

**INSTITUT ZA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA, ZAGREB
ZAVOD ZA HIDROGEOLOGIJU I INŽENJERSKU GEOLOGIJU**

**REPUBLIKA HRVATSKA
OSNOVNA HIDROGEOLOŠKA KARTA HRVATSKE
M 1:100.000**

**LIST IVANIĆ GRAD
TUMAČ**

Broj: _____/99

Ravnatelj IGI:

Prof.dr. Božidar Biondić, znan.savjet.

Zagreb, 1999.

INSTITUT ZA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA, ZAGREB

Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju

Autori: Dr.sc. Ivan Slišković
Ante Šarin, dipl.ing.geol.

Suradnici: Mr.sc. Željka Brkić
Josip Kolarić, ing.

Informatička
obrađa: Davorin Singer, informatičar
Tomislav Kolander
Stipe Dolić
Nataša Pomper

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	ISTRAŽNI RADOVI	1
2.1.	Ranija istraživanja	2
2.2.	Nova istraživanja	3
2.3.	Stupanj hidrogeološke istraženosti terena	3
3.	ZEMLJOPISNA OBILJEŽJA	
4		
3.1.	Zemljopisni položaj	4
3.2.	Reljef	4
3.3.	Klima	6
3.4.	Vegetacijski pokrivač	6
3.5.	Površinske vode	7
4.	GEOLOŠKA GRAĐA	7
4.1.	Litostratigrafski pregled	7
4.2.	Tektonika	11
5.	GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA	13
5.1.	Geomorfološki procesi	13
5.2.	Važnije geomorfološke pojave i oblici	13
6.	OSNOVNA HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA	14
6.1.	Hidrogeološka regionalizacija	14
6.2.	Hidrogeološka svojstva stijena i nevezanih sedimenata	15
6.2.2.	Hidrogeološke značajke važnijih vodonosnika	16
7.	ZALIHE PITKIH PODZEMNIH VODA	23
7.1.	Stupanj poznavanja zaliha	23
7.2.	Eksplatacijske količine	25
8.	TERMALNE I TERMOMINERALNE VODE	26
9.	HIDROGEOLOGIJA I VODOPRIVREDNA PROBLEMATIKA	28
9.1.	Vodoopskrba	28
9.2.	Kakvoća podzemne i površinske vode	31
9.3.	Zaštita podzemnih voda	33
9.4.	Obrana od voda	34
10.	ZAKLJUČCI	35
	LITERATURA	37

PRILOZI

1. Osnovna hidrogeološka karta M 1:100.000

SLIKE U TEKSTU

1. Karta padalina i temperature zraka
2. Tektonska skica predneogenske podloge u širem području jugozapadnog dijela Panonskog bazena (Šikić, 1995)
3. Karta debljina gornjeg dijela Lonja formacije između repera Q' i površine terena (Hernitz i dr., 1980)
4. Uzdužni litološki profil kroz kvartarne naslage prisavske ravnice
5. Izohijete aluvijalnog vodonosnog horizonta prisavske ravnice od Zagreba do Rugvice (P. Miletić, 1978)
6. Aktivna crpilišta i perspektivna crpilišta Črnkovec na listu Ivanić Grad sa zonama sanitarne zaštite

1. UVOD

Istraživanja za Osnovnu hidrogeološku kartu M 1:100.000 započeta su 1992. godine izradom Projekta i prikupljanjem preliminarnih radnih hidrogeoloških karata. Domovinski rat je znatno usporio rad na ovom listu pa je njegova stvarna izrada počela tek 1994. godine kada su izvedene prve terenske opservacije.

Na izradu karte utjecalo je nekoliko faktora, a to su hidrogeološki sklop terena, vodoprivredna problematika, s posebnim osvrtom na vodoopskrbu i zaštitu voda i geotermalni potencijali. Činjenica da na ovom listu leži čitav Zagreb - istok s najvećom koncentracijom industrije, aerodromom i zaobilaznim autocestama, a istovremeno tu su i najveća crpilišta za vodoopskrbu i perspektivne zalihe podzemnih voda za narednih 30-50 godina ukazuje na važnost ovog lista za budućnost. Ovdje je na prisavskoj ravnici koncentriran veliki broj crpilišta (Šašnjak, Peščenica i Ivanja Rijeka sa nizom individualnih tvorničkih zdenaca na lijevoj obali), te Velika Gorica na desnoj strani i najveće perspektivno crpilišta "Črnekovec" o čijoj budućnosti će ovisiti više od 50% cjelokupnog vodoopskrbnog sustava grada Zagreba i šire. Pridodamo li ovom cijeli niz istražnih i opažackih bušotina i indikacije termomineralnih voda u Dubravi, Sesvetama, Sv. Ivanu Zelini i Ivanić Gradu, te veliki broj bušotina za naftu i plin, dobiva se predodžba o složenosti izrade ove hidrogeološke karte.

Svi prikupljeni podaci pohranjeni su u Bankama hidrogeoloških podataka koji čine sastavni dio informacijskog sustava za okoliš Republike Hrvatske. Podaci su locirani na topografskim kartama M 1:25.000 s jedinstvenim katastarskim brojem koji omogućava pretraživanje podataka i njihovo korištenje. Banke su formirane koristeći software dBase III+ (Ashon-Tate), a za izradu grafičkih priloga povezivanje banki podataka korišten je programski paket ARC/INFO (ESRI-USA).

List Ivanić Grad 1:100.000 sastoji se od Osnovne hidrogeološke karte, pripadajuće legende, dva profila, položajne karte i karte ugroženosti vodonosnika od onečišćenja 1:300.000. U džepu tumača dana je karta slivova vodnih pojava i građevina M 1:100.000 i hidrogeološki stup. U tekstu tumača ove karte data je karta prosječnih višegodišnjih padalina i temperatura zraka i nekoliko popratnih slika.

2. ISTRAŽNI RADOVI

Područje lista Ivanić Grad bilo je predmet opsežnih naftnogeoloških, hidrogeoloških, geofizičkih, inženjerskogeoloških i hidroloških istraživanja i ispitivanja. Provedena istraživanja su se kretala od regionalnih i osnovnih, do detaljnih i specijalnih radova. Ranija istraživanja su bila uglavnom geološka i naftološka, a u novije vrijeme primat imaju inženjerskogeološka, hidrogeološka i geotermalna.

2.1. Ranija istraživanja

Ovdje će biti navedena sva važnija istraživanja kojima su dobiveni podaci relevantni za interpretaciju hidrogeologije ovog područja, pa prema tome i za Osnovnu hidrogeološku kartu lista Ivanić Grad.

Najstariji publicirani radovi potječu od Lj. Vukotinovića (1874); F. Foetterle (1861-62), a F. Hauer (1867-71) izdaje kartu 1:576.000 (list VI PREGLEDNE GEOLOŠKE KARTE AUSTRIJE). Podatke o građi i tektonici Medvednice daje G. Pilar (1881).

Geološku kartu krupnijeg mjerila (1:75.000) izrađuje Gorjanović-Kramberger (1908). Medvednicu proučavaju C. Diener (1902); F. Koch (1924, 1924); M. Salopek (1914); J. Poljak (1911) itd. O rudnim pojavama pisao je F. Tučan (1919).

Nakon II svjetskog rata geološka istraživanja su intenzivirana. Nedela-Devide (1954/56) obrađuje gornjokredne naslage Medvednice. Veoma značajan rad o petrografskom sklopu i genezi magmatskih stijena Medvednice objavio je B. Crnković (1963).

Međutim, najkompletniju geološku kartografsku podlogu za Osnovnu hidrogeološku kartu predstavlja Osnovna geološka karta ovog lista koja je tiskana 1983. godine (O. Basch et al.).

Paleogeografske i neotektonske odnose istražuju Kranjec i Prelogović (1974), a Prelogović (1975) objavljuje neotektonsku kartu Hrvatske sa sumarnim amplitudama pokreta i glavnim značajkama neotektonskog razvitka. Rezultate seizmoloških, neotektonskih i seizmotektonskih istraživanja Medvednice prikazuje Cvijanović et al. (1979). Istraživanja vezana za naftu i plin provode od 1951. do 1985. godine mnogi geolozi poduzeća INA-Naftaplin iz Zagreba. Spomenut ćemo samo radove Urbihe (1963), Hajnšeka i dr. (1963).

S hidrogeološkog aspekta posebno su interesantna naftološka istraživanja koja se odnose na litofacijalne značajke gornjotrijaskih i kvartarnih naslaga. Šimon (1973) rasčlanjuje kompleks tercijarnih i kvartarnih taložina na 6 litostratigrafskih jedinica, od kojih je najmlađa Lonja formacija najznačajnija za vodoopskrbu (Urumović i dr., 1976).

Počeci hidrogeoloških istraživanja vezani su za radove Pilara (1889) i Ivekovića (1929). Poslije II svjetskog rata počela su intenzivna hidrogeološka istraživanja. To su u prvom redu regionalne hidrogeološke studije: Miletić, 1968, 1969, 1970, 1980; Borčić i dr., 1967; Capar i dr., 1969 i 1971. Urumović (1975), Šarin (1976 i 1984) ili istraživanja nešto užih područja koje su provodili Miletić i Borčić (1967), Čakarun i dr. (1967), Nowinsky i dr. (1967), Turić i Bradić (1978), Urumović i dr. (1983).

Čakarun i dr. (1987) opisuje geološke i hidrogeološke specifičnosti kvartarnog vodonosnog kompleksa prisavske ravnice od granice R. Slovenije do Rugvice. Utjecaj rijeke Save na oscilacije razine podzemne vode, kemizam, te značajke i mogućnosti daljnjih istraživanja geotermalnih

vodonosnika detaljno opisuje Mraz i dr. 1991. godine. Duboke geotermalne vodonosnike ispituju Čubrić (1987) i Kolbah (1983, 1987, 1986 i 1991).

Lokalna istraživanja vodonosnika na listu Ivanić Grad vezana su za dugogodišnje istražne radove Geofizike (Velika Gorica), Geotehnike (Črncove, Šašnjak, Žitnjak, Petruševac, Ivanja Rijeka itd). Korolija i dr. istražuju pregradni profil za HE Drenje i utjecaj akumulacije na razinu podzemnih voda.

2.2. Nova istraživanja

Područje lista Ivanić Grad regionalno je kompletno obrađeno u okviru prethodno navedenih studija. Osnovnoj hidrogeološkoj karti M 1:100.000 prethodila je Hidrogeološka karta Republike Hrvatske M 1:200.000 (list Zagreb - Šarin i dr., 1976) i karta M 1:500.000 (Šarin i dr., 1980) koje su u izvjesnom smislu i podloga ovoj karti. Jugozapadni dio lista šire područje istočnog Zagreba i Velike Gorice veoma detaljno je istraženo iz razloga što je to sadašnje i perspektivno crpilište grada Zagreba. Polazeći od činjenice da Osnovna hidrogeološka karta ima za cilj valorizaciju dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja i ispitivanja, te da se na temelju njih programira dopunske istražne radove kako bi stupanj istraženosti bio što ravnomjerniji. U tom cilju tijekom 1994. i 1995. godine izvedeno je hidrogeološko kartiranje i rekognosciranje sjeveroistočnih i istočnih dijelova lista na topografskim osnovama M 1:25.000. Hidrogeološkim kartiranjem registrirani su vodni objekti i građevine koji nisu bili obuhvaćeni hidrogeološkim katastrom. Tijekom rada na karti terenska hidrogeološka snimanja i istraživanja izveli su Ivan Slišković, Željka Brkić i Josip Kolarić. Najviše vremena je utrošeno na obradu prikupljenih podataka za potrebe hidrogeološkog informacijskog sustava. U okviru toga izrađena je banka hidrogeoloških podataka u koju su upisani svi podaci prikupljeni za pojedine vodne pojave (izvori) i građevine (kopani i bušeni zdenci, plitke i duboke bušotine). Svi su podaci locirani na topografske osnove 1:25.000.

Opažačka mreža razina podzemne vode preuzeta je od Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske, na osnovi čijih mjerenja su izrađene hidroizohipse niskih i visokih voda prisavske ravnice.

Debljina vodonosnika i pokrovnih naslaga je računata na temelju podataka istražnih piezobušotina i probno-eksploatacijskih zdenaca.

Izvor podataka za Osnovnu hidrogeološku kartu M 1:100.000 su podaci unijeti u informacijski sustav i autorski izvornik manuskripta karte.

Na temelju prikupljenih podataka, respektirajući rezultate ranijih istraživanja izvršili smo hidrogeološku regionalizaciju lista, te hidrogeološku kategorizaciju, odnosno klasifikaciju stijena i terena. Markirali smo glavne vodonosnike, odredili njihove značajke, procijenili rezerve pitkih voda i opasnost od zagađenja vodonosnika, te odredili kvalitetu voda za piće i navodnjavanje.

2.3. Stupanj hidrogeološke istraženosti terena

Stupanj hidrogeološke istraženosti područja lista Ivanić Grad ovisan je o vodoobilnosti, bilo pitkih ili termalnih voda, i o pridobivanju nafte i plina. Iz tih razloga možemo konstatirati da su veoma dobro istraženi jugozapadni dijelovi lista uz rijeku Savu, naročito do Rugvice i istočni dijelovi terena u širem području Ivanić grada i Ivanić Kloštra. Dobra istraženost se prvenstveno odnosi na područja kvartarnih vodonosnih naslaga u kojima su izvedena brojna istraživanja s ciljem osiguranja dovoljnih količina kvalitetne podzemne vode za stalno rastuće potrebe vodoopskrbe grada Zagreba i šire okolicu, uključujući djelomično i grad Vrbovec.

Detaljno su istražena područja s lijeve strane rijeke Save od Savice preko Šašnjaka, Žitnjaka i Petruševca do Ivanje Rijeke, a s desne strane od Male Mlake preko aerodroma i Črnkovca do Drenja i Rugvice. Nedostatak hidrogeoloških podataka zapaža se uz rubove Savske potoline, te na području južnih padina kalničke gore i istočno od Sv. Ivan Zeline i sjeverno od Dugog Sela. Detaljnije su istraženi aluvijalni tereni potoka Dulepska, Velika kod Vrbovca, te dijelovi Lonjskog polja kod Ivanić Grada. Područja gorkog masiva sjeverozapadnog dijela Medvednice su istražena relativno dobro. Geotermalni potencijali su djelomično ispitani u Ivanić Gradu, kod Sv. Ivana Zeline te u istočnom dijelu Zagreba (Dubrava-Sesvete).

3. ZEMLJOPISNA OBILJEŽJA

3.1. Zemljopisni položaj

List Ivanić Grad M 1:100.000 cjelokupnim dijelom pripada teritoriju Republike Hrvatske. Ukupna površina mu je 1439 km². Prostire se između 45°40' i 46°00' sjeverne geografske širine i 16°00' i 16°30' istočne dužine s ishodišnim koordinatama sustava po Greenwichu.

Listu pripada istočni industrijski dio Zagreba, veliki dio prisavske ravnice na jugoistoku te sjeveroistočni dio Medvednice (Zagrebačke gore). Ovo je jedan od najnaseljenijih dijelova Republike Hrvatske. Pored Zagreba od većih naselja tu su Velika Gorica, Sesvete, Dugo Selo, Sv. Ivan Zelina, Ivanić Grad i Vrbovec.

Sveukupni saobraćaj (cestovni, željeznički i zračni) veoma je razvijen. Pored autoputeva i prometnog čvora grada postoje dobri asfaltni putevi prema Varaždinu, Koprivnici, Bjelovaru i Sisku, te cijeli niz asfaltiranih puteva nižeg reda, što čini ovo područje s najgušće razvijenom cestovnom mrežom u Republici Hrvatskoj. Grad Zagreb sa svojom okolicom istovremeno je i glavno željezničko čvorište. Na zapadnom dijelu lista smeštena je i zračna luka Pleso. Riječni promet ne postoji, osim u projektima.

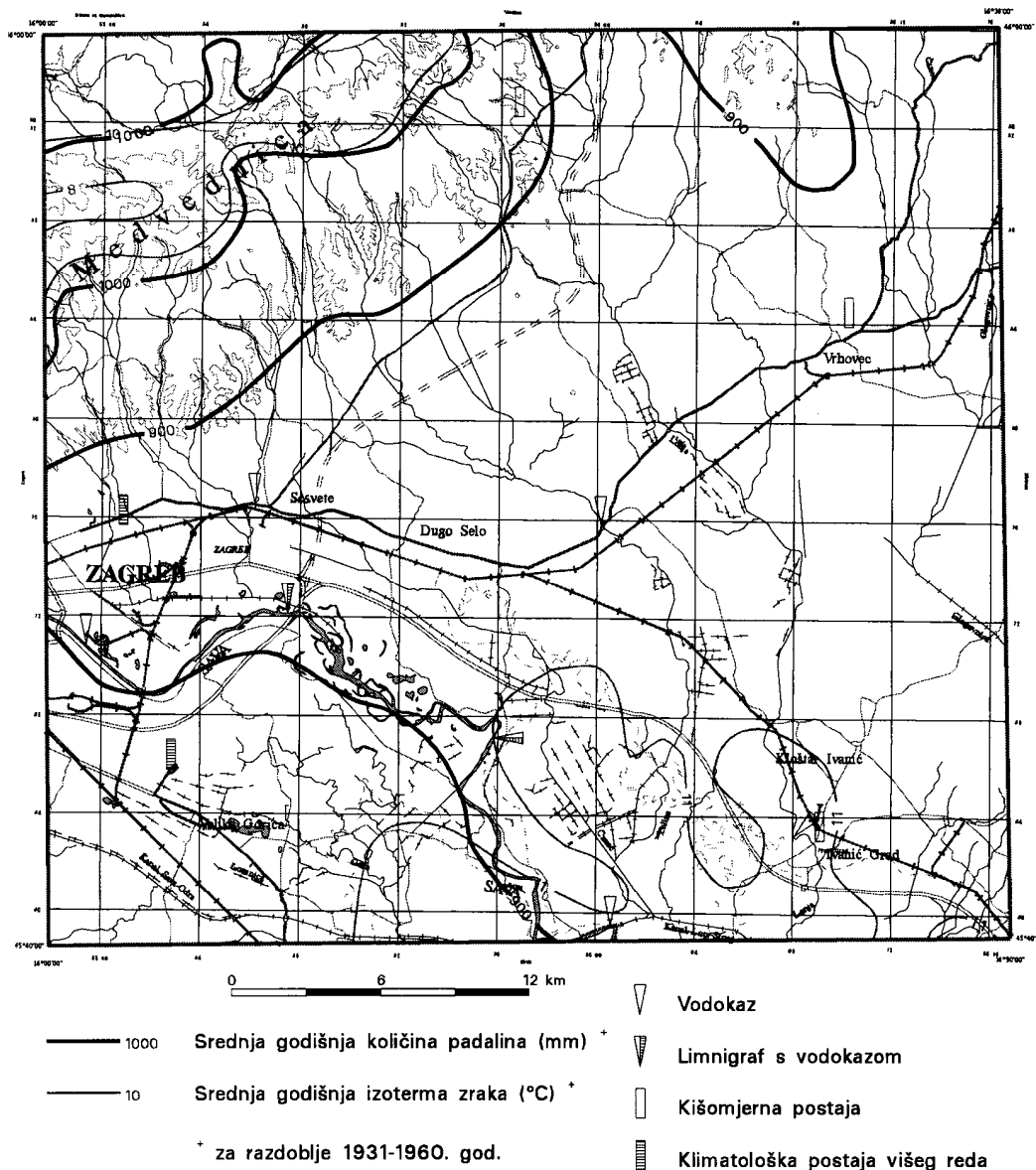
3.2. Reljef

Najveći dio područja lista pripada Savskoj, Zelinskoj i Lonjskoj ravnici, a znatno manji Prigorju i gorskom području na sjeverozapadu lista.

