detergents</i>	mg/l	0,55–0,894	-	-	1,5
Fenoliai <i>Phenols</i>	μg/l	0,004–0,112	-	5	10

* SEL – savitasis elektros laidis, BM – bendroji mineralizacija, BK – bendrasis kietumas, DI ir PI – dichromato ir permanganato indeksai, DAA – daugiacykliai aromatiniai angliavandeniliai. SEL – *electroconductivity (EC)*, BM – *total mineralization*, BK – *total hardness*, DI and PI – *Cr and Mn chemical oxygen demand (COD)*, DAA – *polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)*.

Šių šaltinių vandenį surenka speciali drena, tačiau dalis jo nuteka į žemesnę II-ąją terasą dengiantį aliuvio sluoksnį, kuriuo užterštas gruntinis vanduo pasiekia Nerį, jos pakrantėje atsiverdamas gausiais vadinamaisiais žemutiniais šaltiniais (1 pav.). Čia maždaug 800 m ilgio Neries pakrantės ruože aptikta apie 15 šaltinių, kurių debitas kito nuo 0,1 iki 8 l/s. Sprendžiant iš SEL verčių, kurios kinta nuo 536 iki 1976 μS/cm, žemutinių šaltinių vanduo chloridais užterštas kur kas mažiau nei viršutinių esančių minėtame transporto žiede. Kai kurių žemutinių šaltinių vanduo su naftos produktų plėvele. Detaliau šių šaltinių vanduo netirtas.

2.2. Šaltinių monitoringas

Pastaraisiais metais hidrogeologai šaltinius vis sėkmingiau panaudoja požeminio vandens monitoringui. Ypač įdomūs ir patikimi duomenys iš gana intensyvios požeminio vandens taršos židinių, pvz., nuotekų valyklų. Šiuo metu toks šaltinių monitoringas organizuotas Varėnos, Druskininkų ir Birštono nuotekų valyklose.

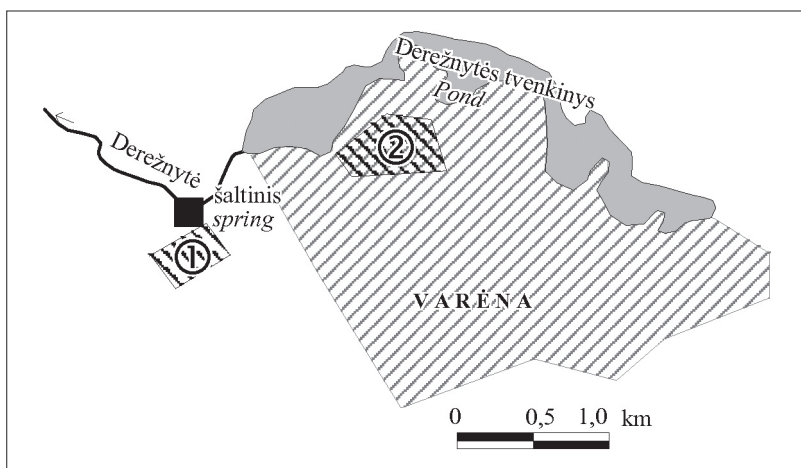
¹ Lietuvos higienos norma HN 24:2003 <Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai>. 2003.

² Lietuvos higienos norma HN 48:2001 <Žmogaus vartojamo žalio vandens kokybės higieniniai reikalavimai>. 2001.

³ Pavojingų medžiagų išleidimo į požeminį vandenį inventorizavimo ir informacijos rinkimo tvarka. 2003. *Valstybės žinios* Nr. 17, p. 122–133 (kai požeminis vanduo vartojamas gėrimui).

