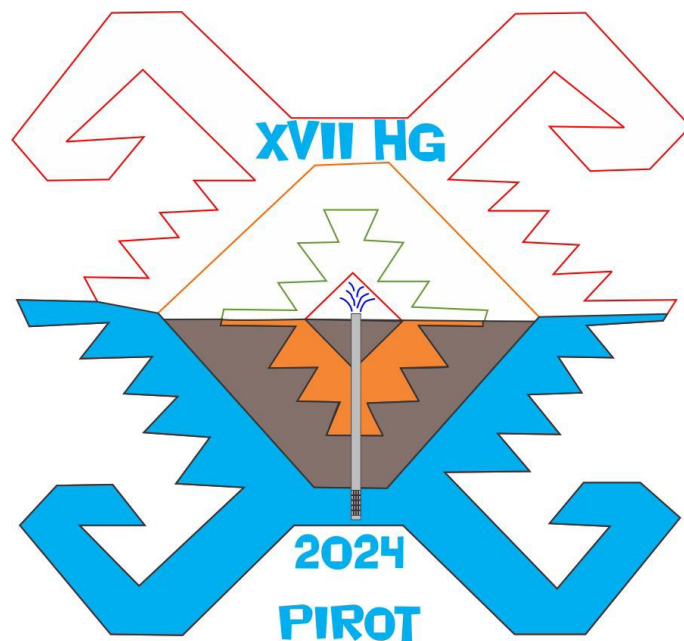


UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVII SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA



02-06. oktobar
2024. godine

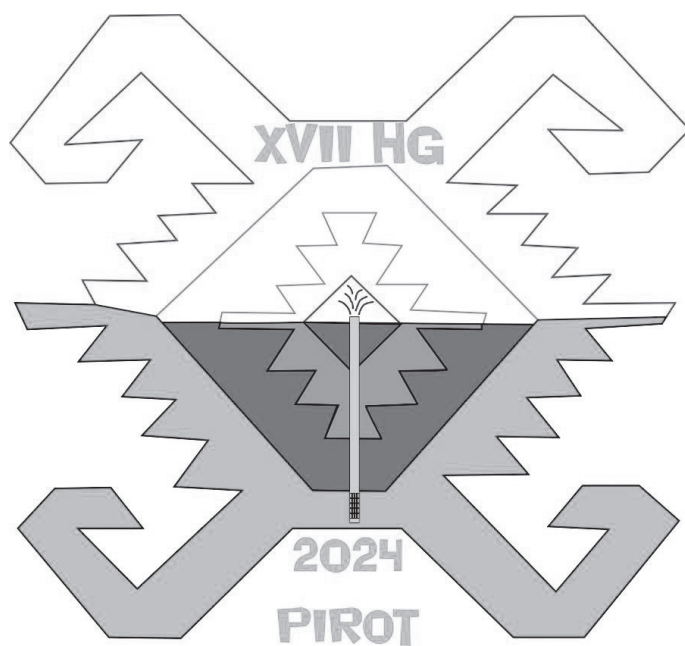


UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVII SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem

ZBORNIK RADOVA



02-06. oktobar
2024. godine



XVII SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNIK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Biljana Abolmasov, dekan
UB Rudarsko-geološki fakultet

UREDNIK:

Doc. dr Ljiljana Vasić, ©0000-0001-9140-5748
UB Rudarsko-geološki fakultet

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Pi Press, Pirot

GODINA IZDANJA: 2024.

Na 10/23. Sednici Veća Departmana i Katedre za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XVII srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je potvrđena i Saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta br. 8/67 od 20.10.2024. godine.
Autori priloga u ovom Zborniku odgovorni su za sadržaj i autorska prava njihovih članaka. Ni izdavač ni bilo koja druga osoba koja deluje u njeno ime nije odgovorna za moguće korišćenje informacija sadržanih u ovoj publikaciji.

Naslovna strana: **Logo simpozijuma**

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (17 ; 2024 ; Пирот)

Zbornik radova / XVII Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, 02-06. oktobar 2024. godine, Pirot ; [urednik Ljiljana Vasić]. - Beograd : Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet, 2024 (Pirot : Pi Press). - [19], 598 str. : ilustr. ; 30 cm

Kor. nasl. - Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 150. - Str. [5-6]: Uvodna reč organizatora / Saša Milanović, Dušan Polomčić. - Abstracts. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-405-4

a) Хидрогеологија -- Зборници b) Снабдевање водом -- Зборници

COBISS.SR-ID 151976457

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsjednik

Prof. Dr Saša Milanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Generalni sekretar

