

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVI SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



ZLATIBOR
28. septembar - 02. oktobar
2022. godine



UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVI SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



ZLATIBOR
28. septembar - 02. oktobar
2022. godine



XVI SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA

IZDAVAČ:
Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:
Prof. dr Biljana Abolmasov, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

UREDNIK:
Doc. dr Ana Vranješ

TIRAŽ:
100 primeraka

ŠTAMPA:
Štamparija Grafolik, Beograd

GODINA IZDANJA: 2022.

Na 12/19-oj. sednici Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XVI srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 30.12.2019.

Naslovna strana: Sušičko vrelo, Zlatibor

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (16 ; 2022 ; Златибор)
Зборник радова / XVI Српски симпозијум о хидрогеологији са међународним
учешћем, Златибор 28. септембар - 02. октобар 2022. године ; [уредник Ана
Вранјеš]. - Београд : Универзитет, Рударско-геолошки факултет, 2022
(Београд : Графолік). - [18], 514 стр. : илустр. ; 30 cm

На врху насл. стр.: Департаман за хидрогеологију. - Радови ćир.и лат. -
Тираж 100. - Стр. [5-6]: Уводна рећ / Дејан Милениć. - Abstracts. -
Библиографија уз сваки рад.

ISBN 978-86-7352-380-4

а) Хидрогеологија - Зборници б) Снабдевање водом - Зборници

COBISS.SR-ID 74364937

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsjednik:

Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.
Doc. dr Ljiljana Vasić, dipl. inž.
Dr Tanja Petrović Pantić, dipl. inž.
Natalija Radosavljević, mast. inž.
Velizar Nikolić, dipl. inž.
Vukašin Vučević dipl.inž.

Andrej Pavlović, dipl. inž.
Dejan Drašković, dipl. inž.
Branko Ivanković, dipl. inž.
Nenad Toholj, dipl. inž.
Boban Jolović, dipl. inž.
Uroš Jurošević, dipl. inž.

NAUČNI ODBOR:

Predsjednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.
Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.
Prof. dr Vesna Ristić Vakanjac, dipl. inž.
Prof. dr Igor Jemcov, dipl. inž.
Prof. dr Vladimir Živanović, dipl.inž.
Prof. dr Dragoljub Bajić, dipl. inž.
Doc. dr Jana Štrbački, dipl.inž

Doc. dr Saša Milanović, dipl. inž.
Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.
Prof. dr Milan Radulović, dipl. inž.
Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž
Doc. dr Nenad Marić, dipl. inž.
Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.

PROGRAMSKO-UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsjednik:

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.
Prof. dr Nevenka Đerić, dipl. inž.
Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

UNIVERZITET U BEOGRADU

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

u saradnji sa

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

POKROVITELJ:

REHAU d.o.o.

SPONZORI:

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

BeoGeoAqua d.o.o.

Opština Čajetina

Turistička organizacija Opštine Brus

Hotel Zlatibor Mountain Resort&Spa

Knjaz Miloš

DONATOR:

Gold Gondola

Ibis-Inženjering

Milenko Pušić, Goran Jevtić, Vladimir Lukić i Vesna Tripković

- Predlog standardizacije hidrogeološkog kartiranja bušotina u
nevezanim sedimentima..... 371

Zoran Stevanović

- Kompleksno alogeno prihranjivanje karstne izdani aluvijalnim
i rečnim vodama – tri primera sa Balkana..... 377

Marijana Petrović, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić

- Osnove nove litostratigrafske sistematizacije zapadnog dela
Kolubarskog basena..... 383

Branislav Petrović

- Model migracije nitrata u epikarstu: laboratorijski eksperiment..... 389

**Đorđe Momirov, Vesna Ristić Vakanjac, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić,
Bojan Hajdin, Marina Čokorilo**

- Prilog poznavanju režima podzemnih voda leve obale reke Save na potezu
Obrenovac - Beograd..... 395