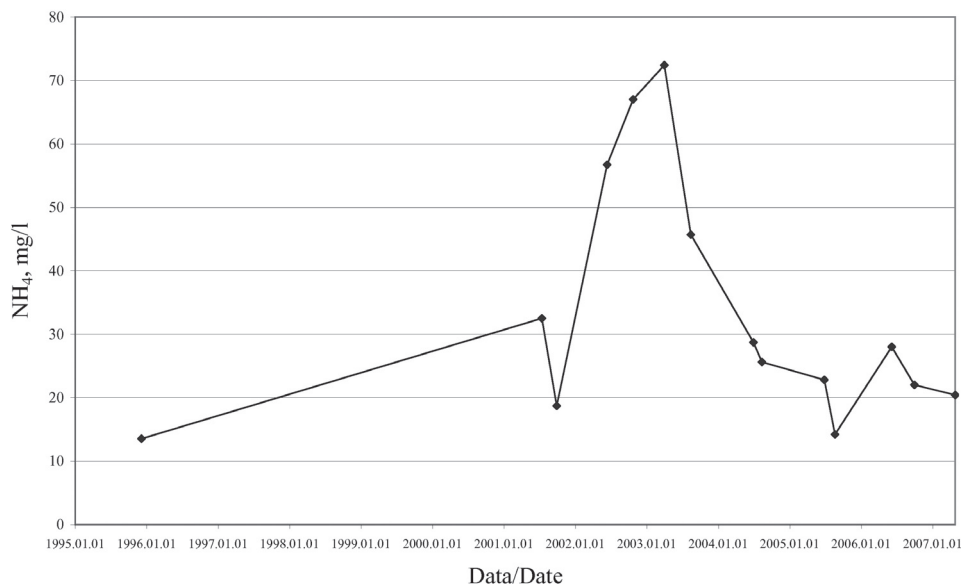
2.2.1. Varėnos filtracijos laukai – nuotekų valykla

Bene išsamiausi yra Varėnos nuotekų valyklos buvusiuose filtracijos laukuose atlikto monitoringo rezultatai (Klimas ir kt., 1994). Tokie laukai buvo įrengti 1976 m. ir yra vakariniame miesto pakraštyje, kairiajame Derežnytės (Merkio intako) krante (2 pav.) Toje pačioje teritorijoje pastatyti ir nuo 2002 m. eksploatuojami nauji modernūs biologiniai miesto nuotekų valymo įrenginiai. Šiame objekte nuo 1984 m. (su pertraukomis) atliekamas požeminio vandens monitoringas apima šaltinius, ištekancius iš po filtracijos laukų į Derežnytę. Monitoringo duomenimis, maždaug 200 m nuo filtracijos laukų esančiuose šaltiniuose 1987–1988 metais amonio koncentracija siekė 20 mg/l, fosforo – 0,15 mg/l, tame vandenyje buvo palyginti daug neoksiduotos organinės medžiagos: dichromato ir permanganato indeksų vertės čia siekė atitinkamai 30 ir 4,5 mg/l O₂. Dėl savivalos procesų vėliau visų šių rodiklių vertės gerokai sumažėjo, tačiau maždaug nuo 2002 m. šių ir kitų rodiklių vertės šaltinių vandenyje vėl smarkiai išaugo, 2003–2005 m. buvo maksimalios, o dabar vėl mažėja (3 pav., 2 lent.).



2 pav. Varėnos nuotekų filtracijos laukai (1) ir vandenvietė (2)

Fig.2. Sewage filtration fields (1) and wellfield (2) of Varėna



3 pav. Amonio koncentracijos kaita Varėnos šaltinio Nr. 1 vandenyje

Fig.3. Variations in amonia content in spring No 1 water in Varėna

2 lentelė. Kai kurių gruntinio vandens taršos rodiklių vertės Varėnos filtracijos laukus drenuojančiame šaltinyje Nr. 1

Table 2. Some characteristics of groundwater contaminants in spring No 1, draining Varena sewage filtration fields

Data / Date	Rodikliai ir jų vertės / Constituents and its values									
	SEL	pH	Eh, mV	DI	PI	DI/PI	P _b	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1995.12.05	-	7,61	-	5,4	2,9	1,9	-	32	43	214
2001.06.13	-	7,12	-50	-	13,6	-	-	139	11	660
2001.09.27	1020	7,19	-23	-	4,2	-	0,75	160	1,6	726
2002.06.11	1642	7,29	-35	12,1	5,1	2,4	-	82	17	694
2002.10.22	1572	7,52	-83	-	-	-	1,22	-	-	-
2003.03.31	1620	7,52	-173	15,2	8,6	1,8	1,27	139	116	767
2003.08.13	1620	7,32	-43	-	-	-	3,71	-	-	-
2004.04.28	1362	7,26	-18	18,1	7,8	1,9	1,90	75	74	570
2004.08.11	609	7,45	+46	-	1,8	-	6,45	24	40	229
2005.04.26	898	7,71	+52	-	-	-	5,20	-	-	-
2005.08.19	737	7,60	-18	14,5	3,1	4,7	4,72	23	92	230
2006.06.05	751	7,77	+51	16,9	3,9	4,3	3,66	27	94	185
2006.09.26	712	7,64	+190	-	1,7	-	-	25	76	212
2007.04.26	583	7,95	-13	5,0	2,4	2,1	1,69	28	72	197

