

HIDROGEOLOŠKI PROBLEMI V ZVEZI Z EPIGENETSKO DOLINO DRAVE V MARIBORU

Ljubo Žlebnik

Z 2 kartama v prilogi

1. Uvod

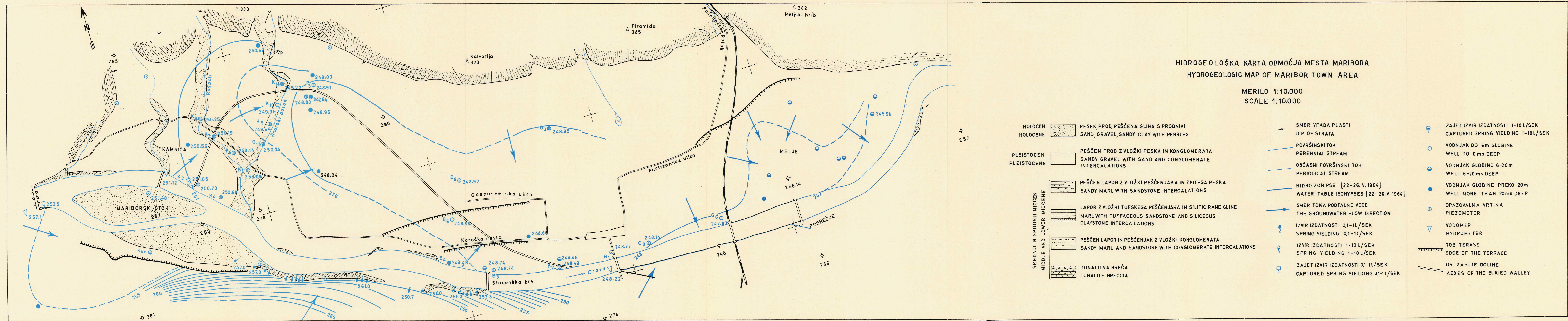
Reke, ki tečejo po širokih, s prodom zasutih dolinah, si pogosto vrežejo strugo v hribinsko osnovo. V bližini nove struge je njihova stara, s prodom zasuta struga. V dolini Save je znana epigenetska dolina v Mostah pri Žirovnici, v dolini Soče pa pri Solkanu. Manj znana je epigenetska dolina v Mariboru, kjer si je Drava na odseku med Kamnico in Studensko brvjo vrezala novo strugo v lapor, stara zasuta struga pa poteka neposredno pod obronki Slovenskih goric. Približno v osi stare zasute struge v Kamnici je vodnjak mestnega vodovoda.

