

GEOLOŠKA OSNOVA HIDROGEOLOŠKIH ODNOSA KRŠKOG
PODRUČJA IZMEĐU SLUNJA I VRBOVSKOG*5 slika u tekstu i 3 table*

Provedena su geološka i hidrogeološka istraživanja koja su uglavnom potvrdila i nadopunila dosadašnje poznavanje ovog dijela Hrvatske. U geološkom dijelu je pretežno na temelju paleontoloških analiza izdvojeno 12 litostratigrafskih članova od kojih su donjokredni vapnenci i dolomiti novi stratigrafski element ovog područja. Tektonska se interpretacija uklapa u novija mišljenja o geotektonici Dinarida s. str. U hidrogeološkom dijelu velika je pažnja posvećena utjecaju tektonike na hidrogeološke osobine stijena, pa je dokazano da npr. dolomiti ovisno o tektonskom položaju imaju raznolike hidrogeološke funkcije. Prema hidrogeološkoj funkciji pojedinih dijelova i prema uvjetima pojavljivanja i poniranja voda teren je podijeljen u 6 odnosno u 4 područja. Osim toga opisani su značajniji izvori i tokovi, te prikazano kretanje podzemnih voda ovog područja.

SADRŽAJ

Uvod	20
Pregled dosadašnjih istraživanja	21
Stratigrafija	23
Paleozoik	23
Klastične naslage gornjeg paleozoika	23
Trijas	23
Klastične naslage gornjeg trijasa	24
Dolomiti gornjeg trijasa	24
Jura	25
Lijas	26
Doger	26
Malm	27
Kreda	28
Vapnenci i dolomiti donje krede	29
Dolomiti i dolomitne breče	30
Rudistni vapnenci cenomana i turona	31
Rudistni vapnenci senona	32
Kvartar	32
Tektonika	33
Jugozapadni dio	33
Sjeveroistočni dio	37
Jugoistočni dio	37
Rubno područje od Tounja do Slunja	39

Rekonstrukcija geoloških zbivanja	41
Hidrogeologija	42
Hidrogeološke karakteristike stijena	43
Hidrogeološka rajonizacija terena	46
Gornje sabirno područje	49
Gornje usporno područje	50
Donje sabirno područje	61
Donje usporno područje	62
Kretanje podzemnih voda	66
Sažetak	72
Literatura	74
Summary	78

U V O D

Područje između Slunja i Vrbovskog obuhvaća granične dijelove Like, Korduna i Gorskog kotara i pokriva površinu od oko 1.300 km². Jugozapadna su mu granica sjeveroistočne padine Male Kapele, jugoistočna približno pravac, koji spaja Saborski sa Slunjom, a sjeveroistočna se uglavnom podudara sa cestom koja vodi iz Slunja prema Ogulinu, Tounju i Vrbovskom. U smislu geotektonskih podjela, ovo bi područje pripadalo zoni »Visokog krša« (K o s m a t, 1924), dok bi se prema podjelama izvršenim u cilju rajonizacije krških terena nalazilo na prelazu iz tzv. dubokog u tzv. plitki krš, odnosno prema novijim podjelama bi se čitavo nalazilo u krškom području (R o g l i ć, 1965a).

Do sada u ovom dijelu Hrvatske nisu provedena kompleksna istraživanja, tako da su dosadašnje geološke i hidrogeološke karte zbog nedostatka makrofosila bazirane uglavnom na litološkim karakteristikama stijena. Zahvaljujući napretku mikropaleontologije posljednjih je godina omogućeno i u ovom području stratificiranje sedimenata koji su bili uvrštavani u različite odsjeke mezozoika, obično na temelju litološke analogije. Tako je veliki dio naslaga, koje su prije bile tretirane kao jurske ili gornjokredne, sada na temelju rezultata mikropaleontoloških analiza određen kao donja kreda. U hidrogeološkom pogledu je izvršeno kompletiranje dosadašnjih radova koji su bili pretežno fragmentarnog karaktera. Bez obzira, međutim, na vrijeme i svrhu takvih istraživanja, ona su konceptijski ispravna i sadašnjim nalazima samo dokumentirana.

U hidrogeološkom smislu obrađeno područje predstavlja cjelinu s tipično krškim hidrogeološkim karakteristikama. Pojave stalnih i jakih izvora na jugozapadnom rubu terena, površinski tokovi i njihovo poniranje u središnjem dijelu i ponovno pojavljivanje podzemnih voda na sjeveroistočnom rubu terena, zahtijevali su, uz već ranije poznate rezultate, kompleksnu obradu i interpretaciju na temelju sigurne dokumentacije. U tu je svrhu priložena pregledna geološka karta izrađena uglavnom profiliranjem, djelomično upotrebom aërosnimaka i stratigrafskim horizontiranjem na temelju mikrofosila u juri i donjoj kredi i na temelju

makrofosila u gornjoj kredi. Zbog toga su tokovi geoloških granica između profila konstruirani i prema tome pretpostavljeni, pa im je veća važnost u prikazu karaktera nego u lokaciji kontakata. Međutim, nalazi fosila locirani su s najvećom mogućom točnošću, kako bi se mogli koristiti prilikom budućih detaljnijih istraživanja, koja će ovdje prikazanoj osnovnoj strukturnoj koncepciji dodati niz detalja i izmjena. Geološka karta je služila kao osnova na kojoj je izrađena hidrogeološka karta. U njoj je izvršena podjela terena prema hidrogeološkim funkcijama pojedinih područja uz izostavljanje detalja koji nisu od većeg značenja u smislu opće koncepcije.

Želja mi je posebno naglasiti, da je prvi poticaj za ovaj rad, kao i ustrajnu i širokogrudnu pomoć tokom rada dao prof. dr Milan Herak. Moralni podstrek pružan s njegove strane predstavljao je glavni izvor nastojanja, da se ovaj rad realizira. Stoga mu i ovim putem izražavam veliku zahvalnost. Zahvaljujem nastavnicima Geološko-paleontološkog zavoda D. Nedela-Devidić na savjetima i konsultacijama prilikom izrade geološke karte i pisanja teksta, kao i dr A. Polšaku na pomoći prilikom determinacije rudista. Također zahvaljujem kolegama I. Gušiću, V. Amšeli i Z. Velimiroviću na iskrenoj suradnji prilikom obrade mikropaleontoloških analiza kao i L. Bojaniću i V. Cukoru na suradnji prilikom obrade sjeveroistočnih graničnih dijelova ovog terena. U terenskom dijelu rada sudjelovali su u okviru studentske prakse M. Welsenbach, Đ. Hrelić, B. Šaban, Ž. Oblak, i V. Čermak na čemu im se najtoplije zahvaljujem.

PREGLED DOSADAŠNJIH I STRAŽIVANJA

Prve podatke koji se odnose na ovo područje daju Stoliczka (1862) i Stur (1863). Nešto kasnije u redakciji Hauera (1868) izlazi Pregledna geološka karta Austrougarske monarhije mjerila 1 : 576 000 u kojoj su ovi dijelovi označeni kao donjokredne i trijaske naslage, a Beyer, Pilar & Tietze (1874) pišu o »bezvodici« ovog krškog područja.

Prvi rad u XX stoljeću i ujedno prvi rad u kojem je konkretnije obrađena hidrogeološka i krška problematika potječe od Gorjanovića-Krambergera (1912a), koji opisuje pojave tzv. plitkog krša u okolici Generalskog stola i neke od hidrogeoloških pojava u okolici Lešća. Isti autor (1912b) otkriva u području Ogulina nekadašnji otvoreni tok Ogulinske Dobre, pretpostavljajući da je postanak današnjeg Đulinog ponora mlađeg datuma. Nakon toga, uzimajući primjere iz ovog područja i iz Like, Gorjanović-Kramberger (1916) obrazlaže »izravnavanje krševitih krajeva« korozivnim djelovanjem omogućenim ilovinastim pokrivačem i postanak usamljenih kamenitih stupova tektonikom i korozijom. Opsežnija istraživanja ovog područja

počela su radovima Poljaka. Tako je 1922. detaljno opisano uže područje periodičnog jezera Begovac, zatim 1925. geomorfologija i hidrografija područja Ogulinskog Zagorja i okolice Ogulina. Ovi radovi već sadrže podatke i koncepcije hidrogeoloških odnosa koje će kasnija istraživanja uglavnom potvrditi. Daljnja Poljakova istraživanja provedena su u području Velike Kapele, tako da su zahvaćeni i dijelovi depresije Ogulin-Plaški. Isti autor 1932. detaljno opisuje sedimente od trijasa do tercijara. Kasnije su istraživanja proširena i na veće područje, čega su konačni rezultat bili 1936. tumač i geološka karta Ledence—Brinje—Oštarije, koji svojim sjeveroistočnim dijelovima zahvaćaju predjele Ogulinskog Zagorja. Nešto ranije su publicirane geološke karte Sušak—Delnice i Ogulin—Stari trg (K o c h, 1933), pa je ovo područje navedenim radovima dobilo potpurniju geološku osnovu. Osim navedenih geoloških radova Poljak je (1935) objavio speleološki rad o pećinama okolice Ogulina, Velike Paklenice i Zameta. U njemu su detaljno opisane pećine većeg dijela ovog područja, posebno one iz sjeverozapadnog dijela terena.

Od 1936. do 1948. slijedi period u kojem nije bilo većeg broja objavljenih radova, i jedino rad Poljaka (1944) o naslagama titona i njihovoj fauni u Velikoj Kapeli samo svojim sjeveroistočnim rubom zahvaća područje Kleka i Desmerica. Ponovni interes geologa oživljava tek s potrebama vezanim uz izgradnju hidroenergetskih objekata. Takva su istraživanja rezultirala brojnim elaboratima koje su između 1947. i 1954. izradili Poljak i Herak, rješavajući hidrogeološke odnose u područjima Ogulinske i Gojačke Dobre, Zagorske i Primišljanske Mrežnice, Korane i dr. Za ta se istraživanja može reći, da predstavljaju prva konkretna nastojanja da se hidrološkim pojavama daje odgovarajuća geološka osnova. S tog područja Herak (1952) objavljuje rad o značenju alge *Sphaerocodium bornemanni* za interpretaciju gornjeg trijasa u području Zagorske Mrežnice. Navedeni rad ujedno predstavlja početak intenzivnijeg interesa za ove dijelove Hrvatske, pa slijede radovi Heraka (1953) o geološkim prilikama područja Korane uzvodno od Slunja s geološkom kartom i pretpostavljenim podzemnim vodenim putovima, te rad objavljen 1956. o hidrogeološkim problemima Male Kapele, u kojem je osim nekih novih stratigrafskih elemenata po prvi put istaknut tektonski položaj naslaga kao jedan od odlučujućih hidrogeoloških faktora. Rad istog autora »Geološka osnova nekih hidrogeoloških pojava u dinarskom kršu« predstavlja prekretnicu u interpretaciji hidrogeoloških problema, jer je u njemu na temelju primjera iz različitih područja dinarskog krša dokazana neposredna povezanost hidrogeoloških pojava i makrostrukturnih odnosa. Iste godine (1957) Poljak piše o razvoju morfologije i hidrogeologije u dolomitima dinarskog krša, pa na nekim primjerima i s ovog područja dokazuje mogućnost vodopropusnosti i okršavanja dolomita.

Osim čisto geoloških i hidrogeoloških istraživanja, ovo je područje bilo interesantno i u speleološkom pogledu. Tako Malez (1956) piše

o pećini Medvednici pokraj Ogulina i 1957. o Đulinom ponoru u Ogulinu.

Istraživanja bazirana na novijim mikropaleontološkim rezultatima, postignutim u posljednje vrijeme u Dinaridima, dovela su do značajnijih promjena u interpretaciji stratigrafske pripadnosti većeg dijela vapnenačkih naslaga. Herak & Bahun (1963) utvrdili su, da znatan dio naslaga južno i jugoistočno od Slunja ne pripada gornjoj kredi, odnosno juri kao što se to prije smatralo, već da su to sedimenti donje krede. Iste je rezultate dalo istraživanje Male Kapele (Bahun & Županić, 1965) i područja istočno od Gojaka (Bojanić, Raljević & Bahun, 1965).

Nakon toga nema štampanih radova, ali su hidrogeološka istraživanja, provedena sjeveroistočno od ovog područja (Bojanić & Cukor, 1967), dala rezultate koji ukazuju na to da se naslage donje krede nalaze i dalje prema Karlovcu.

STRATIGRAFIJA

Istraženi dijelovi »Zone visokog krša« izgrađeni su pretežno od karbonatnih naslaga trijasa, jure i krede, te manjim dijelom od glinenih škriljavaca mlađeg paleozoika i gornjeg trijasa. Klastiti se nalaze na svega nekoliko lokaliteta, dok dolomiti trijasa i jure, okruženi vapnencima krede, dolaze duž čitavog područja od Vrbovskog do Ličke Jesenice.

PALEOZOIK

Klastične naslage gornjeg paleozoika P₂

Najstariji sedimenti istraživanog područja izgrađuju krajnji sjeverozapadni dio terena kod Vrbovskog. Sjeverno od Senjskog na njima transgresivno leže klastične naslage gornjeg trijasa, dok su s istočne strane u anormalnom kontaktu s vapnencima i dolomitima malma.

U njihov sastav ulaze crni i tamnosivi glineni škriljanci i smeđesivi kvarcni pješčenjaci. Spomenuti litološki članovi dolaze u često j vertikalnoj izmjeni. Slojevi pješčenjaka, debljine od 10—40 cm i škriljavaca debljine 0,5—3 cm, intenzivno su borani, pa su kolebanja položaja slojeva na malom razmaku veoma česta. Omjer pješčenjaka prema škriljancima iznosi otprilike 3 : 1.

U ovim naslagama fosili nisu nađeni, pa ih je potrebno usporediti s naslagama identičnih litoloških osobina i stratigrafskog položaja za koje postoje literaturni podaci bližeg područja. Tako Foetterle (1855) i Koch (1933), pišući o naslagama permokarbonske u području Delnica, Broda na Kupi i Fužina, navode da bi prema nalazima u području Mrzlih vodica pripadale gornjem karbonu i permu. Salopek (1960) je nakon detaljnog proučavanja ovih naslaga u području Mrzlih Vodica, Crnog Luga, Tršća i Gerova dokazao njihovu pripadnost gornjem karbonu i permu (gornjem paleozoiku).

TRIJAS

U ovom području nisu ustanovljene naslage donjeg i srednjeg trijasa tako, da je ovaj odsjek mezozoika zastupljen samo klastičnim naslagama i dolomitima gornjeg trijasa.

Klastične naslage gornjeg trijasa ¹T₃

Ove su naslage otkrivene u tri međusobno odvojena područja na sjeverozapadu terena kod Vrbovskog i Senjskog, južno od Ogulina i južno od Slunja. Sastoje se od crvenoljubičastih konglomerata, crvenoljubičastih i smeđastih laporovitih škrljavaca i lapora u izmjeni sa crvenkastim krupnozrnatim kvarcnim pješčenjacima. U mladim dijelovima, tj. na prijelazu u dolomite gornjeg trijasa, boja pješčenjaka i lapora postaje siva. U prosjeku se može uzeti da je odnos lapora prema pješčenjacima otprilike 3 : 1. Ovi su sedimenti obično dobro uslojeni, pa slojevi lapora imaju debljinu od 1 do 30 cm, a slojevi pješčenjaka dosižu i do 1 m debljine.

U području sjeverno od Senjskog u sjeverozapadnom dijelu terena ovi sedimenti transgresivno leže na naslagama paleozoika, a kontinuirano prelaze u mlade dolomite. Bez većih odstupanja slojevi su nagnuti prema jugu i čine podinu konkordantnom karbonatnom slijedu naslaga jure i krede. U njima nisu nađeni fosili, ali prema superpozicijskom položaju i litološkoj identičnosti s odgovarajućim naslagama u drugim područjima (Herak, 1952, Herak & Bahun, 1963), gdje su neposredno iznad njih ustanovljeni oblici alge *Sphaerocodium bornemanni* Rothpletz, pripadale bi najnižem superpozicijskom »paketu« gornjeg trijasa (Herak, 1952, Gušić, Jelaska & Nenadović, 1965).

Naslagama u području južno od Ogulina, a istočno od izvora Zagorske Mrežnice, već je u karti Ledenice—Brinje—Oštarije Poljak (1936) označio karničku pripadnost.

Gornjotrijasku starost je kasnije utvrdio i Herak (1952) nalazima alge *Sphaerocodium bornemanni* Rothpletz. Isti je autor u citiranom radu, uspoređujući odnose u ovom području s odnosima identičnih naslaga u Sjevernim vapnenačkim Alpama, utvrdio da alga *S. bornemanni* ne određuje isključivo karnički kat, već da se njezina provodnost mora vezati za cijeli gornji odsjek trijasa. Na taj način u karnički kat moguće ulazi i dio krovinskih dolomita. U ovom području klastične naslage gornjeg trijasa izgrađuju teren od Ribarića na sjeveru do Puškarića na jugu. Sa zapadne strane su u rasjednom odnosu s vapnencima i dolomitima malma, a prema istoku kontinuirano prelaze u dolomite gornjeg trijasa. U strukturnom pogledu ove naslage zajedno s paleozoikom čine jezgru prostrane, ali poremećene antiklinale.¹ Što se tiče rasprostranjenosti ovih naslaga, sada je ustanovljeno da izgrađuju nešto veća područja nego što se smatralo ranije (Herak & Bahun, 1963). Sjeverozapadno od izvora Slunjčice, u području koje je u geološkoj karti Heraka (1954) označeno kao trijas, ove su naslage u normalnoj vezi sa sivim vapnencima, kao što je to slučaj na nekim lokalitetima opisanim u već citiranom radu.

Debljina klastičnih naslaga gornjeg trijasa može se izmjeriti samo u području Senjskog, gdje iznosi od 150—200 metara. Veoma je karakteristična pojava, da ove naslage dolaze redovito u anormalnom odnosu s naslagama jure na jednoj strani, dok u višim dijelovima čine normalnu kontinuiranu podinu gornjotrijaskim dolomitima. S obzirom na dosadašnje poznavanje njihovog stratigrafskog položaja i odnosa prema mladim naslagama-dolomitima gornjeg trijasa, ove bi naslage pripadale najstarijim sedimentima gornjeg trijasa, najvjerojatnije karniku.

Dolomiti gornjeg trijasa ²T₃

Dolomiti gornjeg trijasa javljaju se kao i klastične naslage u tri međusobno odvojena područja: u krajnjem sjeverozapadnom dijelu terena kod Senjskog, zatim između Ogulina i Plaškog i južno od Slunja. To su dolomiti svjetlosive i bijele boje, kompaktni, poligonalnog loma i dobro uslojeni. Konkordantno leže na klastičnim naslagama gornjeg trijasa, dok njihovi najmlađi dijelovi kontinuirano prelaze u lijas.

¹ Detaljnim istraživanjem L. J. Babić je u ovom području ispod klastita gornjeg trijasa ustanovio donjotrijaske naslage.

U nižim dijelovima, u blizini kontakta s klastičnim dijelom gornjeg trijasa, malo su laporoviti i sivoplavi, a debljina slojeva, koja inače iznosi 20—50 cm, smanjuje se na svega 10—15 cm. U prelaznim partijama prema lijasu postaju nešto tamniji, a poligonalni karakter loma se postepeno gubi.

Problemom stratigrafske pripadnosti ovih naslaga i njihovog odnosa prema lijasu bavio se Herak (1952, 1953). Na temelju rezultata tih istraživanja može se reći da vjerojatno jednim dijelom ulaze u karnik, da zauzimlju norik i ret i da postepeno preko tzv. »netipične zone« prelaze u lijas. Potpuno analogna situacija ustanovljena je i u ovom terenu, posebno što se tiče litoloških karakteristika. Zato je dolomite teško makroskopski razlikovati od dolomita lijasa, a naročito dolomita malma. Zbog toga je osnovni kriterij za njihovu determinaciju bila uska i normalna veza s klastičnim naslagama gornjeg trijasa, nalaženje alge *S. bornemanni* Rothpletz, ili pak sigurno utvrđen normalni odnos s naslagama lijasa.

U krajnjem sjeverozapadnom dijelu terena u području Senjskog i Vrbovskog ove naslage normalno leže na klastičnim sedimentima gornjeg trijasa sa svim karakteristikama postupnog prijelaza (uloži laporovitih dolomita, postepena promjena boje od svjetlosive i bijele u sivoplavu itd.). Jednako je tako postupan prijelaz u naslage lijasa, što je dobro vidljivo u zasjeku ceste kod željezničke stanice Vrbovsko. Kod Hambarišta i Vrbovskog su uz dijagonalni rasjed u kontaktu s naslagama malma i donje krede, a kod Kamačnika uz poprečni rasjed graniče s vapnencima i dolomitima lijasa i dogera. U odnosu na njihov prikaz u karti Koch-a (1932) istočno od Vrbovskog imaju nešto manju rasprostranjenost.

U centralnom dijelu terena između Ogulina i Plaškog dolomiti gornjeg trijasa dolaze u jezgri antiklinale, koja je sa zapadne strane rasjednuta. U najnižim otkrivenim dijelovima kod Sabljaka leže na klastičnim naslagama gornjeg trijasa, što je utvrdio već i Koch (1932), dok su u neposrednoj blizini kontakta s klastičnim naslagama nađene alge *S. bornemanni* Rothpletz, što je zabilježio i Herak (1952). Granicu prema juri je veoma teško postaviti, jer je u ovom području lijas gotovo isključivo u dolomitnom razvoju. Herak (1952) je prikazao veću rasprostranjenost trijaskih dolomita nego što je to označeno u karti Kocha (1932). Novim je istraživanjem ustanovljeno, da dolomiti gornjeg trijasa imaju znatniju ulogu u izgradnji ovog područja, jer je u produženju dolomitne zone od Sabljaka kod Kunić sela nađena alga *Sphaerocodium bornemanni* Rothpletz. Tako se cijeli pojas dolomita približno istih litoloških karakteristika od Sabljaka preko Salopeka i Kunić sela, pa skoro do Plaškog može smatrati gornjotrijaskim. Cijela je zona dugačka oko 25 km i sa zapadne strane je uz sistem rasjeda u kontaktu s naslagama malma odnosno dogera.

Kao posebna jedinica južno od Slunja na izvoru Sluničice i istočno od njega uz klastične naslage javljaju se i dolomiti gornjeg trijasa. Zbog velike tektonske poremećenosti ovog područja odnosi s mladim naslagama su rasjednog karaktera, pa su s istočne i jugozapadne strane u rasjednom odnosu s vapnencima i dolomitima krede odnosno malma, a na sjevernoj strani s dolomitima malma. Međutim, da se radi o dolomitima gornjeg trijasa, dokaz je uska povezanost s klastičnim naslagama i nalaz alge *S. bornemanni* Rothpletz u identičnim dolomitima istočno od ovog područja (Herak & Bahun, 1963).

Debljina gornjotrijaskih dolomita u području Senjskog i Sabljaka iznosi 300 m, dok se kod Slunja zbog rasjednih odnosa s mladim naslagama nije mogla odrediti.

JURA

Jurske naslage u ovom su području veoma jednolike, tako da oko 80% stijena predstavljaju dolomiti različitog kristaliniteta, boje i trošenja. Međutim, ipak s obzirom na prostorni raspored dolomita i vapnenaca postoje veoma interesantne facijelne karakteristike pojedinih područja. Prije svega treba naglasiti da je, kao što je po-

znato iz šireg područja Dinarida, odnos između trijasa i jure normalan i konkordantan i da je prijelaz između ova dva sistema kontinuiran. Dalje je veoma važna činjenica, da unutar jurskih sedimenata sve do malma nisu primijećeni znakovi većih kretanja u sedimentacionom basenu. Na koncu treba spomenuti, da se s obzirom na litološki sastav mogu razlikovati dva područja: sjeveroistočno, u kojem je učestalija pojava vapnenaca u starijim dijelovima jure, i centralno i jugozapadno u kojem su češći vapnenci u mladim dijelovima.

Lijas J₁

Sedimenti koji pripadaju lijasu isključivo su karbonatni i javljaju se na površini u dva međusobno odvojena područja i u dva različita razvoja.

U sjeverozapadnom dijelu terena u području Hambarišta otkriveni su crni, bituminizirani, odlično uslojeni vapnenci, debljine slojeva 15—50 cm. Bočno i vertikalno se izmjenjuju s krupnokristaliničnim, crnim, tamnosivim i smeđim, veoma kompaktnim i malo silificiranim dolomitima debljine slojeva 20—60 cm. Odnos dolomita prema vapnencima je približno 2 : 1. Generalni nagib slojeva uz manja lokalna odstupanja je prema jugu, a cijeli kompleks leži normalno na dolomitima gornjeg trijasa. Sa zapadne je strane u rasjednom kontaktu s dolomitima gornjeg trijasa, a s istočne strane uz dijagonalni rasjed graniči s vapnencima donje krede. Odnos prema mladim naslagama nije definiran zbog pomanjkanja fosila i jednoličnih litoloških osobina stijena. Za pripadnost ovih sedimenata lijasu, osim ustanovljenog i opisanog kontinuiranog prijelaza od dolomita gornjeg trijasa, govori i palaz mikrofosila južno od Hambarišta (*Globochaete alpina Lombard*, *Vidalina sp.*, *Glomospira sp.*). U geološkoj karti je cijeli lijaski kompleks označen istom oznakom, jer mjerilo karte nije dozvoljavalo izdvajanje leća vapnenaca u dolomitima i obrnuto, dolomita u vapnencima.

Lijaske naslage u području između Sabljaka i Plaškog imaju potpuno različite litološke karakteristike. Konkordantno na dolomitima gornjeg trijasa slijede tamnosivi, u početku sitnokristalinični, pa zatim krupnokristalinični, nekad pjeskoviti dolomiti. Teren izgrađen od njih je redovito prekriven, pa se uslojenost može ustanoviti samo u usjecima puteva. Tada se ispod dolomitnog pijeska naziru slojevi debljine od 20 do 40 cm, nekad s ulošcima bituminiziranih i kompaktnijih partija. Samo se izuzetno unutar ovih dolomita javljaju ulošci vapnenaca debljine do 50 m, svjetlosive i sive boje kao što je to na potezu od Veljana do Stražbenice i kod Klekinje. U njima nisu nađeni fosili značajnije provodne vrjednosti. Međutim, bez obzira na to, zbog poznavanja stratigrafske pripadnosti podine, kao i daljnje krovine (dokumentirane naslage malma), te konkordantnih i kontinuiranih odnosa unutar cijelog dolomitnog kompleksa, sigurno je da dio dolomita uz gornjotrijaske naslage, koje se protežu od Sabljaka do Plaškog, pripadaju lijasu. Granica prema podini postavljena je aproksimativno približno u tzv. »netipičnoj zoni« (Herak, 1952), dok je doger odvojen potpuno subjektivno bez pretenzija na točnost, ali s namjerom da se istakne kako u ovom području postoji kompletan razvoj jure.

Doger J₂

Naslage koje bi prema svojem superpozicijskom položaju pripadale dogeru javljaju se kod Gomirja na sjeverozapadu terena, jugozapadno od Ogulina i na potezu od Oštarija do Plaškog. Sastavljene su od dolomita i vapnenaca, koji se međusobno vertikalno i lateralno izmjenjuju, s tim, da vapnenci prevladavaju u sjeverozapadnom dijelu, dok u jugoistočnom potpuno nedostaju.

Kod Gomirja i Kamačnika dogerske naslage leže normalno na lijasu. Izgrađene su od dolomita smeđesive, nekad i crne boje, najčešće krupnokristaliničnih, crnih i sivih vapnenaca, dobro i debelo uslojenih (slojevi od 30—80 cm). Izmjena dolomita i vapnenaca je relativno pravilna u količinskom odnosu 1 : 1. U mladim dijelovima va-

penenaca, neposredno ispod dokumentiranih naslaga malma primijećene su pojave brečastih vapnenaca i vapnenačkih sedimentnih breča u formi nepravilnih leća.

Područje jugozapadno od Ogulina između Puškarića i Desmerica izgrađeno je od dolomita već opisanih litoloških karakteristika u kojima se samo mjestimično pojavljuju leće vapnenaca debljine 2—50 m i dužine od 10 m do preko 1 km. U njima je nađena foraminifera *Meyendorffina bathonica* Aurouze & Bizon, jedini fosil iz cijelog područja koji neposredno dokumentira postojanje dogera. Ovdje su dogerske naslage s istočne strane u rasjednom kontaktu s malmom, odnosno gornjim trijasom, dok im je na zapadu kontinuirani prijelaz u gornju juru označen pojavom malmskih fosila u krovini.

U pojasu dolomita, koji se proteže od Oštarija do Plaškog u dužini od oko 20 km, a nalazi se između pretpostavljenih lijaskih dolomita i fosilima dokazanih sedimentata malma, nisu ustanovljene pojave vapnenačkih leća. To je područje karakterizirano blagim morfološkim oblicima, malim brojem izdanaka i nešto bujnijom vegetacijom, tako da su mogućnosti geoloških opservacija svedene na minimum. Međutim, moglo se ipak ustanoviti, da se radi o smeđim i sivim krupnokristaliničnim dolomitima veličine zrna i do 1 mm. Veoma se lako raspadaju u dolomitni pijesak, pa je nalaženje položaja slojeva veoma otežano.

Na osnovu debljine malma i strukturnih odnosa može se pretpostaviti, da dolomiti dogera izgrađuju i dio Jeseničkog polja na jugu karte. Međutim, budući da ta pojava ne mijenja stratigrafsku ni strukturnu koncepciju, ona nije unesena u geološku kartu.

Kako se iz opisa vidi, postojanje dogera u ovom terenu moglo se dokazati samo posredno i prikazati veoma shematizirano. Posebno se to odnosi na područje između Oštarija i Plaškog. Vrlo je vjerojatno, da će naknadna sistematska i detaljna istraživanja u području Gomirja dati pozitivne rezultate.

Malm J₃

Naslage malma izgrađuju veliki dio istraživanog područja, a nalaze se u većoj ili manjoj širini od Gomirja na sjeverozapadu do Ličke Jesenice na jugu, zatim na potezu od Ogulina do Begovca i u području zapadno i sjeverozapadno od Slunja. Navedena se područja međusobno razlikuju s obzirom na litološki sastav stijena, tačnije s obzirom na sudjelovanje dolomita odnosno vapnenaca u sastavu stijena. Međutim, brojni nalazi fosila u međusobno udaljenim područjima i u različitim stratigrafskim nivoima upućuju na slične sedimentacione uvjete na širem prostoru. Tako su idući od najstarijih naslaga malma prema donjoj kredi ustanovljeni ovi fosili: *Pfenderina* sp., *Macroporella sellii* Crescenti, *Cladocoropsis mirabilis* Felix, *Clypeina jurassica* Favre, *Kurnubia wellingsi* (Henson), *K. palastiniensis* Henson, *Salpingoporella annulata* Carozzi, *Favreina salevensis* (Paréjas) i aberantni tintinidi.