Pastaba: rodiklių pavadinimus, verčių dimensijas ir DLK žr. 1 lentelėje / *Note: names, dimensions and MPC of the constituents see Table 1*

Dėl intensyvios požemio taršos azoto junginiais (amonis) ir įvairiomis organinėmis medžiagomis (dichromato ir permanganato indeksai DI ir PI) šaltinio vandens Eh potencialo vertės dažnokai tampa neigiamos. Seną gruntinio vandens taršą rodo nedidelės DI/PI santykio vertės, kurios, tiesa, nuo 2003 m. gana smarkiai padidėjusios, taigi vėl rodo neseną taršą (Juodkazis et al., 2003). Ją byloja ir visiškai nebūdingos gruntiniam vandeniui tuo metu staiga išaugusios bendrojo fosforo ir palyginti menkos nitratų (2–20 mg/l) koncentracijos. Tam tikrą gruntinio vandens savivalą rodo 2001–2004 m. bent kelis kartus padidėjusios hidrokarbonatų koncentracijos. Tokia šių procesų eiga aptarta 3 skyriuje.

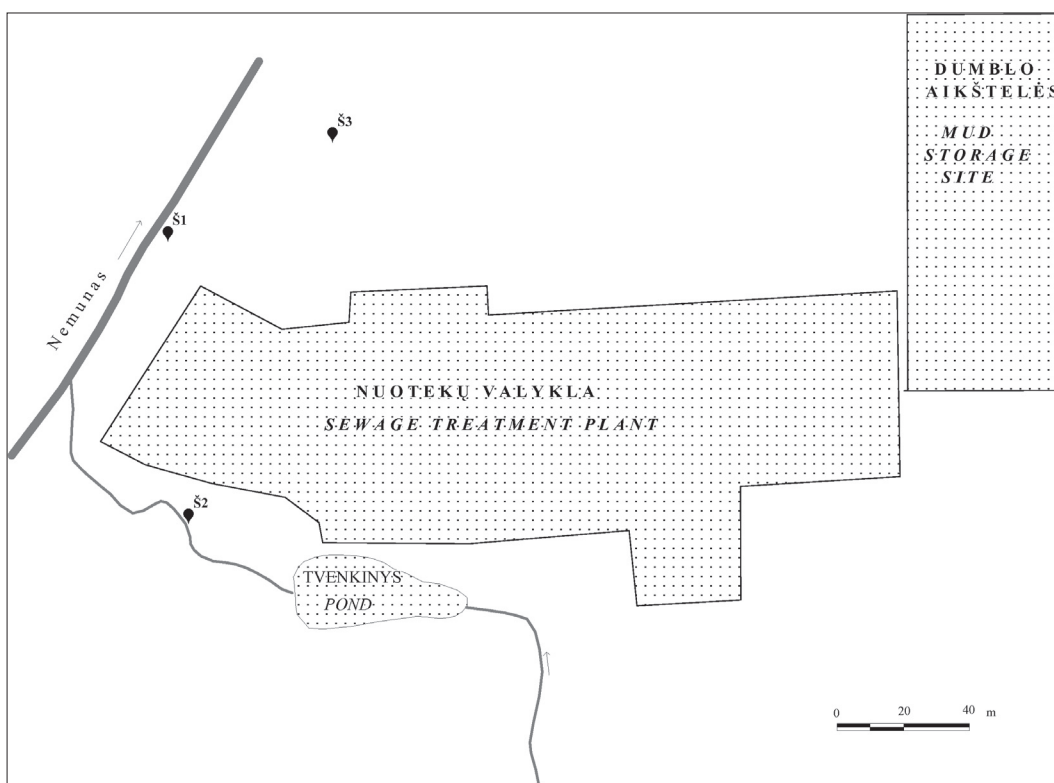
2.2.2. Druskininkų ir Birštono nuotekų valyklos

Druskininkų ir Birštono nuotekų valyklos yra įrengtos kiek žemiau šių miestų, Nemuno pakrantėse (4, 5 pav.). Didžiausią žalą požemiui čia daro nuotekų dumblas, kaupiamas pačiose valymo įrenginių aikštelėse. Birštono nuotekų valyklos teritorijoje yra senosios ir naujosios nuotekų dumblo kaupimo aikštelės. Abiejose valyklose požeminio vandens stebėsenai panaudoti Nemuno slėnio šlaite išsikraunantys šaltiniai, kurių Druskininkuose yra trys, Birštone – du (3 lent.).