**MULTIDISCIPLINARNOST U
HIDROGEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA****Nebojša Atanacković, Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović,
Jakov Andrijašević**

- Pregled hidrogeoloških istraživanja novootkrivenih ležišta metaličnih
mineralnih sirovina na prostoru Srbije..... 403

Predrag Pajić, Uroš Urošević, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić

- Primena hidrodinamičkog modeliranja u rešavanju problema
zaštite građevinskih objekata od podzemnih voda na primeru
višenamenske sportske hale u Inđiji..... 409

Zoran Nikić i Nenad Marić

- Potencijal multidisciplinarnog pristupa u hidrogeološkim istraživanjima
- primer izvorište "Kraljeva voda", Zlatibor..... 411

PREDLOG STANDARDIZACIJE HIDROGEOLOŠKOG KARTIRANJA BUŠOTINA U NEVEZANIM SEDIMENTIMA PROPOSAL FOR THE STANDARDISATION OF HYDROGEOLOGICAL BORHOLE LOGGING

Milenko Pušić¹, Goran Jevtić¹, Vladimir Lukić¹, Vesna Tripković¹,

¹ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ Jaroslava Černog 80, 11226 Beograd. E-mail: milenko.pusic@jcerni.rs, goran.jetvic@jcerni.rs, vladimir.lukic@jcerni.rs, vesna.tripkovic@jcerni.rs

APSTRAKT: Kartiranje izvađenog jezgra iz bušotina „in situ“ je standardni postupak za dobijanje informacija o litološkom sastavu terena. Uslovi rada na terenu su nekomforni, često nepovoljni. Rezultat terenskog rada je diktiran, kako terenskim uslovima, tako i znanjem i iskustvom kartirajućeg geologa. Iskustvo pokazuje da kartiranje često obavljaju nestručna i nedovoljno obučena lica, koja kroz praksu razvijaju sopstveni stil i „sistem“ kartiranja. Jasno je, da ovakav individualni pristup kartiranju, ne može da ima univerzalni karakter. Današnji stepen tehnološkog i opšteg razvoja zahteva kompjutersko memorisanje rezultata i interpretaciju podataka. Razvijaju se i koriste obimne i kompleksne baze podataka, koje omogućavaju regionalno sagledavanje geoloških, hidrogeoloških, geotehničkih i drugih karakteristika terena, u rešavanju raznovrsnih inženjerskih problema. Sve ovo zahteva primenu standardizovanih opisa litološkog sastava. Grupa inženjera iz Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ je, iz navedenih razloga, pokušala da odgovori ovom izazovu, izradom nomenklature, standardizovanog sistema terenskog kartiranja jezgra bušotina, čiji su iste karakteristike uvek opisane na isti način. Ova nomenklatura je prvenstveno namenjena hidrogeološkom kartiranju nevezanih stena, mada je njena primena proširena i na sve ostale. Suština predložene nomenklature je u ograničenom broju osnovnih i ostalih odrednica, njihovoj fiksiranoj poziciji u formatu opisa, sa mogućnošću dodavanja dodatnih napomena u slobodnom formatu.

Ključne reči: hidrogeologija, kartiranje, standardizacija, nomenklatura

APSTRACT: Mapping of the borehole core "in situ" is a standard procedure for obtaining information on the lithological composition of the terrain. Field working conditions are uncomfortable, often unfavorable. The result of field work is dictated, both by field conditions and the knowledge and experience of the mapping geologist. Experience shows that mapping is often performed by unprofessional and insufficiently trained persons, who develop their own style and "system" of mapping through practice. This individual approach to mapping cannot have a universal character. Today's level of technological and general development requires computer memorization of results and interpretation of data. Extensive and complex databases are being developed and used, which enable regional review of geological, hydrogeological, geotechnical, and other characteristics of the terrain, in solving various engineering problems. All this requires the application of standardized descriptions of lithological composition. A group of engineers from the Water Institute "Jaroslav Černi", for these reasons, tried to meet this challenge by developing a nomenclature, a standardized field mapping system for wells, whose same characteristics are always described in the same way. This nomenclature is primarily intended for hydrogeological mapping of unbound rocks, although its application has been expanded and not all others. The essence of the proposed nomenclature is in a limited number of basic and other determinants, their fixed position in the description format, with the possibility of adding additional notes in the free format.

