

МИОМИР КОМАТИНА\*

*ЗНАЧАЈ ПОЗНАВАЊА ГЕОЛОГИЈЕ ЈЕДНЕ ОБЛАСТИ У  
ПРОЦЕСУ ПРОУЧАВАЊА ХИДРОГЕОЛОШКИХ ОДЛИКА*

THE SIGNIFICANCE OF KNOWLEDGE ON THE GEOLOGY OF ONE  
AREA IN THE PROCESS OF ANALYSIS OF ITS HYDROGEOLOGICAL  
CHARACTERISTICS

*Извод*

Добро познавање геолошке грађе једног подручја интересног са хидрогеолошког становишта представља најбољу базу за планирана истраживања подземних вода, било на нивоу фундаменталних хидрогеолошких истраживања било давања ма каквих практичних решења везаних за подземне воде. Дату материју аутор конкретније излаже кроз анализу значаја геолошких фактора у условима карстне средине.

*Abstract*

The knowledge on the geological relations of one area interesting from the hydrogeological point of view, represents the best base for the exploration of underground waters, either within the regional (fundamental) hydrogeological investigations, or by the resulting particular practical projects connected with the underground waters. The above mentioned matters, the author in details presents through the analysis of the significance of the geological factors in the karstic environment conditions.

УВОД

Скоро ће пуна два века од како се термин хидрогеологија појавио и од када се у окриљу геолошке науке почела

---

\* Др Миомир Коматина  
Геозавод, Београд

развијати нова геолошка дисциплина, са основним задатком да проучава формирање, кретање и пражњење подземних вода у различитим геолошким срединама. Није нам овде циљ да приказујемо кораке које је човек чинио у смеру успешнијег долажења до воде за пиће, да разматрамо фазе кроз које је пролазио његов истраживачки рад до садашњег тренутка у историји развоја хидрогеологије, да потенцирамо изванредан теоретски и практични интерес који данас влада за подземне воде. Релативно дуго време развоја хидрогеологије и сталне практичне потребе свакако су допринели да данас имамо једну изузетно развијену дисциплину геолошке науке, врло богату разноврсним методама, методским поступцима и резултатима. Чврсто везана за потребе праксе, основна (фундаментална) и примењена хидрогеологија већ и сада су у многим земљама света, па и код нас, за привреду од непроцењиве користи, јер су развијене тако да могу решавати сва квалитативна и квантитативна питања везана за подземне воде као основно богатство сваке земље. Циљ нам је, у ствари, да истакнемо добру геолошку основу терена као једину праву (сигурну) основу на којој могу почивати фундаментална и примењена хидрогеолошка истраживања, да међу разним факторима издвојимо оне геолошке, као најбитније показатеље хидрогеолошких односа једног подручја, и подвучемо њихову изузетну важност за формирање концепције неког практичног задатка ради захватања подземних вода или неког другог практичног циља. То из два важнија разлога.

Прво, развојем саме дисциплине многи научни и стручни радници све чешће су заборављали њену геолошку базу, удаљавајући се од ње и упловљујући више или мање у воде суседних наука, занемарујући реалне геолошке односе и бирајући ове или оне путеве схематизације саме геолошке средине. Дати неправилни приступ дефинисању хидрогеолошких услова неминовно је доводио до стварања погрешне концепције даљих истраживања, одржавајући се кроз нерационална (половична) решења или потпуне промашаје. Нереални прилаз истраживању интересантног рејона, без поштовања стварних геолошких елемената и односа, кажњавала је, у ствари, сама геолошка средина — кроз негативни резултат, пре свега.

Друго, што је добро познавање геолошких одлика терена, како смо рекли, не само најважнији предуслов за правилно усмеравање хидрогеолошких истраживања него и највећи корак у холу до крајње тачке хидрогеолошког истраживачког задатка. У вези с тим, посебна жеља аутора овог рада била је и да из овог угла осветли изузетан научни допринос нашег слављеника, изузетно велики корак великог југословенског и црногорског геолога и ентузијасте, цењеног Зарије Бешића. Наиме, неоспорна Бешићева заслуга није само у томе што нам је створио јасну слику о, иначе посебно сложеним, геолошким односима црногорске територије. Он нам је на тај

