

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
Вранјеш]. - Београд : Универзитет, Рударско-геолошки факултет, 2022
(Београд : Графолік). - [18], 514 стр. : илустр. ; 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:

Predsednik:

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:

Predsednik:

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:

Predsednik:

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

Uvodna reč

Poštovane kolege i prijatelji,

Nakon 10 godina od XIII Simpozijuma hidrogeologa održanog u Herceg Novom 2002. godine u tadašnjoj državnoj zajednici Srbije i Crne Gore (i više od 40 godina od kako su se hidrogeolozi istručnjaci inženjerske geologije u bivšoj SFRJ Jugoslaviji prvi put okupili u Herceg Novom, 1971. godine), XIV srpski hidrogeološki simpozijum održan od 17-20. maja 2012., na Zlatiboru, ponovo je uspostavio kontinuitet nacionalnih Srpskih hidrogeoloških Simpozijuma.

Novouspostavljeni kontinuitet je potvrđen održavanjem XV-tog Srpskog hidrogeološkog simpozijuma (Kopaonik, 14-17. septembar 2016).

Njime je potvrđen put regularnih četvorogodišnjih ciklusa održavanja. Uz takođe redovno četvorogodišnje održavanje nacionalnih geoloških Kongresa (samo u ciklusima pomerenim za dve godine u odnosu na hidrogeološke), stvorene su prilike i mogućnosti da naše kolege hidrogeološke struke u redovnim dvogodišnjim ciklusima prezentuju svoje radove i dostignuća.

Sledeći tu dinamiku, XVI Srpski simpozijum o hidrogeologiji bio je planiran za 2020-tu godinu, na Zlatiboru.

Međutim, globalna pandemija uzrokovana pojavom korona virusa tipa kovid-19 (u martu 2020) najpre je zaustavila već otpočete pripreme, a potom i u potpunosti onemogućila održavanje ovog skupa, na način kako je bio planiran.

Organizatori XVI Simpozijuma našli su se pred ogromnim problemima, kako odložiti a zadržati objavljivanje preko 120 pristiglih prijava za radove, održati kontakte sa sponzorima, potvrditi mesto održavanja skupa i td.

Povrh svega nastupila je i ozbiljna svetska ekonomska kriza te novi vojni konflikti na teritoriji Evrope, pa je održavanje ovakvog skupa zapravo predstavljao istinski podvig svih kolega koji su učestvovali u organizaciji.

Sa ponosom ističemo da će na XVI Simpozijumu biti predstavljeno 90 radova iz svih oblasti i naučnih grana hidrogeologije, sa više od 130 autora i koautora i uz učešće preko 100 prijavljenih kolega.

Prihaćeni radovi klasifikovani su u 6 tematskih oblasti:

1. Vodosnabdevanje i upravljanje podzemnim vodnim resursima
2. Geotermalna energija
3. Termomineralne vode
4. Hidrogeologija i životna sredina
5. Multidisciplinarnost u hidrogeološkim istraživanjima
6. Studentski radovi

Shodno tome, i Zbornik je koncipiran na sličan način, s tim da su zbog srodnosti i lakše strukture Zbornika, oblasti geotermalne energije i termomineralnih voda spojeni u jednu celinu.

U okviru Simpozijuma, Svečanom akademijom je posebno obeležen izuzetan jubilej – 125 godina hidrogeologije u Srbiji.

Kao i prethodni Simpozijumi, ni ovaj nije bilo moguće organizovati bez sponzora. Posebnu zahvalnost upućujemo kompaniji REHAU i g-dinu Dušanu Todoroviću, na dugogodišnjoj saradnji i podršci poslednjih 10 godina.

Takode, izražavamo zahvalnost na sponzorstvu kompanijama *Beogeoqua*, *Galens Invest*, *Knjaz Miloš*, *Gold Gondola*, *Ibis inženjering*, kao i opštinama Brus i Čajetina.

Dobra praksa učestvovanja kolega iz regiona i susednih zemalja, ustanovljena na prethodnom XV Simpozijumu, nastavlja se i dalje. Sa radošću upućujemo dobrodošlicu kolegama iz Republike Srpske i Federacije BiH, Crne Gore, Hrvatske, Makedonije, Bugarske i Albanije.

Na kraju, posebnu zahvalnost dugujemo domaćinu Simpozijuma – hotelu Olimp na Zlatiboru.

Takođe, izražavam ličnu zahvalnost Predsednici organizacionog odbora Doc. Dr Ani Vranješ, Predsedniku programsko-uređivačkog odbora Prof. dr Dušanu Polomčiću, saradnici Nataliji Radosavljevič, mast.inž. kao i svim drugim kolegama i studentima koji su pomogli da se ovaj Simpozijum održi.

Siguran sam da, nakon uspešno sprovedenog trećeg uzastopnog Simpozijuma od njegovog obnavljanja, ostavljam tradiciju i prepoznatljivost Simpozijuma u dobrim rukama - budućim organizatorima i narednim generacijama.