Ostaci oblika *Pfenderina* sp. i *Macroporella sellii* dolaze u najnižim dijelovima malma i ustanovljeni su na svega nekoliko lokaliteta. Naprotiv, vrste *Cladocoropsis mirabilis* i *Clypeina jurassica* su veoma brojne i poslužile su na većem dijelu terena prilikom odjeljivanja dogera od malma. Tako je donja granica malma postavljena neposredno ispod najnižih nalaza vrste *C. mirabilis*, odnosno oko 200 m niže od prvih pojava vrste *C. jurassica*. Vrste *Kurnubia wellingsi* i *K. palastiniensis* javljaju se u nižem dijelu malma, dok *Salpingoporella annulata*, aberantni tintinidi i *Favreina salevensis* dolaze na samom prijelazu u donju kredu.

S obzirom na litološki sastav u malmu se mogu razlikovati dva kompleksa stijena. Jedan, u kojem se podjednako izmjenjuju vapnenci i dolomiti i drugi isključivo izgrađen od dolomita.

Sve malmske naslage uz zapadni rub karte od Gomirja do Plaškog i one zapadno od Slunja karakterizirane su vertikalnom i lateralnom izmjenom svjetlih, bijelih, sitnokristaliničnih i kompaktnih dolomita sa svjetlosmeđim, svjetlosivim i sivim, jedrim vapnencima. Debljina leća vapnenaca u dolomitima i obrnuto kreće se u rasponu

od 5 do 150 metara. Širina im je, pak, proporcionalna s debljinom i iznosi nekad čak i nekoliko kilometara. Uslojenost je bolje izražena u vapnencima debljine 40—80 cm. Odnos dolomita i vapnenaca je u cijelom kompleksu približno 1:1, ali s tim da dolomiti prevladavaju u starijim, a vapnenci u mlađim dijelovima. U strukturnom se pogledu ovdje malm nalazi u jugozapadnom krilu rasjednute antiklinale. Kod Gomirja i Puškarića dolazi između dogera i donje krede, a od Sabljaka do Plaškog na jugozapadu čini podinu donjoj kredi, dok sjeveroistočnu granicu predstavlja anormalni kontakt s gornjotrijaskim dolomitom. U potonjem području je direktnim promatranjem veoma teško lučiti dolomite gornjeg trijasa od dolomita malma, pa je granica postavljena na osnovi morfoloških razlika, uočenih prilikom fotogeološke interpretacije.

U području zapadno od Slunja uz već opísane vapnence i dolomite mjestimično dolaze sasvim bijeli kristalinični vapnenci i svjetlosmeđi pjeskoviti dolomiti. Međutim, ove su pojave redovito vezane uz lokalne tektonske poremećaje, pa nije isključeno da je izmjena boje sekundarnog karaktera.

Malmske naslage zastupane su na potezu od Ogulina preko Plavče drage, Begovca i Ličke Jesenice do Ravna, te u Jurjevoj dragi gotovo isključivo dolomitima. Boja im varira u svjetlim nijansama između sive i smeđe, a veoma su često i potpuno bijeli. Kompaktni su i sitnokristalinični, dobro uslojeni u slojeve od 20 do 50 cm. U višim dijelovima ima i rjeđih pojava gomolja ili manjih leća tamnosmeđih i sivih rožnjaka ili silificiranih dolomita. Tada veoma sličje gornjotrijaskim dolomitima i jedina, ali nesigurna, makroskopska razlika u odnosu na njih je trošenje u dolomitni pijesak, za razliku od gornjotrijaskih koji se raspadaju u sitne poligonale fragmente. U starijim dijelovima izuzetno dolaze pojave vapnenačkih leća debljine do 20 metara. Odnos opisanih dolomita prema naslagama dogera je konkordantan i litološki nedefiniran, pa je granica postavljena na temelju nalaza fosila *Cladocoropsis mirabilis* (koji je zapadno od brda Hum ustanovljen čak i u dolomitima) i alge *Clypeina jurassica*, koja je nađena u lećama vapnenaca u višim dijelovima. Prema donjoj kredi odnosi su također konkordantni i kontinuirani, ali je tačan položaj granice neizvjestan, budući da granica između vapnenaca donje krede i dolomita malma ne predstavlja i stratigrafsku granicu. S tim u vezi je interesantna pojava, da se u području Huma sjeverno od Plaškog stratigrafska granica između jure i krede nalazi u vapnencima. Ovdje su u detaljnom profilu ustanovljeni fosili od starijih prema mlađim naslagama ovim redom: *Cladocoropsis mirabilis* (u dolomitima), *Clypeina jurassica*, *Salpingoporella annulata*, *Munieria baconica* (u vapnencima). Međutim, u području Ogulina donja kreda počinje već u dolomitima, jer fosili koji dolaze u najnižim horizontima krovinskih vapnenaca (*Salpingoporella dinarica* Radoičić i *Orbitolina (Palorbitolina) lenticularis* (Blumenbach) ukazuju na mlađe nivoe donje krede. Zbog toga se u geološkoj karti i u geološkom stupu stratigrafska i litološka granica međusobno presijecaju. Na kraju, postoji i treći slučaj u kojem se stratigrafska i litološka granica uglavnom podudaraju. To je posredno utvrđeno u području Ličke Jesenice, gdje se u kontinuiranom slijedu naslaga fosili *Salpingoporella dinarica* i *Orbitolina sp.* nalaze oko 200 m više granice dolomita s vapnencima.

Opisane pojave su interesantne utoliko, što prikazuju ulogu vapnenaca i dolomita u izgradnji pojedinih stratigrafskih članova. Međutim, najvažnijim se podatkom u međusobnom odnosu jure i krede može smatrati činjenica, da su prijelazi kontinuirani, tj. bez znakova prekida u sedimentacionom slijedu.

Ukupna debljina jurskih naslaga iznosi oko 1300 do 1600 metara.

KREDA

Kredni sedimenti izgrađuju preko polovice istraživanog područja. Strukturno dolaze u sinklinalama ili u krilima bora, a zbog litološkog sastava redovito čine pozitivne morfološke oblike. Budući da je uglavnom na temelju mikrofosila utvrđena tako velika rasprostranjenost donjokrednih naslaga, potrebno se ukratko osvrnuti na kon-

tinuitet prikazivanja stratigrafske pripadnosti sedimenata u ovom dijelu terena. U karti K o c h a (1932) naslagama je ovog područja označena isključivo jurska pripadnost. P o l j a k (1922) spominje kredne naslage u opisu periodičnog jezera Begovac. Nakon toga P o l j a k i H e r a k u rizu neobjavljenih radova i H e r a k (1956) veliki dio vapnenačkih i dio dolomitnih naslaga tretiraju kao vapnence i dolomite gornje krede. Noviji radovi s ovog, ili bližih susjednih područja (H e r a k & B a h u n, 1963, B a h u n & Z u p a n i č, 1965 i B o j a n i č, R a l j e v i č & B a h u n (1965) dokazali su da samo manji dio vapnenačkih sedimenata pripada gornjoj kredi, a da veliki kompleksi vapnenaca bez makrofosila predstavljaju donju kredu. Tako je u području Ličke Jesenice i Dabra, na temelju brojnih mikropaleontoloških i petroloških analiza ustanovljeno (B a h u n & Z u p a n i č, 1965), da donja kreda počinje približno u zoni prijelaza dolomita u vapnence, zatim slijede dobro uslojeni vapnenci, koji bi zauzimali raspon od valendisa do alba. Ovisno o brojnosti nalaza mikrofosila u kompleksu valendis-alb može se izvršiti podjela na tri horizonta prema stratigrafskom rasponu karakterističnih fosila. Na njima kontinuirano, odnosno na nekim mjestima transgresivno, leže dolomitne breče i dolomiti vjerojatno alb-cenomana, a na ovim konkordantno rudistni vapnenci cenomana i turona, a na jugu terena i senona (P o l š a k, 1964). Gotovo identični ili slični rezultati dobiveni su prilikom istraživanja u širem području Dinarida (P o l š a k, 1964; H e r a k, M i l a n & B a h u n, 1962; B e h l i l o v i č, 1964 itd.).

Vapnenci i dolomiti donje krede K₁

Već je prilikom opisa malmskih naslaga naglašeno, da je prelaz u donju kredu obilježen nastupanjem debelog kompleksa vapnenaca, koji mjestimično u najnižim dijelovima još pripadaju malmu, odnosno da najviši dijelovi dolomitnog kompleksa, koji leži u podini vapnenaca, mjestimično pripada donjoj kredi. Tako bi donjoj kredi pripadali dolomiti, koji izgrađuju područje od Gomirja preko Ogulina i Oštarija do Josipdola, kao i dolomiti s ulošcima vapnenaca u području Vitunja zapadno od Ogulina. Obično su smeđe i sivosmeđe boje, nešto krupnijeg kristaliniteta, osrednje slojevitosti i pjeskovitog trošenja. Kontinuirano slijede na dolomitima malma (područje Vitunja) i postepeno uz sve češće uloške vapnenaca prelaze u vapnence donje krede. Njihova pripadnost kredi je pretpostavljena zbog nalaza provodnih fosila značajnih za više nivoe donje krede u njihovoj neposrednoj krovini (Vitunj, Ljubošina, Ogulin, Oštarije).

Vapnenački dio ovih naslaga dolazi u neprekinutoj zoni od Vrbovskog do Ličke Jesenice u sjeveroistočnom dijelu i od Vitunja do Ličke Jesenice na jugozapadnom dijelu. Zbog tektonskih poremećaja izolirane pojave dolaze zapadno, jugozapadno i južno od Slunja. Velika širina izdanaka ovih sedimenata prouzrokovana je osim njihovom velikom debljinom i veoma blagim položajem slojeva kao i blagim sekundarnim boranjem. Bočna izmjena s dolomitima uzrokom je na prvi pogled nelogičnog oblika geološke granice kod Ljubošina. Tektonski leže na dolomitima, s kojima se u prelaznoj zoni bočno i vertikalno izmjenjuju, a čine podinu dolomitima i dolomitnim brečama gornje krede.

Od fosila u prelaznom nivou prema malmu ustanovljeni su: *Salpingoporella annulata* Carozzi, aberantni tintinidi i *Favreina salevensis* (Paréjas). U nešto mlađim slojevima dolaze *S. appennica* Sartoni & Crescenti, *Munieria baeonica* Deecke, *Cuneolina laurentii* Sartoni & Crescenti, *C. camposaurii* Sartoni & Crescenti, *C. scarsellai* De Castro, *Coskinolinoides texanus* Keijzer i *Haplophragmoides* sp. Iznad njih slijede *S. mühlbergi* (Lorenz), *S. dinarica* Radoičić, *Hensonella cylindrica* Elliott, *Bacinnella irregularis* Radoičić, *Orbitolina* (*Palorbitolina*) *lenticularis* (Blumenbach), *Pseudochrysalidina conica* (Henson), *Nummoloculina heimi* Bonet, *Nezzazata simplex* Omara, *Coskinolina sunnilandensis* Maync, *Orbitolinopsis flandrini* Moullade, *Cuneolina pavonia parva* Henson, *Ualvulammina* sp., *Requienia* sp. i presjeci tankih ljuštura.

Navedena lista predstavlja sintezu mnogobrojnih nalaza mikrofosila iz cijelog područja izgrađenog od vapnenaca donje krede. Nivo i raspon pojedinih fosila određen je prema odnosima u lokalnim, manjim i izolirano snimljenim profilima i prema provodnoj vrijednosti registriranih fosila u postojećoj literaturi. Međutim, iako ovaj rad nema biostratigrafskih i paleontoloških pretenzija, potrebno je istaći nekoliko interesantnih pojedinosti.

Općenito se smatra, da alga *Salpingoporella annulata* u Dinaridima dolazi u najvišim dijelovima malma i najdonjoj kredi, a alga *Munieria baconica* u najnižim dijelovima krede. U preparatu s lokaliteta Čardak jugozapadno od Slunja nađene su ove dvije vrste zajedno, pa je to još jedan prilog mišljenju, da *S. annulata* dolazi i u donjoj kredi. Potvrđeno je, zatim, ponovno da *Favreina salevensis*, iako se javlja u različitim katovima pa i sistemima, može u ovim područjima poslužiti zbog izrazito masovnog prisustva u prelaznoj zoni jure u kredu kao »informativni« fosil.

Prilikom detaljnijeg pregleda preparata koji sadrže donjokredne dasikladaceje, primijećeno je da osim roda *Salpingoporella* dolaze oblici koje je Elliott (1960) opisao kao vrstu *Hensonella cylindrica*. Potonja se vrsta od vrsta roda *Salpingoporella* po Elliottu razlikuje većim dimenzijama, debljom stijenkom i nejasno vidljivim eventualnim porama. Budući da se ovaj oblik pojavljuje u preparatima relativno često, a u posljednje vrijeme sve rjeđe spominje u literaturi (vjerojatno zbog poistovećivanja s vrstama roda *Salpingoporella*), bilo bi potrebno izvršiti reviziju i odrediti radi li se o različitim rodovima ili će se ove oblike smatrati srodnima vrstama roda *Salpingoporella*.

U litološkom pogledu vapnenci donje krede ne pokazuju većih makroskopskih razlika, koje bi dozvoljavale izdvajanje određenih nivoa ili facijesa. Postoje npr. sasvim nepravilni prostorni odnosi između potpuno jednoličnih kompleksa stijena velike debljine i kompleksa u kojem se bočno i vertikalno na malom razmaku mijenjaju boje, slojevitost i dr. Zbog toga će ovdje u svrhu izbjegavanja nepotrebne opširnosti biti opisane sintetizirane osnovne karakteristike. U najnižim dijelovima vapnenaca mjestimično dolaze leće dolomita ili dolomitnih vapnenaca debljine 2—20 m. Dolomiti su smeđe ili tamnosive boje, krupnog kristaliniteta, a vapnenci su smeđi i sivi, jednolikog habitusa, dobro uslojeni u slojeve debljine 10—40 cm sa sadržajem CaCO_3 redovito preko 95%. Zatim slijedi debeli kompleks vapnenaca s prosječnim sadržajem CaCO_3 preko 97%. Dobro izražena slojevitost varira bočno i vertikalno debljinom slojeva od 0,5 cm pa do preko 1 metar. Zapaženo je da tanje uslojeni vapnenci imaju homogenu i fino-zrnu strukturu, obično smeđe boje i da su najčešće uz njih vezane pojave presjeka tankih ljuštura mekušaca i foraminiferskog roda *Orbitolina*. Deblje uslojeni vapnenci su obično sivi ili tamnosivi sa čestim prelazima u kalkarenite. Sadrže alge iz skupine dasikladaceja i ljuštire pahiodontnih školjkaša. U oba facijesa ovih vapnenaca javljaju se rožnaci, nepravilno raspoređeni u gomolje promjera do 5 cm, ili leće debljine do 3 cm.

Bočne i vertikalne promjene litoloških osobina vapnenaca upućuju na neznatne promjene sedimentacijskih uvjeta u donjoj kredi. To je i razumljivo, jer je u područjima južno od ovog ustanovljena pojava »singenetskih klastičnih karbonatnih sedimenata« (Bahun & Zupanič, 1965). Budući da u ovom području treba pretpostaviti da je ovaj dio sedimentacionog bazena bio istovremeno relativno miran.

Debljina naslage donje krede iznosi 700—800 metara.

Dolomiti i dolomitne breče K_2^1 ?

U jugoistočnoj polovici terena, s izuzetkom na krajnjem istoku kod Močila, između vapnenaca donje krede i rudistnih vapnenaca gornje krede provlači se jedna relativno uska zona dolomita i dolomitnih breča. To su smeđi, sivi, nekad silificirani, krupno-kristalinični, uglavnom neuslojeni dolomiti pjeskovitog trošenja i breče dolomitnog, svjetlosivog, nekad silificiranog veziva s tamnijim fragmentima dolomita, rjeđe vapnenaca i rožnjaka. Odnos čistih dolomita i breča je vertikalno i bočno nepravilan,

a sadržaj $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ide do oko 70%. Hera k (1956) i Bahun & Zupanič (1965) su ustanovili u terenima južno od ovog njihov mjestimično transgresivni položaj na vapnencima donje krede. Istraživanja provedena u okviru ovog rada nisu mogla dokazati njihov transgresivan položaj i u ovom području, što više, ustanovljen je postepen prijelaz iz vapnenaca donje krede preko vertikalne izmjene dolomita i dolomitnih breča s vapnencima do samih dolomita i dolomitnih breča (područje između Bršljanovca i Tobolića), a vertikalni raspon od prvih pojava dolomita do samih dolomita i dolomitnih breča iznosi 100—150 m. Isto je tako konkordantan odnos prema starijim i mlađim naslagama ustanovljen kod Saborskog, Visokog vrha i na potezu od Draga do Stožera. Ove dolomitne naslage, budući da su uložene između vapnenačkih kompleksa donje i gornje krede, služile su za vrijeme terenskog rada kao »provodni« litostratigrafski nivo, koji je olakšao rekonstrukciju mjestimično kompliciranih struktura. Tako npr. oni sinklinalno okružuju gornjokredne vapnence od Bršljanova do Močila i izbijaju na površinu nekoliko puta zbog većeg broja rasjeda sjeveroistočno od Ličke Jesenice.

U ovim sedimentima provodni fosili nisu nađeni, pa nema neposrednih dokaza o njihovoj stratigrafskoj pripadnosti. Međutim, kako ni u najvišim dijelovima podinskih donjokrednih vapnenaca nema sigurnijih fosila, koji bi ukazivali na makar djelomičnu pripadnost gornjoj kredi, a u neposrednoj krovini dolomitne zone dolaze sigurni gornjokredni fosili, to je najvjerojatnije da dolomiti i dolomitne breče predstavljaju najniže horizonte gornje krede ili pak najviše dijelove donje krede, kao što navode Polšak (1965) za Južnu Istru i Polšak & Milan (1962) za sjeveroistočnu Liku.

Debljina ovih naslaga iznosi 100—200 metara.

Rudistni vapnenci cenomana i turona $K_2^{1,2}$

Sedimenti, koji sigurno pripadaju gornjoj kredi, ustanovljeni su samo na jugoistočnoj polovici istraživanog terena i to u području od Bršljanovca do Močila, zatim sjeveroistočno i jugozapadno od Močila (područje Gredovitog vrha, Velikog Sivnika, Velikog Stožera i Saborskog), gdje su redovito u rasjednom kontaktu s vapnencima donje krede. Jedine pojave gornjokrednih vapnenaca na jugozapadnom dijelu nalaze se u području Božinog vrha zapadno od Ličke Jesenice.

Ove su naslage sastavljene od finozrnih vapnenaca i raznovrsnih kalkarenita sa znatnim primjesama organogenog detritusa, koji potječe uglavnom od fragmenata ljuštura rudista. Postotak CaCO_3 raste od podinskih dolomita prema višim nivoima i kreće se od 65—99% CaCO_3 . Slojevitost je u prosjeku dobro izražena s izuzetkom pojedinih sekundarno jače poremećenih područja na jugu terena. Boja im varira od smeđe preko sivosmeđe i sive do tamnosive (Bršljanovac—Tobolić, zapadno od izvora Slunjčice, u području Mrkočevice, Drulinog vrha i Močila, te Škrade i Sivnika) ili je rjeđe svjetlosmeđa i crvenkastobijela (jugozapadno od Močila, Jelenbrkov krč, Božin vrh i dr.). Fosilni nalazi u ovim vapnencima usporedivši s bogatstvom makrofosila u odgovarajućim vapnencima primorskog i dalmatinskog pojasa su oskudni. Tako su samo mjestimično nađeni brojniji i dobro očuvani rudisti, koji su se mogli i specifički odrediti. Ostali nalazi, osobito u sivosmedim i sivim groznadastim vapnencima, svedeni su na neodređive rijetke presjeke radiolitida i u najstarijim dijelovima školjkaša *Chondrodonta* sp. i nepoznatih velikih i debelih ljuštura oštriga.

Ustanovljeni mikrofosili odgovaraju gornjoj kredi. Međutim, kako se oni pojavljuju i u donjoj kredi, to su presjeci radiolitida, iako neodređeni, mnogo važniji dokazi gornjokredne starosti ovih vapnenaca. Prema nalazima fosila na međusobno udaljenim lokalitetima i u odnosu prema dolomitima u podini, mogla se sastaviti ova lista fosila: *Nezzazata simplex* Omara, *Cuneolina pavonia parva* Henson, *Gyropleura telleri* Redlich, *Chondrodonta* sp., velike oštrige debelih ljuštura nalik hondrodontama, *Neocaprina nanosi* Pleničar, *Schiosia carinataeformis* Pol-

šak, *Neocaprina sp.*, *Radiolites sp.*, neodređivi presjeci radiolitida, *Nerinea sp.* i *Aeolisaccus kotori Radoičić*.

Prema navedenom fosilnom sadržaju, ovaj bi kompleks naslaga pripadao cenomanu (*Neocaprina nanosi* i *Schiosia carinataeformis*, *Nezzazata simplex* i *Cuneolina pavonia parva*), a u višim dijelovima i turonu, jer na jugu terena ovi sedimenti kontinuirano prelaze u vapnenice senona.

Debljinu sedimenata cenomana i turona bilo je moguće odrediti samo na jugu terena kod Saborskog, gdje se nalaze između dolomita i dolomitnih breča u podini i senonskih vapnenaca u krovini. Ovdje ona iznosi 600–700 m. Na ostalom dijelu to nije moguće, jer u krovini redovito nedostaju vapnenci senona.

Vapnenci senona K₂³

Ovi se vapnenci konkordantno i kontinuirano nastavljaju na rudistne vapnenice cenomana i turona, a izgrađuju samo područje kod Saborskog na jugu terena. Boja im varira od svjetlosive do svjetlosmeđe i smeđe. Litološke razlike prema starijim naslagama su neznatne, osim nešto slabije izražene slojevitosti. Zbog toga je geološka granica prema vapnencima cenomana i turona samo aproksimativno locirana, uzimajući u obzir prve nalaze senonskih rudista. Zbog toga, kao i zbog nedostatka krovinskih sedimenata, debljina senonskih sedimenata je u ovom području nepoznata. Fosilni nalazi su rijetki i pripadaju uglavnom ostacima rudista. Na temelju poprečnih presjeka i radi veoma čvrste veze ljuštura i sedimenta postoji samo nekoliko prepariranih primjeraka. Polšak je 1964. odredio ove oblike: *Keramosphaerina tergestina* (Stache), *Hippurites (Orbignya) sp.*, *Medeella zignana* Pirona *Radiolites sp.*, *Durania sp.*

Vrsta *Medeella zignana* upućuje na santonsku starost. (Polšak, 1964).

KVARTAR

Kvartarni sedimenti vezani su uglavnom za morfološke depresije, a najdeblji su uz tokove Ogulinske Dobre, Vitunja, Zagorske Mrežnice, Dretulje i Ličke Jesenice, te u Ogulinsko-oštarijskoj depresiji, u području Plaškog i u Begovcu. Genetski se mogu razlikovati dvije skupine sedimenata: aluvijalni nanos i proluvij.

Aluvijalni nanos al

Ovim su nazivom obuhvaćeni sedimenti sastavljeni od smeđih i sivosmeđih glina i sivih, rjeđe sivosmeđih finoznih pijesaka. Javljaju se neposredno uz tokove. U uskoj vezi s njima je i pojava recentnih tresetišta u području Ličke Jesenice (Herak, 1956). Debljina aluvijalnog nanosa vidljiva je u usječenim koritima tokova i iznosi mjestimično i preko 3 metra.

Proluvij pr

Ovi su sedimenti najčešće sastavljeni od rastrošenih dolomita, pa dolaze kao dolomitni pijesak podno morfološki istaknutih dijelova terena. Zbog dolomitnog sastava redovito ih je teško razlikovati od stijena koje su primarno izgrađene od dolomita i prekrivene humusom.

Ovamo treba pribrojiti i rastresite sedimente, koji se mjestimično u Oštarijskom području nalaze povrh vapnenaca i dosežu debljinom i do 2 m, a ne dolaze samo u depresijama, već i na pozitivnim morfološkim formama manjih visina. Leže poput pokrivača ispod kojeg izbijaju vapnenačke naslage. Nisu posebno izdvajani, jer to ne dopušta mjerilo karte. Sastavljeni su od smeđih i sivkastih pjeskovitih glina i

glinovitih pijesaka, koji sadrže uklopke vapnenačkih i dolomitnih valutica promjera 1 do 5 mm. Na njima leži obično humusni pokrivač veće debljine i podloga su bujnijoj vegetaciji. Ishodišni materijal za njihov postanak je zacijelo vezan za postojanje vodene akumulacije u ovom području, bilo u vrijeme neogena ili kvartara. Budući da se u relativno nedalekom području Dubrava na sjeverozapadu i Slunja na jugoistoku nalaze veći prostori prekriveni sedimentima mlađeg neogena, nije isključeno da je i ovo područje bilo sredina u kojoj su se taložili neogenski sedimenti, koji su naknadnim erozionim procesima bili fizički i kemijski izmijenjeni i sada u formi degradiranih neogenskih sedimenata leže kao erozioni ostaci na vapnenačkoj podlozi.

TEKTONIKA

Velika litološka monotonost naslaga i prekrivenost ovog područja otežavaju terenske opservacije, a veliki broj rasjeda različitog intenziteta i položaja često onemogućavaju rekonstrukciju tektonskih odnosa. Ipak su, međutim, uočene neke posebno značajne pojave. Jedna od njih je pojava da sve bore, bile one poremećene ili ne, imaju veoma mali indeks boranja. Kutevi nagiba u krilima skoro nikada nisu veći od 30°, a najčešće iznose oko 20°. Daljnja, gotovo generalna karakteristika je valovitost slojeva, tako da se često na razmaku i manjem od 100 m po nekoliko puta susreću isti slojevi. S tim u vezi je česta pojava horizontalnih slojeva. Zbog toga su veliki prostori terena na površini izgrađeni od jednoličnih, stratigrafski gotovo identičnih sedimenata, što veoma otežava izradu detaljnije geološke karte. Na koncu, treća važna pojava je tonjenje svih struktura u smjeru jugoistoka. Dok su, naime, u sjeverozapadnim dijelovima jezgre antiklinala od trijaskih sedimenata, a jezgre sinklinala od vapnenaca donje krede, u jugoistočnom području jezgre antiklinala čine dolomiti malma, a jezgre sinklinala vapnenici gornje krede (Sl. 1).

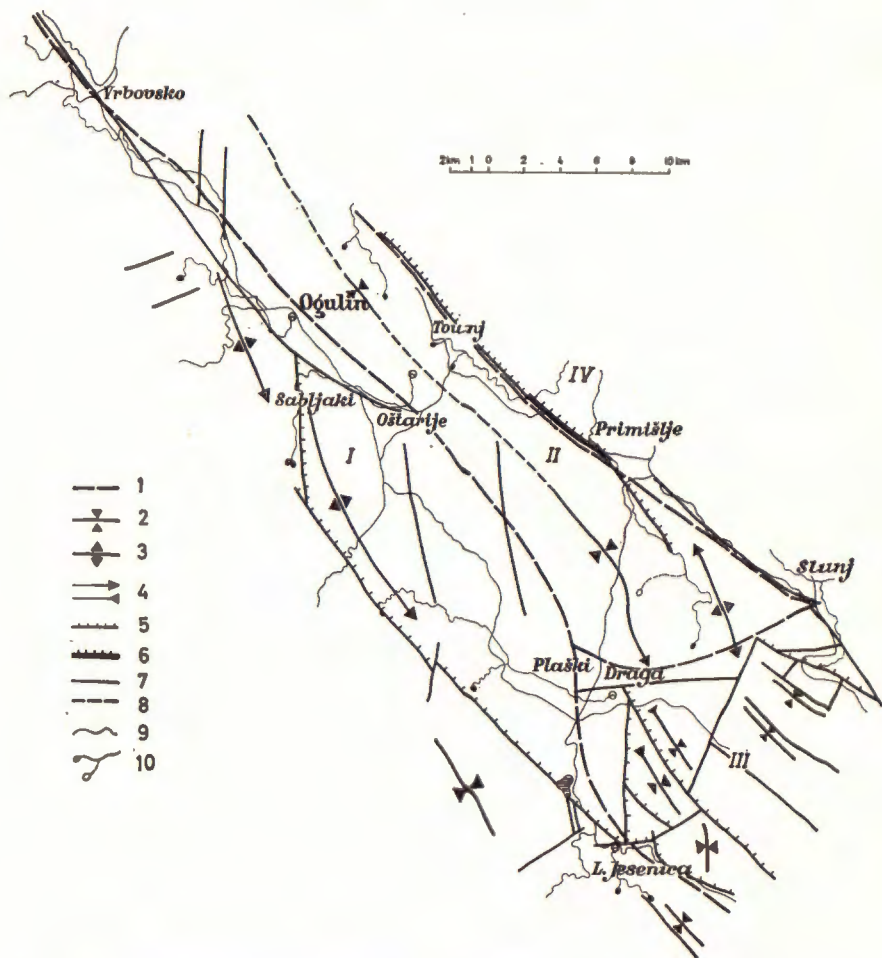
Rasjedna tektonika također ima svojih specifičnosti koje se ne mogu jednako-mjerno ocijeniti na čitavom terenu, jer su u dolomitnim područjima elementi rasjedne tektonike zamaskirani, dok su naprotiv u vapnenačkim područjima relativno dobro vidljivi. Zbog toga se pretpostavka o mehanizmu strukturnih deformacija, koja će biti opisana, treba uzeti s izvjesnom rezervom.

Uočeno je, da su naslage u sjeverozapadnoj polovici terena, koje pripadaju uglavnom antiklinalnom dijelu, u prosjeku manje oštećene od naslaga u dubljem sinklinalnom dijelu na jugoistoku. Ova pojava, kao i nalazi lokalno veoma komprimiranih i reversno, longitudinalno i transversalno kretanih blokova u jugoistočnom dijelu, dopušta pretpostavku o djelovanju tenzionih sila u sjeverozapadnom, tj. u antiklinalnom dijelu, odnosno kompresionih sila u jugoistočnom, tj. u sinklinalnom dijelu terena. Potonje dolazi do izražaja posebno u dijelu terena između Ličke Jesenice i Slunja. Ovakav pojednostavljeni prikaz strukturnih karakteristika dan je u cilju lakšeg praćenja i tumačenja detalja unutar po jedinim tektonskim jedinicama.

S obzirom na tektonske karakteristike u istraživanom se području mogu razlikovati četiri dijela: jugozapadni, sjeveroistočni, jugoistočni i rubno područje od Tounja do Slunja.

JUGOZAPADNI DIO (SL. 1, I)

Ovaj se dio nalazi jugozapadno od linije Vrbovsko—Plavča draga—Lička Jesenica. U strukturnom pogledu predstavlja rasjednutu antiklinalu, koja se može pratiti u dužini od oko 70 km, a vrlo je vjerojatno da se nastavlja i dalje prema jugoistoku. Trijaska jezgra izbija na površinu u najsjeverozapadnijem dijelu kod Vrbovskog i u središnjem dijelu između Sabljaka i Plaškog. U dijelovima između Vrbovskog i Sabljaka i između Plaškog i Ličke Jesenice najstarije naslage u njezinoj su jezgri predstavljene jurskim sedimentima. Prema tome, antiklinala pokazuje uzdužna izdizanja osi, iako je na cijeloj dužini poremećena sistemom longitudinalnih i dijago-



Sl. 1. Tektonska skica. 1 granična linija tektonskih jedinica, 2 sinklinala, 3 antiklinala, 4 smjer tonjenja bora, 5 pretpostavljeni reversni rasjedi, 6 utvrđeni reversni rasjed, 7 rasjedi bez oznake karaktera, 8 pretpostavljena sinklinala Brdarice—Močila, 9 važnije ceste, 10 stalni i povremeni površinski vodeni tokovi.