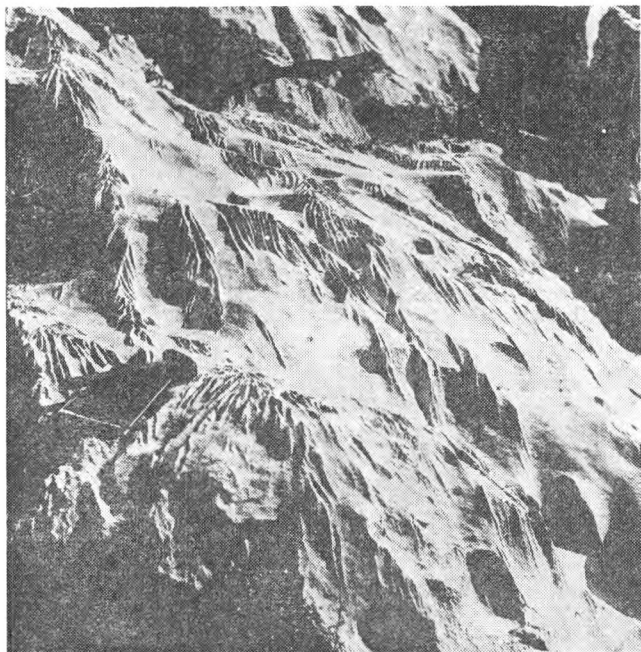
начин приближио стварности и представу о хидрогеолошким карактеристикама те територије, омогућивши да судимо о сложеним путевима циркулације подземних вода — природног блага којим је Црна Гора нарочито лепо обележена. Сетимо се једног од капиталног дела овог аутора, друге књиге Геологије Црне Горе посвећене њеном љутом карсту, у коме је дубоко загазио не само у анализу геолошких и геоморфолошких фактора битних за проучавање хидрогеологије, те изразито дисконтинуалне средине, већ и у разматрање самих хидрогеолошких односа — задатка овде изазваног као ретко где у свету. Разумљиво је што су дела Зарије Бешића, као плод упорног трагања, откривши геолошку суштину једног захвалног географског простора, могла другим истраживачима указати на пут до правих практичних решења, било у сврху искоришћавања хидроенергетских потенцијала било експлоатације минералних сировина или подземних вода, у чему се и запажа непроцењиви практични значај тих дела.

#### ХИДРОГЕОЛОШКИ ОДНОСИ ТЕРЕНА И ГЕОЛОШКИ ФАКТОРИ

Прилаз упознавању услова прихрањивања, кретања и пражњења подземних вода у разноликом геолошким срединама скоро је редовно сложен, а пут у многومه различит. Многобројност, разноврсност и динамичност фактора који диктирају хидрогеолошке услове једне водоносне средине условили су велики број идеја, хипотеза, теорија и прилаза овом или оном проблему хидрогеологије. Циљ је сваког истраживача да у низу постојећих приступа издвоји за дате природне услове прави (рационални) приступ, у чему, поред теоретског знања, помаже његова пракса. Практика је, међутим, генерално већ показала да се у свим тим, за сваки рејон више или мање специфичним условима, *геолошки фактори* не само не могу мимоићи него да су то били фактори суштински важни за тумачење хидрогеолошких услова проучаваног подручја. Зато је сасвим логично што истраживачки посао почињемо анализом геолошких података и општих геолошких законитости датог рејона, што затим планирамо допунска геолошка проучавања и при том се користимо разним геолошким методама<sup>1</sup>, све с циљем да добијемо

<sup>1</sup> Примењују се, између осталих, следеће групе метода: методе даљинске детекције (обрада авионских снимака; анализа сканограма), методе седиментологије, петрографије, палеонтологије и стратиграфије, затим методе палеогеолошке анализе, фацијалне анализе, неотектонике и структурне геологије (испитивање пукотина; испитивање разломних структура у карсту). На пример, *тектонска испитивања* појављују се као неопходна компонента практично свих хидрогеолошких истраживања. Правилна и потпуна интерпретација података тектонских испитивања, у првом реду структурних карактеристика терена, са хидрогеолошког становишта представља један од примарних услова за успешно извођење хидрогеолошког картирања и хидрогеолошких истраживања уопште. Велику корист илуструјемо и кроз *фацијалну анализу* седи-

потпунију представу о литостратиграфском саставу и тектонском склопу, или боље расветлимо неко од седиментолошких, петролошких, палеонтолошких, фацијалних, геотектонских или палеогеолошких питања, али сада са хидрогеолошког становишта. Тек тада су испуњени услови за несметану и успешну примену метода развијених у оквиру саме хидрогеолошке дисциплине и вршења интерпретације хидрогеолошких услова подручја.