Prof. Dr Vesna Ristić Vakanjac
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Dr **Branislav Petrović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr **Veljko Marinović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr **Bojan Hajdin**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr **Marina Ćuk Đurović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr **Maja Todorović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr **Nebojša Atanacković**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr **Marjan Temovski**, viši naučni saradnik
Institute for Nuclear Research, Debrecen

Dr **Đorđije Božović**, dipl. inž. geol.
JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija"

Jelena Ratković, master. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Sava Magazinović, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dejan Drašković, dipl. inž. geol.
BeoGeoAqua doo

Branko Ivanković, dipl. inž. geol.
Ibis-Inženjering doo

Dragan Mihajlović, dipl. inž. geol.
Geološki zavod Srbije

Boyka Mihaylova, master inž. geol.
Geological Institute, BAS

Daniela Radoš, dipl. inž. geol.
Pokrajinski sekretarijat za energetiku,
građevinarstvo i saobraćaj

Ivan Đokić, dipl. inž. geol.
GECO-inženjering doo

Milorad Kličković, dipl. inž. geol.
Zavod za zaštitu prirode Srbije

Uroš Jurošević, dipl. inž. geol.
Republički zavod za geološka istraživanja RS

Andrej Pavlović, dipl. inž. geol.
Ministarstvo rudarstva i energetike Srbije

NAUČNI ODBOR (RECENZENTI):

Predsjednik

Prof. Dr Dušan Polomčić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Prof. Dr **Vesna Ristić Vakanjac**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Petar Dokmanović**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Olivera Krunić**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Dejan Milenić**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Vladimir Živanović**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Saša Milanović**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Dragoljub Bajić**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Jana Štrbački**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Doc. Dr **Ljiljana Vasić**
UB Rudarsko-geološki fakultet

Doc. Dr **Dragoslav Banjak**
Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet

Doc. Dr **Katarzyna Wator**
AGH University of Krakow

Dr **Josip Terzić**, naučni savetnik
Geološki zavod Hrvatske HGI

Dr **Tamara Marković**, naučni savetnik
Geološki zavod Hrvatske HGI

Dr **Laszlo Palcsu**, naučni savetnik
Institute for Nuclear Research, Debrecen

Prof. Dr **Nenad Marić**
UB Šumarski fakultet

Prof. Dr **Aleksey Benderev**
Geological Institute, BAS

Prof. Dr **Ferid Skopljak**
Federalni zavod za geologiju, FBiH

Prof. Dr **Metka Petrić**, znanstvena savetnica
Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna

Doc. Dr **Ana Vranješ**
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Zoran Stevanović**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Veselin Dragišić**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Milojko Lazić**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Zoran Nikić**, u penziji
UB Šumarski fakultet
Prof. Dr **Milan Radulović**
Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet
Prof. Dr **Jugoslav Nikolić**
Republički hidrometeorološki zavod Srbije
Prof. Dr **Miloš Stanić**
UB Građevinski fakultet
Prof. Dr **Petar Milanović**, u penziji
Univerzitet u Mostaru, Građevinski fakultet
Mr. **Vesna Tahov**, dipl. inž. geol.
Geološki zavod Srbije

Prof. Dr **Nataša Ravbar**, viša znan. savetnica
Inštitut za raziskovanje krasta, Postojna
Dr **Kostadin Jovanov**, dipl. inž.
Geološki zavod Republike S. Makedonija
Dr **Romeo Eftimi**, dipl. inž., u penziji
Nezavisni istraživač, Albanija
Prof. Dr **Iulian Popa**
Facultatea de Geologie și Geofizică
Universitatea din București
Dr **Milovan Rakijaš**, dipl. inž. geol.
Hidrogeorad d.o.o.
Dr **Vladimir Beličević**, dipl. inž. geol.
Energoprojekt Hidroinženjering AD
Dr **Tanja Petrović Pantić**, naučni saradnik
Geološki zavod Srbije
Dr **Branislav Petrović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet
Dr **Veljko Marinović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet
Dr **Brankica Majkić Dursun**, dipl. inž. geol.
Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”

UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsednik

Doc. Dr **Ljiljana Vasić** ☎0000-0001-9140-5748
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Prof. Dr **Ivana Vasiljević** ☎0000-0002-0549-2652
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Nevenka Đerić** ☎0000-0002-5141-898X
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Tina Dašić** ☎0000-0002-4679-3101
UB Građevinski fakultet

TEHNIČKI ODBOR:

Srđan Stefanović, master inž. geol.
Agencija Background, Pirot
Petar Vojnović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Milica Stepanović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Jovana Mladenović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Natalija Radosavljević, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Hristina Petrova, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Eugène Katansao Pyabalo, mast. inž.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Kodjovi Zondokpo, mast. inž.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Maša Vulović, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Aleksandar Tanasković, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Jovana Lončar, student
UB Rudarsko-geološki fakultet

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

*UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU*

u saradnji sa

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

SAVEZOM INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

MULTILATERALNIM CENTROM, PIROT

POKROVITELJI:

***MINISTARSTVO NAUKE, TEHNOLOŠKOG RAZVOJA I INOVACIJA
REPUBLIKE SRBIJE***

GRAD PIROT

SPONZORI:

***JP „VODOVOD I KANALIZACIJA“ PIROT
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU, RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET***

BEOGEOAQUA D.O.O.

TAŠ GRUPA

AQUA PRO ENERGY D.O.O.

CENTAR ZA HIDROGEOLOGIJU KARSTA

TURISTIČKA ORGANIZACIJA PIROT

IBIS-INŽENJERING D.O.O.

STRATING D.O.O.

GECO-INŽENJERING D.O.O.

FREATIKA

AGENCIJA ZA MARKETING BACKGROUND

Uvodna reč organizatora

Poštovane kolegice i kolege,

nakon samo dve godine od održavanja XVI Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, ponovo imamo priliku da se družimo na ovom veoma značajnom skupu za hidrogeologe. Razlog „ubrzanja“ održavanja Simpozijuma je zapravo ponovno uspostavljanje dvogodišnjeg razmaka održavanja Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji i Geološkog kongresa Srbije. Objašnjenje za ovakav korak leži u tome da je prethodni Simpozijum, prema uspostavljenoj dinamici od 2012. godine (Zlatibor), preko 2016. godine (Kopaonik), trebalo da se održi 2020. godine, ali je usled globalne pandemije korona virusa (COVID-19), došlo do njegovog pomeranja na 2022. godinu, kada je i održan na Zlatiboru. Upravo iz iznetih razloga, a uz veliki trud i zalaganje organizatora zarad ponovnog uspostavljanja dvogodišnjeg niza sa Kongresom geologa Srbije, XVII Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem se održava ove godine od 2.10.-6.10. 2024. godine u Pirotu.

Kroz XVII Simpozijum će se na neki način izvršiti retrospektiva prethodnih Simpozijuma, počevši od 1971. godine do 2024. godine, sa ciljem da se sublimira i prikaže položaj hidrogeologije kao nauke i struke, kako u Srbiji, regionu, pa i šire. Počevši od prvog Simpozijuma koji je održan u Herceg Novom 1971. godine, preko ostalih Simpozijuma održanih širom bivših Republika Jugoslavije, kao i tad i sada je jedini usko stručni skup koji za cilj ima izlaganje naučnih i tehničkih dostignuća iz oblasti izučavanja podzemnih voda i prikaz izuzetne važnosti ovih istraživanja za sva moderna i razvijena društva.

Kao specijalni poklon Organizatora skupa, svim učesnicima skupa će na raspolaganju biti skenirani zbornici radova Simpozijuma (Sveske Hidrogeologija) od 1971. godine zaključno sa ovim poslednjim Simpozijumom koji se održava u Pirotu ove godine.

Zahvaljujući kolegama koji su do sada dali značajan doprinos, a kroz veliko zalaganje i trud u održavanju prethodnih Simpozijuma, danas je ovaj Simpozijum ponovo jedan od najznačajnijih događaja, kako hidrogeološke, tako i cele geološke struke u Srbiji i regionu.

Za ovaj XVII-ti Simpozijum, iako sa kratkim rokom za pripremu i organizaciju samog događaja i za animiranje kolega da pripreme i pošalju radove, pristigao je veliki broj radova, kako iz Srbije, tako i iz regiona, pa i šire. Na Simpozijumu će biti prezentovano više od 90 radova iz svih grana hidrogeologije, sa preko 200 autora i koautora radova, što je i dokaz uspešnosti i dobre reputacije ovog skupa, sa nadom da se tako nastavi i predstojećim godinama. Uz ove podatke, posebno je važno naglasiti da će na svečanom otvaranju ovogodišnjeg Simpozijuma biti izloženi plenarni referati kolega hidrogeologa iz svih 6 država bivše SFRJ, kao prilog i osvrt na položaj i budućnost značaja hidrogeologije.

