

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)
Зbornik radova / XVI Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim
učešćem, Zlatibor 28. septembar - 02. oktobar 2022. godine ; [urednik Ana
Vranješ]. - Beograd : Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet, 2022
(Beograd : Grafolik). - [18], 514 str. : ilustr. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi ćir.i lat. -
Tiraž 100. - Str. [5-6]: Uvodna reć / Dejan Milenić. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-380-4.

a) Хидрогеологија - Зборници b) 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

Marina Ćuk Đurović, Igor Jemcov, Maja Todorović

- Primena hidrodinamičkih i hidrohemijskih metoda istraživanja na primeru brane Lazići (RHE Bajina Bašta)* 417

Nikola Nikolić, Vaso Novaković, Ferid Skopljak, Dejan Petrović, Miroslav Radić

- Izbor metode i trajanje razrade bunara..... 423

Amela Greksa i Jasna Grabić

- Povećanje dopune podzemnih voda u urbanim sredinama primenom bioinfiltracionih–bioretencionih sistema.....* 429

Nataša Ćuković Ignjatović i Dušan Ignjatović

- Principi projektovanja održivih objekata za korišćenje balneološkog potencijala na području Vojvodine..... 435

Milica Simonović, Gordana Šekularac, Dragica Stojiljković

- Trend uticaja parametara vodnog bilansa zemljišta različitih područja Srbije..... 441

Vladimir Beličević i Zlatko Ilijovski

- Kompleksna hidrogeološka istraživanja uzroka procurivanja u zoni brane Uvac..... 443

Milorad Kličković

- Grafički prilozi istorijatu Resavske pećine..... 449

Vladimir Lukić, Milenko Pušić, Vesna Tripković, Goran Jevtić, Boban Stojanović, Tomislav Mrđa, Vladimir Bačanin, Anđela Marinković

- Softverska inovacija u prikupljanju, obradi i skladištenju hidrogeoloških podataka..... 455

Uroš Jurošević, Spasoje Glavaš

- Projekat RER/7/013 procjena resursa podzemnih voda i interakcije podzemnih i površinskih voda u kontekstu adaptacije na klimatske promjene..... 461

SOFTVERSKA INOVACIJA U PRIKUPLJANJU, OBRADI I SKLADIŠTENJU HIDROGEOLOŠKIH PODATAKA SOFTWARE INNOVATION IN HYDROGEOLOGICAL DATA COLLECTION, PROCESSING AND STORAGE

Vladimir Lukić¹, Milenko Pušić¹, Vesna Tripković¹, Goran Jevtić¹, Boban Stojanović², Tomislav Mrđa², Vladimir Bačanin², Anđela Marinković²

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

²Vodena, Kralja Milana 19b/5, 34000 Kragujevac. E-mail: boban.stojanovic@vodena.rs, tomislav.mrdja@vodena.rs, vladimir.bacanin@vodena.rs, andjela.marinkovic@vodena.rs

APSTRAKT: Savremeni pristup rešavanju inženjerskih problema podrazumeva memorisanje podataka hidrogeoloških istraživanja u elektronskom obliku u cilju olakšane manipulacije sa njima u daljim istraživanjima. U tu svrhu je razvijen Hidrogeološki Informacioni Sistem (HGIS) koji omogućava unos, skladištenje, manipulaciju i izvoz podataka hidrogeoloških istraživanja. Arhitektura hidrogeološkog informacionog sistema se sastoji od 4 glavna alata: alata za unos podataka, alata za pregled podataka, alata za korekciju vremenskih serija i alata za šematizaciju. Pored navedenih, razvijena su i dva dodatna eksterna modula: qGrains i qWells.

qGrains je aplikacija koja pored digitalizacije granulometrijskih krivih vrši proračun koeficijenta filtracije po empirijskim formulama kao i za prostornu (u planu i profilu) klasifikaciju, sistematizaciju i šematizaciju sedimenata prema procentualnom sadržaju i veličini odabranih veličina zrna, što može da bude koristan deo pripreme podloga za viši nivo hidrogeološke interpretacije (izrada hidrodinamičkog modela). Modul qWells služi za obradu podataka opitnih crpenja, koji omogućava simulaciju rada više bunara sa promenljivim protokom, ili za slučaj ograničenog prostiranja izdani (pri pojavi granica konstantnog potencijala, ili vodonepropusne granice). U pogledu vizuelizacije rezultata, program za odabrane vremenske preseke (nestacionarne uslove), omogućava iscrtavanje (prikaz u planu) izolije računskih nivoa podzemnih voda, kao i strujnica sa definisanim vremenom putovanja čestice vode.