Gorsko područje Medvednice odvaja rubno područje Zagorja. Najveći vrh je Pepelačka 862 m n.m. na zapadu i Drenova 574 m n.m. na sjeveroistoku masiva Medvednice. Od ostalih morfoloških uzvišenja spomenut će se Hum-Šagadovec koji je smješten sjeverozapadno od Medvednice s najvišim vrhom Oštri Hum (480 m n.m.). Gorska područja su izgrađena od pretercijarnih stijena.

Prigorsko područje se pruža sa sjeverozapadne strane Medvednice i znatno šire uz jugoistočni rub. Izgrađeno je od mlađe-tercijarnih sedimentnih naslaga. Rubna područja nisu kontinuirana ni reljefno jače izražena, pa su brojni prolazi i laki prelazi kroz rubni pojas velika prednost koja omogućava valorizaciju izuzetno povoljnog geografskog položaja. Krajnji sjeverni dio lista pripada južnim obroncima gorskog masiva Kalnika (Preseka 215 m). U središnjem dijelu blago se izdiže pobrđe Štakorovec (203 m n.m.), a u istočnom Grabersko Brdo 189 m n.m.

Niska ravnica uz rijeku Savu i Odru, te lijeve pritoke Zelinu i Lonju, glavni su dijelovi unutrašnje nizine. Najniži dijelovi prisavske nizine su na kotama 110-99 m n.m., Lonjske 128-98 m n.m. Najniži dijelovi su ugroženi poplavama i obrasli odgovarajućim biljnim zajednicama. Ti močvarni nizinski dijelovi u posljednje vrijeme se bonificiraju (Črnc polje) i privode agrikulturi.



Slika 1. Karta padalina i temperature zraka

3.3. Klima

Područje lista Ivanić Grad u cjelosti pripada umjerenom klimatskom pojasu. Prema Koppenovoj klasifikaciji klimatskih tipova Ivanić Grad se ubraja u područje klime bez izrazito sušnih razdoblja, jer su padaline raspoređene gotovo ravnomjerno preko cijele godine. Padalinski maksimumi su u jesen i proljeće.

Srednja godišnja temperatura u Zagrebu iznosi 11,2°C a u Ivanić Gradu 10,9°C (sl. 1). Srednje godišnje temperature za 80-godišnji prosjek (1862-1941) su najniže u siječnju i veljači (cca 0°C), a najviše u srpnju i kolovozu (oko 21°C). Godišnja amplituda je 21,7°C.

Količina padalina raste s povećanjem nadmorske visine. Na Medvednici u vlažnim godinama padne i preko 1.200 mm padalina. U ravnici prosječno godišnje padne 900 mm u Zagrebu i 800 mm u Ivanić Gradu. Pod utjecajem kontinentalne klime više je padalina u toploj (travanj-rujan) nego u hladnoj polovini godine. Najviše ih je kada su poljoprivredi najneophodnije. Karakteristične su i ljetne kiše koje su uglavnom kratkotrajne, ali s jakim intenzitetom. Relativna vlaga u porječju Save iznosi 77%, a evapotranspiracija 500-600 mm/god.

3.4. Vegetacijski pokrivač

Razmatrano područje ima raznovrstan biljni pokrov, a ovisan je o geološkoj građi, nadmorskoj visini i klimatskim prilikama.

U području gorja i prigorja Medvednice najrašireniji je hrast kitnjak i obični grab, a susrećemo i šume kestena, hrasta medunca i crnog graba. Na višim predjelima rasprostranjen je hrast lužnjak i grab, međutim najveće rasprostranjenje ima obična bukva. Značajan gorski dio je pošumljen mješovitim jelovim i bukovim drvećem. Susrećemo i šume jasena i gorskog javora na visinama većim od 700 m n.m.. U ravničarskim područjima šumski pokrivač je znatno rjeđi, jer je zemljište prekriveno poljoprivrednim kulturama i livadama. U prisavskoj ravnici raste močvarno drveće najviše vrba i nisko rastinje.

Ukupna količina padalina i njihov godišnji raspored i sastav tla uvjetovali su nastanak kiselih zemljišta. Jako do umjerena kisela tla prisutna su u nižim predjelima Medvednice, te u ravničarskim predjelima Štakorovića i Brda kod Kloštar Ivanića i na južnim padinama Kalničkog gorja od Tomaševića preko Vinkovca i Preseke do Pavlovca. Ova tla su siromašna hranivima, pa su male plodnosti, te ih je nužno oplemeniti agrotehničkim mjerama. Hidrogena tla u prisavskoj aluvijalnoj ravnici rijeke Save, Odre, Lomnice, Lonje i Zeline zahtijevaju hidromelioracije kako bi se livade pretvorile u produktivna oranična zemljišta. Niske ravnice su djelomično močvarne i obrasle odgovarajućim biljnim zajednicama. Ti močvarni krajevi su dijelom obuhvaćeni projektom Črnc polje i privode se agrikulturi.

3.5. Površinske vode

List Ivanić Grad ima veoma razgranatu mrežu površinskih tokova. Rijeka Sava drenira cjelokupni istražni prostor. Na ulazu u Hrvatsku, odnosno područje lista Zagreb i Ivanić Grad, rijeka Sava prelazi iz alpskog u nizinski tok gdje gubi prenosnu snagu i deponira velike količine krupnozrnog i srednjezrnog nanosa. Na ovom području je korito, zbog odlaganja aluvijalnih šljunaka i pijesaka izdignuto, što je uzrokovalo pojavu drugih paralelnih vodotoka (Oda i Lonja). Korita ovih rijeka su urezana u siltozno-glinovitom tlu koje je znatno nepropusnije, te su se razvile močvare, a ti predjeli su često poplavljivani.

Sava kod Rugvice ima maksimalni protok u studenom, a nešto manji maximum u proljeće. Glavni minimum je u kolovozu, a sporedni u veljači. Maksimalni protok Save je preko 3000 m³/s, a srednji 328 m³/s i minimalni 60 m³/s. Svi ostali tokovi ovog područja posredno ili neposredno ulijevaju se u rijeku Savu. Značajniji lijevi pritoci su Rijeka, Črnc, Zelina i Lonja. Na desnoj obali Save nalazi se dio toka rijeke i kanal Odre, koja prikuplja vode s Vukomeričkih gorica.

4. GEOLOŠKA GRAĐA

Geološka podloga za izradu Osnovne hidrogeološke karte M 1:100.000, list Ivanić Grad, bila je Osnovna geološka karta (Basch, 1983).

List Ivanić Grad, prema M. Heraku (1986), pripada sjeverozapadnom dijelu zone Unutrašnjih Dinarida. Najstarije stijene utvrđene su naftnim bušotinama u okolini Ivanić Grada. To su graniti i gnajsi a izgrađuju podlogu tercijskim sedimentima. Na površini nisu otkrivene, a produkti su starije faze hercinske orogeneze.

4.1. Litostratigrafski pregled

Područje lista Ivanić Grad izgrađeno je od stijena različitog postanka i starosti - od paleozoika do kvartara.

Paleozoik

Devon i karbon (D, C) izgrađuju horstove Medvednice i Šagudovca. Razlikuju se dvije vrste ovih stijena: ortometamorfiti i parametamorfiti. Ortometamorfiti izgrađuju vršne i jugoistočne padinske predjele Medvednice od potoka Markuševac na zapadu, do Nespeša na istoku. Pretežno ortometamorfiti su u facijesu zelenih glinastih škriljavaca. Parametamorfiti okružuju glavnu masu ortometamorfita na zapadu lista u središnjem dijelu Medvednice, a izdanjuju i u prostoru između izvorišnih dijelova Blaguše i Glavinčice na sjeveroistoku gorja. To su genetski sedimentne stijene koje su bile podvrgnute različitim stupnjevima metamorfoze, te su na taj način zastupljene stijene od šejlova do škriljavaca.

Donji perm (P ?) - izgrađuje sjeveroistočni dio horsta Medvednice, Šagudovca i Zelinsku Goru između gornjeg toka Velike rijeke i Nespeš potoka i jugozapadno od Slanog potoka južno od Stubice. Stijene se odlikuju značajnim metamorfizmom karbonata kao što su masivni mramori i mramorizirani škriljavci. Slabije metamorfozirane i nemetamorfozirane stijene su šejlovi, siltiti, subgrauvake, kvarcni pješčenjaci, brečasti dolomiti i vapnenačke breče i njihovi varijeteti. Donjem permu pripadaju i pojave eruptiva vezane za tekonske kontakte i magmatske aktivnosti.

Mezozoik

Mezozojske stijene otkrivene su na sjeveroistočnom dijelu Medvednice.

Donji trijas (T₁) je otkriven u gornjem dijelu Slanog potoka, u širem dijelu potoka Bistrice, te u gornjem toku Nespeša i Moravče Reke. Kontakti donje trijaskih s metamorfnim stijenama su tektonski. Predstavljaju ih pješčenjaci i siltiti u bazalnom dijelu, a mlađi su vapnenci dolomiti i lapori. Debljina je ocijenjena oko 250 m.

Srednji trijas (T₂) izgrađuje vrh Pleševac (431 m) sjeverozapadno od sela Velika Gora. To je tektonsko-erozijski ostatak navlake pretežno vapnenačkih stijena s dolomitiziranim vapnencima i sivim, crvenim rožnacima.

Gornji trijas (T₃) otkriven je zapadno od Šagudovca. Pretežno su zastupljeni dolomiti. U tektonskom su kontaktu s magmatsko-sedimentnim kompleksom kredne starosti. Dolomiti su često brečasti i zdrobljeni. Debljina im je oko 200 m. Na OGK su prikazani kao ladinički (T₂²) dolomiti.

Na novoj geološkoj karti javljaju se i jursko-kredne naslage (doger-berijas, J, K) u predjelu brda Hum (396 m) i dolini potoka Burnjak. Sastoje se od dolomita koji prelaze u gromadaste vapnence.

Kredne naslage - gornji apt-turon ($K_{1,2}$) zastupljene su vulkanogeno-sedimentnim kompleksom. Sedimentna serija sastoji se od pješčenjaka, šejlova, lapora i podređeno vapnenaca u izmjeni. Magmatske izljevne stijene su zastupljene dijabazima, spilitima. Zajedno tvore magmatsko-sedimentni kompleks strukture Šagudovac od Huma preko potoka Burnjaka do Podgorja Bistričkog.

Gornja kreda (K_2^3) - ostaci gornjokrednih transgresivnih sedimenata rasprostranjeni su u središnjem i krajnjem sjeverozapadnom dijelu Medvednice. U središnjem dijelu oko vrha Oštrec (737 m) i Tople Peći i na krajnjem sjeveroistoku kod naselja Donje Orešje. Bazni sedimenti su predstavljeni polimiktnim brečo-konglomeratima i krupnozrnatim pješčenjacima na kojim leže pelagički vapnenci, laporoviti vapnenci i lapori tipa scaglia. Mlađi dio sedimenata izgrađuju lapori, siltiti, grauvske i grebenski vapnenci.

Tercijar

Paleocen (Pc) leži transgresivno na gornjokrednim naslagama središnjeg dijela Medvednice kod Goršćice i Lipe. Tu su rasjedima uklještene unutar starijih sedimenata. Sastoje se od šejlova, glinovitih lapora, pješčenjaka, konglomerata u proslojcima, kalkarenita itd.

Neogen

Sedimentne stijene mlađeg tercijara leže transgresivno na starijim, a prisutne su na padinama Medvednice.

Donji helvet (M_2) - otkriven je na jugoistočnim padinama Medvednice od Vidovca do Zelinske gore i u gornjem dijelu potoka Burnjak na sjeverozapadnoj strani, a međusobno su povezani preko područja naselja Planina.

Nastale su kao rezultat intenzivne erozije izdignutog reljefa i leže diskordantno na podlozi. Sastoje se od konglomerata koji se troše i raspadaju u šljunak i pijesak, a unutar njih su preslojci glina, lapora, vapnenaca i pojava ugljena.

U gornjem helvetu (M_3), zbog ostvarivanja šire veze s marinskim prostorima na sjeveru dolazi do taloženja klastičnih sedimenata konglomerata, lapora, pješčenjaka, glina i piroklastita. Protežu se u cjelovitom pojasu od sela Trnava do doline potoka Moravče i kao manje pojave do naselja Nespeš. Na sjevernim padinama na više odvojenih površina od Slanog potoka i Tepčine do Tuhelj Huma.

Baden (M_4) - Badenske su naslage rasprostranjene duž padina cijele Medvednice i transgresivne su na sjeveroistočnim nižim dijelovima grebena. Naslage donjeg badena otkrivene su duž jugoistočnih padina Medvednice od Markuševca do Bišupca kod Zeline, a na sjeveroistočnim padinama od Slanog potoka do Podgorja Bistričkog i naselja Laz. Donjobadenske naslage (M_4^2) sastoje se pretežno od vapnenačkih stijena (izmjena vapnenačkih pješčenjaka, litavaca, laporovitih vapnenaca i lapora). Naslage gornjeg badena su sastavljene od breča, konglomerata, litavaca, pješčenjaka, te glinovito-pjeskovitih i vapnenačkih lapora.

Donji sarmat (M_5^1) u ingresivnom položaju je izražen u središnjem dijelu Medvednice od Markuševca i Donje Stubice do Sv. Ivana Zeline. Sjeveroistočno od Sv. Ivana Zeline sarmatski sedimenti su konkordantni s naslagama gornjeg badena. Taloženi su brakični sedimenti u formi pješčenjaka, lapora i laporovitih vapnenaca, te tankih proslojaka ili uložaka pijesaka.

Panon (M_6) - sedimenti panona opasuju sjeveroistočnu polovicu Medvednice, a leže konkordantno na donjem sarmatu ili diskordantno na badenu. Nastavljaju se tektonski isprekidano duž sjevernih bokova strukture Hum-Šagudovec.

Donji panon (M_6^1) (Croatica naslage) sedimenti se sastoje od lapora i laporovitih vapnenaca i pretežito konkordantno leže na sarmatskim sedimentima. Naslage gornjeg panona (M_6^2) "banatica naslage", su sastavljene od svjetslosivih i žućkastih lapora s primjesama pijeska, pješčenjaka i slabovezanih konglomerata. Debljina im varira između 150 i 300 m.

Pont (M_7) - na gornjopanonskim naslagama kontinuirano se talože donjopontski (M_7^1) lapori "abichi naslage", debljine do 150 m, a u sastavu gornjg pontu prisutni su pijesci, pjeskoviti i glinoviti lapori i pješčenjaci. Poznate su pod nazivom, "rhomboidea naslage" (M_7^2).

Pliocen ($Pl_{2,3}$) - naslage pliocena susrećemo na "blokovima" Dugo Selo i Križ, a nabušene su i u Savskoj potolini. Izgrađuju ih gline, pijesci, siltovi i podređeno sitnozrni šljunci.

Pliokvartar (Pl, Q) - naslage pliokvartara su otkrivene na padinama Medvednice i kod Štakorovca. To su slabo sortirani šljunci, pijesci i gline u izmjeni.

Kvartar

Kvartarne naslage pokrivaju više od 75% ukupne površine lista Ivanić Grad. U pleistocen su uvršteni sedimenti eolskog i eolsko-akvatičkog tipa, a to su kopneni beskarbonatni prapor (I) i močvarni prapor (Ib). Holocenski sedimenti su aluvijalnog i manje deluvijalno-proluvijalnog i barskog tipa.

Pleistocen

Močvarni prapor (Ib Q_1) - sedimenti močvarnog prapora izgrađuju prostranu prapornu zaravan koja se pruža od Zagreba prema istoku i jugoistoku do kraja lista. Od Zagreba do Rugvice praporna zona je oštro odvojena terasom od aluvijalnih naslaga. Nabušena su 3 aluvijalna i 4 praporna horizonta koji odgovaraju oledbama. Izgrađeni su od sitnozrnih glinovitih i pjeskovitih siltova, te ugljevitih gline s proslojcima treseta i lignita. Granulometrijski sastav močvarnog prapora pokazuje odnos čestica pijeska, silta i gline - 9:76:16. Aluvijalni horizonti izgrađeni su od nevezanih sedimenata šljunka, pijeska i glinovitih siltova. Debljina ovih sedimenata je do 120 m.

Kopneni beskarbonatni prapor (I Q_1) - naslage kopnenog prapora sačuvane su na najnižim obroncima Medvednice i Kalnika, sjeverno od linije Sesvete - Dugo Selo - Vrbovec. Prekrivaju mladopliocenske strukture istočno od Kloštar Ivanića i sjeveroistočne padine Vukomeričkih gorica, između D. Lukavice i Okulje. Produkt su eolskog nanašanja čestica siltnih dimenzija. Sastav je sitni pijesak, silt i glina (13:73:17) i sličan je močvarnom praporu.

Holocen

Aluvijalni nanos prve i druge savske terase (a_1Q_2, a_2Q_2) - riječne trase Save nastale su kao produkt akumulacijskog i erozijskog djelovanja vodenog toka u holocenu. Prva Savska terasa leži kod Hrelića na desnoj obali Save. Naslage druge riječne terase su desno od današnjeg toka pokrivene

mjestimično debljim nanosom poplavnih sedimenata. Zauzimaju široki prostor između korita Save po sve do padina Vukomeričkih gorica kod Lukavca i Okulje. Lijevo od Savskog korita terasa je uska, a proteže se od Zagreba do Rugvice.

Sedimenti prve i druge terase su predstavljeni šljuncima i pjescima i podređeno pjeskovitim i siltoznim glinama. Promjeri valutica u zapadnom dijelu lista kod Zagreba su 1-4 cm, s rjeđim primjercima 10-15 cm. Nizvodno do Rugvice su rijetke valutice koje dosežu 1 cm u promjeru. Pijesci su u zapadnom dijelu krupnozrni i izmješani sa šljunkom, a od Rugvice nizvodno veoma sitnozrni ili prelaze u pjeskovite siltove. Prosječna debljina šljunkovitih naslaga prve i druge terase je 30-40 m. Na uzdužnom profilu (sl. 4) raste od zapada prema istoku, a na poprečnom opada s približavanjem rubovima Savske doline. Debljina ovih naslaga doseže svoj maximum u području Petruševac-Črnkovec od 60 do 100 m.

Deluvij - Proluvij (dPrQ₂) - Veće površine su izdvojene u sjevernom dijelu Zagreba do Sesveta, te od Šašince preko Glavinčice do Brckovljana u Zelinskoj depresiji. Ove naslage su izgrađene od sitnozrnih nevezanih stijena nastale pretaloživanjem kopnenog prapora i pliocenskih sedimenata.