Сл. 1. — Детаљ интензивно карстификованих сенонских спрудних кречњака.

„Позајмљивање“ истраживачких метода фундаменталног дела геолошке науке хидрогеологији, како то на први поглед изгледа, један је од логичних начина организованог удружења напора да би се дубље упознала природа и њени закони у целини, помоћу којих човек постепено савлађује природу у своју корист. На тај начин се технологија примењених метода усавр-

ментних јединица, којом дефинишемо следеће карбонатне творевине (истовремено и средине одређених хидрогеолошких карактеристика): (1) субфација отвореног мора (слиновити, танкослојевити кречњаци и глинци) — слабопропусна за воду средина; (2) субфација подводних гребена и баријера (слојевити калкаренилити) — пропусна и врло пропусна средина; (3) субфација спрудних кречњака — врло карстификована и врло пропусна средина (сл. 1). Сва ова испитивања и допунска геолошка проучавања у целини морају се максимално подредити циљевима хидрогеолошког истраживачког задатка.

шава и фонд геолошких метода обогаћује, а општа научна сазнања проширују.

Поред поменутог смера од општих геолошких метода према хидрогеолошким задацима, у духу реченог, постоји супротни смер — *хидрогеолошки методски приступ* решавању појединих проблема из области геолошке грађе терена. Такав приступ, на жалост, до сада у геологији није много коришћен. Хидрогеолози су, наиме, у многим конкретним случајевима сведоци нелогично одређених ових или оних елемената из оквира геолошких односа. Јасно је, на пример, да при постојању неког издашнијег карстног извора мора бити испуњен основни услов по коме су геолошки односи пропусних и непропусних средина такви да омогућавају његову везу са пространијим сливним подручјем кречњачког састава или несметано пражњење подземних вода. Дати хидрогеолошки услови диктирају одговарајући литостратиграфски стуб или одређене структурне (просторне) односе попрпусне и непропусне геолошке творевине, који демантују налазе геолога оптерећеног неком глобалнијом геолошком теоријом.

Произилази да добро познавање геолошке грађе једног подручја интересантног са хидрогеолошког становишта (као плод комплексног сагледавања геолошких елемената, затим прикупљања бројних и поузданих информација) представља најбољу базу за истраживања подземних вода — било да се ради о нивоу основних или детаљних хидрогеолошких истраживања. У даљем тексту осврнућемо се конкретније на значај познавања геолошких фактора у та два случаја, понаособ.

## ОСНОВНА ХИДРОГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА

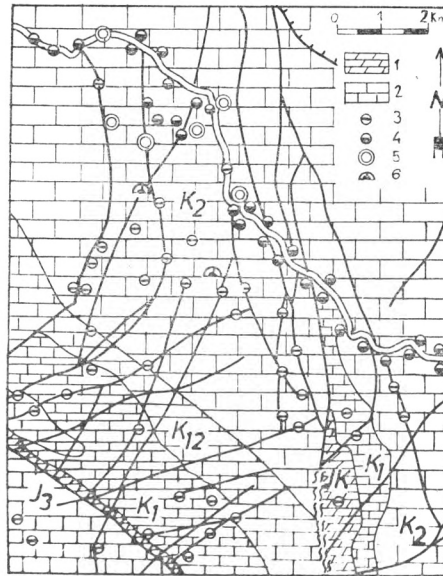
Свако подручје одликује се својим геолошким — према томе, и хидрогеолошким — специфичностима, о којима водимо рачуна при дефинисању концепције и методологије истраживања<sup>2</sup>. У областима геосинклинала, дата подручја се, према геолошким и геоморфолошким одликама, нешто чешће разврставају у следеће четири категорије (типа) терена: (1) простране квартарне творевине; (2) басенске структуре; (3) брдско-планинске области хетерогеног геолошког састава и (4) карстни терени. Приступ је геолошким (хидрогеолошким) истраживањима у свакој од тих категорија посебан, па је и методологија хидрогеолошких истраживања углавном тако и разрађена. Релацију хидрогеолошка истраживања — геолошки фактори разматраћемо на примеру карстне средине.