Kaip matyti, labiausiai užteršti yra Druskininkų Š1 ir Š3 bei Birštono 1Š šaltiniai. Švariausi – Druskininkų ir Birštono šaltiniai Š2 ir 2Š. Šaltinių Š1, Š3, 1Š vanduo gerokai mineralizuotas (SEL vertė >1000 µS/cm), nes juose yra nemažai chloridų ir sulfatų. Visų šaltinių vanduo labai šarmingas (pH>8), nes jame daug hidrokarbonatų, o aukšta teigiama Eh potencialo vertė byloja intensyviuos organinės medžiagos (ją rodo DI ir PI rodikliai) ir amonio oksidacijos (daug nitratų ir nitritų), t. y. savivalos, procesus. Tik Birštone visų tų rodiklių, išskyrus dichromato ir permanganato indeksus, vertės yra kiek mažesnės nei Druskininkuose. Vis dėlto šaltinių vanduo yra gerokai užterštas amoniu. Specifinės taršos indikatorių – fenolių, detergentų, fosforo, naftos produktų – šaltinių vandenyje aptikta nedaug. Paskutinėje 3 lentelės grafoje pateikti stebėsenos (monitoringo) gręžinio 1M rezultatai komentuojami 3 skyriuje.

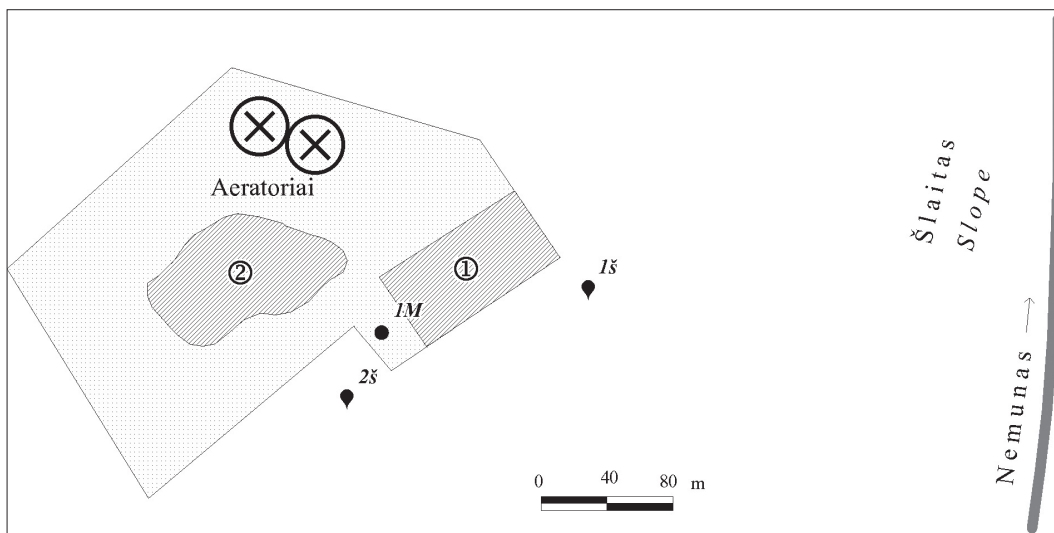
Beveik 6 metų monitoringo Druskininkų ir Birštono nuotekų valyklose labiausiai užterštuose šaltiniuose Š3 ir 1Š rezultatai rodo labai didelę ir gana savotišką visų taršos rodiklių kaitą (4, 5 lentelės).

Iš 4 lentelės duomenų akivaizdu, kad Druskininkų nuotekų valyklos Š3 šaltinyje pradžioje buvusi didelė nitratų koncentracija vėliau labai sumažėjo, po to vėl pradėjo didėti.



4 pav. Druskininkų nuotekų valykla (Š1, Š2, Š3 – šaltiniai)

Fig.4. Sewage treatment plant of Druskininkai (Š1, Š2, Š3 – springs)



5 pav. Birštono nuotekų valykla: skaičiai (1 ir 2) rodo senas ir naujas dumblo aikšteles (1š, 2š – šaltiniai, 1M – stebėsenos gręžinys)

Fig.5. Birštonas sewage treatment plant: number (1) and (2) show old and new mud storage sites (1š, 2š – springs, 1M – monitoring well)

Kaip ir turėtų būti, priešinga yra neoksiduotosios (amonis) ir nevisiškai oksiduotosios (nitritai) azoto formų, neoksiduotosios organinės medžiagos kiekio vandenyje rodiklių DI ir PI (dichromato ir permanganato indeksai) kaita. Šių rodiklių santykio gana tolygus didėjimas rodo tam tikrą naujos taršos intensyvėjimą. Gana prieštaringai kito pagrindinių anijonų (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) koncentracija šio šaltinio vandenyje.