Key words: hydrogeology, mapping, standardization, nomenclature

UVOD

Određene oblasti geologije, primenjene u inženjerskoj praksi rešavanja praktičnih problema, prilagođene su ovoj nameni. To se odnosi i na hidrogeologiju, kao značajnoj sponi između prirodnih i tehničkih nauka. Obzirom na dominantni prostor od interesa hidrogeologije, rezultati bušenja i iskopavanja su primarni izvori podataka o poroznoj sredini i podzemnoj vodi. Terenska i laboratorijska ispitivanja dopunjavaju ove informacije.

Dakle, može se reći, da su jezgra nabušenog materijala, dobijena istražnim bušenjima, praktično jedini materijalni dokaz i podloga naknadnim hidrogeološkim interpretacijama. Kartiranje jezgra na licu mesta („in situ“), uz kasniju dopunu, rezultatima terenskih i laboratorijskih ispitivanja, predstavljaju činjeničnu osnovu daljeg rada. Nesporan je značaj kvalitetnog kartiranja.

Sa svoje strane, imajući ogromno istorijsko iskustvo u praksi, geotehnika je razvila ozbiljan aparat standardizacije i kvantifikacije parametara geološke sredine, da pomenemo samo standarde SRPS U.B1.001:1990 (opšta klasifikacija tla), i SRPS EN ISO 17892-4:2017 (Laboratorijsko ispitivanje tla – Deo 4: Određivanje granulometrijskog sastava). Srpska hidrogeologija je preuzela i u praksi koristi ovaj drugi.

Međutim, naša hidrogeologija (pre svega naučne institucije), nije do sada razvila sličan sistem, pri čemu bi cilj kartiranja jezgra bušotine bio usmeren ka kvantifikaciji parametara stenske mase. Time bi se ova oblast više približila inženjerskim postupcima rešavanja problema iz oblasti podzemnih voda.

Očigledno je da je rezultat kartiranja diktiran, kako terenskim uslovima, tako i znanjem i iskustvom kartirajućeg geologa. Iskustvo pokazuje da kartiranje često obavljaju nestručna i nedovoljno obučena lica, koja kroz praksu razvijaju sopstveni stil i „sistem“ kartiranja. Jasno je, da ovakav individualni pristup kartiranju, ne može da ima sistemski karakter. Ova činjenica je i u suprotnosti sa zahtevima kompjuterskog memorisanje i interpretacije podataka. Softveri i baze podataka, omogućavaju kompleksnu interpretaciju i prikaze u 2D i 3D okruženju, zahtevaju drugačiju pripremu i formate unosa, nego što je danas naša praksa.

Suočeni sa ovim zahtevima i potrebom formiranja baze bušotina na nivou Instituta (Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, prim. aut.), gde su u pitanju desetine hiljada objekata, autori su bili „primorani“ da naprave sistem, kojim će objediniti sve rezultate kartiranja (Pušić et al., 2022).

STANDARDIZOVANI SISTEM KARTIRANJA BUŠOTINA

Definisanje ciljeva standardizovanog sistema kartiranja bušotina je od samog starta zahtevalo sagledavanje njegovog korišćenja. Konstatovana je potreba komfornijeg formiranja grafike u hidrogeološkim izveštajima, kao i mogućnost kompjuterske, odnosno numeričke interpretacije, itd. Osobnost predložene nomenklature je u tome, što se u dobroj meri oslanja na ocenu filtracionih karakteristika porozne sredine, tačnije, na kvantifikaciju koeficijenta filtracije. Ovakav pristup omogućava direktnije korišćenje dobijenih rezultata kartiranja u postupku izrade numeričkih modela strujanja podzemnih voda.