<sup>2</sup> Посматрано у ширем, код основних истраживања сигурно је најоправданији комплексни геолошки приступ. Тако, при изради комплексне геолошке карте, један од базних полаза терба да буде формацијски приступ, тј. начин који омогућава свестрано проучавање сваке формације — са геолошког, хидрогеолошког и инжењерскогеолошког становишта минералних сировина.

О основним хидрогеолошким условима једне карстне територије већ се много може сазнати након анализе елемената састава и старости стена и структурних односа, на основу којих можемо извести прелиминарно хидрогеолошко рејонирање и категорисање литостратиграфских чланова према могућим хидрогеолошким одликама и функцији у терену. У овом случају не поставља се питање које критеријуме одабрати за извођење саме рејонизације проучаване територије. Ако побемо од чињенице да су геолошки фактори примарно дефинисали пут и етапе развоја карстног процеса, да, опет, у условима постојања карстне средине ти фактори предодређују расподелу и смер кретања подземних вода, као један од најбољих путева наметнуће нам се пут трасиран *геотектонским критеријумима (геотектонском рејонизацијом)*. Неоспорно је да су у геотектонским критеријумима интегрисани сви важнији елементи — фактори примарни за стварање и просторни размештај карбонатних и других седимената, али и за развитак процеса карстификације; другим речима, свака геотектонска јединица одликује се својим палеогеографским приликама и законитостима у стварању лито-стратиграфских продуката — творевина геосинклиналне фазе, затим динамиком орогених и епирогених покрета чија је последица одређени структурни склоп и стил тектонске оштећености стена<sup>3</sup>. Током обе фазе у животу геосинклинале карбонати седименти повремено су били подвргавани процесу карстификације, а сада су јаче или слабије деформисани и обележени разноврсним карстним облицима, с тим што је зависност распореда, врста и димензија тих облика од геолошких односа више него очигледна. С друге стране, из степена тектонске оштећености и интензитета карстификације проистекле су одређене хидрогеолошке карактеристике тих седимената и терена, те је зависност смерова кретања подземних вода, на пример, од геолошких фактора такође евидентна (сл. 2).

Дакле, веза карстног процеса са осталим геолошким процесима несумњива је и логична. Све више долазимо до сазнања да је развиће геолошког феномена као што је карст одређено првенствено његовим *геолошким саставом и склопом*, затим *стилом и степеном тектонске оштећености стена и геолошком историјом области*. Посредно, ти фактори условљавају саме

<sup>3</sup> У централном делу динаридске геосинклиналне области, на пример, можемо најпре издвојити карст спољашњих Динарида (карст миогеосинклинале) и карст унутрашњих Динарида (карст еутеосинклинале). У првом случају, геолошки услови су предодредили да се формира про-страна област потпуно развијеног карста, тзв. холокарста, познатог у светским размерама; у другом, карактеристичне су више или мање изоловане кречњачке масе, тј. терени тзв. прелазног типа карста. Ако бисмо се задржали на даљој подели карата спољашњих Динарида, разликовали бисмо два структурна типа терена — зону саживања и зону размицања Земљине коре, умногоме међусобно различите — и по свом геоморфолошком склопу и по својим хидрогеолошким одликама.



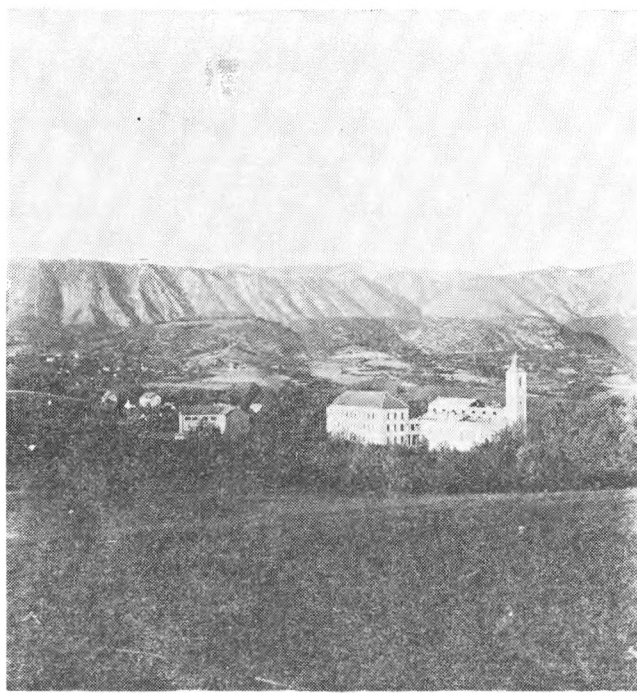
Сл. 2. — Повезаност карстних облика са разломним структурама (по П. Милановићу).