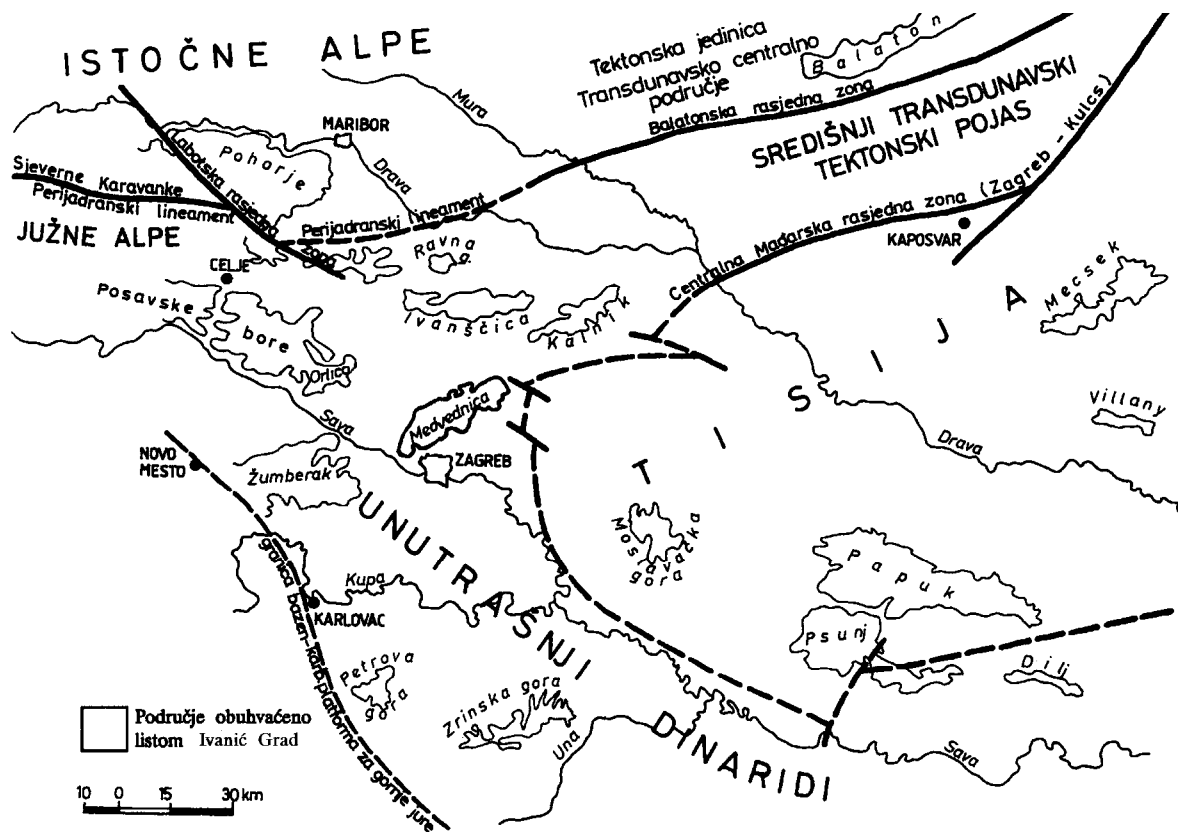
Sedimenti poplava, mrtvaja i barski sedimenti (apQ₂, amQ₂, bQ₂) - Nastali su taloženjem sitnozrnog materijala. To su pjeskovito-glinoviti siltovi. Nalaze se u Savskoj ravnici, u Črnc polju, uz Lonju i Glogovnicu. Leže sjeveroistočno od korita rijeke Save male su debljine (do 1 m) i nemaju nikakvo hidrogeološko značenje.

Aluviji recentnih tokova (aQ₂) - Zastupljeni su široko duž srednjih tokova Rijeke, Vugrinca, Nespeša, Lonje, Dulepske i Velike. Izgrađuju ih uglavnom sitnozrni aluvijalni sedimenti. U njihovu sastavu dominiraju zaglinjeni pijesci i siltovi. Najznačajniji je krupnozrni riječni nanos uz sami tok Save. U posljednje vrijeme je ograničeno njegovo stvaranje zbog pregrada i nasipa na riječnom toku.

4.2. Tektonika

U geotektonskom smislu list Ivanić Grad pripada sjeverozapadnom dijelu zone Unutrašnjih Dinarida. Prema (Basch, O. et al, 1983) strukturni sklop se dijeli na četiri tektonske jedinice s međusobno različitom građom recentnog tektonskog sklopa. Horst Šagudovac i sinklinala Stubičkog Podgorja pripadaju jugoističnom dijelu tercijarnog bazena Hrvatskog Zagorja, odnosno Savskih bora.

Horst Medvednice i Glavničica - Križ, te jugozapadni dio Bjelovarske depresije uvršteni su u Medvedničko-Moslavački prag (zona unutrašnjih Dinarskih horstova). Niski zaravnjeni tereni između Zagreba i Ivanić Grada pripadaju sjeverozapadnom dijelu Savskog tektonskog rova, a horst Vukomeričkih gorica južnom pojasu unutrašnjih dinarskih horstova.



Slika 2: Tektonska skica predneogenske podloge u širem području jugozapadnog dijela Panonskog bazena (Šikić, 1995)

Reaktiviranje pokreta na rasjedima dinarskog pružanja krajem pelistocena ili početkom holocena omogućilo je prodor savskih voda na područje današnjeg Podsusedskog praga i s tim u vezi taloženje debelih serija fluvijalnih sedimenata izgrađenih od šljunaka i pijesaka, koji se prostiru između terasnih odsjeka od Zagreba do Rugovice na sjeveroistoku i Lukavca i Okuja na jugozapadu. Na južnim obroncima Kalnika i jugoistočnim padinama Medvednice formirala se Lonjska Graba, a vezana je za starije holocenske pokrete na rasjedima pravca sjever-jug. Fluvijalna erozija je izvršila konačno oblikovanje reljefa na području lista Ivanić Grad, što je dovelo do akumulacije holocenskih deluvijalno - proluvijalnih, aluvijalnih i barskih sedimenata u zaravnjenim terenima i depresijama.

Novi strukturni odnosi i tektogeneza šireg prostora Medvednice opisana je u Geološkom vodiču Medvednice (Šikić et al, 1995) (slika 2). Prema provedenim istraživanjima, u građi Medvednice najznačajniji je navlačni kompleks paleozojskih stijena. Novija istraživanja sve više daju prednost donjokrednom metamorfizmu sa ishodištem u paleozojsko-trijaskoj osnovi Unutrašnjih Dinarida. Pored izdizanja i okopnjavanja u donjoj kredi došlo je do njihova podvlačenja (subdukcije) pod kristalinsku jezgru Tisije. Početkom gornje krede došlo je do novih tektonskih potisaka iz zaleđa Tisije, što je imalo za posljedicu ponovno navlačenje metamorfoziranih paleozojsko-trijaskih stijena na kredni vulkanogeno-sedimentni kompleks.

Na hidrogeološkoj karti tektonski odnosi su prikazani prema starim podacima (Basch, O. 1983), jer novi podaci nisu valorizirani i recenzirani. Reinterpretacija tektonskih odnosa nema veće značenje na hidrogeološke odnose pošto su paleozojske i mezozojske stijene uglavnom nepropusne.

5. GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA

5.1. Geomorfološki procesi

Relativno jednostavan reljef terena obuhvaćen listom Ivanić Grad, formiran je na različitoj litološkoj osnovi pod utjecajem tektonskih pokreta i klimatskih promjena. Čine ga tri glavna tipa terena različitih geomorfoloških obilježja: gorsko područje sjeveroistočnog dijela Medvednice, prigorska područja i prisavska ravnica.

Planinsko područje Medvednice (Zagrebačke gore) izgrađeno od čvrstih metamorfnih stijena značajno je kemijsko i mehaničko trošenje stijena pod utjecajem egzogenih činioca i procesa. Pukotinski sustavi formirani tektonskim putem su zapunjeni glinovitim i siltoznim procesima trošenja pa veća jaružanja nastaju u slabije obraslom i strmom području.

U karbonatnim mramoriziranim vapnencima pukotine su formirane tektonskim pokretima, a temeljem su naknadnih geomorfoloških procesa. Rijetke geomorfološke pojave su se razvile naknadno erozijskim i korozijskim radom površinske padinske vode koja je duž tih pukotina ponirala u podzemlje. Jaki tektonski pokreti krajem pliocena i početkom pelistocena pridonijeli su konačnom geomorfološkom oblikovanju cijelog prostora. Izdizanje Medvednice uzrokovalo je pojačanu eroziju i ispiranje, te taloženje proluvijalnih naslaga u srednjim tokovima potoka Markuševac, Čučerje, Vugrovec, Glavinčica, Nespeš, Zelina, Lonja, Dulepska i Velika.

Spuštanjem Savske depresije, slijedi erozija naslaga koje izgrađuju masive, njihov transport vodenim tokovima i konačno taloženje u uleknućima. Budući da je rijeka Sava imala najsnažniji i veoma promjenljivi tok, donosila je sve više nevezanih stijena i premještala one već prvobitno istaložene. Na ulazu rijeke Save na područje lista Ivanić Grad hidraulički gradijent je već blag, pa je dubinska erozija smanjena, ali je bočna veoma intenzivna. Rezultat toga je stvaranje riječnih terasa, mrtvaja i zamočvarenih područja, gdje se stvarao i močvarni prapor.

5.2. Važnije geomorfološke pojave i oblici

Područje lista Ivanić Grad može se podijeliti na planinsko, prigorsko i nizinsko zaravnjeno područje.

Planinsko područje izgrađuju paleozojski škriljavci i mezozojski klastiti i vapnenci, a nalazi se na visinama većim od 350 m n.m. Na sjeverozapadu lista nalaze se sjeveroistočni obronci Zagrebačke gore s najvišim vrhovima Pepelačka 866 m, Oštrec 737 m, Rog 742 m, Kozelin 511 m n.m. itd. Prigorje izgrađuju pretežno tercijarne naslage na nadmorskim visinama od 130-320 m. Vezano je za rubne dijelove Zagrebačke gore na jugoistoku, Podgorje Bistričko se proteže prema Stubici. Na krajnjem sjeveru i sjeveroistoku je pobrđe visine od 130-200 m, a istočno od Ivanić Grada je Grabersko pobrđe maksimalne visine do 189 m n.m.

U padinskom tipu reljefa zastupljeni su deluvijalni i deluvijalno-proluvijalni tipovi na dnu padine te jaružanje u neogenu gdje pretežu lapori, pješčenjaci, konglomerati i rjeđe vapnenci. Pojava vapnenačkih naslaga uvjetovala je razvoj izoliranih krških fenomena i oblika. Osim karakterističnih površinskih formi (vrtače, ponori, škrape) u manjoj mjeri nalazimo i podzemne krške fenomene kao što su špilje i jame. Planina je ispresjecana uzdužnim i poprečnim lomovima, koji su omogućili vertikalno i horizontalno kretanje pojedinih planinskih blokova. Ove promjene u krškim dijelovima su rezultirale stvaranjem specifičnog reljefa. Posljedice su špilja kod Markuševca, jama Vražje Ždrijelo, ponori kod Tepčića i špilje kod Roga i Zelin Grada.

Nizinska zaravan izgrađuje najniže dijelove terena i proteže se preko cijelog lista, počev na sjeveru i Ivanić Grada na jugu. Najniži dijelovi su uz rijeke Savu, Odru i Lonju (114-104 m n.m). To područje prekriveno je pleistocenskim sedimentima i holocenskim riječnim nanosom. Izdvojene su riječne terase, mrtvaje, močvarišta, dine itd. Posebno se ističe aluvijalna ravan istočno od Zagreba i Velike Gorice, između rijeke Save i kanala Odra-Sava. Manje aluvijalne ravni smještene su uz lijeve pritoke rijeke Save od Rijeke Sesevetske preko Kašine, Nespeša i Lonje dalje na istok. Aluvijalne ravni potoka i rijeka se sastoje od nevezanih sedimenata. Mrtvaje se nalaze na inundacijskim površinama i one predstavljaju ostatke nekadašnjih tokova Save, Lonje i Odre.

Praporski ravnjak se proteže od Sesveta na istok i sjeveroistok, i na krajnjem jugozapadu na padinama Vukomeričkih gorica. Praporni ravnjak je nastao u gornjem pleistocenu eolskim putem. U holocenu su nastupili procesi fluvijalne erozije koji su dali ravnjaku današnji izgled.

6. OSNOVNA HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA

6.1. Hidrogeološka regionalizacija

Hidrogeološke značajke lista Ivanić Grad prikazane su u okviru panonske hidrogeološke regije (Šarin, A. et al, 1980). Tu se prostiru dijelovi svih četiriju hidrogeoloških provincija panonskog hidrogeološkog regiona, i to:

- gorski masiv Medvednice - temeljno gorje
- neogenska pobrda i depresije (neogensko okruženje)
- praporni ravnjak
- prisavska ravnica

Gorsko područje Medvednice bilo je relativno niski suženi otok Parathetysa (Herak, 1991). Osnovna obilježja neogenskih pobrda su debele naslage istaložene na spuštenim rubovima dijelova Unutrašnjih Dinarida. Hidrogeološke značajke važnijih vodonosnika opisane su posebice za Medvednicu, neogenska pobrda, praporni ravnjak i prisavsku ravnicu.

6.2. Hidrogeološka svojstva stijena i nevezanih sedimenata

Raznovrstan litološki sastav te različiti tipovi i intenzitet tektonskih, neotektonskih i erozionih procesa uvjetovali su složena hidrogeološka svojstva stijena i nevezanih sedimenata. Sve stijene su na temelju propusnosti podijeljene na dvije osnovne kategorije, i to na propusne i nepropusne. Unutar svake kategorije izdvojene su četiri grupe (vrste) stijena na temelju veličine i rasporeda propusnosti i vrste poroznosti.

Unutar grupe propusnih stijena izvršena je podjela na razrede, na temelju vodoobilnosti, odnosno transmisivnosti vodonosnika izdašnosti izvora i bunara i (ili) okršenosti karbonatnih stijena. Razredi visoke transmisivnosti su prikazani intenzivnijim tonom boje, pa se na karti može sagledati prostorni položaj glavnih vodonosnika. Unutar kategorije nepropusnih stijena nije izvršena podjela na razrede. Prema hidrogeološkim svojstvima stijena i nevezanih sedimenata izdvojene su slijedeće skupine:

1. nevezane i slabovezane kvartarni sedimenti;
2. nevezane ili slabovezane predkvartarni sedimenti, i slabovezani i nevezani pliocenski sedimenti (gornji pont);
3. karbonatne stijene;
4. ostale čvrste stijene;
5. intruzivne i visokometamorfne stijene;
6. izmjena klastičnih i klastično-karbonatnih stijena; i
7. glinovito-laporoviti sedimenti i visokometamorfne stijene.

- Nevezane i slabovezane kvartarne naslage predstavljene su aluvijalnim naslagama Save, Odre, Lonje, Velike, Črnc, Rijeke i aluvijalnih nanosa brdskih potoka te kopneni i močvarni pleistocenski prapor koji prekriva padine Medvednice, Kalnika i močvarišta Lonjskog polja. Poroznost ovih naslaga je međuzrnska, a propusnost ovisi o granulometrijskom sastavu. Veoma dobro je propustan savski nanos, dok su slabije propusni aluvijски nanosi brdskih potoka i rijeke Lonje. Slabo je propustan i kopneni prapor, a močvarni je uglavnom nepropustan do slabije propustan.

- Nevezane ili slabovezane predkvartarne naslage su predstavljene pliokvartarom i gornje pleistocenskim naslagama međuzrsne poroznosti i slabe propusnosti. Slabovezane i nevezane gornjepontske naslage izgrađene od pjesaka glina i lapora pretežno međuzrsne poroznosti i veoma slabe propusnosti.
- U grupu propusnih stijena krško-pukotinske poroznosti uvrstili smo uglavnom trijask dolomite i dolomitične vapnence slabe do osrednje propusnosti, te kredne konglomerate i laporovite vapnence Šagudovca. Osrednje su propusni badenski litotamnijski vapnenci u čijoj podlozi dolaze permski mramorizirani vapnenci. U karbonatnim stijenama u plićim horizontima formirane su hladne pitke vode, a dublje su termalne i termomineralne vode.
- Paleozojski mramori predstavljaju zasebnu hidrogeološku jedinicu (središnji i sjeverozapadni dio Medvednice), a izražena je slaba do osrednja propusnost.
- Slabopropusne (i to samo blizu površine terena) intruzivne i visokometamorfne stijene: metamorfozirani dijabazi, gabri devona i karbona (D,C), kvarcdioriti i dioriti i kvarckeratofini mlađeg paleozoika, te dijabazi i spiliti apt-turona ($\beta\beta$).
- Izmjena klastičnih i klastično-karbonatnih naslaga vezana je za provinciju neogenskog pobrađivanja, to su miocenske naslage koje obrubljaju sjeveroistočni dio Medvednice. U njima se izmjenjuju vodonepropusne i slabo propusne naslage, te ove naslage u cjelini predstavljaju veoma slabe vodonosnike.
- Niskometamorfne stijene i glinovito laporovite naslage su praktično nepropusne. Tu se svrstavaju donjotrijaski klastiti, te paleozojski filiti, šejlovi, mramorizirani škriljavci, siltiti i raznovrsni škriljavci.

6.2.2. Hidrogeološke značajke važnijih vodonosnika

Medvednica

Unutar niskometamorfnih i klastičnih vodonepropusnih stijena razvijene su mjestimično i karbonatne naslage koje predstavljaju manje vodonosnike. Procjeđivanje i akumuliranje vode je nejednoliko i odvija se uglavnom plitko u zoni trošenja. Dublja cirkulacija podzemnih voda odvija se na prostoru ograničenih površina karbonatnih naslaga (mramora, škriljavih vapnenaca), koji su okršeni i predstavljaju bogatije vodonosnike. Pretercijarne karbonatne stijene su dobro okršene zbog prekida sedimentacije. međutim ponegdje su dobro okršeni i gornjo-badenski litotamnijski vapnenci, kao što su na brdu Komarovec kod Podgorja Bistričkog. Paleozojske naslage su praktički vodonepropusne, ali iz njihove raspadnute glinovite "kore" i manjih pukotina izljevaju se stalni izvori minimalne izdašnosti do 0,5 l/s. Unutar glinenih škriljavaca i mramoriziranih vapnenaca javljaju se izvori izdašnosti do 5 l/s, a veoma su rijetki oni od 10 i više l/s.

Za paleozojske i kredne naslage značajno je raspršeno cijeđenje i istjecanje akumulirane podzemne vode na nizu izvora male izdašnosti. Vrhovi gorja imaju veće padaline, pa su u tom dijelu i stalniji mali ocjedni izvori, koji se javljaju iz kore trošenja zelenih škriljavaca. Veći izvori su prisutni u području južnih padina Medvednice, gdje unutar glinenih škriljavaca i mramoriziranih vapnenaca prevladavaju mramorizirani vapnenci u izmjeni.