Na Zlatiboru, septembra 2022. godine

Predsednik Naučnog odbora
Prof. dr Dejan Milenić



SADRŽAJ

PLENARNA PREDAVANJA

Ljiljana Vasić, Dušan Polomčić, Saša Milanović, Vesna Ristić Vakanjac, Branislav Petrović, Veljko Marinović, Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Marina Čokorilo-Ilić, Jelena Ratković

Vodosnabdevanje podzemnim vodama - pregled aktuelnog stanja i mogućnosti održivog korišćenja..... 1

Dejan Milenić, Ana Vranješ

Stanje i perspektive geotermalne energije u Republici Srbiji..... 11

Vladimir Živanović

Postojeće stanje i budući trendovi u preventivnoj zaštiti podzemnih voda Srbije..... 29

Tanja Petrović Pantić, Zoran Popović, Ljiljana Popović, Mihajlo Mandić, Katarina Atanasković Samolov

Dinamika izrade Osnovne hidrogeološke karte (OHGK) 1:100.000 na teritoriji Srbije..... 47

VODOSNABDEVANJE I UPRAVLJANJE PODZEMNIM VODNIM RESURSIMA

Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Jelena Ratković, Đoržije Božović

Šematizacija hidrograma i nivograma radnog nivoa kod bunara sa horizontalnim drenovima..... 57

Petar Begović, Branko Ivanković

Hidrogeološki potencijal aluvijalnih naslaga rijeke Bosne sa aspekta vodosnabdevanja u Doboju, Republika Srpska..... 63

Ivica Nikolić, Milan Tripković i Jovana Nikolić

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Stanje monitoringa i određivanje kvantitativnog statusa vodnih tela podzemnih voda u Srbiji..... | 69 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**Gardijan Sunčica, Živanović Vladimir, Magazinović Sava, Mandić Đorđe,
Stojadinović Saša**

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Režim izvorskih voda iz kristalastih stena u planinskim područjima na primeru Toplog Dola na Vlasini (Jugoistočna Srbija)..... | 77 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Dragoljub Bajić, Bojan Hajdin, Dušan Polomčić, Vesna Ristić Vakanjac

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Analiza hidrauličke veze između reke Save i podzemnih voda na izvoristu za vodosnabdevanje Obrenovca..... | 85 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**Dejan Drašković, Tijana Vinčić, Sonja Drobac, Ljupka Mrkonja,
Ivana Đinđić, Ivana Obradović**

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Primena nove metode u sanaciji bunara sa horizontalnim drenovima kroz uporednu analizu dobijenih rezultata..... | 91 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**Ranko Vukićević, Ivana Đinđić, Tijana Vinčić, Sonja Drobac, Ivana Obradović,
Dejan Drašković, Ljupka Mrkonja**

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Novi prilozi poznavanju režima podzemnih voda na izvoristu „Petrovaradinska ada“ u Novom Sadu na primerima rada bunara BHD-5, BHD-6, BHD-7 i BHD-8..... | 99 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**Maksim Matović, Milan Radulović, Ana Vojinović, Marina Međedović
i Marija Matović**

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Rezultati hidrogeoloških istraživanja aluvijalne izdani rijeke Tare (Mateševo, Kolašin)..... | 105 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Milan Radulović

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Hidrogeološke karakteristike i stanje monitoringa podzemnih voda u Crnoj Gori..... | 113 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Ermedin Halilbegović

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Dugoročno rješenje problema vodosnadbjevanja grada Sarajevo iz akumulacije Crna Rijeka..... | 115 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Ermedin Halilbegović

Hidrogeološka istraživanja terena za izgradnju brane Crna Rijeka..... 121

Dragan Despotović

Režim voda karstnog hidrogeološkog sistema Ribnik
sa prijedlogom mjera zaštite..... 127

Romeo Eftimi, Kastriot Shehu, Aferdita Mamaj

Hydrogeological aspects of water supply of the settlements of Albania;
Experience and problems..... 133

**Milica Stepanović, Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić, Aleksandar Avramović,
Branko Mijatović**

Kvalitativne karakteristike podzemnih voda izvorišta „Ključ“ u Požarevcu..... 139

**Ivana Obradović, Ivana Đinđić, Dejan Drašković, Slavko Špadijer,
Tijana Vinčić, Ljupka Mrkonja, Sonja Drobac**

Rezultati analize monitoringa režima podzemnih voda priobalja Save u
"Severozapadnoj radnoj zoni" Šapca..... 147

Nataša Biočanin, Aleksandar Šmit

Eksploatacija i prerada vode - sistem javnog vodosnabdevanja grada Vršca..... 155

GEOTERMALNA ENERGIJA I TERMOMINERALNE VODE**Ana Vranješ, Dejan Milenić**

Održiva proizvodnja električne energije iz geotermalnih resursa na osnovu
proračuna bilansnih troškova..... 159

Ana Vranješ, Dejan Milenić

Doprinos poznavanju distribucije geotermalnih rezervoara na delu
Panonskog basena, Srbija – DARLINGE projekat..... 165

**Ivana Đinđić, Dejan Drašković, Slavko Špadljer, Sonja Drobac,
Tijana Vinčić, Ljupka Mrkonja**

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Analiza režima termomineralnih voda "Nove obrenovačke banje" i mogućnost njihove upotrebe..... | 171 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Boban Jolović, Andrijana Stevanović i Nenad Toholj

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Povećan sadržaj fluorida u podzemnim vodama opštine Srebrenica – uzroci i moguće posledice dugotrajnog konzumiranja..... | 179 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Tena Bilić, Sanja Živković, Slobodan Kolbah, Mladen Škrlec i Dražen Tumara

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Trenutno stanje korišćenja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj..... | 187 |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|

Ćazim Šarić, Ferid Skopljak, Izet Žigić i Dinka Pašić - Škripić

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Fizičko-hemijske i izotopske karakteristike termalnih voda u slivu rijeke Krivaje..... | 195 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Dejan Milenić, Petar Dokmanović, Ana Vranješ, Milan Vukićević

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Podzemna voda kao subgeotermalni resurs na primeru klimatizacije prodajnog kompleksa "Ikea" u Beogradu | 205 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Nebojša Stanić