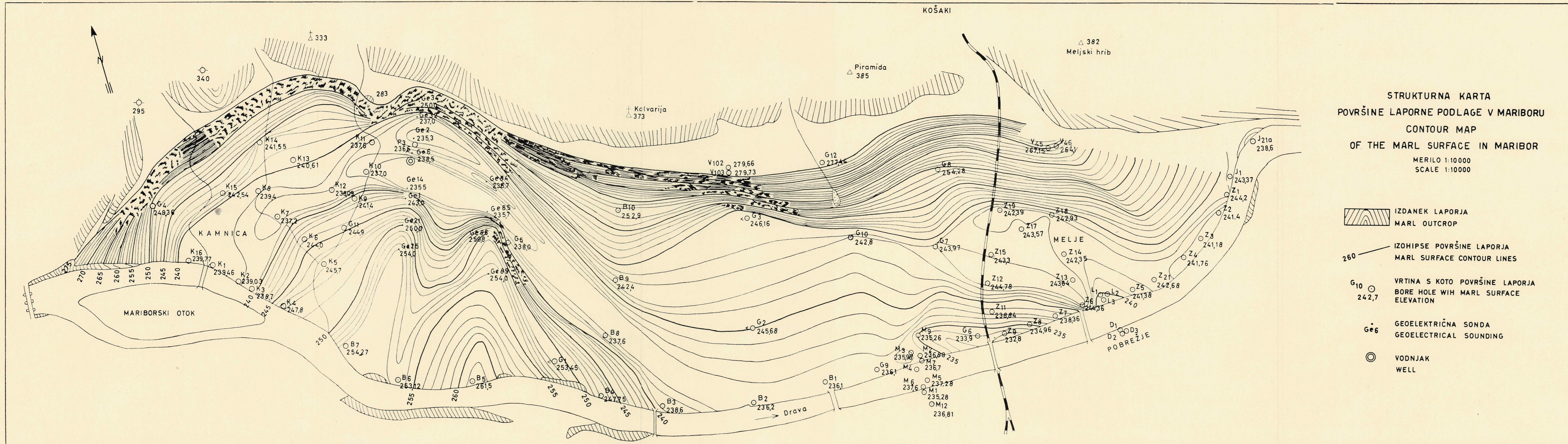
V letih 1956 do 1959 so okolico tega vodnjaka geološko in geofizikalno raziskali z namenom, da bi ugotovili hidrogeološke razmere na širšem območju zajetja. Ugotovili so, da je nepropustna laporna podlaga prodnega nanosa v neposredni okolici vodnjaka na koti 236 m, medtem ko je statična gladina podtalne vode na koti 250 m. Debelina vodonosne plasti je 14 m. Stara zasuta dravska struga je na tem mestu široka okrog 500 m. Poizkusno črpanje v vodnjaku je pokazalo, da je vrednost koeficienta propustnosti $k \ 8.10^{-1}$ cm/sek. Tedanja raziskovalna dela so bila omejena le na območje zajetja, niso pa raziskali celotne zasute struge, po kateri se preceja podtalna voda od vtoka pri Mariborskem otoku proti vodnjaku v Kamnici. Že tedaj je geolog Takšič izrazil mišljenje, da poteka stara dravska struga pod prodno teraso na levem bregu od Mariborskega otoka proti Melju.

2. Pregleden geološki opis

Ravninsko območje na levem in desnem bregu Drave med Mariborskim otokom in Meljem sestavljajo prodne in peščene kvartarne naplavine. Le-te so razčlenjene v več teras, ki se v stopnjah spuščajo od hribovja proti Dravi.

Najvišja terasa je dobro ohranjena v Kamnici in v središču mesta severno od Gosposvetske in Partizanske ulice. Prav tako je lepo ohranjena na celotnem desnem bregu Drave. Površina terase je na nadmorski višini približno 280 m in pada v smeri proti Melju. Pod najvišjo teraso sta na levem bregu ohranjeni še dve nižji terasi.





Pri Mariborskem otoku in v Melju je razvita nizka holocenska terasa, ki se dviga le nekaj metrov nad rečno gladino. Holocenski nanos je zelo tanek.

Nad terasami na levem bregu Drave se dviga gričevje, ki ga sestavljajo terciarne plasti.

Od Kamnice do Kalvarije nastopa temno siv trd peščen lapor z vložki peščenjaka in konglomerata. Pri kmetijski šoli na vznožju Kalvarije in v vrtinah B₄ in B₆ na levem dravskem bregu sta pod laporjem tonalitna breča in tonalit. Stratigrafska uvrstitev temno sivega trdega laporja ni zanesljiva, verjetno pripada spodnjemu miocenu.

Izdanki temno sivega peščenega laporja z vložki konglomerata se pojavljajo tudi na levem in desnem bregu Drave.

Prvi izdanek sega od elektrarne na Mariborskem otoku približno 500 m daleč proti mostu prek Drave. Lapor tu potone pod kvartarne naplavine in se ponovno pojavi na površini okrog 800 m nizvodno od mostu. Od tod pa vse do vrtine B₄ so nižji deli levega dravskega brega sestavljeni iz laporja, na njem pa leži tanka plast proda. Pri Studenški brvi lapor potone pod prodni nanos in pride na površino šele na vznožju Meljskega hriba.