Gljučne reči: softver, HGIS, qgrains, qWells

APSTRACT: The modern approach to solving engineering problems implies memorizing hydrogeological research data in electronic form to facilitate manipulation with them in further research. For this purpose, the Hydrogeological Information System (HGIS) has been developed, which enables the entry, storage, manipulation, and export of hydrogeological research data. The architecture of the hydrogeological information system consists of 4 main tools: a data entry tool, a data review tool, a time series correction tool, and a schematization tool. In addition to the above, two additional external modules qGrains and qWells have been developed. qGrains is an module that, in addition to digitizing grain size composition curves, calculates the hydraulic conductivity according to empirical formulas as well as for spatial (plan and profile) classification, systematization and schematization of sediments according to percentage and size of selected grain sizes, which can be a useful part of preparation of data for higher level of hydrogeological interpretation (development of hydrodynamic model). The qWells module is used for processing pumping test data, which enables the simulation of the operation of several wells with variable flow, or in the case of limited expansion of aquifer (when the constant potential boundary - ϕ or watertight boundary - Ψ). In terms of visualization of results, the program for selected time sections (non-stationary conditions), allows drawing (plan view) isolines of calculated groundwater levels, as well as streams with a defined travel time of water particles.

Key words: HGIS, qgrains, qWells

1. UVOD

Savremena inženjerska praksa podrazumeva elektronsku obradu, skladištenje i interpretaciju rezultata izvedenih hidrogeoloških istraživanja. Tokom višedecenijskog bavljenja istraživanjem podzemnih voda, stručnjaci Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ su prepoznali potrebu za razvojem određenih softverskih rešenja, koja bi omogućila komforniji rad sa velikim obimom podataka, što podrazumeva njihov unos, obradu, interpretaciju i izlaz ka softverima za matematičko modeliranje. U tu svrhu je razvijena platforma - Hidrogeološki informacioni sistem (HGIS), kao i prateći softveri qGrains i qWells. U okviru rada je dat svedeni prikaz ovih softverskih rešenja.

2. PREDMET, SVRHA I CILJEVI RAZVOJA I PRIMENE HGIS-a

Razvoj i implementacija HGIS podrazumeva razvoj kompleksne softverske platforme, sa orijentacijom ka: korisniku (korisničke aplikacije), kao i specijalizovanom upravljanju sistemom (administratorski alat). Ovakav sistem je razvijen prema principima savremene servisno orijentisane arhitekture, koja sadrži međusobno povezane softverske komponente različite namene, izgrađene nad distribuiranim relacionim bazama podataka. Ovakav sistem u potpunosti obezbeđuje precizne mehanizme preuzimanja podataka iz različitih izvora, njihovu validaciju, obradu i arhiviranje, kao i softverske komponente za brz i bezbedan pristup podacima od strane korisnika kroz specijalizovane aplikacije namenjene pružanju podrške u upravljanju sistemom.

Sistem predviđa upravljanje pravima pristupa na nivou uloga, kao i na nivou pojedinačnih korisnika. Arhitektura HGIS-a je proširiva i nije ograničena fizičkim obimom podataka u sistemu i brojem korisnika samog sistema. HGIS je sposoban da pristupi i preuzme sve podatke, da ih prevede u standardan format i pruži korisniku kroz Web servise i standardizovane funkcije. Arhitektura hidrogeološkog informacionog sistema se sastoji iz od četiri glavna alata (aplikacija) i interfejsa: alat za unos podataka, alat za pregled podataka, alat za korekciju vremenskih serija i alat za šematizaciju.