3 lentelė. Maksimalios kai kurių taršos rodiklių vertės Druskininkų ir Birštono nuotekų valyklų šaltiniuose 2002–2007 metais.

Table 3. Highest concentrations of certain contaminants in spring water from Druskininkai and Birštonas sewage treatment plants, year 2002–2007.

Rodiklis / Constituent	Šaltinių Nr. ir rodiklių vertės / Springs No, constituents values					Birštonas, monit. gr.
	Druskininkai			Birštonas		
	Š1	Š2	Š3	1Š	2Š	
SEL , μS/cm	1646	990	1704	1410	882	509
pH	8,58	8,43	8,60	7,87	8,05	7,60
Eh, mV	+81/ +222	+98/ +226	+43/ +225	+38/ +288	+106/ +254	-34/ +234
Cl ⁻ , mg/l	124	48,4	128	77	76	40
SO ₄ ²⁻ , mg/l	160	48	371	96	80	72
HCO ₃ ⁻ , mg/l	502	251	591	503	351	352
NO ₃ ⁻ , mg/l	122	98,8	198	83	92	4,7
NO ₂ ⁻ , mg/l	9,76	1,22	8,3	1,0	0,05	0,1
NH ₄ ⁺ , mg/l	38,6	0,24	48,9	9,4	1,23	0,32
DI, mg/l O ₂	29,6	15,0	28,4	38,2	126	6,7
PI, mg/l O ₂	10,6	7,2	9,5	15,5	28,7	6,1
DI/PI	2,8	2,1	3,0	2,5	4,4	1,1
Fenoliai, mg/l	0,006	0,0008	0,004	0,0009	-	0,003
Detergentai, mg/l	0,039	0,142	0,206	0,343	4,2	0,038
Nafta/Oil, mg/l	-	-	-	0,044	-	0,126
Pb, mg/l	0,055	0,033	0,114	-	-	-

Pastaba: rodiklių pavadinimus ir DLK žr. 1 lentelėje / **Note:** names and MPC of the constituents see Table 1.

4 lentelė. Druskininkų nuotekų valyklos šaltinio Š3 stebėsenos rezultatai

Table 4. Monitoring data from spring Š3, Druskininkai sewage treatment plant

Data / Date	Rodikliai ir jų vertės / Constituents and its values								
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	DI	PI	DI/PI	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
2002.06.18	121	0	0,31	10,5	5,65	1,9	103	156	327
2003.04.08	122	9,76	8,78	19,1	7,53	2,5	124	121	502
2004.05.05	3,1	7,98	38,6	29,6	10,6	2,8	50	65	429
2005.07.08	3,05	0,01	0,01	18,3	6,21	2,9	16	21	182
2005.10.27	6,54	0,01	0,06	-	-	-	-	-	-
2006.04.25	45,5	2,3	15,2	26,9	4,95	5,4	47	135	400
2007.05.03	51,2	0,21	7,6	26	4,53	5,7	87	160	421

Pastaba: rodiklių pavadinimus, verčių dimensijas ir DLK žr. 1 lentelėje / **Note:** names, dimensions and MPC of the constituents see Table 1.

5 lentelė. Birštono nuotekų valyklos 1Š šaltinio stebėsenos rezultatai.

Table 5. Monitoring data from spring No 1, Birštonas sewage treatment plant

Data / Date	Rodikliai ir jų vertės / Constituents and its values								
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	DI	PI	DI/PI	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
2002.06.12	21,5	0,99	9,44	38,2	12,8	3,0	77	43	503
2003.07.10	70,8	0	0,21	6,4	6,2	1,03	67	62	380
2003.10.22	80,6	-	0,30	-	5,23	-	68	96	-
2004.05.04	77,0	0,13	0,25	12,5	5,9	2,1	65	79	361
2004.09.15	89,0	-	0,28	-	10	-	64	86	-
2005.04.29	54,3	0,01	0,01	23	6,9	3,3	33	74	325
2005.08.17	62,8	-	0,01	-	15,5	-	29	73	-
2006.06.08	51,5	0,05	0,05	14,8	4,0	3,7	27	64	310
2006.09.18	83,4	0,05	0,05	-	6,9	-	24	93	-
2007.06.04	50,9	-	-	-	-	-	30	87	-