Na desnem dravskem bregu so izdanki temno sivega peščenega laporja okrog 450 m nizvodno od roba otoka. Od tod vse do Studenške brvi sestavlja nižje dele strmega dravskega brega peščen lapor, na njem pa leži prod visoke pleistocenske terase. Na kontaktu laporja in proda izvirajo številni studenci, po katerih je verjetno dobil ime ta del Maribora.

Južna pobočja Kalvarije in Piramide sestavlja lapor z vložki diagenetsko sprijete gline in tufita. Te plasti leže na temno sivem peščenem laporju in pripadajo tortonu.

Še mlajši, srednetortonški, je siv lapor z vložki peščenjaka in peska na severnem pobočju Kalvarije in Piramide ter na Meljskem hribu.

Terciarne plasti so povečini položno nagnjene ter sestavljajo plitve sinklinale in antiklinale. Na območju Kamnice in Studencev zasledimo plitvo sinklinalo, katere os poteka približno v smeri sever—jug. Območje med Studenško brvjo in Kalvarijo ter Meljskim hribom je rahlo antiklinalno vzbočeno. Jedro antiklinale sestavlja tonalitna breča. Antiklinala je kupolasto vzbočena in je verjetno lokalnega značaja.

Osi sinklinalnih in antiklinalnih struktur potekajo približno v smeri sever—jug, plasti pa so nagnjene proti zahodu in severozahodu ter proti vzhodu in severovzhodu.

3. Pregleden hidrogeološki opis

Za hidrogeologijo obravnavanega ozemlja sta pomembni dve vrsti kamenin, in sicer propustni pleistocenski prod in pesek ter nepropustni terciarni lapor, peščen lapor, peščenjak, diagenetsko sprijeta glina ter konglomerat.

Propustni pleistocenski peščeni prod sestavlja pleistocenske terase na levem in desnem bregu Drave. Sejalne analize proda in peska iz vrtin

v Kamnici so pokazale, da je odstotek melja, ki predvsem zmanjšuje njegovo propustnost, zelo različen.

Prod iz vrtin K_1 , K_2 , K_3 in K_4 , ki so bile izvrtane neposredno na dravskem bregu, vsebuje skoraj vedno nekaj melja, do 18 %. Nasprotno pa prod iz vrtin K_8 , K_9 , K_{10} in K_{11} , oddaljenih od brega 350 do 850 m, ne vsebuje melja. Zadnje štiri vrtnine so približno v osi stare zasute dravske struge. Prav tako prod iz vrtin B_8 in B_9 ne vsebuje melja. Prod iz vrtin K_4 , K_5 , K_6 na obrobju zasute dravske struge vsebuje 7 do 12 % melja.

Propustnost pleistocenskega peščenega proda je bila ugotovljena s poizkusnim črpanjem iz vodnjaka v Kamnici. Vrednost koeficienta propustnosti k je 0,8 cm/sek.

Izračun koeficienta propustnosti iz presejnih krivulj je znatno manj točen, kot poizkusno črpanje, vendar je uporaben za medsebojno primerjavo. Pri našem izračunu smo uporabili Hazenovo enačbo.

$$k = 1,16 \cdot d_{10}^2 \text{ cm/sek}$$

Izračunani koeficient propustnosti proda iz vrtin K_8 , K_9 , K_{10} in K_{11} niha od 2,6 cm/sek do $4 \cdot 10^{-3}$ cm/sek, medtem ko je koeficient propustnosti proda iz vrtin, ki so bile izvrtane v bližini dravskega brega ter na obrobju stare zasute dravske struge, manjši od $5 \cdot 10^{-2}$ cm/sek in doseže celo vrednost $1 \cdot 10^{-4}$ cm/sek. V vrtninah B_8 in B_9 niha od $4,64 \cdot 10^{-2}$ do $9,4 \cdot 10^{-3}$ cm/sek.

Po podatkih številnih vrtin v Mariboru je mogoče dokaj točno slediti potek stare dravske struge. Njena os poteka od mostu na Mariborski otok proti severovzhodu prek vrtin K_7 in K_8 , nadalje prek vrtin K_{11} in K_{10} proti črpališču v Kamnici in naprej proti jugovzhodu. Sedanjo strugo preseka nizvodno od Studenske brvi, poteka do železniškega mosta vzporedno z njo, nakar preide na desni dravski breg.

