

AKUMULACIJA NA CERKNIŠKEM IN PLANINSKEM POLJU

Marko Breznik

Z 2 kartama v prilogi

1. Pregled dosedanjih del

1.1. Zanimanje gospodarstvenikov in naravoslovcev za Notranjsko s Cerkniškim in Planinskim poljem je že staro. V prejšnjem stoletju so se bavili predvsem z načrti za osuševanje teh polj oziroma za zmanjšanje poplavl na njih. Pri teh delih je aktivno sodeloval znani raziskovalec krasa ing. Putick. Energetska izraba voda Planinskega polja je postala zanimiva že pred 50 leti. Iz te dobe sta načrta ing. Kresa (1911) in ing. Schenkela (1912) za hidrocentralo Planina-Verd. Kres ni predvideval akumulacije na Planinskem polju.

Ing. Lenarčič (1923) je projektiral na Planinskem polju plitvo akumulacijo ($23,000.000 \text{ m}^3$), rov do Vrhlike ($33 \text{ m}^3/\text{sek}$) in centralo na Vrhlike (instalacije 32 MW, 183 GWh letne energije).

Dr. Tortolino (1943) je predvidel, poleg energetske stopnje Rak—Planina, glavno stopnjo Planina—Vipava: akumulacija na Planinskem polju, zajezeitev do kote 473 m, 250 milijonov m^3 , tesnitev polja s plom-biranjem ponorov, rov 21 km do Vipave, prerez 26 m^2 , največji pretok $60 \text{ m}^3/\text{sek}$, povprečni pretok $27 \text{ m}^3/\text{sek}$, padec 366 m, instalacija 97 MW, letna produkcija 632 GWh.

Tudi po študiji dr. Šlebingerja naj bi se vode Unca izkoristile proti Jadranskemu morju v Tržaški zaliv.

1.2. Po naročilu Uprave za vodno gospodarstvo pri PV LRS so bila v letih 1949 do 1952 v prvi fazi geoloških, geomehanskih in hidroloških raziskav na Cerkniškem in Planinskem polju izvedena naslednja dela.

Cerkniško polje:

Geološko in hidrogeološko kartiranje polja in okolice (Geološki zavod LRS, geolog dr. Mario Pleničar).

Sondažno vrtanje 16 strojnih vrtin, globokih 30 do 70 m, z meritvijo vodopropustnosti in 46 ročnih vrtin v naplavini (Podjetje za globinsko vrtanje — Geološki zavod LRS).

Hidrološke raziskave (Uprava za vodno gospodarstvo LRS, dr. ing. Franc Jenko).

Planinsko polje:

Geološko kotiranje Planinskega in Unškega polja (Uprava za vodno gospodarstvo LRS, geologinja Nada Čadež).

Sondažno vrtanje 17 strojnih vrtin, globokih do 61 m, z meritvami vodopropustnosti in 147 ročnih vrtin v naplavino (Podjetje za globinsko vrtanje).

Ročno vrtanje v Babnem dolu in na Unškem polju za ugotovitev zalog gline in proda (Podjetje za globinsko vrtanje).

Geomehanske raziskave glin (Geomehanski laboratorij TVŠ, dr. ing. Luj Šuklje).

Hidrološke raziskave (Uprava za vodno gospodarstvo, dr. ing. Franc Jenko).

1.3. Na podlagi teh raziskav je Projekt nizke gradnje 1954. leta izdelal Vodnogospodarsko osnovo porečja Ljubljanske (dr. ing. Franc Jenko in sodelavci).

V tej osnovi je tudi naslednji predlog za izkoriščanje vodnih sil Cerkniškega in Planinskega polja:

Zadrževalnik »Gornje Jezero« na Cerkniškem polju s prostornino 3,5 milij. m³, pobočni kanal ob Cerkniškem polju in dalje rov do Planinskega polja, kjer bi bila hidrocentrala HE Cirje ali HE Malni (40 MW, 95 GWh).

Na Planinskem polju je predvidena ključna akumulacija s prostornino 288 milijonov m³ z zaježitvijo do kote 480 m. Tesnitev polja naj bi dosegli s pregradama na obeh straneh Jakovice tako, da bi Babni dol z njegovim ponornim področjem odrezali od polja. Na samem polju bi dosegli tesnitev ponorov in severovzhodnega pobočja s tesnilno glinasto oblogo. Estavele pri Grčarevcu bi tudi tesnili z glinasto oblogo, obteženo z nasutjem. Da bi preprečili direkten odtok cerkniških voda na Ljubljansko barje, naj bi se med Cerknico in Dolenjo vasjo zgradil glinast naboj v zaseku dolžine 1,5 km in globine 100 m.

Dovodni rov za 80 m³/s pretoka bi bil dolg 11 km. Centrala, ki bi bila blizu Vrhnike, bi bila instalirana na 120 MW in bi imela v povprečnem letu letno produkcijo 337 GWh.

1.4. Vzporedno z izdelavo vodnogospodarske osnove Ljubljanske je Elektroprojekt Ljubljana leta 1953 izdelal Investicijski načrt za hidrocentralo Planinsko polje (ing. Savo Janežič). Ta načrt je bil izdelan po naročilu Elektrogospodarske skupnosti Slovenije in je imel predvsem namen energetske izrabiti Ljubljansko s posebnim poudarkom na akumulaciji. V tem projektu so na novo obdelane vode Planinskega polja. Geološke raziskave je dopolnil docent Dušan Kuščer s kartiranjem ponorov.

Elektroprojekt predvideva tesnitev polja s tem, da bi ponorna področja odrezali od polja s pregradama Jakovica—pobočje pod Ivanjim selom in Jakovica—pobočje Planinske gore. Pri zaježitvi do 470 m bi bila akumulacija 168 milij. m³, dovodni rov bi imel pretok 60 m³/s, moč elektrarne pri Verdu 78,8 MW, letna proizvodnja 248 GWh.

1.5. Od jeseni 1954 do 1957 leta smo izvajali drugo fazo geoloških in geotehničnih raziskav na Planinskem polju. V prvi fazi raziskav je bila detajlno raziskana naplavina na polju, ker bo njena tesnilna vloga zelo važna ali celo odločujoča za izgradnjo akumulacije na Planinskem polju.

Novejše izkušnje kažejo na to, da so peščene glinaste naplavine, ki pokrivajo starejše ponore, podvržene izpiranju, in da se tako stari ponori aktivizirajo. Zato smo v drugi fazi raziskav posvetili pozornost predvsem hidrološkim razmeram na obrobju polja in eventualnim skritim ponorom v dnu polja. Poleg tega smo podrobno kartirali ozemlje od Zelš na robu Cerkniškega polja do Kalc pri Logatcu. Izvedena so bila naslednja dela:

Na Planinskem polju:

Hidrološka obdelava obrobja polja z vrtanjem 34 piezometrov in 3-letnim opazovanjem nivojev podzemske vode (Geološki zavod, ing. Marko Breznik).

Geološko in hidrološko kartiranje ozemlja od Zelš do Kalc (Geološki zavod, geolog Anton Nosan).

Geoelektrično ugotavljanje debeline naplavine na polju (Geološki zavod, ing. Danilo Ravnik).

Raziskava jam Logarček in Gradišnica (Društvo za raziskovanje jam Slovenije).

Na Cerkniškem polju:

Vrtanje 2 strojnih vrtin z merjenjem vodopropustnosti pri Dolenji vasi (Geološki zavod, geolog dr. Mario Pleničar).

Barvanje ponorov Retje in Rešeta (Hidrometeorološki zavod LRS, geologinja Nada Čadeževa).

Poizkus geoelektričnega ugotavljanja podzemskih tokov (Geološki zavod Ljubljana, Zavod za geološka i geofizička ispitivanja NR Srbije: ing. Ferdo Miklič, ing. Danilo Ravnik).

2. Morfološki opis

Cerkniško polje in Planinsko polje sta glavni kraški polji na Notranjskem.

2.1. Cerkniško polje je dolgo 9 km, široko 2 do 3 km in leži na nadmorski višini okoli 550 m. Njegova daljša os ima dinarsko smer. Dno polja je položno nagnjeno od jugovzhoda proti severozahodu. Na jugozahodnem robu se strmo dvigajo Javorniki, na severovzhodnem pa Bloška planota in Slivnica. Na severozahodnem robu je nizek prehod na Unško polje; v njegovem podaljšku je Planinsko polje. To podolje je izoblikovala pliocenska Ljubljana.

Na jugovzhodnem robu so glavni dotoki voda na Cerkniško polje. Veliki Obrh pod zemljo dovaja vode z Loškega polja. Delno površinski dotoki so Lipsenjščica, Žirovniščica in Cerkniščica, ki odvodnjavajo del

Bloške planote. Nekaj obrhov je tudi na zahodnem robu polja, ki dovajajo vode z Javornikov. Vse vode odteka s polja podzemsko. V sredini polja so ponori Ponikve, Retje, Vodonos in Rešeto. Najvišje vode pa ponikajo v Veliki in Mali Karlovici ter v Svinjski jami na severozahodnem robu polja. Za Cerknisko polje so značilne periodične poplave, ki so odvisne od množine letnih padavin. Po dr. Jenku trajajo poplave povprečno 8 ½ meseca na leto.

2.2. Planinsko polje se tudi razteza v dinarski smeri. V tej smeri je okoli 4,5 km dolgo, od širine 2,5 km pri Planini se zoži na 1 km pri Grčarevcu. Dno polja je skoro ravno na koti 447 m.

Na jugozahodu se dviga Planinska gora, ki je podaljšek Hrušice, strmo nad polje do nadmorske višine 900 m. Na ostalih treh straneh pa je obrobje polja nižje, s povprečno relativno višino 150 m nad poljem. Na severovzhodu je to Logaška planota, ki se zajeda v polje z nekakim polotokom Jakovico. Na jugovzhodu je Unško polje, ki ga je izoblikovala pliocenska Ljubljana, na severozahodu pri Grčarevcu pa suha dolina pliocenske Ljubljane oziroma Hotenke.

Planinsko polje je kotlina in nima površinskih dotokov vode. V južnem vogalu polja so najvažnejši dotoki na polje, in sicer dotok iz Planinske jame, izviri Malenščice in izvir Škratovka. Periodični so izviri Hotenke v Grčarevcu, nekaj manjših izvirov je na vznožju Planinske gore. Kakor dotoki, so tudi vsi odtoki podzemski. Prvi sistem ponorov je na severovzhodnem robu polja od Milavčevih ključev do Laz, drugi pa na severnem robu ob vznožju Lanskega vrha in v Babnem dolu.

Tudi za Planinsko polje so značilne poplave, ki trajajo povprečno 1 ½ meseca letno. Cesti Planina—Hasberk in Planina—Laze sta s svojimi nasipi razrezali polje nekako v tri poplavna področja. Le največje poplave dosežejo zadnje poplavno območje z Babnim dolom.

3. Stratigrafski in petrografski opis

3.1. Triada. Najstarejša kamenina na preiskanem ozemlju je zgornjetriadni glavni dolomit. Petrografske je to pasovit dolomit z vložki zrnatega dolomita. Vsebuje večkrat nepravilne leče svetlo sivega do belega dolomitiziranega apnenca in kalcita, ki je včasih tudi rdečkasto obarvan.

Iz triadnega dolomita je okolica Logatca, vznožje Planinske gore, večina dna Planinskega polja in 3 do 2 km širok dolomitni pas, ki se vleče od Planine preko Unca, Rakeka in Cerknice proti jugovzhodu.

3.2. Jura. Spodnji del jurskih sedimentov je bituminozni dolomit, ki je povečini zrnat in leži konkordantno na triadnem dolomitu; meja ni ostra.

Nad bituminoznim dolomitom so temno sivi jedrnati apnenci in oolitni apnenci. Ti apnenci in dolomiti, ki so liadne starosti, nastopajo predvsem na Planinski gori in v okolici Cerknice. Severno od Ivanjega sela in na severnem obrobju Planinske gore pa so še mlajše jurske plasti, in sicer dogerski in malmski apnenci.