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Primena petrogeotermalne energije za grejanje i hladjenje industrijskih objekata velikih kapaciteta..... | 211 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Ana Vranješ, Dejan Milenić

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Perspektive eksploatacije litijuma iz geotermalnih voda na području Republike Srbije..... | 213 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

**Ana Vranješ, Nebojša Atanacković, Vladimir Živanović, Marinko Toljić,
Veselin Dragišić, Sava Magazinović**

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Metodološki pristup oceni mogućnosti eksploatacije geotermalnih voda na delu Valjevsko – mioničkog basena..... | 221 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Nenad Toholj, Boban Jolović i Uroš Jurošević

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Termalne vode područja Višegrada – trenutno stanje i perspektive..... | 227 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|

**Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Sava Magazinović,
Jakov Andrijašević, Nebojša Atanacković**

Održiva eksploatacija izvorišta mineralnih voda na
primeru Vrnjačke banje..... 233

Tanja Petrović Pantić, Milan Tomić, Jovan Kovačević

Radioaktivnost podzemnih voda na južnoj padini Cera..... 239

Jana Štrbački

Litijum u mineralnim vodama Srbije – potencijalna lekovita svojstva..... 245

Spasoje Glavaš i Uroš Jurošević

Pojave termomineralnih voda u području Kakmuž - Petrovo..... 251

**Mihail Tarassov, Eugenia Tarassova, Milen Stavrev, Aleksei Benderev,
Mila Trayanova**

Seasonal variations in chemical compositions of mine drainage waters and
precipitates in the grantcharitsa tungsten deposit,
Western Rhodopes, Bulgaria..... 257

Dejan Milenić, Ana Vranješ

Integracija geotermalne energije u daljinske sisteme grejanja
i hlađenja (COST CA18219) 259

HIDROGEOLOGIJA I ŽIVOTNA SREDINA**Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Katarina Atanasković Samolov i
Žarko Veljković**

Uticaj klimatskih promena na podzemne vode u Posavini..... 263

Milovan Rakijaš

Hidrogeološka istraživanja sa izradom mreže pijezometara u zoni
„Regionalne sanitarne komunalne deponije Piroć“, u cilju vršenja monitoringa
podzemnih voda..... 267

Violeta Čolaković, Vladan Čanović i Aleksandar Avramović

Hydrodinamički model površinskog kopa gline "Garajevac istok"..... 273

Đorđije Božović, Dušan Polomčić i Dragoljub Bajić

Metodologija izrade 3D konceptualnog hidrogeološkog modela za potrebe hidrodinamičkog modeliranja bunara sa horizontalnim drenovima..... 279

Zlatko Ilijovski i Vojo Mirchovski

Metodologija ocene kvantitativnog stanja podzemnih voda..... 285

Mihajlo Mandić i Tanja Petrović Pantić

Sažetak rezultata dobijenih izradom Osnovne hidrogeološke karte 1:100.000, list Pirot..... 291

Vojislav Tomić

Rezerve podzemnih voda u većim intruzivnim masivima Srbije sa pukotinskom strukturom poroznosti..... 297

Katarina Atanasković Samolov, Milan Tomić, Tanja Petrović Pantić, Saša Todorović

Primena AQUIMOD-a pri oceni uticaja klimatskih promena na podzemne vode..... 299

Vaso Mrvaljević i Milan Radulović

Podzemni karstni oblici duž trase autoputa Smokovac– Mateševo (Crna Gora)..... 305

Milan Vlahović, Gojko Nikolić i Vaso Mrvaljević

Negativni aspekt antifiltracionih radova na akumulaciji Slano..... 311

Petar Milanović

Vodni režim karsta jugoistočnih Dinarida..... 319

Nebojša Atanacković, Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, Ivana Cvejić, Saša Stojadinović, Ivana Jocić

- Rudničke vode olovo-cinkovih ležišta u rudnom polju „Blagodat“ u jugoistočnoj Srbiji..... 325

Zoran Popović i Ljiljana Popović

- Hidrogeološke karakteristike Poljaničkog tercijarnog basena..... 331

Igor Jemcov, Zoran Stevanović, Vladimir Živanović, Saša Milanović, Dušan Polomčić, Veselin Dragišić

- Novi koncept izrade Osnovne hidrogeološke karte Srbije..... 337

Stojan Mihailovski, Zlatko Ilijovski, Marija Makešoska, Ivica Andov

- Hidrogeološke karakteristike prostora industrijske deponije „Jugohrom“ i rizici od zagađenja izvora Rašče..... 345

Petar Dokmanović, Milan Vukićević, Dejan Milenić

- Prilog poznavanju hidrogeoloških svojstava ultramafitskog kompleksa Maljena u zoni Divčibara..... 347

Petar Dokmanović, Milan Vukićević, Dejan Milenić

- Stanje resursa podzemnih voda u sklopu komunalnog vodosnabdevanja Valjeva (Zapadna Srbija) 349

Saša Milanović i Ljiljana Vasić

- Prikaz ponašanja karstne izdani uslovljene funkcionisanjem površinske akumulacije u karstu na primeru akumulacije Bileća (Istočna Hercegovina)..... 355

Milan Vukićević, Marija Milanović, Marina Popovac, Miloš Pavlović, Ivana Levajić

- Prilog novog poznavanja kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika podzemnih voda formiranih u okviru krečnjaka tortonsko-sarmatske starosti u oblasti Umke..... 359

Branislav Petrović, Zoran Stevanović, Veljko Marinović i Snežana Ignjatović

- Prostorna analiza epikarsta u okviru karstnog sistema istočnog dela Suve planine..... 365

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 metalčnih 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 Indiji..... | 409 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Zoran Nikić i Nenad Marić