Unutar ove zone veći izvori su izdašnosti do 3 l/s. Izuzetak predstavlja izvorište Tisova Peć ($Q = 20 \text{ l/s}$) smješten na koti 469 m n.m. daje relativno velike količine vode, a samo kratkotrajno nakon dugih suša izdašnost mu se smanji na 15 l/s. S ovog izvora se opskrbljuje vodom cijeli niz naselja od Markuševca do Čučerja.

Izvori Žlebec I i II, i izvori na listu Zagreb Trtnjak i Ferenovac kaptirani su 1940. godine za vodovod Markuševac. Pošto su ovi izvori ispod 1 l/s nisu bili dovoljni za vodoopskrbu pa je 1963. izgrađen krak vodovoda s Tisove Peći za dopunu Markuševačkog vodovoda.

Izvori na jugoistočnim padinama Medvednice u području Topla Peć kaptirani su za selo Planina i Kašina, zbog povoljnog hipsometrijskog položaja vodovod je gravitacijski. Uslijed ograničene izdašnosti, ne zadovoljavaju narasle potrebe za vodom. Ovo zahtjeva potrebu detaljnog istraživanja mramoriziranih vapnenaca na potezu od Tisove Peći do sela Planine Gornje.

Na sjeverozapadnim padinama Medvednice koriste se mali izvori za vodoopskrbu. Međutim, njihovo pojavljivanje je rjeđe, a izdašnost je ispod 0,5 l/s pa je mjesto Gornja Stubica spojena na regionalni zagorski vodovod, premda je bilo pokušaja da se riješi vodoopskrba iz bliže okolice. Sela južno od G. Stubice (Milekovo selo, Brezje), djelomično se opskrbljuju sa Dobrih zdenaca susjednog lista Zagreb, a dijelom s izvora Kokoča I i II, izdašnosti $1,2 + 0,5 = 1,7 \text{ l/s}$.

U gornjem toku potoka Zdenčina, iz masivnih mramoriziranih vapnenaca, izvire jako krško vrelo Zdenčac $Q_{\min} = 10 \text{ l/s}$, kaptirano za vodoopskrbu Marije Bistrice i Podgorja Bistričkog. Područje Komarovca, jugoistočno do Podgorja Bistričkog izgrađuju badenski vapnenci, breče i konglomerati, što omogućava akumuliranje voda u njihovim okršnim dijelovima. U njima ponire potok Zdenčina, a izvire na izvoru Zdenčac.

I dalje prema sjeveroistoku na jugoistočnim padinama Medvednice nalazi se cijeli niz ocednih i pukotinskih izvora izdašnosti do 1 l/s, kaptiranih za vodoopskrbu sela Blaguš, Glavnica, Drenova, Velika Gora, Psarjevo, Biškupec, Topličica, Kalinje i Orešje.

Za vodoopskrbu grada Zeline "Zelkom" je zahvatio vodu sa 3 izvora (Zelinska Glava, Šumerčeci, Bazgovca), i sa dvije površinske kaptaže (V. i M. Rijeka). Stari vodovod iz 1912. kaptiran je izvor Zvirišće kapaciteta 2,8 l/s. Izvori su pukotinski i istječu iz brečastih vapnenaca i pješčenjaka gornjeg badena (M_4^2). I pored dograđenih kaptaža grad Sv. Ivan Zelina i dalje ima velikih problema sa manjkom pijaće vode, pa se prigradska naselja opskrbljuju zasebnim vodovodnim sistemima. Topličica i Kalinje se opskrbljuju sa izvora "Dol" i "Pubelinat", a donje Orešje s izvora "Hum" ($Q = 2 \text{ l/s}$).

Cjelokupno područje Sv. Ivana Zeline ima manjak u vodoopskrbi, pa se očekuje rješenje dovoda vode iz regionalnog vodovoda s rijeke Drave.

Neogenska pobrđa

U ovu hidrogeološku jedinicu su uvrštena prigorja i podgorja starih gorskih jezgara Medvednice i Kalnika. To su uglavnom južne i jugoistočne padine Medvednice od Zagreba do Sv. Ivana Zeline i dalje na istok preko Tomaševca, Vinkovca, Šelovca, Ravenske, Grabrščaka i Velike, i na jugoistoku između Kloštar Ivanića i Križa. Ova su područja izgrađena od miocenskih i pliocenskih nevezanih ili slabovezanih klastičnih naslaga i od kvartarnih aluvijalnih nanosa. Za naslage miocena karakteristična je česta izmjena nepropusnih i bolje propusnih članova, vertikalno i horizontalno. Uslijed veće zastupljenosti nepropusnih serija u starijim, odnosno niže položenim horizontima, oni su veoma siromašni vodom. Većim udjelom pijeska odlikuju se mlađe rhomboidea naslage te pjeskovite naslage donjeg panona i abichi naslage u dubljim dijelovima. Ograničene akumulacije vezane su za uloške breča, pješčenjaka, konglomerata, vapnenaca i pijesaka. Aluvijalni nanos je sitnozrni i relativno plitak. Minimalna izdašnost izvora rijetko prelazi 0,2 l/s. U topografski nižim terenima javljaju se ocjedni izvori i pištaline koje nerjetko stvaraju močvarne oaze.

Kao najperspektivnije naslage za zahvat podzemnih voda u ovoj jedinici su gornjo pontske naslage poznate pod imenom i rhomboidea naslage.

Neogenski klastiti predstavljaju uglavnom izmjenu sitnozrnih pijesaka ili slabo vezanih pješčenjaka i glinovito-laporovitih naslaga. U cjelini su to slabopropusne ili nepropusne naslage. Unutar vertikalnog presjeka ovih naslaga dokazani su mjestimice slojevi krupnozrnog pjeska maksimalne debljine 10-20m. Granulometrijski sastav je u pružanju veoma promjenljiv, pa se tu izmjenjuje prašnasti i jednolični sitnozrni pijesak. Vrijednosti hidrauličke vodljivosti od 0,01 do 3 m/dan.

Voda iz izvora i bušenih zdenaca je kvalitetna za piće, dok je slaba iz kopanih nezaštićenih zdenaca. Zbog izrazitih lateralnih i vertikalnih promjera u prostiranju pjeskovitih slojeva niskih vrijednosti hidrauličke vodljivosti i ograničenog obnavljanja vodonosnika, postojeće zalihe su veoma male, pa se vodonosnici koriste samo za lokalnu vodoopskrbu. Pojedinačna izdašnost zdenaca doseže od 1-3 l/s a rjeđe i preko 5 l/s.

Potočni nanosi pojedinih vodotoka unutar ove hidrogeološke jedinice formirali su mjestimično značajnija zadebljanja šljunkovito-pjeskovitih naslaga u njihovom srednjem toku. Najznačajnija istraжена područja potočnih nanosa su u srednjem toku Črnc potoka kod Gostovića i Velike kod Vrbovca. Istraživanjem je dokazano da debljina šljunkovito-pjeskovitih slojeva mjestimično iznosi 3,5-4,0 m, a kapacitet pojedinačnih bunara je 3-4 l/s u pojedinačnom radu, a 2,2-2,5 l/s u paralelnom radu. Tako da je serija od 7 bunara dala 12 l/s voda za potrebe vodoopskrbe farme Vrbovec. Hidraulička vodljivost je cca 310 m/dan, a transmisivnost je 1230 m²/dan. Budući da je vodonosnik na maloj udaljenosti od stalnog vodotoka Črnc, obnova rezervi je veoma povoljna.

Odebljanje pjeskovito-šljunčanih naslaga nalazimo i u području potoka Velika istočno od Vrbovca, gdje je formirano crpilište za vodoopskrbu grada Vrbovca. Ukupni minimalni kapacitet crpilišta je 10-12 l/s, sa 3 bušena i dva kopana zdenca, što je nedovoljno, pa je Vrbovec priključen i na regionalni vodovod iz Ivanje Rijeke.

Praporski ravnjak

Vršni dio neogenih pobrđa i depresija predstavlja praporni ravnjak. On prekriva najveći dio središnjeg i istočnog dijela lista. Ograničen je tercijarnim prigorjem Medvednice i Kalnika sa sjevera i sjeverozapada i prisavskom ravnicom na jugozapadu. Istočna granica mu je otvorena prema listu Bjelovar.

Na pliocenskim sedimentima pobrđa praporski ravnjak je izbrazdan širokim aluvionima. Na većem južnom dijelu lista eolski materijal je taložen u vodenoj sredini (močvarni prapor). Osnovno obilježje ovog prostora je pokrov od prapora iznad pliocenskih sedimenata, koji su otkriveni na lokalnim uzvisinama oko Štakorovca i Sobočana istočno do Kloštar Ivanića. Močvarni prapor je nepropusniji od kopnenog zbog većeg udjela glinovitih frakcija. Hidraulička vodljivost se kreće u rasponu od $0,86 \cdot 10^{-1}$ do $0,86 \cdot 10^{-2}$ m/dan. Kopani zdenci su kapaciteta 0,01-0,05 l/s, a u nanosu rijeka s pretaloženim praporom i preko 0,5 l/s. Kapacitet bušenih savršenih zdenaca je, također, mali 0,05-2 l/s. Bušeni zdenci u aluvijalnim nanosima kopnenog praha pomiješanog s krupnijim pijeskovito-šljunkovitim materijalom dosežu od 3 do 6 l/s, a mjestimice i više. Razlog tome je odebljanje vodonosnog sloja od 4-5 m kod Vrbovca i Poljanskog luga. Prapor ograničava infiltraciju padalina u propusnije gornjopontske (rhomboidea) naslage. Površinske vode nose mulj s praporskog ravnjaka u rijeke i potoke gdje se odlaže u širim dolinama. Takvo tlo ne propušta vodu i stvaraju se zamočvarenja - poloji, koji su nepogodni za poljoprivredu.

U području Vrbovca površinski dio terena izgrađuju pjeskovito-glinovite naslage debljine do 10m, a ispod su nepropusne gline 20-30 m, i niže pijesci više ili manje zaglinjeni. U području dolina potoka Črnc i Glogovnica istaložene su aluvijalne šljunkovito-pjeskovite naslage ograničene debljine i prostiranja, ali predstavljaju značajne kolektore podzemnih voda. Probna crpljenja su pokazala da su u području Gostović crpljene količine vode ukupno 45 l/s sa osam bušenih zdenaca. Područje "Blanje" (crpilište Vrbovec), na ušću Črnc potoka u Glogovnicu daje 12 l/s sa 3 bušena zdenca i jednim kopanim.

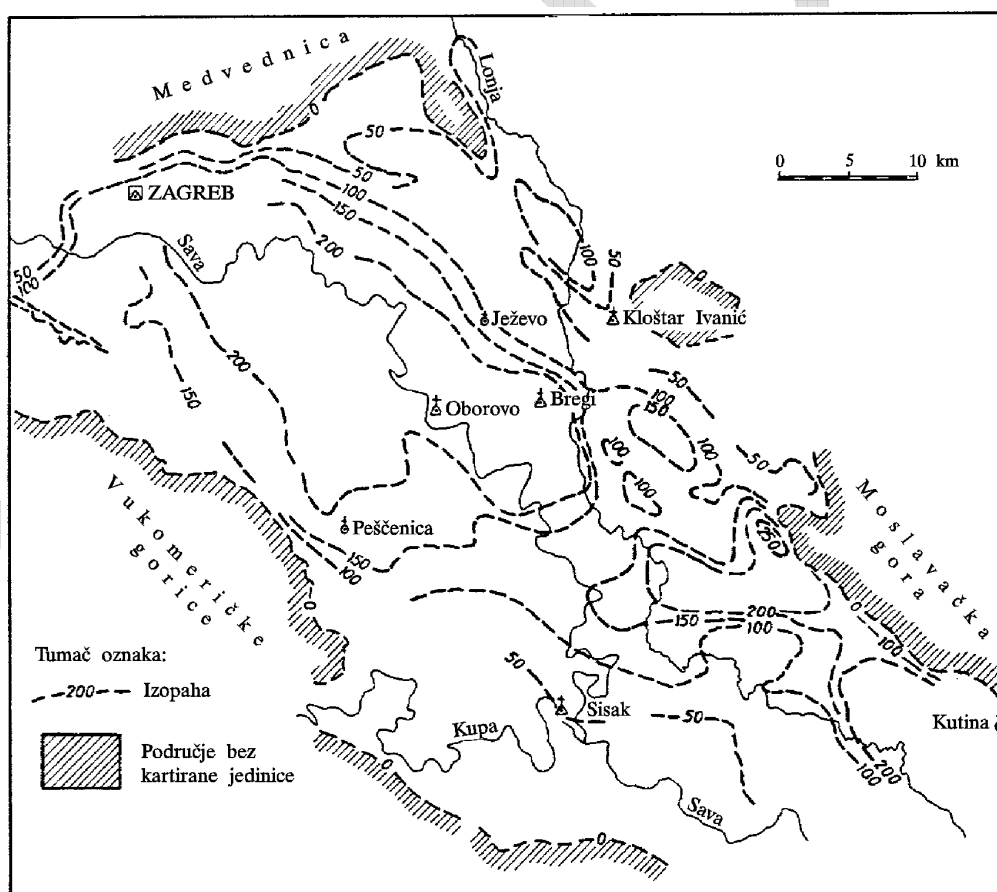
Prisavska ravnica

Kvartarni vodonosni kompleks prisavske ravnice obuhvaća naslage istaložene u rasponu od gornjeg pliocena do holocena (Čakarun i Mraz, 1987). Dobro su istaložene do dubine oko 100m, a samo nekoliko bušotina od Petruševca do Oborova su dublje. Na njima su dokazane krupnozrne naslage do 200m. U najdubljem dijelu preteže glina s ritmičkom izmjenom šljunka i pijeska.

Prisavska ravnica je sa sjevera ograničena Zagrebačkom gorom, a na jugozapadu Vukomeričkim goricama koje se pružaju izvan lista. Za njen nastanak glavnu ulogu su odigrali neotektonski pokreti i paleoklimatske prilike u kvartaru. Krajem pliocena i početkom holocena taložene su gline, pijesci i šljunci s izvornih područja samoborskog gorja i Medvednice. Prodor rijeke Save odvija se tek u srednjem pleistocenu, što je povezano s tektonskom aktivnošću u širem prostoru. Tada se talože krupnozrni materijali donešeni s područja Alpa. Pojačana erozija vezana je za kraj srednjeg pleistocena i u gornjem pleistocenu kada je izvršeno snažno izdizanje horstova (Kranjec i Prelogović, 1974). Prema Šikić, K. (1967), prijelazom iz pleistocena u holocen došlo je do spuštanja blokova i djelomičnog razlamanja neogenskih i donjopleistocenskih struktura i razaranja uzvišenja između Podsuseda i Svete Nedelje (na listu Zagreb), kada je spojeno Samoborsko polje sa Zagrebačkim. Voda je prodrla u Zagrebačko polje iz Krškog i

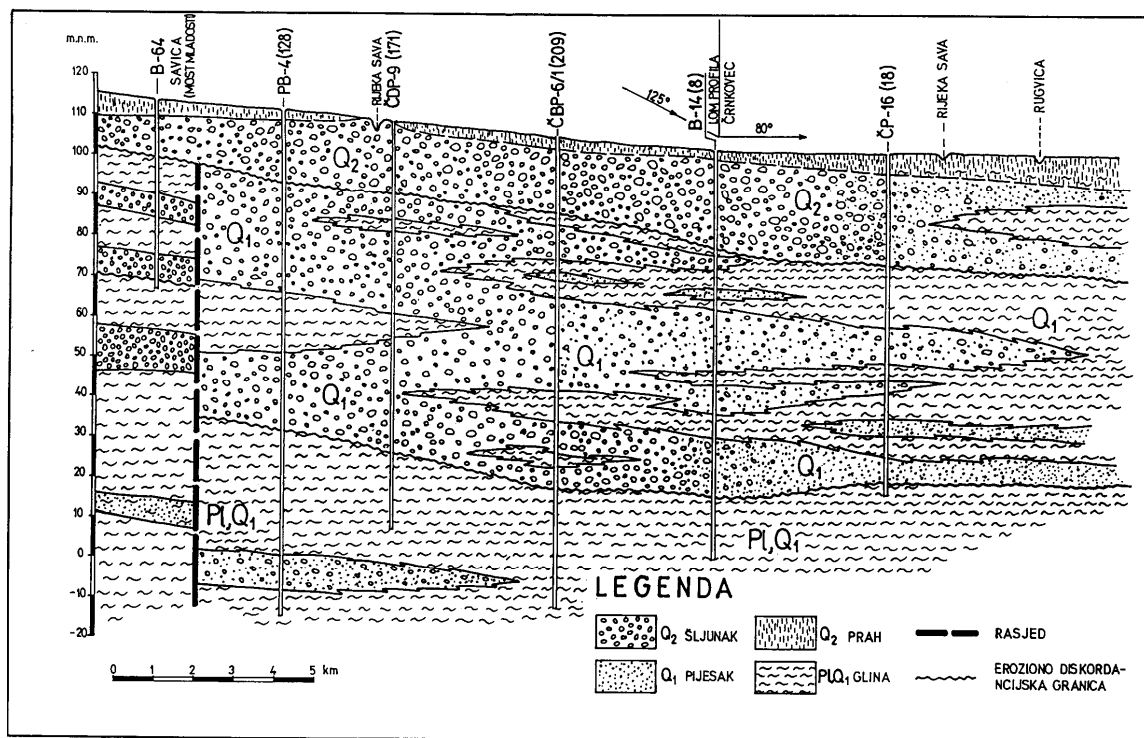
Samoborskog, i sa sobom donijela velike količine krupnozrnog materijala i istaložila ga u Zagrebačkom polju sve do Rugvice i Oborova. Pluvijalni maksimum na prijelazu interglacijala u glacijal omogućavao je eroziju, transport i akumulaciju velikih količina krupnozrnih naslaga. Za vrijeme hladnih pleistocenskih razdoblja vjetrom nošene čestice, taložile su se u močvarama ili jezerskim i kopnenim područjima, pa je tako nastao močvarni i kopneni prapor.

Kvartarne tvorevine pripadaju tzv. Lonja formaciji čiji je vremenski raspon pliocen-holocen. U području savske potoline taj je kompleks naslaga debeo do 700m. Prema Urumoviću i dr. (1976), EK reper Q' (definiran na temelju podataka dubokih bušotina i geofizičkih istraživanja nafte) je taj koji odvaja gornji dio te formacije od donjeg. Taj reper predstavlja najmarkantniju litostratigrafsku granicu i prati se kao regionalni diskontinuitet uvjeta taloženja kvartarnih naslaga u svim depresijama sjeverne Hrvatske. Karakteristično je povećanje propusnosti prema površini, jer sitnozrni pijesci prelaze u krupnozrne, a ovi u šljunke. Nepropusne naslage su predstavljene prahom i glinom. Propusni slojevi su vezani za fluvijalna plavljenja tijekom kvartara, a pojave praha i gline upućuju na jezersko-močarnu fazu sedimentacije. Debljina do repera Q' na području lista Ivanić Grad kod Oborova iznosi do 200m (slika 3).