Fig. 1. Tectonic sketch map. 1 boundaries of the tectonic units, 2 syncline, 3 anticline, 4 direction of plunging of folds, 5 assumed reverse faults, 6 established reverse faults, 7 faults in general, 8 assumed syncline Brdarica—Močila, 9 main roads, 10 permanent and periodical surficial flows.

nalnih rasjeda koji su doveli do redukcije pojedinih stratigrafskih članova. Anormalni su odnosi utvrđeni na temelju paleontoloških nalaza, litoloških osobina stijena, hidrogeoloških pojava i morfoloških karakteristika i na karti su predstavljeni često shematizirano, što je — s obzirom na male litološke razlike — bilo jedino i moguće. Tako neke od označenih rasjeda u karti ne treba shvatiti kao trase jedinstvenih rasjednih površina, već kao rezultatnu većeg broja trasa rasjeda ne uvijek jednoznačnog položaja. Posebno to vrijedi i za pretpostavljene rasjede unutar istog litostratigrafskog člana.

Veoma dobro markiran kilometarski longitudinalni rasjed na krajnjem sjeverozapadu terena doveo je u jugozapadnom krilu antiklinale u anormalni kontakt naslage malma i donje krede s naslagama paleozoika, gornjeg trijasa, lijasa, dogera i malma. Na autocesti kod Prisike postoje čak elementi koji bi ukazivali na izvjestan stupanj navlačenja u smjeru sjeveroistoka. Interesantna je, naime, pojava da su u usjeku ceste Zagreb—Rijeka malmski sedimenti na nižoj koti i da leže ispod paleozojskih škriljavaca. Ako buduća istraživanja potvrde ovo zapažanje, lokalitet kod Prisike bio bi najistočnija registrirana pojava alohtonog položaja paleozoika na mladim naslagama i smislu identičnih pojava, koje su u područjima dalje na sjeverozapadu utvrdili Herak, Bojanić, Šikić & Magđalenić (1961). Prema jugoistoku se rasjed može pratiti preko Hambarišta do Luka, gdje su u kontaktu dolomiti dogera i malma, što onemogućava njegovo daljnje praćenje. Zbog toga je njegovo postojanje prema Puškarićima i Oštarijama pretpostavljeno na temelju morfoloških karakteristika i hidrogeoloških pojava (nizovi ponikava, dolina, smjer toka Ogulinske Dobre, niz ponora zapadno od Oštarija).

Dijagonalni rasjed, koji se pruža od Senjskog prema Kamačniku u pravcu sjever—jug doveo je u kontakt trijasko dolomite s višim dijelovima lijasa, dogerom i malmom. Prema situaciji, kakva je prikazana na karti, izlazi, da se radi o rasjedu većih razmjera. Međutim, vjerojatnije je da se ne produžuje mnogo dalje prema jugu, da je tzv. »škarastog« tipa, te da se veličina skoka relativno brzo smanjuje idući prema jugu. On zacijelo predstavlja popratnu pojavu koja je nastojala amortizirati pojačano relativno izdizanje na sjeveru uzduž prethodno opisane dislokacije.

Veoma značajan, također dijagonalan rasjed pružanja sjever—jug doveo je kod Sabljaka i Desmerice u anormalni kontakt klastične naslage i dolomite gornjeg trijasa s dolomitima dogera i dolomitima i vapnencima malma. Detalje geoloških odnosa ovog dijela opisao je Herak (1954), prema kome u istočnom krilu na klastičnim naslagama gornjeg trijasa normalno slijede dolomiti gornjeg trijasa i lijasa, a cijeli je kompleks o rasjednom odnosu sa sedimentima malma u zapadnom krilu. Navedeno potpuno odgovara nalazima dobivenim u sklopu ovih istraživanja. Kao jedini dodatak u pozitivnom smislu može se navesti, da je na temelju niza mjerenja položaja slojeva u okolini vrela Mrežnice i nalazom vrsta *Cladocoropsis mirabilis* Felix kod Desmerice pretpostavljeno čelo antiklinale, u čijoj se jezgri dalje prema sjeveru nalaze sedimenti dogera. Ova bi antiklinala bila logičan nastavak strukture sa sjeverozapada, koja je opisanoj dislokacijom odvojena od jače izdignutog dijela u istočnom krilu rasjeda.

Jedan longitudinalni rasjed reducirao je u jugozapadnom krilu antiklinale primarni slijed naslaga. Njime su dovedeni u anormalni kontakt dolomiti gornjeg trijasa, lijasa i dogera u sjeveroistočnom krilu s dolomitima i dolomitima u izmjeni s vapnencima malma u jugozapadnom krilu. On se uz manja odstupanja prouzročena dijagonalnim i transversalnim rasjedima manjeg značenja pruža preko izvora Vrnjike, Dretulje i Begovca do Ličke Jesenice. Južno od Begovca mu se u oba krila nalaze dolomiti malma, pa se zbog toga, kao i zbog pojave većeg broja rasjeda lokalnog karaktera ne može dalje pratiti. Tačno je lociranje ovog rasjeda od samog početka na sjeverozapadnom kraju otežano, jer su mu oba krila izgrađena od dolomita, i to dolomita gornjeg trijasa odnosno malma. U dijelu južno od izvora Mrežnice do izvora Dretulje markiraju ga donekle litološke razlike (ulošci vapnenaca u dolomitima malma u jugozapadnom krilu nasuprot samim dolomitima gornjeg trijasa

u sjeveroistočnom krilu) i položaji slojeva koji u malmskim naslagama imaju nagib prema jugozapadu, a u trijaskim prema sjeveroistoku. Od vrela Dretulje do Begovca jedini kriterij za razlikovanje je protusmjerni položaj slojeva i pretpostavka, da je taj rasjed u morfološkom pogledu uvjetovao postanak strmog odsjeka koji se izdiže jugozapadno od njega. Nadalje u području južno od Ličke Jesenice (Jurjeva draga) longitudinalnim rasjedom dovedeni su u kontakt stariji dijelovi malma i viši dijelovi vapnenaca donje krede, pa postoji mogućnost, da je ovaj rasjed preko sistema manjih rasjeda vezan s velikim već opisanim rasjedom Begovac—Dretulja—područje južno od vrela Mrežnice.

Međutim, logičniji i vjerojatniji nastavak rasjeda Dretulja—Begovac je dislokacija koja se dijagonalno i mjestimično poprečno pruža od Ličke Jesenice prema istoku i jugoistoku sve do Saborskog na završetku terena. Uz nju su u anormalnom kontaktu vapnenci donje krede, dolomiti gornje krede i rudistni vapnenci gornje krede s dolomitima malma. Sigurno je, da se u ovom slučaju ne radi o jedinstvenoj rasjednoj plohi, već o nekoliko rasjeda različitog položaja paraklaza koji su međusobnim presijecanjem formirali mozaik blokova. Usprkos slučajeva odstupanja od generalnog pravca sjeverozapad—jugoistok može se reći, da se radi o dijagonalnom rasjedu primarnog značenja, jer se on nastavlja i izvan ovog terena. Poremećaji u njegovom sjeveroistočnom krilu mogli su se relativno dobro registrirati, jer se radi o vapnenačkim naslagama različitih litoloških i faunističkih karakteristika, dok se unutar dolomitnog jugozapadnog krila poremećaji manjeg značenja ne mogu uočiti.

Nekoliko poprečnih rasjeda, od kojih je značajniji onaj što prolazi između Korača i Božinog vrha jugozapadno od Begovca, poremetili su tok granice između dolomita malma i vapnenaca donje krede (Korač, Malo vrelo, Jurjeva draga) i nemaju većeg značenja u interpretaciji tektonike. Međutim, važni su, jer su uz njih vezane neke od hidrogeoloških pojava.

Interesantne podatke za dio terena između Ogulina i Plaškog, tj. za središnji dio antiklinalne pružila je geološka interpretacija aerofotograma. Tako je u ovom dijelu, koji je izgrađen isključivo od dolomita i u kojem se terenskim opservacijama i zbog pomanjkanja fosila kabinetskom interpretacijom ne može odrediti bilo kakove tektonske poremećaje, uspjelo locirati stereoskopskom analizom fotograma trase postojećih ploha diskontinuiteta. Kako se u ovom području radi o litološki jednoličnim sedimentima, nije bilo moguće odrediti i stupanj diskontinuiteta; tj. radi li se o rasjedima ili o pukotinama većih dimenzija. Sigurno je, međutim, da su ovdje prisutna oba elementa, a što je još važnije, da većina njih ima pružanje sjever—jug. To je veoma dobro vidljivo u području izvora Zagorske Mrežnice, gdje pretežno postoji pukotinska oštećenost, i između Podveljuna i brda Hum, gdje se vjerojatno u nekim slučajevima radi i o rasjedima unutar dolomita. Isto je tako pomoću fotograma bilo moguće pretpostaviti pružanje poremećaja kroz dolomite u području Begovca, Plavče drage i Ličke Jesenice, kao i približno locirati rasjed između dolomita gornjeg trijasa i malmskih sedimenata između izvora Zagorske Mrežnice i Plaškog.

Na kraju opisa ovog dijela terena treba posebno napomenuti, da na potezu od Zagorske kose zapadno od izvora Zagorske Mrežnice, pa do Kozarske kose zapadno od izvora Vitunj nisu vršena detaljnija istraživanja, te je nalazom provodnih fosila samo utvrđeno postojanje malma (Gomirje, Klek, Musulinski potok) odnosno najnižih dijelova donje krede (Zagorska kosa). Daljnja stratigrafska i tektonska istraživanja karbonatnog kompleksa u bližem i daljnjem jugozapadnom zaleđu nisu vršena i samo je na temelju superpozicijskih odnosa pretpostavljeno, da ove naslage pripadaju donjoj kredi. Detaljnija obrada ovog problema zahtijevala bi proširenje istraživanja daleko na jugozapad. Zbog toga graničnu liniju između naslaga malma i donje krede u jugozapadnom krilu antiklinalne od Zagorske kose do Gomirja i donjokrednu pripadnost vapnenaca jugozapadno od te granice, treba shvatiti kao pretpostavku, jer je moguće da zbog prisustva tektonskih poremećaja ove karbonatne naslage pripadaju juri ili gornjoj kredi. To je ujedno i razlog da je u karti pripadnost ovog člana donjoj kredi označena upitnikom.

SJEVEROISTOČNI DIO (SL. 1. II)

Karakteristika ovog dijela je uglavnom sindikalni položaj krednih naslaga u području sjeveroistočno od linije Vrbovsko—Plavča draga-izvor Primišljanske Mrežnice. S obzirom na stupanj istraženosti i izrazitosti sinklinalne građe mogu se razlikovati dva područja. Jedno između Vrbovskog i Brezovice i drugo između Brezovice i izvora Primišljanske Mrežnice.

Područje od Vrbovskog do Brezovice izgrađeno je isključivo od vapnenaca donje krede, a pruža se u dužini od oko 30 km. S jugozapadne strane graniči sa sedimentima malma, a sjeveroistočna granica nije definitivno fiksirana i tek je rekognosciranjem utvrđeno da dalje prema sjeveroistoku slijede ponovno naslage jure. Prostorni se položaj ovog dijela mogao utvrditi jedino prema položaju slojeva, jer nedostaju stratigrafski i litološki markantni kompleksi stijena. Tako se može pretpostaviti da se osna ploha pruža od Brezovice prema sjeverozapadu, a da os kod vrela Gojačke Dobre ima manju negativnu undulaciju. Daljnja karakteristika je valovitost, blagi kutevi nagiba i česti horizontalni položaji slojeva, što je lijepo vidljivo između Ogušina, izvora Gojačke Dobre i izvora Bistre. Horizontalni slojevi i njihova valovitost, kao i vertikalna i lateralna izmjena dolomita i vapnenaca u području Brdarica doveli su na karti do klinastog uvlačenja dolomita u vapnenca donje krede. Položaji slojeva između Brdarica i Vrbovskog, koji u sjeveroistočnom dijelu imaju nagib prema jugozapadu, sugeriraju malu širinu sinklinala u njenom završnom dijelu uzrokovanu dizanjem osi i redukcije zbog rasjeda u njenom jugozapadnom krilu (područje Hambarište—Gomirje). Rasjedna tektonika nije mogla biti tretirana zbog pomanjkanja litoloških razlika i nedostatka aerofotogramá s ovog područja. Zbog toga se može reći samo da cijeli ovaj dio sinklinala predstavlja sjeveroistočno krilo već opisanog rasjeda Prisika—Oštarije.

Područje između Brezovice i izvora Primišljanske Mrežnice odlikuje se izrazitom sinklinalnom građom. U jezgri sinklinala nalaze se cenomansko-turonski rudistni vapnenci, dok u krilima poput obruba dolaze dolomitne breče i dolomiti i ispod njih vapnenci donje krede. U početnom dijelu između Bršljanovca i Tobolića sinklinala ima pružanje sjeverozapad—jugoistok. Njezina mala širina i blagi položaj slojeva u krilima (10—30°) odaju, da u ovom dijelu naslage gornje krede nemaju znatniju debljinu i da je os sinklinala približno horizontalna. Sinklinala se kod Tobolića naglo proširuje i pružanje joj skreće prema jugu. Budući da su kutevi nagiba slojeva u krilima ostali približno jednaki, povećanje širine uvjetovano je tonjenjem osi prema jugu, a djelomično i rasjedom pravca sjeverozapad—jugoistok koji prolazi preko izvora Primišljanske Mrežnice i Suvače. Od izvora Primišljanske Mrežnice sinklinala skreće ponovo u pravac sjeverozapad—jugoistok i, zadržavši približno istu širinu, završava kod Močila uz jedan značajniji poprečni rasjed.

JUGOISTOČNI DIO (SL. 1. III)

Ovaj se dio nalazi između Saborskog na jugu, te izvora Primišljanske Mrežnice i izvora Slunjčice na sjeveru. Karakteriziran je pojavom, rasjedima međusobno odijeljenih, gornjokrednih sedimenata. Velika tektonska poremećenost naslaga u ovom dijelu otežavala je izradu geološke karte. Međutim, zahvaljujući dolomitnim brečama i dolomitima gornje krede kao »provodnom« horizontu, bilo je donekle moguće prikazati strukturne odnose.

Veliki broj dislokacija u ovom dijelu terena otežava jednoznačno rješenje, pa je teško odgovoriti na pitanje radi li se o nekoliko sekundarnih bora koje su razdvojene rasjedima manjeg intenziteta ili pak o samo jednoj sinklinali, koju su raskinuli rasjedi većih skokova. Pri rješavanju ovog problema potrebno je osvrnuti se na tektonske karakteristike šireg područja. Iz dosad iznesenog opisa jugozapadnog i sjeveroistočnog dijela uočljivo je, da je osnovna karakteristika tengencijalnih pokreta mali indeks

boranja, što se očituje u blagom kutu nagiba slojeva i da su česti slučajevi sekundarnog boranja. S druge strane, izuzev nekoliko većih rasjeda regionalnog karaktera, nije bilo moguće ustanoviti poremećaje većih skokova. Ovi podaci, čini se, isključuju mogućnost postojanja samo jedne sinklinale i prisustvo rasjeda većih skokova. Tome treba dodati, da je na nekoliko lokaliteta ustanovljeno čelno zatvaranje sinklinale (Ljetišta, Trbovića vrh, Močila), iako je ono manjim rasjedima poremećeno. Sve ove pojave upućuju na postojanje nekoliko manjih razbijenih sekundarnih sinklinala. Posebno se to odnosi na dio terena između Saborskog i Trbovića vrha. Ovdje je usprkos niza dislokacija različitog položaja bilo moguće pretpostaviti tri sinklinale drugog reda, koje sada postoje samo fragmentarno. Prva se nalazi u području *Trbović vrha i Medaričkog vrha*. Sa sjeveroistočne je strane presječena uzdužnim rasjedom, dok je sa zapadne strane zatvorena dolomitima i dolomitnim brečama gornje krede. Na jugu je dijagonalnim rasjedom odvojena od vapnenaca donje krede. Druga obuhvaća *Ljetišta, Gredoviti vrh i Skradu*. Sa sjevera, zapada i jugozapada zatvaraju je dolomiti i dolomitne breče gornje krede, a na sjeveroistoku je u rasjednom odnosu s vapnencima donje krede. Na koncu treća, u kojoj je zbog rasjeda radijalnog položaja pružanja 0°, 30° i 60° došlo do ponavljanja vapnenaca donje krede i dolomita gornje krede, predstavlja najdublju sinklinalu, jer u jezgri na području *Tisovog vrha* sadrži i senonske sedimente. Prema položaju dolomita gornje krede izgleda, da joj pružanje skreće u smjer juga.

Područje Lipari—Drulin vrh nije bilo moguće istražiti do te mjere, da se ovdje izneseni podaci mogu smatrati u potpunosti vjerodostojnima, jer nije postojala mogućnost pristupa na neke lokalitete. Zbog toga je na jednom dijelu geološka karta izrađena samo na temelju morfoloških opservacija. Tako je pretpostavljeno, da se naslage gornje krede sinklinalno zatvaraju u području Lipara, jer na profilu između Lipara i Močila nije bilo elemenata koji bi ukazivali na površinski kontinuitet gornjokrednih naslaga između sinklinale Bršljanovac—Močila i odgovarajućih naslaga između Lipara i Drulinog vrha. S jugozapadne strane rasjedom je jugozapadno krilo odvojeno od donjokrednih vapnenaca koji još pripadaju sinklinali Bršljanovac—Močila, a na sjeveroistoku, poremećena s nekoliko poprečnih rasjeda, u anormalnom je kontaktu s klastičnim naslagama gornjeg trijasa.

Sumirajući pojave opisane u sjeveroistočnom i jugoistočnom dijelu, dakle u cijelom sinklinalnom području mogu se uočiti primarne karakteristike ovog dijela terena, a to su:

1. Sinklinalno se područje površinski širi i produbljuje idući od sjeverozapada prema jugoistoku.
2. Ustanovljena je valovitost naslaga, kako u uzdužnom tako i u poprečnom smislu (tonjenje i dizanje osi, odnosno sekundarne sinklinale, eventualno postojanje sinklinorija).
3. Sinklinale su relativno blage i prema tome gornjokredne naslage ne dopiru do većih dubina.

Ove su primarne karakteristike poromećene prisustvom brojnih dislokacija različitog intenziteta, čije se porijeklo može tumačiti na više načina. Zbog toga će pojave rasjednih poremećaja biti posebno opisane. Dislokacije, koje su se mogle utvrditi na temelju litoloških razlika i pretpostavljeno locirati nakon izvršenih mikropaleontoloških analiza, u većini slučajeva imaju pravac pružanja sjeverozapad—jugoistok, dok ih je manji broj na taj pravac okomit ili dijagonalan. Od prvo spomenutih rasjeda najmarkantniji je onaj koji se pruža od Plavče drage preko Ljetišta i Malog Stožera do Pištenice. Sjeveroistočno od njega postoje još tri adekvatne dislokacije (Močila, Mudrić selo, Zorovo selo). Jugozapadno od Gredovitog vrha je slična dislokacija presječena poprečnim rasjedima, ali je ipak zadržala osnovne karakteristike već opisanih poremećaja. Posebnu važnost treba u svim navedenim slučajevima obratiti relativnom pomicanju pojedinih krila rasjeda. Tako se može utvrditi, da im je sjeveroistočno

krilo redovito relativno uzdignuto (vapnenci donje krede) u odnosu na jugozapadno krilo (rudistni vapnenci). Iste karakteristike pokazuje i pretpostavljena dislokacija koja se pruža od Suvog Slunja preko vrela Primišljanske Mrežnice do vrela Suvrače. Poprečni i dijagonalni rasjedi doveli su, posebno u području sjeverno od Saborskog, do stvaranja strukture blokova ili presijecanja primarnih struktura (rasjed—Mala Ljubča, presjekao je sjeveroistočno krilo antiklinalne Bršljanovac—Močila), dok su rasjedi kod oba Korita i onaj koji prolazi između Velikog i Malog Sivnika uvjetovali opetovano pojavljivanje donje krede na površini.

RUBNO PODRUČJE OD TOUNJA DO SLUNJA (Sl. 1., IV)

Rubno područje od Slunja do Primišlja, zajedno s područjem od Primišlja do Tounja i Trošmarije prema svojim tektonskim karakteristikama predstavlja posebnu tektonsku jedinicu koja nije obuhvaćena ovim istraživanjima. U ovom je području dominantna rasjedna tektonika i gotovo da nema tragova postojanju nekadašnjih bora. Veliki broj uzdužnih, poprečnih i dijagonalnih rasjeda, različitih veličina skokova, ispresijecali su teren u svim smjerovima tako, da rasjedne trase označene u karti samo reprezentiraju glavne smjerove razlamanja. Tako upravo na sjeveroistočnom rubu teren završava dislokacijom koja ima regionalni karakter i može se pratiti kao sistem rasjeda i zdrobljenih zona sve od Trošmarije preko Tounja i Rudnice do Primišlja, gdje se račva u više teško uočljivih rasjeda, te kod Slunja i Slunjčice izlazi iz ovog terena. Bojanić, Cukor & Bahun izvršili su 1966. hidrogeološka istraživanja područja sjeveroistočno od ovdje obradivanog terena. Ta su istraživanja obuhvaćala i područje prostiranja ovog rasjeda, pa je on praćen s više ili manje uspjeha na većoj dužini. Na sjeveroistočnom se kraju kod Trošmarije nalazi u vapnencima donje krede i doveo je do znatnijih poremećaja u položaju slojeva. Nastavlja se dalje prema sjeverozapadu u Ribnik potok u kojem je na desnoj obali prouzrokovao ustrmljavanje slojeva do 70°, dok su slojevi na lijevoj obali skoro horizontalni. Od Trošmarije do Tounja nalazi se unutar vapnenaca donje krede i može se pratiti samo kao zdrobljena zona varijabilne širine i prema različitim položajima naslaga. Od Tounja do vrela Rudnice je, osim milonitne zone koja je mjestimično široka i preko 200 m (Rebrovići), rasjed je markiran i morfološki nizom većih jaraka i ponikava. Iako se još uvijek nalazi unutar vapnenaca donje krede, njegovo je praćenje olakšano, jer se u sjeveroistočnom krilu nalaze svjetlosmeđi dobro uslojeni vapnenci, a u jugozapadnom sivi i tamnosivi vapnenci nekad s manjim ulošcima dolomita. Kod Kraljevog vrha je presječen poprečnim vertikalnim rasjedom koji je dobro vidljiv u koritu rijeke Tounjčice. Najvažnija tačka gdje se mogao odrediti i karakter tog rasjeda nalazi se kod izvora Rudnice. Na putu što vodi od ceste na samo vrelo nalazi se izvanredno lijepo vidljiva rasjedna ploha koja varira položajem od 60/18 do 90/35. U sjeveroistočnom krilu se nalaze vapnenci i dolomiti donjeg malma (*Kurnubia palastiniensis*, *Pfenderina sp.*, *Cladocoropsis marabilis* i *Clypeina jurassica*), dok je u tamnim vapnencima u jugozapadnom krilu ustanovljena *Cuneolina sp.*, *Orbitolina sp.*, i nešto dalje *Salpingoporella dinarica* Radović, fosili koji nedvojbeno ukazuju na središnje dijelove donje krede. Prema tome krovinsko je krilo starije, pa se sigurno radi o reversnom rasjedu veoma blagog kuta nagiba paraklaze prema sjeveroistoku. Identičan položaj paraklaze s većim kutem nagiba mogao se još ustanoviti na nekoliko izglačenih tektonskih ploha u koritu Primišljanske Mrežnice kod Juzbašića. Odatle dalje na jugoistok počinje morfološki neizražen i prekriven teren, pa su direktna promatranja nemoguća. Zato su na temelju stratigrafskog diskontinuiteta, različitog položaja slojeva i morfoloških pojava pretpostavljene trase kojima vjerojatno prolaze dislokacije i lomovi. Jedna od trasa označuje rasjed, koji je doveo u anormalni kontakt malmske vapnence i dolomite u sjeveroistočnom krilu s vapnencima donje krede u jugozapadnom krilu, a pruža se paralelno sa cestom od Primišlja do Slunja. Južno od Slunja vjerojatno rasjed ulazi u korito Slunjčice, te južno od

Lumbardenika njime graniče s jugozapadne strane dolomiti gornjeg trijasa, a sa sjeveroistočne strane vapnenci donje krede. Druga se veoma značajna dislokacija pruža od Bročanca preko izvora Slunjčice do južno od Melnice, gdje je presječena već opisanim rasjedom Melnica—Mala Ljubča. Ovaj je rasjed veoma važan u hidrogeološkom pogledu i već je o njemu pisano (Herak & Bahun, 1964). Veličina njegovog stratigrafskog skoka premašuje sve dosada opisivane skokove i približno iznosi preko 1000 m (stratigrafski su u kontaktu na izvoru Slunjčice klastične naslage gornjeg trijasa s vapnencima donje krede u kojima je nađena alga *Salpingoporella dinarica*). Nastavak ovog rasjeda od izvora Slunjčice prema Bročancu je litološki dobro markiran, jer su u kontaktu dolomiti malma s klastičnim naslagama gornjeg trijasa. S manje se sigurnosti može locirati sjeverna granica dolomita gornjeg trijasa, jer su sjeverno od autoceste u kontaktu s litološki veoma sličnim dolomitima malma. Zato je položaj rasjednog kontakta ovdje pretpostavljen.

Nakon ovako izoliranih opisa pojedinih područja nameće se pitanje mehanizma stvaranja današnjih strukturnih oblika. Pri rješavanju tog problema potrebno je pripaziti na dvije vrste pojava, koje se po svojim karakteristikama međusobno mogu teško dovesti u užu vezu. Tako bore, bilo da se radi o sinklinalama ili antiklinalama; imaju male amplitude, male indekse boranja, blaga krila, undulaciju uzdužne osi i sekundarna boranja sa često horizontalnim slojevima. Rasjedna tektonika, naprotiv, pokazuje znakove jačih gibanja stijena, što se odrazilo na skokovima od preko 600 metara. Pojave reversnih gibanja ustanovljene na sjeveroistočnom dijelu upućuju na tektoniku višeg stupnja. Međutim, za potpunu dokumentaciju takvih tvrdnji nedostaju neposredni dokazi koji se zbog prekrivenosti terena, litološke jednodolnosti naslaga i dr. nisu mogli terenskim radovima registrirati na većem broju lokaliteta. Tako na svim rasjedima označenim u karti (izuzev reversnog rasjeda kod Rudnice i Juzbašića) nedostaju oznake njihovog karaktera i u karti predstavljaju samo prekid normalnog slijeda naslaga. No, bez obzira na to u daljnjem će se tekstu pokušati opravdati pretpostavka o postojanju većeg broja reversnih rasjeda s nagibima paraklaza prema sjeveroistoku.

Analiziramo li relativne pomake krila rasjeda, dolazimo do ove konstatacije: kod svih rasjeda pružanja sjeverozapad—jugoistok ili sjever—jug (osim rasjeda Vrbovsko—Oštarije, Primišlje—Slunj i Lumbardenik—Bročanac) ustanovljeno je relativno izdizanje sjeveroistočnog odnosno istočnog krila. To je posebno dobro uočljivo kod Ribarića, sjeverno od Saborskog i kod izvora Slunjčice. Nadalje, trase utvrđenih ili pretpostavljenih rasjeda, te sistema rasjeda pokazuju tendenciju lučnog povijanja s konveksnom stranom luka okrenutom prema jugozapadu odnosno zapadu, dok tektonske pukotine, osobito u središnjem dijelu terena, imaju orijentaciju približno sjever—jug. Dodamo li tome sigurne nalaze reversnih pokreta kod Rudnice, logično se može pretpostaviti da su se pod pojačanim pritiscima sa sjeveroistoka, koji su u južnoj polovici terena bili jači, formirale strukture slične ljuskavim s nagibom većine paraklaza prema sjeveroistoku i s relativno uzdignutim sjeveroistočnim odnosno istočnim krilom. Podatak, da usprkos pretpostavljenim reversnim pokretima nisu formirane izoklinalne odnosno homoklinalne serije slojeva kao i postojanje normalnih bora, može se tumačiti jedino obrazloženjem prema kojem bi današnji strukturni odnosi nastali u dvije glavne faze. U prvoj bi bile formirane bore već opisanih karakteristika, dok bi u drugoj pod znatno jačim pritiscima bore bile razlomljene i stariji dijelovi u krovinskim krilima rasjeda reversno kretani preko mladih naslaga. Istovremenost formiranja bora i reversnih rasjeda morala bi se isključiti, jer bi u tom slučaju moralo doći do izoklinalnog položaja slojeva, ako ne na širem području, onda barem u neposrednoj blizini rasjeda. Takve pojave, međutim, nisu primijećene.

U vezi s iznesenom pretpostavkom važno je napomenuti, da su u relativno nedalekim područjima ustanovljena čak i navlačenja (Herak, Bojanić, Šikić & Magdalenić, 1961), kao i značajnija reversna kretanja (Bahun, Bukovac, Sokač & Sušnjarić, 1966 i Sušnjarić, 1966), pa ova pretpostavka ne oćudara od novijih tendencija u prikazivanju struktura Dinarskog područja. Razumljivo je,

da će daljnja detaljna i opsežnija istraživanja dati više sigurnih podataka, što će konačno opovrći ili potvrditi ovaj hipotetski prikaz.

Većina tektoničara smatra da šire područje, kojeg je sastavni dio i u ovom radu interpretirani teren, predstavlja dio Dinarida (K o b e r, 1915, 1923. i 1952. — donjo-dinarska navlaka, zona Visokog krša, zatim Nopcza, 1921 — vapnenačka zona, pa Petković, 1961 i Sikošek & Medwenitsch, 1965 — navlaka Visokog krša) koji je navučen na vanjsku jadransku zonu, odnosno zonu helenskog fliša, odnosno dalmatinsko-istarsku obalnu zonu, odnosno jadransko-jonsku zonu. S druge strane je važno spomenuti da je prema Petkoviću (1961) već spomenuta linija Slunj—Vrbovsko, na kojoj graniče navlaka Visokog krša i zona mezozojskih vapnenača i paleozojskih škriljavaca, prolazi upravo sjeveroistočnim rubom istraživanog područja. To bi prema istom autoru morala biti ujedno i granica između dva područja s različitim facijesima. Takove pojave, međutim, u ovom — kao i u područjima dalje prema sjeveru i sjeveroistoku (Bojanić & Cukor, 1966, 1967) — nisu ustanovljene. Naprotiv, facijelne karakteristike mezozojskih naslaga u ovom dijelu Korduna ne pokazuju međusobnih razlika, bilo da se radi o terenima jugozapadno ili sjeveroistočno od linije Slunj—Vrbovsko. Neki tektonski elementi, kao što je i ranije opisano, međutim, ipak ukazuju na pokrete u smjeru jugozapada, no njihov intenzitet nije takav, da bi se moglo govoriti o ovdje smještenom navlačnom kontaktu većih razmjera. Vjerojatnije je, da se radi o pojavama reversnih kretanja odnosno manjih navlačenja.