1. доломити; 2. кречњаци; 3. јама; 4. понор; 5. група понора; 6. пећина.

хидрогеолошке одлике стена и терена. Осврнимо се на сваки од поменутих фактора.

(1) Интензитет карстификације у разним кречњачким срединама по правилу је врло неједнако изражен, што се посредно одражава на величину водопропусности. Узрок даје појаве можемо наћи делом у хемијском саставу издвојене стенске масе, делом у седиментационим условима њеног стварања, о чему је било раније говора (сл. 1). Не сме се занемарити ни улога непропусних стена, пошто као кречњачка подина или баријера усмеравају подземне воде и условљавају њихово концентрисано појављивање на површини (сл. 3).

(2) Да би се карстификација могла несметано развити, треба да буду испуњени услови да је карбонатна средина просторна и тектонски оштећена. Тектонска оштећеност стена посебно је значајан фактор, којим су дириговани и интензитет и смер развоја карстификације. Стил и степен разломљености карбонатних седимената врло су разнолики у разним рејонима једног геотектонског простора, нарочито ако међусобно упоређујемо неки рејон из области сажимања са другим из области размицања Земљине коре. Даље, послуживши као путеви за настанак дубоког карста, поједини разломи (раседи) развили су се у главне комуникације подземних вода једног подручја.



Сл. 3. — Подложни ерозионим процесима, непропусни седименти неогена Ковачевог поља (у сливу реке Рама) послужили су за формирање изражене морфолошке депресије — хипсометријски ниске ерозионе базе, на којој се током сушног периода празнило око 34 м<sup>3</sup>/с воде. Данас Ковачево поље представља акумулацију за ХЕ Рама.

Ако смо разломне структуре детаљно испитали, у могућности смо да, проучавањем њихове повезаности са интересантним геоморфолошким појавама и издацима подземних вода, утврдимо хидрогеолошку улогу тих разлома и међу њима издвојимо разломе који служе као привилеговани путеви кретања подземних вода (сл. 4). У динаридском карсту, на пример, улогу привилегованих колектора често преузимају дијагонални раседи нормално-хоризонталног типа правца север—југ, на површини лепо маркирани низовима понора, вртача или сувих долина (сл. 5).

(3) Сами карст манифестује се у виду комплексне природне творевине, састављене од стратиграфски различитих палеокарстова и рецентног карста, због чега специфичности обликовања карста у једном подручју не можемо упознати без анализе геолошке историје тог подручја. У случају нашег карста, са хидрогеолошког становишта нарочито су значајни рецентни карсти облици, стварани у условима плеистоценских осцилаторних покрета (са сумарним издизањем обалске линије за 90 или више метара у поређењу са садашњим стањем) и врло



Сл. 4. — Врело Руда код Сиња, појављује се на раседу — привилегованом колектору спроводнику подземних вода хоризонта Бушко блато, а на контакту кречњака и неогена.



Сл. 5. — Дуга раседна зона у околини Љубиња у источној Херцеговини — привилеговани колектор подземних вода према југу.

повољним климатским условима (богатство воде у фазама топљења леда).

Кроз чињеницу што су геолошки фактори од суштинског значаја за дешифровање врло сложене расподеле подземних вода у карсту, можемо увидети од колике је важности за хидрогеолога њихово солидно познавање. То ниуколико не значи да је за решење неког проблема из домена основних хидрогеолошких истраживања довољна квалитетна геолошка подлога. Савремени захтеви усмерени су ка квантитативном третману водоносне средине и вода акумулираних у тој средини, што изискује примену читавог низа хидрогеолошких, хидродинамичких, хидролошких и других метода и ослањање на аутоматiku и рачунарску обраду информација. Ипак, читава та наградња биће стабилна само ако је ослонимо на квалитетну геолошку подлогу.