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

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 prikuljanju, 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

STUDENTSKI RADOVI**Aleksandra Pešić**

Uslovi zaštite podzemnih voda izvorišta „Lovac“ u Kostolcu..... 465

Andrijana Drčelić

Analiza uslova zaštite karstnog vrela Perućac..... 471

Aleksandra Maksimović

Analiza režima izdašnosti karstnog vrela Perućac..... 473

**Nikola Milanović, Miloje Vacić, Jovana Nikolić, Vesna Ristić Vakanjac,
Boris Vakanjac**

Analiza režima i bilans voda reke Lužnice, Vlasine i Jerme..... 475

Aleksandra Purković

Hidrogeološke karakteristike aluvijalnog izvorišta „Bataković“ kod Medveđe..... 477

Ninoslava MirkovMogućnost poboljšanja vodosnabdevanja grada Zrenjanina na bazi
podzemnih voda aluvijona Tise..... 479**Snežana Kretić, Jana Štrbački**

Hidrohemijske karakteristike termomineralnih voda Mataruške banje..... 481

Stanisava Arsović

Ranjivost izvorišta mineralnih voda u Orašju kod Varvarina..... 485

Aleksandar Bižić

Mogućnosti višenamenskog korišćenja termomineralnih voda Niške Banje..... 489

**Jovana Mladenović, Vesna Ristić Vakanjac, Jugoslav Nikolić,
Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Boris Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić**

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Analiza režima Velike Morave i podzemnih voda formiranih u njenom aluvijonu..... | 495 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|

**Marina Mitrašinović, Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Ljiljana Vasić
i Dušan Polomčić**

| | |
|----------------------------------------------------------|-----|
| Prilog poznavanju režima i bilansa voda reke Resave..... | 501 |
|----------------------------------------------------------|-----|

Matija Ognjanović

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Geotermalne karakteristike teritorije opštine Gornji Milanovac..... | 507 |
|---------------------------------------------------------------------|-----|

Ljuba Popović

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Zastupljenost amonijum jona u podzemnim vodama Srbije i metode njegovog uklanjanja..... | 509 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Marko Bogdanović

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Određivanje režima i rezervi podzemnih voda na primeru izvorišta za flaširanje i rekreaciju..... | 511 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Hristina Petrova

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Hidrogeološke karakteristike šire okoline ležišta bakra „Borov dol“, Severna Makedonija..... | 513 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

Natalija Radosavljević

| | |
|----------------------------------------------------------|-----|
| Geotermalni potencijal jugozapadnog oboda Kopaonika..... | 515 |
|----------------------------------------------------------|-----|

PROSTOR ZA SPONZORE

МЕТОДОЛОГИЈА ОЦЕНЕ КВАНТИТАТИВНОГ СТАЊА ПОДЗЕМНИХ ВОДА METHODOLOGY FOR ASSESSMENT OF THE GROUNDWATER QUANTITATIVE STATUS

Zlatko Ilijovski¹, Vojo Mirčovski²

¹Грађевински Институт Македонија, Дрезденска 52, Скопје, Република С.Македонија. E-mail: geozlatko@gim.mk

²Универзитет „Гоце Делчев“ Штип, Факултет за природник и техничких наука, Република С.Македонија. E-mail: vojo.mircovski@ugd.edu.mk

Апстракт: Експлоатација подземних вода према концепту одрживе експлоатације, односно експлоатације расположивог - обновљивог ресурса подземних вода, је одувек претстављала економску потребу. Одређивања расположивог - обновљивог ресурса претставља задатак с великим изазовом за сваког истраживача. Имајући у виду чињеницу, да дефинисање расположивог ресурса подземних вода зависи од више природних фактора, од којих је добар део тешко егзактно дефинирати као непосредну методу, особито велики акценат се ставља на мониторинг подземних вода. Спровођење таквог мониторинга, праћење количине воде која се експлоатира, ниво подземне воде и његови утицај треба резултирати с оценом квантитативног статуса подземних вода и његовог сврставања у категорију доброг или лошег квантитативног статуса. Дефиниција доброг квантитативног стања је приказана у Оквирној Директиви о Водама (ОДВ) Анекс V 2.1.2. Као што је наведено у Анексу, добро квантитативно стање је постигнуто када: Ниво подземне воде у Подземном Водном Телу (ПВТ) је такво да се расположиви ресурс подземних вода (вода доступна за употребу), не смањује се као резултат дугорочне годишње просечне стопе експлоатације. Сагласно томе дугогодишњи просечни ниво подземне воде не показује тенденцију смањења као резултат антропогенних утицаја и не производи негативне утицаје. Како би подземно водно тело имало добро квантитативно стање, исто мора испуњавати критеријуме о добром стању, а њихово испуњавање се доказује путем спровођења тестова. Спроводи се: Тест водног биланса, тест утицаја површинског водотока, тест утицаја на копнене екосистеме зависне од подземних вода и тест продора других вода. У циљу оцене и одржавање доброг квантитативног стања ПВТ у Р. Македонији постоји документ под називом “Методологија опредељивања минималног протока површинских водотока и минималног нивоа подземних вода”.

Кључне речи: подземна вода, ниво подземне воде, мониторинг, расположиви ресурс, квантитативни статус.