Slika 3: Karta debljina gornjeg dijela Lonja formacije između repera Q' i površine terena (Hernitz st al., 1980)

Za podzemne vode značajan je gornji dio do 100m dubine, koji predstavlja najvažniju hidrogeološku cjelinu na cijelom listu. Na zagrebačkom području (od mosta Mladosti) dokazano je naglo odebljanje kvartarnih naslaga (slika 4). Porast debljine uvjetovan je spuštanjem dva bazena duž rasjeda SZ-JI, a nakon taloženja naslaga donjeg pleistocena. Idući od ovog rasjeda prema jugoistoku postepeno opada veličina zrna šljunka, da bi ovaj kod Lekenika prešao u pijesak. Debljina šljunkovitih naslaga kod Toplane i Petruševca iznosi 40-50m, a nizvodno kod Oborova prelazi 130m. Na prostoru od toplane do Rugvice prevladava šljunak s maksimalnim valuticama $\varnothing$ 100mm, a s dubinom i u smjeru jugoistoka opada, tako da je kod Oborova prešao u pijesak.

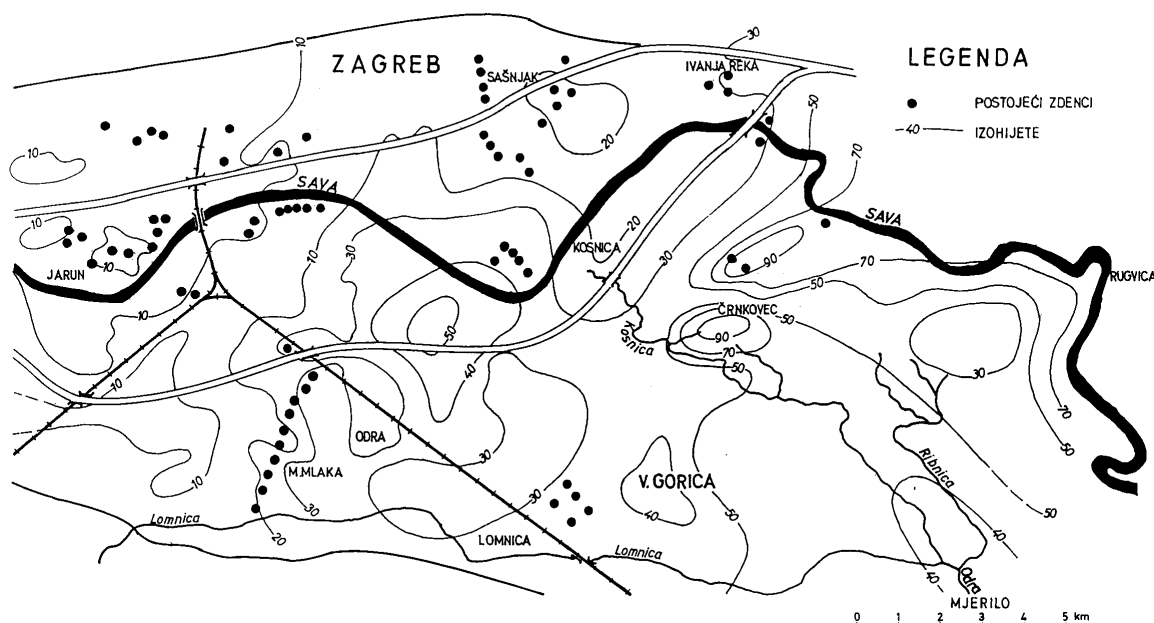


Slika 4: Uzdužni litološki profil kroz kvartarne naslage Posavske ravnice

Dublji vodonosnici pristuni su u centralnom dijelu bazena (Mičevac-Čička Lazina). Međutim, bočno prema rubovima prisavske ravnice, a i nizvodno, odnosi se mijenjaju, te se tu javlja ritmičko mijenjanje naslaga (izmjena šljunka, pijeska i gline, a prisutan je i treset). Bušenjem su dokazani i proslojci (0,3m) dobrovezanih šljunaka i pijesaka u nepravilnom rasporedu.

Naslage u najplićem dijelu su do dubine 35m kod Rugvice i 18m kod Toplane. Nizvodno od Rugvice vodonosnik je pokriven 10-20m debelim pjeskovito-prašinstim pokrivačem. Ova debljina se pruža na desnoj obali Save do približno na liniji Selnica-Ščitarjevo. Jugoistočno od tog područja u užem području Črakovca naglo raste i preko 100m, dok istočnije u najvećem dijelu područja iznosi oko 50m (slika 5). Na lijevoj obali Save sjeverno i sjeveroistočno do linije Maksimir - Borongaj jug - Resnički gaj - Ivanja Rijeka - Trstenik javlja se naglo odebljanje prašinasto-glinovitog pokrivača preko 20m, a

šljunčanih naslaga Save skoro i nema. Unutar gline pristuni su potočni nanosi Blizneca, Štefanovca, Čučerja, Trnave, Rijeke i Vugrovac potoka. Prema obodu bazena idući nizvodno hidrogeološki odnosi se mijenjaju, sačuvani su slojevi praha i gline, pa je razvijen niz vodonosnih horizonata. Podzemna voda je u dubljim vodonosnicima pod pritiskom, a piezometarska razina u njima izjednačena je s razinom u prvom horizontu. Vertikalno obnavljanje vodom dubljih horizonata je maleno, pa su i raspoložive rezerve ograničene. Gornji vodonosni horizont je približno uniformne debljine cca 25m i kontinuiranog prostranstva. Donji dio je znatno deblji, ali lateralno isklinjava prema sjeveru i jugu. U centralnom dijelu bazena oko Črakovca izostao je sloj gline, pa su u neposrednom dodiru starije i mlađe šljunčane naslage koje izgrađuju prvi vodonosni horizont do dubine od 80m.



Slika 5: Izopahe (debljine) aluvijalnog vodonosnog horizonta Prisavske ravnice od Zagreba do Rugvice (P. Miletić, 1978)

Vodonosne taložine su visoke vodopropusnosti na što ukazuju eksploatacioni zdenci u području Petruševca. Zdenci su bušeni do 40m, i na njima su crpljene količine od 270 l/s uz sniženje samo 0,7 m. Slični rezultati su polučeni i na probnim zdencima u području Črakovca.

Koeficijent filtracije se kreće od 350 do 1480 m/d, a transmisivnosti od 4600-50500 m²/dan. Vrijednosti koeficijenta filtracije dobivene iz granumetrijskih analiza iznose (B. Švel, 1978):

- za krovinu: $8,6 \times 10^{-5}$ - 8,64 m/dan
- za vodonosni horizont: $4,3 \times 10^{-2}$ - 7440 m/dan
- za podinu: 0,00038 - 0,0052 m/dan

Rijeka Sava usjekla je svoje korito u šljunčani horizont, pa je voda iz rijeke u neposrednoj hidrauličkoj vezi s ovom u vodonosniku. Linije hidroizohipsi niskih (18.08.1988) i visokih

(14.04.1988) voda pokazuju da, ovisno o hidrogeološkim uvjetima, rijeka Sava podzemlje drenira ili ga napaja.

Uzvodno od Petruševca rijeka Sava se drenira u vodonosnik a prema jugoistoku vodonosnik napaja rijeku Lomnicu, Kosnicu, Odru i Savu južno od Oborova. Pretpostavlja se da će se nakon otvaranja novog crpilišta Črnkovec slika podzemlja znatno izmijeniti, odnosno razina podzemne vode će se sniziti.

Pored infiltracije područje se napaja i padalinama koje prema procjeni iznosi 150 mm (godišnje (Miletić et al, 1975b)). Na napajanje vodonosnika najveći utjecaj ima vodostaj rijeke Save. Unazad petnaestak godina došlo je do bitnih morfoloških i hidroloških promjena na rijeci Savi. Prema analizama vodostaja i protoke rijeke Save (Trninić i Slaman, 1994), zapažena je tendencija sniženja vodostaja koji je najvećim dijelom rezultat antropoloških djelovanja - uređenje korita rijeke Save i njenih pritoka, te eksploatacija šljunka i izgradnja hidroelektrana u Sloveniji. Mjerenja vučenog nanosa pokazala su njegovo smanjenje u posljednjih 20 godina za cca 20 puta. Sniženje vodostaja rijeke Save ima direktan uticaj i na sniženje razine podzemne vode u eksploatacionim zdencima. Pregledom izmjerenih razina osjeća se njihov pad u području do Petruševca od 0,8-1,2 m, a nizvodno je neznatan.

Kako smo naglasili najbolja hidrogeološka svojstva pokazuje prvi vodonosnik. Zahvaćen je na crpilištima na lijevoj obali: Šašnjak, Petruševac, Žitnjak i Ivanja Rijeka, a na desnoj obali kod Velike Gorice, a najveće perspektivno crpilište Črnkovec djelimično je istraženo do prvog vodonosnog horizonta, a drugi je veoma slabo istražen.

7. ZALIHE PITKIH PODZEMNIH VODA

7.1. Stupanj poznavanja zaliha

U ovom poglavlju se obrađuju već ranijih godina proračunate zalihe podzemnih voda, jer nismo bili u mogućnosti izraditi proračun novih zaliha iz razloga što te iziskuju opsežna detaljna i specijalna istraživanja i ispitivanja. Tretirano područje obrade obuhvaća aluvijalne taložine crpilišta Savica - Bundek - Žitnjak - Petruševac i Ivanja Rijeka na lijevoj obali Save, te izvorište Velika Gorica - Aerodrom - Mičevac - Črnkovec sve do nizvodno od Rugvice prema Oborovu do izlaza iz područja istraživanja.

Najcjelovitiji prikaz proračuna zaliha pitkih voda u kvartarnom vodonosnom kompleksu načinjen je u okviru hidrogeološke studije "Procjene rezervi podzemnih voda aluvijalnih taložina na području između Podsuseda i Siska" (Miletić et al, 1975). Na temelju te studije (B. Švel, 1978) daje procjenu rezerve podzemnih voda aluvijalnih taložina rijeke Save na području Zagreba. Rezerve podzemnih voda razvrstava na stalne i promjenljive. Procjena eksploatacionih rezervi izvršena je komparativnom analizom elemenata bilance podzemnih voda za postojeće stanje i za jedno do mogućih stanja u budućnosti.

Obnovljive zalihe podzemnih voda dobivaju se kao produkt zapremine mase vodonosnih taložina koje se nalaze između minimalnih i maksimalnih vodostaja podzemnih voda i efektivne poroznosti pomnožene s udaljenosti između profila.

$$V_p = \frac{DF_n + DF_n + 1}{2} * L * Se$$

gdje je: DF - površina hidrogeološkog profila između min i max vodostaja podzemnih voda (u m²)
L - udaljenost među profilima
Se - efektivna poroznost (bez dimenzija) usvojeno 0,15

Protoci podzemnih voda izračunati su za saturirane površine hidrogeoloških profila po zakonu Darcy-a:

$$Q_n = F_n * V_i = F_n * K_i * I \text{ m}^3/\text{s}$$

iskazane u srednjim vrijednostima

$$Q_a = \frac{Q_{\min} + Q_{\max}}{2} \text{ m}^3 / \text{s}$$

gdje je: Q_n - m³/s
K_i - hidraulička vodljivost m/s

F_n - m²
 I - gradijent pada

U narednoj tabeli su izračunate srednje vrijednosti protoka na bilančnim profilima.

Stalne zalihe podzemnih voda dobivaju se kao produkt efektivne poroznosti i volumena mase vodonosnih taložina koje se nalaze ispod minimalnih vodostaja podzemnih voda.

$$V_s = \frac{F_{\min} + F_{\max} n + 1}{2} * Se * L$$

gdje je: $F_{\min}$ površina hidrogeološkog profila ispod minimalnog vodostaja podzemnih voda (u m²).

Na slijedećoj tabeli dajemo stalne i promjenljive zalihe i protok na karakterističnim profilima.

(1) Lijeva obala Save

Profil br.		Stalne zalihe 10 ⁶ m ³	Promjenjive zalihe 10 ⁶ m ³	Protok 10 ⁶ m ³ /god
1.	BORONGAJ			27,70
2.	RESNIK	38,524	4,505	14,50
3.	DUGO SELO	20,886	1,562	8,20
4.	IVANJA RIJEKA	46,800	4,200	3,40
	Ukupno:	106,210	10,267	

(2) Desna obala Save

Profil br.		Stalne zalihe 10 ⁶ m ³	Promjenjive zalihe 10 ⁶ m ³	Protok 10 ⁶ m ³ /god
1.	LOMNICA			10,69
2.	V. GORICA	167,066	13,477	12,50
3.	MRACLIN	129,706	29,654	15,30
4.	PEŠĆENICA	286,960	115,250	11,30
	Ukupno:	583,732	158,381	

Sveukupne prirodne zalihe na listu Ivanić Grad iznose:

- stalne zalihe: 689,942 * 10⁶m³

- promjenljive zalihe: 169,647 * 10⁶m³

7.2. Eksploatacijske količine

Na području savske ravnice obuhvaćene listom Ivanić Grad, kvartarne naslage su zahvaćene na desnoj obali crpilištima Šašnjak (800 l/s), Žitnjak II (116 l/s), Petruševac (oko 1.250 l/s) i Ivanja Rijeka (cca 150 l/s). Dakle ukupna crpna količina vode na lijevoj obali iznosi 2.316 l/s, odnosno $72,954 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$ ili 68,7% stalnih rezervi, dok se na desnoj obali crpi svega 850 l/s na izvorištu Zapruđe i Velika Gorica. To je $26,77 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, što iznosi 4,58% stalnih rezervi ili 16,9% promjenljivih zaliha podzemnih voda.

Dakle, za potrebe javne vodoopskrbe ukupno se crpi 3.350 l/s podzemnih voda. Napominjemo da ovdje nisu uračunate crpne količine pojedinih industrijskih pogona na Žitnjaku koji imaju vlastita izvorišta. Eksploatacijske mogućnosti aluvijalne ravnice na desnoj obali Save u području između Mičevca, Črnkovca i Ščitarjeva procijenjene su na cca $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$, što ga uvrštava u najperspektivnije crpilište na cjelokupnom Savskom ravnjaku. Međutim, šire područje crplista "Črnkovec" u budućnosti treba štititi od sanitarne deponije na Jakuševcu o čemu će biti govora u poglavlju o zaštiti voda.

U radu Turić, G. (1978) "Studija područja Črnkovec kao potencijalnog crpilišta grada Zagreba", rezultati simulacije uz pretpostavljeno sniženje 12m i ukupni kapacitet serije bunara u nizu, iznosi $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, što je veoma restriktivno. Proračun kapaciteta crplista u slučaju crpljenja donjeg dijela horizonta (slika 4.), izveden je uz pretpostavku crpljenja vode iz poluzatvorenog horizonta uz uvjet održavanja konstantnog potencijala u gornjem dijelu horizonta.

Proračun maksimalnih sniženja u zdencima dobiven je kao algebarski zbroj utjecaja na sniženje crpljenja svih realnih i imaginarnih zdenaca, a na temelju matematičkog izbora kojim je opisano ravnotežno stanje radijalnog toka prema usamljenom zdenцу u poluzatvorenom horizontu, uz uvjet stalnog potencijala u susjednom horizontu.

Uz pretpostavku kapaciteta crplista od $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ dobivena su sniženja od 11,1m uz usvojeni koeficijent hidrauličke provodljivosti $K=2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Ova varijanta crpljenja je nedovoljno ispitana, pa će se sigurnije odrediti tek nakon doupnskih istraživanja i ispitivanja.

Rezultati dosadašnjih istraživanja na širem prostoru Črnkovec ukazuju na buduće perspektivno područje za otvaranje novog velikog crpilišta vodovoda grada Zagreba, procijenjenog kapaciteta $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Razrađen je program istraživanja koji je djelomično izveden i potvrdio je pretpostavku o budućem crpilištu koje će premašiti sva dosadašnja crpilišta grada Zagreba. Prva faza ovog izvorišta je završena 1978. godine sa 5 zdenaca tzv. crpilište "Velika Gorica", s kojeg se trenutno crpi 850 l/s, a izbušeno je više probnih zdenaca u Črnkovcu koji potvrđuju optimističke postavke.

8. TERMALNE I TERMOMINERALNE VODE

Podaci o geotermalnim vodonosnicima korišteni su iz interpretacije naftnih bušotina i specijalnih istraživanja i ispitivanja geotermalnog bazena grada Zagreba. Na većini bušotina gdje je indicirana topla voda ustanovljena je izdašnost, temperatura, kemizam i hidrodinamičke značajke.

Naša razmatranja se odnose na tzv. istočnu grupu bušotina zagrebačkog geotermalnog područja koje karakterizira mala izdašnost, što je posljedica male debljine terciarnog vodonosnika, a trijaski uopće nije nabušen. Ovo područje počinje od bušotine (Šalata 1) koja se nalazi na listu Zagreb. Bušotina (Dubrava 1) nabušila je vodonosnik na dubini 1018-1060 m, temperature 39°C na ušću bušotine i samoizliva 0,5 l/s. Planirana je za terapijske potrebe Nove bolnice u Dubravi, ali je nedostatna za potrebe ove velike zdravstvene ustanove. Savica-1 nabušila je vodonosnik na dubini 1740-1835 m, temperature 32°C i izdašnosti 0,5 l/s. Kemijski sastav otopljenih iona i plinova varira od bušotine do bušotine. Ukupna mineralizacija je niska (1-2 g/l), pretežu anioni kalcija i natrija, te kationi bikarbonata i klora.

Prema ekspertizi Zavoda za fizikalnu medicinu i rekreaciju Medicinskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu, termomineralne vode zagrebačkog geotermalnog područja pogodne su za liječenje degenerativnih bolesti kralježnice, zglobova, reumatizma i neuroloških bolesti. Prisustvo fluora (F) vodu uvrštava u fluorno-natrijevu hidrokarbonatno-kloridnu niske radioaktivnosti (10-17 Bg/l).

Praksa je pokazala da nema taloženja kamenca, a brzina korozije ugljičnog čelika je umjerena pa se isti može upotrebljavati za instalacije.

Duboka istražna naftna bušotina Zelina 1 južno od sela Krča Ves, dubine 1.318,3m nabušila je na dubini od 750-794 m abichi pješčenjake zasićene termalnom vodom. Nakon razrade bušotine i pobuđivanja slojne vode dobiven je samoizliv 1,23 l/s vode, slojne temperature 52°C sa 29 mg natrijeva klorida. Na "glavi" bušotine je montiran tuš sa stalnim rasprskavanjem vode čija je temperatura na površini 42°C.