Kao osnova ovog sistema, definisano je da su isti parametri kartirane jedinice (jezgra bušotine) opisani na isti način. Iz takve postavke je moguće (uslovno jednoznačno) kvantifikovati filtracione, vododržive i vodonosne karakteristike porozne sredine, što je, valjda, i prevashodni cilj hidrogeološke karakterizacije stenskih masa.

Dakle, standardizovani sistem kartiranja bušotina uključuje:

- standardizovani opis litološkog jezgra (stuba) bušotine, koji se daje za svaki kartirani član (interval),
- procenu koeficijenta filtracije svakog kartiranog člana i to:
 - i) za nevezane stene, preko granulometrijskog sastava, laboratorijskog opita propusnosti (na primer Darsijev eksperiment) i/ili terenskih metoda (opitno crpenje),
 - ii) za vezane stene, na osnovu terenskih metoda (VDP, ili slično), iskustva na sličnim terenima.
- za nevezane stene, jednoznačnu funkcionalnu vezu između litološkog opisa i koeficijenta filtracije kartiranog člana, preko granulometrijskog sastava,
- dodeljivanje standardne šrafure u grafičkom prikazu litoloških članova stuba bušotine,
- dodeljivanje odgovarajuće standardne boje, za slučaj prikaza hidrogeoloških karakteristika (vodopropusnosti sredine), (Grupa autora, 1988).

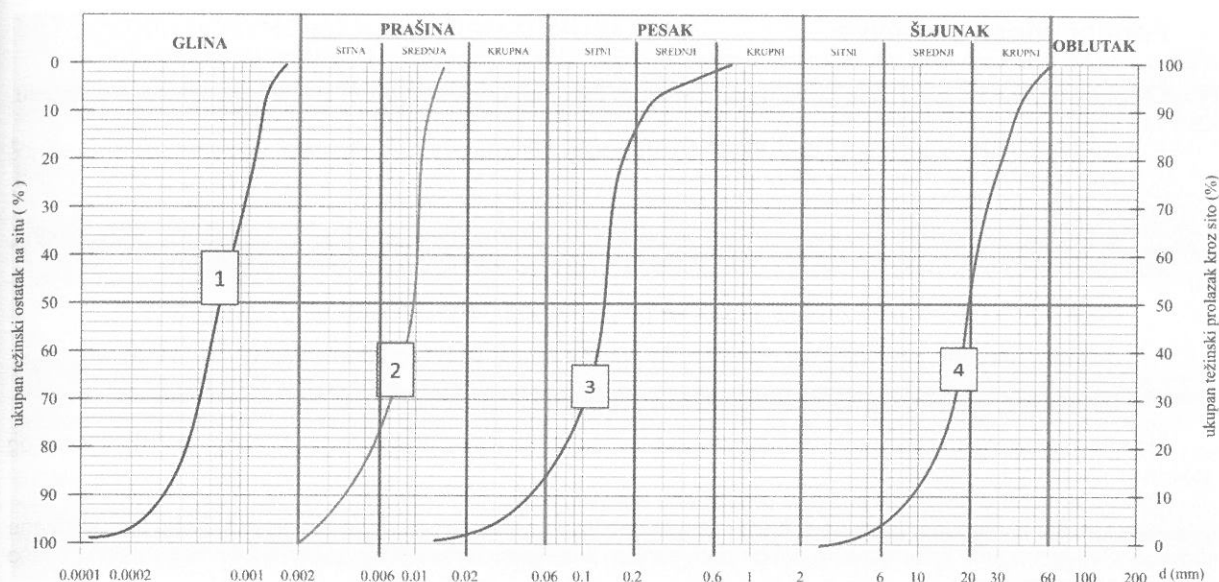
NOMENKLATURA OPISA PRILIKOM KARTIRANJA JEZGRA

Nomenklatura, ovde izložena, razvijena je sa osnovnom namenom lakše pripreme podloga za hidrogeološke proračune, tokom rešavanja konkretnih inženjerskih problema. To podrazumeva definisanje homogenih kartiranih jedinica, kao i procenu koeficijenta filtracije. Ova nomenklatura je prvenstveno namenjena hidrogeološkom kartiranju nevezanih stena, mada je njena primena proširena i na sve ostale. Suština predložene nomenklature je u ograničenom broju osnovnih i ostalih odrednica, njihovoj fiksiranoj poziciji u formatu opisa, sa mogućnošću dodavanja dodatnih napomena u slobodnom formatu.