3.3. Kreda. Spodnjekredni apnenci z vložki dolomitov pokrivajo obsežne površine jugozahodno od Cerkniskega in Unškega polja ter severovzhodno od Planinskega polja. Cenomanski apnenci, cenomanskoturonski apnenci z roženci ter turonski apnenci in radiolitne breče nalegajo konkordatno na spodnjekredne apnenice v smeri proti postojnski kotlini. Na Planinskem polju so cenomanski apnenci na severnem delu Babnega dola (ponori Pod stenami) in se podaljšujejo na vzhodno pobočje Lanskega vrha.

3.4. Eocen. Eocenski flišni peščenjak, laporji in apneni vložki pokrivajo postojnsko kotlino. Krpe fliša pa so na Kališah severno od Grčarjeva.

3.5. Kvartar. Kvartarne naplavine pokrivajo dno Cerkniskega, Unškega in Planinskega polja.

Na Cerkniskem polju je na dnu nezvezna, do 1 m debela plast prod, nato 1 do 2 m debela plast peščene gline ali peska, sledi 1 do 3 m, delno tudi debelejša plast gline. Nad glino je ponekod humus. Ob Cerkniščici je peščen in prodnat vršaj, debel 2 do 6 m.

Na Unškem polju je spodaj prod povprečne debeline 0,5 m, nad njim pa povprečno 3 do 4 m gline.

Na Planinskem polju je do 1 m prod in povprečno 3 do 4 m gline.

4. Tektonska zgradba

Skozi raziskano ozemlje potekajo 3 veliki prelomi. Največji je idrijski prelom, ki poteka v dinarski smeri od Idrije do Snežnika. Na naše ozemlje pride pri Kalcah, poteka po severovzhodnem pobočju Lanskega vrha, preko Jakovice, pri Lazah se spusti na Planinsko Polje, katero zapusti na jugovzhodnem vogalu, poteka vzhodno od Ivanjega sela, vzhodno od Rakeka, skozi Cerknico in se nadaljuje pod naplavino Cerkniskega polja proti jugovzhodu. Predjamski prelom poteka od Predjame do Planine v smeri zahod—vzhod, pri Planini se obrne proti jugovzhodu, pri Zelšah pride na Cerknisko polje, se nadaljuje pod naplavino Cerkniskega polja do vasi Gornje jezero na jugovzhodnem robu polja in še dalje proti loškemu polju.

Pri Kalcah blizu Logatca je v smeri zahod—vzhod logaški prelom, ki se konča ob idrijskem prelomu in je torej od njega starejši.

Ti prelomi so razkosali ozemlje v naslednje tektonske enote:

4.1. Logaška kotlina je del Idrijsko-žirovskega ozemlja in je na jugu narinjena na Logaško-bloško planoto, na jugozahodu pa meji ob idrijskem prelomu na Hrušico.

4.2. Logaško-bloška planota. Nekateri imenujejo to enoto tudi »Zahodno krilo borovniške antiklinale«, ker si od Borovnice proti Kalcam slede vedno mlajši sloji: rabeljski apnenec, glavni dolomit, spodnja, srednja in zgornja jura ter spodnja in zgornja kreda. Plasti vpadajo proti zahodu, celotna tektonska enota meji ob idrijskem prelomu na Hrušico in Rakeško-cerkniško lusko.

4.3. Planota Planinske gore, kot sestavni del Hrušice. Najstarejša plast je triadni glavni dolomit, nad katerim je celotna jura in više kreda. Plasti vpadajo proti severozahodu, v tej smeri si tudi slede vedno mlajše formacije. Hrušica je omejena na severozahodu z Idrijskim prelomom, na jugu pa je ob Predjamskem prelomu narinjena na Javorniško-postojnsko grudo. Večji del planinskega polja pripada tej tektonski enoti.

4.4. Rakeško-cerkniška luska. Dolomitno podolje z Unškim poljem in delom Cerkniškega polja je v določeni meri podaljšek Hrušice. Ker je omejeno z dvema skoro vzporednima prelomoma in zaradi izrazito podolgovate oblike, smo ga sklenili imenovati kot posebno tektonsko enoto »Rakeško-cerkniška luska«, ki meji ob idrijskem prelomu na Logaško-bloško planoto, ob Predjamskem prelomu pa je narinjena na Javorniško-postojnsko grudo. Na severozahodu je meja proti Planinskemu polju tudi morda tektonska, na jugovzhodu pa se luska izklini, ko se pod naplavino Cerkniškega polja združita idrijski in predjamski prelom.

4.5. Javorniško-postojnska gruda je zgrajena iz spodnje in zgornjekrednih sedimentov, katere pokrivajo v Postojnski kotlini eocenski peščenjaki in laporji.

5. Hidrološke razmere

Z barvanji so v zadnjih desetih letih preiskali posamezne podzemске zveze in lahko trdimo, da je hidrografska mreža poznana v zadostni meri. Za eventualna tehnična tesnilna dela pa bi bilo potrebno slediti točne smeri posameznih podzemskih odtokov.

5.1. Cerkniško polje. Glavni dotoki voda na polje so v jugovzhodnem delu polja. Vode Loškega polja dotekajo podzemsko in pridejo na dan v Obrhu. Več kraških izvirov je tudi ob vznožju Javornikov; ti odvajajo del voda Javornikov. Dotoki z Bloške planote pa so delno površinski: Lipšenjščica, Žirovniščica in Cerkniščica.

Del voda stalno odteka v izvire Bistre in Lubije, torej direktno na Ljubljansko barje. To je bilo sedaj tudi dokazano z barvanjem ponikev Retja (1957) in Rešet (1959); s tem je potrjen indirektni podatek ing. Hočevarja iz leta 1939 o odtoku voda s Cerkniškega polja v Bistrol — barvanje Loškega obrha pred Golobino. Visoke vode s Cerkniškega polja in vode Cerkniščice pa se preko ponikev Mala in Velika Karlovica pretakajo skozi Škocjansko dolino na Planinsko polje v izvire Malenščice, Škratovke in v Rakov rokav Planinske jame. Na Cerkniškem polju imamo torej zanimivo in hidrološko važno bifurkacijo. Med vrtanji leta 1951 je bil v nekaterih vrtinah na polju ugotovljen vodni tok v globini; v vrtini S-11 v globini 11 m, v vrtini S-14 pa globlje.

Situacija teh vrtin kaže na odtok proti Bistri. Važna pa je ugotovitev zato, ker dokazuje, da imamo pretoke tudi pod površino polja.

Po podatkih Vodnogospodarske osnove Ljublanice (dr. ing. Jenko) je povprečni skupni dotok na Cerkniško polje $20 \text{ m}^3/\text{sek}$. Odtok direktno na Barje naj bi bil med poplavi 15 m^3/sek , ob usihanju jezera pa

1,9 m³/sek. Po podatkih Idejnega projekta HE Planina—Verd (Elektroprojekt — ing. Valant) pa je povprečen direkten odtok iz Cerkniškega polja proti Ljubljanskemu barju $\frac{1}{3}$ dotoka na Planinsko polje, kar znaša 6,8 m³/sek.

5.2. Škocjanska dolina. Skozi Škocjansko dolino teče reka Rak. V tej dolini pride za nekaj km na dan ponornica, ki pretaka vode od ponorov Velika in Mala Karlovica v izvire na Planinskem polju. Zveza med Veliko Karlovico in izvirom Raka sicer z barvanjem ni dokazana, ker opazovanja v Škocjanu med barvanjem Velike Karlovice leta 1939 zaradi državne meje niso bila zanesljiva. Od dveh ponorov Raka je bila barvana jama Tkalca (1928) in dokazana zveza z iztokom iz Planinske jame, pri tem pa niso opazovali izvirov Malenščice in ločeno rokava Planinske jame. Vendar kljub vsemu temu ne more biti dvoma, da je Rak nadzemski tok ponornice, ki odvaja visoke vode Cerkniškega polja proti izvirom Unice na Planinskem polju. Poleg teh voda pa prejema Rak še dodatne dotoke z Javornikov (Kotel?).

5.3. Planinsko polje. Na Planinsko polje doteka Pivka iz Postojnske kotline. Pri barvanju Pivke so na Planini opazovali samo skupen iztok iz Planinske jame, vendar je verjetno, da dotekajo visoke in srednje vode po Pivškem rokavu Planinske jame, nizke vode pa pridejo tudi s postojnske strani v izvire Malenščice, na kar sklepamo po analogiji z barvanjem potočka pri Kremenici pod postojnskim kolodvorom leta 1955. V Rakov rokav in v izvire Malenščice dotekajo vode s Cerkniškega polja in del voda z Javornikov. Ob nizkih vodah potegnejo izviri Malenščice, ki so nižji, na sebe večino voda s cerkniške in postojnske strani. Zveza med Rakovim rokavom Planinske jame in med izviri Malenščice je bila dokazana z barvanjem 1950. leta.

Po vodnih količinah malo pomembni izviri pod Grčarevcem so važni zaradi svojega mehanizma. Ti izviri so aktivni samo ob močnem daljšem deževju, normalno 1 do 2-krat na leto. Ko deževje preneha, se voda v obrhkih niža in končno povsem usahne; področje je torej estavelsko. V njegovi bližini, ob Lanskem vrhu, pa je že ponorno območje.

Barvanje Hotenke v ponorih pri Hotedrščici (1953) je pokazalo, da odteka Hotenka v iste izvire na Vrhnikih in Verdu kakor vode s Planinskega in Logaškega polja, poleg tega pa se je obarval izvir »V grapi« pod Grčarevcem, tako da je dokazano, da vode Hotenke dotekajo v estavelsko območje pri Grčarevcu.

Ponore Planinskega polja pod Ivanjim selom in v Babnem dolu so večkrat barvali. Vsi ponori na Planinskem polju dovajajo vode v Močilnik in Retovje, izvire Male in Velike Ljubljani pri Vrhnikih. Lubija in Bistra pa nista bili obarvani.

5.4. Barvanje Logaščice (1951) je pokazalo, da teče Logaščica v iste izvire na Vrhnikih kakor vode s Planinskega polja.

5.5. V Hribsko vodo na Vrhnikih pa tečejo ponikle vode Rovtarice in Potoka v Petkovcu.

5.6. Da bi ugotovili globino toka ponikalnih podzemskih voda s Planinskega polja, so ponovno speleološko raziskali jamo Logarček pri Lazah in brezno Gradišnica, ki leži sredi med ponori na Planinskem polju in izviri na Vrhniku. Raziskave je izvedlo Društvo za raziskovanje jam Slovenije in v Logarčku ugotovilo, da sta sporadično vodno aktivni 2. in 3. etaža, da pa naj bi bila stalno aktivna 4. etaža, ki pa ni dostopna. Vodna gladina niha v jami med kotama 425 m in 445 m.

V breznu Gradišnica je bila ugotovljena nizka vodna gladina na koti 337 m, visoka pa na koti 390 m.

6. Rezultati raziskovalnih del na Cerkniškem polju

6.1. Z ročnim vrtanjem smo preiskali sestav in debelino nanosa na polju. Prečno na vzdolžno os polja je bilo izvrtanih 5 geoloških profilov.

V profilu I v skrajnem jugovzhodnem kotu polja je na skalnati podlagi 1 m slabo zaobljenega dolomitnega proda, nad njim dolomitni pesek, ki je delno zaglinjen, in na površini rjava trda glina.

V profilu II, ki poteka blizu vasi Otok, je prod na skalnati podlagi v severovzhodnem delu profila; nad prodom, oziroma neposredno na skali v jugozahodnem delu profila, leži do 1 m dolomitnega peska. Na površini je rjava trda glina, oziroma glinast humus. Debelina glinaste plasti je v tem jugovzhodnem delu polja 1 do 3 m, v Zadnjem kraju do 4,5 m.

Profil III prečka sredino polja. Neposredno na skalnati podlagi leži peščena plast, debela 1,5 do 2,0 m, nad njo pa je rjava trda glina in delno humus. Debelina te plasti je 1 do 2 m.

Profil IV, ki poteka preko ponorov Rešeto in Vodonos, je že pod vplivom prodnatega vršaja Cerkniščice. Na dnu je glina ali glina s prodniki, više v severovzhodnem delu prod, prod s peskom in humus, v jugozahodnem delu pa pesek in glina s prodom ter delno humus.