Svi prihvaćeni radovi koji su prošli recezentski postupak su svrstani u 6 tematskih sesija:

1. Vodosnabdevanje i upravljanje vodnim resursima
2. Zaštita podzemnih voda
3. Mineralne vode i njihovo iskorišćavanje
4. Geotermalna energija
5. Hidrogeološka istraživanja u hidrotehnici, rudarstvu i građevini
6. Studentski radovi

Podela na ovakve tematske grupe u najvećoj meri utiče aktuelnost hidrogeologije u određenim oblastima vezanim za održivo upravljanje ovim dragocenim resursom od koga zavise kako stanovništvo, tako i različite grane privrede u Srbiji i regionu, što najbolje ilustruju plenarna predavanja koja su sastavni deo Simpozijuma i zbornika radova.

Ovaj XVII-ti Srpski simpozijum o hidrogeologiji je organizovan pod pokroviteljstvom Grada Pirota i JKP „Vodovod i kanalizacija“ Pirota i uz podršku Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije.

Takođe, veliku zahvalnost dugujemo i kompanijama koje su sponzorisale ovaj naučni skup: Departman za hidrogeologiju, BeoGeoAqua d.o.o., Taš grupa, Aqua Pro Energy d.o.o., Ibis-Inženjering d.o.o., Strating d.o.o., GECO-Inženjering d.o.o., FREATIKA, CKH, TO Pirot, Background.

Praksa koja je zaživela na XV Simpozijumu, o učestvovanju kolega iz regiona i šire i time doprinela da ovaj skup dobija i značajne međunarodne okvire, se pojačava i na ovom skupu. Izuzetno nam je zadovoljstvo da ove godine možemo poželeti dobrodošlicu u grad Pirot kolegama iz Republike Srpske i Federacije BiH, Crne Gore, Hrvatske, Slovenije, Severne Makedonije, Bugarske, Mađarske, Rusije, Poljske, SAD i Togo-a.

Veliku zahvalnost za organizovanje ovako velikog skupa u veoma kratkom vremenskom roku izražavamo Generalnom sekretaru simpozijuma prof. dr Vesni Ristić Vakanjac, Predsednici uređivačkog odbora Doc. dr Ljiljani Vasić, Članovima Organizacionog odbora: dr Branislavu Petroviću, naučnom saradniku i dr Veljku Marinoviću, naučnom saradniku. Takođe, zahvalnost izražavamo i Članovima Tehničkog odbora Srđanu Stefanoviću i Petru Vojnoviću, kao i svim dragim kolegama i studentima, članovima Tehničkog, Organizacionog i Naučnog odbora koji su pomogli da se ovaj skup održi.

U ime organizatora skupa želimo vam lep boravak u Pirotu.

U Pirotu, oktobar 2024. godine.

Predsednik Organizacionog odbora
Prof. dr Saša Milanović



Predsednik Naučnog odbora
Prof. dr Dušan Polomčić



**PRIMENA MATEMATIČKOG MODELIRANJA STRUJANJA PODZEMNIH
VODA U HIDROTEHNIČKOM UREĐENJU PROSTORA-PRIMER
KAMENIČKE ADE I RIBARSKOG OSTRVA U NOVOM SADU**

**APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING OF GROUNDWATER
FLOW IN HYDROTECHNICAL SPATIAL DEVELOPMENT-CASE STUDY
KAMENČKA ADA AND RIBARSKO OSTRVO IN NOVI SAD**

Vladimir Lukić¹, Goran Jevtić¹, Milenko Pušić¹, Vesna Tripković¹

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

APSTRAKT: Hidrotehničko uređenje određenog prostora u većini slučajeva utiče na izmenu režima podzemnih voda. Za potrebe sagledavanja i kvantifikacije uticaja u savremenoj praksi sve veću primenu imaju numerički modeli. Projektna dokumentacija za područje leve obale Dunava u Novom Sadu u zoni Kameničke ade i Ribarskog ostrva, obradila je pomeranje linije nasipa za oko 500 m prema koritu Dunava i formiranje veslačke staze na delu Šodroš Dunavca. Na kalibrisanom matematičkom modelu, za predloženu konfiguraciju objekata i promenljive hidrološke uslove, kroz seriju prognoznih hidrodinamičkih proračuna simulirani su različiti scenariji uređenja. Rezultati hidrodinamičkih proračuna su upoređivani sa rezultatima simulacije strujanja podzemnih voda u postojećim uslovima. Analizom rezultata za odabrane varijante, sagledan je i kvantifikovan uticaj na izmenu režima podzemnih voda na prostoru Kameničke ade i Ribarskog ostrva. Obradom je utvrđeno da pomeranje linije nasipa ka Dunavu nema znatan uticaj na režim podzemnih voda, dok bi se izgradnjom veslačke staze ostvario pozitivan uticaj na trenutno ugrožena naselja Telep, Liman i Adice.