Pastaba: rodiklių pavadinimus, verčių dimensijas ir DLK žr. 1 lentelėje / **Note:** names, dimensions and MPC of the constituents see Table 1

Birštono nuotekų valyklos monitoringo duomenys, pateikti 5 lentelėje, rodo, kad pagrindinių požeminio vandens taršos rodiklių (azoto junginių ir organinės medžiagos) vertės čia kinta gana chaotiškai. Daug stabilesnės yra pagrindinių jonų, ypač sulfatų ir chloridų, vertės.

Galimi Vilniaus, Varėnos, Druskininkų ir Birštono šaltinių monitoringo duomenų interpretacijos variantai aptarti trečiame skyriuje.

3. Diskusija

Vilkpėdės šaltinių tyrimų rezultatai vaizdžiai rodo, kaip tarša iš buv. Naftos ir Smėlio bazių gruntinio vandens sluoksniu sklinda link Neries. Jau vien iš SEL verčių pasiskirstymo matyti (žr. 1 pav.), kaip gruntinio vandens srauto padidėjusių SEL verčių „vėduoklė“ tarp viršutinių ir žemutinių šaltinių išsiskleidžia nuo maždaug 100 iki 800 m pločio. Be to, maksimali SEL vertė žemutiniuose Vilkpėdės šaltiniuose, kaip ir turėtų būti, dėl gruntinio vandens srauto poveikio šiek tiek pasislinkusi palei upę žemyn. Tuo tarpu kitas „vėduoklės“ sparnas palei upę aukštyr gali atsirasti tik dėl Vingio vandenvietės poveikio, nes jos suformuotas depresijos piltuvai siekia šią teritoriją, o SEL vertės jos eksploataciniuose gręžiniuose akivaizdžiai didėja minėtosios Smėlio bazės kryptimi (Klimas, 2006). Užteršto gruntinio vandens srautas didesnės įtakos ir Geležinkeliečių vandenvietei nepadarė, nes 1) ji yra kito taršos „vėduoklės“ sparno pakraštyje, 2) dėl nedidelio šios vandenvietės debito jos eksploatuojamo tarpmoreninio sluoksnio vandens lygiai čia buvo ir yra aukštesni už gruntinio vandens lygį.

Varėnos filtracijos laukus, kuriuose dabar įrengta moderni nuotekų valykla, drenuojančiame šaltinyje dėl gruntinio vandens savivalos procesų iki 2001 m. praktiškai visų taršos rodiklių vertės gerokai sumažėjo. Tačiau 2001 m. šių laukų teritorijoje pradėjus naujųjų valymo įrenginių statybą ir sujudinus užterštą gruntą, beveik visų šių rodiklių vertės šaltinių vandenyje vėl smarkiai išaugo ir buvo maksimalios 2003–2005 m. (žr. 3 pav., 2 lent.). Dabar jos vėl mažėja. Tačiau šaltinio vandenyje vis dar nemažai fosforo, amonio, kas visai nebūdinga gerą ryšį su atmosfera turinčiam gruntiniam vandeniui (Klimas, 2002). Taigi taršos intensyvumas čia kol kas lenkia savivalos tempus.

Druskininkų nuotekų valyklą drenuojančių šaltinių užterštumas kiek skirtingas todėl (žr. 3 lent.), kad labiausiai užteršto gruntinio vandens srautas iš dumblo aikštelių nuteka link Š3 šaltinio, esančio palei upę kiek žemiau valyklos (žr. 4 pav.). Šio šaltinio vandenyje labai daug ne tik nitratų, bet ir amonio, bylojančio gana neseną požemio taršą. Apie tokią taršą byloja ir padidėjusios visą organinės medžiagos kiekį vandenyje rodančio dichromato indekso (DI), dar vadinto ChDS, vertės bei DI santykis su lengvai oksiduojamos organinės medžiagos rodikliu – permanganato indeksu (PI) – yra žinoma, kad >2 šis santykis rodo santykinai naują taršą nedaug suirusiais teršalais (Juodkakis et al., 2003). Iš 4 lentelės duomenų matyti, kad 2004–2005 m. Š3 šaltinio vanduo beveik pagal visus rodiklius buvo gerokai apsivalęs, bet po to tarša atsinaujino, beveik visų rodiklių vertės vėl išaugo. Ypač reikšmingai pakito požemio taršos organine medžiaga rodikliai DI ir PI, o jų santykis ėmė viršyti 5, rodydamas naujos taršos protrūkį. Taigi jį tenka sieti su neseniai baigtais nuotekų valyklos rekonstrukcijos darbais.