Profil V je blizu severozahodnega roba polja pri Dolenji vasi. Debelina kvartarnih sedimentov je tukaj največja, povprečno 7 m, maksimalno pa 15 m. Na dnu so gline in gline s prodom, nad njimi gline z dolomitnim in kremenovim peskom, še više pa delno humus in delno glina.

6.2. S strojnim vrtanjem smo raziskali petrografski in stratigrafski sestav skalnate podlage. Rezultate smo uporabili pri izdelavi geološke in tektonske karte Cerkniškega polja.

Zanimivi so podatki o zdrobljenosti kamenin, ker nam kažejo na tektonske cone. Kamenina je zdrobljena v vrtinah S-4, S-5, S-6, S-9, S-13, v vrtini S-12 so vidne tektonske drse, vrtina S-8 pa je bila vrtana skozi predjamski prelom in je jasno dokazala nariv triadnih dolomitov na kredne apnenice. V vrtini S-8 so bile ugotovljene 3 in 4 m visoke kaverne, zapolnjene z glino. Vrtini S-11 in S-14 sta zadeli na odprte podzemске razpoke, v katerih je bilo slišati pretok vode.

Vse te vrtine so situirane ob predjamskem in idrijskem prelomu, ki potekata skozi sredino polja.

6.3. V 1954. letu sta bili izvrtani dve vrtini: C-1 blizu Cerknice, C-2 pa blizu Dolenje vasi. V vrtinah so merili tudi vodopropustnost in ju karotirali po metodi navideznega specifičnega upora. V vrtini C-1 je pod 2 m debelim prodom do dna vrtine dolomit, povečini kompakten, kar dokazuje tudi visok procent dobljenih jeder (povprečno 60 %). Razpokane cone so bile v globinah 18 do 23 m in 51 do 61 m. V globini 19 m so našli 15 cm široko razpoko, napolnjeno z vodo, v globini 22 m 5 cm široko razpoko, napolnjeno z glino, in v globini 103 m 25 cm široko razpoko, napolnjeno z glino. Rezultati preizkusa vodopropustnosti pri 10 atm so v pregledni obliki naslednji:

Globina (m)	Povprečna vodopropustnost l/m/min	Opomba
3—25	2,5	
25—35	4,5	max. 5,4
35—45	2,0	
45—50	3,8	
50—100	0,4	max. 1,4
100—105	2,5	

Ti rezultati kažejo na zelo slabo propustno kamenino, ki je v zgornji coni nekoliko propustna po tanjših razpokah. Vrtina pa ni mogla zadeti na vodni horizont ali vodni tok. V tem se ne strinjam z zaključkom Mikličevega in Pleničarjevega poročila, ki sklepata na vodna horizonta v globinah 48 do 60 m in 100 do 102 m. Kamenina je v razpokah prepojena z vodo ali pa so razpoke zapolnjene z glino; električni upor se spreminja v odvisnosti od razpokanosti hribine.

Na podlagi vrednotenja vseh rezultatov, ki jih je dala ta vrtina, še ne moremo sklepati na vodne horizonte, ki naj bi bili aktivni.

Vrtina C-2 je bila globoka 102,6 m. Potekala je do globine 62,3 m skozi glavni dolomit in prišla na tej globini v kredne apnenice. Vrtina je torej križala znani predjamski prelom. Zaradi tega je kamenina tudi močnejše razpokana in delno zdrobljena. Taka zdrobljena cona je na površini dolomita od 12,5 do 30 m, dalje od 39 do 41 m, v apnencu pa od 75 do 95 m. V globini 52 m je bila registrirana 0,2 m visoka razpoka, v globini 90 m pa 0,5 m visoka razpoka, zapolnjena z glino.

Vodopropustnost so merili le od globine 25 m do 90 m zaradi zaružitve vrtine v površinski coni in na dnu. Tudi v tej vrtini so rezultati merjenja vodopropustnosti ugodni in so v mejah 2,2 do 5,3 l/m/min pri 10 atm. Tudi ta vrtina ni zadela na vodni tok ali na močno propusten vodni horizont. Vendar tega, zaradi pomanjkanja podatkov, ne moremo trditi za one odseke, v katerih vodopropustnost ni bila preiskana.

6.4. Da bi ugotovili, ali je možno slediti podzemске vodne tokove s površine, so l. 1957 poizkusno geoelektrično merili v bližini ponorov Rešeto in Vodonos. Rezultati teh meritev so naslednji:

Metoda meritve navideznega specifičnega upora ni dala nobenih rezultatov, ker ni bilo mogoče ločiti vplivov reliefa skalnatega dna od nehomogenosti v skali. Zato so preizkusili še metodo lastnega potenciala, ki pa ni uspela zaradi motenj električne železnice.

Kot tretjo so preizkusili elektromagnetno turam metodo, ki je pokazala zelo ugodne rezultate v primeru, da so podzemski kanali napolnjeni z vodo.

Kot zaključek lahko ugotovimo, da je možno reševati hidrogeološke probleme na Krasu z geofizikalnimi metodami, manjkajo le izkustva, ki pa bi jih dobili z večjimi terenskimi deli.

7. Akumulacija na Cerkniškem polju

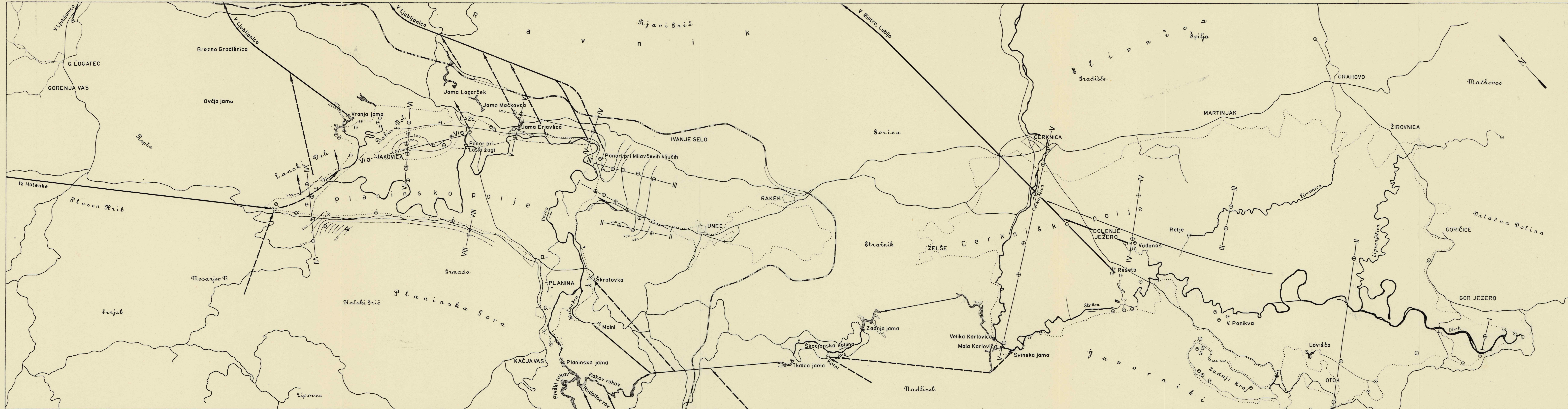
7.1. Z akumulacijo na Cerkniškem polju bi zmanjšali in skrajšali vsakoletne poplave, tako da bi bilo možno kmetijsko obdelovanje na večjih površinah in dalj časa v letu. Poleg tega bi ustvarili pomožni akumulacijski bazen za elektrarno Planina—Verd.

Akumulacijski bazen je bil predviden v dobi raziskav 1951 do 1953 na Gornjem jezeru.

7.2. Geolog dr. M. Pleničar v svojem poročilu (1953) odsvetuje gradnjo jezua na črtah Žirovnica—Otok, Lipsenj—Otok, Goričica—Otok. Po njegovem mnenju bi jez potekal čez združeni idrijsko-predjamski prelom; v vrtini S-4 je bil zdrobljen in zasigan material do globine 30,8 m. Nanosa je le 3 m in je pretežno propusten — peščena glina in pesek. Voda bi uhajala po kraških kanalih ob prelomu pod jezo, delno neposredno v Lubijo in Bistvo. Poleg tega pa bi voda uhajala po sistemu prelomov skozi Zadnji kraj in skozi Obrhe na jugozahodnem robu polja, ki so v zvezi med seboj, v zvezi z estavelami v Zadnjem kraju in verjetno tudi s ponornimi sistemi Ponikve, Rešeto in Lovišča. Po Pleničarju ni mogoče ustvariti na Cerkniškem polju večjega akumulacijskega bazena brez dragih investicijskih del, in sicer več kilometrov dolgih injekcijskih zaves in brez izoliranja obrhov na jugozahodnem robu polja.

7.3. Dr. F. Jenko predvideva na južnem delu polja akumulacijski bazen z izgradnjo nasipa Otok—Žirovniščica. Bazen bi obsegal Gornje jezero in Zadnji kraj. Ta bazen naj bi za nekaj tednov dušil poplave na Cerkniškem polju. Po Jenkovem mnenju ne bi izvedli dragih injekcijskih del, ker ni zahteve po veliki vododržnosti bazena. Akumulacijski bazen imenuje zato zadrževalnik ali poplavlник.

7.4. Vododržen akumulacijski bazen. Glavni dotoki voda na polje so v južnem delu polja, kjer dotekajo vode z Loškega polja in z Blok. V južni tretjini polja se začno pojavljati že tudi ponori pri vasi Otok in v Zadnjem kraju. Reka Stržen, ki teče od izvornega področja na jugu proti največjim ponorom v severozahodnem delu polja, je v času suše že na samem polju ponorna, nekje je njena struga povsem suha, na nekaterih odsekih pa je v strugi tekoča voda. Poleg tega je bilo v nekaterih strojnih vrtinah slišati v globini šumenje vode. Vse to nam dokazuje, da imamo pod površino Cerkniškega polja podzemске pretoke, in to do-



HIDROLOŠKA KARTA CERKNIŠKEGA IN PLANINSKEGA POLJA HYDROLOGIC MAP OF CERKNJŠKO AND PLANINSKO POLJE

IZDELAL M. BREZNIK
BY M. BREZNIK

500 0 1000 2000 m

- Rob kraškega polja
Margin of the polje floor
- Hidroizohipsa za 8. VII. 1957 - sušna perioda
Water - table contour for 8th of July 1957 - Dry season
- Meja aktivnih ponorov na Planinskem polju
Limit of active ponors in Planinsko polje
- Nadzemski vodni tok
Surface stream
- Planis kraške jame z vodnim tokom
Plan of karst cave with subterranean river
- Planis suhe kraške jame
Plan of dry karst cave
- Kraška jama - vhod
Karst cave - entrance
- Ponor - Swallow hole
- Kraški izvir
Karst spring
- Estavola
Estavelle
- Izvir
Spring
- Podzemski vodni tok - direktno ugotovljen z barvanjem
Underground water stream - directly established by coloring
- Podzemski vodni tok - indirektno ugotovljen z barvanjem
Underground water stream - indirectly established by coloring
- Predpostavljena smer podzemnega vodnega toka
Presumed direction of underground stream
- Strajna vrtna
Drill hole
- Profil
Section

Breznik: Akumulaciji na Cerknjškem in Planinskem polju

kazano od vasi Otok proti severu, verjetno pa omejeno število še od samega izvornega področja.

Kljub temu, da pokriva dno Cerkniškega polja peščeno glinasta, v glavnem nepropustna usedlina, ne moremo računati na nepropustnost bazena s tem, da bi pregrado uvezali v to površinsko glinasto plast. Izkušnje namreč kažejo, da globinski tokovi izpodjedajo in odnašajo glinasto plast od spodaj, nakar se površinski del glinaste plasti vdre in nastane grez. Na Cerkniškem polju nastajajo grezi v zaledju ponornega sistema Vodonos in drugod, na Planinskem polju pod Lazami in pred Lanskim vrhom. V akumulacijskem bazenu pa bi bil ta pojav še intenzivnejši zaradi teže vodnih plasti in povečanega gradienta pri pretoku podzemskih voda. Take neugodne izkušnje so imeli v zadnjem času pri akumulaciji Deckersberg v Nemčiji.