2.1 Alat za unos podataka

Alat za unos se operateru omogućava da na jednostavan i intuitivan način unosi raspoložive podatke unutar HGIS-a po odgovarajućim sekcijama i podsekcijama. Ovim korisničkim alatom je moguć ručni i automatski unos podataka. Po sekcijama i podsekcijama se vrši unos:

Objekti - osnovnih podataka o objektima, kao što su: naziv objekta, koordinate, dubina bušenja, konstrukcije objekta itd. Omogućen je i njihovo pretraživanje i pregled (slika 1).



Slika 1. Alat za unos hidrogeoloških podataka
Figure 1. Hydrogeological data entry tool

Preliminarno kartiranje - rezultata terenskog kartiranja jezgra bušotina, kartiranih prema „Priručniku za hidrogeološko kartiranje jezgra bušotina“ (Pušić i dr., 2022) ili „istorijskih“ rezultata kartiranja jezgra bušotina (već postojeća dokumentacija).

Granulometrijski sastav - podataka o granulometrijskom sastavu uzoraka. Podaci se unose: digitalizacijom grafičkog prikaza krive granulometrijskog sastava u elektronskom obliku, ručnim unosom, ili kopiraj/zalepi opcijom, u tabelarnom obliku u odgovarajućem formatu.

Koeficijenti filtracije - podataka o vrednostima Kf, dobijenim izračunavanjem prema empirijskim formulama (18 autora), koristeći unete podatke o granulometrijskom sastavu, kao i unos (i pregled) vrednosti Kf dobijenih „ostalim metodama“ (terenske i laboratorijske metode).

Završno kartiranje - predstavlja sublimaciju preliminarnog kartiranja, reprezentativne vrednosti koeficijenta filtracije uzorka i fotodokumentacije jezgra bušotine u jedinstveni prikaz (interpretaciju). Za nevezane stene je dodatni važan izvor informacija rezultat granulometrijskih analiza uzoraka (krive granulometrijskog sastava), gde program na osnovu forme krive daje predlog opisa kartirane jedinice. Po sprovedenoj analizi, ukoliko je

potrebno, vrše se korekcija preliminarnog (terenskog) opisa.

Vremenski nizovi - unose se podaci o merenim nivoima podzemnih voda i proticajima na HG objektima. U okviru ove kartice se prikazuju i korišćeni merni instrumenti (ukoliko ih ima).

2.2 Alat za pregled i analizu podataka

Ovim alatom se korisniku omogućava da na jednostavan i intuitivan način pretražuje raspoložive podatke unutar HGIS-a, kao i da definiše sve neophodne attribute potrebne za njihovo preuzimanje. Pored samog pristupa podacima, ova aplikacija ima i određeni nivo interaktivnosti i vizuelizacije.

Funkcije ove aplikacije su i: izvršenje upita, vizuelizacije i manipulacije podacima uz korišćenje odgovarajućih grafičkih podloga kao što su: situacioni prikazi na osnovu geološke i hidrogeološke karte, prikazi vremenskih serija i dr. Korisniku je omogućeno da brzo generiše grafikone, tabele i druge elementarne pokazatelje, vezane za razmatrani tip podatka iz baze podataka. Kompletan sadržaj korisničkog alata je prostorno i vremenski referenciran, pa je korisnik u mogućnosti da odabere željeni vremenski interval pregleda i oblast, ili lokaciju.

2.3 Alat za korekciju vremenskih serija

Ovaj korisnički alat je u procesu razvoja i treba da omogući manipulaciju svim podacima merenja u formi vremenskih serija, na objektima koji se nalaze u centralnoj bazi podataka, u cilju njihove analize i korekcije. To podrazumeva pregled podataka, statističku analizu, analizu tehničkog kvaliteta, modifikaciju postojećih podataka i popunjavanje nedostajućih podataka. S obzirom da je za ekspertsku analizu najčešće neophodno simultano manipulisanje različitim serijama, alat omogućava istovremeni tabelarni i grafički prikaz više serija iz baze, transfer podataka između serija, kombinovanje podataka iz različitih serija u cilju analize ili dobijanja novih podataka, uvoz podataka iz spoljnih izvora (fajlovi i slično), izvoz podataka u obliku standardnih formata, generisanje izveštaja analize i čuvanje modifikovanih i izvornih podataka u bazi.