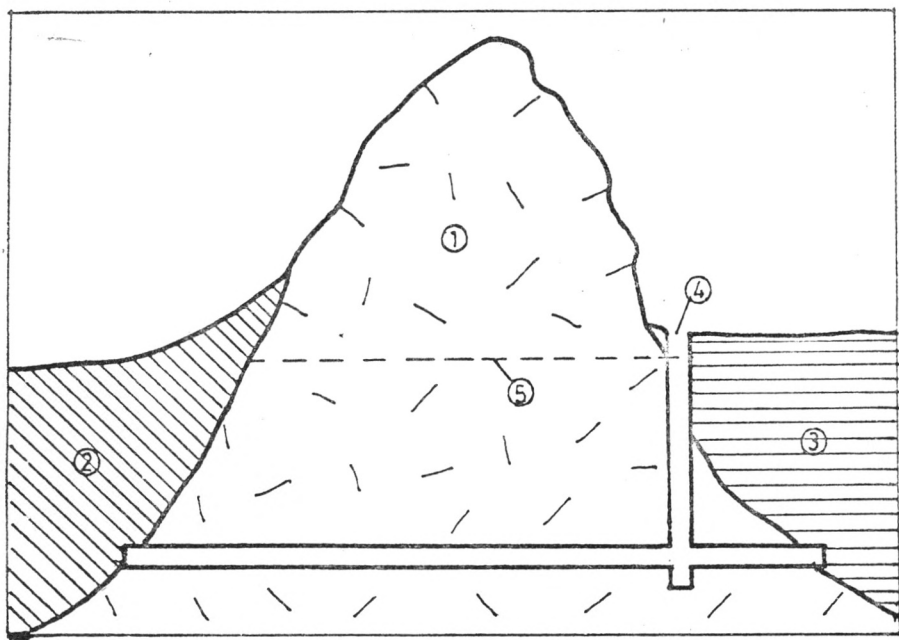
#### ПРАКТИЧНА РЕШЕЊА ВЕЗАНА ЗА ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ

У многим случајевима пракса је потврдила базну претпоставку свих хидрогеолошких истраживања, садржану у потреби доброг познавања геолошке грађе датог подручја, недвосмислено показујући обавезан негативни резултат уколико смо водоистражним радовима и каптирању воде пришли са схематизованим геолошким односима. Изучени односи заступљених литостратиграфских јединица, уз прецизну одређену геометрију интересантне водоносне средине и разломних структура — колектора резервоара и спроводника подземних вода, представља посебно значајан квалитет за савремени квантитативни третман подземних вода путем примене рачунара и остале модерне технике.

Ако бисмо, на пример, посматрали каптажне радове изведене у више локалности нашег карста, дошли бисмо до једне заједничке карактеристике у концепцијском прилазу тим радовима — основна им је идеја заснована на налажењу хидрогеолошки значајног раседа (или раседне зоне) и његовом пресецању (откривању) путем избијања водоистражне, односно каптажне галерије или система окно — галерија. Такве објекте имамо у Дубрави и Затону код Шибеника, Густирани код Трогира, Постирама на Брачу и у другим локалитетима. Међутим, да су неопходна систематска комплексна хидрогеолошка истраживања, показало се на примеру окна и галерије у залеђу приобалног извора Пантан код Трогира, где је утврђена раседна зона потпуно запуњена црвеницом и глином, или, још уверљивије — галерија у Затону, где су раседне зоне у близини контакта кречњак-флиш (потенцијални носиоци подземних вода) биле сасвим запуњене, па је спас наћен у продужавању галерије у супротном смеру — према систему зјапелих пукотина са водом. На крају, негативни резултата у пределу Мој-

деж — Мокрине код Херцег-Новог, добрим делом је последица погрешно одређеног прогнозног геолошког профила галерије.