Na kraju, potrebno je naglasiti da je ovaj tektonski prikaz rezultat površinskih zapažanja i da se pri tom nije željelo ulaziti u problem dubinskih odnosa.

REKONSTRUKCIJA GEOLOŠKIH ZBIVANJA

Izneseni se prikazi stratigrafskih i tektonskih odnosa u glavnim crtama podudaraju s geološkim odnosima susjednih područja unutar Dinarida s. str., pa prema tome prikaz rekonstrukcije geoloških zbivanja ne sadrži novih elemenata, koji ne bi bili u skladu s postojećim novijim mišljenjima o geološkoj prošlosti ovih područja.

Pretežno sitnozrni klastični sedimenti mlađeg paleozoika upućuju na geosinklinalne uvjete sedimentacije u tom razdoblju. O tome kakvi su bili odnosi u razmaku između mlađeg paleozoika i gornjeg trijasa teško je određenije govoriti, jer u ovom području ne postoje sedimenti koji bi odgovarali tom razdoblju. Nalazi donjotrijaskih naslaga u susjednim područjima (Herak & Bahun, 1963; Šćavničar & Šušnjara, 1966) dokazuju nastavak pretežno klastične sedimentacije. Ovi podaci dopuštaju pretpostavku o većem rasprostranjenju donjotrijaskih naslaga, jer se pojava, da oni danas u ovim dijelovima nedostaju, može obrazložiti snažnim razaranjem sedimentata u srednjem trijasu. Nije isključeno, da je na isti način nestao i dio srednjotrijaskih naslaga. Međutim, u svakom je slučaju prije taloženja klastita gornjeg trijasa postojao kopneni period koji je uvjetovao njihov transgresivni odnos prema podini. Nakon toga nastupa stabilizacija basena koja traje sve do kraja donje krede. U tom su razmaku taloženi monotoni plitkomorski kompleksi pretežno dolomita u gornjem trijasu i juri i vapnenača u donjoj kredi. Uska veza dolomita i vapnenača, osobito u malmu, upućuje na dolomitizaciju u toku dijageneze, dok su rjeđe pojave singenet-skih vapnenačkih breča u malmu i donjoj kredi i fino-zrnih mehaničkih i kemijskih sedimentata u donjoj kredi, vjerojatno vezane uz lokalna gibanja dna basena.

Početkom gornje krede mijenjaju se uvjeti sedimentacije. Dolazi do stvaranja dolomitnih breča koje uz ostale ulomke sadrže i ulomke rožnjačkih fragmenata, kao i dolomita s mjestimičnom pojavom disperzne silifikacije. U južnim susjednim područjima u tom je nivou ustanovljen prekid u sedimentaciji (Bahun & Zupanić, 1965), tako da dolomiti i dolomitne breče transgresivno leže na donjoj kredi, iako u našem području nema znakova diskordancije, može se smatrati da je na prelazu iz donje u gornju kredu i ovdje došlo do oplićavanja basena.

U cenomanu ponovno dolazi do smirivanja u basenu, pa se kroz čitavu gornju kredu, uključujući i senon, talože tipični grebenski gromadasti rudistni vapnenci. To su ujedno i najmlađe naslage u ovom području, pa se rekonstrukcija na temelju neposrednih nalaza mora ovdje zaustaviti.

U susjednim područjima, međutim, sedimenti mlađeg neogena leže u formi erozivnih ostataka na paleoreljefu. Njihov položaj dokazuje da je između gornje krede i mlađeg neogena postojao kopneni period u kojem su erozijom bili razoreni tada već formirani tektonski oblici. Poremećenost neogenskih naslaga upućuje pak na veoma mlade pokrete.

HIDROGEOLOGIJA

Za interpretaciju postanka i postojanja hidrogeoloških pojava potrebno je poznavanje dvaju osnovnih svojstava stijena u kojima se one javljaju. To su prvo litološke osobine stijena i drugo njihov tektonski položaj. S tim u vezi potrebno je naglasiti, da se do unatrag desetak godina redovito velika važnost posvećivala samo litološkim karakteristikama stijena, dok su prostorni tektonski odnosi bili često zanemarivani. Tek je Herak (1957) odlučnije istakao i na primjerima (dijelom i s ovog područja) dokazao nedjeljivost tektonskih odnosa od litoloških osobina stijena prilikom hidrogeoloških interpretacija. Što više, dao je primjere gdje su česte pojave u kojima tektonski položaj ima značajniju ulogu od litoloških svojstava. Takvim prilaženjem problematici moguća je mnogo realnija ocjena hidrogeoloških odnosa. Zbog toga sva novija hidrogeološka istraživanja, temeljena na solidnoj geološkoj osnovi, kao i hidrogeološki dio ovog rada potvrđuju iznesene koncepcije. Izvanredna ilustracija takvog stanovišta je interpretacija hidrogeološke uloge dolomita u kršu. Poznato je, naime, da dolomiti mogu imati veoma različite hidrogeološke funkcije. Oni mogu biti potpune ili nepotpune zaustave, kao i potpuno propusne stijene. Svako istraživanje njihovog fizičkog i kemijskog sastava u cilju objašnjenja njihove veće ili manje propusnosti, odnosno nepropusnosti, moglo bi samo iznimno u detaljima dati zadovoljavajuće rezultate. Međutim, istraživanja odnosa njihovog tektonskog položaja prema hidrogeološkoj funkciji dalo je dosada značajnih pozitivnih i što je važno jednoznačnih rezultata, koji se mogu primjenjivati u budućim istraživanjima. Tako je ustanovljeno da dolomiti, koji superpozicijski leže na kompleksu nepropusnih naslaga, kao i dolomiti koji tektonski dolaze u obliku anti-forme i čiji su najdublji dijelovi ispod nivoa podzemnih voda, predstavljaju zaustave podzemnim tokovima vode. S druge strane dolomiti, kojih je dno sinforme za vrijeme normalnih vodostaja iznad nivoa podzemnih voda, zatim koji su u krilima antiformali i na koncu koji dolaze u izmjeni s vapnencima (osim u antiklinalnoj formi), ne predstavljaju značajnije prepreke podzemnim vodenim tokovima. Prema tome, svako uklapanje dolomita u bilo kakvu shemu, koja bi ih a priori hidrogeološki kvalificirala, bilo bi pogrešno. Za to je jedini realan način za ocjenu njihove hidrogeološke funkcije prvenstveno određivanje njihove stratigrafske pripadnosti i tektonskog položaja. Rješavanje hidrogeoloških problema nakon toga je u većini slučajeva prilično jednostavno.

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE STIJENA

Osnovne litološke osobine stijena već su iznesene u stratigrafskom dijelu, pa će zbog toga ovdje biti ukratko prikazan njihov odnos prema vodi. Međutim, kako hidrogeološka funkcija stijena ne ovisi samo o njihovom litološkom sastavu, što je naglašeno u uvodnom dijelu, to će ovdje izneseni podaci tek orijentaciono ukazati na ulogu litoloških karakteristika u stvarnoj propusnosti odnosno nepropusnosti pojedinih područja.

U namjeri da se što više ovim prikazom približno stvarnim procesima koji su doveli do formiranja današnjih geoloških, a zbog toga i hidrogeoloških odnosa, potrebno je po mogućnosti izbjegavati sheme koje bi unaprijed hidrogeološki kvalificirale stijene bez obzira na njihov stratigrafski i tektonski položaj, te stupanj sekundarne propusnosti. Za to će opis stijena prema litološkim karakteristikama (nepropusne, propusne, djelomično propusne itd.) izostati, a veća će pažnja biti posvećena redosljedu taloženja pojedinih litostratigrafskih članova, kako bi se naglasila važnost njihovog primarnog stratigrafskog položaja.

Najstarije naslage u ovom području pripadaju *mlađem paleozoiku*. Sastavljene su od glinenih škriljevaca i pješčenjaka, koji dolaze približno u omjeru 3 : 1. Oni predstavljaju jezgru antiformalni, ukoliko nemaju alohtoni položaj. Litološki sastav dozvoljava manje cirkulacije voda samo u površinskom dijelu naslaga, tako da je moguća samo manja propusnost kroz uloške pješčenjaka i to u blizini površine gdje se uz međuzrnsku javlja i pukotinska poroznost. Tada može doći do manjih kretanja vode pod djelovanjem gravitacije. Škriljevci imaju međuzrnsku poroznost sa subkapilarnim porama, pa je u vezi s tim propusnost veoma mala ili nikakva. Područja koja su izgrađena od ovih naslaga mogu se smatrati u cjelini nepropusnima za podzemne vodene tokove, dok oborinske vode mogu do manje dubine mjestimično prodrijeti u relativno propusne pješčenjake kroz koje se procjeđuju i formiraju veći broj malih izvora.

Već je prije navedeno da se za kopneni period u razdoblju od kraja paleozoika do gornjeg trijasa ne može tačno odrediti dužina i vrijeme njegovog trajanja. Međutim, bez obzira na to, zahvaljujući litološkom sastavu, egzogeni utjecaji mogli su prouzrokovati samo morfološke izmjene paleozojskog kopna, koje na primarne hidrogeološke osobine stijena nisu imale nikakvog utjecaja.

Gornji trijas dolazi kao transgresivni kompleks sedimenata izgrađenih od konglomerata, laporovitih škriljavaca i pješčenjaka. Ove naslage imaju gotovo ista hidrogeološka svojstva kao i naslage paleozoika i, kako su s njima u uskoj superpozicijskoj vezi, kompleks u cjelini nepropusnih naslaga je povećan kako u vertikalnom tako i u horizontalnom smislu. Zbog toga se područja, koja su izgrađena od klastičnih naslaga gornjeg trijasa, mogu smatrati pouzdanim zaustavama podzemnim vodenim tokovima, jer — ukoliko nisu alohtona — imaju u podini usku

vezu s nepropusnim paleozojskim naslagama. Budući da ovi sedimenti stratigrafski predstavljaju najstarije mezozojske naslage, dolaze u tektonskom pogledu redovito kao strukturne jezgre antiformi, što još više potencira njihovu nepropusnost. U ovom su području to dijelovi potpunih zaustava kod Vrbovskog, kod Sabljaka i izvora Slunjčice.

Nastavak sedimentacije u gornjem trijasu predstavljen je dolomitima koji se kontinuirano nadovezuju na klastične naslage gornjeg trijasa. Njihove litološke osobine, za razliku od klastičnih naslaga paleozoika i gornjeg trijasa, ne daju im primarno nepropusan karakter. Naprotiv, poznato je (Poljak, 1958) da su dolomiti zbog svoje sekundarne pukotinske poroznosti uglavnom za vodu propusni, te da se u dolomitima kao i u vapnencima mogu formirati svi krški fenomeni i na taj način omogućiti podzemnu cirkulaciju vode. Oborinske se vode ne slijevaju naglo dubokim i dugačkim »V« dolinama, već ulaze pliće u rastrožene površinske dijelove, ili pak uzduž pukotina u veće dubine. Ovisno o sekundarnoj oštećenosti dolomita vode se kreću na niže i na jačim pukotinama izlaze u obliku silaznih vrela u samim dolomitima. Zbog primarnih strukturnih karakteristika dolomiti se trošenjem raspadaju u dolomitni pijesak, što donekle lokalno usporava brzinu kretanja podzemnih voda, pa su vrela u dolomitima obično manjeg kapaciteta, ali zato obično stalna.

Dolomiti *lijasa* kontinuirano slijede na gornjotrijaskim dolomitima i od potonjih se razlikuju krupnoćom zrna i pojavom leća vapnenaca u starijim dijelovima. Međutim, kako spomenuti vapnenci nemaju značajnijeg rasprostranjenja, to se u hidrogeološkom smislu lijaski dolomiti mogu smatrati veoma sličnim gornjotrijaskim.

Hidrogeološke karakteristike dolomita gornjeg trijasa i lijasa, kao što je opisano, ne daju dovoljno elemenata na temelju kojih bi se ove stijene moglo smatrati nepropusnima. Ipak, u ovom području oni predstavljaju potpune zaustave i to zahvaljujući najprije stratigrafskom, a onda tektonskom položaju. Oni, naime, kontinuirano leže na nepropusnom klastičnom paleozojsko-trijaskom kompleksu, koji tektonski dolazi u jezgri antiformi. Prema tome, sve podzemne vode gravitirajući k nižoj stepenici neće teći prema takvoj nepropusnoj jezgri već od nje ili uz nju. To se svakako moralo odraziti i u degradaciji dolomita putem erozije i korozije, koja je zbog toga bila jača i intenzivnija u perifernim dijelovima antiforme nego bliže nepropusnoj jezgri. Tako trijaski i lijaski dolomiti kod Vrbovskog na sjeverozapadu terena, zatim od Sabljaka do Plaškog u središnjem dijelu i kod izvora Slunjčice na istočnom kraju terena superpozicijski i tektonski prostorno usko povezani s nepropusnom jezgrom, sudjeluju u potpunom usporu podzemnih voda.

Doger i *malm* zastupljeni su također uglavnom dolomitima, koji u jugozapadnom dijelu nose uloške vapnenaca. Njihove primarne litološke karakteristike, kao i kod dolomita gornjeg trijasa i lijasa, ne prejudiciraju njihovu nepropusnost za podzemne vodene tokove, pa su oni na većem dijelu terena, kako u odnosu na površinske tako i na podzemne

vode, propusni ili djelomično propusni. Međutim, ako dolaze u antiklinalnom položaju i oni mogu predstavljati potpune zaustave. Za ovu pojavu postoje veoma lijepi primjeri i na ovom terenu. Malmski dolomiti i vapnenci, koji se pružaju od Gomirja do Zagorske kose zapadno od izvora Zagorske Mrežnice i dalje preko izvora Vrnjike do izvora Dretulje izgrađuju područje kroz koje se podzemne vode iz vapnenačkog zaleđa kreću prema istoku na nižu stepenicu. Ulošci vapnenaca predstavljaju puteve s manjim otporom tečenja, te su pojave izvora na tom dijelu vezane za njih. Isto tako dolomitno područje od Ogulina do Plavče drage obiluje većim ili manjim pojavama poniranja površinskih voda. U tektonskom pogledu ova se dva područja nalaze u krilima anti-forme Vrbovsko—Plaški, dakle relativno daleko od nepropusnih naslaga u jezgri, pa je i normalno da su za površinske i podzemne vode propusna, jer nemaju primarnih nepropusnih svojstava. Potpuno drugačiju sliku pružaju područja kod Vitunja zapadno od Ogulina, kod Ličke Jesenice na jugu i zapadno od Slunja na istoku terena. Ovdje su u sedimentima dogera i malma formirane antiklinale, koje ne dopuštaju podzemnim vodama kretanje u smjeru okomitom na pružanje osi, pa time usporavaju ili skreću površinske i podzemne tokove koji dolaze iz tog pravca. Prema tome, u pogledu hidrogeoloških karakteristika u područjima koja su izgrađena od dogerskih i malmskih naslaga odlučujuću je ulogu odigrao tektonski položaj naslaga.

Poseban slučaj predstavlja područje sjeveroistočno od rasjeda Tounj — Slunj, izgrađeno od malmskih dolomita i vapnenaca. Iako prema litološkim i tektonskim karakteristikama spada u propusna područja, ono ipak usporava podzemne vode koje dolaze sa zapada. Ova je pojava vezana za visoki nivo podzemnih voda u propusnim naslagama i o njoj će biti naknadno više govora.

Kontinuirana sedimentacija se nastavlja i u *donju kreu* u obliku debelih vapnenačkih naslaga. Ove se naslage zbog svojih litoloških osobina, koje dozvoljavaju veliku sekundarnu propusnost, mogu smatrati potpuno propusnima. One su bogate krškim oblicima različitih dimenzija i predstavljaju medij u kojem će oborinske vode odmah nestati i u kojem će podzemne vode formirati podzemnu retenciju i proticati na nižu stepenicu. Njihova je propusnost potencirana i tektonskim položajem. One, naime, redovito dolaze u sinklinalnim dijelovima, tako da su im makar i djelomično propusne stijene duboko ispod površine i ispod nivoa podzemnih voda. Vode, došavši površinski do ovih naslaga, redovito odmah poniru, nastavljaju teći kroz njih podzemljem i na kontaktu ovih naslaga s nepropusnim područjima ponovno se javljaju na površini u formi jakih izvora.

Na vapnencima donje krede slijede *gornjokredni* dolomiti i dolomitne breče. Njihova relativno mala debljina, koja iznosi od 100 do 200 m, sinklinalni položaj i sekundarna oštećenja, razlogom su da niti ove naslage ne predstavljaju značajnije prepreke kretanju voda. Manji lokalni uspori, ali samo za oborinske vode koje se gravitacijski kreću

unutar krovinskih rudistnih vapnenaca, primijećeni su u obliku slabih periodičnih izvora ili lokvi u kontaktnom nivou između spomenutih naslaga i rudistnih vapnenaca. Nije isključeno da bi dolomitne breče i dolomiti u tektonskoj formi antiklinale mogli imati značajniju uspornu funkciju i za podzemne vodene tokove u većim dubinama, što međutim u ovom terenu nije registrirano.

Kontinuitet karbonatne sedimentacije traje i dalje u gornjoj kredi. *Cenoman, turon i senon* zastupani su debelim naslagama uglavnom gromadastih, grebenskih rudistnih vapnenaca, sekundarno jako oštećenih, punih ponikava, ponora, jama, te pukotina različitih dimenzija. Oni predstavljaju sredinu u kojoj se vode kreću jedino ovisno o razlici u kapacitetu postojećih pukotina.

Prema izloženom, znači, naslage cijelog krednog sistema zbog litoških, stratigrafskih i tektonskih karakteristika predstavljaju propusne naslage kroz koje se podzemne vode, ovisno o sekundarnoj oštećenosti, više ili manje koncentrirano kreću prema nižoj stepenici. Područja do linije Slunj—Vrbovsko, koja su izgrađena od ovih naslaga, u površinskom su dijelu bez izuzetaka bezvodna, dok se u dubljim dijelovima mogu očekivati podzemne retencije, o čemu će biti naknadno više govora u poglavlju »Kretanje podzemnih voda«.

Na temelju kvartarnih proluvijalnih sedimenata može se u ovom području pretpostaviti postojanje jezerske sedimentacije u *mlađem neogenu ili kvartaru*. Vrijeme postojanja takve površinske akumulacije u hidrogeološkom pogledu je manje značajno od pojave, da su glinoviti i pjeskovito-glinoviti sedimenti, u tekstu opisani kao proluvij, u nekim područjima veoma dobro sanirali okršenu vapnenačku površinu i omogućili da površinski tokovi ne nestaju u podzemlju usprkos vapnenačkoj i u dubljim dijelovima propusnoj podlozi.

Iz opisa hidrogeoloških karakteristika stijena, koje izgrađuju istraživano područje, ukratko se može zaključiti, da su za podzemne tokove nepropusne paleozojske, gornjotrijaske, lijaske, a dijelom dogerske i malmske naslage, dok se propusnima moraju smatrati dijelom dogerske i malmske, te kredne naslage. Ova je zaključak dobiven kombinacijom litoških i tektonskih karakteristika stijena i odnosi se na istraživano područje, pa prema tome nema normativni karakter za ostale terene gdje su, zahvaljujući tektonskim uslovima, hidrogeološki odnosi vjerojatno potpuno drugačiji.

HIDROGEOLOŠKA RAJONIZACIJA TERENA

Slijedeći koncepcije iznesene u dosadašnjim radovima koji hidrogeološku rajonizaciju dinarskog krša zasnivaju na tektonsko-litostatigrafskim temeljima, što je inicirano radom Heraka (1957), izvršena je rajonizacija i ovog terena.

U cjelini on spada u središnji pojas (Herak, Bahun i Magdalenić, 1966), koji je prema citiranom radu karakteriziran brojnim

izvorima, ponorima, estavelama i odstupanjem između površinskih i podzemnih razvodnica, a samo svojim sjeveroistočnim dijelovima ulazi i u unutarnji pojas.

Vodeći računa o hidrogeološkim kriterijima koji su primjenjivani u navedenom radu, u ovom je terenu izvršena hidrogeološka rajonizacija prema hidrogeološkim funkcijama pojedinih područja. Tako se mogu razlikovati potpune zaustave, nepotpune zaustave, područja s plitkom pukotinskom vodom, područja pojačane retardacije, područja s definitivno usporenim podzemnim vodama i na kraju propusna područja.

Potpune zaustave

Prilikom ocjene hidrogeoloških kvaliteta pojedinih područja u istraživanom terenu su kao potpune zaustave izdvojena ona područja, koja u potpunosti presijecaju podzemne vodene tokove i uzrokom su njihovog pojavljivanja na površini ili formiranju trajnih podzemnih ili nadzemnih akumulacija. Na taj je način istaknuta hidrogeološka funkcija izvjesnog dijela terena, dok su uzroci koji su formirali takvu potpunu zaustavu ostavljeni u drugom planu. Oni se ne mogu shematizirano primjenjivati na sve terene zbog velikog broja različitih faktora koji utječu na njihovu hidrogeološku funkciju. Samo neki od njih su: litološki sastav, stratigrafski položaj, tektonski položaj, sekundarna oštećenost stijena, prostorni položaj u odnosu na nivo vode temeljnice i dr. Koji će faktor ili kombinacija navedenih faktora biti uzrokom formiranja potpune zaustave nemoguće je unaprijed odrediti, već je za svaki teren potrebno izolirano ocijeniti svaki od navedenih faktora.

Nepotpune zaustave

U nepotpune zaustave uvrštena su ona područja, koja kompleksom svojih karakteristika omogućavaju djelomičnu, lokalnu ili povremenu podzemnu cirkulaciju vode. Formiranje nepotpunih zaustava može biti uvjetovano tektonikom (npr. dolomiti u krilu antiklinale, jače razlomljena inače nepropusna područja, vapnenačke stijene u formi antiklinale itd.), litološkim sastavom (npr. izmjena dolomita i vapnenca), hidrogeološkim karakteristikama (kapцитeti podzemnih šupljina, visinom nivoa podzemnih voda, količinom podzemnih voda itd.) i drugim faktorima kao što su morfologija, kvaliteta i debljina kvartarnog nanosa i dr. Veoma je, dakle, teško bez analiza navedenih faktora i njihove međusobne povezanosti kvalitetno ocijeniti neku zaustavu. Međutim, uz niz navedenih faktora koji uvjetuju formiranje nepotpunih zaustava, postoje kao posljedica njihovih funkcija i karakteristična morfološka obilježja, prema kojima se može pretpostaviti postojanje takve zaustave. To su: estavele, povremeni izvori, povremeni površinski tokovi.

U istraživanom području nepotpune zaustave zauzimaju relativno mali prostor. Obično dolaze između dvije potpune zaustave u uzdužnom smislu kao što je to slučaj kod periodičnog jezera Begovac.

Područja s plitkom pukotinskom vodom

Ova bi se područja u širem smislu mogla tretirati kao dijelovi potpunih zaustava. Kako, međutim, predstavljaju njihove periferne dijelove, ona nemaju u potpunosti izražen nepropusni karakter, pa su stoga opisana odvojeno. Radi se, naime, o pojavi da ova područja ne usporavaju podzemne vodene tokove, već površinske vode djelomično, lokalno ili povremeno propuštaju u podzemlje, odnosno zadržavaju na površini. To je rezultiralo formiranjem većeg broja manjih periodičnih izvora, periodičnih površinskih tokova i ponora.

Područje pojačane retardacije

Litološki sastav i tektonski položaj stijena koje izgrađuju ovo područje uzrokovali su pojavu pojačane retardacije podzemnih voda koje dolaze sa zapada. Budući da su ovdje dogerske i malmske naslage sastavljene od dolomita u kojima dolaze leće vapnenaca, a kontaktna ploha s donjokrednim propusnim naslagama nagnuta je prema jugozapadu i zapadu, podzemni vodeni putovi formirani su skoro isključivo u vapnenačkom dijelu ovih naslaga. Budući da leće vapnenaca čine relativno mali dio u odnosu na dolomite, dolazi do povećanih otpora tečenja i pojave pojačane retardacije u podzemlju.

Područje s definitivno usporenim podzemnim vodama

U ovom području ne postoje mogućnosti brzog i koncentriranog otičanja podzemnih voda na nižu stepenicu, već je ovisno o geološkim odnosima došlo do formiranja više ili manje povezanog nivoa podzemnih voda na apsolutnoj visini od 200 do 220 m.

Propusna područja

U ovom su terenu propusnim područjima označeni oni dijelovi lito-sfere, koji su u cjelini sve do nepropusne podloge potpuno propusni u odnosu na podzemne vodene tokove. Karakterizirani su nedostatkom stalnih i povremenih površinskih tokova, nedostatkom izvora, a s druge strane bogatstvom krških morfoloških oblika (ponikve, jame, ponori). Podzemne vode cirkuliraju bez većih prepreka kroz sisteme pukotina i šupljina različitih dimenzija. Takove hidrogeološke pojave nastale su prvenstveno zbog litološkog sastava ovih područja. Naime, u cjelini, samo s manjim izuzecima ova su područja izgrađena od vapnenačkih naslaga koje su podložne korozivnim i erozivnim utjecajima, kako na površini tako i u podzemlju. Tektonski je pak položaj omogućio formiranje potpune propusnosti do većih dubina, jer ova područja redovito pripadaju sinformama, čime su nepropusni ili djelomično propusni dijelovi zaustava spuštani dublje od nivoa eventualnih postojećih pod-

zemnih voda. Na taj su način omogućeni podzemni tokovi voda prema nižoj stepenici.

Medusobni prostorni odnosi potpunih zaustava, nepotpunih zaustava i propusnih područja uvjetovat će u pravilu istovetne hidrogeološke pojave. Tako potpune zaustave redovito obiluju površinskim vodenim tokovima koji izviru na jednom kraju, dok na suprotnom kraju poniru. Područja nepotpunih zaustava odlikuju se povremenim izvorima i površinskim tokovima, koji na kontaktu s propusnim područjima poniru. Propusna područja, naprotiv, nemaju površinskih tokova, cirkulacija vode je isključivo podzemna, a oborinske vode brzo poniru kroz bezbroj pukotina različitog oblika i dimenzija. Ovisno o rasporedu zaustava i propusnih područja i o generalnom smjeru kretanja voda, s obzirom na pripadnost odgovarajućem slivu, moći ćemo pratiti put voda i površinski i u podzemlju.

Ovaj teren pripada crnomorskom slivnom području i nalazi se sjeveroistočno od razvodnice jadranskog i crnomorskog sliva koja prolazi jugoistočno od Male Kapele. Prema tome, sve vode bilo podzemne ili nadzemne teku generalno prema sjeveroistoku, da bi se s vodama Gojačke Dobre, Primišljanske Mrežnice i Korane slile kod Karlovca u Kupu. Imajući u vidu ovaj podatak, samo letimičan pogled u hidrogeološku kartu bit će dovoljan, da se iz rasporeda zaustava i propusnih područja zaključi u kojim se zonama i lokalitetima mogu očekivati hidrogeološke pojave i kakve će one biti, pa čitav daljnji prikaz samo ilustrira cjelokupnu hidrogeološku koncepciju.

Pridržavajući se smjera kretanja voda, u ovom se terenu, idući od jugozapada prema sjeveroistoku mogu razlikovati: gornje sabirno područje, gornje usporno područje, donje sabirno područje i donje usporno područje.

Gornje sabirno područje

Ovo područje obuhvaća jugozapadno propusno područje od Vitunja do Ličke Jesenice, koje je zahvaćeno istraživanjima samo u svom početnom dijelu. Međutim se na temelju rekognosciranja može reći, da je cijelo zaleđe prema zapadu izgrađeno od vapnenca, pa prema tome ovaj rubni dio predstavlja sjeveroistočni završetak velikog propusnog vapnenačkog područja Male Kapele. Na cijeloj dužini od Vitunja do Jurjeve drage na jugu, ovo područje sa sjeveroistočne strane graniči s prije opisanim područjem pojačane retardacije izgrađenim od malm-skih dolomita i vapnenaca. Prostorno naslage područja pojačane retardacije na većem dijelu dolaze u podini propusnog područja s nagibom granične plohe prema jugozapadu.

U kontaktnom nivou s dolomitima i vapnencima malma, koji imaju manju propusnu moć, dolazi do djelomičnog, povremenog i lokalnog usporavanja podzemnih voda i formiranja eventualnih retencija u po-

zadini iz kojih se duž već opisanih propusnijih leća vapnenaca vode dreniraju prema nižoj stepenici, gdje na kontaktu s potpunom zaustavom formiraju jaka i stalna vrela. S tim u vezi logična je pretpostavka o postojanju retencije podzemnih voda u propusnim vapnenačkim naslagama vezanim za jače tektonski oštećene dijelove. U prilog ovoj pretpostavci govore izvori Vitunja, Zagorske Mrežnice, Vrnjike, Dretulje, Paskaševca i Malog vrela Jesenice. Sve su to stalni izvori koji u zaleđu moraju imati znatne rezerve podzemnih voda, jer bi u protivnom u ovisnosti od količina oborina brzo i znatno varirali svojim kapacitetom (što kog njih nije slučaj), ili bi u ljetnim mjesecima potpuno presušili. O položaju i kapacitetu takvih podzemnih rezervi voda teško je određenije govoriti bez detaljnijeg istraživanja trupine Male Kapele, ali se može vjerovati da u bližem ili daljnjem zaleđu svakog od izvora postoje podzemno moguće čak i akumulirane znatnije količine vode. Da li su one međusobno povezane, djelomično povezane ili povremeno povezane, ovisi o prilivu podzemnih voda sa šireg područja i o geološkim odnosima u ovom dijelu Kapele, pa bi za eventualno rješavnije ovog pitanja bila potrebna daljnja istraživanja.

Analizom pukotinskih sistema na aerosnincima i terenskim opažanjem ustanovljeno je, da ova zona obiluje brojnim pukotinama pravca sjever-jug, dok su rjeđe pukotine pravca sjeveroistok-jugozapad. Posebno su važne pukotine pravca sjever-jug, jer sijeku pružanje čitave strukture i jer su otvorile mogućnost kretanja podzemnim vodama iz pozadine u trupini Male Kapele prema sjeveru, što je veoma dobro vidljivo u okolini izvora Zagorske Mrežnice. Uz pukotine veoma važni su i ulošci vapnenaca u dolomitima u području pojačane retardacije koji predstavljaju propusnije dijelove kompleksa i na taj način povezuju dolomitno-vapnenački kompleks s propusnom vapnenačkom masom i omogućuju podzemni dotok voda iz daljeg zaleđa do mjesta izviranja. Od posebnog je značenja morfologija ovog dijela terena. Naime, uvjet za pojavljivanje podzemnih voda na površini, a da ne dođe do podzemnih tokova paralelnih potpunoj zaustavi, je odnos apsolutnih nadmorskih visina između sabirnog područja i uspornog područja. U našem je slučaju i taj uvjet zadovoljen, jer sabirno područje doseže visine i do 1000 m nad morem, dok se visina uspornog područja u prosjeku kreće oko 400 m nad morem.