Vodonosna plast je v najglobljih delih starega korita debela 11,5 do 16 m. Padec gladine podtalne vode je od vtoka pri mostu na Mariborski otok do črpališča precej velik, povprečno 1,8 ‰. Okoli črpališča je nastal zaradi stalnega črpanja lijak, katerega obseg ni točno znan. Nizvodno od črpališča proti Studenski brvi in železniškemu mostu je padec gladine le 0,5 ‰.

Anomalije v padcu so nastale zaradi črpanja vode iz vodnjaka v Kamnici in vpliva pronicanja iz Drave nizvodno od Studenske brvi. Presek z vodo prepojenega proda v starem koritu se spreminja z nihanjem gladine podtalne vode. Pri srednjem vodostaju obsega ob vtoku v staro strugo 5760 m², v preseku, ki je vzporeden z Vinarskim potokom, pa 4860 m². V preseku skozi vrtnine B_4 , B_8 , B_9 in B_{10} obsega 4590 m². V tem preseku je stara struga najožja, nizvodno od tod pa se zelo razširi. Iz strukturne karte (2. sl.) laporne podlage ter iz hidrogeološke karte (1. sl.) je vidno, da se preceja po stari zasuti dravski strugi podtalna voda, ki jo napajajo Drava, podtalna voda iz Pohorja in padavine iz pripadajočega padavinskega območja, ki obsega približno 26 km². Iz tega območja se preceja v globino in napaja podtalno vodo po grobi oceni 30 % letnih padavin. Po osnovni enačbi vodne bilance je količina padavin enaka

izhlapevanju in transpiraciji, površinskemu odtekanju ter pronicanju v podzemno vodo.

Te enačbe ni mogoče uporabiti z istimi elementi za celotno padavinsko območje. Na območju Slovenskih goric je pronicanje padavinske vode v podzemlje neznatno, del padavinske vode odteče po površini, del pa izhlapi. Površinski tokovi se združijo v potoke: Kamniški potok, Rošpoh, Počehovski potok in še nekaj manjših. Povečini se v sušnem delu leta ne izlivajo v Dravo, ampak poniknejo v prodno naplavino in napajajo podtalno vodo v stari dravski strugi, delno pa odtekajo po mestnih kanalih v Dravo.

Padavine neposredno na prodnih terasah pronica v podzemlje in prav tako napajajo podtalno vodo, ki se preceja po stari dravski strugi. Velik del padavin odteče po kanalih v Dravo.

Podatkov neposrednih merjenj o količini vode, ki pronica v podtalno vodo, ni. Privzeli bomo, da pronica iz našega padavinskega območja v podtalno vodo 30 % padavin. Na območju Maribora pade povprečno 1000 mm padavin na leto, na celotnem padavinskem območju pa $2,6 \cdot 10^7 \text{ m}^3$, povprečno torej $0,820 \text{ m}^3/\text{sek}$. Okrog 30 % padavin napaja po cenicvah nekaterih hidrotehnikov podtalno vodo na območju mesta Maribora, tj. okrog $246 \text{ l}/\text{sek}$. Od tega gravitira okrog $30 \text{ l}/\text{sek}$ proti črpališču v Kamnici in dodatno napaja vodo, ki se preceja iz Drave v levi breg.

Na odseku med vtokom in vrtino B_4 pri Studenški brvi visoko dvignjena nepropustna laporna podlaga na bregu Drave preprečuje neposredno precejanje dravske vode v podtalnico, ki se premika po stari zasuti dravski strugi, razen na samem vtoku. Nizvodno od Studenške brvi sta rečna voda in podtalnica v neposredni medsebojni zvezi.

Za izračun količine vode, ki se preceja po stari zasuti strugi, bomo uporabili presek skozi vrtine K_5 , K_6 , K_7 in K_8 ter G_4 . Ta presek je približno v sredini med presekom, ki poteka ob dravskem bregu, ter presekom po strugi Vinarskega potoka.