Termomineralna voda područja Ivanić Grad utvrđena je bušotinom IVA-T-1 kod doma zdravlja. Voda se nalazi u kvarc-trinječastim pješčenjacima sitnozrnim i slabo vezanim. To su tzv. Ježevo i Bregi pješčenjaci, a čine ih tri horizonta različite debljine odvojena tamnosivim, srednje tvrdim laporima. Pripadaju abichi slojevima na dubini 1277-1308 m. Temperatura vode u sloju je 61°C, samoizliv 2,3 l/s. Testiranjem se dobije do 6 l/s sa sniženjem razine do -41 m ispod ušća bušotine. Kemijskim i balneološkim ispitivanjima je utvrđeno da je pogodna za liječenje "naftalanom". Pored brojnih mikrokomponenti sadrži uglavnom natrij (5.175 mg/l), klor (8.419 mg/l), kalcij (200 mg/l) i hidrokarbonate (406 mg/l). Ukupna mineralizacija 14,4 g/l i tvrdoća 39,7°dh. Od otopljenih plinova sadrži ugljen-dioksid 4,84 mg/l i vodik-sulfid 1,87 mg/l, a bakteriološki je potpuno sterilna. To su terciarne konatne vode čije su rezerve ograničene.

Perspektivna područja za nastavak istraživanja geotermalnih potencijala su: pretercijarni izdanci na padinama Medvednice, terciarna antiklinala Štakorovec sjeverno od Božjakovine, gornjetrijaski dolomiti, kredni vapnenci i terciarni litotamijski vapnenci. U srednetrijaskim dolomitima, ako su značajne debljine, može se razviti konvekcijski tok, što doprinosi obimnosti vodonosnika.

Dobrih vodonosnika ima i u klastičnim terciarnim pješčenjacima glavne zone savske potoline. Međutim, u usporedbi s karbonatima male su vodoobilnosti i izdašnosti od 0,1 do 2 l/s po bušotini. Savska potolina u užem smislu čini terciarno područje glavnog progibanja između zagrebačkog geotermalnog polja na zapadu, bloka Glavinčica - Laktec na sjeveroistoku i depresija duž Vukomeričkih Gorica na jugozapadu. Ovdje izostaju masivni mezozojski vapnenci, a prisutni su terciarni pješčenjaci.

Nastavak istraživanja treba usredotočiti na istraživanje dijelova litotamijskih vapnenaca grebenskog razvoja. U tom smislu razlikuju se slijedeća potencijalna područja:

- Medvednički prag (smješten između jugoistočne podmedvedničke depresije i savske depresije) pratimo sjeverno od Dubrave s bušotinom Dubravka 1 do badenskog izdanka južno od Čučerja.
- Sjeveroistočni rub glavne depresije savske potoline (površine cca 40 km²) počinje strukturnim pragom od Sesveta preko Dugog Sela prema jugoistoku. Litotamnijski greben indiciran je bušotinom Sesvete-2, Duravka 1 i Cerje-2. Produktivnost se očekuje dublje od 1000 m s temperaturom preko 50°C.
- Jugozapadni rub glavne depresije Savske potoline predstavlja isprekidani niz litotamnijskih grebena na površini od cca 70 km². Ova indicacija je potvrđena bušotinom Sava 1 1981 godine, Resnik 1, Odra 1 i Velešovci 1. Do sada su indicirani slabiji dotoci malih geotermičkih anomalija na dubini od 1.500 do 2.000m.
- Depresija kod Čiča ima formirane litotamnijske grebene na površini od 40 km² i pruža se usporedo s trasom željezničke pruge Zagreb-Sisak. Geotermalni vodonosnici su utvrđeni bušotinama Lomnica-1 i Lekenik-1. Na Lomnici je ostvaren samoizliv od 1 l/s i temperatura 60°C s dubine veće od 1.500m.
- Blok Glavničica-Laktec karakterizira prisustvo mezozojskih karbonatnih stijena otkrivenih bušotinama Laktec (1981) i Glavinčica (1952 godine) Na postojanje termalnih akvifera upućuje anomalija slična zagrebačkom području. Utvrđen je samoizliv 1,5 l/s i temperatura 60°C s dubine 1000m, što ukazuje na hidrodinamičku vezu s vodom iz dubine veće od 1.500m.

Subtermalni izvor kod Belovar-Moravča ne može se vezati za ovaj blok ili uz tercijarne pješčenjake, na što ukazuje i natrijsko-hidrokarbonatni kemizam manje tipičan za karbonatne vodonosnike.

9. HIDROGEOLOGIJA I VODOPRIVREDNA PROBLEMATIKA

Racionalno vodno gospodarstvo razmatra korištenje voda, njihovu zaštitu i obranu od voda. Podzemni vodni činioci su uvjetovani dvama osnovnim faktorima - hidrogeološkim i

antropogenim. Hidrogeološki faktori su različiti u svakoj od četiriju hidrogeoloških jedinica: masiv Medvednice, neogenska pobrda, praporski ravnjak i prisavska ravnica.

Grad Zagreb predstavlja osnovni ljudski faktor. On se prostire dijelom na obroncima Medvednice, a svojim većim dijelom na prisavskoj ravnici. Činjenica je da se na prisavskoj ravnici (Žitnjak) nalazi najveća koncentracija zagrebačke industrije, aerodrom Pleso, novi ranžirni kolodvor (Buzin), zagrebačka zaobilaznica, tu je i projekt zagrebačke riječne luke (Otok), a i najveće perspektivno zagrebačko crpilište (Črnkovec).

Vodoprivrednu problematiku obradit ćemo kroz podnaslove: vodoopskrba, kakvoća podzemne i površinske vode, zaštita podzemnih voda i obrana od voda.

9.1. Vodoopskrba

Za vodoopskrbu grada Zagreba na listu Ivanić Grad, trenutno se koriste crpilišta: Šašnjak, Petruševac, Žitnjak, Ivanja Rijeka na lijevoj obali, i Velika Gorica na desnoj obali rijeke Save. Podaci zagrebačkog organiziranog vodoopskrbnog sistema sežu u prošlo stoljeće kada je kaptirano crpilište "Zagorska" na listu Zagreb, 1878. godine. Širenjem grada rasle su i potrebe za iznalaženjem novih zaliha podzemne vode, i tako se Zagrebački vodovod širio na lijevoj obali prema crpilištima na listu Ivanić Grad.

Već 1938. godine izgrađeno je crpilište u Zagrebačkoj klaonici u Heinzlovoj ulici. Daljnja ispitivanja bušenjem u Krugama 1936. godine pokazala su prisustvo aluvijalnih vodonosnika.

Istraživanja na Žitnjaku su započeta u toku 1953. godine na širokom prostoru sve do Resnika i Ivanje Rijeke. Utvrđeno je bogatstvo šljunkovitih slojeva od rijeke Save sve do Vukomerca. Zaštitni glineni slojevi kreću se od 4-8 m, a šljunčani slojevi dosežu i do 28 m dubine. Na temelju ovih ispitivanja izgrađeno je crpilište Žitnjak I i II uz Slavonsku aveniju na lokaciji mljekare. Kapacitet Žitnjaka I i II daje 270 l/s, ali je zbog zagađenosti Žitnjak I (150 l/s) isključen iz upotrebe već 1985. godine.

S obzirom da je cijelo područje Žitnjaka zauzeto industrijom, odabrano je jedino slobodno područje Šašnjak omeđeno Slavonskom avenijom, mljekarom, Vukomercem i tvornicom Janko Gredelj. Na temelju vodoistražnih radova 1969-1970. godine, uređeno je crpilište Šašnjak sa 8 zdenaca ukupnog kapaciteta 1000 l/s, međutim osamdesetih godina dolazi do postepenog zagađivanja i samim tim do smanjenja izdašnosti crpilišta. Nakon sanacije i obrade izvorišta podzemne vode aktivnim ugljenom došlo je do poboljšanja kvalitete i povećanja crpljenja na 800 l/s. To je drugo crpilište po veličini u istočnom dijelu grada Zagreba.

Izvorište Resnik ispitivano je od 1964-1966. i utvrđen kapacitet na 3 bunara $Q_{...}=220$ l/s. Geološki presjek: 3 m gline i 21 m šljunka i dalje glina. S obzirom na blizinu tvornice OKI (proizvođač fenola), odustalo se od ove hidrogeološki povoljne lokacije.

Istočno od linije most Mladosti - Svetice, zagrebačko područje se postepeno produbljava i spaja se I i II vodonosni horizonti koji u području Petruševca imaju debljinu približno 45 m, dok je ukupna debljina vodonosnog kompleksa i do 100 m. Transportne karakteristike vodonosnika su veoma dobre, tako da crpilište Petruševac s 5 bunara (izvedenih tijekom 1985. i 1986.) daje preko 1500 l/s kvalitetne pijaće vode.

Najmlađe crpilište na lijevoj obali je ono u Ivanjoj Rijeci sa 4 bunara ($Q_{...}=300$ l/s), za vodoopskrbu Sesveta, Dugog Sela i Vrbovca. U probni rad je pušteno krajem 1989. godine. Pored navedenih crpilišta vodovoda grada Zagreba skoro svaka tvornica ili veći pogon na Žitnjaku ima svoj zdenac. Ovdje navodimo samo važnije: tvornica papira; Katran-Kutrilin, Heinzlova; Te-to

Žitnjak, Vrtlar - Žitnjak, tvornica ulja Žitnjak, Badel Žitnjak, tvornica tekstila Žitnjak, tvornica PK Žitnjak, Remiza Borongaj, Chromos, Katran, Kutrilin, INA rafinerija. Ukupna lijeva obala daje 2.456 l/s vode u gradski vodovod i preko 800 l/s za potrebe industrije.

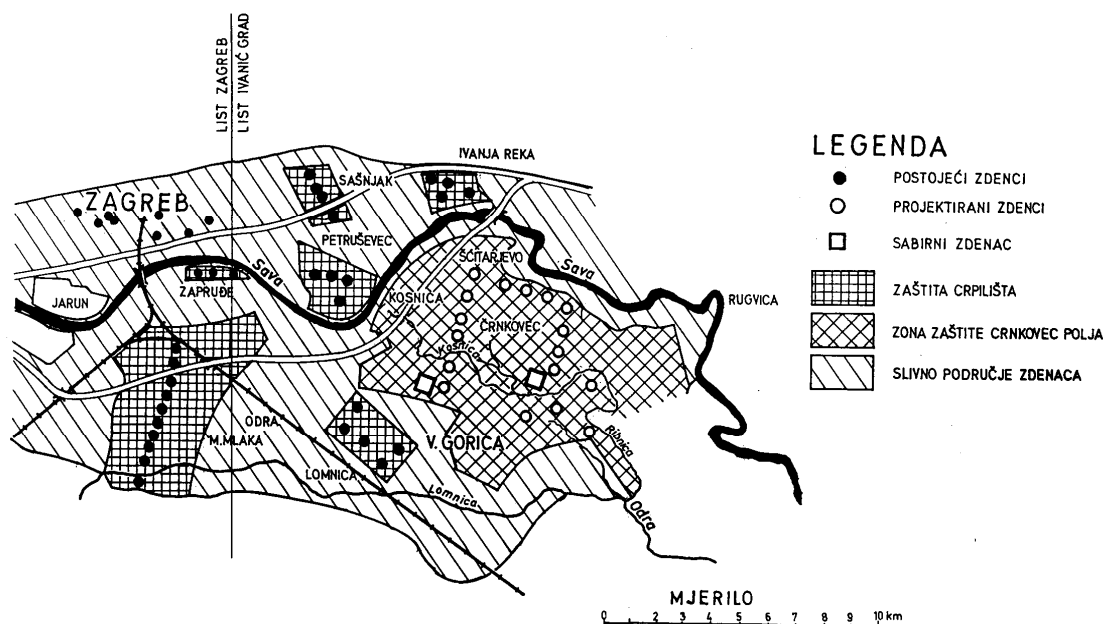
Na desnoj obali Save nizvodno od mosta Mladosti za sada je aktivno samo crpilište Velika Gorica (od 1987. godine). Crpilište Mala Mlaka je na listu Zagreb i za sada je to najveće zagrebačko crpilište (1.300 l/s).

Tablica: Kapacitet crpilišta s promjenama od 1980-1993 godine
(Organizacijski odbor Savjetovanja o vodoopskrbi Zagreba 1993.)

Crpilište	Crpna količina (l/s)													
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
ŽITNJAK I	150	150	150	150	150	0								
ŽITNJAK II	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116
SAŠNJAK	900	900	900	900	900	759	759	759	759	759	759	759	600	800
PETRUŠEVAC								750	750	1000	1000	1000	1250	1250
ZAPRUĐE		280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
IVANJA RIJEKA										300	300	300	300	300
VELIKA GORICA										500	500	700	700	700

Crpilište Velika Gorica daje 700 l/s pitke vode. Problem je nastao kada se desilo blago zagađenje bunara 1 uzrokovano kemikalijama i naftom s ranžirnog kolodvora. Pored navedenog, na desnoj obali je locirano i crpilište Zapruđe (Bundek) od tri bunara ukupnog kapaciteta 300 l/s, jedan je smješten na listu Ivanić Grad (bunar br. 3). Dakle, ukupna količina koja se eksploatira za potrebe javne vodoopskrbe iz područja desne obale na listu Ivanić Grad je 800 l/s, a ukupno s crpilištem Mala Mlaka i Zapruđe 2.420 l/s, što godišnje iznosi $76,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Količina podzemne vode koja se koristi za potrebe industrije iznosi 150 l/s, odnosno $4,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ godišnje.

Perspektivno područje za vodoopskrbu grada Zagreba je šire područje Črnkovec. Sasvim opravdano ovaj prostor ocijenjen je, na temelju provedenih istraživanja i ispitivanja, kao najperspektivniji za dugoročno rješenje vodoopskrbe. Optimistički rezultati ispitivanja crpilište Črnkovec dosežu i do $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$ pitke vode (Elektroprojekt, 1986). Međutim, studija RGN fakulteta (Miletić et al., 1981) predviđa da će utjecaj eksploatacije na Črnkovcu, količinom od $4 \text{ m}^3/\text{s}$ iz bunara u liniji uz Savu, prouzročiti dodatna sniženja na Maloj Mlaci za cca 1 m. Modeliranje je provedeno pod pretpostavkom da se iz rijeke Save, na dionici od mosta Mladost do Drenja, može infiltrirati $6 \text{ m}^3/\text{s}$ bez većih gubitaka potencijala na kontaktu vodonosnika i porozne sredine. Na području Črnkovca aluvijalni i dublji vodonosnik odvojeni su nepropusnim slojem koji prema Petruševcu i Mičevcu isklinjava, te su gornji i dublji horizont u direktnom kontaktu. Na slici 6. prikazana su aktivna, i perspektivno crpilište Črnkovec sa zaštitnim zonama.



Slika 6: Aktivna crpilišta i perspektivno crpilište Črnkovec na listu Ivanić Grad sa zonama sanitarne zaštite

Gravitacijski podsljemenski vodovodi nalaze se većim dijelom na listu Zagreb (Mikulići, Gračani, Bačun) i o njima neće biti govora u ovom tumaču.

Vodovod Markuševac izgrađen 1940. godine s 3 kaptaze Trnjak i Falerovac sa lista Zagreb, i Žlebec s lista Ivanić Grad. Nakon 1950. okolna mjesta su se širila pa se ubrzo osjetio nedostatak pijaće vode, pa je voda u Markuševac dovedena iz Tisove Peći.

Gravitacijskim vodovodom Tisova Peć, zahvaćena je voda s istoimenog izvorišta već 1961. godine. Izvorište je smješteno na koti 469 m n.m. i daje relativno veliku količinu vode od 15-20 l/s. Izgradnja se odvijala u više etapa od 1962-1968. godine, i obuhvaćena su sva naselja od Markuševca do Čučerja, a to su Jambrešići, Bidrovec, Deševac, Slanovec, Žlebec, Gaj, Mikulaši, Vidovec i Čučerje.

Podsljemenska sela od Čučerja preko Glavnice, Drenove, Velike Gore, Psarjeva do Biškupeca Zelinskog, kaptirala su male ocjedne i pukotinske planinske izvore čija izdašnost rijetko prelazi 1 l/s. Povećanjem naselja često dolazi do nestašice pitke vode, pa se traži rješenje u regionalnom vodovodu s rijeke Drave koji će u budućnosti dosežati sve do Sesveta.

Za vodoopskrbu grada Sv. Ivan Zelina vodozahvat iz 1912. sa izvora "Zvirišće" kapaciteta 2,8 l/s ubrzo je postao premalen pa se poslije 1950-tih pristupilo vodozahvatu još 3 izvora (Zelinska Glava, Šimunčec i Bazgovica), ukupnog kapaciteta 4 l/s. Međutim, vodovod se širio pa se konačno pristupilo vodozahvatu površinske vode na potocima Velika i Mala Reka, ukupnog kapaciteta 19 l/s što je djelimično zadovoljilo kratkoročne potrebe grada.

Vodoopskrba prekosljemenskih naselja, počev od Slanog potoka preko Milekova sela prema podgorju Bistričkom, vezana je također za kaptiranje planinskih izvora male izdašnosti. Od značajnijih izvora da spomenemo Dobre zdence (na listu Zagreb) s kojih se opskrbljuje Milekovo selo i dio Gornje Stubice, a drugi je vezan na regionalni zagorski vodovod.

Podgorje Bistričko i Marija Bistrica imaju vodoopskrbni sustav iz područja potoka Zdenčec, s istoimenog izvora kapaciteta 10 l/s u minimumu.

Vodoopskrba najvećeg središnjeg i istočnog dijela lista orijentirano je na pojedinačne bušene ili kopane bunare malog kapaciteta. Pojedine farme PIK-a Vrbovec izvele su vlastite bunare u Gostoviću (sistem 7 bunara) ukupnog kapaciteta 45 l/s. Problem je blizina kanala s otpadnim vodama sa svinjogojske farme. Grad Vrbovec zahvatio je aluvijalno zadebljanje u donjem dijelu potoka Velika ukupnog kapaciteta 12 l/s. To je nedovoljno pa je dopuna izvedena s regionalnog vodovoda iz Ivanje Reke.

Ivanić grad i Ivanić Kloštar su riješili vodoopskrbu sa izvorišta na listu Sisak uz rijeku Savu. Izbušeno je 8 zdenaca u Perovcu ukupnog kapaciteta 240 l/s, što je dovoljno za šire područje Ivanić Grada, Ivanić Kloštra i Križa. Međutim, u dubljim dijelovima prapornog ravnjaka vjerojatno u rhomboide pijescima Ivanić Grada pojedinačni zdenci daju i do 20 l/s vode, ali s prekomjernim sadržajem željeza. Takav zdenac je izbušen za potrebe vatrogasnog društva.

9.2. Kakvoća podzemne i površinske vode

Podzemne vode iz gorskog masiva Medvednice koje ispunjavaju pukotine u mramoriziranim vapnencima paleozoika, tortonskim vapnencima i bazalnim konglomeratima su kvalitetne za piće. Mineralizacija im je uglavnom manja od 400 mg/l, nemaju željeza, srednje su tvrde, a pripadaju hidrokemijskom tipu Ca-HCO_3 do CaMg-HCO_3 . Potrebno je obratiti pažnju na pojačanu opasnost od zagađenja s površine kroz pukotine i okršene dijelove masiva. U vodi Tisove Peći dokazan je anorganski koloidni mutež. Mnogobrojna podsljemenska naselja se opskrbljuju s tih planinskih izvora.