Gornje usporno područje

Ovo područje obuhvaća potpune zaustave na dijelu terena od Vrbovskog do Ličke Jesenice, nepotpunu zaustavu Begovca i jugozapadne dijelove područja s plitkom pukotinskom vodom. U širini od oko 2 km predstavlja kompleksnu zaustavu podzemnim vodam koje dolaze iz propusnog vapnenačkog područja sa zapada. Ova je zaustava jedna iz niza zaustava, koje se prema sjeverozapadu nastavljaju na kompleksnu hi-

drogeološku antiformu u području Gorskog kotara i preko Plitvičkih jezera i Plješevice završavaju kod Bruvna (H e r a k, B a h u n i M a g d a l e n i ć, 1966). U tektonskom pogledu ima formu rasjednute antiklinale s jezgrom od klastičnih naslaga paleozoika i gornjeg trijasa. Dolomiti gornjeg trijasa, lijasa, dogera i malma, ovisno o tektonskom položaju, također sudjeluju u njezinom sastavu. Idući od sjeverozapada prema jugoistoku može se razlikovati prema strukturnom položaju i litološkom sastavu nekoliko dijelova:

a) *Područje oko Urbovskog* od auto-cesta do Hambarišta, izgrađeno od paleozojskih i gornjotrijaskih klastita i gornjotrijaskih dolomita, predstavlja potpunu zaustavu, rasjedom oštro odvojenu od propusnog područja Cetina. Površinski tok rijeke Dobre u blizini tog kontakta već pokazuje znakove gubljenja vode kroz manje ponore, pa pouzdanost zaustave u lijaskim vapnencima južno od Hambarišta već dolazi u pitanje. Paleozojske i gornjotrijaske naslage, dakle, u ovom slučaju igraju presudnu ulogu u kvaliteti zaustave, dok je detaljni tektonski položaj od manjeg značenja.

b) *Područje Vitunj — vrelo Zagorske Mrežnice — Plaški* predstavlja potpunu zaustavu dužine oko 30 km. U početnom dijelu od Vitunja do izvora Zagorske Mrežnice izgrađena je od dolomita dogera i malma koji su u rasjednom kontaktu s malmskim i donjokrednim dolomitima sjeveroistočnog krila antiklinale Vrbovsko — Lička Jesenica. Funkcija potpune zaustave postignuta je antiklinalnim položajem dogerskih i malmskih naslaga, koji se može pratiti od Vitunj potoka do samog izvora Zagorske Mrežnice, gdje se antiklinala čelno zatvara i završava na rasjedu Sabljaki — vrelo Mrežnice. Dok u području Vitunja prepreku podzemnim vodenim tokovima predstavlja samo blaga antiklinala dogerskih i malmskih dolomita, u području izvora Zagorske Mrežnice uz antiklinalu dogerskih i malmskih dolomita podzemne su vode usporene i klastičnim i dolomitnim naslagama gornjeg trijasa izdignutim uz rasjed Sabljaki — izvor Mrežnice (sl. 2). Na taj je način potpunost zaustave povećana do te mjere, da su prilikom istražnog bušenja u području Sabljaka registrirane čak i pojave arteške vode (H e r a k, 1954b). U nastavku pružanja prema Plaškom zaustava je izgrađena od dolomita gornjeg trijasa i lijasa, koji su na jugozapadu rasjedom odvojeni od naslaga malma. Tektonski predstavlja sjeveroistočno krilo antiklinale u čijoj jezgri dolaze klastične naslage gornjeg trijasa, ali ovdje ne na površini. Prema tome, nepropusnost je i ovdje postignuta zbog litoloških, stratigrafskih i tektonskih uvjeta. Južno od Plaškog dolazi zbog već spomenutog rasjeda do isklinjavanja i jače tektonske oštećenosti stijena gornjotrijaskih i lijaskih dolomita, pa je kontinuitet nepropusnosti područja prekinut usprkos u osnovi zadržanog antiklinalnog položaja naslaga i nastaviti će se nešto južnije.

c) U području Ličke Jesenice zaustavu čine dolomiti malma koji u osnovi imaju antiklinalni položaj. Sa sjeveroistočne strane su rasjedom odvojeni od propusnog krednog područja. Potpunost zaustave postignuta je antiklinalnim položajem i velikom masom malmskih dolomita.

Prema izloženom, dakle, cijelo područje od Vrbovskog do Ličke Jesenice, izgrađeno od paleozojskih, gornjotrijaskih i jurskih naslaga, koje dolaze u tektonskoj formi rasjednute antiklinale, predstavlja zaustavu, čija je potpunost prekinuta samo između Hambarišta i Vitunja i između Plaškog i Ličke Jesenice i to zbog tonjenja osi bore ili zbog većeg broja lomova. Nadalje, pojava da se na različitim odsjecima različiti stratigrafski i litološki članovi pojavljuju kao nepropusne stijene, nedvojbeno ukazuje na primarnu ulogu tektonskog položaja naslaga u formiranju potpunih zaustava.

Duž čitavog kontakta ovog područja sa sabirnim područjem javlja se niz izvora različitog kapaciteta, vode kojih formiraju stalne površinske tokove. Dužine tokova variraju u ovisnosti o svom smjeru i krivudavosti, ali redovito završavaju ponorima na sjeveroistočnom rubu uspornog područja. Budući da su pojedini izvori kao i tokovi interesantni to će njihova glavnina biti detaljnije opisana.

Ogulinska Dobra je rijeka koja ulazi u istraživano područje sa sjeverozapada kroz nepropusne naslage paleozoika i gornjeg trijasa. Južno od Hambarišta ulazi u naslage lijasa i meandrirajući prema istoku približava se rasjednom kontaktu lijasa i donje krede. Do Gomirja teče prema jugoistoku paralelno s rasjedom i u njegovom jugozapadnom krilu po naslagama lijasa i dogera, pa nema gubitaka vode iz korita. Međutim, kod Gomirja naglo skreće prema istoku, prelazi u sjeveroistočno krilo rasjeda koje je izgrađeno od dolomita i vapnenaca donje krede, tj. propusnih naslaga, pa dobivši mjestimično i kanjonski karakter, počinje gubiti značajnije količine vode preko ponora u koritu (Herak, 1954 c). Gubici vode mogu se pratiti od Gomirja pa sve do Hreljina, odakle od Sv. Petra, odmaknuvši se od vapnenačkog dijela donje krede, teče dolomitima i ne gubi značajnijih količina vode. Ponovni su gubici registrirani južno od Sv. Petra u zoni rasjeda Vrbovsko—Oštarije. Manja akumulacija Bukovnik izgrađena za potrebe hidroelektrane Gojak, smještena nešto južnije, ne gubi akumulirane vode vjerojatno zbog toga, jer se nalazi u nepropusnim antiklinalno položenim dogerskim dolomitima jugozapadnog krila rasjeda. Daljnji tok Dobre skreće odatle prema sjeveroistoku, ide kroz malmske dolomite, da bi završio u Đulinom ponoru kod Ogulina na kontaktu dolomita i vapnenaca donje krede. Na svom toku od Vrbovskog do Ogulina Ogulinska Dobra prima veći broj pritoka i to većim dijelom s desne strane. Nedostatak izvora s lijeve strane vezan je uz propusnost vapnenaca donje krede na njezinoj lijevoj obali i gravitiranje podzemnih voda u njima prema sjeveroistoku. Od jačih i stalnih pritoka treba spomenuti Ka-

mačnik potok kod Vrbovskog i Vitunj potok sjeverno od Sv. Petra. Ostali manji i većim dijelom periodični potočići vezani su svojim postankom za pliče vode skupljene u pukotinama dolomitnih stijena. To su redom od sjeverozapada prema jugoistoku: Ribnjak, Blatnik, Tičevo, Zdešković, Puškarić, Pećnik i Bukovnik.

Prema Gorjanoviću (1914) nekada se tok Ogulinske Dobre u području današnjeg Đulinog ponora granao u dva kraka, kojih su suha korita i danas vidljiva. Jednim su vode tekle prema istoku i sjeveroistoku do ponora kod Obruča podno Krpela, a drugim bi odlazile prema sjeveru do ponora kod Stelnice. Navedena suha korita, kao i ponori kojima ona završavaju nalaze se na višoj koti od kote Đulina ponora. Znači, dakle, da je Đulin ponor relativno mlađeg postanka, a da je vapnenačka zaravan oko Ogulina bila nepropusna i gubila površinske vode tek na svom sjevernom i sjeveroistočnom rubu. Pa i u novije vrijeme kod izuzetno velikih voda nekadašnja hidrološka slika se obnavlja. Ogulinska Dobra, naime, na većem dijelu svog toka, osobito u gornjem toku, teče kroz nepropusno područje i za vrijeme velikih oborina nailazi veoma naglo. Tako je u IX mjesecu 1924. u roku od 36 sati ispunila korito, izlila se i poplavila Ogulin. Povukla se tek nakon nekoliko dana u ponore kod Ogulina (Stelnica) i podno Krpela u području Obruča.

Kamačnik potok počinje izvorom Kamačnik jugozapadno od Vrbovskog. Sam je izvor pukotinski uzlazni izvor, smješten u lijaskim dolomitima. Tok počinje malim jezercem dimenzija 15×20 m s najvećom dubinom vode u sredini od oko 1,5 m. Neposredno nad njim strmo se uzdižu uslojeni kompaktni lijaski dolomiti, koji čine podinu jurskim vapnencima. Izvor je stalan s konstantnim dotokom vode, a sabirno područje predstavljaju vapnenci i dolomiti južno i jugoistočno od izvora. Kroz njih se vode polaganije nego kroz same vapnence spuštaju duž pukotina, da bi djelomično usporene izbile na samom izvoru. Prema geološkoj situaciji u bližoj okolini izvora vjerojatno je, da vode koje na njemu izlaze, prethodno ne ulaze mnogo dublje u podzemlje nego što je kota izvora, a ona iznosi cca 410 m.

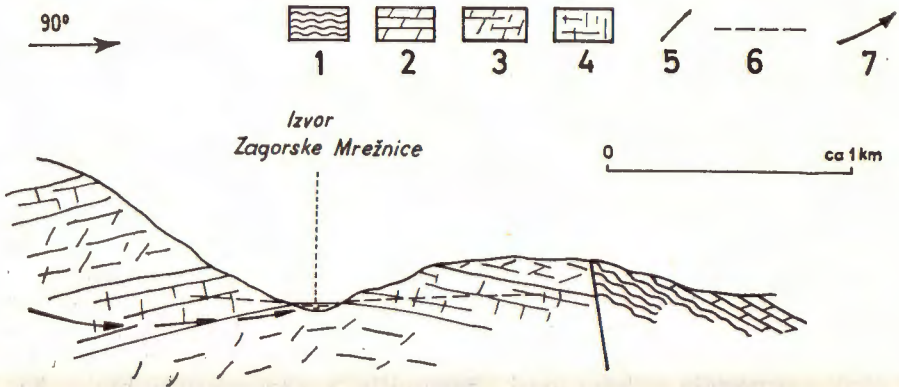
Kamačnik potok dugačak je svega nešto više od 2 km, jer se već južno od željezničke stanice Vrbovsko ulijeva u Ogulinsku Dobru. Usjekao je duboku poprečnu dolinu u dolomitima i vapnencima lijasa, pa je njegov uski kanjon veoma slikovit, osobito na mjestima gdje su strme stijene vapnenaca visoke i preko 30 m gotovo natkriljuju nad tok. U strmim obalama postoje vrtložni lonci i poluspilje, a u samom toku brojne kaskade visoke i do 3 metra.

Vitunj potok izvire kod Vitunj sela sjeverozapadno od Ogulina na rasjednom kontaktu između vapnenaca i dolomita donje krede. Sabirno područje čine donjokredni i malmski dolomiti s ulošcima vapnenaca zapadno od vrela. Stalne velike količine vode upućuju na priliv voda i iz daljeg zaleđa duž pukotina u dolomitima i kroz raspucane uloške

vapnenaca. Uspor podzemnim vodama predstavlja dogersko-malmska antiklinala kod Puškarića. Sam izvor sastoji se iz dva manja pukotinska silazna izvora, koja za jačih oborina izviru i do 1 m više nego inače. Nadmorska visina izvora iznosi oko 359 metara. Vode nakon izlaska na površinu ne tvore jezero, nego odmah ulaze u tok.

Vitunj potok dugačak je oko 3 km. Teče otvorenom poprečnom dolinom kroz dolomite donje krede, malma i dogera koji ovdje dolaze u formi blage antiklinale, što je veoma dobro vidljivo u samom koritu. Zbog toga sve do utoka u Gojačku Dobru sjeverno od Puškarića ne pokazuje nikakvih gubitaka vode iz korita. S lijeve strane prima potocić Rakovac, a u donjem toku s desne strane Crni potok. Oba pritoka nastaju kao pukotinska silazna vrela u dolomitima.

Zagorska Mrežnica predstavlja najtipičniji primjer površinskog toka u prvom uspornom području, ne samo po velikim količinama voda, nego i po načinu njihovog pojavljivanja. Detaljno je o hidrogeološkim odnosima ovog područja pisano već i ranije. Tako su Poljak & Herak (1947) i Herak (1954, 1956) potpuno objasnili uvjete pojavljivanja podzemnih voda u ovom području, njihov tok prema sjeveru i nestajanje u ponorima kod Otoka i Oštarija. Na temelju tih istraživanja kasnije je kod Sabljaka izgrađena akumulacija iz koje se preko tunela napaja hidroelektrana Gojak. Samo postojanje akumulacije i sada provedena istraživanja u potpunosti potvrđuju ispravnost njihove interpretacije hidrogeoloških odnosa. Zbog toga će u daljnjem tekstu često doći



Sl. 2. Izvor Zagorske Mrežnice. 1 klastiti gornjeg trijasa, 2 dolomiti gornjeg trijasa, 3 dolomiti malma, 4 vapnenaci malma, 5 rasjed, 6 nivo podzemnih voda, 7 smjer dotoka podzemnih voda.

Fig. 2. Spring of Zagorska Mrežnica. 1 Triassic clastics, 2 Upper Triassic dolomites, 3 Upper Jurassic dolomites, 4 Upper Jurassic limestones, 5 fault, 6 ground water level, 7 subsurface water flows.

do opisa već poznatih pojava; međutim su one zbog cjelovitosti prikaza ipak obuhvaćene.

Herak (1956) je razlikovao dva dijela toka Mrežnice. Gornji od izvora Bistrac do Sabljaka s brojnim izvorima i donji od Sabljaka do Oštarija s velikim brojem ponora. Ovakvo različiti hidrogeološki odnosi na relativno kratkom toku rezultat su specifičnih geoloških prilika. Naime, naslage malma koje se antiklinalno zatvaraju u neposrednoj okolini izvorišta Mrežnice omogućuju dotok podzemnih voda kroz propusnije dijelove (pukotine u dolomitima pravca sjever—jug i ulošci vapnenaca u dolomitima). Te se vode kreću u smjeru sjeveroistoka i sjevera dok ne naiđu na potpunu zaustavu trijaskih sedimenata kod Ribarića. Ovdje izbijaju na površinu, skreću u smjer sjevera i teku paralelno zaustavi sve do Sabljaka, gdje im konfiguracija terena dozvoljava površinski prijelaz preko zaustave. Tako su nastala vrela Bistrac i vrelo Mrežnice (Sl. 2), koja daju velike i stalne količine vode. Ova su dva izvora uzlaznog tipa, pa imaju kružni oblik malog jezera veličine 10×10 m. Nalaze se u tjemenu razorene malmske antiklinale oštećene brojnim tenzionim pukotinama, kojima dolaze podzemne vode iz daljnjeg vapnenačkog zaleđa na jugu i jugozapadu i manjim dijelom kroz malmske dolomite iz područja Kocelja. Dalje prema sjeveru s lijeve se strane u tok Mrežnice ulijevaju vode manjih vrela Mostišća, Malinke, Stoševa i Mačkovca. Pojava vode na ovim vrelima vezana je za iste hidrogeološke odnose kao što je to opisano kod Bistraca i izvora Mrežnice. Jedina je razlika u tome što se nalaze na nešto višoj koti i zapadnije, a time i dalje od potpune zaustave, pa veću ulogu u usporevanju podzemnih voda igra antiklinalni položaj jurskih dolomita. Međutim, glavne količine podzemnih voda dreniraju se kao i kod Bistraca i izvora Mrežnice kroz uloške vapnenaca u dolomitima. Došavši tako u morfološki najniže dijelove uklještena između dviju nepropusnih kompleksa stijena površinske i podzemne vode moraju se kretati prema sjeveru, tvoreći u razlomljenom tjemenu malmske antiklinale vodu temeljnicu, čiji se izdanci u obliku »oka« nalaze južnije od izvora Bistrac. Sve su ove okolnosti omogućile izgradnju akumulacije Sabljaki, iz koje do sada nisu registrirani nikakvi gubici vode.

Nakon što skrene u istočni smjer, korito Mrežnice ulazi u područje rasjeda Vrbovsko—Oštarije, gdje su u kontaktu dogerski i malmski dolomiti s malmskim i donjokrednim dolomitima, propusnog područja Vrbovsko-izvor Primišljanske Mrežnice. Čitavo korito Zagorske Mrežnice od Sabljaka do posljednjih ponora istočno od Oštarija sada je zbog akumulacije Sabljaki suho. Međutim, prema podacima Heraka (1956) prije izgradnje akumulacije vode su se gubile već 1 km nakon Sabljaka ili iz samog korita, ili u ponorima do kojih su tekle kraćim tokovima (sjeverozapadno od Otoka i kod samog sela Otok). Završni glavni ponori nalaze se istočno od Oštarija u vapnencima donje krede oko 2,5 km istočno od kontakta s dolomitima. Prema tome, ovdje nije

došlo do potpunog nestajanja vode u podzemlje u užoj zoni kontakta dolomita i vapnenaca, već se tok nastavljao i dalje kroz inače propusne vapnence. Ovu se pojavu može objasniti jedino pretpostavkom, da su dolomitni pijesak i ilovine ispunili pukotine u površinskom dijelu vapnenaca i na taj način gornje dijelove propusnih vapnenaca preformirali u delomično nepropusni horizont. To je vjerojatno i zbog toga, jer ovaj dio terena predstavlja morfološku depresiju u kojoj je moglo doći do eventualne akumulacije voda i s tim u vezi taloženje glinovitog materijala. Normalno na rubu takve depresije gdje počinju morfološki viši dijelovi terena, takva prirodna sanacija nije mogla biti izvršena, pa tada vode moraju kroz ponore oteći na nižu stepenicu.

Što se tiče brojnosti ponora i mjesta u koritu kroz koje su vode odlazile u podzemlje, može se reći da su oni registrirani podjednako u dolomitnom i vapnenačkom dijelu toka. Jedina je razlika u tome, što su ponori u dolomitima ponikvastog oblika, dok su završni ponori u vapnencima pećinskog oblika svjetlog otvora preko 10 m².

Manji površinski tokovi u dolomitima između Zagorske Mrežnice i izvora Vrnjike jugoistočno od Kocelja nastaju iz stalnih ili povremenih pukotinskih silaznih izvora. U sjevernom dijelu između Sabljaka i Josipdola postoji nekoliko manjih periodičnih potocića koji se spajaju s koritom Zagorske Mrežnice južno od Oštarija. Ostali potoci kao Munjava, Rožić potok, Zelenkovac i dr. također izviru u nepropusnom dijelu dolomitne zaustave, površinski prelaze preko nje i u propusnom dijelu dolomitnih naslaga malma i donje krede nestaju u ponikvastim ponorima. Mehanizam izviranja, toka i poniranja je kod svih isti, a jedina je razlika u njihovoj dužini. Tako potok Munjava izvire podno Kocelja kao silazno pukotinsko vrelo, s desne strane prima Rožić potok, a s lijeve vode nekoliko manjih izvora, te nakon 9 km toka kroz dolomite gornjeg trijasa i jure kod Skradnika južno od Oštarija ponire na kontaktu dolomita i vapnenaca donje krede. Nasuprot tome potocić kod Cerovnika, Zelenkovac potok i potocić južno od Vojnovca imaju površinski tok dugačak svega 1—2 km, a poniru u dolomitima dogera, i malma na sjeveroistočnom rubu nepotpune zaustave Sabljaki—Pliški.

Urnjika potok izvire kod kuća Pešuti između Kocelja i Kunić sela na samom rasjednom kontaktu između naslaga malma i gornjeg trijasa, odnosno na kontaktu područja pojačane retardacije i potpune zaustave. Gornjotrijaski dolomiti predstavljaju potpuni uspor podzemnim vodama koje dolaze s jugozapada. Položaj izvora je veoma interesantan. Za velikih oborina voda izlazi iz špilje svjetlog otvora od oko 6 m², nastale u ulošku vapnenaca unutar dolomita. Debljina uloška iznosi oko 100 m s nagibom prema jugozapadu. U okolini špilje su registrirane u vapnencima brojne pukotine pružanja sjever—jug, koje su omogućile lakše i brže dreniranje podzemnih voda iz pozadine. U vrijeme normalnih i niskih vodostaja voda izvire oko 150 m istočnije u dnu umjetno stvo-

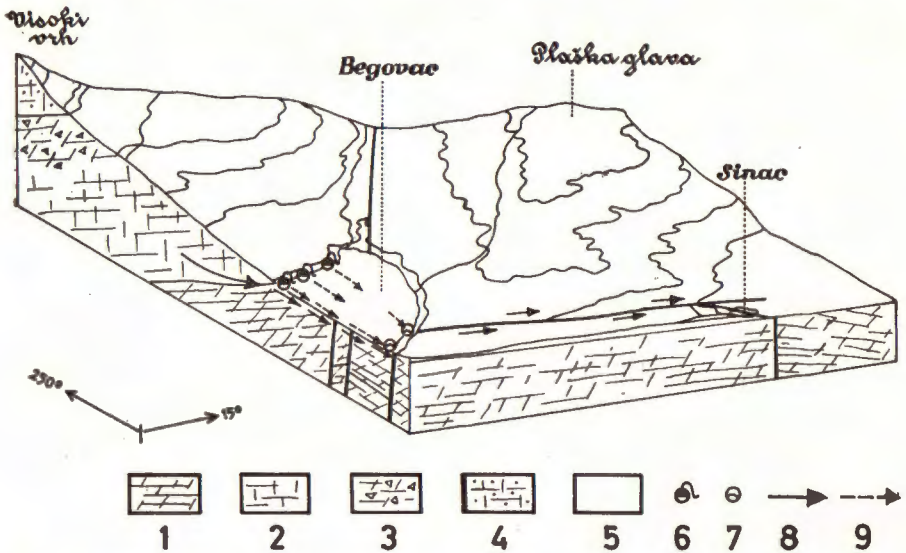
renog jezera promjera oko 30 m kod pilane Pešuti. Prema tome, dotokom velikih količina podzemnih voda dolazi do dizanja nivoa vode u području izvora i zasićenja pukotina u vapnencima, pa se kota izvora ovisno o količinama voda premješta sve uzvodnije, nekad sve do špilje. Interesantna je i pojava da se izvor nalazi u vapnencima, iako su i dolomiti u neposrednoj blizini također znatnije tektonski oštećeni. Nakon izlaska iz jezera kod Pešuta Vrnjika praveći veliki skoro meanderski luk teče otvorenom uzdužnom plitkom dolomitnom dolinom, prima s obje strane nekoliko manjih potočića, nastalih od pukotinskih silaznih periodičnih izvora u dolomitu, dok se na kraju kod Plaškog ne ulije u Dretulju.

Dretulja potok počinje zapadno od Plaškog, jednako kao i Vrnjika potok na samom rasjednom kontaktu između uloška vapnenca u dolomitima malma i dolomita gornjeg trijasa, pa u mehanizmu izviranja voda nema nikakvih razlika. Sam izvor ima oblik duguljastog jezera dimenzije cca 30×15 m, odakle se postepenim suženjem nastavlja dalji tok. Voda izlazi iz trijaskih dolomita neposredno podno dolomitne padine u kojoj se nalazi uložak vapnenaca debljine od oko 150 m s nagibom prema jugu, koji očito predstavlja najotvoreniji i najlakši podzemni put vodama iz vapnenačkog sabirnog područja. Dalji tok Dretulje ide prema sjeveroistoku kroz široku kvartarnu dolinu i nakon što kod Plaškog primi potok Vrnjiku skreće prema jugoistoku. Ovdje se u nju s desne strane ulijevaju vode čitavog niza malih stalnih i periodičnih potočića, nastalih u dolomitima završnog dijela zaustave Sabljaki—Plaški. Na oko 2 km nizvodno od Plaškog Dretulja ulazi u malmske dolomite i približava se kontaktu s donjokrednim vapnencima, pa s tim u vezi dolazi i do manjih gubitaka vode iz korita. U Plavčoj dragi, približivši se sasvim rasjednom kontaktu između dolomita malma i vapnenaca donje krede, Dretulja definitivno ponire u dva ponora kod Latasa i u ponorskom području kod Mišljenovića. Osim navedenih ponora sigurno postoji i veći broj neregistriranih pukotina kroz koje nestaju vode iz završnog toka Dretulje, jer u ovisnosti o količinama vode u koritu varira i dužina toka. Očito je, dakle, da Dretulja u završnom dijelu svog toka prolazi propusnim područjem u kojem mjesto prestanka njezina toka određuju količina vode i kapacitet propusnih pukotina u koritu.

Sinac jezero se nalazi u malmskim dolomitima na rubu Plavče drage sjeverno od Filipovog vrha. O njemu je pisano već i ranije, pa se i nakon ponovnih istraživanja može uz neznatnu dopunu i korekciju stratigrafije ponoviti ono što je iznio H e r a k (1956). Radi se o uzlaznom krškom izvoru površine od oko 10 m u promjeru i dubine oko 40 m s vlastitom vodnom temeljnicom koja se hrani izravno iz vapnenačkog područja Male Kapele, a ispod dna periodičnog jezera Begovac. Podzemne vodene veze između Sinca i Begovca su sasvim vjerojatne, jer nakon inundacije Begovca reagiraju i vode u Sincu, ali sa zakašnjenjem

od nekoliko dana. Inače pojava podzemnih voda na površini u ovom dijelu Plavče drage vjerojatno je vezana uz uložak vapnenca u malmskim dolomitima koji se pruža od jezera prema jugozapadu do ceste za Plaški i uz jaču slomljenost dolomita jugozapadno i južno od jezera. Kompaktniji i relativno nepropusniji dolomiti sjeveroistočno od jezera ne dopuštaju potpuno podzemno oticanje prema sjeveroistoku, već funkcioniraju kao uspor preko kojega površinski prelaze vode iz jezera. Tok je, međutim, veoma kratak, jer nakon oko 1 km nizvodno ulazi u ponorno područje na istočnom kraju Plavče drage, odakle zajedno s vodama Dretulje odlazi podzemno prema sjeveroistoku. Prema tome, princip pojavljivanja voda na jezeru Sinac je isti kao i kod izvora Vrnjike i Dretulje. Jedina je razlika u tome, što se mjesto pojavljivanja podzemnih voda nalazi mnogo dalje od propusnog vapnenačkog zaleđa.

Periodično jezero Begovac nalazi se južno od Plaškog, zapadno od ceste Plaški—Lička Jesenica u sjeveroistočnom krilu rasjednute malmske dolomitne antiklinale (Sl. 3). Velika izlomljenost malmskih dolomita



Sl. 3. Blokdiagram područja periodičnog jezera Begovac. (Prema koncepciji M. Heraka, 1957). 1 dolomiti malma, 2 vapnenici donje krede, 3 dolomiti i dolomitne breče gornje krede, 4 vapnenici cenomana i turona, 5 kvartar, 6 estavela, 7 ponor, 8 smjer toka podzemnih voda, 9 tok površinskih voda za vrijeme visokih vodostaja.

Fig. 3. Block-diagram of the area of the lake Begovac (General concept by M. Herak, 1957). 1 Upper Jurassic dolomites, 2 Lower Cretaceous limestones, 3 Upper Cretaceous dolomites and dolomitic breccias, 4 Cenomanian and Turonian limestones, 5 Quaternary, 6 estavelas, 7 swallow holes (ponors), 8 subsurface water flows, 9 surficial water flows during the high water level.

prouzrokovana brojnim lomovima pretežno smjera S—J i SZ—JI i zbog toga redukcije nekadašnje antiklinale dovela je do povećane vodopropusnosti u osnovi nepropusne antiklinalne dolomitne forme. Zbog toga u ovisnosti o količini podzemnih voda uz postojeći kapacitet podzemnih šupljina dolazi do povremene inundacije polja. Prema Heraku (1956) cijela depresija Begovac funkcionira kao kompleksna estavela u kojoj podzemne vode dolaze sa sjeverozapada, pa se u ovisnosti od količina kreću ispod dna polja ili ga inundiraju, da bi konačno podzemno oteklo prema jugoistoku ili sjeveroistoku. Niz estavela u samom polju za velikih količina vode funkcioniraju kao uzlazni izvori, dok se nakon smanjenja podzemnog nivoa pretvaraju u ponore.

U morfološkom smislu ova depresija, dimenzija cca $1,5 \times 1$ km, predstavlja malo krško polje prekriveno kvartarnim sedimentima debljine 1—3 m, sastavljenim od zaglinjenog dolomitnog pijeska. Nastalo je na sjecištu rasjeda pravca sjeverozapad—jugoistok i pravca sjever—jug koji su praćeni nizom manjih lomova i sistemima pukotina. U hidrogeološkom pogledu ovo je područje veoma interesantno, jer su se zbog geoloških uvjeta (tonjenje osi antiklinale prema jugoistoku i redukcija jugozapadnog krila antiklinale prouzrokovana rasjedom) na relativno malom prostoru formirali hidrogeološki odnosi potpuno u skladu s općom hidrogeološkom koncepcijom. S jugozapadne strane nalazi se propusno sabirno područje iz kojeg podzemne vode teku prema istoku i sjeveroistoku. Na kontaktu s nepotpunom zaustavom izgrađenom od antiklinalno položenih malmskih dolomita dio tih voda izlazi na površinu u obliku stalnih izvora uz zapadni rub polja. To su izvori Siljevac (Bosiljevac) i Zabnjak u blizini sela Blata i nekoliko manjih izvora na južnom rubu polja kod Vrcelja. Vode s ovih izvora za vrijeme normalnih vodostaja ne formiraju duže tokove, već nestaju relativno brzo u raspućanim dolomitima dna polja. Drugi, vjerojatno veći dio podzemnih voda ne izlazi na površnu, nego se kroz spletove pukotina u dolomitima podzemno drenira prema istoku, pa naišavši na malmske dolomite u istočnom krilu antiklinale podno Pištenika skreću na sjever prema jezeru Sinac i na jugoistok prema Ličkoj Jesenici. Za vrijeme visokih vodostaja hidrološka slika se mijenja utoliko, što vode tada izlaze na više mjesta uz sjeverozapadni rub polja. O toj pojavi Herak (1956., str. 27.) kaže: »Za vrijeme jakih oborina dotok vode je veći od kapaciteta podzemnih pukotina, pa je voda prisiljena da se izlije na površinu na nizu estavela u području vapnenačko-dolomitnog kontakta. Kada se međutim vodostaj snizi, kapacitet kanala je veći od dotjecanja vode iz zaleđa, pa se voda iz samog jezera vraća putem estavela natrag u podzemlje«. Općenito o estavelama Herak kaže: »Ostale su estavele formirane uglavnom kao ljevkasta udubljenja koja morfološki potpuno sličje ponorima. Rasprostranjenost im nije kontinuirana, već su lokalno grupirane u blizini rasjednutog kontakta«. Te estavele Poljak (1922) zove »ponori rigala«, a prave ponore na istočnom rubu zove »ponori žderala«.