Za potrebe rešavanja hidrogeoloških problema, koji se u velikoj meri realizuju kroz primenu matematičkih modela strujanja podzemnih voda, ovakvo kartiranje treba da pruži prvu informaciju o prostiranju i filtracionim karakteristikama porozne sredine. Rezultati kartiranja treba da omoguće izdvajanje i interpretaciju hidrogeoloških celina i njihovih karakteristika na različite načine, u zavisnosti od postavljenog zadatka.

Litološka klasifikacija stena

Litološka klasifikacija nevezanih stena je olakšana primenom standarda SRPS EN ISO 17892-4:2017, koji se bavi laboratorijskim određivanjem granulometrijskog sastava. Kriva granulometrijskog sastava je glavno merilo za kvantifikovanu identifikaciju litološke pripadnosti sedimenata intergranularne poroznosti. Za tu svrhu se koristi formular za konstrukciju krive, koji sadrži četiri osnovne litološke odrednice: šljunak, pesak, prašinu i glinu. Krupniji članovi, koje se ređe koriste, su još i oblatak i blok, slika 1, tabela 1.



Slika 1. Krive granulometrijskog sastava prema SRPS EN ISO 17892-4 (2017)
 Figure 1. Particle size distribution curves according to SRPS EN ISO 17892-4 (2017)

Litološka odrednica se definiše u zavisnosti od oblasti u kojoj se granulometrijska kriva pretežno nalazi (odnosno, u zavisnosti od preovlađujućeg procenta sadržaja pojedine komponente granulometrijskog sastava). Kriva obično preseca dve, ili više oblasti i tada se može govoriti i o količini određenih primesa krupnije i/ili sitnije frakcije. Prema srpskom standardu iz 2017. godine (SRPS EN ISO 17892-4), koji je identičan sa EN ISO 17892-4 iz 2016. godine, podela prema veličini zrna je prikazana u tabeli 1.

Tabela 1. Podela nevezanog sedimenta prema veličini zrna
 Table 1. Classification of soil particles according to size

Materijal	Litološka odrednica	Prečnik (mm)	Dodatna odrednica	Prečnik (mm)
Krupnozmi materijal	Blok	200 – 2000		
	Oblutak	60 – 200		
	Šljunak	2 – 60	krupni	20 - 60
			srednji	6 - 20
sitni			2 - 6	
Sitnozmi materijal	Pesak	0,06 – 2	krupni	0.6 - 2
			srednji	0.2 - 0.6
			sitan	0.06 - 0.2
	Prašina	0,002 – 0,06	krupna	0.02 - 0.06
			srednja	0.006 - 0.02
			sitna	0.002 - 0.006
	Glina	0.0001 – 0.002		

Za vezane (konsolidovane) stene se primenjuje drugačiji kriterijum za njihovu osnovnu klasifikaciju prema načinu nastanka na sedimentne, magmatske i metamorfne stene. One se dalje dele na osnovu različitih kriterijuma prema sastavu, veličini sadržanih zrna, prema poreklu, dijagenezi, metamorfozi, itd.

Za ove stene, hidrogeološke odrednice vodonosnosti i vodopropusnosti, a time i njihovu hidrogeološku funkciju, moguće je dati na osnovu svojstava izraženog pukotinskog sistema i terenskih opita na bušotinama.