Površina preseka je 6890 m^2 . Povprečni hidravlični gradient smo dobili s tem, da smo delili razliki gladin podtalne vode v vrtini K_8 vzvodno od preseka in v vrtini K_{10} nizvodno od preseka z razdaljo, ki smo jo merili po osi stare struge.

$$i_{sr} = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{250.73 - 249.35}{750} = 1,78 \text{ ‰}$$

Hidravlični gradient je nizvodno od našega preseka znatno večji kot vzvodno, kljub temu, da je nepropustna podlaga položno in enakomerno nagnjena. Povečan strmec gladine podtalne vode je povzročila depresija v črpalnem vodnjaku v Kamnici.

Za izračun pretoka v območju našega preseka bomo privzeli enačbo

$$Q = k \cdot F \cdot i_{sr}$$

k = koeficient propustnosti,

F = presek, skozi katerega se pretaka podtalna voda,

i_{sr} = povprečni hidravlični gradient.

Koeficient propustnosti $k = 0,8$ cm/sek. Skupno se pretaka v območju našega preseka $Q = 0,008 \cdot 6890 \cdot 0,00178 = 0,098$ m³/sek, kar je nekaj več kot črpajo vode v črpališču v Kamnici.

Pri sedanjem stanju odteka nizvodno od črpališča v Kamnici po stari strugi le majhne vodne količine.

Izračunali bomo še pretok v preseku B_4 , B_8 , B_9 , B_{10} okrog 1150 m nizvodno od črpališča v Kamnici. Površina preseka je 4590 m². Hidravlični gradient smo dobili tako, da smo delili razliko gladin podtalne vode v vrtnah B_8 in B_2 z razdaljo

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{248,86 - 248,41}{710} = 0,58 \text{ ‰}.$$

Pretok v tem preseku je le 0,021 m³/sek. Od skupnega izračunanega pretoka pripada le majhen del podtalni vodi, ki se preceja skozi staro zasuto strugo v Kamnici. Velik del podtalne vode, ki teče skozi ta presek, se napaja s padavinsko vodo iz pripadajočega padavinskega območja.

Območje vzhodno od črte Studenska brv—Kalvarija predstavlja bazen podtalne vode, ki ga napaja padavinska voda iz pripadajočega območja in manjši površinski tokovi, ki delno pronicajo v propustni prodni nanos dravskih teras. Podtalna voda je v neposrednem stiku z rečno vodo, ki pri visokih vodostajih pronica v podtalno vodo.

Iz hidrogeološke karte (1. sl.) je vidno, da se gladina podtalne vode dviga od dravskega brega proti hribovju.

Z vodo prepojen del preseka vzdolž levega dravskega brega od Studenske brvi do jez v Melju ima površino približno 30 000 m².

Hidravlični gradient je 0,59 ‰. Podatek smo dobili iz razlik gladin podtalne vode v vrtnah G_3 in B_2 , ki smo jo delili z razdaljo

$$i = \frac{248,95 - 248,49}{790} = 0,59 \text{ ‰}$$

Kot koeficient propustnosti smo privzeli vrednost 0,8 cm/sek, čeprav so nalivalni poizkusi v Melju dali manjše vrednosti (0,34 cm/sek).

Skozi ta presek se torej preceja $0,008 \cdot 30\,000 \cdot 0,00059 = 0,140$ m³/sek vode.

Gladina podtalne vode je na vsej pleistocenski terasi na levem bregu od 15 do 30 m globoko. Na nižjih terasah v Melju je plitveje, povečini okrog 10 m.

Na površini so terase povečini prekrte z nekaj metrov debelo plastjo gline, ki so jo v središču mesta odstranili.

V Kamnici je terasa prerezana z globokimi grapami Rošpoha, Vinarskega potoka in drugih manjših potokov. V sušni dobi ti potoki poniknejo v prodni nanos še pred izlivom v Dravo. Vode potokov so močno onesnažene, zato preti stalna nevarnost okuženja vode v vodnjaku v Kamnici. Posebno nevaren je Vinarski potok, ki teče v njegovi neposredni bližini.