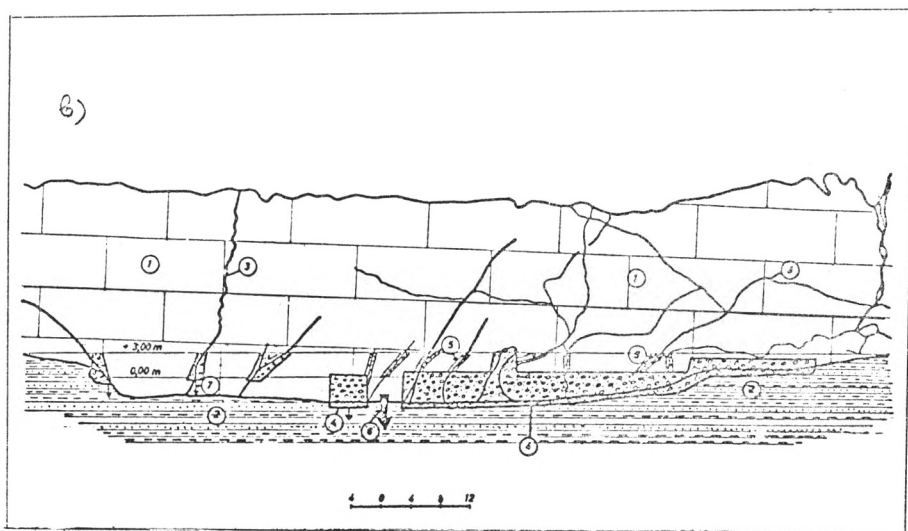
Упознавање међусобних односа кречњака и непропусних стена, затим положаја привилегованих колектора и самог контакта дуж кога се подземне воде празне, као и генезе и дубине рецентне и суберцентне карстификације, од примарне је важности не само за захватање подземне воде у природним условима него и при предузимању вештачких интервенција са циљем да се експлоатационе резерве подземних вода повећају (а у приморском карсту, слатке воде изолују од сланих). А карстна средина, у том погледу, практично пружа неограничене могућности (сл. 6). Кад темељно проучи геолошке односе ин-



Сл. 6. — Схематски пресек окна и галерије у непосредном залеђу извора Беле Воде код Пећи. Хипсометријски положај галерије омогућава прецрпљење изворишта током сушног периода.  
1. кречњаци; 2. непропусна дијабаз-ројначка формација; 3. непропусни квартарни нанос; 4. окно са галеријом; 5. ниво подземних вода у природним условима.

тересантног рејона, човек може да релативно јефтиним захватом, прилагођеним конкретним геолошким и хидрогеолошким условима локалности, поправи оно што је кроз геолошко време природним процесима деградирано, и тако допринесе да се водно благо рационалније искоришћава. Еродирани део неке природне хидрогеолошке баријере најчешће се може санирати (излечити) подизањем бране или израдом инјекционе завесе.

У пределу приобалних извора у ували Трстеница код Оребића, где је флишна баријера радом мора еродирана на неколико места до дубине 3 m испод нивоа мора, прибегло се, пак, подизању бетонских зидова како би се постигао континуитет баријере између слатких и сланих вода (сл. 7).



Сл. 7. — Геолошки профил у пределу увале Трстеница код Оребића (поглед с мора).

1. кредни кречњаци; 2. еоценски плиш; 3. зјапећа пукотина; 4. бетонски зид; 5. цементирани део пукотине.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бешић З., 1959: Геолошки водич кроз НР Црну Гору. — Геолошко друштво НР Црне Горе, Титоград.
- Бешић З., 1969: Геологије Црне Горе, Књ. II — Карст Црне Горе. — Завод за геолошка истраживања СР Црне Горе, Титоград.
- Коматина М., 1968. Карст и хидрогеолошке могућности рационалнијег захватања подземних вода. — Весник Геозавода, књ. VIII, сер. Б, Београд.
- Коматина М., 1973: Хидрогеолошки односи у централнодинаридском карсту. — Весник Геозавода, књ. X/XI, сер. Б, Београд.
- Коматина М., 1984: ХИДРОГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА. Методе истраживања. I. — Београд.

MIOMIR KOMATINA

*Summary*

## THE SIGNIFICANCE OF KNOWLEDGE ON THE GEOLOGY OF ONE AREA IN THE PROCESS OF ANALYSIS OF ITS HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS

The approach to the knowledge of the yield, flow-movement and discharge of ground waters in variable geological set-ups is almost by rule of the complex nature, and the methodology in many cases different. The practice indicated that amongst numerous factors, geological ones not only could not be put aside, but that these have crucial importance to analyse of hydrogeological conditions in the given area. In the article was investigated the significance of geological factors the stage of regional as well as detail hydrogeological investigations. The relationship between hydrogeological investigations and geological factors, was analysed on one example of karstic water collector, with previously analysed developments of karstic processes and creation of ways for ground water circulation dependent on more important geological factors — geological and structural composition, the tectonic style and degree of tectonisation of the rock mass, as well as geologic history of the area. Amongst others, it is notable that base for all detail hydrogeological works should be the good knowledge of geological characteristics of the locality selected for any individual project, followed by, in any case, negative results, if the approach to the water exploratory works and capping for example, is based on generalised geological relationships. The presented conclusion is illustrated by the examples from the practice.