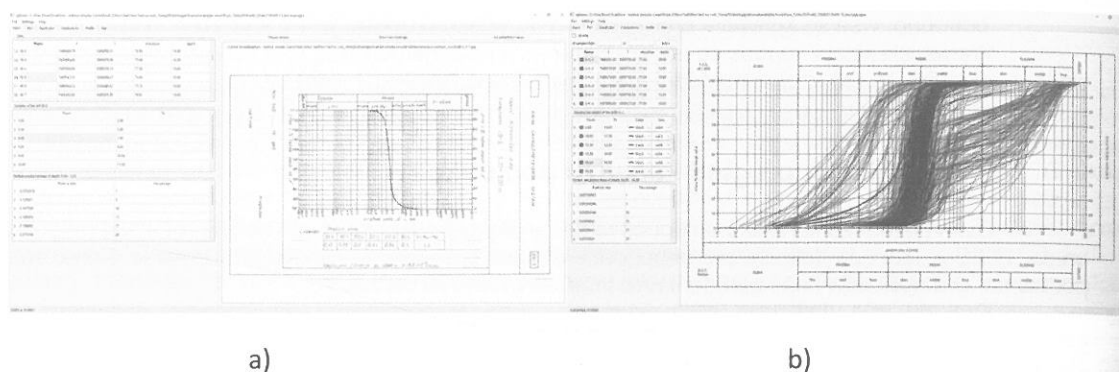
2.4 Alat za šematizaciju slojeva

Ovaj korisnički alat je u procesu razvoja i treba da omogući automatsku i poluatomatsku šematizaciju, odnosno izdvajanje tipskih hidrogeoloških slojeva. U osnovi, polazi se od (u planu) „tačkastih“ podataka, bušotina, čijom se analizom i sistematizacijom dolazi do, najpre, tzv. litološkog modela, a zatim, njegovom šematizacijom (u zavisnosti od konkretnog zadatka rešavanja), do šematizovanog („stratigrafskog“) modela. Ovaj alat je namenjen prvenstveno definisanju geometrije slojeva numeričkih modela strujanja podzemnih voda, kao i ostalih parametara ovih modela (distribucija filtracionih karakteristika, položaj i karakteristike graničnih uslova).

3. APLIKACIJA „qGrains“

U skladu sa standardnom metodologijom hidrogeoloških istraživanja, prva aproksimacija u sagledavanju granica litoloških jedinica i filtracionih karakteristika sredine intergranularne poroznosti obavlja se analizom mehaničkog sastava. Uzorci sedimenata, preuzeti na terenu tokom kartiranja, tretiraju se u geomehaničkoj laboratoriji postupkom prosejavanja i hidrometriranja, u cilju utvrđivanja procentualnog učešća zrna određene veličine u ukupnoj masi uzorka. Rezultati obrade se interpretiraju tabelarno i grafički (u vidu granulometrijskih krivih). Samo pojedine geomehaničke laboratorije u izveštajima ispitivanja daju i rezultate proračuna koeficijenta filtracije, najčešće primenom empirijskih formula USBR-a i Hazen-a (ili preko nomograma), nezavisno od domena njihove primene. Shodno navedenom, u Institutu za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ je razvijen višenamenski softver, pod nazivom „qGrains“, prvobitno namenjen za digitalizaciju granulometrijskih krivih i proračun koeficijenta filtracije, a zatim i za grafičku interpretaciju prostornog rasporeda parametara granulometrijskog sastava sredine (u planu i profilu).