Zatesnitev akumulacijskega bazena je možna samo z injekcijsko zaveso, ki bo segala dovolj globoko pod pregrado in prerezala globinske tokove. Poleg tega bi morala biti zavesa podaljšana v skrasele boke bazena, v našem primeru proti Javornikom. Izgradnja take zavesa je tehnično možna, kar sta na našem Krasu v zadnjem času dokazali akumulaciji Peruča na Cetini in Krupac na Nikšičkem polju.

7.5. Akumulacijski bazen za skrajšanje poplav. Gospodarska funkcija takšnega bazena je manjša, zato ne prenese visokih gradbenih stroškov in tudi zahteve po vododržnosti niso ostre.

Pocenitev gradnje takšnega bazena lahko dosežemo samo s pocenitvijo tesnilnih del, ker se gradnja nasipa ne da poceniti. Pocenitev tesnilnih del pa lahko dosežemo s tem, da računamo z delno tesnilno funkcijo peščene glinaste naplavine, katero bi po ojezeritvi popravljali tako, da bi nove ponore mašili, ali pa injicirali podzemne kanale, ki bi odvajali vode novih ponorov. Vsa ta sanacijska dela bi bila možna, ker bi bil bazen več mesecev na leto suh in ne bi nastajala gospodarska škoda, kakor pri bazenih hidroelektrarn, kjer izpade v takih primerih produkcija električne energije. Vsekakor bi pa tudi pri takem načinu tesnitve bilo potrebno z injiciranjem tesniti skraseli rob bazena ob Javornikih.

Za lociranje tesnilnega nasipa po polju in injekcijske zavesa ob Javornikih so potrebna dodatna raziskovalna dela. Predvsem bi bilo potrebno z geofizikalnimi metodami ugotoviti globino skalnate podlage in potek podzemskih kanalov, ob Javornikih pa s piezometri potek in gibanje podzemne vode.

7.6. Odtok vode s Cerkniškega polja proti Bistri in Lubiji. Če bi ta odtok preprečili in vode privedli na Planinsko polje, bi se močno povečala ekonomičnost hidroelektrarne Planina—Verd, saj znašajo te vode vsaj $\frac{1}{4}$ voda, ki dotekajo na Planinsko polje. Z barvanjem Rešet in Vodonosa je bilo dokazano, da te vode prebijejo dolomitno bariero, ki sicer zadržuje vode Raka in Pivke na takšni višini, da tečejo kot Unica po površini Planinskega polja.

Ker pa je dolomit mnogo manj topljiv kakor apnenec, se vode tu ne pretakajo na široki fronti, ampak po nekaterih kanalih, izoblikovanih ob prečnih prelomih, ki sečejo dolomitni pas. Takšni prečni prelomi so

vidni severno od Cerknice. Vrtini C-1 in C-2 blizu Dolenje vasi sta bili vrtani povečini v kompaktnih dolomitih in nista zadeli na podzemске kanale.

Za lociranje tesnilnih del je treba s površine odkriti potek podzemskih kanalov, kar je važna naloga geofizike. Poizkusna merjenja z elektromagnetno metodo so že dala prve pozitivne rezultate.

Te kanale je možno zatesniti z injiciranjem. Po možnosti naj bi bila ta injekcijska zavesa samo ob geofizikalno dokazanih podzemskih kanalih, kar bi jo znatno pocenilo.

Strinjam se z mnenjem dr. F. Jenka, da bi bila ta zavesa situirana na območju Dolenje vasi in Cerknice, na kar kažejo tudi grezi v zaledju Vodonosa, medtem ko tesnitev z glinastim nabojem v 100 m globoki zaseki tehnično ne bi bila izvedljiva.

8. Rezultati raziskovalnih del na Planinskem polju

8.1. Ročno so v letih 1950 in 1951 izvrtali 147 vrtin, skupne dolžine 513,69 m. Ker so bile vrtine vrtane do skalne podlage, so podale že tudi povprečno debelino naplavine na polju: 3,5 m. Naplavina je povečini glina, srednje do težko gnetna, le nad skalnato podlago se nahaja na nekaterih mestih tanjša plast peščenih glin, v katerih so ponekod tudi drobci dolomita. Debelina naplavine je minimalna ob vhodu v Babni dol, kjer je skala razgaljena, maksimalna — 24,40 m — pa pri vrtini S-5, ki je na mestu zaplavljenе vrtače.

8.2. V letih 1950 in 1951 so izvrtali 14 strojnih vrtin skupne dolžine 664,56 m. Večina teh vrtin, katerih globina je bila od 30,2 m do 60,4 m, je bila situirana na dnu polja, ostale pa na bregovih neposredno nad poljem.

S strojnimi vrtinami je bila preiskana petrografska sestava skalnate podlage in po teh podatkih dopolnjena geološka karta polja. V vrtini S-1 sta bili v apnencu votlini, zapolnjeni z rjavo ilovico, od 16,0 do 18,5 m in od 27,3 do 30,7 m, v vrtini S-3 pa votlina v dolomitu tudi zapolnjena z ilovico v globini 12,6 do 16,0 m. Ti vrtini sta v dotočnem območju polja pod Planino. Z vrtino S-3 je bil tudi dokazan nariv triadnega dolomita na kredni apnenec. Vrtina S-5, na polju pred Jakovico, je zadela v dolomitu na vrtačo, zapolnjeno z glino. V nekaterih vrtinah je bila merjena vodopropustnost. Ugodni rezultati vodopropustnosti so v vrtinah S-8, S-9 ter S-10 in S-13 v globljih delih. V vrtinah S-8 in S-9 pri vhodu v Babni dol je povprečna vdp. 21 l/m/min pri 5 atm in samo v dveh odsekih 9 l/m/min. Vrtini S-10 in S-13 sta močno propustni v zgornjih 20 m, globlje pa malo propustni — povprečno 3,5 l/m/min pri 5 atm. V ostalih vrtinah je vodopropustnost velika, v večini primerov zaradi slabega tesnenja obturatorjev v hrapavi steni vrtin.

V nekaterih ročnih in strojnih vrtinah so v letih 1951 in 1952 opazovali gladino podtalnice; žal opazovanje ni bilo kontinuirano. V večini opazovanih vrtin je podtalnica malo nihala, do okrog 3 m pod površino polja. Le v 3 vrtinah pod Grčarevcem se je spustila podtalnica pod 7 m pod polje,

kar je dokaz za dreniranje tega območja v zaledje Lanskega vrha (podzemna Hotenka).

8.3. Hidrogeološki profili I, II in III. V piezometriških vrtinah v teh profilih smo opazovali višino in nihanje kraške podzemne vode. Vse vrtine smo tudi geološko obdelali in merili v njih vodopropustnost.

Profili I, II in III so situirani na jugovzhodnem robu polja, med Unškim in Planinskim poljem. Potekajo v dinarski smeri in so delno vzporedni s cesto Planina—Unec.

V profilu II, ca. 250 m jugozahodno od ceste Planina—Unec, smo izvrtali tri vrtine: V-7, V-8 in V-9. Po geološki sestavi so si vse tri vrtine podobne, v vseh nastopa triadni dolomit in le malo triadnega apnenca. Dolomit je, kot krhka kamenina, zaradi tektonskih procesov močno razpokan in delno, predvsem v vrtini V-9, zdrobljen; zato imamo pri vrtanju vtis o dolomitnem pesku. V vrtini V-8 smo zadeli na tri večje kaverne, zapolnjene z glino, in sicer v globinah 44,1 do 46,6 m, 53,3 do 57,3 m in 61,0 do 71,0 m. Meritve vodopropustnosti so pokazale ugodne rezultate v vrtini V-7 do globine 55 m in v vrtini V-9 od 20 m do 80 m. V teh odsekih je povprečna vodopropustnost 2 l/m/min pri 10 atm. V spodnjem delu vrtine V-7 od 60 m do 90 m, v vsej vrtini V-8 in v vrtini V-9 v odseku 60 m do 66 m je vodopropustnost velika, povprečno 20 l/m/min. Koliko gre del teh velikih propustnosti na račun slabega tesnjenja obturatorjev v hrapavih stenah vrtin, ni bilo možno ugotoviti.

Gladino podzemne vode smo opazovali od junija 1955 do junija 1958. Maksimalni in minimalni vodostaji so podani v 1. tabeli:

1. tabela

Vrtina	Vodostaj (m)	
	maksimalni	minimalni
V-7	469,6	456,9
V-8	471,5	456,3
V-9	509,5	476,0

V profilu I ob cesti Planina—Unec je šest vrtin: V-1 do V-6. Geološka zgradba je v profilu bolj komplicirana, ker je situiran ob prelomu, ki poteka vzdolž ceste Planina—Unec. Vrtine V-1 do V-3 so bile izvrtane v jurskih dolomitih, dolomitiziranih apnencih in apnencih. Kamenine so razpokane in delno zdrobljene; sestava se najbolj spreminja v vrtini V-3. Manjše kaverne z glino smo ugotovili v vrtini V-1 v odseku 11,3 m do 16,3 m, v vrtini V-2 v odseku 4,5 m do 17,5 m, večjo z glino zapolnjeno kaverno pa v globini 23,65 do 24,65 m. V vrtini V-3 so manjše kaverne zapolnjene z glino v globinah 31,4 do 31,55 m, 32,7 do 33,5 m in 56,1 do

56,3 m, s peskom zapolnjene pa v globinah 71,5 do 72,0 m, 76,5 do 76,8 m, 77,0 do 77,15 m, 78,0 do 78,3 m in 80,2 do 80,4 m. Meritve vodopropustnosti v vrtini V-1 niso uspele, v vrtini V-2 se je v večini odsekov izgubljala voda brez pritiska, v vrtini V-3 pa je meritev uspela, povprečna propustnost je 4 l/m/min. Vrtine V-4 do V-6, situirane bliže vasi Unec, so bile vrtane v triadnih dolomitih, ki so razpokani in delno zdrobljeni. V vrtini V-4 je bila v globini 7,7 do 11,4 m kaverna, zapolnjena z ilovico in s kosi apnenca, v globini 51,0 do 53,0 m pa kaverna, zapolnjena s peskom. V vrtinah V-5 in V-6 ni bilo opaziti kavern. Meritve vodopropustnosti so pokazale v vrtini V-4 v polovici odsekov povprečno vodopropustnost 5 l/m/min, v drugi polovici pa se je vsa voda izgubljala že pri nižjem pritisku. V vrtini V-5 je bila merjena vodopropustnost samo v spodnjem delu, kjer je povprečno 3 l/m/min. V zgornjem delu vrtine V-5 in skoraj v vsej vrtini V-6 meritev ni uspela, ker obturator ni tesnil. Iz vrtine V-6 je samo ena meritev — 1,8 l/m/min.

Gladine podzemne vode smo opazovali od konca 1954. leta do sredine 1958. Maksimalni vodostaji so podani v 2. tabeli.

2. tabela

Vrtina	Vodostaj (m)	
	maksimalni	minimalni
V-1	448,5	441,6
V-2	454,0	442,8
V-3	448,7	440,5
V-4	458,0	447,5
V-5	475,7	455,4
V-6	492,7	473,2

Profil III je v tem delu najvzhodnejši, od ceste Planina—Unec je oddaljen 500 do 700 m. Vrtini V-10 in V-11 sta bili vrtani v jurskem dolomitu, ki je delno razpokan in le malo zdrobljen. Tudi kavern nismo opazili. Registrirana je bila le kaverna v vrtini V-11 v globini 86,5 do 87,0 m. V vrtinah V-12 in V-13 je bil triadni dolomit delno kompakten, delno razpokan in delno zdrobljen. V vrtini V-2 je bila kaverna, zapolnjena z dolomitno preperino, v globini 81,0 do 83,2 m, v vrtini V-13 pa največja, s težko gnetno lapornato glino zapolnjena kaverna v globini 42,2 do 67,25 m.

Meritve vodopropustnosti so v glavnem uspele, ker je kamenina kompaktnjša. Povprečna vodopropustnost je 15 do 20 l/m/min.

Gladino podzemne vode smo merili od sredine leta 1955 do sredine 1958. leta. Maksimalne in minimalne višine so podane v 3. tabeli.