Format unosa podataka

Cilj primene pravila je da opis bude u standardnom formatu, prepoznatljivom za dalju kompjutersku obradu. Osnovni pojmovi (informacije) su:

osnovni (preovlađujući, dominantni) litološki član u okviru kartiranog intervala, uz koji se još dopisuju dodatne naznake za veličinu zrna (kod nevezanih stena). Na primer: pesak srednji, prašina krupna, itd.,

primese, eventualno prisustvo sitnijih i krupnijih frakcija zrna (nevezane stene). Na primer: pesak srednji, sitni (odrednica osnovnog litološkog člana), prašina krupna (odrednica primese sitnije frakcije),

boja jezgra (uzorka), od značaja za kasnije prepoznavanje na prvi pogled istorodnih stena,

dubina, odnosno interval(i) uzorkovanja, za potrebe izrade laboratorijskih analiza,

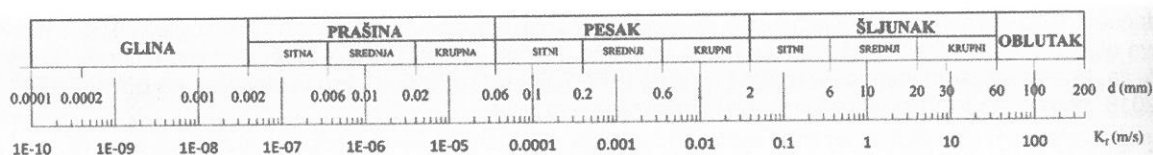
komentar, sve ono što ne može da stane u prethodne informacije.

U predviđena polja (mesta) u okviru informacije se može, a i ne mora, upisati podatak, naravno, osim osnovnog litološkog člana, koji je obavezan.

Dve su evidentne prednosti primene predložene nomenklature:

- prva je, što je moguće, na osnovu krive granulometrijskog sastava, preciznije definisati litološki opis kartirane jedinice. Ovo je moguće jednostavnim dekomponovanjem krive granulometrijskog sastava na procentualno učešće zastupljenih frakcija zrna, i

- druga je, što je moguće, prepoznavanjem sitne frakcije zrna koja obuhvata zastupljenost od 10% (d_{10}), prilično pouzdano odrediti red veličine koeficijenta filtracije (izračunatog primenom empirijske modifikovane formule Hazena), slika 2. Na primer, prašina srednja je reda veličine $K_f \sim 1 \cdot 10^{-6}$ m/s, pesak srednji odgovara $K_f \sim 1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Treba obratiti pažnju da se prvo piše naziv osnovnog litološkog člana, a potom njegova frakcija (ukoliko je zastupljena). Ovo unekoliko odudara od uobičajeno redosleda opisivanja litološkog sastava.



Slika 2. Uprošćeni prikaz veze litološkog opisa kartirane jedinice, veličine zrna granulometrijskog sastava i koeficijenta filtracije (modifikovana formula Hazena)

Figure 2. Simplified presentation of the relationship between the lithological description of the mapped unit, the grain size of the granulometric composition and the Hydraulic conductivity (modified Hazen formula)

Primenjujući gornje veze, vrednosti K_f i fracije zrna iz kojih su izvedene, četiri krive, na slici 1, daju sledeće vrednosti K_f : kriva 1: glina, $K_f \sim 1 \cdot 10^{-9}$ m/s, kriva 2: prašina sitna (odrednica osnovnog litološkog člana), $K_f \sim 2 \cdot 10^{-7}$ m/s, kriva 3: prašina krupna (kao sitnija primesa sitnog peska, osnovnog litološkog člana), $K_f \sim 3 \cdot 10^{-5}$ m/s, kriva 4: šljunak srednji (kao sitnija frakcija u okviru osnovnog litološkog člana, a zanemarujemo sitnu frakciju, jer ima zastupljenost ispod 5%), $K_f \sim 0.8$ m/s.