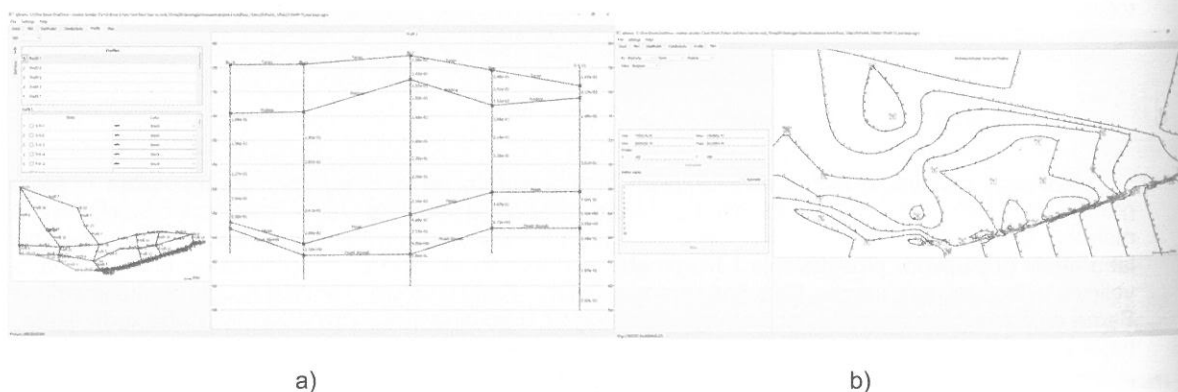
Prvi korak u radu sa programom je unos osnovnih podataka za svaku bušotinu (kartica *Input*) - naziv, koordinate i kota (terena) bušotine, dubina bušotine i intervali uzorkovanja po dubini, *Slika 2a*. Na istoj kartici se sprovodi i digitalizacija granulometrijskih krivih sa originalnih formulara, čime se formira baza podataka o procentualnom učešću zrna određene veličine. Program je koncipiran tako da se uporedo sa digitalizacijom krivih, na sledećoj kartici (kartica *Plot*) one iscrtavaju na odabranom formularu. Meni ove strane omogućava odabir krivih koje se prikazuju, kao i vid njihove vizuelizacije (stil, boja) – *Slika 2b*.



Slika 2. Kartica Input a); Kartica Plot b)
Figure 2. Input tab a); Plot tab b)

U okviru posebne analize i interpretacije mehaničkog sastava, omogućen je prikaz promene veličine zrna, ili procentualnog učešća zrna u odabranom intervalu veličine, po dubini. Mogu se analizirati pojedinačni, ili svi uzorci. Ovaj vid prikaza je od posebnog interesa prilikom izbora položaja vodoprijemnog dela konstrukcije bunara. Sa unosom parametara sa granulometrijskih krivih, interaktivno se računa koeficijent filtracije sedimenta primenom empirijskih formula 10 autora (Slichter (Slichter, 1898), Sauerbrei (Sauerbrei, 1932), Zunker (Zunker, 1932), Terzaghi (Vukovic & Soro, 1992; Terzaghi, 1996), Kruger (Vukovic & Soro, 1992), Zamarin (Zamarin, 1928), Hazen (Hazen, 1892), Beyer (Beyer, 1964), Kozeny (Kozeny 1927 i 1953) i USBR (Vukovic & Soro, 1992; USBR, 1978)), zatim proračun poroznosti i koeficijenta uniformnosti zrna. Rezultati su interpretirani u vidu tabele na posebnom listu.

Pogodnost ovog softvera je i u tome što omogućava šematizuju slojeva u profilu. Izdvajanje granica se obavlja prema odabranim parametrima – procentualnom učešću zrna određene veličine (d_{10} , d_{50} ...), ili prema vrednostima koeficijenta filtracije. Broj profila u području i bušotina u okviru svakog profila nije ograničen, a izbor vrši obrađivač na listu *Profile*, slika 3a. U donjem levom uglu strane data je karta sa rasporedom istražnih bušotina i trasama profila. Poseban modul programa *qGrains* je prostorna klasifikacija i šematizacija, odnosno zoniranje terena u planu (kartica *Plan*), prema izabranom parametru (veličini zrna, koeficijentu filtracije, itd.). Dodatni odabir parametara za interpretaciju se može obaviti po vertikali i to: između dve proizvoljno odabrane dubine (alternativno između apsolutnih kota), ili površi prethodno definisanih slojeva, Slika 3b. Eksportovani rezultati navedene obrade su u formatu primenljivom za viši nivo interpretacije (npr. za potrebe izrade hidrogeološkog, ili hidrodinamičkog modela).