3. tabela

Vrtina	Vodostaj (m)	
	maksimalni	minimalni
V-10	444,6	428,5
V-11	458,9	453,3
V-12	468,7	455,6
V-13	478,7	470,1

8.4. Hidrogeološka profila IV in V sta na severovzhodnem robu polja med Ivanjim selom in Lazami. Namen teh dveh profilov je bil, določiti znižanje piezometričnega nivoja na ponornem območju Milavčevi ključi—Laze.

V profilu IV, blizu Ivanjega sela, je samo vrtina V-32. Vrtina je v krednih apnencih in dolomitiziranih apnencih. Apnenci so kompaktni, razpokani in delno zdrobljeni; večjih kavern nismo našli. Meritve vodopropustnosti so pokazale povprečno 22 l/m/min, maksimalno 41,9 l/m/min izgub vode.

Najvišji vodostaj je bil 443,5 m, najnižji pa 426,5 m.

Profil V smo vrtali ob podzemski jami Erjavščica, delno z namenom, da bi lahko s površine merili vodne gladine v tej jami tudi ob poplavih. Vse vrtine so v krednih apnencih. V vrtini V-30 je bilo mnogo manjših kavern v odseku 25,0 do 40,0 m, v vrtini V-31 so manjše kavernozne cone v raznih globinah; velika z vodo napolnjena kaverna pa je na dnu vrtine v globini 7,4 m do 90,5 m.

Vodopropustnost je v vrtini V-30 do globine 15,0 m majhna — 2,36 l/m/min pri 10 atm, velika do 19,3 l/m/min v srednjem intervalu 15,0 do 35,0 m in zopet manjša — 6,8 do 0,68 l/m/min — na dnu vrtine. V vrtini V-31 nam kaže poizkus vodopropustnosti vse značilnosti kraškega terena, menjavanje kavernoznih con z veliko propustnostjo s skoraj vododržnimi sloji. Rezultati so podani v 4. tabeli.

4. tabela

Odsek (m)	Pritisk (atm)	Vodopropustnost (l/m/min)	Opomba
3,4—20,0	10	11,6 —31,0	vododržen sloj
20,0—30,0	10	0,29— 0,9	
30,0—54,5	10	7,5 —26,4	
54,5—60,5	10	0,34	vododržen sloj
60,5—65,5	5	25,0	odtok brez pritiska v kaverno
65,5—70,0	0	29,0	
70,4—90,5		kaverna	

Nihanja gladine so podana v 5. tabeli.

5. tabela

Vrtina	Vodostaj (m)	
	maksimalni	minimalni
V-29	446,0	441,0
V-30	446,0	436,0
V-31	441,0	429,0

8.4. Na območju Jakovice sta bila izvrtana profila VI in VI a. Vrtine V-16 do V-22 in V-25 so v triadnih dolomitih, ki so različno razpokani v odvisnosti od bližine tektonskih ploskev. Na kaverno je zadela vrtina V-19 v globini 8,1 do 8,7 m. V ostalih vrtinah smo zadeli na posamezne kavernozone cone, v katerih so manjše kaverne zapolnjene z ilovico in dolomitnim gruščem ali pa so razpoke kavernasto razširjene. Take cone so v posameznih vrtinah v naslednjih globinah: V-20 17 do 22 m, V-21 17 do 23 m in 38 do 40 m, V-22 44 do 46 m. Meritve vodopropustnosti so pokazale zelo različne rezultate. Povprečje slabo propustnih odsekov je 2 l/m/min, maksimalne propustnosti so pa 22 l/m/min. V mnogih odsekih vodopropustnost ni bila preiskana zaradi porušenosti dolomita.

Vrtini V-23 in V-24 sta že na drugi strani Jakovice v Babnem dolu. Obe sta v krednih apnencih, v katerih nismo zadeli na kaverne. Meritve so uspele, povprečna vodopropustnost je 18 l/m/min.

Nihanje gladin podzemске vode je podano v 6. tabeli.

6. tabela

Vrtina	Vodostaj (m)	
	maksimalni	minimalni
V-16	447	445
V-17	452	447
V-18	486	466
V-19	470	451
V-20	450	445
V-21	362	455
V-22	455	453
V-23	448	441
V-24	443	436

8.5. Profil VII v Grčarevcu. V tem profilu so na pobočju Planinske gore vrtine V-14, V-15, V-26 in V-27, na dnu polja stara vrtina S-11 in na pobočju Lanskega vrha vrtina V-28. Vse vrtine so v triadnem glavnem dolomitu, ki je bolj ali manj razpokan, sorazmerno bližini tektonskih črt.

V vrtini V-14 je kavernožna cona, s peščeno preperino zapolnjenimi kavernami, v globini 28,85 do 30,00 m, kavernasto razširjene razpoke pa v globini 35,0 do 38,9 m. V vrtini V-15 kavern niso opazili, v vrtini V-23 je kavernožna cona v globini 34,3 do 37,8 m, v globinah 10,8 do 12,0 m, 80,15 do 83,0 m in 84,3 do 87,3 m pa so v dolomitu majhne kaverne (1 do 5 cm). Tudi v vrtini V-27 je več takih manjših kavernožnih con. V vrtini V-28 je kavernožna cona v dolomitiziranem apnencu v globini 15,0 do 18,7 m, v vrtini S-11 pa so zabeležili z glino zapolnjeno kaverno v globini 5,5 do 6,2 m.

Podatke o vodopropustnosti kaže 7. tabela.

7. tabela

Vrtina	Odsek (m)	Vodopropustnost(l/m/min)		Opomba
		od	do	
V-26	4—13	10,2	10,9	v tej globini niha podtalnica
	13—23	0,4	2,0	
	23—28	24,0	24,0	
	28—33	4,4	4,4	
	33—48	24,0	24,7	
	48—58	0,3	10,0	
	58—90	14,0	24,0	
	90—129	0,5	3,4	
	129—134	16,0	16,0	
	134—137	3,6	3,6	
V-27	8—13	3,5	3,5	samo 4 atm samo 5 atm
	13—18	22,0	22,0	
	18—33	3,9	7,6	
	33—48	12,2	22,7	
	48—62	8,5	13,7	
	62—68	1,4	1,4	
	68—83	5,6	14,5	
	83—93	2,4	2,5	
	93—108	5,8	7,3	
	108—124	2,5	6,6	

7. tabela — nadaljevanje

Vrtina	Odsek (m)	Vodopropustnost(l/m/min)		Opomba
		od	do	
V-14	5—20	6,2	15,8	
	20—47	15,5	26,8	
V-15	9—54	0,0	4,6	
	54—59	22,0	22,0	
	59—64	0,9	0,9	
	64—74	21,5	24,0	
	74—79	1,2	1,2	
	79—94	18,8	24,0	
S-11	6—32	5,0	9,0	
V-28	6—20	7,4	8,8	
	20—30	14,6	24,0	
	30—50	0,7	5,4	
	50—80	16,9	21,0	

Nihanje gladin podzemne vode je podano v 8. tabeli.

8. tabela

Vrtina	Vodostaj (m)	
	maksimalni	minimalni
V-15	475	457
V-26	455	448
V-14	452	437
V-11	442	436
V-28	442	430

8.6. Profil VIII je na pobočju Planinske gore med Podgoro in Spodnjo Planino. Obe vrtini V-33 in V-34 sta v triadnem glavnem dolomitu, ki je v zgornjem delu vrtine V-34 zdrobljen. Večjih kavern nismo našli, samo posamezne manjše kavernozne cone v dolomitu. Vodopropustnost je v vrtini V-33 velika — 18,8 do 38,0 l/m/min in samo v dveh odsekih 2,0

do 6,7 l/m/min. V vrtini V-34 je manjša, povprečno 6 l/m/min, maksimalno 14,3 l/m/min, minimalno 2,8 l/m/min.

Gladine podzemske vode so podane v 9. tabeli.

9. tabela

Vrtina	Vodostaj (m)	
	maksimalni	minimalni
V-33	450	449
V-34	468	456

2.7. Geofizikalna merjenja. V dnu polja je bila v vrtini S-5 leta 1951 odkrita 25 m globoka vrtača, zapolnjena z glino. Za cenitev vododržnosti dna polja je ugotovitev starih zasutih ponorov izredno važna. Ker je skalnata površina polja v grobem ravna ali rahlo valovita, bi take zasute ponore lahko posredno našli s tem, da bi točno izmerili relief skalnate površine polja. Poizkusili smo z meritvami navideznega specifičnega upora. Prvi profil je bil merjen preko vrtače na mestu vrtine S-5. Meritev navideznega upora je pokazala izrazit vpliv vrtače, podatki so bili kontrolirani še z ročnimi vrtinami. Po tem uspehu je bila kartirana vsa površina polja, 10 km², z vzporednimi profili v medsebojni razdalji povprečno 50 m. Profili so bili pravokotni na daljšo os polja. Za hitro in detajlno preiskavo je bilo izbrano kartiranje z Wennerjevo razvrstitvijo elektrod v razmaku $a = 10$ m. Na štirih mestih večjih anomalij so bila še detajlna merjenja, ki so pokazala na teh mestih večjo globino naplavine.

Za interpretacijo meritev smo uporabili teoretično dvočlasto krivuljo, rezultate pa smo kontrolirali še s 170 ročnimi vrtinami in meritvami upora pri teh vrtinah. Največje srednje nesoglasje med vrtinami in geoelektričnim merjenjem je ± 20 %.

Debelina naplavine je dobro ugotovljena na ravnem terenu, na valovitem pa nesigurno. Debelina gline je večja od 8 m na severovzhodnem robu polja od Milavčevih ključev do Laz, na obrobju polja pod Lazami in v Babnem dolu; v bližini vseh teh mest so aktivni ponori. Poleg tega je velika debelina glin pred Jakovico pri vходу v Babni dol in na mestu vrtine S-5. Na teh mestih pa aktivnih ponorov sedaj ni, sklepamo pa na zasute ponore.

V Babnem dolu smo izračunali zaloge zemljine pod koto 450 m, ki znašajo 4,100.000 m³. Seveda pa vsa ta zemljina ni uporabna kot gradbeni material.

V manjšem obsegu so geofiziki poizkušali ugotavljati podzemske vodotoke, in sicer med ponorom pri Laški žagi in bliže ponorom pri Lazah. Metoda navideznega specifičnega upora ni dala zanesljivih rezultatov, metoda lastnega potenciala pa ni uspela zaradi bližine električne železnice.

Jasne rezultate je dala elektromagnetna konduktivna metoda, s katero bi bilo treba nadaljevati raziskave.

8.8. Speleološke raziskave. V jami Logarček pri Planini je bilo ugotovljeno, da se občasno voda pretaka po drugi in tretji etaži. Stalno pa se mora pretakati po četrti etaži. Ta etaža ni dostopna, z njo so v jami v zvezi vode v breznih in lijakih. Ob nizki vodi je gladina v breznih na koti okrog 425 m, ob visoki vodi pa je jama zalita do kote okrog 445 m.

Skozi brezno Gradišnica ne teče pomemben vodni tok, vendar nam jama rabi kot piezometer za bližnje vodne tokove. Ob nizki vodi je gladina na koti 337 m, ob visoki pa na okrog 390 m.

9. Akumulacija na Planinskem polju

Planinsko polje naj bi bilo osrednja akumulacija pri izrabi voda Ljubljanske. Namen akumulacije je, preprečiti poplave na Ljubljanskem barju ter sezonsko akumulirati vode za proizvodnjo električne energije v kritičnih mesecih in za sezonsko ojačenje pretokov Save zaradi plovbe do Zagreba.

Da bi ocenili možnost izgradnje akumulacije na Planinskem polju, moramo odgovoriti na naslednja vprašanja:

9.1 Kako bo vplivala zajezev na dotoke voda na polje?

9.2. Kakšna je vododržnost bokov polja?

9.3. Kakšna je vododržnost dna polja?

9.4. Kakšne so geološke prednosti in slabosti posameznih načinov tesnitve ponornih območij, in sicer za nasip, površinsko tesnitev in injekcijsko zaveso.

9.1. Najvažnejši dotok voda na polje je v njegovem jugozahodnem kotu, kjer dotekajo postojnske in cerkniške vode iz Planinske jame na koti okrog 450 m in kot Malenščica na koti 447 m. Kot dotok so malo pomembni estavelski izviri Hotenke pod Grčarevcem na koti okrog 445 m.