Naravno, mogu se uputiti zamerke ovakvom načinu utvrđivanja koeficijenta filtracije kartiranih jedinica, posebno, imajući u vidu široku lepezu empirijskih formula koje se primenjuju. Za ovu priliku je korišćena modifikovana (uprošćena) formula Hazena, data izrazom:

$$K_f \text{ (m/s)} = 0.01 \cdot (d_{10})^2 \text{ (mm)}$$

gde je:

K_f – koeficijent filtracije,

d_{10} – veličina zrna sa 10% zastupljenosti na krivoj granulometrijskog sastava,

Uprošćena formula Hazen-a, izvedena je iz osnovne njegove formule, za specijalan slučaj i načelno je njena oblast važenja ista kao i za osnovnu formulu (Vuković, Soro, 1991). Ovde je njeno važenje razvučeno na praktično celu oblast formulara krive granulometrijskog sastava, iz dva razloga: prvo, ona je najjednostavnija za primenu, a drugo, preliminarne analize su pokazale da daje rezultate (vrednosti K_f), koje se generalno zadovoljavajuće uklapaju i u većinu rezultata drugih autora (osim za USBR i povremeno za Kriger-a, koji daju ubedljivo niže vrednosti K_f , odnos svih autora prema modifikovanom Hazen-u je u proseku između 0.8 i 1.4, minimalno oko 0.15, maksimalno 2.5 do 4.5, zavisno od uzorka). Upoređenje je izvršeno sa formulama 17 autora: Hazen, Slihter, Tercagi, Bejer, Zauerbrej, Kriger, Kozeni, Cunker, Zamarin, USBR, Pavčić (za šljunak i pesak), Pavčić (za šljunak), Seelheim, Harleman idr., Koenders i Williams, Alyamani i Sen, Chapuis i dr., (Vuković, Soro, 1991, Barac, Šestakov, 2006, Odong, 2007, Song et al, 2009, Vienken, Dietrich, 2011, Pucko, Aguilar, 2013, Devlin, 2015, Lopez et al, 2015, Verbovšek, 2015, Svensson, 2014, Fenza et al, 2017, Ryczek et al, 2017, Riha et al, 2018, .

TERENSKO I ZAVRŠNO KARTIRANJE BUŠOTINA

Bez obzira na poštovanje propisanih pravila nomenklature, na terenu nije uvek moguće da se dovoljno precizno odredi litološka pripadnost analiziranog jezgra. Zato se ovo, nazvano „terensko kartiranje“, posmatra kao prvi, privremeni zapis, litološki opis kartirane jedinice.

Takozvano „završno kartiranje“ se obavlja naknadno, po dobijanju rezultata granulometrijskih analiza (za nevezane stene). Na osnovu analize krive granulometrijskog sastava, moguće je odrediti i kvantifikovati prisustvo različitih frakcija zrna materijala. Naročito je korisno definisanje sitnijih frakcija, na osnovu kojih se računa koeficijent filtracije razmatranog uzorka, primenom empirijskih formula. Reprezentativni koeficijent filtracije kartirane jedinice je dragoceni i neophodni podatak, osnova za dalje hidrogeološke analize i proračune (naročito u uslovima korišćenja numeričkih modela strujanja podzemnih voda).

Zaključak

Standardizacija hidrogeološkog kartiranja bušotina je postala nasušna potreba u današnjim uslovima primene kompjuterske tehnologije. Ekipe inženjera hidrogeologa Instituta za vodoprivredu "Jaroslav Černi" je napravila predlog nomenklature litološkog opisa kartiranog jezgra bušotine. Njena osnova je sadržana u stavu da su isti parametri kartirane jedinice opisani na isti način. Ovakav pristup omogućava, lakše nego do sada, hidrogeološku interpretaciju rezultata bušenja (u vidu izvađenog jezgra) i naročito, primenu različitih specijalizovanih kompjuterskih programa. Mogućnost jednoznačnog izvođenja makar grube kvantifikacije koeficijenta filtracije porozne sredine, koja je ovde data za nevezane sedimente, daje dodatni kvalitet predloženoj nomenklaturi, naročito u postupku izrade numeričkih modela strujanja podzemnih voda.