Podzemne vode neogenskih pobrđa iz izvora i bušenih bunara su kvalitetne za piće, a kopani bunari su zbog nezaštićenosti uglavnom zagađeni. Sitnozrni klastični sastav i česte izmjene propusnih i nepropusnih naslaga čine ove terene neugroženim ili samo djelimično ugroženim od zagađenja vodonosnika s površine. Vode aluviona u ovoj jedinici tretirane su kao djelimično ugrožene i ugrožene. Mineralizacija se kreće u širokom dijapazonu od 400-900 mg/l. Kemijski tip voda je Ca-HCO_3 , a mjestimično i CaMg-HCO_3 .

Podzemne vode iz prapornog ravnjaka, posebno iz onog močvarnog, su kisele s $\text{pH}=5-7$. Mineralizacija se kreće od 550-900 mg/l. Podzemne i površinske vode su tvrde. Preovladava CaMg-HCO_3 tip voda, a ponegdje se javlja i povišen sadržaj klora (Cl). Kopneni prapor se spirala i taloži u močvarama što pridonosi njegovoj smanjenoj propusnosti, a time i ugroženosti od zagađivanja. Podzemne vode često sadrže povećan sadržaj željeza. Prisavska ravnica je najbogatije područje podzemnim i površinskim vodama. Osnovni kemijski sastav ih svrstava također u Ca-HCO_3 vode mineralizacije 500-600 mg/l, ukupne tvrdoće od 16-28°nj. Površinske vode rijeke Save imaju tvrdoću oko 14°nj, a podzemne uglavnom preko 20°nj. Međutim, na području prisavske ravnice veoma je izražen antropogeni utjecaj na kakvoću podzemne vode.

Kao posljedica toga, a zbog povećanog sadržaja organskih otapala, iz vodoopskrbe su povremeno ili zavijek isključivana crpilišta na lijevoj obali, naročito na području zapadnog dijela Zagreba. Na listu Ivanić Grad trajno je isključeno crpilište Žitnjak I, a povremeno su isključivani i bunari na crpilištu Žitnjak II i Šašnjak. Nakon izgradnje uređaja za tretman voda u Sašnjaku, crpilište radi punim kapacitetom. Crpilišta bliže koritu rijeke Save kao što je Petruševac i druga, siromašnija su sadržajem klorida, sulfata i nitrata. Smanjuje se i količina otopljenog kisika, i to idući prema istočnom dijelu grada. Kisik se troši na mineralizaciju organskih tvari. Na crpilištu Sašnjak sjeverni zdenac uz Vukomeričku cestu voda je bogata svim kemijskim komponentama dok su one uz Slavonsku aveniju po kvaliteti bitno razlikuju. To znači da ima znatno nižu ukupnu tvrdoću, manje

nitrata, klorida i sulfata. U vodi se ponekad dokaže prisustvo fenola, što je vjerojatno naftno zagađenje.

Podzemna voda koja se koristi za vodoopskrbu grada Zagreba izložena je stalnom ili povremenom kemijskom zagađenju. Stalno zagađenje nastaje otpuštanjem raznih otpadnih tvari na površini ili u podzemne slojeve. Mnoga crpilišta se nalaze u blizini frekventnih prometnica uz koje se taloži olovo koje prodire u vodu. Olovo je toksično i maksimalna dozvoljena količina ne smije preći 0,05 mg/l. Uz prometnice, stalnu opasnost predstavljaju benzinske stanice, industrijske otpadne vode i vode naselja, dakle opasnosti stalno postoje, tim više što su kemijska zagađenja dugotrajna, često toksična i teško se uklanjaju.

Ispitivanja u Resniku 1965. na nekoliko piezometara pokazala su da su podzemne vode, idući u pravcu kompleksa organske industrije, imale povećan sadržaj željeza 7,0 mg/l i fenola 0,015 mg/l. Nastavak ispitivanja u 1967. godini pokazao je da se koncentracija fenola povećava. Zbog toga ovo područje je isključeno iz programa buduće vodoopskrbe.

Crpilište Sašnjak proteže se od naselja Vukomerca na sjeveru do rijeke Save na jugu, te od vodovodnog zdenca Žitnjak do željezničke pruge Čulinec-Velika Gorica na istoku. Prvi uzorci iz zdenca vodovoda, uljare, hidrofora u Vukomercu, u Kozarima i Petruševcu i iz piezometarskih bušotina, te kontrolnih bušotina u Sašnjaku, rijeci Savi i potoku Štefancu uglavnom su zadovoljavali. Ponekad dobiveni loši rezultati potjecali su od vanjskog utjecaja (dotok površinske vode u bušotinu).

Za svu vodu je zajedničko da ne sadrži amonijak i nitrat ione. Sadržaj organskih tvari nešto je veću u Kozari Boku, kao i bliže Savi. Tvrdća se znatno smanjuje idući od sjevera (28°nj), prema jugu na 20°nj uz Slavonsku aveniju. Prema Žitnjaku i Petruševcu, još se više smanjuje na 16°nj, što je veći utjecaj rijeke Save. Količina nitrata i klorida manja je na ovom crpilištu nego u zapadnom dijelu grada. Utjecaj okolne industrije postepeno se počeo osjećati od osamdesetih godina. Prvobitno su se povećali ukupni ugljikovodici. Fenoli su se počeli javljati u sondažnim bušotinama. Zagađenje iz potoka Štefaneć se počelo znatno povećavati. Zagađenje sadrži povećanu količinu dušičnih spojeva i klorida. Na crpilištu Sašnjak zdenac broj 4 je u pogonu od 1972. godine, a zdeni 1, 2, 3 i 5 od 1977. godine. Na crpilištu Sašnjak, da ne bi bilo trajno zatvoreno instalirana je prva tvornica za doradu vode 1985. godine. Crpilište Petruševac i Ivanja Rijeka za sada su izbjegli veća zagađenja. Jedino crpilište na desnoj obali Save, Velika Gorica, imala je svoja prva zagađenja na zdencu broj 5 od posljedica izljeva anorganskog otpada.

Perspektivno crpilište Črnkovec, je u najvećoj opasnosti od sanitarne deponije u Jakuševcu, o čemu će se u budućnosti strogo voditi briga. U tu svrhu već se rade ogledne parcele sanacije Jakuševca. Na kraju možemo zaključiti da je kakvoća podzemnih voda istočnog dijela grada zadovoljavajuća.

9.3. Zaštita podzemnih voda

U sklopu vodoprivredne osnove grada Zagreba (Simić et al, 1981, 1986) obuhvaćena je dolina Save od Podsuseda do Oborova, te južne i jugoistočne padine Medvednice kao i krajnji jug lista. To područje obuhvaća cjelokupnu zapadnu polovicu lista Ivanić Grad, tj. urbano područje grada Zagreba. Grad Zagreb predstavlja osnovni ljudski faktor koji doprinosi zagađivanju podzemnih voda. On se prostire dijelom na prisavskoj ravnici, a dijelom na obroncima Medvednice. Na zapadnom dijelu lista Ivanić Grad nalazi se Zagrebačka industrijska zona (Žitnjak), s najvećom koncentracijom industrije u Hrvatskoj. Tu je i zračna luka Pleso, ranžirni kolodvor (Buzin), tuda prolaze magistralni i međunarodni putevi i željeznice, a u bliskoj budućnosti i plovni put uz Savu oko buduće zagrebačke luke (Otok). Sve navedeno je skoncentrirano pored najvećih zagrebačkih crpilišta: Mala Mlaka, Črnkovec, Petruševac, Sašnjak itd. Mnoga su crpilišta na lijevoj obali Save

isključena iz javne vodoopskrbe zbog onečišćenja podzemne vode. Zbog toga je u ovom poglavlju pažnja posvećena zaštitnim mjerama koje se poduzimaju na najvećim aktivnim crpljštima.

Već kod istražnih radova za crpljšte Mala Mlaka (nalazi se na listu Zagreb, ali njegov ugjecaj seže i na list Ivanić Grad), počeli su sanacijski radovi potencijalnih onečišćivača podzemnih voda u njegovom priljevnom području. Izvršeno je preseljenje tvornice "Enola" na Žitnjak. Prilikom izgradnje ranžirnog kolodvora u Buzinu u njegovoj podlozi i na bokovima ugrađena je glinena vodonepropusna podloga i vodonepropusna kanalizacija s odvodom otpadnih voda.

Budući da željeznička pruga Zagreb-Sisak ugrožava i crpljšte Velika Gorica (800 l/s) izrađen je vertikalni glineni i betonski zastor paralelno sa željezničkom prugom i odvod površinskih voda vodonepropusnom kanalizacijom. Osim ranžirnog kolodvora i željezničke pruge vodonepropusnu podlogu treba izgraditi paralelno zaobilaznom autoputu s južne strane grada. I pored navedenih mjera povremeno dolazi do zagađenja izvorišta Velika Gorica. Tijekom 1992. i 1993. godine ustanovljeno je zagađenje najsjevernijeg bunara. Buduće najveće crpljšte Črnkovec koje će davati oko 6,7 m³/s podzemne vode, već sada se priprema za zaštitu. Njemu najveća opasnost prijeti od gradske deponije Jakuševac, pa je poduzeta sanacija koja će trajati godinama. Ogledna sekcija s potpunom vodonepropusnom podlogom i površinskom zaštitom urađena je tijekom 1996/97. godine i ukoliko se pokaže opravdanom tako će se sanirati cijelo odlagalište otpada Jakuševac.

Postojećim i planiranim zahvatima na dijelu područja vodoprivredne osnove Zagreba koja se nalazi na listu Ivanić Grad uključuju slijedeće vodnogospodarske radove:

- Izgradnju HE Drenje visine 8 m.
- Rezervacija zemljišta na lokaciji "Otok" za zagrebačku riječnu luku.
- Izrada nasipa i odvodnog kanala Odra za 1.000 godišnje vode do Mičevca, a za stogodišnje vode - nizvodno.
- Stajace vode će se koristiti kao parkovna jezera ili športsko-rekreacijska jezera.
- Svođenje zagrebačkih šljunčara na postojeću istočno do Velike Gorice.
- Različitim kanalizacijskim sustavima otpadna voda će se odvoditi do centralnih prečistača, a oborinska kanalizacija će biti priključena na komunalnu kanalizaciju.
- Sve podzemne vode i potoci Medvednice u uzvodnom dijelu moraju imati prvu kategoriju kvalitete, a sve ostale površinske vode, tekuće i stajace, II kategoriju kvalitete.

Odlaganje ukupne otpadne tvari na nekontroliranim odlagalištima u napuštenim šljunčarama potpuno zabraniti. Nedovoljno pročišćavanje otpadnih voda, te nekvalitetno izvođenje kanalizacije i zagađenost potoka Štefanec glavni su uzrok zagađenja crpljšta Sašnjak, što je dovelo do izgradnje tvornice vode sa kompletnim tretmanom. Tako je Sašnjak ponovo uključen u vodoopskrbni sistem sa 800 l/s vode. To se ne može reći i za Žitnjak koji će vjerojatno trajno biti isključen iz vodoopskrbe.

Od hidrotehničkih objekata na području lista Ivanić Grad za sada postoji samo nekoliko akumulacijskih i retencijskih jezera na potocima Štefanovac, Blizna i na Velikoj i Maloj rijeci kod Zeline za vodoopskrbu grada. U hidrotehničke objekte ulaze i vodozahvatni zdenci na crpljštima i kaptaze na izvorima, te brojne crpne stanice i cijeli vodovodni sustav istočnog dijela Zagreba, Sesvete, Dugo Selo, Velika Gorica, Vrbovec i Ivanić Grad. Od hidroenergetskih objekata postoji idejni projekt HE Drenje i luka na rijeci Savi kod Otoka.

9.4. Obrana od voda

Nakon velikih poplava rijeke Save 1964. godine izgrađen je obrambeni sustav koji je zaštitio grad Zagreb od poplavnih voda. Izgrađen je i odvodni kanal Sava-Odra 1971. godine. Međutim, opasnosti od lokalnih poplava nisu zaštićeni pojedini dijelovi grada, jer Zagrebu stalno prijete potoci brdskih voda s Medvednice. Mnogi od njih se slijevaju u izgrađeni prostor grada, a neki od njih ulijevaju se i u gradsku kanalizaciju. To se naročito pokazalo u srpnju i kolovozu 1989. godine, kada su Zagrebom harale bujice i nanijele veliku štetu stanovništvu i privredi. Prema navodima u monografiji "Vodoprivreda Zagreba 1980-1990 godine" (SVIZ grada Zagreba, 1990). Vodoprivredna osnova donešena 1982. godine određuje način obrane grada od poplava, prema kojoj se područje od Podsusedskog do Mičevačkog mosta brani od tisućugodišnjih velikih voda (stupanj sigurnosti 99,9%). Ostala područja grada brane se od stogodišnje velike vode, što odgovara stupnju sigurnosti 99%. Prema tome, područje grada brani se odušnim - zaobilaznim kanalom Sava-Odra. Vodoprivredna osnova predviđa i obranu od brdskih potoka s Medvednice koji ugrožavaju istočni dio grada smješten na krajnjem zapadnom dijelu lista Ivanić Grad. Vodoprivredna osnova je predviđjela izgradnju retencija na brdskim potocima, te regulaciju potoka nizvodno od retencije. Odredbe Vodoprivredne osnove odnose se na: Remetski potok, Bliznec, Štefanovec, Trnava, Čučerska reka, Vugrov potok, Lomnica, Kašina, Glavinčica i drugi.

Radi uređivanja brdskih potoka Medvednice, Samoborskog gorja i Vukomeričke gore, Vodoprivredna osnova predviđa izgradnju 84 retencije, a od toga 20-tak na sjeveroistočnom dijelu Medvednice koje pripada listu Ivanić Grad. Na južnim i jugoistočnim padinama Medvednice do sada je izgrađeno jedanaest retencija kojima kontroliraju otjecanje vode sa slivnog područja uzvodno od retencija. U sklopu uređenja vodotoka na zagrebačkom slivnom području u razdoblju 1982. do 1987. godine obavljen je važan posao na revitalizaciji Maksimirskih jezera. To je urađeno na svih pet jezera, a od potoka Bliznec do petog jezera je dovedena voda cjevovodom. Izgradnja retencija i regulacija potoka koji se ulijevaju u zagrebački kanalizacijski sustav je nužna, jer divlje velike vode zatrpavaju kanalizaciju vučenim nanosom i izlijevaju se na saobraćajnice i u podrumne gospodarskih zgrada i objekata. Osim izgradnje retencija, na potocima se održava čišćenje korita, uređivanje obala, postavljanje pregrada, stepenica i obaloutvrda kao i čišćenje i odvoženje glomaznog otpada kojeg nesavjesni građani ostavljaju u koritu i na obalama potoka. Planirana je i akumulacija na Savi s pregradnom branom Drenje, što će također doprinjeti boljoj zaštiti od poplava, smanjenju erozije i povećanju infiltracije u prisavsku ravnici. Riječni tokovi Zeline, Lonje i Črnc potoka na istoku redovno se čiste svake druge godine, a i nasipi se obnavljaju i utvrđuju u svrhu sprečavanja poplava u srednjem i gornjem toku. Područje Ivanić Grada ja zaštićeno do 100 godišnjih poplavnih voda s velikim nasipima duž rijeke Lonje.

10. ZAKLJUČCI

Kvartarne naslage prisavske ravnice su veoma bogate podzemnim vodama i predstavljaju najznačajniji vodnosnik pitkih voda na cijelom listu Ivanić Grad. U njima su akumulirane velike količine podzemnih voda za vodoopskrbu grada Zagreba i cijele županije.

Na lijevoj obali rijeke Save stara crpilišta se sve više zatvaraju, a na desnoj se otvaraju nova. Na lijevoj obali za sada se crpi 2.500 l/s pitke vode i preko 1.000 l/s industrijske vode, a na desnoj samo 850 l/s sa crpilišta Velika Gorica. Međutim, zbog razvoja grada težište vodoopskrbe se sve više usmjerava prema širem području perspektivnog crpilišta Črnkovec, čije su procijenjene eksploatacione rezerve 6,7 m³/s. Intenzivnom eksploatacijom ovog crpilišta doći će do značajnog hidrauličkog poremećaja u podzemlju i do pokretanja zagađenja od gradske sanitarne deponije Jakuševac i iz aerodromskog kompleksa. Da bi se to izbjeglo ili bar ublažilo, rade se obimne hidrauličke i hidrogeološke studije s matematičkim modeliranjem i praćenjem kvaliteta podzemne vode (Elektroprojekt Zagreb).

Trend pada rijeke Save i stalno smanjenje infiltracije u podzemlje trebalo bi se promijeniti na bolje ako se izvede projektirana akumulacija Drenje. Njenom izgradnjom poboljšali bi se direktni dotoci u podzemlje iz riječnog korita, ali bi i prtok vode u drenažne kanale bio veći. Pored pozitivnih učinaka na infiltraciju, vremenom će doći do ubrzanja kolmatacije korita uzvodno od brane i do povećane erozije nizvodno. Zbog toga je neophodno cjelovito poznavanje ove veoma složene problematike stalno istraživati i ispitivati.

Pored tzv. velikih onečišćivača podzemnih voda - prljava industrija, otpadne vode loše izvedene kanalizacije, odlaganje otpada, skladištenja otrovnih kemikalija i naftnih derivata, u području druge zone sanitarne zaštite i umjetna gnojiva na poljoprivrednim površinama su glavni izvori onečišćenja. Zbog kemijskih onečišćenja isključeni su brojni zdenci na Žitnjaku, a privremeno je bila isključivana i većina zdenaca crpilišta Šašnjak (1.000 l/s). Izgradnjom postojanja za tretman vode aktivnim ugljenom Šašnjak je vraćen u vodoopskrbni sistem. Crpilište Petruševac zbog debljine (40-50 m) šljunčanog sloja i blizine rijeke Save može se eksploatirati i sa 1.500 l/s, premda se koristi cca 1.000 l/s zbog brzog dotoka voda iz rijeke Save koje su svrstane u II kategoriju, ali su često zagađene i do IV kategorije.

Podzemne vode crpilišta Žitnjak I su isključene iz vodoopskrbe, dok se Žitnjak II koristi sa svega 140 l/s. Izvorište Ivanja Rijeka daje 300 l/s zdrave pitke vode. Druga hidrološka cjelina sa malim zalihama podzemnih voda je praporni ravnjak koji se prostire na " lista. U njemu je iskopano tisuće zdenaca za individualnu vodoopskrbu i nekoliko bušenih zdenaca za vodoopskrbu farmi ili većih naselja. Takvi zdenci su uglavnom oko Vrbovca (Poljanski lug, Gradec i Gostović), te protupožarni zdenac u Ivanić Gradu. Optimalni kapaciteti ovih zdenaca su od 10-20 l/s. Pojedini potoci u svom srednjem toku nanijeli su značajnije količine pjeskovito-šljunkovitog materijala (Gostović) na Črnc rijeci i crpilište za Vrbovec na potoku Velika. Debljina vodonosnika je 4-5 m, a kapacitet crpilišta je 10-40 l/s. Duž srednjih tokova Zeline, Lonje, Dulepske, Velike i Črnc rijeke razvijena su manja pjeskovito-šljunkovita izvorišta značajna za lokalnu upotrebu. Zdenci u njima imaju izdašnost od 0,5-3 l/s, a u močvarnom prapornom ravnjaku od 0,1 do 1 l/s. Treću po važnosti hidrogeološku cjelinu čine karbonatni vapnenci Medvednice. Podzmena voda iz ovih vodonosnika je dobre kvalitete, budući da na području njihova sliva nema zagađivača. Najveći i najznačajniji izvor je Tisova Peć (20 l/s), koji se povremeno muti. Kaptiran je za vodoopskrbu više podsljemenskih sela. Grad Sv. Ivan Zelina pored kaptiranih izvora male izdašnosti (ukupno 6 l/s) kaptirao je i površinsku vodu Velike i Male Rijeke (12 l/s).