Imajući u vidu princip funkcioniranja estavela, periodicitet jezera Begovca, prema tome, ovisi o odnosu između količina podzemnih voda i kapacitetu propusnosti pukotina u dolomitima. Danas je taj odnos na strani količina podzemnih voda, pa je depresija Begovac veći dio godine inundirana i predstavlja prostrano jezero. Jedino za sušnih ljetnih mjeseci (najčešće između lipnja i rujna) u depresiji nema vode, pa se može vidjeti meandarski vodotok što vodi prema Velikoj pećini.

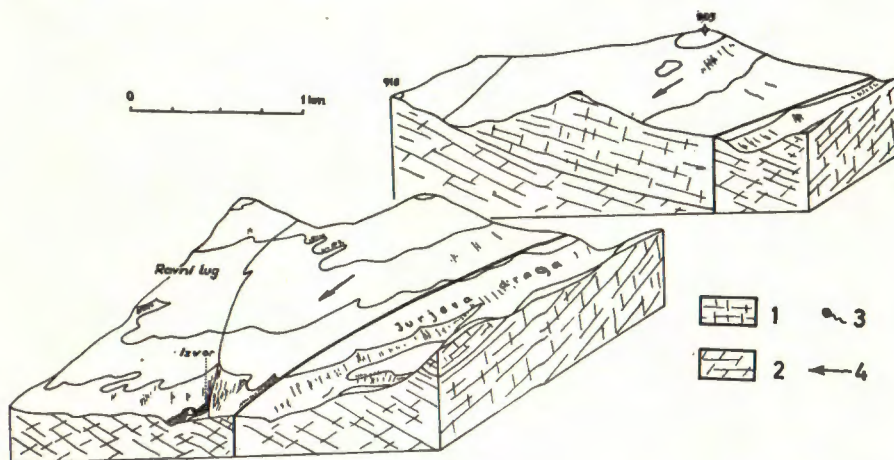
Pravi ponori koji dosad nisu izbacivali podzemnih voda nalaze se na sjeveroistočnom i jugozapadnom rubu depresije. Nekima od njih je kopanjem kanala povećan kapacitet odvodnjavanja, što je međutim samo u maloj mjeri smanjilo dužinu trajanja inundacije. Za ponikvaste forme koje se javljaju u istočnom dijelu depresije teško je reći, da li predstavljaju estavele ili ponore. One su naime u vrijeme visokog vodostaja pod vodom, dok u vrijeme pražnjenja jezera u svakom slučaju funkcioniraju kao ponori.

Paskaševac vrelo, Gudura vrelo i Malo vrelo nalaze se zapadno, odnosno južno od Ličke Jesenice u neposrednoj blizini kontakta između dolomita malma i donjokrednih vapnenaca. To su tipični krški izvori, sabirno područje kojih je u vapnencima krede na zapadu, dok im uspor predstavljaju podinski antiklinalno položeni dolomiti malma. Iako se sva tri izvora nalaze unutar dolomita mogu se tretirati kao kontaktni izvori, jer samo zahvaljujući poprečnim pukotinama koje su zahvatile i vapnence i dolomite, vrela su s kontakta spuštana na nižu kotu u dolomite. Vode s ovih izvora, od kojih je najjači Malo vrelo, odlaze kratkim tokom do potoka Jesenica.

Jesenica počinje Velikom vrelom sjeveroistočno od Ravnog luga na djelomično rasjednom kontaktu dolomita malma i vapnenaca donje krede (Sl. 4). Izvor je prirodno usporen, a daje velike količine stalne i bistre vode. Njegovo se sabirno područje nalazi isključivo južno i jugoistočno od mjesta isticanja, jer se propusna vapnenačka masa nalazi u »dolomitnom koritu« istočna strana kojeg je, gdje je odnos vapnenaca i dolomita normalan, blago nagnuta prema jugozapadu, dok mu je zapadna strana, gdje je kontakt rasjedan, gotovo vertikalna. Do isticanja vode iz tako formiranog podzemnog rezervoara došlo je na mjestu gdje je dolomitna zaustava najniža, tj. u blizini mjesta gdje rasjedna ploha siječe normalni kontakt dolomita i vapnenaca.

Neposredno nakon što iziđu na površinu vode prelaze u tok koji se cijelom svojom dužinom nalazi u malmskim dolomitima. U početnom dijelu dolina je nešto dublje usječena i prekrivena tankim aluvijalnim nanosom, dok prema sjeveru postoja sve šira. Tu je prekrivena nanosom zaglinjenog dolomitnog pijeska, a mjestimično se javljaju i prava recentna tresetišta. Glavni su pritoci s lijeve strane (Malo vrelo, Paskaševac i Gudura). Ostali su pritoci manjeg značaja, jer dovode vode s dolomitnog područja, pa su neki od njih i periodičnog karaktera. Veći

od ostalih je potočić koji dolazi iz Jurjeve drage, kao i tokovi koje formiraju silazni pukotinski izvori s desne dolinske strane (Kuk, Krivodol i dr.).



Sl. 4. Blokdijagram područja izvora Jesenice. 1. vapnenci donje krede, 2 dolomiti malma, 3 izvor Jesenice, 4 smjer kretanja podzemnih voda.

Fig. 4. Block-diagram of the Jesenica catchment area. 1 Lower Cretaceous limestones, 2 Upper Jurassic dolomites, 3 spring of Jesenica, 4 subsurface water flows.

Neposredno, južno od mjesta Lička Jesenica, Jesenica ulazi u ponorno područje nastalo u zoni rasjednog kontakta između dolomita malma i vapnenaca donje krede. Ponori se nalaze u dolomitima uz sam rasjed, ponikvastog su oblika promjera do 30 m, a u ovisnosti od količina vode u vodotoku presušuju u smjeru od istoka prema zapadu. Za velikih voda ponori južno od Ličke Jesenice ne mogu primiti sve vode, pa dolazi do inundacije polja, a tok prelazi preko pojasa vapnenaca u samom mjestu i ponire u posljednjim ponorima istočno od kuća Vidakovići, sjeveroistočno od Ličke Jesenice.

Donje sabirno područje

Ovo se područje uglavnom podudara s prostorom koji je prikazan u hidrogeološkoj karti kao propusno područje između Vrbovskog, Slunja i Saborskog. Izgrađeno je u sjeverozapadnom dijelu od donjokrednih vapnenaca, dok u jugoistočnom i južnom dijelu prevladavaju naslage gornje krede. Osim toga mnogobrojni rasjedi i pukotine različitih smjerala i dimenzija omogućili su snažno korozivno i erozivno djelovanje podzemnih voda. Tako su po predisponiranim pravcima nastale brojne šupljine, pa se cijela vaprenička masa može smatrati propusnom za

podzemne vode. Međutim, dubina takvog medija bila je unaprijed određena njegovim u cjelini sinklinalnim položajem s nepropusnom ili djelomično propusnom dolomitnom podinom, koja obuhvaća dolomitne sedimente od malma do trijasa. Prema tome, propusni kredni vapnenci leže u »koritu« nepropusnih dolomita, što ograničava kretanje u vertikalnom smislu, dok raspored intenziteta razlomljenosti vapnenaca predispinira kretanje voda u horizontalnom smislu. Pri tome veoma važnu ulogu igra i činjenica da je relativna visinska razlika između zone ponora na jugozapadu i zone izvora na sjeveroistoku ove sabirne zone oko 120 m, pa je normalno da sve vode gravitiraju prema sjeveroistoku. Budući da je ono prostorno smješteno između zaustave Vrbovsko—Lička Jesenica na višoj stepenici i zaustave Tounj—Slunjčica na nižoj stepenici, predstavlja instruktivan primjer kretanja podzemnih voda u kršu. Svi površinski tokovi, koji dolaze zaustavom Vrbovsko—Lička Jesenica sa zapada u blizini kontakta ili na samom kontaktu s propusnim područjem, poniru da bi se u blizini kontakta ili na kontaktu s područjem u kojem su podzemne vode definitivno usporene (Tounj—Slunjčica) ponovno pojavili na površini.

Površina drugog sabirnog područja iznosi oko 500 km², pa ogromne količine oborinskih voda uđu u njegovo podzemlje. Ako njima pribrojimo i ponorne vode Ogulinske Dobre, Zagorske Mrežnice (prije izgradnje akumulacije), Dretulje, Sinca, Begovca i Jesenice, te ako se uzme u obzir stalnost izvora na sjeveroistočnoj strani ovog područja (Tounjčica, Kukača, Rudnica, Primišljanska Mrežnica i Slunjčica), može se zaključiti, da je podzemlje drugog sabirnog područja veoma bogato vodama. Nema sumnje da su one akumulirane u razlomljenom i punom šupljina vapnenačkom podzemlju, jer izvorima na sjeveroistočnom rubu daju vodu i za sušnog perioda.

Donje usporno područje

Donje usporno područje počinje na liniji koja povezuje izvore Gojačke Dobre, potoka Bistre, Kukače, Tounjčice, Rudnice, Suvače, Primišljanske Mrežnice i Slunjčice i prostire se dalje na sjeveroistok prema Karlovcu. Sastavljeno je od »potpune zaustave«, »područja s plitkom pukotinskom vodom« i »područja s definitivno usporednim podzemnim vodama«.

a) Potpunu zaustavu od izvora Slunjčice do Broćanca izgrađuju klastične naslage i dolomiti gornjeg trijasa. U tektonskom pogledu predstavlja izdignuti blok u obliku trostrane prizme, omeđen sa svih strana rasjedima. Zbog litoloških osobina klastita i njihove uske veze s krovinskim gornjotrijaskim dolomitima ovaj dio predstavlja potpunu zaustavu vodama koje dolaze sa zapada.

b) Područje s plitkom pukotinskom vodom između izvora Slunjčice i Primišlja, izgrađeno je od malmskih dolomita i vapnenaca, a u tekton-

skom pogledu predstavlja blagu razlomljenu brahiantiklinalu. Ovo je područje kao nastavak potpune zaustave od Broćanca do izvora Slunjčice svojim antiklinalnim položajem uzrokovalo skretanje Primišljanske Mrežnice prema sjeverozapadu i obilazni tok Slunjčice najprije prema sjeveru, pa onda prema sjeverozapadu.

c) Područje s definitivno usporenim podzemnim vodama koje obuhvaća najveći dio donjeg uspornog područja izgrađeno je od malmskih dolomita i vapnenaca donje i gornje krede, te dolomita i dolomitnih breča gornje krede. U tektonskom pogledu to je sjeveroistočno krilo sinklinale Brezovica—Močila, odnosno sjeveroistočno krilo reversnog rasjeda Tounj—Primišlje. Litološke osobine stijena kao i tektonski sklop omogućili su razvoj znatnije sekundarne propusnosti, pa ovo područje u litološkom i tektonskom smislu ne bi smjelo predstavljati prepreke podzemnim vodenim tokovima. Međutim, postojanje stalnih podzemnih voda na apsolutnoj visini od 200 do 220 m i prosječne nadmorske visine terena, koje se kreću od 200 do 400 m, uvjetovali su da podzemne vode koje dolaze s jugozapada izlaze na površinu. Prema tome, stalni uspor podzemnim vodama predstavlja relativno visok nivo podzemnih voda koje ispunjavaju brojne podzemne šupljine ovog područja, dok površinski tokovi kao Tounjčica, Rudnica, Suvača, Primišljanska Mrežnica u stvari predstavljaju njene izdanke. Apsolutna visina nivoa podzemnih voda u rječnim dolinama određuje i visinu površinskog pojavljivanja podzemnih tokova, tako da vrela Tounjčice, Kukače, Rudnice, Suvače variraju kotom izviranja ovisno o usporavajućem nivou. Razlika između maksimalnog i minimalnog nivoa je dosta velika, jer se kote izvora Tounjčice, Kukače i Rudnice za niskih vodostaja spuste od 5—20 m na manju apsolutnu visinu, dok Suvača sasvim presuši.

Hidrogeološke osobine donjeg uspornog područja, u okviru Karlovačke zaravni, dopuštaju cirkulaciju podzemnih voda na današnjem nivou rijeka, a klastične naslage i dio dolomita reguliraju njihovo površinsko i podzemno kretanje. Neogenski sedimenti, koji dolaze u formi erozivnih ostataka, sprečavaju oborinskim vodama da direktno uđu u podzemlje, pa su se u njima stvorili manji površinski tokovi koji na kontaktu s vapnencima ili dolomitima poniru do nivoa vode temeljnice u dolinama. Veći površinski tokovi Gojačke Dobre, Tounjčice, Primišljanske Mrežnice, Slunjčice i Korane teku prema Karlovcu od 250—200 m n.m. do 120 m n.m. Ukupna dužina svih tokova iznosi oko 150 km, pa premda teku na većem dijelu kroz veoma okršen vapnenački teren, ni jedan od tokova ne nestaje odjednom u ponorima, već su registrirani samo manji gubici vode koja na nižoj koti ponovno ulazi u vodotok. Malo je vjerojatno da bi doline navedenih rijeka mogle biti tako savršeno začepljene, da se na putu dugačkom 150 km ne bi našao niti jedan ponor kojim bi vode nestale u propusno podzemlje. Zbog toga se može pretpostaviti, da u ovom području postoje stalne podzemne vode izdanci kojih su navedene rijeke. One se u okvirima propusne moći razlomljenih

vapnenaca i dolomita kreću, generalno uzevši, u smjeru sjeverozapada i ovisno o nivou diktiraju vodostaj u rijekama kao i uspornu kotu na koju se izlijevaju vode u sjeveroistočnom rubu donje sabirne zone.

Gojačka Dobra počinje zapadno od sela Gojak pećinskim izvorom koji je djelomično pod usporom. Nalazi se u dobro uslojenim vapnencima donje krede, koji obiluju vertikalnim pukotinama pružanja sjeveroistok—jugozapad. Izvor se nalazi u dubokoj dolini ispod strme stijene visoke oko 20 m. Vode izvora Gojak potječu bez sumnje većim dijelom iz sabirnog područja između Brdarica i Ogulina, a tek manjim dijelom od ponornih voda Ogulinske Dobre. Tome u prilog govori činjenica, da je izvor Gojak i nakon izgradnje akumulacije na Ogulinskoj Dobri kod Bukovnika i dalje skoro nepromijenjenog kapaciteta. Sjeveroistočno od izvora tok prolazi kroz dubok vapnenački kanjon i nakon što s desne strane primi potok Bistrac nastavlja se prema sjeveru i izlazi iz terena.

Bistrac potok nastaje iz nekoliko manjih izvora koji se nalaze u vapnencima donje krede. Voda odmah ulazi u tok koji teče duboko urezanim kanjonom do utoka u Gojačku Dobru oko 1 km sjeveroistočno od sela Gojak.

Tounjčica počinje pećinski mizvorom ispod same željezničke stanice Tounj. Nalazi se u donjokrednim vapnencima, kao i kanjonski nastavak toka.

Izvori Tounjčice, Kukače i Rudnice, iako međusobno dosta udaljeni, imaju potpuno identične geološke i hidrološke karakteristike. Sva se tri izvora nalaze u donjokrednim vapnencima i za vrijeme velikih vodostaja izviru iz špilja koje se nalaze na najvišoj koti toka. Međutim, za vrijeme niskih vodostaja do izlivanja vode dolazi na sve nižoj koti, tako da je tada redovito početnih 100 do 200 m toka bezvodno. Posebno je u tom smislu interesantan slučaj Rudnice sjeverozapadno od Primišlja. Nakon jačih oborina vode izlaze iz nekoliko špilja različite veličine u najvišem dijelu toka. U ljetnim mjesecima za vrijeme niskih vodostaja špilje presušuju, a voda izlazi oko 100 m nizvodnije u koritu ili u bokovima. Međutim, u špilji, kao i s desne strane pred ulazom u špilju, sasvim se jasno čuje žubor vode koja sada prolazi svega nekoliko metara ispod površine, da bi se pojavila na nižoj koti u koritu. Sigurno je da takve pojave postoje i kod Kukače i Tounjčice, ali se zbog nepodesnih morfoloških uvjeta ne mogu registrirati. Sabirno područje za ova tri izvora vjerojatno predstavljaju tereni između Ogulina i Brezovice, a povezanost podzemno akumuliranih voda je vjerojatno za izvore Tounjčicu i Kukaču, jer adekvatno i istovremeno reagiraju na promjene količina podzemnih voda, dok se u zaleđu Rudnice vjerojatno formirala izolirana retencija s većim sabirnim područjem (područje Brezovice i Babine gore).

Tok rijeke Tounjčice od Tounja do Rudnice ima smjer sjeverozapad—jugostok; kanjonskog je karaktera, usječen u donjokrednim va-

pnencima. Stalni gubici voda iz korita nisu registrirani i tek prema navodima mještana za većih vodostaja vode uviru u pukotine i manje špilje u bokovima kanjona, ali nizvodno nakon 50 do 100 m se te iste vode ponovno pojavljuju u obliku pukotinskih periodičnih izvora. Nakon što se i vode Rudnice uliju u Tounjčicu, njezin tok skreće prema sjeveroistoku i izlazi iz istraživanog područja.

Suvača već i nazivom upućuje na svoj periodicitet. Nalazi se južno od Tobolića, a formiraju je dva kraka — sjeverni i južni. U oba se slučaja radi o periodičnim pećinskim izvorima nastalim u gornjokrednim vapnencima koji daju vodu samo za većih oborina. Prema Poljaku (1948a) nekadašnji izvor Suvače u južnom kraku bio je znatno južnije i do njega danas postoji stari tok, pa se prema tome može zaključiti da je nekadašnji nivo podzemnih voda bio znatno viši.

Primišljanska Mrežnica izvire zapadno od Slunja na kontaktu vapnena donje krede s dolomitima i dolomitnim brečama i rudistnim vapnencima gornje krede. Prema Poljaku (1948a) to je krško pukotinsko vrelo vode podzemnice, djelomično pod usporom na apsolutnoj visini od 254,06 m. Šabirno se područje nalazi u rudistnim vapnencima na zapadnoj strani s dotokom voda Dretulje koje poniru u Plavčoj dragi. Geološki faktori, koji bi neposredno uvjetovali pojavljivanje izvora Primišljanske Mrežnice, nisu ustanovljeni, jer niti litološke karakteristike stijena (vapnenci donje krede), kao i tektonski položaj (krilo sinklinale) ne bi mogli usporiti tok podzemnih voda. Djelomični uspor u širem području prema istoku predstavlja malmska antiklinala u području Zbjega, tako da se može pretpostaviti da podzemne vode već ovdje u tipičnom krškom području formiraju svoj nivo, koji na izvoru i u koritu rijeke dolazi na površinu. Od izvora do Pijevca teče generalno prema sjeveru, kod Pijevaca skreće prema sjeverozapadu, dok kod Primišlja ponovno dobiva smjer sjevera i izlazi iz istraživanog područja. Od početka toka pa sve do Primišlja usječena je strmom dolinom u donjokredne i djelomično malmske vapnence. Kod Primišlja ulazi u dolomite i vapnence malma, pa ovisno o litološkom sastavu mijenja i oblik dolinskih strana, tako da se izmjenjuje kanjonska dolina u vapnencima s dolinom blago položenih strana u dolomitima. Osim što s lijeve strane prima periodični tok Suvače, primijećeni su stalni i povremeni izvori s obje dolinske strane, dok gubici vode iz korita nisu registrirani.

Interesantna je pojava, da se tokovi Gojačke Dobre, Bistraca, Tounjčice i Primišljanske Mrežnice u početnom dijelu uglavnom podudaraju s pravcem sjeverozapad—jugoistok, tj. s pravcem pružanja bora kao i značajnijih dislokacija. Tek nakon što pređu zonu reversnog rasjeda Tounj—Slunj skreću svojim tokom prema sjeveru, probijajući se kroz manje kompaktne vapnence i dolomite. U vezi s tom pojavom moglo bi se pretpostaviti, da je u jugozapadnom, podinskom krilu rasjeda došlo do značajnije oštećenosti stijena u pravcu sjeverozapad—jugoistok, dok

sjeveroistočno, krovinsko krilo predstavlja u izvjesnom smislu uspor podzemnim vodama i usmjeruje ih paralelno s pružanjem struktura, tako da su se mogle formirati za svaki tok posebno lokalne vode temeljnice, izdanke kojih predstavljaju stalni površinski tokovi.

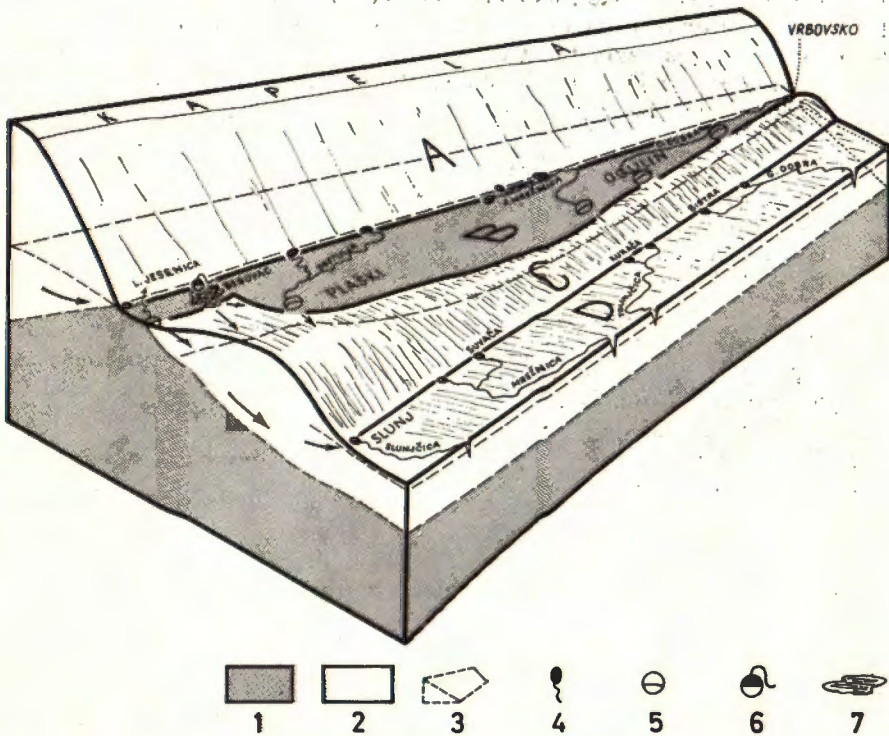
Slunjčica nastaje iz tipičnog krškog izvora južno od Slunja. Nalazi se na rasjednom kontaktu između dolomita gornjeg trijasa u sjeveroistočnom krilu i vapnenaca donje, odnosno gornje krede u jugozapadnom krilu rasjeda. Sam izvor je uzlaznog tipa, usporen u obliku jezerca dimenzija cca 50×30 m, koje je smješteno u dubokom »loncu« u krednim vapnencima. Sabirno područje predstavljaju vapnenci donje i gornje krede južno i jugozapadno od izvora, dok uspor čine dolomiti i klastične naslage gornjeg trijasa. Nešto niže od glavnog izvora u Slunjčicu se ulijevaju vode nekoliko manjih stalnih izvora voda kojih pukotinama iz dolomita dolazi na površinu. Nakon što izađe iz izvorišnog dijela, tok ulazi u dolomite gornjeg trijasa i malma, pa dolina, premda duboka, ima relativno blago položene strane. Tako teče sve do Slunja, gdje ulazi u vapnence donje krede. Daljnji tok joj je skoro kanjonskog karaktera s brojnim travertinskim kaskadama preko kojih se sjeverno od Slunja strmo ruši u Koranu.

Korana ulazi u istraživano područje samo u najistočnijem dijelu kod Slunja. Protiče kroz vapnence donje krede i sjeverno od Slunja prima s lijeve strane prtok Slunjčicu. Brzina toka je mala, a voda joj nije bistra kao što je to bio slučaj kod svih do sada opisanih rijeka.

KRETANJE PODZEMNIH VODA

U istraživanom terenu podzemne su vode vezane za ona područja koja su u prethodnom poglavlju označena kao »propusna područja«. Ona se s manjim izuzecima podudaraju s rasprostranjenjem vapnenačkih naslaga, dok im — kao što je to već opisano — stratigrafske, litološke i tektonske osobine daju mogućnosti razvitka velike vodopropusnosti. U ovom se terenu isključivo podzemna cirkulacija vode može odvijati u dva područja, u gornjem i donjem sabirnom području koja su međusobno odvojena uspornim područjem Vrbovsko—Lička Jesenica.

Budući da se ovaj teren nalazi sjeveroistočno od razvodnice crnomorskog i jadranskog sliva, sve vode ogromnog sabirnog područja Kapele gravitiraju generalno prema sjeveroistoku, zašto su dokaz brojni stalni i obilni izvori na kontaktu s gornjom uspornom zonom (Sl. 5). Stalnost i relativno konstantna količina voda na izvorima ukazuju, da se hrane iz daljeg zaleđa i da se radi o podzemnim vodama, dubina kojih je određena položajem i dubinom nepropusne ili djelomično propusne podloge. Sve ove pojave navode na pretpostavku o mogućnosti privremenog akumuliranja voda u podzemlju propusnog vapnenačkog područja. Međutim, gotovo sa sigurnošću se može reći da, ako takve



Sl. 5. Shematizirani prikaz principijelnog rješenja hidrogeoloških odnosa. A gornje sabirno područje, B gornje usporno područje, C donje sabirno područje, D donje usporno područje, 1 potpune zaustave, nepotpune zaustave, područja s plitkom pukotinskom vodom, 2 područje pojačane retardacije, područje s definitivno usporenim podzemnim vodama, propusna područja, 3 prostorg potencijalnih saturacija, 4 izvor, 5 ponor, 6 estavela, 7 periodično jezero Begovac.

Fig. 5. Schematic explanation of the hydrogeologic relations of the investigated area. A Upper intake area, B Upper impounding area, C Lower intake area, D Lower impounding area. 1 zone of true barriers, zone of relative barriers, zone with shallow water in fractures, 2 zone of intensified retardation, zone with finally impounded ground water aquifers, 3 area of potential saturation, 4 springs, 5 swallow holes (ponors), 6 estavelas, 7 periodical lake Begovac.

vode postoje, one nisu međusobno povezane, jer je zacijelo znatna tektonska poremećenost naslaga ovog područja uvjetovala različite hipsometrijske položaje nepropusne podloge, što je dovelo do hidrogeološke nehomogenosti dubljih dijelova. Tako je vjerojatno da postoji nekoliko, međusobno izoliranih, podzemnih retencija ili akumulacija koje se svaka posebno prazne duž litološki i tektonski predisponiranih pravaca na čijem sjeveroistočnom završetku u kontaktu s uspornom zonom nastaju

izvori Vitunja, Zagorske Mrežnice, Vrnjike, Dretulje i Malog vrela. To potvrđuje i činjenica, da spomenuti izvori reagiraju na promjene vanjskih uslova veoma različito. Tako npr. u vrijeme većih dotoka voda na izvorima Vitunja i Dretulje ne dolazi do znatnijeg povišenja kote izviranja vode, dok se istovremeno u neposrednoj okolini izvora Zagorske Mrežnice javljaju periodični izvori na višoj koti, a izvor Vrnjike kod Pešuta pomiče se uzvodno prema zapadu i izvire iz pećine koja je za normalnih vodostaja bezvodna. Očito da su kapaciteti sprovodnih kanala u slučaju Zagorske Mrežnice i Pešuta premali, da bi brzo sproveli na površinu povećane količine vode, pa dolazi do lokalnog povišenja podzemnog vodostaja u neposrednom zaleđu izvora. Istovremeno i bez znakova ikakve veze s vodama izvora Vrnjike i Zagorske Mrežnice, izvori Dretulje i Vitunja daju jedino nešto povećane količine vode. Može se, dakle, pretpostaviti da su navedeni izvori odušak putem kojega se dreniraju izolirano akumulirane podzemne vode, koje bi se eventualnim nenormalnim povišenjem nivoa vjerojatno povezale i tada prouzrokovale čitav niz novih izvora, ali na višoj koti.

Slični, ali ne i isti uvjeti za akumuliranje vode vladaju i u istočnom zaleđu periodičnog jezera Begovac, jer djelomična propusnost malm-skih dolomita omogućava dreniranje većih količina podzemnih voda na širem frontu i ne omogućava za vrijeme normalnih dotoka formiranje višeg vodostaja. To se dešava jedino u vrijeme velikih dotoka voda kada su šupljine u podzemlju potpuno zasićene, pa kao takove predstavljaju uspor i dovode do aktiviranja estavela u dnu i na rubu polja. Inače, za normalnih vodostaja, vode iz Kapele ispod dna Begovca, kao što je i ranije spomenuto, odlaze prema sjeveroistoku ili jugoistoku.

Za vapnenačko područje na jugu terena između Jurjeve drage i Ravnog luga već je i ranije rečeno, da predstavlja sabirno područje za izvor Jesenice. Tome se može dodati da i ovdje postoje podzemno akumulirane vode koje se kreću prema sjeveru do izvora.