Literatura:

- AGUILAR J. R., 2013, Analysis of Grain Size Distribution and Hydraulic Conductivity for a Variety of Sediment Types with Application to Wadi Sediments, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Kingdom of Saudi Arabia, April, 2013 In Partial Fulfillment of the Requirements, For the Degree of Masters of Science
- БАРАЦ Н.И., ШЕСТАКОВ В.Н., 2006., ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТОВ, Методические указания, к лабораторной работе по механике грунтов, Федеральное агентство по образованию Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Кафедра инженерной геологии, оснований и фундаментов Омск, Издательство СибАДИ
- DEVLIN J. F., 2015, HydrogeoSieveXL: an Excel-based tool to estimate hydraulic conductivity from grain-size analysis, *Hydrogeology Journal* (2015) 23: 837–844, DOI 10.1007/s10040-015-1255-0
- FENZA P., DA PELO S., BUTTAU C., VACCA S., GIORGIO GHIGLIERI G., 2017, Testing indirect methods to infer hydraulic conductivity in streambed sediments: preliminary results, 3rd National Meeting on Hydrogeology Cagliari, 14-16 June 2017
- GRUPA AUTORA, 1988: *Uputstvo za izradu osnovne inženjersko geološke karte SFRJ R 1: 100. 000*, Beograd: Savezni Geološki zavod, Beograd
- LOPEZ O. M., JADOON K. Z., MISSIMER T. M., 2015, Method of Relating Grain Size Distribution to Hydraulic Conductivity in Dune Sands to Assist in Assessing Managed Aquifer Recharge Projects: Wadi Khulays Dune Field, Western Saudi Arabia, *Water* 2015, 7(11), 6411-6426; doi:10.3390/w7116411
- ODONG J., 2007, Evaluation of Empirical Formulae for Determination of Hydraulic Conductivity based on Grain-Size Analysis, *Journal of American Science*, 3(3)
- PUCKO T., VERBOVŠEK T., 2015, Comparison of hydraulic conductivities by grain-size analysis, pumping, and slug tests in Quaternary gravels, NE Slovenia, *Open Geoscience* ; 7:308–317
- PUŠIĆ M., LUKIĆ V., JEVTIĆ G., TRIPKOVIĆ V., 2022: *Priručnik za hidrogeološko kartiranje jezgra bušotina*, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd (interni dokument u izradi)
- ŘIHA J., PETRULA L., HALA M., ALHASAN Z., 2018, Assessment of empirical formulae for determining the hydraulic conductivity of glass beads, *J. Hydrol. Hydromech.*, 66, 2018, 3, 337–347, DOI: 10.2478/johh-2018-0021
- RZCYEK M., KRUK E., MALEC M., KLATKA S., 2017, Comparison of pedotransfer functions for the determination of saturated hydraulic conductivity coefficient, *Environmental protection and natural resources*, VOL. 28 NO 1(71): 25-30, DOI 10.1515 /OSZN-2017-0005
- Standard: SRPS U.B1.001:1990 (opšta klasifikacija tla)
- Standard: SRPS EN ISO 17892-4:2017 (Laboratorijsko ispitivanje tla – Deo 4: Određivanje granulometrijskog sastava).

- SONG J., CHEN X., CHENG C., WANG D., LACKEY S., XU Z., 2009, Feasibility of grain-size analysis methods for determination of vertical hydraulic conductivity of streambeds, *Journal of Hydrology*, doi:10.1016/j.jhydrol.2009.06.043
- SVENSSON A., 2014, Estimation of Hydraulic Conductivity from Grain Size Analyses, Chalmers University Of Technology, Göteborg, Sweden, Master's Thesis 2014:1
- VIENKEN T., DIETRIC P., 2011, Field evaluation of methods for determining hydraulic conductivity from grain size data, *Journal of Hydrology* 400 (2011) 58–71
- VUKOVIĆ M., SORO A., 1991: *Određivanje koeficijenta filtracije preko podataka o granulometrijskom sastavu*, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, posebna izdanja