Projekt predvideva zajezev do kote 470 m ali 480 m. Ali bo pritisk akumulirane vode usmeril sedanje dotoke na polje drugam, mimo polja? Na to vprašanje moremo odgovoriti negativno, Unica bo tudi še po zajezev dotekala na polje.

Vpliv zajezev Planinskega polja ne bo segal v bližini Planine daleč v podzemlje. V Škocjanski dolini so ponori Raka v jami Tkalca na koti 492 m, tako da vpliv zajezev ne bo segal do tja. V Rakovem rokavu Planinske jame je končni sifon na koti 468 m, zajezev bo torej segala nekoliko dalje. Proti postojnski strani bo segala zajezev do jame Pivka, ki je zadnja v sklopu Postojnskih jam, in je v višini 477 m.

Kakor smo že prej omenili, dotekajo glavne vode na Planinsko polje iz skraselih krednih apnencev v skrajnem jugozahodnem robu polja. Apnenci so ločeni z dolomiti vznožja Planinske gore in Planinsko-cerkniške luske od skraselih krednih in jurskih apnencev na severovzhodnem robu

Planinskega polja. Ti dolomiti niso po vsej svoji dolžini absolutno vododržna bariera, tudi na njih so lokalno razviti kraški pojavi. Zato smo ta dolomitni pas preiskali s hidrogeološkimi profili I, II in III tam, kjer bi se voda izgubljala po najkrajši poti, med Kačjimi ridami in Ivanjim selom. Preiskave so pokazale, da so dolomiti različno razpokani in zdobljeni: kot celota pa so tako malo propustni, da je tudi v sušni periodi v tem delu nivo podzemske vode visok in se dvigne na koto nad 480 m. Zato sklepamo, da bodo dolomiti vododržna bariera po ojezeritvi. Nivo podzemske vode se dviga tudi na Planinski gori, na vznožju katere imamo tudi več stalnih izvirov. Vode Pivke bodo tekle tudi po dvigu gladine proti Planinski jami, ker so proti severu zajezone z dolomitnim vznožjem Planinske gore.

Geološka zgradba in preiskave nam dokazujejo, da se režim dotoka na polje iz cerkniške in postojnske strani ne bo spremenil tudi po zaježitvi Planinskega polja na koto 470 m ali 480 m.

Na skrajnem severozahodnem robu polja, pri Grčarevcu, nam hidrološke razmere niso toliko znane. Tukaj doteka ob daljših deževjih iz estavel Hotenka na koti okrog 445 m. Ob suši pa pade v tem delu gladina podzemskih voda (S-11, V-28) pod 435 m, torej 10 do 15 m pod polje. V tem času torej ni vidnega dotoka Hotenke na polje, verjetno pa je, da teče v suši Hotenka v manjši globini pod poljem proti ponorom ob vznožju Lanskega vrha. Bolj važno kakor vprašanje, ali bodo vode Hotenke po zaježitvi še dotekale na Planinsko polje, je vprašanje, ali se vode iz Planinskega polja ne bodo izgubljale v podzemni tok Hotenke, ki morda že pred Planinskim poljem zavije proti Logatcu. Barvanje Hotenke leta 1953 je pokazalo, da je obarvana voda tudi pri nizki vodi prišla v izvir »V grapi« pod Grčarevcem. Iz tega podatka sklepamo, da teče tudi ob suši podzemni tok Hotenke pod Grčarevcem in se šele na Planinskem polju, pri ponorih ob Lanskem vrhu, obrne proti severu. Ta podatek je ugoden pri presoji možnosti izgubljanja vode iz Planinske akumulacije. Vendar pa je zaenkrat ta del še premalo raziskan, da bi izključili vsako možnost izgub vode iz akumulacije v podzemni tok Hotenke.

9.2. Vododržnost bokov Planinskega polja. Jugovzhodni del polja — rob proti Unškemu polju. V tem delu so bili raziskani profili I do III. Večji del tega obrobja je iz triadnega glavnega dolomita, ki je v različni meri razpokan ali zdobljen. V tem dolomitu se gladine podzemske vode dvigajo dokaj strmo proti Unškemu polju (2. slika) in dokazujejo majhno propustnost tega boka Planinskega polja. Skrajni vzhodni del tega obrobja pa je zgrajen iz jurskih dolomitov in apnencev, ki so dokaj propustni. V tem delu pade gladina podzemske vode v sušni dobi že 10 do 15 m pod površino polja, kar je znak, da vode odtekajo proti ponorom na vzhodu.

Severovzhodno obrobje polja med Ivanjim selom in Lazami je iz skraselih krednih apnencev. Na tem delu je ob vznožju pobočja okrog 80 ponorov, ki požirajo okrog 15 m³/sek. in je treba ves ta del umetno tesniti.

Profila IV in V sta nam pokazala, da je v mokri dobi gladina podzemske vode v vrtini V-31, ki je 250 m oddaljena od roba polja, 8 m pod

površino polja, v sušni dobi pa 17 m; to so važni podatki za primer tesnitve z injekcijsko zaveso.

Jakovica. Hrib Jakovica sega kakor nekakšen polotok v polje, ki ga loči od Babnega dola, kjer so veliki ponori: Vražja jama, Pod stenami in drugi. Zato naj bi se Babni dol izločil iz akumulacije Planinsko polje s tem, da bi Jakovico povezali z eno pregrado v smeri preko Laz s pobočjem pod železniško postajo Planina, z drugo pregrado pa z Lanskim vrhom. Iz teh razlogov Babnega dola nismo preiskovali, pač pa Jakovico.

Večji del Jakovice je iz triadnih dolomitov, manjši, proti Babnemu dolu obrnjen, pa iz krednih apnencev. Profila V in VI a sta pokazala različno razpokanost in zdobljenost kamenin, v zvezi z njo pa različno vodopropustnost.

Meritve gladin podzemske vode nam kažejo, da ima Jakovica svojo podtalnico, ki je vedno višja od površine Planinskega polja in je v mokri dobi v najvišjih delih do 25 m nad poljem, v suši pa do 15 m nad poljem. Hidroizohipse imajo obliko kope, podzemska voda se odteka na vse strani Jakovice, proti Planinskemu polju in proti Babnemu dolu. Ta dejstva, in še to, da smo pri vrtanju zadeli samo na manjšo kaverno, nam kažejo, da Jakovica ni ponorno območje, ampak izoliran slabo propusten del v sicer skraselem in močno propustnem severovzhodnem robu polja. Tudi po dvigu gladine bodo na Jakovici potrebna le manjša tesnilna dela; verjetno ne bo nujna zvezna injekcijska zavesa.

Grčarevec in Lanski vrh. Vse neposredno obrobje polja je iz triadnega glavnega dolomita. V njegovem zaledju so ob Lanskem vrhu jurski apnenci, v Grčarevcu pa jurski dolomiti in apnenci. Ob Lanskem vrhu je več velikih ponorov, pod Grčarevcem pa so estavele.

Vrtina V-28 na Lanskem vrhu je pokazala, da je dolomit dokaj razpokan, kar je razumljivo zaradi bližine idrijskega preloma.

Gladina podzemske vode se v Planinski gori dviga nad površino polja, proti severu pa se v Lanskem vrhu spušča pod njo in je v vrtini V-28 normalno na nadmorski višini 434 m.

Vse področje Lanskega vrha bo treba umetno tesniti. Kakšne so nevarnosti izgubljanja vode v tok podzemske Hotenke v smeri proti Kalcam, in potem mimo Logatca proti izvirom Ljubljani, na osnovi dosedanjih raziskav še ni možno oceniti, obravnavali pa smo to vprašanje podrobneje v točki 9.1.

Pobočje Planinske gore. To jugozahodno obrobje polja je iz triadnih dolomitov. Nivo podzemne vode se dviga v smeri od polja proti hribu. Na vznožju gore je več stalnih izvirov, med njimi najbolj znan Sv. Jedert.

Ob Planinski gori ni ponorov. To obrobje polja je vododržno, tako da umetno tesnenje ni potrebno.

9.3. Dno polja. Pri oceni, ali je možna izgradnja akumulacije na Planinskem polju, je odločilne važnosti vododržnost dna polja.

Prva važna ugotovitev je, da je za vode Raka in Pivke Planinsko polje lokalna erozijska baza in da ne obstaja globinski vodni tok pod površino polja, v katerem bi se voda pretakala iz izvirnega področja neposredno v ponorno področje.

Dokaz za to trditev sta podzemska dotoka Raka in Pivke, ki se proti polju stopnjasto spuščata do površine polja. Tudi hidroizohipse se na jugozahodu in jugovzhodu dvigajo od površine polja proti Planinski gori in Unškemu polju. Na samem polju je bila z merjenji v letih 1951 in 1952 ugotovljena gladina podzemske vode med površino polja in skalnato podlago polja. Na severovzhodnem robu polja pa se spuščajo ponikalnice, ki odvajajo vode tamkajšnjih ponorov pod nivo polja, šele pod obrobim gričevjem. Tudi gladine podzemske vode se spuščajo pod nivo polja šele, ko se od polja oddaljujemo. Take hidrološke razmere so dokaz, da je Planinsko polje lokalna erozijska baza.

Na površini polja so sedaj aktivna naslednja ponorna področja:

a) severovzhodni rob polja od Ivanjega vrha do Laz, kjer je skalnata podlaga iz krednega in jurskega apnenca,

b) ponor pri Laški žagi pod Lazami v triadnem dolomitu,

c) ponori v Babnem dolu v krednih apnencih; vse to območje bo s pregrado izločeno iz akumulacije,

č) ponori na severnem delu polja ob Lanskem polju v triadnem dolomitu; to ponorno območje se širi v smeri proti sredini polja s tem, da se odpirajo novi ponori v glinasti naplavini polja.

Vsa ta ponorna območja, katerih površina je, brez Babnega dola, okrog 5 % dna polja, je treba umetno sanirati.

Z izjemo omenjenih ponornih delov polja lahko ocenimo dno polja, ki je iz slabo propustnega dolomita in pokrito s praktično nepropustno glinasto naplavino, kot vododržno. Pri tej trditvi pa moramo biti previdni.

Na kraških poljih je znan pojav, da se odpirajo novi ponori na dnu polj od spodaj navzgor, s tem da se glinasta površinska plast pogrezne v votlino, iz katere je voda že prej odplaknila globlje plasti gline.

Dr. Melik meni, da so naša kraška polja sedaj v neki vmesni razvojni dobi. Konec diluvija naj bi dalj časa trajajoča ali stalna jezera zapolnila z jezerskimi usedlinami, predvsem z glino, ponore v dnu polj. S tem naj bi bilo zakrasevanje za nekaj časa zaustavljeno. V sedanosti pa se ti zasuti ponori zopet odpirajo in polja dobivajo polagoma svojo tipično kraško obliko.

Po Kuščerjevem mnenju pa je zapiranje in odpiranje ponorov stalen pojav. Vejeve, hlodi in listje zaprejo na zoženem mestu podzemski kanal, ob poplavih glina zapre ponorno ustje. S časom lesen »zamašek« strohni in ko voda dobi zvezo s podzemnim kanalom, izpodjeda glinast čep in od spodaj zopet odpre ponor.

Za raziskavo vododržnosti dna polja je bilo važno ugotoviti, kje so nekdaj ponori, ki so sedaj pokriti z glinasto naplavino. Za ugotovitev starih ponorov smo uporabili indirektno metodo. Sklepali smo, da so bili ponori globeli v dokaj ravni skalnati površini, in ker je sedaj polje z glinasto naplavino izravnano, mora biti debelina naplavine nad starimi ponori večja.

Površino polja in debelino naplavin smo preiskali z že omenjenim geoelektričnim kartiranjem.

Poleg že znanih aktivnih ponornih območij z debelo glinasto naplavino je geoelektrično kartiranje pokazalo veliko debelino gline pred Jakovico ob vhodu v Babni dol in na mestu stare vrtine S-5. Na mestu vrtine S-5 je, v sicer okrog 6 m debeli glinasti naplavini, 25 m globok lijak enake širine zapolnjen z glino. Taka oblika je lahko samo star ponor, pri katerem se je zamašil odvodni kanal, nakar je glina zaplavila ponor.