Nakon što površinski protoku preko gornjeg uspornog područja tokovi Dobre, Mrežnice, Dretulje, Sinca i Jesenice potoka postepeno ili odjednom poniru u nizu ponora u kontaktnoj zoni zaustava s donjim propusnim vapnenačkim područjem. Njihovi tokovi nestaju u propusnom vapnenačkom podzemlju sinklinale Brdarica—Slunjčica, da bi se ponovno pojavili na sjeveroistočnom kraju propusnog područja na izvorima Gojačke Dobre, Bistre, Tourajčice, Kukače, Suvače, Primišljanske Mrežnice i Slunjčice. Ako bismo ovaj dio terena shvatili kao isključivo sprovodno područje, a ne i kao sabirno područje za oborinske vode, mogli bi s dosta točnosti odrediti podzemne puteve voda koje poniru na jugozapadu, a izvire na njegovom sjeveroistočnom dijelu. To su već učinili Poljak & Herak (1947) i Herak (1956b), a što je eksperimentalno dokazano ubacivanjem boje u ponore. Tako su dokazane podzemne vodene veze između Ogulinske i Gojačke Dobre, Zagorske Mrežnice s Bistrom (od Otoka), te Tounjčicom i Kukačom (od Oštarija),

Jesenice sa Slunjčicom, kao i u novije vrijeme Dretulje s Primišljan-skom Mrežnicom i Suvačom. Međutim, jednostavnost prikaza takvih direktnih veza donekle komplicira činjenica, da ovaj teren predstavlja ogromno sabirno područje oborinskih voda, na što je upozorio i H e r a k (1957). Naime, u propusnom vapnenačkom podzemlju neminovno dolazi do miješanja oborinskih i ponornih voda, što se sigurno u velikoj mjeri odrazilo i na rezultatima bojadisanja. Tako je na vezi Ogulinska — Gojačka Dobra dobiveno 83,35% ubačene boje, na vezi Zagorska Mrežnica—Bistrac, Kukača, Tounjčica 41—48% ubačene boje i na vezi Lička Jesenica — Slunjčica 39% ubačene boje. Opadanje količine dobi-vene boje na izvorima sjeverozapada prema jugoistoku logično se dovodi u vezu s povećanim prisustvom podzemno akumuliranih oborinskih voda. Miješajući se s njima, ponorne vode gube na koncentraciji boje, njihov tok više nije određen izoliranim podzemnim kana-lima, već se podvrgava zakonima kretanja mase vode kroz sple-tove podzemnih šupljina. Generalni, sjeveroistočni smjer kretanja zacijelo će biti zadržan, ali u okviru kretanja cijele mase pod-zemnih voda. Osim rezultata bojadisanja takvim hidrogeološkim prili-kama govore u prilog i neke druge pojave. Nepropusno dno vapnenačke sinklinale nalazi se na hipsometrijski nižem nivou, nego što bi to bila zamišljena linija koja bi spajala kote ponora s kotama izvora, pa prema tome postoji realna mogućnost formiranja, čak i u izvjesnom smislu stagnirajuće akumulirane podzemne vode na nižoj apsolutnoj visini, nego što su apsolutne visine izvora na sjeveroistočnom rubu. Zbog to-njenja osi sinklinale od sjeverozapada prema jugoistoku, veće su vjero-jatnosti za navedenu mogućnost u jugoistočnoj polovini terena. Nadalje, svi su izvori osim Suvače stalni, aktivni kroz cijelu godinu, a iz njih izlaze daleko veće količine vode, nego što ponire na jugozapadnom rubu, što je i normalno uzevši u obzir oborinske vode. Može se, dakle, pretpostaviti da se hidrogeološke osobine ovog područja i bez ponorskih voda Ogulinske Dobre, Zagorske Mrežnice, Dretulje i Jesenice ne bi ni malo razlikovale od današnjih, a jedino bi količina vode u općem bi-lansu bila nešto smanjena. To upravo i dokazuje pojava, da su izvori Gojačke Dobre, Tounjčice i Kukače aktivni i stalni, bez obzira što je izgradnjom akumulacija kod Bukovnika i Sabljaka spriječeno poniranje Ogulinske Dobre kod Ogulina, odnosno Zagorske Mrežnice kod Otoka i Oštarija. Stalnost izvora također upućuje na velike rezerve podzemnih voda u dubljim dijelovima ovog područja, a mnogobrojni rasjedi i un-dulacija osi sinklinale određuju njihov prostorni položaj i smjerove podzemnih tokova. Tako se prema položaju izvora, rezultatima bojadi-sanja i geološkim odnosima može pretpostaviti postojanje nekoliko, dan-as međusobno odvojenih, podzemnih retencija ili akumulacija. U istom se smislu mogu obrazložiti za sušnih perioda nizvodna pomicanja izvora Tounjčice i Kukače, kao i periodicitet Suvače. Naime, snižavanjem nivoa podzemnih voda u drugom uspornom području snižava se i kota uspora,

pa je normalno da do istjecanja dolazi na manjoj apsolutnoj visini, odnosno da tada Suvača presušuje.

Jedna od vjerojatnih potencijalnih podzemnih retencija postojala bi između Ljubošine i Kobiljaka sjeveroistočno od Ogulina u nešto spuštenu dijelu sinklinale. Sadržavala bi oborinske vode koje padnu na potezu od Brdarica do Kobiljaka i ponorske vode Ogulinske Dobre koje poniru kod Gomirja i Ogulina. Za normalnih vodostaja vjerojatno nema značajnijih veza s izvorom Bistre (što je pretpostavljeno na osnovi rezultata bojadisanja), pa se podzemne vode od linije Ogulin—Kobiljak vjerojatno kreću prema sjeverozapadu.

Druga retencija bi se nalazila između ponora Zagorske Mrežnice i izvora Bistre, Tounjčice i Kukače u području Krpelja i sjeverozapadnog dijela Brezovice.

Treću je retenciju nešto teže definirati, ali najvjerojatnije je da se nalazi u donjokrednom vapnenačkom području između Bršljanovca i ceste Tounj—Primišlje i da se iz nje vode dreniraju prema izvoru Rudnice.

Četvrta se hrani oborinskom vodom između Bršljanovca i Močila i ponorskim vodama Dretulje i Sinca, a drenira se preko izvora Primišljanske Mrežnice i Suvače.

Vjerojatno je, da slične podzemne retencije postoje i između ponora Ličke Jesenice i izvora Slunjčice. Međutim, zbog velike udaljenosti između ponora i izvora, velikog sabirnog područja i, konačno, u cjelini jednolikog litološkog sastava i u hidrološkom smislu nedefiniranog tektonskog odnosa propusnih i nepropusnih naslaga, nemoguće ih je i približno locirati. Sigurno je, međutim, da se glavne količine podzemnih voda kreću duž tektonski najoštetnijih dijelova krednih naslaga, tj. duž brojnih rasjeda koji su registrirani na cijelom razmaku u dužini od 15 km od ponora do izvora.

Opisani hidrogeološki odnosi u ovom propusnom području, raspored i autonomija pretpostavljenih podzemnih retencija i bojadisanjem utvrđene veze izvora s ponorima bit će validni samo dotle dok su vode u takvim retencijama odvojene. Značajnije povišenje nivoa u jednoj od njih ili u svima istovremeno dovelo bi do potpuno različitih pojava. Na to je upozorio već H e r a k (1957) naglasivši da bi povećanjem količina podzemnih voda lako moglo doći do kretanja i u pravcu sjeverozapad—jugoistok, pa bi u tom slučaju rezultati bojadisanja bili sasvim različiti od dosadašnjih.

Pod podzemnim retencijama se u našem slučaju podrazumjevaju dijelovi propusnih vapnenačkih kompleksa, koji leže na nepropusnoj podini, a koji su u stanju da u mnogobrojne u cjelini povezane šupljine prime velike količine podzemnih voda. Kapacitet takve retencije ovisi o obliku i hipsometrijskom položaju nepropusne podine. Vrlo je vjerojatno, da u pojedinim dijelovima postoje i stalno akumulirane vode povrh kojih se retendirana voda kreće prema sjeveroistoku i to u onim

slučajevima gdje je nepropusna podloga hipsometrijski niža od kote izvora na sjeveroistočnom rubu.

Pri eventualnom akceptiranju izloženog mišljenja ne bi se smjelo način kretanja podzemnih voda u ovom području poistovetiti s načinom kretanja podzemnih voda u tzv. normalnim terenima izgrađenim od pijesaka i šljunaka. Ovdje ne postoji međuzrnska poroznost i propusnost i u detaljima su sasvim rijetki hidrogeološki homogeni dijelovi područja. Tek cijela vapnenačka masa, sve do nepropusne podloge, može se shvatiti kao homogena cjelina unutar koje postoje znatne varijabilnosti, kako u horizontalnom tako i u vertikalnom smislu. To je »vapnenačka spužva« s velikim brojem šupljina, nekad na većoj udaljenosti povezanim, a često u neposrednoj blizini odvojenim. Zbog toga svako izolirano istraživanje u ovakovim terenima, bez poznavanja geoloških i hidrogeoloških odnosa u širem području, može dati potpuno pogrešne rezultate.

Ponovnim pojavljivanjem voda na površini u zoni izvora od Gojaka preko Primišljanske Mrežnice do Slunjčice prestaje koncentrirano kretanje podzemnih voda na nižu stepenicu. Odatle dalje prema sjeveroistoku postoje stalni površinski tokovi koji ne pokazuju stalne gubitke voda, a lokalna nestajanja vode iz korita kompenzirana su ponovnom pojavom istih voda na nižoj koti. O tom se dijelu terena, koji se nastavlja dalje na sjeveroistok prema Karlovcu i koji nije bio predmet ovih istraživanja, može govoriti kao o sredini koja se po svojim hidrogeološkim karakteristikama razlikuje od opisanih terena. Stalnost tokova, kratkotrajno nestajanje i ponovno pojavljivanje voda u koritu, veći broj izvora u nivou površinskog toka, relativno mala brzina toka itd. upućuju na prisustvo takvog oblika podzemnih voda, koje po nekim karakteristikama odgovaraju vodi temeljnici i koje uvjetuju sve navedene pojave. Voda temeljnica zacijelo nije suvisla, jer njezino rasprostranjenje ovisi o hidrogeološkim karakteristikama stijena koje izgrađuju ovo područje. Tako se ona ne može očekivati u paleozojskim i trijaskim klastitima, te trijaskim i jurskim dolomitima, ali je sasvim sigurno da ispunjava šupljine u jurskim i krednim vapnencima do visine koja približno odgovara nivou bližih površinskih tokova. Kreće se generalno u smjeru sjevera ili sjeveroistoka, jednako kao što teku Gojačka Dobra, Tounjčica, Primišljanska Mrežnica i Korana. U ovisnosti od geoloških uvjeta moglo bi, prema tome, doći do podzemnog povezivanja ili prelijevanja voda između dva susjedna porječja. Takva veza podzemnih voda vjerojatno danas postoji između Primišljanske Mrežnice i Tounjčice na dijelu između Primišlja i izvora Rudnice (Z a l o, 1962). Naime, zbog neispravnosti filtera tvornice celuloze u Plaškom otpadne onečišćene vode su se preko ponora Dretulje u Plavčoj dragi pojavile i na izvorima Primišljanske Mrežnice i Suvače, ali je onečišćenje vode registrirano i na izvoru Rudnice, 17 km sjeverno od ponora Dretulje. Malo je nevjerojatno da vode Dretulje, koje poniru

u Plavčoj dragi na koti 360 m, usprkos mogućnosti da se izliju na izvorima Suvače (kota 275) i izvoru Primišljanske Mrežnice (kota 270 m) udaljenim svega 5 km, teku podzemno 17 km do izvora Rudnice (visina oko 200 m). Ako podzemne vode iz područja između ponora Dretulje i izvora Primišljanske Mrežnice odlaze na izvor Rudnice, njihov bi podzemni put bio zaista veoma čudnovat. Prije svega, morale bi se dijeliti tako da jedan dio teče prema sjeveroistoku na izvor Primišljanske Mrežnice, dok bi drugi dio koji teče prema sjeveru, već prije izvora Suvače morao biti dublje od apsolutne visine izvora Suvače, tj. kote od 275 metara. Prema tome bi se u prvom dijelu svog podzemnog toka, koji je dugačak oko 5 km, vode Dretulje spustile za više od 100 m, dok bi na većoj dionici toka, od Suvače do Rudnice (12 km) pad iznosio manje od 60 m, što daje veoma mali hidraulični gradijent. Osim toga, ukoliko su podzemne vode sjeverno od izvora Primišljanske Mrežnice na manjoj nadmorskoj visini od samog izvora (270 m), njegovu bi stalnost kao i pojavu voda Dretulje na njemu, bilo veoma teško ili nemoguće objasniti. Mnogo je vjerojatnije, da takva podzemna veza ne postoji, već da onečišćene vode, nakon što uđu u tok Primišljanske Mrežnice, istovremeno ulaze i u postojeće podzemne vode, miješaju se s njima i teku prema sjeveru paralelno s tokom rijeke. Došavši u veoma propusno i puno pukotina i šupljina donjokredno vapnenačko područje, jugozapadno od Kamenice i Tourajskog Tržića skreću prema sjeverozapadu, te se uz nepropusno dolomitno sjeveroistočno krilo reversnog rasjeda dreniraju prema izvoru Rudnice.

S druge strane, u području zapadno od Slunja, iako postoje povoljni morfološki uvjeti i relativno male udaljenosti (oko 3 km), vode iz toka Primišljanske Mrežnice (apsolutna visina 280 m) ne odlaze u tok Korane (apsolutna visina 180 m). Razlog su tome antiklinalno položeni malmski dolomiti, koji ne dopuštaju cirkulacije podzemnih voda, već ih usmjeravaju prema sjeveru, što se odrazilo i na smjeru površinskog toka Primišljanske Mrežnice.

SAŽETAK

Područje između Vrbovskog i Slunja bilo je istraživano već od prošlog stoljeća od mnogobrojnih autora, ali s različitih aspekata, tako da su uglavnom izolirano bila provođena geološka, morfološka, hidrološka i speleološka istraživanja. Ovim su radom interpretirani stari i novi podaci na osnovi stratigrafski dokumentirane geološke karte. Posebna je pažnja posvećena interpretaciji hidrogeoloških odnosa u odnosu na nove stratigrafske elemente.

U stratigrafskom dijelu opisane su naslage mlađeg paleozoika, klastične naslage gornjeg trijasa, zatim karbonatne naslage gornjeg trijasa, lijasa, dogera i malma. Novoustanovljeni stratigrafski elementi ovog područja su dolomiti i vapnenci donje krede, koji zauzimaju veliko

prostranstvo. Do tog su rezultata dovele brojne mikropaleontološke analize u malmu i donjoj kredi i makrofosili u gornjoj kredi. Također je ustanovljeno, da je kontinuitet sedimentacije, osim kopnenog perioda unutar razmaka gornji paleozoik — gornji trijas, trajao od početka trijasa sve do uključivo u senon.

U poglavlju o *tektonici* izvršena je podjela terena u četiri dijela. Jugozapadni dio dolazi u formi rasjednute antiklinale, u čijoj se jezgri nalaze sedimenti gornjeg trijasa i lijasa. Sjeveroistočni dio ima formu prostrane i djelomično sekundarno borane sinklinale s krilima od donjokrednih i jezgrom od rudistnih vapnenaca. Jugoistočni dio, tj. kredno područje sekundarno je borano i mnogostruko tetonski poremećeno brojnim rasjedima različitog, ali pretežno dinarskog pružanja. Rubno područje od Tounja do Slunja karakterizirano je tektonikom blokova s neznatnim tragovima nekadašnjih bora. Rasjedna je tektonika veoma značajna, jer postoje longitudinalni rasjedi i regionalnog značenja dugački i preko 70 km. Osim toga, u sjeveroistočnom dijelu terena su ustanovljeni reversni pokreti prema jugozapadu. Orientacija rasjeda, lučno povijanje njihovih ploha i položaj tektonskih pukotina upućuju na veliki broj po karakteru reversnih rasjeda, osobito u jugoistočnom dijelu. Tektonski pokreti koji su formirali strukturu morali su se odigrati u dvije etape. U prvoj je etapi došlo do blagog boranja i stvaranja struktura malog indeksa boranja, dok su u drugoj etapi tako nastali oblici rasjedima raskinuti i pretežno reversno kretani.

Interpretacija *hidrogeoloških* odnosa u ovom je radu izvršena prvenstveno na bazi hidrogeoloških funkcija stijena u određenim područjima. S tim je u vezi izvršena podjela na potpune zaustave, koje u potpunosti presijecaju podzemne vodene tokove i uzrokom su njihovog pojavljivanja na površini; nepotpune zaustave koje omogućuju djelomičnu, lokalnu ili povremenu podzemnu cirkulaciju voda; područja s plitkom pukotinskom vodom izgrađena pretežno od dolomita koja dozvoljavaju pliću infiltraciju oborinskim vodama i njihovo izlaženje u obliku silaznih izvora na nižoj koti; područje pojačane retardacije koje djelomično usporava podzemne vode iz propusnog vapnenačkog zaleđa i razlogom je formiranju retencija u krovinskim propusnim naslagama; područje s definitivno usporanim podzemnim vodama u kojem postoje stalni površinski tokovi, uvjetovani visokim nivoom djelomično povezanih podzemnih voda i na koncu propusna područja u kojima se podzemne vode kreću prema nižoj stepenici ovisno o konfiguraciji i hipsometrijskom položaju nepropusne podloge. Ta su područja potpuno bez površinskih vodotoka sa svim karakteristikama krških terena. *Uvjeti pojavljivanja i poniranja površinskih voda* ovisni su o međusobnom prostornom rasporedu funkcionalnih područja. Zbog toga se u ovom terenu pojave izvora i ponora potpuno uklapaju u iznesenu shemu. Tako postoje dva sabirna i dva usporna područja. Kako se ovaj teren nalazi sjeveroistočno od razvodnice crnomorskog i jadranskog sliva, podzemne vode

iz gornjeg sabirnog područja gravitiraju prema sjeveroistoku. U kontaktu s gornjim uspornim područjem one izlaze na površinu, površinski prelaze preko njega i ponovno na kontaktu s donjim sabirnim područjem nestaju u podzemlju, da bi se na površini pojavile na slijedećem sjeveroistočnom kontaktu s donjim uspornim područjem. Položaj funkcionalnih područja, uvjeti pojavljivanja i poniranja površinskih voda, režimi pojedinih izvora itd. opravdavaju pretpostavku, da u oba sabirna propusna vapnenačka područja postoje u zaleđu izvora stalne ili povremene rezerve podzemnih voda u formi retencija ili akumulacija, dok u donjem uspornom području, u širem smislu u Karlovačkoj zaravni, postoje stalne i djelomično povezane podzemne vode, izdanci kojih su Gojačka Dobra, Tounjčica, Primišljanska Mrežnica i Korana.

Primljeno 28. 11. 1967.

Geološko-paleontološki zavod
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta,
Zagreb, Soc. revol. 8

LITERATURA

- Amšel, V. (1962): Mikropaleontološka obrada uzoraka stijena geološkog profila Jurjevo — Krstinja. Institut za naftu, Zagreb.
- Bahun, S. (1960): Geološki odnosi okolice Donjeg Pazarišta u Lici (Trijas i tercijarne Jelar naslage). Geol. vjesn. 16, Zagreb.
- Bahun, S., Bukovac, J., Sokač, B. & Šušnjar, M. (1966): Osnovna geološka karta SFRJ, list Udbina. Arh. Inst. geol. istr., Zagreb.
- Bahun, S. & Zupanić, J. (1965): Naslage mladeg mezozoika u području Male Kapele. Acta geol. JAZU 5, Zagreb.
- Baučić, I. (1961a): The importance of impermeable sediments in origin evolution and form of underground cavities in Dinaric Karst region. Mem. 5 Rass. Speleol. Italiana, Como.
- Baučić, I. (1965a): Neke osobitosti podzemne cirkulacije voda u Dinarskom kršu. Simpozij povodom proslave 100 god. rođ. J. Cvijića, Beograd.
- Baučić, I. (1965b): Hidrological characteristics of the Dinaric Karst in Croatia with a special regard to the underground water connections. Naše jame 7, Ljubljana.
- Behlilović, S. (1964): Geologija Čabulja planine u Hercegovini. Pos. izd. Geol. glasn. 4, Sarajevo.
- Bayer, A., Pilar, Đ. & Tietze, E. (1874): Oskudica vode po krasu u hrvatskoj vojničkoj krajini. Zagreb.
- Bojanić, L. (1966): Dopunska geološka i hidrogeološka istraživanja na istočnoj strani Korane. Arh. Inst. geol. istr., Zagreb.
- Bojanić, L., Herak, M., Cukor, V. & Božičević, S. (1965): Geološka i hidrogeološka istraživanja područja Korane od Slunja do Barilovića. Arh. Inst. geol. istr., 98/65, Zagreb.
- Bojanić, L., Raljević, B. & Bahun, S. (1965): Prilog poznavanju rasprostranjenja naslaga donje krede u području Ogulina. Acta geol. JAZU 5, Zagreb.
- Bojanić, L. & Cukor, V. (1967): Geološka i hidrogeološka istraživanja područja akumulacije Ključarići na Zvečajskoj Mrežnici. Arh. Inst. geol. istr., Zagreb.
- Cvijić, J. (1898): Das Karstphänomen. Geogr. Abhandl. hrg. v. A. Penck, B. V. 3, Wien.

- Cvijić, J. (1924): Geomorfologija I. Beograd.
- Cvijić, J. (1926a): Geomorfologija II. Beograd.
- Cvijić, J. (1926b): Cirkulacija vode i erozija u karstu. Glasn. Geogr. društva 12, Beograd.
- Čubrilović, V. (1932): Izvještaj o geološkom snimanju karte Brinje—Ledenice—Oštarije. Vesn. Geol. inst. Kr. Jugosl. 1/1, Beograd.
- Elliott, G. F. (1960): Fossil calcareous algal floras of the Middle East with a note of a Cretaceous Problematicum *Hensonella cylindrica* gen. et sp. nov. Quat. Journ. Geol. Soc. London, 115, London.
- Foetterle, F. (1855): Bericht über geol. Untersuchungen im kroat. Küstenlande. Jahrb. geol. R. A. 4, Wien.
- Gorjanović, D. (1912): Plitki krš okolice Generalskog stola u Hrvatskoj. Predjel oko Lešća. Glasn. Srp. geogr. društva 1, Beograd.
- Gorjanović, D. (1914): Nekadanji otvoreni tok Dobre i Krški ravnjak u Ogulinu. Vijesti geol. povj. 3, 4, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1916): I — O nekim dubokim bušenjima kod Karlovca—Duge Rese i njihovom geološkom znamenovanju. II — K pitanju izravnavanja krševitih krajeva te. postanka osamljenih kamenih stupova. Vijesti geol. povj. Hrv. Slav., Zagreb.
- Grund, A. (1903): Die Karsthydrographie. Geogr. Abhandl. 7/3, Leipzig.
- Gušić, I., Jelaska, V. & Nenadović, D. (1965): Prilog poznavanju vertikalne rasprostranjenosti trijaskih sferokodija. Geol. vjesn. 18/1, Zagreb.
- Hauer, F. (1871): Geologische Übersichtskarte der Osterreichisch-ungarischen Monarchie, Wien.
- Herak, M. (1952): Značenje alge *Sphaerocodium bornemanni* Rothpletz za interpretaciju gornjeg trijasa u području Zagorske Mrežnice. Rad JAZU 289, Zagreb.
- Herak, M. (1953a): O geološkim prilikama područja Korane uzvodno od Slunja. Geol. vjesn. 5—7, Zagreb.
- Herak, M. (1953b): O trasi tunela i smještaju građevnih objekata HE Gojak. Arh. Inst. geol. istr. 2133, Zagreb.
- Herak, M. (1954a): O geološkim uvjetima za hidroenergetsko iskorištavanje voda Male Kapele. Arh. Inst. geol. istr. 2402, Zagreb.
- Herak, M. (1954b): Geološka analiza istraženih bušotina u području Zagorske Mrežnice i Ogulinske Dobre. Arh. Inst. geol. istr. 2367, Zagreb.
- Herak, M. (1954c): Geološki prikaz ponornih zona Ogulinske Dobre. Arh. Inst. geol. istr. 2405, Zagreb.
- Herak, M. (1956a): O mezozoiku područja Korane između Barilovića i Poloja. Geol. vjesn. 8—9, Zagreb.
- Herak, M. (1956b): O nekim hidrogeološkim problemima Male Kapele. Geol. vjesn. 8—9, Zagreb.
- Herak, M. (1957a): Geološka osnova nekih hidrogeoloških pojava u dinarskom kršu. II kong. geol., Sarajevo.
- Herak, M. (1957b): Novi nalazi sferokodija u Hrvatskoj i Sloveniji. Geol. vjesn. 10, Zagreb.
- Herak, M. (1961): Geološka osnova hidroenergetskih objekata na rijekama Gojačkoj Dobri, Primišljanskoj i Zvečajskoj Mrežnici i Korani. Arh. Inst. geol. istr., 3462, Zagreb.
- Herak, M. (1962): Tektonska osnova hidrogeoloških odnosa u izvorišnim područjima Kupe i Korane (s Plitvičkim jezerima). V savjet. geol., Beograd.
- Herak, M. (1965): Geologische Übersicht des Dinarischen Karstes. Naše jame 7, Ljubljana.
- Herak, M., Bojanić, L., Šikić, D. & Magdalenić, A. (1961): Novi elementi tektonike u području gornjeg toka rijeke Kupe. Geol. vjesn. 14, Zagreb.
- Herak, M., Milan, A. & Bahun, S. (1962): Stratigrafsko-tektonska istraživanja zone visokog krša. Arh. Inst. geol. istr., Zagreb.

- Herak, M. & Bahun, S. (1963): Prilog stratigrafskoj analizi naslaga u području Slunj—Komesarac—Rakovica (Hrvatska). Geol. vjesn. 16, Zagreb.
- Herak, M. et al. (1966): Biostratigrafska i sedimentno-petrografska istraživanja mladeg paleozoika, mezozoika i tercijara Dinarida na području SR Hrvatske. Inst. geol. istr., Zagreb.
- Herak, M., Bahun, S. & Magdalenić, A. (1966): Pozitivni i negativni utjecaji na razvoj krša i kršku hidrogeologiju u Hrvatskoj. Simpozij o vodnoj ekonomici na kršu, Split.
- Katzer, F. (1909): Karst und Karsthydrographie. Zur Kunde der Balkan-Halbinsel. Sarajevo.
- Kober, L. (1914): Alpen und Dinariden. Geol. Rdsch. 5, Leipzig.
- Kober, L. (1923): Bau und Entstehung der Alpen. Berlin.
- Kober, L. (1952): Leitlinien der Tektonik Jugoslaviens. Pos. izd. Geol. inst. SAN 3, Beograd.
- Koch, F. (1928): La Géologie du Karst. Le Karst Yougoslave. Zagreb.
- Koch, F. (1933): Geološka karta Plitvice, Beograd.
- Koch, F. (1934): Geološka karta Karlovac—Vojnić, Beograd.
- Kossmat, F. (1924): Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Kriegsschaupl. 12, Berlin.
- Lehmann, O. (1932): Die Hydrographie des Karstes. Encyklopädie der Erdkunde, Leipzig—Wien.
- Magdalenić, A. (1956): HE Gojak — Geološki profil dovodnog tunela, dionica Drenovac—Gojak. Arh. Inst. geol. istr., 2659, Zagreb.
- Magdalenić, A. (1957): HE Gojak — Geološki i geotehnički uzdužni profil dovodnog tunela, dionica Sabljaci—Drenovac. Arh. Inst. geol. istr., 2863, Zagreb.
- Malez, M. (1956): Đulin ponor u Ogulinu. Geol. vjesn. 8—9, Zagreb.
- Malez, M. (1957): Pećina Medvednica (Ogulin). Geol. vjesn. 10, Zagreb.
- Margetić, M. (1947): Tektonski poremećaji kao temelj postanka krških polja srednje Dalmacije. Geol. vjesn. 1, Zagreb.
- Nopcza, F. (1921): Geologische Grundzüge der Dinariden. Geol. Rdsch., 12, Leipzig.
- Petković, K. V. (1961): Tektonska karta FNR Jugoslavije. Glas SAN 22, jubilarno izdanje, Beograd.
- Pilar, Đ. (1874): Prinos rješenju pitanja o bezvodici po hrvatskom krasu. Zagreb.
- Polšak, A. (1959): Geološko istraživanje Plitvičkih jezera. Ljetopis JAZU 63, Zagreb.
- Polšak, A. (1964): Kredne naslage jugoistočnog dijela Male Kapele. Krš Jugosl. JAZU 4, Zagreb.
- Polšak, A. (1965): Geologija južne Istre s osobitim obzirom na biostratigrafiju gornjokrednih naslaga. Geol. vjesn. 18/2, Zagreb.
- Polšak, A. & Milan, A. (1962): Facijelni i tektonski odnosi sjeveroistočnog područja Like. V Savj. geol. FNRJ, Beograd.
- Poljak, J. (1913): Pećine hrvatskog krša I dio (Pećine okoliša lokvarskog i karlovačkog). Prirodosl. istr. Hrv. i Slav. JAZU 1, Zagreb.
- Poljak, J. (1922): Periodičko jezero Blata. Glasn. Hrv. prirodosl. društva 34, Zagreb.
- Poljak, J. (1925): Geologija i hidrogeologija okoliša Ogulina i Ogulinskog Zagorja. Glasn. Hrv. prirodosl. društva 37—38, Zagreb.
- Poljak, J. (1932): Prilog geološkom poznavanju Velike Kapele. Vesnik Geol. inst. Kr. Jugosl. 1, Beograd.
- Poljak, J. (1935): Pećine okolice Ogulina, Velike Paklenice i Zameta. Rasprave Geol. inst. Kr. Jugosl. 5, Beograd.
- Poljak, J. (1936): Tumač za geološku kartu Ledenice—Brinje—Oštarije, Beograd.

- Poljak, J. (1944): O naslagama titona i njihovoj fauni s područja Velike Kapele u Hrvatskoj. Vjesnik Hrv. drž. geol. zav. 1, Zagreb.
- Poljak, J. (1948a): Geološko mišljenje o visini akumulacije vode u istočnoj Mrežnici. Arh. Inst. geol. istr. 779, Zagreb.
- Poljak, J. (1948b): Geološko mišljenje o iskorištavanju vode Gojačke Dobre u hidroenergetske svrhe. Arh. Inst. geol. istr. 831, Zagreb.
- Poljak, J. (1948c): Geomorfologija i hidrografija istočne Mrežnice od izvora do sela Katići. Arh. Inst. geol. istr. 847, Zagreb.
- Poljak, J. (1959): Geologija i hidrogeologija energetskog područja Dobra—Mrežnica. Arh. inst. geol. istr. 2129, Zagreb.
- Poljak, J. (1957): Razvoj morfologije i hidrogeologije u dolomitima Dinarskog krša. Geol. vjesn. 11, Zagreb.
- Poljak, J. & Herak, M. (1947): Geološki odnosi područja Zagorske Mrežnice i donjeg toka Ogulinske Dobre. Arh. Inst. geol. istr. 702, Zagreb.
- Roglić, J. (1951): Unsko-Koranska zaravan i Plitvička jezera. Geogr. glasn. 18, Zagreb.
- Roglić, J. (1956): Neki osnovni problemi krša. Izvj. IV kong. geogr. Jugosl., Sarajevo.
- Roglić, J. (1957): Zaravni na vapnencima. Geogr. glasn. 19, Zagreb.
- Roglić, J. (1960): Das Verhältnis der Flusserosion zum Karstprozess. Zeitsch. Geomorphol. 4/2, Berlin.
- Roglić, J. (1961a): Prilog poznavanju Cvijićeve misli o kršu. Geogr. glasn. 23, Zagreb.
- Roglić, J. (1961b): Odnos morske razine i cirkulacije vode u kršu. Jugosl. speleol. kongr., Zagreb.
- Roglić, J. (1965a): The Delimitations and Morphological Types of the Dinaric Karst. Naše jame 7, 1—2, Ljubljana.
- Roglić, J. (1965b): The Depth of the Fissure Circulation of Water and the Evolution of Subterranean Cavities in the Dinaric Karst. Probl. Speleol. Research, Prague.
- Roglić, J. & Baučić, I. (1958): Krš u dolomitima. Geogr. glasn. 20, Zagreb.
- Salopek, M. (1960): O gornjem paleozoiku u okolini Mrzle Vodice i Crnog luga. Acta geol. JAZU 2, Zagreb.
- Sikošek, B. & Medwenitsch, W. (1965): Neue Daten zur Fazies und Tektonik der Dinariden. Verh. Geol. R. A. Sonderb. G., Wien.
- Stoliczka, F. (1861): Die geologischen Verhältnisse der Bezirke des Ogulin der Südlichen Kompagnien des Slunjer Regiments in der Karlstädter k. k. Militärgrenze. Jahrb. geol. R. A., 12, Wien.
- Stoliczka, F. (1862a): Bericht aus Ogulin. Verhandl. geol. R. A. 3, Wien.
- Stoliczka, F. (1862b): Bericht aus Rakovica. Jahrb. geol. R. A., 12/2, Wien.
- Stur, D. (1863): Bericht über die geologische Uebersicht — Aufnahmen in mittleren Theile Croatiens. Jahrb. geol. R. A., 13, Wien.
- Šćavničar, B. & Šušnjara, A. (1966a): Sur la présence du Trias inférieur dans la region de Gorski kotar, Croatie. Bull. sci. Acad. Yougosl. 11, 7—9, Zagreb.
- Šćavničar, B. & Šušnjara, A. (1966b): Nouvelle contribution sur la présence du Trias inférieur dans la region de Gorski kotar. Bull. sci. Acad. Yougosl. 11, 7—9, Zagreb.