Slika 3. Kartica Profile a); Kartica Plan b)
Figure 3. Profile tab a); Plan tab

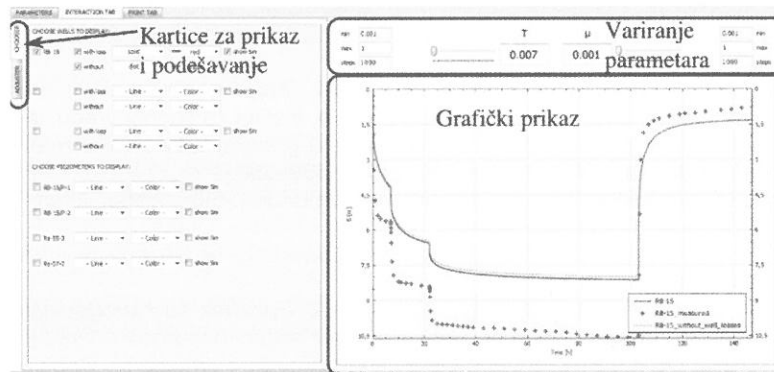
4. APLIKACIJA qWells

Obrada podataka probnog crpenja, svakako predstavlja nezaobilazan korak, kako u okviru izrade novog bunara, tako i prilikom periodične provjere kvaliteta njegovog rada. Takođe, testiranja bunara se sprovode i u okviru drugih istraživanja od značaja za hidrogeologiju. U dosadašnjoj praksi obrada podataka opitnih crpenja se uglavnom vršila primenom grafoanalitičkih metoda. Ove metode imaju svoja ograničenja, koja u praksi, vrlo često nije lako ni moguće prevazići. U svetlu navedenih činjenica, pojavila se potreba za naprednim softverom koji će omogućiti sveobuhvatnu analizu podataka opitnih crpenja na bunarima. Jedan takav softver je qWells, koji je nastao iz davno korišćenog programa MVAS17SD razvijenog u Institutu „Jaroslav Černi“ tokom sedamdesetih godina prošlog veka. Iako je u suštini zasnovan na primeni poznate jednačine Theiss-a, program qWells predstavlja savremeni softver, koji omogućava obradu podataka opitnih crpenja na savremen, komforan i brz način. qWells je softver dvojne namene: prvenstveno je namenjen obradi probnog (opitnog) crpenja bunara, a takođe, pod određenim uslovima se može koristiti za dugoročnu prognozu efekata rada bunara (Dotlić et al., 2018). Softver je zasnovan na jednačini strujanja prema usamljenom bunaru, ali se može koristiti i u slučaju rada više bunara, sa međusobnim uticajima, što mu daje značajnu prednost u odnosu na jednostavnije, grafoanalitičke, metode. Dodatna prednost ovog programskog paketa se ogleda u tome da omogućava primenu ograničenog rasprostranjenja izdani (vodopropusne i vodonepropusne granice). Obradom podataka opitnih crpenja, softver qWells omogućava dobijanje reprezentativnih veličina koeficijenta vodoprovodnosti i specifične izdašnosti izdani, granica (tip i udaljenje) prostiranja akvifera, kao i koeficijenata parazitskih, odnosno lokalnih hidrauličkih otpora u bunaru i prifilterskoj zoni. Program nema ograničenja po pitanju broja pijezometara i bunara, tako da je pomoću njega moguće vršiti analize i prognoze i u uslovima složenog rada izvorišta.

Struktura softvera je koncipirana po ugledu na standardne Windows aplikacije, tako da se osnovni prozor sastoji od: naslovne linije, glavnog menija i menija sa karticama. Naslovna linija sadrži naslov trenutno otvorenog dokumenta i opcije minimizovanje, maksimizovanje i zatvaranje prozora aplikacije. Glavni meni se sastoji iz sledećih podmenija: File, Settings, Results i Help. Dok meni sa karticama sadrži sledeće kartice (tabove): *Parameters*, *Interaction tab*, *Print tab* i *Visualisation*.

Kartica *Parameters* služi za unošenje podataka (lokacije bunara i pijezometara, nivoi na bunarima i pijezometrima, proticaji tokom testa(ova) na bunarima...). Njen izgled je podeljen na 3 dela: tabele za unošenje podataka, podešavanje granica i grafički prikaz karte terena.