Ključne reči: podzemne vode, hidrotehničko uređenje, matematički model.

ABSTRACT: Hydrotechnical arrangement of a certain area in most cases affects the change of the groundwater regime. Numerical models are increasingly being used for the purpose of understanding and quantifying the impact in modern practice. The project documentation for the area of the left bank of the Danube in Novi Sad, in the area of Kamenička Ada and Ribarsko ostrvo, dealt with the displacement of the embankment line by about 500 m towards the Danube bed and the formation of a rowing path on the part of Šodroš Dunavac. On the calibrated mathematical model, for the proposed configuration of the facilities and changing hydrological conditions, through a series of prognostic hydrodynamic calculations, different development scenarios were simulated. The results of the hydrodynamic calculations were compared with the results of the groundwater flow simulation in the existing conditions. By analyzing the results for the selected variants, the influence on the change in the underground water regime in the area of Kamenička Ada and Ribarsko ostrvo was analyzed and quantified. The analysis determined that the displacement of the embankment line towards the Danube has no significant impact on the groundwater regime, while the construction of the rowing path would have a positive impact on the currently threatened settlements of Telep, Liman and Adice.

Key words: Groundwater, hydrotechnical arrangement, mathematical model.

UVOD

U skladu sa hidrotehničkim rešenjem privođenja određenog prostora planiranoj nameni, često se realizuju radovi koji imaju, manje ili više uticaja na izmenu režima površinskih i podzemnih voda. Da bi planirano rešenje bilo u celini primenljivo i prihvatljivo sa svih aspekata, potrebno je sagledati i kvantifikovati njegove efekte. U domenu podzemnih voda uticaji se analiziraju primenom matematičkog modela. Osnovni koncept primene odabrane metode je taj, da se na kalibrisanom modelu izvrši serija proračuna za projektovana stanja a zatim, na osnovu poređenja dobijenih rezultata sa postojećim stanjem, izvrši sagledavanje i kvantifikacija parametara režima podzemnih voda.

Pomenuta metodologija je korišćena u sklopu analize uticaja hidrotehničkog uređenja područja Kameničke ade i Ribarskog ostrva u Novom Sadu.

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Analizirani prostor se nalazi u Novom Sadu na levoj obali Dunava. U širem smislu sastoji se iz 4 celine i to: prostora Kameničke ade i Ribarskog ostrva (područje primarnog interesa), naselja Kamenjar i gradskog tkiva u priobalju (naselja Telep i Adice), *Slika 1*.



Slika 1. Pregledna karta šire zone Kameničke ade
Figure 1. Overview map of wider area of Kamenicka ada

Planiranim radovima (prema Tehničkoj dokumentaciji) predviđeno je da se prva odbrambena linija od površinskih voda (nasip) pomeri za oko 500 m ka Dunavu, čime bi se smanjila inundacija a povećala površina branjenog dela. Osim navedenog, u sklopu hidrotehničkog uređenja predviđeno je i da se na lokaciji postojećeg rukavca Šodroš formira veslačka staza dimenzija 2150x120 m koja bi se koristila za sportsko-rekreativne svrhe. Po svojim projektnim karakteristikama, deo veslačke staze bi bio u direktnom kontaktu sa vodonosnom sredinom, odnosno pod hidrauličkim uticajem podzemnih voda ovog prostora (Lit. 1).

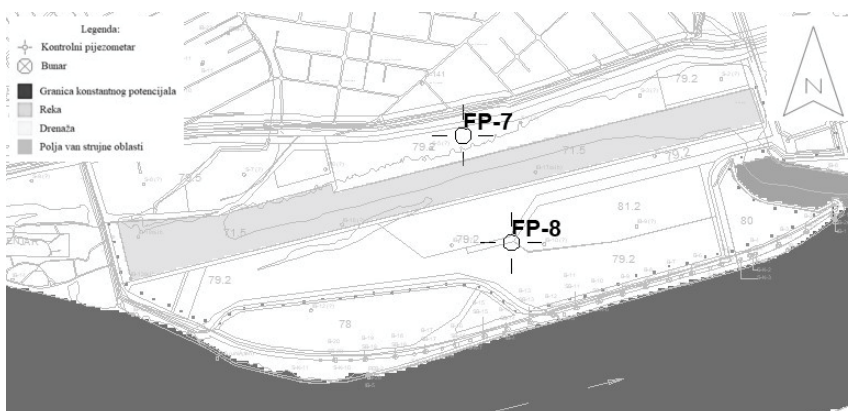
Obzirom na planska rešenja i prirodne uslove na području, sagledani su potencijalni uticaji ovih izmena na režim podzemnih voda u okruženju. Prema usvojenoj koncepciji i metodologiji, sprovedene su sledeće faze realizacije zadatka:

- analiza i reinterpretacija raspoloživih podloga, sa formiranjem hidrogeološkog (konceptualnog) modela,
- izrada hidrodinamičkog modela strujanja podzemnih voda šire zone od interesa za predmetni zadatak (*Slika 2*),
- kalibracija hidrodinamičkog modela, za nestacionarne uslove strujanja podzemnih voda,
- simulacija režima podzemnih voda prema proračunskim šemama, za uslove projektovanog hidrotehničkog uređenja prostora (parcijalnog i kompletnog nasipanja, izgradnje drenažnih sistema, izgradnje veslačke staze), *Slika 3*,
- analizu (poređenje) rezultata izvršenih proračuna u cilju sagledavanja i kvantifikovanja eventualnog uticaja izmena na režim podzemnih voda u okruženju

Varijante prognoznih hidrodinamičkih proračuna se prvenstveno razlikuju prema stepenu i vidu uređenja terena (po Projektnoj dokumentaciji). Svako plansko rešenje je analizirano za promenljive režime nivoa Dunava. Hidrološki uslovi su odabrani tako da predstavljaju maksimalno ostvarene nivoa (2006. i 2010. godine) kao i sintetičke nivoa Dunava sa 1% i 0.1% verovatnoćom pojavljivanja. Spisak analiziranih varijanti i hidroloških uslova prikazan je u *Tabeli 1*.



Slika 2. Hidrodinamički modela postojećeg stanja
Figure 2. Hydrodynamic mode of the existing state



Slika 3. Hidrodinamički model projektovanog stanja (detalj)
Figure 3. Hydrodynamic model of the designed state (detail)

Tabela 1. Varijante prognoznih proračuna
Table 1. Variants of forecast calculations

Varijanta	Veslačka staza	Kompletno nasipanje terena	Delimično nasipanje terena	Izgradnja drenažne linije	Nivo Dunava
1	+	+	-	-	2006., 2010., Q(1%), Q(0.1%)
2	+	+	-	+	2006.
3	+	-	+	-	2006., 2010., Q(1%), Q(0.1%)
4	+	-	+	+	2006.
5	-	-	+	+	2006.

U skladu sa podacima prikazanim u Tabeli 1, hidrotehničko uređenje prostora Kameničke ade i Ribarskog ostrva podrazumeva izgradnju veslačke staze, na lokaciji postojećeg rukavca Šodroš, koja će biti u direktnom hidrauličkom kontaktu sa podzemnim vodama i u kojoj će se održavati nivo na koti 74.50 mm. Održavanje konstantne kote nivoa u veslačkoj stazi vršiće se pomoću 2 crpne stanice (na uzvodnom i nizvodnom kraju staze) čija će uloga biti dopuna vode u stazi u periodu niskih nivoa podzemnih voda, odnosno evakuacija viška vode iz staze u periodima visokih nivoa podzemnih voda. Na ovaj način veslačka staza bi imala dvojnju hidrauličku ulogu. Druga analizirana mera uređenja i zaštite prostora od visokih nivoa

podzemnih voda je i nasipanje terena (kompletno ili delimično) na kote u rasponu od 79.1 do 79.5 mm. Kao treća mera zaštite područja predviđena je izgradnja drenažne linije uz novoprojektovani nasip.