Birštono nuotekų valykloje gerokai užterštas abiejų šaltinių – 1Š, ištekančio iš po naujųjų, ir 2Š, ištekančio iš po senųjų dumblo aikštelių, vanduo (žr. 5 pav., 3, 5 lent.). Skirtumas tik tas, kad 1Š šaltinio vanduo kiek labiau mineralizuotas, tačiau 2Š šaltinio vandenyje maksimalios azoto junginių ir organinių medžiagų koncentracijos yra kiek didesnės. Tarp kitko, yra unikali galimybė palyginti Birštono šaltinių ir gręžinių monitoringo duomenis, nes per vidurį tarp 1Š ir 2Š šaltinių yra stebimasis gręžinys Nr. 1M (žr. 5 pav., 3 lent.). Taigi: maksimalios nitratų koncentracijos šio gręžinio vandenyje tesiekia 4,7 mg/l, amonio – 0,32 mg/l, maža jame ir organinės medžiagos (DI ir PI tik vos viršija 6 mg/l O₂). Šie skaičiai yra 5–10 kartų mažesni nei šaltinių vandens. Tad akivaizdu, jog šaltinių monitoringo duomenų reprezentatyvumas didesnis. Be to, iš 5 lentelės matyti, kad per 5 pastaruosius stebėjimo metus (2003–2007) 1Š šaltinio vandenyje visų taršos rodiklių vertės nelabai kito. Taigi šaltiniai – neabejotinai patikimas požeminio vandens monitoringo instrumentas.

Išvados

1. Dar visai neseniai hidrogeologų beveik pamiršti natūralūs šaltiniai pastaraisiais metais vis dažniau pasitelkiami požeminio vandens cheminės būklės kartografavimui ir stebėsenai (monitoringui). Pavyzdžiui, vienkartinis keliolikos nedidelių šaltinių ištyrimas Vilniuje, Vilkpėdėje, maždaug 0,8 km ilgio Neries slėnio atkarpoje, padėjo išsiaiškinti, kaip tarša gruntinio vandens sluoksniu sklinda iš buv. Naftos ir Smėlio bazių link upės, neviršydamas leidžiamos žalos miesto vandenvietėms. Paaiškėjo, kad neleidžiamo masto tarša šioms vandenvietėms negresia bent dėl kelių geologinių–hidrogeologinių veiksnių: vandenviečių eksploatuojamą tarpmoreninį vandeningąjį sluoksnį dengia pakankamo storumo moreninio priemolio sluoksnis, o jo piezometrinis lygis artėjant prie Neries yra aukštesnis už gruntinio vandens lygį. Nors Vingio vandenvietės sukurtame depresijos piltuve šių vandens lygių santykis yra kitoks, ši vandenvietė išlieka saugi, nes ją siekia tik taršos šleifo pakraštys.

2. Šaltinių, ištekančių iš po tokių taršos židinių, kaip miestų nuotekų valyklos, monitoringo duomenys leidžia objektyviai vertinti požeminio vandens fizikocheminę būklę, nepažeistą monitoringo gręžinių gręžimo ir pumpavimo darbų. Dar svarbu tai, kad jog net nedideli šaltiniai visada atspindi daug didesnį, dažniausiai net iki kelių kvadratinų kilometrų, vandeningojo sluoksnio plotą nei taškinis gręžinys. Tiesioginiai tyrinėtų šaltinių taršos indikatoriai yra azoto junginiai ir neoksiduotosios organinės medžiagos. Naują šaltinių taršą rodo didelės amonio koncentracijos, dichromato indekso ir jo santykio su permanganato indeksu vertės, o seną – didelės nitratų koncentracijos ir permanganato indekso vertės. Svarbiausi požemio savivalos nuo azoto junginių ir organinių medžiagų indikatoriai yra didelės hidrokarbonatų koncentracijos ir stipri šarminė vandens reakcija.

3. Maždaug 5–6 metų trukmės stebėjimų duomenys rodo, kad natūralūs šaltiniai, drenuojantys užterštas teritorijas ar paskirus taršos židinius, yra patikimas monitoringu surinktos informacijos apie požeminio vandens fizikocheminę būklę šaltinis.