Hidrogeološka karta lista Ivanić Grad je pregledna, a rezultat je brojnih istraživanja izvedenih na tom prostoru. Prikupljeni podaci su pohranjeni u Bankama hidrogeoloških podataka, tako da čine

jedan dinamički sustav koji se može prema potrebi i zahtjevima korisnika dopunjavati i reinterpretirati.

Pripremio:

Dr.sc. Ivan Slišković

KOPILJA

LITERATURA

- Bagarić, I. i dr. (1985): Studija mogućnosti zahvaćanja podzemne vode u širem području grada Zagreba. Građ. inst., Zagreb.
- Basch, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ, list Ivanić Grad - karta i tumač. Arhiv IGI, Zagreb.
- Blašković, I. i Dragičević, I. (1989): Studija prostornog rasporeda i geometrije sedimentnih tijela i njihov utjecaj na hidrogeološke odnose na području lijeve i desne obale Save od Bregane do Rugvice. RGN fakultet, Zagreb.
- Borčić, D. i Capar, A. (1967): Sliv Krapine i Lonje. Geologija, hidrogeologija, morfometrija. Preliminarna istraživanja. Arhiv IGI, br. 4388, Zagreb.
- Božičević, S. (1975): Pećine i ponori na zagorskoj strani Medvednice. Naše planine, 4, 264-272, 2 crteža, Zagreb.
- Božičević, S. (1974): Podzemni krški fenomeni Medvednice kraj Zagreba. Acta carsologica, 7 (ref. 6 kong. spel. jug. Sežana - Lipice), Ljubljana.
- Borčić, D., Capar, A., Čakarun, I., Kostović, K., Miletić, P. i Tufekčić, D. (1968): Prilog daljnjem poznavanju aluvijalnog vodonosnog horizonta na širem području Zagreba. Geološki vjesnik, 21, 303-308, Zagreb.
- Brkić, Ž., Čakarun, I. (1997): Osnovna hidrogeološka karta Hrvatske, list Zagreb - Tumač. Arhiv IGI, Zagreb.
- Čakarun, I. i Kostović, K. (1967): Hidrogeološki radovi na južnom pobočju Medvednice. Arhiv IGI, br. 4553/3, Zagreb.
- Čakarun, I. (1981): Inženjerskogeološke i hidrogeološke podloge vodoprivredne osnove grada Zagreba, 78 p. Arhiv IGI, Zagreb.
- Čakarun, I. i Mraz, V. (1987): Geološke i hidrogeološke specifičnosti kvartarnog vodonosnog kompleksa prisavske ravnice na dionici granica SR Slovenija - Rugvica. Geol. vjesnik, 40, Zagreb.
- Čubrić, S. (1987): Obnovljiva geotermijska energija i njen utjecaj na ekonomiku proizvodnje geotermijske energije na ležištima u SR Hrvatskoj. Doktorska disertacija, RGH fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Capar, A. i Borčić, D. (1971): Regionalna hidrogeološka istraživanja zagrebačkog Posavlja. Arhiv IGI, br. 4993, Zagreb.
- Capar, A., Čakarun, I., Kostović, K. i Miletić, P. (1969): Geologija i hidrogeologija sliva rijeke Save - hidrogeološki dio. IGI i Direkcija za Savu.
- Crnković, B. (1963): Petrografija i Petrogeneza magmatskih stijena sjeverne strane Medvednice. Geološki vjesnik 16, Zagreb.
- Cvijanović, D., Prelogović, E., Skoko, D., Marić, K. i Mišković, D. (1979): Medvednica - seizmotektonika. Geofizički zavod i PMF Sveučilišta u Zagrebu.

- Dragojević, D., Mihovec-Grdić, M., Bezjak, S. i Jakuš, B. (1994): Ugroženost vodocrpilišta Mala Mlaka - najvećeg izvorišta vode za piće grada Zagreba. Znanstveni skup: Poljoprivreda i gospodarenje vodama, Priopćenja, 139-149, Bizovačke Toplice.
- Diener (1902): Die Stellung der Croatische-slavonischen Inselgebirge zu den Alpen und den Dinarischen Gebirgssystemen. Mitteilungen Geogr. Gesellsch, Wien.
- Elektroprojekt (1986): Vodoprivredna osnova grada Zagreba - općine Samobor i Sesvete, Zagreb.
- Foetterle, F. (1861/62): Aufnahmen im nordwestlichen Croatien. Bericht aus Agram-Jahrb. Geol. Reichsanst., 12/1 (Verh. 82-83), Wien.
- Galović, S. (1958): Osnovni geološko-tektonski odnosi naftnog polja Kloštar. Fond struč.dok. INA Naftaplin, Zagreb.
- Gjetvaj, I. (1963): Tektonska građa Savske potoline. Fond struč.dok. INA Naftaplin, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1899): KRš Zagrebačke gore. Hrv. planinar, 2/11, 161-164, br. 12, str. 185, crtež, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1908): Geologijaska pregledna karta i tumač geologijske karte, Zagreb. Geol. povj., 5, Zagreb.
- Hajnšek, B., Gjetvarj, I. i Šimon, J. (1963): Raščlanjivanje i korelacija tercijarnih sedimenata, te unifikacija stratigrafskih granica u profilima bušotina Savske potoline. Fond struč.dok. INA Naftaplin, Zagreb.
- Hauer, F. (1867-71): Geologische Übersichtskarte der Öster-Ungar. Monarchie. Blatt VI und VII, 1:576.000, Wien.
- Herak, M., Nedela-Devide, D. i Bahun, S. (1968): Regionalna tektonska studija šire okolice Zagreba. IGI Zagreb.
- Herak, M. (1986): A new concept of geotectonics of the Dinarides (Nova koncepcija geotektonike Dinarida). Acta geologica, Vol. 16/1, 1-42, Zagreb.
- Herak, M. (1991): Dinaridi. Mobilistički osvrt na genezu i strukturu. Acta geologica, Vol. 21/2, 1-83, Zagreb.
- Hernitz, Z., Velić, J., Kranjec, V., Najdenovski, J. (1980): Prikaz diferencijalnih i maloamplitudnih struktura s primjerima iz Savske potoline (Panonski bazen). Nafta, 31/7-8, 399-409, Zagreb.
- Hinčić, Lj., Jurković, M., Martinec, R., Radić, J. i Urbiha, H. (1980): Karta termomineralnih voda SR Hrvatske 1:500.000. Fond str.dok. INA-Naftaplin, Zagreb.
- Iveković, H. (1929): Pitke vode na terenu grada Zagreba.
- Koch, F. (1924): Geotektonische Beobachtungen im Alpinodinarischen Grenzgebiete. Zbornik radova posvećen I. Cvijiću, Beograd.

- Kolbah, S. (1983): Karakteristike otkrivenih i prognoznih geotermičkih rezervoara u panonskim potolinama Hrvatske. Izlaganje na radnom sastanku, JAZU, Zagreb.
- Kolbah, S., Tari-Kovačić, V. i Dragaš, M. (1986): Geotermičke metode u naftnogeološkim istraživanjima Dinarida. Zbornik radova XI kongresa geologa Jugoslavije, Tara.
- Kolbah, S. (1987): Geothermal Field of Zagreb. Zbornik radova 1. međunarodne konferencije o novim tehnologijama, Dubrovnik.
- Kolbah, S. i Rukavina, Ž. (1991): Carbonate Hydrothermal Reservoirs of the Southwest Part of the Pannonian Basin. II ISACP, Zadar.
- Kosić, K. (ur.) (1990): Vodoprivreda Zagreba 1980-1990. SVIZ grada Zagreba, Zagreb.
- Kranjec, V. (1980): Geološki sastav i građa sjeverne Hrvatske.
- Kranjec, V., Prelogović, E. i Hernitz, Z. (1972): Strukturno-geomorfološko pručavanje neotektonskih gibanja u dijelu Posavine između Zagreba i Siska, te obziri kod planiranja gradnji. Zbornik radova 2. jugosl.simpoz. o hidrogeol. i inž. geol. u Sarajevu.
- Kranjec, V. i Prelogović, E. (1974): O paleogeografskim i neotektonskim odnosima u tercijaru i kvartaru na teritoriju SR Hrvatske. Geološki vjesnik 27, 95-112, Zagreb.
- Korolija, R. et al (1986): Vodoistražni radovi Črnkovec - ispitivanje kritičnih putema zagađenja od deponije gradskog otpada (lokalitet Jakuševac). Arhiv Geotehnike, Zagreb.
- Korolija, R. i Papec, M. (1980): Elaborat o izvedbi bunara ČB-2 Črnkovec. Arhiv Geotehnike, Zagreb.
- Kinjerovac, Z., Medved, V. i Kereković, A. (1985): HE Drenje - izvještaj o izradi strukturno-piezometarskih bušotina i bunara B-03 na mjestu građevinske jame Strojarnice. Arhiv Geotehnike, Zagreb.
- Kinjerovac, Z., Medvedev, V. i Papec-Picek (1986): HE Drenje - izvještaj o izradi bunarskih polja B-1 i B-2 na lijevom i desnom zaobalju Save. Arhiv Geotehnike, Zagreb.
- Mayer, D., Miletić, P., Županić, A. i Plazek, Č. (1980): Registracija lokacija mogućih izvora zagađenja podzemne vode na području budućeg crpilišta Črnkovec.
- Miholić, S. i Trauner, L. (1952): Mineralne vode u Hrvatskoj. Godišnjak Balneol.-klimat. inst. NRH, 1.
- Miletić, P. (1968): Hidrogeološka studija sjeverne Hrvatske. Arhiv IGI, br. 271/68, Zagreb.
- Miletić, P. (1969): Hidrogeološke karakteristike sjeverne Hrvatske. Geološki vjesnik, 22, 511-523, Zagreb.
- Miletić, P. (1970): Hidrogeologija Panonskog bazena. Arhiv IGI, br. 4916, Zagreb.
- Miletić, P. i Borčić, D. (1967): Prilog poznavanju podzemnih voda na području Zagreba. Geološki vjesnik, 20, Zagreb.

- Miletić, P., Macarol, S., Turić, G. i Heinrich, M. (1975a): Razmatranja o statističkoj analizi korelacije vodostaja u rijeci i vodostaja u podzemlju na primjeru mjerenja u Zagrebu. Geološki vjesnik, 28, Zagreb.
- Miletić, P. (1975b): Procjena rezervi podzemnih voda aluvijalnih taložina na području između Podsuseda i Siska. RGN fakultet, Zagreb.
- Miletić, P. (1980): Rezerve podzemnih voda sliva Save na teritoriju SR Hrvatske. RGN fakultet, Zagreb.
- Miletić, P., et al (1981): Matematički model Male Mlake i desne obale Save (Podsused - Rugvica). RGN fakultet, Zagreb.
- Mraz, V., Kuhta, M., Miklin, Ž. i Mioč, D. (1991): Vodoprivredna osnova grada Zagreba. Izmjene i dopune. Geologija i hidrogeologija. Knjiga 7, IGI, Zagreb.
- Nedela-Devide, D. (1954): Izvještaj o proučavanju stratigrafskih i tektonskih odnosa gornje krede u Zagrebačkoj gori u 1952. godini. Ljetopis JAZU, 59, Zagreb.
- Nedela-Devide, D. (1956): O pručavanju krede na sjevernim padinama Medvednice. Ljetopis JAZU, 61, Zagreb.
- Nowinsky, N., Miletić, P., Borčić, D. i Tufekčić, D. (1967): Prilog poznavanju aluvijalnog vodonosnog horizonta na užem području Zagreba. Geološki vjesnik, 20, Zagreb.
- Organizacijski odbor Savjetovanja o vodoopskrbi Zagreba (1995): Pregled zbivanja sa Savjetovanja o vodoopskrbi Zagreba (18.-19. listopada, 1994). Hrvatske vode, 9, Zagreb.
- Pilar, \. (1881): Grundzüol der Abyssodynamik, Zagreb.
- Pilar, \. (1887): Tragovi oledbe na podnožju Zagrebačke gore. Rad JAZU, 39, Zagreb.
- Pilar, \. (1889): Zagrebački vodovod sa gledišta geološkoga i hidrografijskoga. Glasn. Hrv. naravnosl. društva, 4, Zagreb.
- Poljak, J. (1911): Kratak prijegled geotektonskih odnosa Hrvatsko-Slavonskog gorja. Glasn. Hrv. prir. društva, 23, Zagreb.
- Prelogović, E. (1970): Neotektonska kretanja u području između Orlice, Samoborske gore i Medvednice. Geol. vjesnik, 23, Zagreb.
- Prelogović, E. (1975): Neotektonska karta SR Hrvatske. Geološki vjesnik, 28, 97-108, Zagreb.
- Roglić, et all (1974): Obilježja prirodne osnove. Geografija SR Hrvatske, knjiga I - Središnja Hrvatska, Institut za geografiju sveučilišta, Zagreb.
- Salopek, M. (1914): Moderna alpinska tektonika i geologija Hrvatske i Slavonije. Glasnik hrvat. prirodosl. društva, 26, Zagreb.
- Simić, R. (koord.) et all (1981): Vodoprivredna osnova grada Zagreb. Kompleksno vodoprivredno rješenje. Arhiv Elektroprojekt, Zagreb.

- Simić, R. (koord.) et al (1986): Vodoprivredna osnova grada Zagreba, općine Samobor i Sesvete. Kompleksno vodoprivredno rješenje. Arhiv Elektroprojekt, Zagreb.
- Singer, D. (1996): Banka hidrogeoloških podataka. Upute za ispunjavanje listova, IGI, Zagreb.
- Slišković, I. (1994): Program hidrogeoloških istraživanja Lonjskog polja s ciljem ekološke zaštite područja. Arhiv IGI, Zagreb.
- SVIZ grada Zagreba (1990): Vodoprivreda Zagreba 1980-1990. Arhiv Vodoprivrede, Zagreb.
- Šarin, A. (1988): Upute za izradu Osnovne hidrogeološke karte Jugoslavije, 1:100.000, II izmjenjeno i dopunjeno izdanje. IGI, Zagreb, Sav.geol. zavod, Beograd.
- Šarin, A., Babić, Ž. i Raljević, B. (1979): Prilog poznavanju termalnih i mineralnih voda sjeverozapadne Hrvatske. Zbornik radova 4. skupa Sekc.primj.geol., geofiz. i geokem. Znan. savjeta za naftu JAZU, Zagreb.
- Šarin, A., Bahun, S., Fitz, F., Kranjec, V., Urumović, K. i Donadini, K. (1980): Hidrogeološka karta SR Hrvatske 1:500.000 i Tumač. Arhiva IGI, br. 555, Zagreb.
- Šarin, A., Čakarun, I., Kranjec, V. i Kostović-Donadini, K. (1976): Hidrogeološka karta SR Hrvatske 1:200.000, list Zagreb i Tumač. Arhiv IGI, br. 510-8/76, Zagreb.
- Šarin, A. i Kostović-Donadini, K. (1984): Ocjena veličine podzemnog otjecanja iz podataka protoka vodotoka u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Zbornik ref. VIII jugoslavenskog simpozija o hidrogeol. i inž.geol., 1, Budva.
- Šćavničar, B. (1979): Pješčenjaci pliocena i miocena Savske potoline. Zbornik radova Znanstvenog savjetovanja za naftu JAZU, Knjiga 2.
- Šikić, K. (1967): Izvještaj o geološkom kartiranju jugoistočnih padina Medvednice. Arhiv IGI, Zagreb.
- Šikić, K. (1995): Geološki vodič Medvednice. Arhiv IGI, Zagreb.
- Švel, B. (1978): Procjena rezervi podzemnih voda aluvijalnih taložina rijeke Save na području Zagreba. Zbornik referata o istraživanju, eksploataciji i gosp. podz. vodama, 21-31, Zagreb.
- Šimon, J. (1973): o nekim rezultatima regionalne korelacije litostratigrafskih jedinica u jugozapadnom području Panonskog bazena. Nafta, 12, Zagreb.
- Šimunić, A. (1979): Tektonski odnosi sjeverozapadne Hrvatske. Arhiv IGI, Zagreb.
- Šimunić, A. i Basch, O. (1975): O stratigrafiji kvartarnih sedimenata Zagrebačkog Posavlja. Geološki vjesnik, 28, 153-164, Zagreb.
- Takšić, A. (1967): Kvartar Sjeverne Hrvatske. Fond str.dok. RGN fakultet, Zagreb.
- Trninić, D. i Slamar, T. (1994): Hidrometeorološka analiza šireg područja Zagreba u funkciji vodoopskrbe. Zbornik radova Savjetovanja o vodoopskrbi Zagreba (18.-19. listopada, 1994), Zagreb.

- Tučan, F. (1919): Naše rudno blago. Matica Hrvatska, Zagreb.
- Turić, G. (1977): Studija područja Črnkovec kao potencijalnog crpilišta vodovoda grada Zagreba. Zbornik ref. Simpozija o istraživanju, eksploataciji i gospodarenju podzemnim vodama, Zagreb.
- Turić, G. i Bradić, D. (1978): Studija o zaštiti potencijalnih vodnih resursa na lijevoj i desnoj obali Save šireg područja Zagreba s prijedlogom odluke. Republički hidrometeorološki zavod i Urbanistički institut grada, Zagreb.
- Urbiha, H. (1963): Litofacijelni odnosi u Savskoj potolini. Fond str.dok. INA-Naftaplin, Zagreb.
- Urumović, K., Hernitz, Z., Šimon, J. i Velić, J. (1976): O propusnom mediju kvartarnih, te gornjo i srednje pliocenskih naslaga sjeverne Hrvatske. Zbornik radova 4. jugoslavenskog simpozija o hidrogeol. i inž.geol., knjiga 2, 395-410, Skopje.
- Urumović, K., Kvaternik, R. i Šarin, A. (1983): Vodozaštitno područje crpilišta Prerovec, vodovoda Prerovec - Dubrovčaki - Ivanić Grad. Arhiv IGI, br. 590-36/83, Zagreb.
- Vukotinović, Lj. (1874): Još nešto o vodi. Obzor, br. 167, Zagreb.
- “Vodovod” Zagreb (1978): 100. obljetnica Vodovoda grada Zagreba. Arhiv “Vodovoda”, Zagreb.
- “Vodoprivreda” Zagreb (1982): Vodoprivredna osnova grada Zagreba. Arhiv “Vodoprivrede”, Zagreb.