4. Hidrogeološki problemi v zvezi z zaježitvijo

Z zaježitvijo Drave na koti 253,0 m se bodo hidrogeološke razmere na levem bregu v znatni meri spremenile. Predvsem se bo povečala debelina vodonosne plasti na vsej terasi. Voda v akumulacijskem bazenu bo mirna in bo vsebovala precej suspendiranih delcev, ki se bodo pri pronicanju vode skozi propustni dravski breg v staro zasuto strugo pri Mariborskem otoku usedali v porah med prod, ter s tem zmanjševali njegovo propustnost. Ta proces traja že ves čas, odkar si je Drava vrezala svojo sedanjo strugo, vendar se bo z nastankom akumulacijskega jezera pospešil. Če bo po pričetku obratovanja elektrarne količina vode v črpališču močno padla, bo treba občasno očistiti dravski breg na odseku, kjer odteka dravska voda v staro zasuto strugo.

Na delu terase nizvodno od Studenske brvi, kjer potone laporna podlaga pod gladino Drave, se bo dvignila gladina podtalne vode za več metrov. V središču mesta zaradi tega ne bo škodljivih posledic, nasprotno pa bo v niže Melju zalila kleti raznih objektov, predvsem tovarn, zato bo treba breg zavarovati z nasipi ter z zagatno steno, ki bo segala do nepropustne podlage. Razen tega bo treba preprečiti dvig gladine podtalne vode zaradi dotoka iz zaledja z drenažo. Pri izračunu propustnosti drenaže je treba upoštevati dotok podtalne vode iz zaledja, ki ga je po približnih izračunih okrog 250 l/sek, ter pronicanje iz bazena v primeru, če zagatna stena ne bo segala vzvodno do mesta, kjer je laporna osnova nad koto zaježitve.

5. Zaključek

Pri številnih geoloških raziskavah je bilo ugotovljeno, da poteka nekdanja zasuta dravska struga od Mariborskega otoka proti vodnjaku mestnega vodovoda v Kamnici in od tod proti Studenski brvi, kjer preseka sedanjo strugo. Pleistocenska zasuta dravska struga je 15 do 16 m globlja od današnje.

Po stari strugi se preceja podtalna voda, ki jo napajajo Drava, podtalnica iz desnega dravskega brega ter padavine iz pripadajočega padavinskega območja. Vodonosna prodna plast, po kateri se preceja podtalna voda, je debela 10 do 14 m in močno propustna. Koeficient propustnosti k je 0,8 cm/sek.

Skozi presek, ki poteka vzporedno s potokom Rošpoh, se pretaka 98 l/sek vode. Skoraj vso vodo izkoristijo v vodnjaku v Kamnici.

V preseku skozi vrtine B_1 , B_2 in B_3 , ki je 1150 m nizvodno od vodnjaka v Kamnici, se pretaka le 21 l/sek vode.

Z zaježitvijo Drave na koti 253,0 m se bo povečala debelina vodonosne plasti na vsej terasi. Na delu terase od Kamnice do železniške proge Maribor—Ljubljana dvig gladine podtalne vode ne bo imel škodljivih posledic. V niže ležečem Melju pa bo podtalna voda zalila kleti raznih objektov, zato bo treba breg zavarovati z nasipi ter z zagatno steno, ki bo segala do nepropustne podlage. Razen tega bo treba z drenažo pre-

prečiti dvig gladine podtalne vode zaradi dotoka iz zaledja. V drenažo bo dotekalo po približnih računih okrog 250 l/sek podtalne vode iz zaledja, ter velike količine dravske vode, ki bo pronicala skozi levi breg v primeru, če zagatna stena ne bo segala vzvodno do mesta, kjer je laporna osnova nad koto zaježitve.

HYDROGEOLOGIC PROBLEMS CONNECTED WITH THE EPIGENETIC VALLEY OF THE DRAVA RIVER AT MARIBOR TOWN

In Slovenia several epigenetic valleys of rivers Sava and Soča are known. Less known is the epigenetic valley of the river Drava at Maribor. There the river between Kamnica and the Studenci bridge cut its new bed into the marl, while the old buried valley passes close at the hill-sides of the Slovenske gorice hills.