V oddaljenosti 200 m sta pred Jakovico ob vhodu v Babni dol dve območji z večjo debelino glinaste naplavine, maksimalno 18,6 m. Tudi ta del, ki predstavlja 0,5 % površine dna polja, je staro, danes neaktivno ponorno območje.

Ostali, osrednji del polja, in vse polje ob Planinski gori, nima globlje naplavine; zato lahko trdimo, da tod ni starih zasutih ponorov.

Površina skalnate osnove polja pada od Planinske gore na jugozahodu proti ponorom na severovzhodu.

9.4. Primerjava geoloških pogojev posameznih variant tesnitve.

Tesnitev z nasipi. Takšno tesnitev je predvidel Elektroprojekt v svojem elaboratu.

Ponorno območje Milavčevi ključi—Laze bi odrezali od polja s pregrado od Jakovice do jugovzhodnega roba polja, z drugo pregrado od pobočja Planinske gore pa naj bi izločili iz akumulacije Babni dol, Lanski vrh in Grčarevec.

Z geološkega gledišča je taka rešitev najugodnejša, ker odreže vsa ponorna področja. Pri tej varianti bi bilo treba tesniti ponor Laška žaga, ki je znotraj akumulacije in uvezati pregrade z injekcijskimi zavesami v boke.

Ako bi bili pod naplavino stari zasuti ponori, ki bi se v akumulaciji odprli, bi jih bilo treba kasneje tesniti, ali že takoj prerezati njihove odvodne kanale.

Pregrado Laze—jugovzhodni rob polja bi bilo treba situirati tako, da bi bila na dolomitu. Pri pregradi Jakovica—Planinska gora moramo računati z usedanji pregrade na mestu velike debeline gline ob Jakovici pri vhodu v Babni dol.

Tesnitev z oblogo. Takšno rešitev je predvidel Projekt nizke zgradbe v Vodnogospodarski osnovi porečja Ljubljane.

Ponorna področja in propustne bregove naj bi pokrili z glinasto oblogo. Izgraditi je treba pregradi Jakovica—Laze in Jakovica—Lanski vrh.

Zatesnitev ponornih območij na robu polja zahteva, da ta del polja očistimo glinaste naplavine in saniramo ponore z izdelavo filtra tako, da jih založimo z grobim kamenjem ali betonskimi čepi, višje gori s prodrom in peskom, in šele na vrhu z glino. Tesnitev ponorov brez odstranitve glinaste naplavine ni možna, ker bi lahko nastajali grezi, ko bi voda odnesla glino z dna v zasute ponore.

Površine, katere bi bilo treba tako sanirati, so velike predvsem pod Lazami in pred Lanskim vrhom.

Površinsko bi bilo treba tesniti vse pobočje od Laz do Ivanjega sela. Pobočja Jakovice v prvi fazi ne bi tesnili, pobočje Lanskega vrha bi bilo

treba tesniti samo delno. Vprašanje tesnitve estavelskega območja še ni zadovoljivo rešeno.

Tesnitev z injekcijsko zaveso. Injekcijska zavesa bi potekala po pobočju od Ivanjega sela do Jakovice in od druge strani Jakovice do Grčarevca. Potrebni bi bili pregradi Jakovica—Laze in Jakovica—Lanski vrh. Potek injekcijske zavesa še ni povsem jasen pri Grčarevcu.

Globina zavesa bi morala biti okrog 100 m. Ob suši pade nivo podzemne vode v trasi zavesa na koto okrog 430 m. Ker so ob tem času vodne količine, katere se pretakajo, majhne, ne morejo biti vodni kanali mnogo globlji, ker bi se nivo vode sicer še bolj znižal. Predvidevamo, da bi segala zavesa do kote 390 m, kar pa bi bilo treba dokazati s preiskavami.

Zavesa bi prečkala velike podzemne kanale, katere bi bilo treba zapirati s prodrom, peskom in injekcijsko zmesjo. Težave so v tem, da je treba za vrtino zadeti vsak podzemni kanal, kar zahteva gosto razporeditev vrtin.

Za obstojnost injekcijske zavesa je neugodno dejstvo, da z injiciranjem ne moremo nadomestiti gline, ki eventualno zapira kak podzemni kanal ali razpoko. Zaradi tega bo morala biti injekcijska zavesa široka, večvrstna.

10. Dodatne raziskave

Nekatere raziskave so splošne, druge pa so vezane na določeno tehnično rešitev tesnitve.

10.1. Splošne raziskave. Z različnimi geofizikalnimi metodami bi bilo treba raziskati možnost ugotavljanja podzemnih tokov na Krasu v splošnem in potem na Planinskem polju, in sicer za aktivne vodne kanale in take, ki so sedaj zamašeni; Laška žaga—Mišja Luknja, vrtina S-5 — vhod v Babni dol in druge.

Razjasniti bi bilo treba hidrološke razmere podzemske Hotenke v zaljedju Grčarevca.

10.2. Tesnitev z nasipi. Določitev meje med dolomitom in apnencem od Jakovice do Milavčevih ključev.

Geomehanske raziskave glin pri vходу v Babni dol, da ugotovimo pogoje fundacije in usedanja nasipa.

Raziskava pobočij na mestih, kjer bodo uvezani nasipi zaradi ugotovitve potrebnih injekcijskih del.

10.3. Tesnitev z oblogo. Določiti je potrebno točnejšo mejo delujočih in zasutih ponorov na polju, da ugotovimo površino, na kateri bodo potrebna sanacijska dela.

10.4. Tesnitev z injekcijsko zaveso. Preiskati je potrebno propustnost globljih plasti v trasi injekcijske zavesa, da določimo potrebno globino injiciranja.

Poizkus geofizikalnega sledenja podzemnih kanalov pod pobočjem, še preko trase injekcijske zavesa.

Hidrološka raziskava okolice Ivanjega sela, zaradi uvezave zavesa v slabo propustne triadne dolomite.

11. Zaključek

11.1. Cerkniško polje ni lokalna erozijska baza za okoliške vode. Tudi pod površino vsaj $\frac{2}{3}$ polja so še globinski podzemni tokovi, katerih globino cenimo do 30 m.

Izgradnja akumulacije na Cerkniškem polju je možna samo na ta način, da z injekcijskimi zavesami pod nasipi prerežemo podzemne vodne kanale in podaljšamo injekcijsko zaveso še v jugozahodni bok polja v Javornike.

Izgradnja manjše akumulacije na Gornjem jezeru brez injekcijske zavesa pod nasipi ter z naknadnim saniranjem novo nastalih ponorov bi bila morda cenejša. Nemogoče pa je predvideti obseg sanacijskih del.

Na Cerkniškem polju je dokazana podzemnonadzemna bifurkacija odtoka voda proti Bistri in Planinskemu polju.

Možno bi bilo z injekcijsko zaveso na področju Dolenja vas—Cerknica preprečiti neposreden odtok v Bistro in Lubijo. Ni še dovolj preiskav, da bi mogli določiti situacijo in globino take zavesa.

11.2. Planinsko polje je lokalna erozijska baza za vode Raka in Pivke. Ni nikakih znakov, da bi obstojal podzemni tok pod poljem.

Tudi po zaježitvi bodo vode Raka in Pivke še nadalje dotekale na Planinsko polje. Triadni dolomiti med Planino in Cerknico so, po preiskavah sodeč, dovolj vododržni, da bodo preprečili izgubljanje vode mimo polja.

Na obrobju polja ob Planinski gori in ob Unškem polju ne bo vodnih izgub. Tudi Jakovica je zelo malo propustna. Severovzhodno obrobje polja od Milavčevih ključev do Laz ter od Jakovice do Grčarevca pa je močno propustno.

Velik del dna polja je vododržen. Ponorni deli polja so pred gori omejenimi propustnimi pobočji. Novo neaktivno ponorno območje je bilo odkrito pred Jakovico pri vhodu v Babni dol, s katerim je moral biti v zvezi tudi zasut ponor pri vrtini S-5.

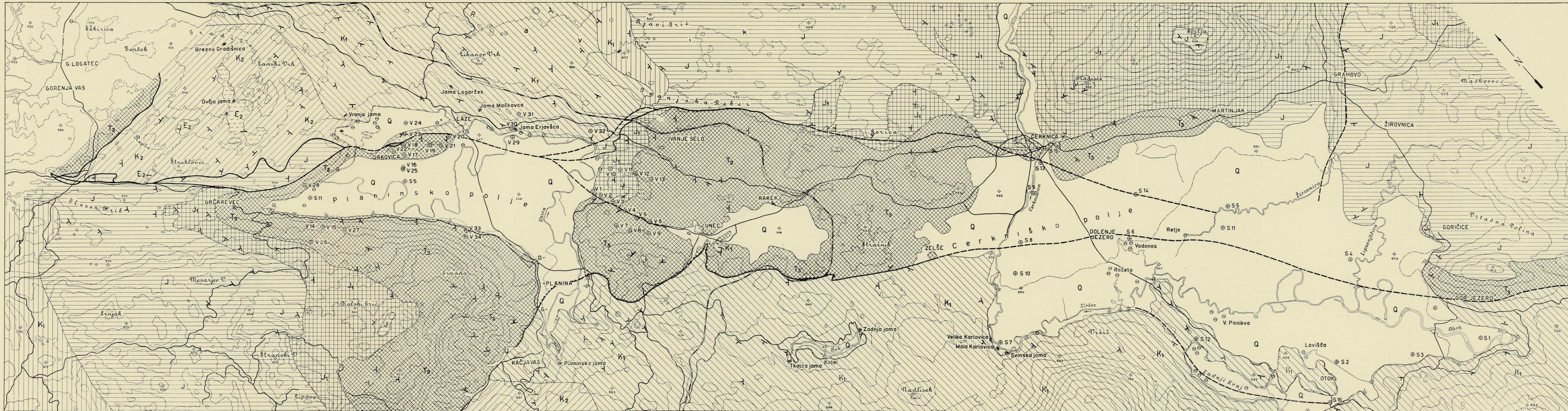
Izgradnja akumulacije na Planinskem polju je možna s tem, da tesnimo ali izločimo ponorna območja na severovzhodnem delu polja.

WATER ACCUMULATION IN THE CERKNICA AND PLANINA POLJEN

Earlier studies

The Cerknica and Planina poljen were subjects of investigations centuries ago (Valvasor). The periodical lake of the Cerknica polje was particularly interesting.

During the last century a draining of both poljen has been designed. Engineer Putick, a well-known expert in Karst, took active part in these studies.



**GEOLOŠKA KARTA
CERKNIŠKEGA IN PLANINSKEGA POLJA
GEOLOGIC MAP
OF CERKNIŠKO AND PLANINSKO POLJE**

IZDELALA M. PLENIČAR, A. NOSAN
BY M. PLENIČAR, AND A. NOSAN

500 0 1000 2000 m

- | | | |
|--|----|--|
| | Q | Kvartar - glina, pesek, prod
Quaternary - clay, sand and gravel |
| | E2 | Eocenski fliš
Eocene flysch |
| | K2 | Zgornje kredni apnenec
Upper Cretaceous limestone |
| | K1 | Spodnje kredni apnenec z vložki zrnatega dolomita
Lower Cretaceous limestone with granular dolomite intercalations |
| | J | Spodnje kredni zrnati dolomit z vložki apnenca
Lower Cretaceous granular dolomite with limestone intercalations |
| | J1 | Jurski jedrat in ooliten apnenec
Jurassic granular and oolitic limestone |
| | J2 | Spodnje jurski bituminosen zrnati dolomit
Lower Jurassic bituminous granular dolomite |
| | T3 | Zgornje triadni pasovit dolomit z vložki zrnatega dolomita
Upper Triassic banded dolomite with granular dolomite intercalations |
| | | Geološka meja
Geologic boundary |
| | | Prelom
Fault |
| | | Nariv
Overthrust |
| | | Smer in vpod plasti
Strike and dip of beds |
| | | Kraški izvir
Karst spring |
| | | Estavela
Estavelle |
| | | Ponor
Swallow hole |
| | | Kraška jama
Karst cave |
| | | Strojna vrtnina
Drill hole |

As early as fifty years ago the first plans were made to use the considerable head of water between the Planina polje and Vrhnika (150 m.), or even between the Planina polje and Vipava (350 m.).