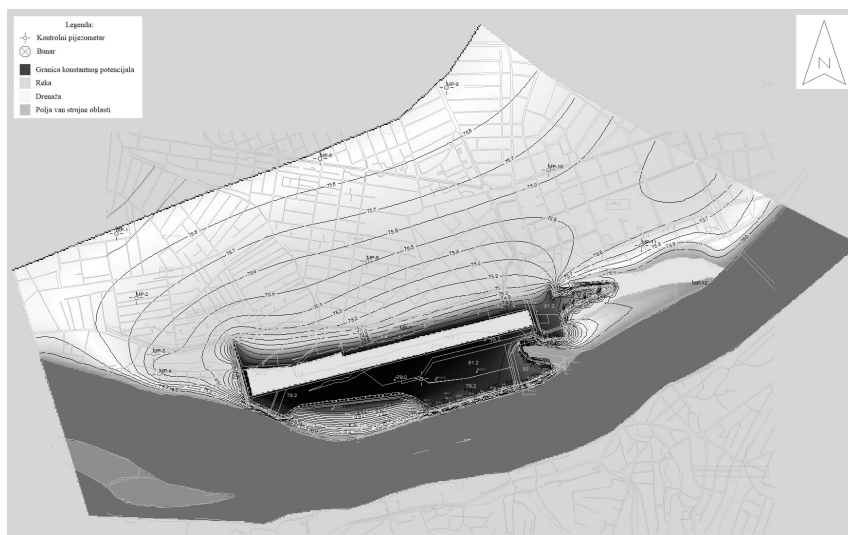
Imajući u vidu da je u neposrednom zaleđu Kameničke ade i Ribarskog ostrva gradsko jezgro (naselja Liman, Telep i Adice) kao kriterijum zaštite usvojeno je da dubina zaleganja nivoa podzemnih voda bude 2 m i više od površine terena.

U trenutnim uslovima dispozicije sistema, područje južnog Telepa, južnog Limana i naselja Adice predstavljaju ugrožena područja od visokih nivoa podzemnih voda. Hidrotehničkim uređenjem prostora bi se formirao stabilniji režim nivoa podzemnih voda čime bi se redukovala potencijalna ugroženost navedenih naselja.

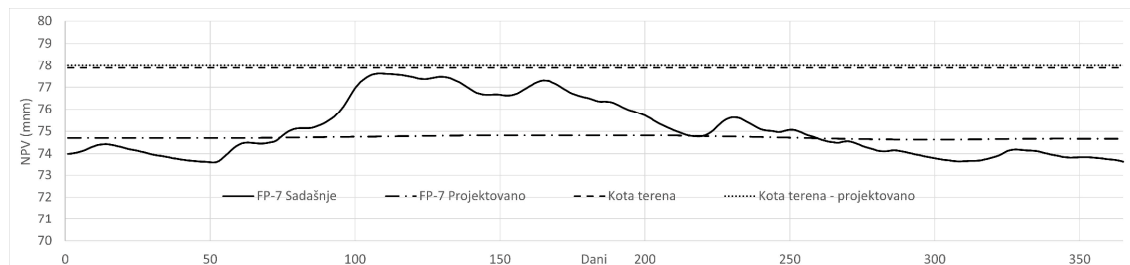
Kombinovanjem navedenih mera zaštite u različitim hidrološkim uslovima došlo se do optimalnog tehničkog sistema za uređenje i zaštitu područja od visokih nivoa podzemnih voda.

REZULTATI SPROVEDENIH HIDRODINAMIČKIH PRORAČUNA

Za svaku od navedenih varijanti proračuna (*Tabela 1*), analizirani su nivoi podzemnih voda po prostoru, kao i na karakterističnim tačkama po zadatim profilima. Na *Slici 4* je dato stanje pijezirometarskog nivoa u planu, za varijantu 4, dok su na *Slici 5*, izloženi rezultati proračuna usmereni ka analizi zadovoljenosti kriterijuma dubine do nivoa podzemnih voda.



Slika 4. Rezultati hidrodinamičkih proračuna – pijezirometarski nivoi u planu
Figure 4. Hydrodynamic calculations results – piezometric head in plan



Slika 5. Rezultati hidrodinamičkih proračuna – uporedni pijezirometarski nivoi na kontrolnoj tački FP-7 u zoni veslačke staze prema zaleđu

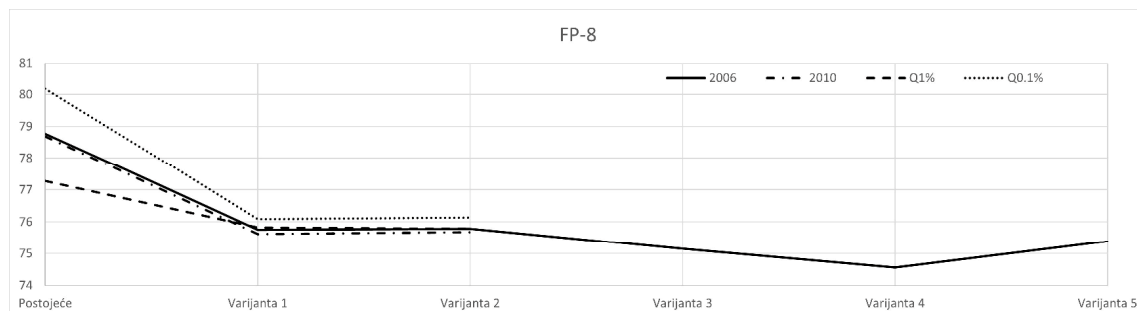
Figure 5. Hydrodynamic calculations results - comparative piezometric head at the location of control point FP-7 in rowing lane area towards hinterland