Literatūra

- Grotthuss T.** 1816. Untersuchung des Quellwasser zu Schmordan, *Beiträge zur Chemie und Physic (Schweig. J.)*, Bd. 18, p. 83–114.
- Juodkazis V.** 2004. Sutvarkykime Vilniaus vandens versmes, įprasmingime jų istorinę vertę, *Tėviškės gamta*, Nr. 10, p. 1, 3.
- Juodkazis V., Arustienė J., Klimas A., Marcinonis A.** 2003. Organic Matter in Fresh Groundwater of Lithuania, Vilnius. 232 p.
- Juodkazis V., Papievis L.** 2006. Vilniaus šaltinių vanduo, *Mokslas ir gyvenimas*, Nr. 11, p. 46–47.
- Jurkštas J.** 1990. Senieji Vilniaus vandenys, Vilnius, 140 p.
- Kaveckis M.** 1929. Apie Lietuvos mineralinius vandenis, jų būtį ir perspektyvas, *Medicina*, t. 10, Nr. 6, p. 387–398.
- Klimas A.** 2002. Oksidacijos-redukcijos procesų vaidmuo formuojantis požeminio vandens cheminei sudėčiai, *Geologija*, t. 40, p. 46–54.
- Klimas A.** 2003. *Geriamojo vandens hidrogeochemija*. Vilnius, 140 p.
- Klimas A.** 2005. Tiriami Vilniaus šaltiniai, *Geologijos akiračiai*, Nr. 2(58), p. 77.
- Klimas A., Gregorauskas M.** 2002. Groundwater Abstraction and Contamination in Lithuania as Geoindicators of Environmental Change, *Environmental Geology*, Vol. 42, No 7, p. 767–772.
- Klimas A., Marcinonis A., Zabulis R.** 1994. Filtracijos laukų perspektyvos Lietuvoje. Str. Rinkinys: *Gelmių geologinio tyrimo, naudojimo ir apsaugos problemos Lietuvoje*, p. 120–122.
- Lietuvos Respublikos aplinkos monitoringo įstatymas.** 1997. *Valstybės žinios*, Nr. 112, p. 4–6.
- Linstow O.** 1925. Über Ostpreussische Solquellen, *Schr. Phys.-Ökon. Ges., Königsberg*, Bd. 64, H. 2, S. 1–60.
- Nielsen D. M.** 1991. Practical Handbook of Ground-Water Monitoring, Lewis Publishers, 717 p.
- Клима А. И., Кадунас К. С.** 1986. Миграция нефтепродуктов в очаге загрязнения подземных вод, *Разведка и охрана недр*, т. 10, с. 43–46.
- Кондратас А. Р., Вайтекунас Й. П.** 1990. Минеральные воды Литвы. Вильнюс, 248 с.

Spring Monitoring

Summary

Several decades ago natural springs were almost forgotten by hydrogeologists – groundwater studies were entirely based on the borehole data. But nowadays-drilling works and boreholes testing become costly and stressed to amnesty springs. Moreover, hydrogeologists remembered, that natural springs are very plausible sources of hydrogeochemical information, because springs always characterize certain area, not the point, like boreholes.

Present article gives several examples of natural spring use for groundwater physical-chemical status mapping and monitoring. For example, simultaneous sampling and certain parameters measurement of 18-spring water at Vilnius Oil and Sand/Salt base area (Vilkpėdė) have demonstrated, how contaminants do migrate toward 2 wellfields (Vingio and Geležinkeliečių). From the received data get out, that the oil products flow over the pumped aquifer and did not enter it. Because two named wellfields are located in marginal parts of contaminant plume, concentration of other, more soluble contaminants in the wellfields bores are only slightly increased.

Natural springs are successfully used for the groundwater monitoring in the vicinity of several sewage treatment plants (Varėna, Druskininkai, Birštonas). Direct indicators of spring water pollution usually are N-compounds and unoxidized organic matter, characterized by chemical oxygen demand (COD_{Cr} and COD_{Mn}). Fresh pollution of springs show ammonia (NH_4^+), COD_{Cr} and $COD_{Cr}/COD_{Mn} > 2$ -ratio value, long-time pollution – nitrates (NO_3^-) and COD_{Mn} . The main indicators of groundwater self-purification are high concentrations of bicarbonates (HCO_3^-) and groundwater alkaline reaction (high pH value).

Approximately 5–6 yearlong monitoring show, that natural springs, draining polluted areas or separate „hot spots“ are reliable sources of information about the physical and chemical status of groundwater.