Abstract: Exploitation of groundwater according to the concept of sustainable exploitation, ie exploitation of available - renewable groundwater resource, has always been an inevitable need. Determining the available - renewable resource is a task with great challenge for every researcher. Having in mind the fact that the determination of the available groundwater resource depends on several natural factors, a good part of which is difficult to define exactly as a direct method, particularly great emphasis is placed on the groundwater monitoring. Conducting such monitoring, monitoring the amount of water exploited, the level of groundwater and its impact should result in an assessment of the quantitative status of groundwater and its classification in the category of good or bad quantitative status. The definition of good quantitative status is presented in the Water Framework Directive (WFD) Annex V 2.1.2. As stated in the Annex, good quantitative status is achieved when: The groundwater level in a Groundwater Body (GWB) is such that the available groundwater resource (water available for use) does not decrease as a result of the long-term annual average exploitation rate. Accordingly, the long-term average groundwater level does not show a tendency to decrease as a result of anthropogenic impacts and does not produce negative impacts. In order for a groundwater body to have a good quantitative status, it must meet the criteria for good status, and their fulfillment is proven by conducting tests. The following tests are performed: Water balance test, surface water impact test, impact test on terrestrial ecosystems dependent on groundwater and test for penetration of other waters. For assessment and maintenance of good quantitative status of GWB in R. of Macedonia there is a document entitled "Methodology of determining the minimal flow of surface water courses and minimal groundwater level".

Key words: groundwater, groundwater level, monitoring, available resource, quantitative status.

УВОД

Урађена методологија под називом “Методологија опредељивања минималног протока површинских водотока и минималног нивоа подземних вода”, је сагласно захтеву из чл. 120 актуелног Закона о водама Р. Македоније. Циљ методологије је утврђивање општег применљивог приступа, усаглашен

с европским и националним законским и техничким прописима, за одређивање квантитативног стања подземне воде који се користе, или су потенцијално погодне и намењене за експлоатацију ради задовољавања различитих водопривредних потреба. У суштини, то значи постављање општег, методолошког, вишекритеријумског и прорачунског модела за одређивање дозвољених експлоатационих водних количина из подземних водних тела, константно испуњавајући услов за позитивно прихватљив тренд, односно добро квалитативно и квантитативно стање водних тела и повезаних копнених екосистема.

Документ даје полазну методолошку основу и концепт у циљу и у сагласности с одређеним тестовима и контролним критеријумима како би се дала оцена квантитативног статуса подземних вода.

КОНЦЕПТ НА КОЈЕМ СЕ БАЗИРА МЕТОДОЛОГИЈА

Основни концепт на којем се заснива методологија је концепт мониторинга и одржавања доброг квантитативног стања подземних вода, или „добар еколошки статус“ који се испуњава путем концепта експлоатације расположивих количина подземних вода, односно концепт експлоатације обновљивих резерви подземних вода.

Методологија је заснована на опредељивању критеријума, поступака и контролних механизма за експлоатацију расположивог - обновљивог ресурса подземне воде, као и праћење утицаја експлоатације подземних вода на нивоу подземних вода, површинских вода и околних екосистема, који су зависни од њих.

Другачије речено, ово значи да се експлоатација подземних вода треба планирати и реализирати према концепту успостављања и одржавања водног односно равнотежу улаза и излаза воде у и из тела подземне воде.

Уколико знамо да експлоатација подземне воде има директни утицај на нивоу подземне воде, као основни механизам контроле успоставља се дугорочни мониторинг количине експлоатисане воде и нивоа подземне воде.

Дефиниција доброг квантитативног стања

Дефиниција доброг квантитативног стања је приказана у Оквирној Директиви о Водама (ОДВ) Анекс V 2.1.2. Као што је наведено у Анексу, добро квантитативно стање је постигнуто када:

Ниво подземне воде у Подземном Водном Телу је такво да расположиви ресурс подземних вода (вода доступна за употребу) - Q_{gr} , не смањује се као резултат дугорочне годишње просечне стопе експлоатације. Односно дугорочна годишња просечна стопа експлоатације је таква да дугогодишње просечно нивоу подземне воде не показује тенденцију смањивања.

Елементи процене квантитативног стања

Како би ПВТ имало добро квантитативно стање мора испуњавати следеће критеријуме:

- Дугорочна годишња просечна стопа експлоатације је таква да дугогодишњи просечни нивоу подземне воде не показује тенденцију смањивања;
- Нема значајног погоршања квантитета и квалитета површинске воде услед промене у нивоу подземне воде, која је резултат црпљења подземне воде, или других антропогених утицаја, или промена у условима течења;
- Нема значајног оштећења копнених екосистема зависних од подземних вода, које су резултат промене у нивоу воде ради антропогених утицаја;
- Нема продирања некавалитетних вода, или других контаминаната као резултат потврђених промена у смеру течења ради црпљења подземних вода, или других антропогених утицаја, или промене у условима течења.

У ОДВ је наведено да нивоу подземне воде треба бити главни параметар за процену доброг квантитативног стања. Али, док је праћење нивоа воде неопходно за одређивање утицаја и идентификације дугорочних трендова, то је недовољно само по себи и уобичајено су потребни и други параметри и информације, или комбинација информација, позната као приступ **тежине доказа**, како би се обезбедила поверљива процена стања.

Поступак за оцену квантитативног стања подземних вода

Како би се одредило целокупно квантитативно стање за једно подземно водно тело, треба применити серију тестова која узима у обзир природне и антропогено-узроковане дугорочне промене у нивоу и/или ток подземних вода. Сваки тест ће оцењивати да ли ПВТ испуњава релевантне еколошке циљеве.