Rezultati proračuna analiziranih varijanti ukazuju da projektovani radovi na hidrotehničkom uređenju Kameničke ade nemaju negativan uticaj na režim podzemnih voda u odnosu na postojeće stanje. Izgradnjom veslačke staze sa pratećim objektima za izmenu vode, formiraće se ujednačeniji režim nivoa podzemnih voda u širem okruženju. U konkretnom slučaju veslačka staza će u periodu visokih nivoa Dunava biti u funkciji „drenaže“, čime će sprečavati plavljenje terena izazvano visokim nivoima podzemnih voda. Sa

druge strane u periodu malovođa i niskih vodostaja Dunava (kada su i nivoi podzemnih voda niži), preko veslačke staze će se nadoknađivati deficit vode u tlu. Napred pomenuta uloga veslačke staze je ostvariva samo pri očuvanim uslovima kontakta dna i vodonosne sredine, što se postiže redovnim održavanjem.

Analiza uticaja planiranih izmena na šire okruženje područja Kameničke ade, sagledano je poređenjem pijezometarskih nivoa na kontrolnim tačkama za postojeće i projektovano stanje. Na Slici 6 su izloženi rezultati proračuna maksimalnog pijezometarskog nivoa na odabranoj lokaciji po usvojenim prognoznim varijantama.

Sprovedenim proračunima dobijeno je da bi se sa održavanjem konstantne kote nivoa u veslačkoj stazi, ona u periodu visokih vodostaja Dunava, a posledično i visokih nivoa podzemnih voda imala drenažnu ulogu čime bi omogućilo snižavanje nivoa u znatno široj zoni, što bi za posledicu imalo redukovanje ugroženosti naselja u zaleđu (Liman, Telep i Adice) odnosno ispunjavanje zadovoljenosti kriterijuma dubine zaleganja nivoa podzemnih voda.



Slika 6. Maksimalni pijezometarski nivoi po varijantama na lokaciji kontrolne tačke FP-8 u zoni između veslačke staze i Dunava

Figure 6. Maximum piezometric heads by variants, at the location of control point FP-8 in the area between rowing lane and Danube river

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Hidrotehničko uređenje prostora uključuje radove koji direktno ili indirektno utiču na izmenu režima podzemnih voda, što u većini slučajeva inicira negativne efekte po okolinu i objekte na određenom području. U ovakvim uslovima je neophodno u predprocesingu izgradnje (kroz projektnu dokumentaciju) definisati i na inženjerski prihvatljiv način kvantifikovati promene koje bi izazvale izmenu režima podzemnih voda.

U cilju sagledavanja efekata projektovanih rešenja, primenjuje se hidrodinamičko modeliranje strujanja podzemnih voda, koje sprovođenjem niza proračuna za različite prirodne uslove i varijante izgradnje, omogućava donošenje odgovarajućih zaključaka u odabiru hidrotehničkih rešenja.

Hidrodinamički model, kao alatka, se može koristiti u početnim, studijskim i u fazama projektovanja, kao prvi uvid u izmenu režima podzemnih voda. Njegovim ažuriranjem u periodu eksploatacije objekata mogu se predvideti negativne pojave na sistemu. Simulacija uticaja radova u periodu realizacije na režim podzemnih voda podrazumeva i razvoj savremenog softverskog okruženja koje podržava ovakav način rada, odnosno platformi za izvršenje proračuna, kao i platformi za prikaz rezultata i generisanje izveštaja.

Kamenička ada u Novom Sadu je pozitivan primer primene metodologije matematičkog modela strujanja podzemnih voda u građevinarstvu. Nizom proračuna za projektovane uslove izgradnje hidrotehničkih objekata i promenljive hidrološke uslove, pokazan je ne samo zanemarljiv uticaj već i pozitivan efekat na okruženje veslačke staze.

LITERATURA:

Nacrt plana generalne regulacije priobalja na levoj obali Dunava u Novom Sadu, JP "Urbanizam" – zavod za urbanizam Novi Sad, 2019. godina

Studija Hidrotehničkog uređenja površinskih i podzemnih voda priobalja na levoj obali Dunava u Novom Sadu u zoni Kameničke ade i Ribarskog ostrva, Knjiga 3 – Analiza režima podzemnih voda, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ 2021. godina