During the first phase of the geologic investigations (1949—1952) the flat alluvium and the bedrock of the Cerknica and Planina poljen were explored. During the second phase hydrogeologic conditions were determined in the hilly area surrounding the Planina polje. The thickness of the alluvium in the polje's floor was established by means of geoelectrical resistivity investigations.

Morphology

The Cerknica polje is a basin-shaped valley 550 m above sea level. It is 9 km. long and 2—3 km. wide. The Karstic sources in its southeastern part represent the main inflow of water. On its northeastern border superficial water flows into it also. All water flows out underground of this polje. Smaller or larger ponors (swallow holes) occur in its bottom (Rešeto, Vodonos). A characteristic property of the Cerknica polje are its annual inundations, during a few months. During the inundation water flows off also through the Karstic cave Karlovica lying on the northern border of the polje.

The Planina polje is 4,6 km. long and 1—2,5 km. wide. The altitude of its bottom is 447 m. above sea level. The inflows into the polje are concentrated in its southwestern part near the village Planina, while ponors can be found along its whole northeastern margin (Milavčevi ključi, Babni dol). This area is inundated a short time only.

Stratigraphic and Petrographic Description

Triassic. The oldest rock here is the Upper Triassic dolomite which is partly banded, partly granular.

Jurassic. In the lower part of the Jurassic occurs granular bituminous dolomite, overlain by limestone.

Cretaceous. In the whole Cretaceous formation the limestone predominates, inclusions of dolomite appear in the Lower Cretaceous only.

Eocene. The Postojna basin consists of Flysch sandstone and marl.

Quaternary. The floor of the poljen is covered with alluvium consisting of gravel, sand, and clay.

Tectonics

Three large faults extend through the region here discussed. The largest fault is that of Idria, the smallest being the one of Logatec. A very large fault is also that of Predjama. The following tectonic units occur in this Karst region: the Logatec basin, the Plateaus of Logatec and Bloke, the Plateau of the Planina mountain, the imbricate structure of Rakek—Cerknica, and the horst mountain of Javornik—Postojna.

Hydrologic Conditions

In the area described the hydrologic conditions are very complicated (see map). They have been studied of many years. To delineate the courses of underground water the most important colourings of water have been made during the last ten years.

In the Cerknica polje the main inflow of water is the Karstic spring Obrh. The other springs occur under the Javorniki mountains and along the Plateau of Bloke. When the flood is low or medium, the water flows out of the polje through underground channels directly towards the Ljubljana Moor; if the flood is high, the water flows partly underground through the valley of Škocjan in the direction of the Planina polje. This is an important bifurcation. By drilling an underground water flow has been ascertained at a depth of more than 10 m.

In the Planina polje the underground inflows from the direction of Postojna and Cerknica unite in the Planina cave and in the Malenščica and Škratovka springs. There are estavellas at Grčarevec where during the high flood the Hotenka river flows into the polje. All ponors occur in the northeastern border of the polje. The water flows out underground to reappear in the springs of the Ljubljana river near the Vrhnika borough.

Results of the Research Work in the Cerknica Polje

The floor of the Cerknica polje is covered with 3—10 m. of Quaternary alluvium. In the southeastern inflow area we find over the bedrock 1—2 m. of gravel and sand, which is overlain by clay of the same thickness. In the northwestern part, where the water disappears under the ground, there is on the bedrock a clay cover which is 2—7 m. thick, and this is overlain by gravel, carried by the Cerkniščica river. During the dry seasons the piezometric level of underground water descends to a depth of 20—30 m. below the polje bottom.

Geophysical measurements were made to establish underground water channels. Electrical resistivity and self-potential methods did not show conclusive result, electromagnetic methods, however, were successful.

Accumulation in the Cerknica Polje

The artificial water accumulation in this polje could be carried out by tightening up the water channels under the bottom of the polje as well as at the foot of the Javorniki mountains. By means of an injected impervious screen we could also close the outflow of water towards Bistra.

Results of the Research Work in the Planina Polje

The floor of this polje is covered with clay whose average thickness is 3.5 m. In its southwestern part this clay is underlain by gravel, 1 m. thick.

Geoelectric resistivity measurements have shown the thickness of the clay stratum to be small in the inflow area as well as in the central part

of the polje. The thickness of the clay stratum is greater in that part of the polje where active and dead ponors occur; in the northeastern part it increases to more than 8 m., maximum thickness that could be established being 24 m. It has been possible to find the ponor areas by geoelectrical investigations. A new area of dead ponors has been found at the entrance into Babni dol, in front of Jakovica.

It is an important result of our investigations, regarding the origin of Karst poljen, that the bedrock of Planina polje is inclined. Sediments forming the floor of the polje were laid down in periodic or permanent lakes.

During the drilling a succession of pervious and impervious zones in bedrock could be ascertained. Characteristic results have been obtained in the bore hole V-31, which is situated in the outflow area close to the Karst cave Erjavščica:

Depth (m)	Permeability (l/m/min)		
0.0 — 20.0	11.6 — 31.0	pervious rock	Water level
20.0 — 30.0	0.3 — 0.9	impervious rock	fluctuates
30.0 — 54.5	7.5 — 26.4	pervious rock	from 61 to
54.5 — 60.5	0.3	impervious rock	77 m.
60.5 — 70.4	30.0	pervious rock	
70.4 — 90.5		a cavern	

These data proved that in Karst regions the water flows in underground channels.

During three years the water level has been observed in 35 piezometric wells. Piezometric contours (Fig. 2) rise above the polje surface in its southern and southwestern surrounding areas, which proves that there is the inflow area. Piezometric contours descend below the polje level in its northeastern and northern adjacent areas, where ponors occur. The altitude of the bottom of the polje is 447 m above sea level, the underground water descends here to 442 m. In the inflow area the underground water level reaches 490 m., in the outflow area it sinks to 386—370 m.

Accumulation in the Planina Polje

The water level of the new artificial lake is designed up to 470 or 480 m. above sea level. Even after damming of the water, the underground inflow will be continued. The high piezometric levels in the southern border area of the polje indicate that the dolomites of the Rakek—Cerknica imbricate structure are slightly pervious only, and they will stop the Rak river from flowing towards the ponor area, bypassing the accumulation. The high water level under the bottom of the polje 442—446 m. shows that there no water courses exist.

No water will be lost out of the accumulation in the southwestern and southern border of the polje. Jakovica too is only slightly permeable.

All the northern and northeastern border of this polje, however, is karstified and strongly permeable.

The bottom of the polje is for the most part impervious, but its northern and northeastern part are karstified and permeable.

The plan of a water accumulation in the Planina polje is feasible in the following three manners:

1. By damming of the ponor area, to keep apart ponors from the impermeable parts of the polje. This is geologically the most suitable solution, but it decreases, however, the volume of the water accumulation.

2. By filling up the ponors and by paving the karstified slopes. For such a solution it is necessary at first to remove the clay cover from the ponor areas and then to build filters.

3. By cutting off the karstified northeastern and northern slopes of the polje. This solution is, however, problematic, since the open fissures only can be filled up. Clay which has already been sedimented in some fissures cannot be replaced. Because of this danger the grouting curtain would be rather broad.

LITERATURA

- Čadež, N., 1952, Barvanje in opazovanje Logaščice. Geog. vest. 1952.
Društvo za raziskavanje jam Slovenije, 1958, Elaborat o preiskavi jam Logarčka in Gradišnice. Ljubljana.
Elektroprojekt, 1953, Hidroelektrarna Planina—Verd, Idejni projekt, Podatki o predhodnih delih, Ljubljana.
Geološki zavod, Ljubljana. Tipkana poročila:
Breznik, M., Planinsko polje, Hidrogeološki profil I med Planinskim in Unškim poljem, 25. 5. 1955.
Breznik, M., Planinsko polje, Hidrogeološka profila II. in III., med Planinskim in Unškim poljem, 10. 4. 1956.
Breznik, M., Planinsko polje, Pregled raziskav v letih 1954—1956, predlog nadaljnjih raziskav, 17. 4. 1956.
Breznik, M., Akumulacija na Planinskem polju, 14. 3. 1958.
Breznik, M., Fabjančič, M., Planinsko polje, Hidrogeološki profili VI, VIa in VII, 1956.
Breznik, M., Žlebnik, L., Nosan, T., Moretti, F., Planinsko polje, Poročilo o hidrogeoloških razmerah, Grafične priloge, 15. 9. 1957.
Kuščer, D., Geološko poročilo k projektu akumulacije na Planinskem polju, 29. 9. 1952.
Kuščer, D., Kratko geološko poročilo k projektu HE Planina, 13. 6. 1953.
Kuščer, D., Geološko poročilo k idejnemu projektu HE Planina, 26. 12. 1953.
Nosan, T., Geologija Planinskega polja in njegove širše okolice, 26. 6. 1957.
Nosan, T., Poročilo k hidrogeološki karti Planinskega polja s širšo okolico, 3. 8. 1957.
Nosan, T., Moretti, F., Iskra, M., Doič, J., Planinsko polje, Profili vrtin V-14 do V-34, 15. 9. 1957.
Pleničar, M., Profili ročnih in strojnih vrtin na Planinskem polju, 1950, 1951.
Pleničar, M., Poročilo o geološkem kartiranju Cerkniškega polja, 19. 12. 1950.
Pleničar, M., O geologiji Cerkniškega polja, 21. 11. 1951.
Pleničar, M., O geologiji Cerkniškega polja, 23. 6. 1953.

Pleničar, M., Miklič, F., Predhodno poročilo o raziskovalnih delih na Cerkniskem polju v letu 1954, 19. 11. 1954.

Pleničar, M., Kerčmar, D., Osnovna geološka karta FLRJ, Cerknica, Laze, 1959.

Ravnik, D., Geoelektrične meritve na Planinskem polju 1955—1956, 15. 8. 1957.

Ravnik, D., Poizkusne geoelektrične meritve na Cerkniskem polju 1957, 10. 5. 1958.

Glavna uprava za vodno gospodarstvo LRS. Tipkano poročilo:

Čadež, N., Poročilo o barvanju v Rakovem rokavu Malograjske jame v avgustu 1950, 7. 8. 1951.

Hidrometeorološki zavod LRS. Tipkani poročili:

Čadež, N., Barvanje Retja na Cerkniskem polju l. 1957, april 1958.

Čadež, N., Poročilo o barvanju Rešet leta 1959, septembra 1959.

Jenko, F., 1959, Hidrogeologija in vodno gospodarstvo Krasa, DZS Ljubljana.

Komite vlade LRS za vodno gospodarstvo, tipkano poročilo:

Čadež, N., Poročilo o dosedanjih geoloških raziskovanjih na Planinskem polju, 8. 2. 1951.

Melik, A., 1928, Pliocensko porečje Ljubljanice, Geog. vestnik 1928, Ljubljana.

Melik, A., 1955, Kraška polja Slovenije v pleistocenu, SAZU, Ljubljana.

Pleničar, M., 1953, Prispevek h geologiji Cerkniskega polja, Geologija, 1, Ljubljana.

Projekt nizke zgradbe, Ljubljana, 1954. Vodnogospodarska osnova porečja Ljubljanice, tipkana elaborata:

Čadež, N., Geologija Planinskega polja in okolice.

Jenko, F., Splošno, hidrogeologija in hidrologija.

Šerko, A., 1946, Barvanje ponikalnic v Sloveniji, Geogr. vest., Ljubljana.

Šerko, A., 1949, Kotlina Škocjan pri Rakeku, Geogr. vest. 1948/49, Ljubljana.

Šerko, A., 1951, Ljubljanica, Geološki in kraški opis, Geogr. vest. XXIII, Ljubljana.

Šerko, A., Michler, I., 1952, Postojnska jama in druge zanimivosti Krasa, Ljubljana.

Zavod za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije, Beograd. Tipkano poročilo:

Georgievski, P., Prethodni izveštaj o probi elektromagnetskih metoda u otkrivanju podzemnih kanala (veza) između ponora u karsnom terenu Cerkniskog polja i Planinskog polja u Sloveniji, 20. 6. 1957.