- Terzaghi, K. (1913): Beiträge zur Hydrographie und Morphologie des Kroatischen Karstes. Mitt. Jahrb. K. Ungar. geol. R. A. 20/6, Wien.
- Velimirović, Z. (1962): Mikropaleontološka obrada uzoraka stijena serije M. Kumac II/3. Institut za naftu, Zagreb.
- Velimirović, Z. (1962): Mikropaleontološka obrada uzoraka stijena serije Bujevci I/3. Institut za naftu, Zagreb.
- Velimirović, Z. (1962): Mikropaleontološka obrada uzoraka stijena serije Karlovac—Novi. Institut za naftu, Zagreb.
- Zatezalo, M. (1960): Hidrografija područja Ogulina. Dipl. rad Geogr. odj. PMF, Zagreb.

S. BAHUN

GEOLOGIC BASIS OF HYDROGEOLOGIC RELATIONS OF THE KARST AREA BETWEEN SLUNJ AND VRBOVSKO (CROATIA)

The investigated area covers nearly 1300 square kilometers and represents a unit with typical karst hydrogeology characterized by permanent great springs at the western margin of the area, surficial flows and disappearing of waters in the middle, and finally with their new issuing at several springs at the north-eastern margin of the terrain. This part of Croatia represents a transient zone between the deep and shallow karst belts and it belongs to the Dinaric Mountains. The basic hydrogeologic concepts for this area were published by Poljak (1922, 1925) and Herak (1952, 1956b, 1957a). The present paper contains further data which confirm and complete in details the basic hydrogeologic pattern.

I am very grateful to Prof. Dr. M. Herak for initiative and suggestions which were of great help during the field investigation and preparing of the paper.

Stratigraphic sequence

The deposits are mostly represented by Mesozoic carbonate rocks and partially by Upper Paleozoic and Upper Triassic clastics.

The Upper Paleozoic (Pz_2) contains black and dark-grey shales and brown quartz sandstones in proportion 3:1. The foot wall is unknown. The hanging wall consists of Upper Triassic clastics in a transgressive position. The age of the Upper Paleozoic was determined by Koch (1933) and Salopek (1960).

Upper Triassic clastics (T_3) are composed of conglomerates, reddish-violet marly shales, marls, and reddish coarsegrained quartz sandstones. They mutually exchange laterally and vertically.

Upper Triassic dolomites (T_3) are light-grey and well bedded. In the basal part at the contact with the clastics they are grey, marly and thin bedded. Upper Triassic age has been determined by means of Cyanophycean alga *Spharocodium bornemanni* Rothpletz. The transition into Liassic dolomite is gradual without any obvious boundary.

The Lower Jurassic (J_1) in the northern part of the area contains grey, well bedded dolomites, as well as grey and dark, well bedded limestones, mutually exchanging. In the rest of the area it is composed only of dark-grey dolomites. In the limestones were found following fossils: *Globochaete alpina* Lombard, *Glomospira sp.*, *Uidalina sp.*

The Middle Jurassic (J_2) follows continuously the Lias without any obvious boundary. Like the Lias it is composed in the northern part of the terrain of dolomites and limestones, otherwise of dolomites, only. The age is inferred upon the superposition and fossil *Meyendorffina bathonica* Auroze & Bizon.

The Upper Jurassic (J_3) consists in the western part of light-grey to grey dolomites with lenses of grey or brown limestones. In the rest of the area it is composed only of dolomites. The boundary to the Middle Jurassic has been determined by means of fossils which appear in the lowest Upper Jurassic beds (*Pfenderina* sp., *Macroporella sellii* Crescenti, *Cladocoropsis mirabilis* Felix). Then follow the beds with *Clypeina jurassica* Favre, *Kurnubia palastiniensis* Henson, etc. The transition toward the Cretaceous is gradual and determined by microfossils (*Salpingoporella annulata* Carozzi, and remains of the big aberrant *Tintinnina*).

The Lower Cretaceous (K_1) has been for the first time established in the investigated terrain. It is wide-spread of the Jurassic and Upper Cretaceous rocks. It is composed mainly of well bedded grey and brown limestones containing the following fossils: *Muriera baconica* Deecke, *Salpingoporella dinarica* Radoičić, *Goneolina camposaurii* Sartoni & Crescenti, *C. laurentii* Sartoni & Crescenti, *C. scarsellai* De Castro, *Orbitolina (Palorbitolina) lenticularis* (Lumenbach), *Requienia* sp. etc. Only in the northern part its basal partion is represented by the brown non-bedded crystalised dolomites without fossils.

Upper Cretaceous rocks are more complex.

At the base are the brown or grey dolomites and breccias (K_2^1), which were deposited continuously over the Lower Cretaceous, whereas in the surroundings they may have a transgressive position. The breccias consist of fragment of limestones, chert and silicified dolomites with the dolomitic cement. The age is inferred upon the superposition.

The Cenomanian and Turonian (K_2^{1-2}) comprise slightly bedded or masive light brown or grey limestones with the remains of the *Radiolitidae* (*Neocaprina nanosi* Pleničar, and *Schiosia carinataeformis* Polžak).

The Senonian (K_2^3) is lithologically quite identical with the preceding member. But it contains the remains of the *Hippuritidae* (*Medeella zignana* Pirona, *Hippurites (Orbignya)* sp.).

The Quaternary (Q) is to be found mainly in the depressions along the surficial water flows. It is composed of brown and greyish-brown clays, and sporadically of fine-grained dolomitic sands.

Tectonical setting of the area

The main tectonic features are the following:

- a) General strike of the folds and of the most important faults is northwest-southeast;
- b) The folding is slight with inclination of the flanks mostly about 20°;
- c) In connection with b) horizontal layers are not infrequent;
- d) All structures are plying towards south-east with partial warping of the axis;
- e) The faulting is well expressed especially in the synclinal parts of the folds, composed mainly of limestones.

Taking into account the previously mentioned facts, the investigated area can be divided into 4 units:

1. The south-western unit (Fig. 1, I) represents a fractured anticline extending with smaller breaks for nearly 70 km, from Vrbovsko to Lička Jesenica.

The beds of the core (Upper Paleozoic, Upper Triassic, Middle and Upper Jurassic) are to the west in contact with Upper Jurassic and Lower Cretaceous carbonate

rocks. The dislocation, in the map registered as a single longitudinal fault line, in fact represents a fault zone including also some transversal and diagonal faults.

2. The north-eastern unit (Fig. 1, II) representing a shallow syncline is disturbed by numerous faults and fractures. At the north-eastern side it is bordered by a large fault striking from Tounj to Slunj. The syncline plunges towards the east. At the spring of Primišljanska Mrežnica it bends to the direction north-south (in length of ca. 2 km).

3. The south-eastern unit (Fig. 1, III) in general was also a syncline (or maybe synclinerium) which has been disturbed by several faults of different attitude. Lower Cretaceous rocks exposed as north-eastern walls of the faults.

4. The marginal unit from Tounj to Slunj (Fig. 1, IV) characterized predominantly by faulting without traces of preexisting folds. The boundary to the already mentioned unit (III) is marked by reverse fault with the dip towards the north-east.

Taking into account plicative and disjunctive structures it can be assumed that tectonic disturbances occurred within two phases: the first one produced mild folds, the second imbricate structure with slight movements towards the south-west. There are no indications of an overthrust which may delimit two larger tectonic units (i. e. the units of Paleozoic shales and Mesozoic limestones and the second one called High karst overthrust).

Hydrogeologic relations

Following the concepts of the Herak's paper (1957a) there were considered not only the lithologic properties of rocks but also their tectonic position in order to define hydrogeologic function of different lithostratigraphic units. For illustration may be mentioned the dolomites of different ages which may perform the role of aquiclude or only partially aquifer.

The investigated area belongs to the middle belts of the Dinaric karst (Herak, Bahun & Magdalenić, 1966) characterized by numerous springs, ponors (shallow holes), estavelas, and irregularities in relations between surficial and subsurface watersheds. The following units can be distinguished: true barriers, relative barriers, zones by shallow water in fractures, and zones consisting of deep permeable rocks. The surficial and underground water flows belong to the Black sea catchment area. It is possible to distinguish the following hydrogeologic zones:

1. Upper intake area includes pervious rocks of the Cretaceous which overlie Upper Jurassic dolomites and limestones in function of intensified retardation of water flows. The contact between them is dipping towards the south-west. Owing to retardation underground accumulation of water in the overlying pervious rocks is to be supposed.

2. Upper impounding zone is only a part a large anticline striking from Gorski Kotar over Plitvice lakes and Plešivica to Bruvno (Herak, Bahun & Magdalenić, 1966). This anticline completely or at least partially cut off subsurface water flows. It consists in the north-west of Upper Paleozoic and Upper Triassic sediments, in the middle part of Triassic and Jurassic rocks, and in the south of Upper Jurassic dolomites. Along the contact with the zone (1) occur numerous springs of various discharge forming permanent surficial flows (Kamačnik, Vitunj, Zagorska Mrežnica, Dretulja and Lička Jesenica). Especially interesting is the periodical lake Begovac on the disturbed crest of the Upper Jurassic anticline. After Herak (1956b) it functions like a complex estavela with normal springs, single estavelas, and swallow holes. The fissures, and possibly channels, cause a partially subterranean drainage from the limestone catchment area. However, since the quantity of water under pressure within the catchment area is much greater than the capacity of the mentioned subterranean watercourses through the dolomite, the water has to come out through many different openings (estavelas) in the limestone near the tectonic

contact line. It happens naturally during the high water level only. During the low level on the contrary, the capacity of the subterranean watercourses is greater than the amount of water deriving from the catchment area and therefore the water from Begovac can return to its subterranean course through the same openings (estavelas). (p. 36, 1956b).

3. Lower intake area is composed of Cretaceous limestones lying in the center of a syncline over Upper Jurassic dolomites. The limestones are very pervious. On the south-west part are the surficial water courses sinking into numerous swallow holes and mixing with meteoric water. On the north-eastern margin it emerges again at several permanent springs. Retentions within this area provide the water even during the dry seasons.

4. Lower impounding area consists in fact mostly of pervious rocks. However the ground water level is at 200—220 m above sea level. There is no possibility for concentrated subsurface flows. Consequently the ground water itself impounds the water of the area (3) and causes the appearance of several springs and surficial flows as Gojačka Dobra, Bistra, Tounjčica, Kukača, Primišljanska Mrežnica, Slunjčica and Korana. Owing to the mentioned relations this area is also characterized by permanent surficial flows. The ground water moves towards the local surficial flows and in general towards the north.

As already stated the direction of the subsurface and surficial flows is generally to the north, the all courses being tributaries of the river Sava.

By dye tests the underground connexions are proved between Ogulinska Dobra and Gojačka Dobra, among Zagorska Mrežnica on one side and Bistrac, Tounjčica and Kukača on the other side, further between Dretulja and Primišljanska Mrežnica, and finally between Lička Jesenica and Slunjčica.

Received 28th November 1967

*Institute of Geology and Paleontology
Faculty of Science, Zagreb,
Socijalističke revolucije 8*

Legenda za geološku kartu

Legend for geological map

P ₂ Glineni škriljavci i pješčenjaci gornjeg paleozoika	Shales and sandstones — Upper Paleozoic
T ₃ Laporoviti škriljavci i pješčenjaci gornjeg trijasa	Marly shales and sandstones — Upper Triassic
T ₃ Dolomiti gornjeg trijasa	Dolomites — Upper Triassic
J ₁ Dolomiti, dolomiti u izmjeni s vapnencima i vapnenci — lijas	Dolomites, dolomites and limestones mutually exchanging, and limestones — Lower Jurassic
J ₂ „ — doger	„ — Middle Jurassic
J ₃ „ — malm	„ — Upper Jurassic
K ₁ Dolomiti i vapnenci donje krede	Dolomites and limestones — Lower Cretaceous
K ₁ Dolomitne breče gornje krede	Dolomitic breccias — Upper Cretaceous
K ₁ ² Rudistni vapnenci cenomana i turona	Limestones with Rudistids; Cenomanian and Turonian
K ₁ Rudistni vapnenci senona	Limestones with Rudistids; Senonian
Q Kvartar	Quaternary
1 Utvrđena i približno locirana geološka granica	Proved and approximately determined geological boundary

2	Pretpostavljena geološka granica	Supposed geological boundary
3	Postepeni prelaz	Gradual transition
4	Rasjed	Fault
5	Pretpostavljeni rasjed	Supposed fault
6	Reversni rasjed	Reverse fault
7	Trase ploha diskontinuiteta utvrđene fotogeološki	Photogeologically established discontinuities
8	Nalazi značajnijih fosila	Main localities of fossils
9	Stalni izvor	Permanent spring
10	Povremeni izvor	Periodical spring
11	Ponor	Ponor (swallow hole)
12	Estavela	Estavela

Legenda za hidrogeološku kartu

Legend for hydrogeological map

A	Gornje sabirno područje	Upper intake area
B	Gornje usporno područje	Upper impounding area
C	Donje sabirno područje	Lower intake area
D	Donje usporno područje	Lower impounding area
1	Potpune zaustave	True barriers
2	Nepotpune zaustave	Relative barriers
3	Područje s plitkom pukotinskom vodom	Zone with shallow water in fractures
4	Područje pojačane retardacije	Zone of intensified retardation
5	Područje s definitivno usporenim podzemnim vodama	Zone with finally impounded ground water
6	Propusna područja	Aquifers
7	Stalni izvor	Permanent spring
8	Povremeni izvor	Periodical spring
9	Estavela	Estavela
10	Ponor	Ponor (swallow hole)
11	Utvrđeni smjerovi kretanja podzemnih voda	Proved directions of underground watercourses
12	Pretpostavljeni smjerovi kretanja podzemnih voda	Inferred direction of underground watercourses
13	Moguće podzemne retencije ili akumulacije	Potential retention or accumulation
14	Stalni površinski tokovi	Permanent surficial water flows
15	Povremeni površinski tok	Periodical surficial water flow
16	Površinska razvodnica	Surficial watershed
17	Značajniji rasjedi i pukotine	Main faults and fractures
18	Uslojeni vapnenci	Bedded limestones
19	Gromadasti vapnenci	Massive limestones
20	Uslojeni dolomiti	Bedded dolomite
21	Dolomitne breče	Dolomitic breccias
22	Glineni škrljanci, laporoviti škrljanci i lapori	Shales, marly shales and marls
23	Pješčenjaci	Sandstones
24	Antiklinala	Anticline
25	Nizvodno krilo antiklinala	Down-stream flank of the anticline
26	Uzvodno krilo antiklinala	Up-stream flank of the anticline

SHEMATSKI GEOLOŠKI STUP

SCHEMATICAL GEOLOGICAL COLUMN

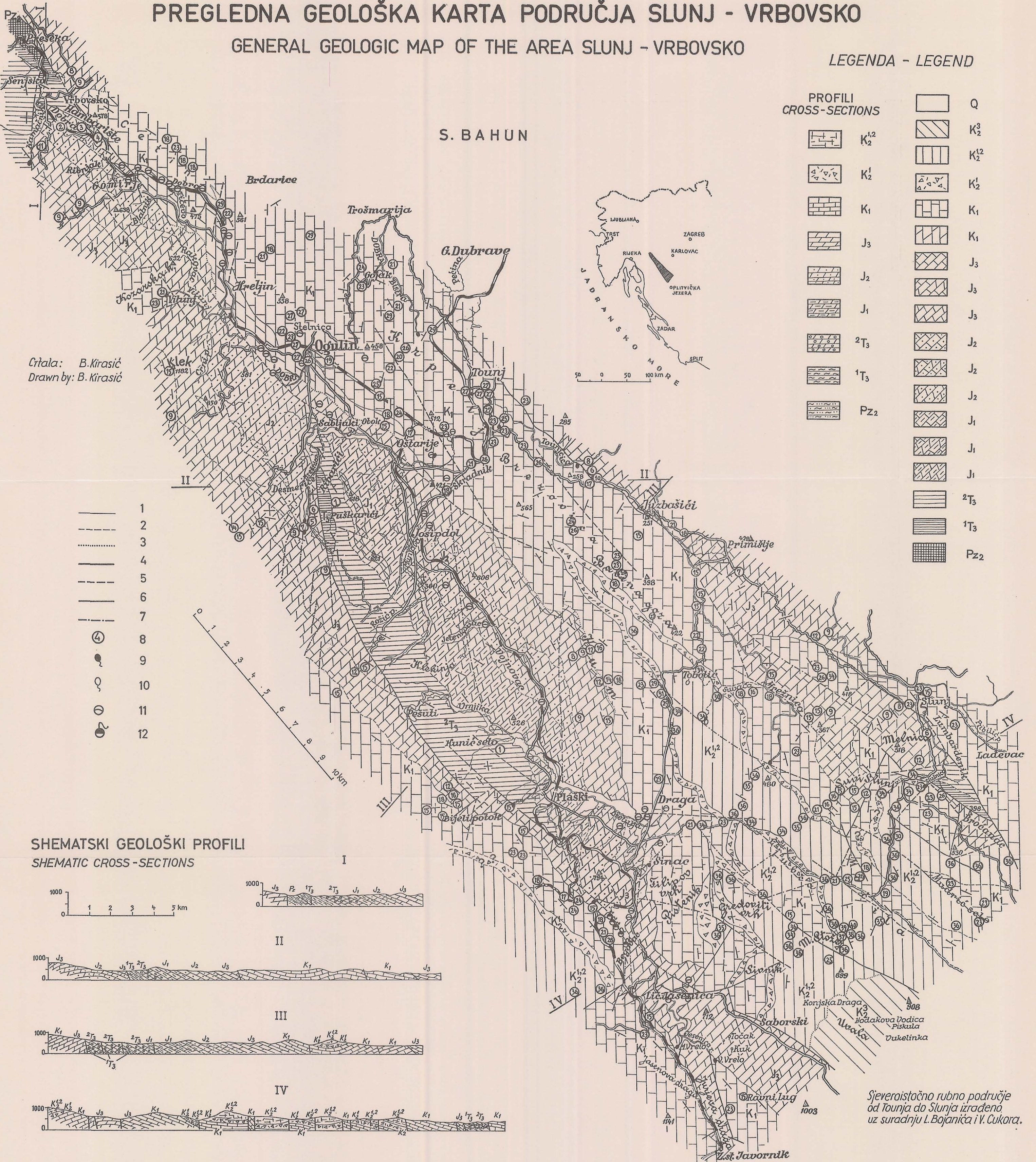
Starost Age	Simboli Symbols	Debljina Thickness m	Litološki sastav Lithology	Raspored fosila Distribution of fossils	Lista fosila List of fossils		
Kvartar Quaternary							
C R E T A C E O U S	Senonian	K ₂ ³	200	↑	37	1 <i>Sphaerocodium bornemanni</i> Rothpletz	
	GORNJA — UPPER Turonian	K ₂ ^{1,2}	700	—	36 40 35 39 34 38 30	2 <i>Glomospira</i> sp. 3 <i>Globochaete alpina</i> Lombard 4 <i>Vidalina</i> sp. 5 <i>Meyendorffina bathonica</i> Aurouze et Bizon 6 <i>Pfenderina</i> sp. 7 <i>Macroporella sellii</i> Crescenti	
	Cenomanian	K ₂ ¹	600	—		8 <i>Cladocoropsis mirabilis</i> Felix 9 <i>Clypeina jurassica</i> . Favre	
	K R E D A —	DONJA — LOWER	K ₁	100-200	—	34 31 33 30 28 32 29	10 <i>Kurnubia wellingsi</i> (Henson) 11 <i>Kurnubia palastiniensis</i> Henson 12 <i>Salpingoporella annulata</i> Carozzi 13 <i>Salpingoporella appeninica</i> Sartoni et Crescenti
				700 — 800	—	33 25 21 32 24 20 27 23 19 26 22 18	14 <i>Veliki aberantni tintinini</i> Big aberrant <i>Tintinnina</i> 15 <i>Favreina salevensis</i> (Paréjas) 16 <i>Munieria baconica</i> Deecke
				700 — 800	—	18 15 17	17 <i>Cuneolina laurentii</i> Sartoni et Crescenti 18 <i>Cuneolina camposaurii</i> Sartoni et Crescenti
				700 — 800	—	18 14 16 13 15 12	19 <i>Cuneolina scarsellai</i> De Castro
	J U R A S S I C	Malm	J ₃	600 — 700	—	15 9, 11 9, 10, 11	20 <i>Coskinolinoidea texanus</i> Keijzer 21 <i>Haplophragmoides</i> sp. 22 <i>Salpingoporella mühlbergi</i> (Lorenz) 23 <i>Salpingoporella dinarica</i> Radoičić
				400 — 500	—	8 7 6	24 <i>Hensonella cylindrica</i> Elliott 25 <i>Bačinea irregularis</i> Radoičić
				300 — 400	—	6 5	26 <i>Orbitolina (Palorbitolina) lenticularis</i> (Blumenbach) 27 <i>Requienia</i> sp.
150-200				—	4 3 2	28 <i>Pseudochrysalidina conica</i> (Henson) 29 <i>Nummoloculina heimi</i> Bonet 30 <i>Nezzazata simplex</i> Omara	
T R I A S S I C	GORNJI — UPPER	J ₁	250 — 350	—	1	31 <i>Coskinolina sunnilandensis</i> Maync 32 <i>Orbitolinopsis flandrini</i> Moutade 33 <i>Valvulina</i> sp.	
			150-200	—		34 <i>Cuneolina pavonia parva</i> Henson 35 <i>Chondrodonta</i> sp.	
P A L A E O Z O I C	GORNJI — UPPER	P ₂₂	150	—		36 <i>Rudisti neodredeni</i> — Undetermined <i>Rudistids</i> 37 <i>Neocaprina nanosi</i> Pleničar 38 <i>Schiosia carinatoformis</i> Polšak 39 <i>Radiolites</i> sp. 40 <i>Neocaprina</i> sp.	



PREGLEDNA GEOLOŠKA KARTA PODRUČJA SLUNJ - VRBOVSKO

GENERAL GEOLOGIC MAP OF THE AREA SLUNJ - VRBOVSKO

LEGENDA - LEGEND



Crtao: B. Kirasić
Drawn by: B. Kirasić

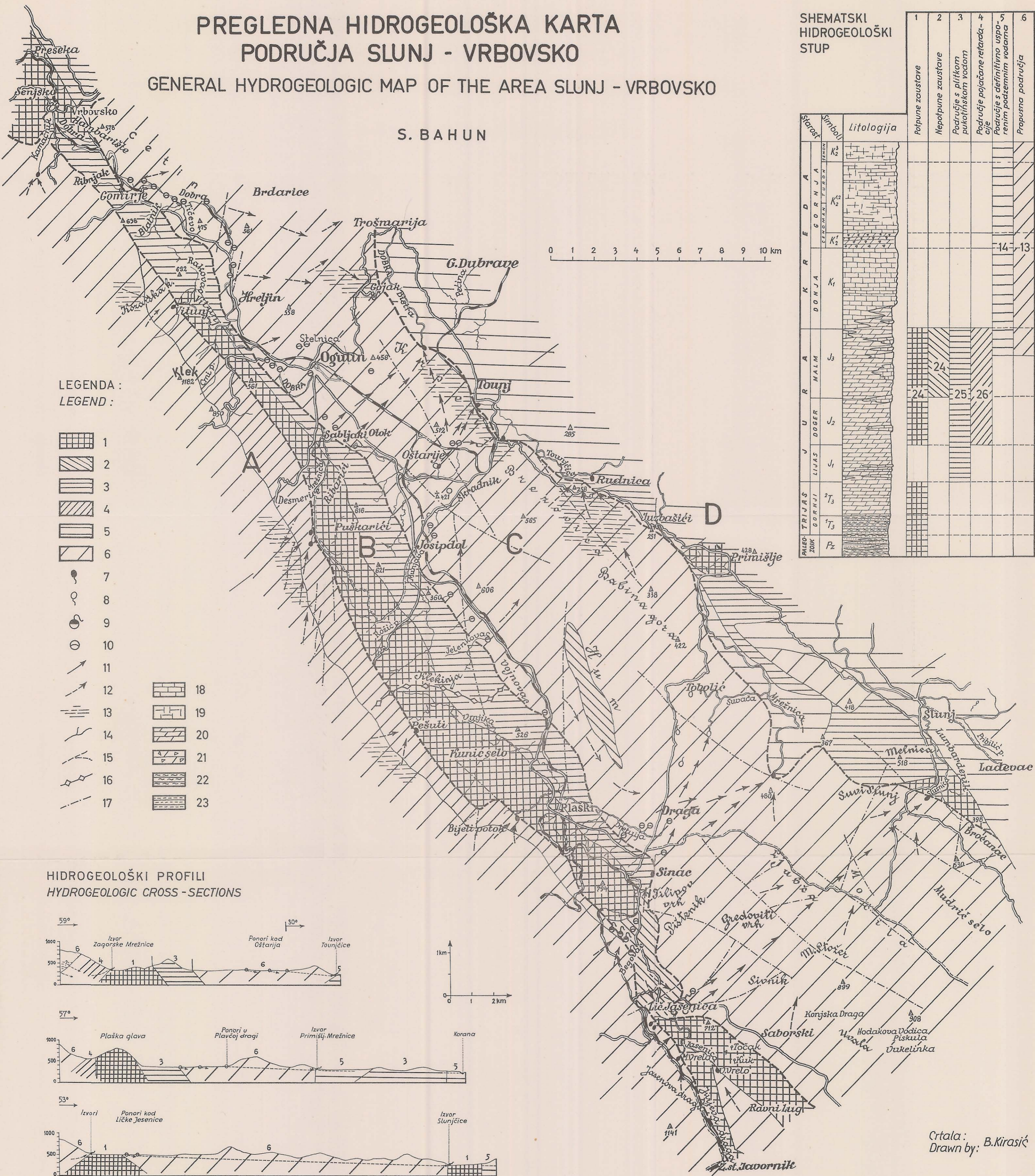
S. BAHUN

Sjeveroistočno rubno područje od Tounja do Slunja izrađeno uz suradnju I. Bojanića i V. Čukora.

PREGLEDNA HIDROGEOLOŠKA KARTA PODRUČJA SLUNJ - VRBOVSKO

GENERAL HYDROGEOLOGIC MAP OF THE AREA SLUNJ - VRBOVSKO

S. BAHUN



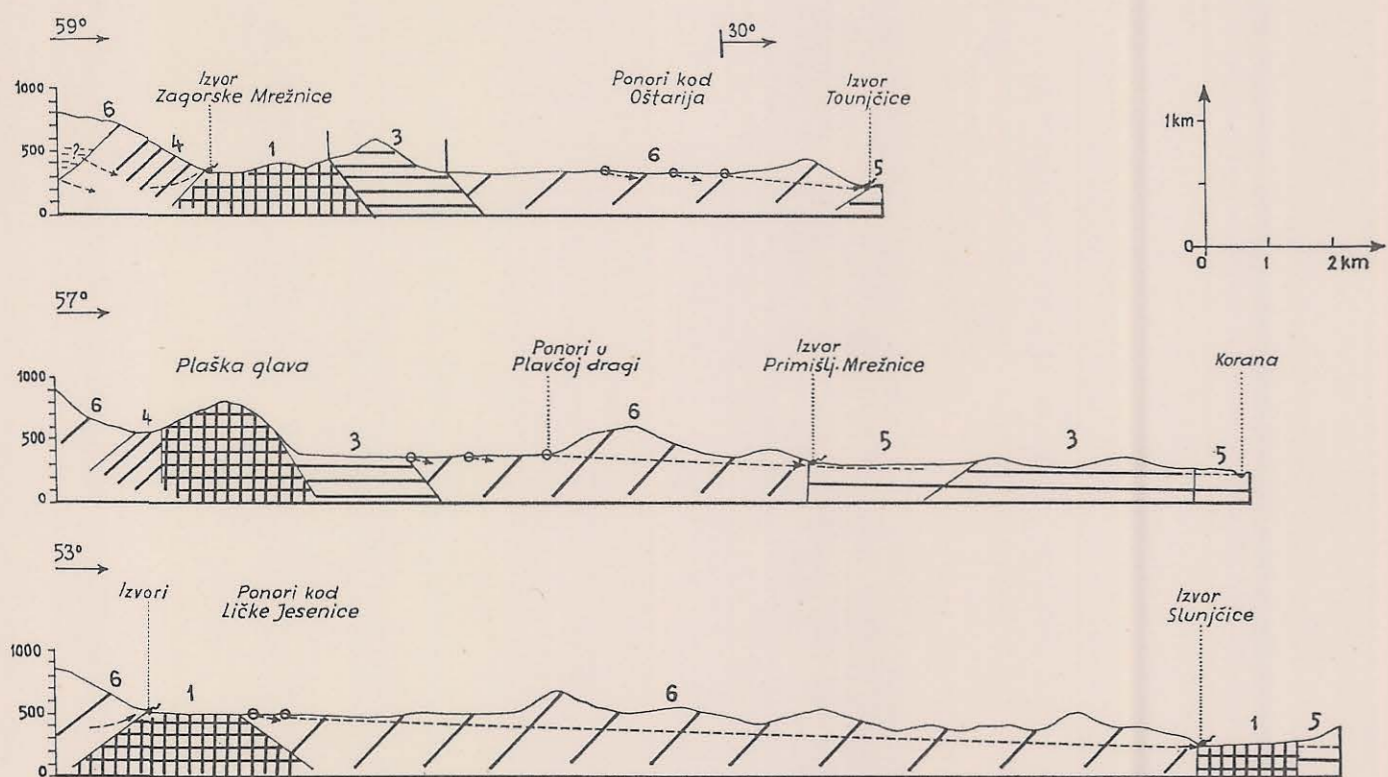
SHEMATSKI
HIDROGEOLOŠKI
STUP

Starost	Simboli	Litologija	SHEMATSKI HIDROGEOLOŠKI STUP								
			1	2	3	4	5	6			
PALEO-TRIJAS GORNJI ZOIK		Pz									
TRIJAS GORNJI	T ₃										
TRIJAS LIJAS	J ₁										
DOGHER	J ₂										
URMALM	J ₃						24				
KR. DOVNA	K ₁						24	25	26		
KR. GORNJA	K ₂									14	13
KR. DONJA	K ₂ ¹										
KR. DONJA	K ₂ ²										
KR. DONJA	K ₂ ³										

LEGENDA :
LEGEND :

- 1 [Symbol]
- 2 [Symbol]
- 3 [Symbol]
- 4 [Symbol]
- 5 [Symbol]
- 6 [Symbol]
- 7 [Symbol]
- 8 [Symbol]
- 9 [Symbol]
- 10 [Symbol]
- 11 [Symbol]
- 12 [Symbol]
- 13 [Symbol]
- 14 [Symbol]
- 15 [Symbol]
- 16 [Symbol]
- 17 [Symbol]
- 18 [Symbol]
- 19 [Symbol]
- 20 [Symbol]
- 21 [Symbol]
- 22 [Symbol]
- 23 [Symbol]

HIDROGEOLOŠKI PROFILI
HYDROGEOLOGIC CROSS - SECTIONS



Crtala : B. KIRASIĆ
Drawn by :