Тест: Водни биланс

Како би подземно водно тело било у добром стању, према овом тесту дугорочна просечна годишња експлоатација ПВТ (Q_{expl}) не сме прекорачити дугорочно просечно поново пуњење (R) минус дугорочне еколошке потребе за прихрањивање површинског водотока, и одржавања копнених екосистема зависних од подземних вода (E). Овај тест узима у обзир кумулативне ефекте у ПВТ и претставља тест за цело ПВТ.

$$Q_{expl} \leq R - E$$

Тамо где постоје релевантне информације о нивоима подземних вода у ПВТ, исте се могу користити за идентификацију појаве дугорочног пада нивоа воде, узрокованог дугорочном експлоатацијом подземних вода, или природним факторима. Тамо где постоји такав пад, исти је индикација да услови за добро стање нису испуњени, те ће тело бити у лошем стању.

За тест водног биланса мора се проценити просечна годишна експлоатација (Q_{expl}) насупрот „расположивог ресурса подземних вода“ (Q_{rr}) у подземном водном телу. Расположиви водни ресурс подразумева просечну дугорочну стопу целокупног надопуњавање-прихрањивање подземног водног тела (R) минус дугорочне годишње стопе за постизање еколошких потреба припадајућим површинским водама (учество подземних вода у прихрањивању површинских водотока), са избегавањем значајног погоршања еколошког протока, избегавањем значајног негативног утицаја на копненим екосистемима, зависних подземних вода (E), као и експлоатација подземних вода током ниских водостоја.

$$Q_{rr} = R - E$$

$$Q_{expl} \leq Q_{rr}$$

Расположиви ресурс подземних вода је приближна вредност, заснована на поновном пуњењу и потреби нижег ранга ради подршке екологије у површинским водним телима и копненим екосистемима, зависних од подземног водног тела.

Анализе треба обављати на основу дугорочних мерења, с чиме ће се минимизирати утицај краткорочних, природних, климатских фактора и утицаја експлоатације. Дугорочна мерења омогућавају диференцирање краткорочних ефеката од дугорочних шема и трендова. Сагласно препорукама ОДВ, потребна дужина евидентирања ће зависити од хидрогеошких и еколошких услова повезаних с ПВТ. Препоручује се да то не буде краће од 6 година (један циклус управљања с речним сливом). Такође пошто хидрогеолошки услови могу отежавати економску и практичну експлоатацију, може се десити да цело расположиви ресурс подземне воде за ПВТ не буде доступан за експлоатацију.

Табела 1. Приказ поступка и потребних података за тест водног биланса
Table 1. Presentation of the procedure and necessary data for the water balance test

| Припрема података | Тестирање података | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Користити информације са мреже/ мреже за праћење нивоа подземних вода | Дали дугорочни просечни годишњи ниво подземне воде указује тенденцију дугорочног смањења као резултат дугорочне просечне стопе експлоатације? | | |
| | НЕ | | |
| Користити информације почетне и касније карактеризације и друге информације локалних концептуалних модела, студија и нумеричких модела који су релевантни и одговарајући. | Прорачунајте/процените дугорочно надопуњавање подземних вода (P) | | |
| | Прорачунајте/ процените годишњу експлоатацију подземних вода (Q_{expl}) | | |
| Q_{expl} – дугорочна просечна годишња експлоатација подземних вода R – дугорочно просечно годишње надопуњавање подземних вода E – дугорочне еколошке потребе за надопуњавање површинског водотока и копнених еко система Q_{rr} – расположиви ресурс подземних вода | ДА | Процените допринос подземних вода (као годишњи просек) у подршци рекама и копненим екосистемима зависних од подземног водног тела (E) | |
| | $Q_{rr} = R - E$ | | |
| | НЕ | Дали $Q_{rr} > Q_{expl}$? | ДА |
| | ПВТ нема добар кванитативан статус за овај тест | | ПВТ нема добар кванитативан статус за овај тест |

Ако код површинских водотока имамо релевантни видљив и мерљив параметар, случај код подземних вода је далеко сложенији и комплекснији. Овакве анализе и тестове су прилично комплекснији и зависе од великог броја параметара, од којих су неки тешко мерљиви (инфилтрација, евапотранспирација, подземни дотицај и отицај, интеракција реке с подземним водним телом). Сложене и комплексне хидрогеолошке средине имају додатни утицај. Због тога, у многим случајевима ће се употребљавати хидрогеолошка аналогија и процена, док је мониторинг обавезна контролна процедура.

Основна формула водног биланса се заснива на следећем принципу:

$$P + D1 + D2 + D3 + N1 = I + S1 + S2 + S3 + Et + N2 + \Delta W$$

УЛАЗ

- P - падавине
- D1 - површински дотицај доливање
- D2 - подземни дотицај преко алувиона
- D3 - подземни дотицај из других стена
- N1 - остали други дотицаји

ИЗЛАЗ

- I - отицаји путем извора (који се не мере на реци)
- S1 - површински отицаји преко реке
- S2 - подземни отицаји преко алувиона
- S3 - подземни отицаји кроз друге стене
- Et - испаравање и евапотранспирација
- N2 - остали други излаз
- ΔW - промена резерва-расположиве воде

Тест: Проток површинске воде

Како би се оценило да је ПВТ у добром стању за овај тест, експлоатација подземне воде из истог разлога не треба да узрокује неиспуњавање циљева доброг квантитативног статуса на површинским водним телима повезаним с њиме.

Ово испитивање укључује реке и отворена водена тела, као што су језера која имају повезаност са ПВТ.

За разлику од претходног испитивања, ово се састоји од тога да ли на локалном нивоу, експлоатација подземних вода има значајни утицај на површинска водна тела.

Ово испитивање анализира стање протока у површинским водним телима (повезаних са ПВТ). Утицај експлоатације подземних вода на реке, може бити разматрана као смањење у протоку, а у отвореним воденим телима као смањење нивоа.