Kartica *Interaction tab* služi za kalibraciju parametara modela i za grafički prikaz izmerenih i proračunom dobijenih depresija u bunarima i pijezometrima. Sastoji se od: kartice za odabir objekata grafičkog prikaza, kartice za podešavanje udaljenja granice i gubitaka na bunaru, dela za variranje parametara i grafičkog prikaza, slika 4.



Slika 4. Kartica *Interaction*
Figure 4. *Interaction tab*

Kartica *Print tab* služi za štampanje grafikona sa rezultatima u izlaznu datoteku i sastoji se od: dela koji prikazuje grafikone proticaja (hidrogram) i dela koji prikazuje uporedne grafikone računatih i izmerenih depresija (nivogram).

Kartica *Visualisation* služi za prikaz izolinija i strujnica i sastoji se od: dela za računanje vrednosti, kartice za podešavanje izolinija, kartice za podešavanje strujnica i dela za grafički prikaz izolinija i strujnica, slika 5.



Slika 5. Kartica Visualisation
Figure 5. Visualisation tab

Zaključak

Razvojem softverskih rešenja qGrains, qWells kao i baze podataka HGIS, kreirani su multifunkcionalni alati za unos, obradu, analizu i skladištenje podataka hidrogeoloških istraživanja. Inovativnim softverskim rešenjima učinjen je iskorak ka automatizaciji i povećanju efikasnosti kao i skraćanju vremena neophodnog za potrebe obrade različitih vrsta podataka. Takođe je proširen spektar mogućnosti interpretacije podataka, kao i njihova vizualizacija i priprema za transfer prema softverima za modeliranje koji predstavljaju vrhunac inženjerske interpretacije domenu podzemnih voda.

Literatura:

- Beyer W., 1964: Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Sanden und Kiesen, aus der Kornverteilungskurve. Z Wasserwirt-Wassertech 14, 165–168 (in German)
- DOTLIĆ M., POKORNI B., PUŠIĆ M., JEVTIĆ G., DIMKIĆ M., 2018: Program za proračun strujanja podzemnih voda prema usamljenom ili grupi bunara – korisničko uputstvo, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd
- DOTLIĆ M., PUŠIĆ M., JEVTIĆ G., DIMKIĆ M., 2018: Program za proračun koeficijenta filtracije na osnovu granulometrijskog sastava – korisničko uputstvo, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd
- Hazen A., 1892: Some physical properties of sands and gravels, with special reference to their use in filtration. Massachusetts State Board of Health, Boston, 539–556.
- Kozeny J., 1927: Über Kapillare Leitung Des Wassers in Boden. Sitzungsber Akad, Wiss. Wien Math. Naturwiss. Kl., Abt.2a 13, 271–306 (in German)
- Kozeny, J., 1953: Das Wasser in Boden, Grundwasserbewegung. In: Kozeny, J. Hydraulik. Springer, Vienna, 380–445. (In German)
- 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)
- Sauerbrey, I.I., 1932: On the Problem and Determination of the Permeability Coefficient, Proceedings VNIIG, 3-4 (In Russian)
- Slichter C.S., 1898: Theoretical investigation of the motions of groundwater. U.S. Geol. Surv., 19th Ann. Rept., 295–384.
- STOJANOVIĆ B., MRĐA T., BAČANIN V., MARINKOVIĆ A., 2022: Specifikacija softverskih zahteva za izradu korisničkog alata za unos hidrogeoloških podataka, Vodena, Kragujevac
- Terzaghi K., Peck R.B., Mesri G., 1996: Soil mechanics in engineering practice, 3rd edn. Wiley, New York
- USBR 1978: Drainage Manual: A Water Resources Technical Publication
- Vuković M., Soro A., 1992: Determination of hydraulic conductivity of porous media from grain-size Composition 83 pp. Water Resources Publications Littleton, CO.
- Zamarin, E.A., 1928: The Calculus of the Groundwater Flow. Izd-vo IVCH, Tashkent (In Russian)
- Zunker F., 1932: Fertilization and soil science. Journal of Plant Nutrition, A25 (In German)