Експлоатација подземних вода, треба подржати постигнућа (и одржавање) добрим хемијским и еколошким статусом код површинских вода.

Уколико овај захтев за протоком / нивоом код површинских водних тела не буде испуњен као резултат значајног утицаја експлоатације подземних вода, тада ће ПВТ имати **слаби статус**. Уколико површинска водна тела остану са добрим / високим еколошким статусом, у том случају ПВТ ће имати **добри статус**.

Често је немогуће да се тачно обаве прецизна мерења смањења протока / нивоа, узрокована променама у притисцима подземних вода, јер често постоји заостајање момента притиска до манифестације утицаја. Особита пажња и мониторинг се треба спровести приликом експлоатације подземних вода, које су у интеракцији с површинским водотоком, који је окарактерисан у класи слабог квантитативног и квалитативног еколошког статуса.

Зато су карактеризација и класификација површинских вода неминовна потреба за реализацију циљева ове методологије.

Табела 2. Приказ поступка и потребних података за тест проток површинске воде
Table 2. Presentation of the procedure and necessary data for the surface water flow test

| Припрема података | | Тестирање података | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Повезати свако површинско водно тело са ПВТ и утврдити уколико је директно зависно | ДА | Дали нека површинска водна тела повезана с подземним водним телима не испуњавају циљеве еколошког протока? | НЕ |
| Употребити резултате карактеризације и класификације површинских вода, како би се одредила тела која могу бити у лошем стању, ради притисака експлоатације подземних вода | ДА | Дали су утицаји експлоатације П.В значајни разлог неиспуњења циљева површинског водног тела? | НЕ |
| | | ПВТ нема добар квантитиван статус за овај тест | ПВТ има добар квантитиван статус за овај тест |

Тест: Копнени екосистеми зависни од подземних вода

Како би ПВТ имало добар статус, не сме се проузроковати значајна штета копненог екосистема, који зависи од подземних вода. Уколико се као резултат експлоатације промени ниво или ток подземне воде, а исто има утицај на копнене еко системе, у том случају ПВТ има **слаби статус**. У свим осталим случајевима, ПВТ има **добри статус**, али је потенцијално под ризиком.

Као део почетне и даље карактеризације, потребно је идентификовати копнене еко системе зависних подземних вода, које су оштећене, или су под високим ризиком штете као резултат промене притисака подземних вода. Ове „ризичне“ локације треба да имају приоритет за даље истраживање.

Тест: Продор других вода

Како би ПВТ имало добар статус, приликом овог испитивања, друга вода с лошим квалитетом не сме имати дугорочни продор у њега, као последица промене нивоа подземних вода, а с тим и праваца кретања подземних вода, који је резултат експлоатације подземне воде. У овом случају, ПВТ се оцењује **лошим статусом**.

У овом испитивању продор се тумачи као продор воде лошег квалитета другог подземног водног тела, које може се налазити изнад, испод, или у смеру тела које се оцењује.

Велики је ризик и могућност да се ПВТ оцени лошим статусом, у условима експлоатације подземне воде из ПВТ, које се интензивно прихрањује из површинског водотока, а који је оцењен лошим квалитативним и еколошким статусом.

ОСНОВНИ КРИТЕРИЈУМИ СПРОВОЂЕЊА МЕТОДОЛОГИЈЕ

За испуњење циљева методологије и реализације предвиђеног концепта методологије „одржавање доброг квантитативног стања подземних вода“ не постоји егзактни емпиријски метод, него је потребно пратити низ процедура, и то:

- Дугорочна просечна годишња експлоатација ПВТ (Q_{expl}) не сме прекорачити дугорочно просечно поновно пуњење (R) минус дугорочне еколошке потребе за прихрањивање површинског водотока и одржавање копнених екосистема зависних од подземних вода (E). То значи експлоатација такозваних расположивих - доступних резерва подземне воде (Q_{rr}).

$$Q_{expl} \leq Q_{rr} ; \quad Q_{rr} = R - E ; \quad Q_{expl} \leq R - E ;$$

- Експлоатацију подземних вода обављати у условима такозваног квазистационарног режима струјања, а то значи да је динамички ниво подземне воде у бунару и у посматраним пијезометрима, који су у зони утицаја експлоатационог објекта, гледано као средњогодишњи ниво анализирано у вишегодишњем периоду треба имати тенденцију константности;
- Обезбедити константност статичких нивоа подземних вода у подземним водним телима у близини и ван зона експлоатације, посматрано као дугорочни средњогодишњи ниво, при том узимајући у обзир сезонске осцилације и утицаје климатских промена, а стављајући акценат на антропогене утицаје;
- Снижавање нивоа подземне воде у експлоатационом објекту да не буде веће од 1/3 дебљине водоносног слоја који се захвата с црпљењем;
- Приликом прорачуна резерви подземних вода, као и приликом дефинисања количина воде које ће бити црпљене, обавезно узети у обзир повезаност (прихрањивање) и интеракцију (директна или индиректна) подземног водног тела с површинским водотоком, језером или извором, а при том водећи рачуна да се не наруши дефинисани еколошки проток површинског водотока, а с тим и дефинисане еколошке циљеве тог површинског водотока, језера или извора;
- Код површинских водотока који ће бити оцењени у категорији лошег квантитативног статуса, код изведених бунара у зони 300 метара од обе стране речног корита, а исте захватају воде из подземног водног тела, које је у директној хидрауличкој вези с површинским водотоком (први аквифер са слободним нивоом подземне воде) када се проток реке приближава дефинисаном еколошком минимуму, дефинисаног као лош квантитативни статус који је најчешће $1.1 \times Q_{90}$ (Q_{90} је base flow), а количина воде која се може црпети из бунара редуцирана на $Q_{90} \times 0,2$:

$$Q_{eksp} \leq Q_{90} \times 0,2$$

- Тежити ка интегрисаном приступу анализе, односно анализе површинског водотока и подземних вода. Укупна расположива количина површинске и подземне воде (ΔW) у оквиру једног слива за одржавање доброг еколошког статуса је:

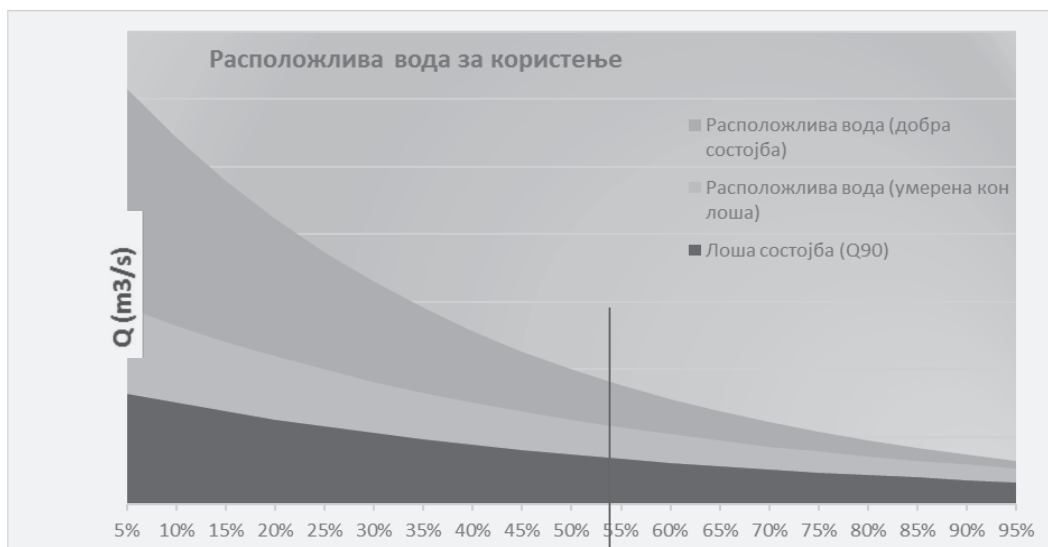
$$\Delta W (SW + GW) = Q_{50} \times (1 - Kes)$$

K_{es} – коефицијент еколошког протока/стања за Q_{50} (0.38 за лоше стање - 0,75 за добро стање)

Укупна расположива количина површинске и подземне воде (ΔW) у оквиру једног слива која има умерени до лош еколошки статус је:

$$\Delta W (SW + GW) = Q_{50} - 1.1 \times Q_{90}$$

$1.1 \times Q_{90}$ граница лошег стања у просеку претставља Q_{90} веће за 10%.



Слика 1. Дијаграм расположивости воде за користење

ПРЕПОРУКЕ О КОНКРЕТНИМ МЕРАМА СПРОВОЂЕЊА МЕТОДОЛОГИЈЕ

У циљу реализације циљева методологије, односно стварања услова за њена примену, потребно је реализирати следеће активности на нивоу целе државе:

- Карактеризација и идентификација водних тела (урадити ажурирану хидрогеолошку карту Р.М.);
- Прорачун резерви подземне воде на националном нивоу према ХГ реонима, сливовима;
- Израда регистра (катастар) водних појава и водних објеката;
- Израда регистра (катастар) корисника ПВ;
- Формирања (комплетирања) мониторинг мрежа и редовних мерења;
- Класификација еколошког стања површинских водних тела и дефинирање површинских водних тела слабог квантитативног статуса;
- Класификација квантитативног стања подземних водних тела, израда карте за процену квантитативног стања и дефинирање подземних водних тела слабог квантитативног статуса;
- Примена интегрираног приступа, анализа површинских и подземних вода;
- Прилагођавање законске регулативе сагласно концепту, критеријумима и циљевима методологије;
- Појачање контроле и евиденција експлоатације подземних вода;
- Праћење препорука ЕУ директива.

Све споменуте мере су потребне за спровођење описане методологије, као што је горе наведено, при чему је тешко спровести реалне емпириске методе за билансирање и прорачуне водног биланса, а тиме расположивих резерви подземних вода. Зато се континуирани мониторинг нивоа подземне воде сматра као врло значајни елемент, који је директни одраз квантитативног стања подземних вода.

ЗАКЛУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ

- За испуњавање циљева методологије и реализације предвиђеног концепта „одржавање доброг квантитативног стања подземних вода“ не постои егзактан емпириски метод, него је потребно испунити одређене услове и критеријуме;
- Како би се испитало испуњење горе наведених услова и одредило целокупно квантитативно стање за једно подземно водно тело, треба применити серију тестова;
- Распоживи ресурс воде у оквиру једног слива треба истраживати, дефинисати и управљати интегрирано као укупни расположиви ресурс површинских и подземних вода;
- Континуирани мониторинг подземних вода је врло значајни елемент, који је директни одраз квантитативног стања подземних вода. Дobar мониторинг иде у прилог континуиране контроле и калибрације процеса одржавања доброг квантитативног стања подземних вода.

ЛИТЕРАТУРА

Методологија определувања минималног протока површинских водотока и минималног нивоа подземних вода, Граѓевински институт Македонија а.д. Скопје 2018;
Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC), Guidance Document No 18 (Guidance on groundwater status and trend Assessment), 2009;
Water Framework Directive, (2000/60/EC).