The plain on the left and right side of the Drava river between Mariborski otok power station and Melje consists of Quaternary gravel and sand alluvions which descend step-like in several terraces from the hills to the actual Drava bed.

Above the terraces on the left Drava bank there is a chain of hills composed of Tertiary strata. Between Kamnica and Kalvarija occurs dark grey, hard, sandy marl with sandstone and conglomerate intercalations. Under this marl, at the agricultural school at the foot of Kalvarija hill and in the bore holes B-4 and B-6 on the left bank of Drava, tonalite breccia and tonalite were found. Outcrops of dark grey sandy marl with conglomerate intercalations occur also on the left and right Drava bank between Mariborski otok power station and Studenci bridge.

The southern slopes of the Kalvarija and Piramida hills consist of marl intercalated with diagenetically consolidated clay and tuffite. These beds lie over dark grey sandy marl, and they are of Tortonian age. Even younger is the Middle Tortonian grey marl with intercalations of sandstone and sand in the northern slopes of Kalvarija and Piramida, and on Meljski hrib.

The Tertiary beds are mildly inclined, and they form shallow synclines and anticlines. The axes of the synclinal and anticlinal structures strike approximately north-south, while the beds are dipping toward west and northwest, and toward east and northeast.

As far as the hydrogeology of the investigated area is concerned, two kinds of rocks are important. These are the permeable Pleistocene gravel and sand, and the impermeable Tertiary marl, sandy marl, sandstone, claystone and conglomerate.

The permeable Pleistocene sandy gravel builds the Pleistocene terraces on both banks of the river Drava. It was shown by mesh analyses of gravel and sand from bore holes at Kamnica that the percentage of silt which lowers the permeability, is very variable.

The gravel from the bore holes in the vicinity of the Drava banks contains almost always some silt, while the gravel from the bore holes farther of Drava generally contains no silt at all.

The permeability of the Pleistocene sandy gravel has been ascertained by the experimental pumping of water from the well of the city water supply at Kamnica. The value of the permeability k was 0,8 cm/sec.

According to the data from numerous bore holes at Maribor, it is possible to trace with sufficient precision the course of the old buried Drava bed. Its axis passes from the bridge at Mariborski otok towards northeast over bore holes K-7 and K-8, over K-11 and K-10 towards the pumping station at Kamnica and farther towards southeast.

The water-bearing horizon in the deepest parts of the bed is 11,5 to 16 meters thick. The gradient of the underground water table from the inlet at the bridge at Mariborski otok to the pumping station is considerable, in the average 1,8 ‰.

In the area around the pumping station as the consequence of constant pumping a depression cone was formed of dimensions not precisely known. Downstream of the pumping station towards the Studenci bridge and the railway bridge the gradient of the water table attains 0,5 ‰.

The section area of the water flooded part of the old Drava bed varies from 4590 to 6890 sq. m.

According to the hydrogeological map, in the old buried Drava bed flows the underground water recharged by the Drava river, the underground water from the Pohorje hills, and those from the precipitation basin.

In the section between the inlet in the old river bed and the bore hole B-4 at the Studenci bridge the uplifted impermeable marle basement impedes the direct inflow of the Drava water into the underground water, flowing in the old buried river bed, except at its inlet. Downstream of the Studenci bridge the river water and the underground water are in a direct contact.

In calculating the water flux in the old buried Drava bed the following equation is used:

$$Q = k \cdot F \cdot i_{sr}$$

k — permeability

F — section area through which the underground water is filtered

i_{sr} — the average hydraulic gradient

Through the section area of the bore holes K-5, K-6, K-7, K-8 and K-11 at Kamnica, according to the above equation 0,098 cu. m./sec water is filtered, that is something more than that pumped out from the well at Kamnica.

Through the section area of the bore holes B-4, B-8, B-9 and B-10 approximately 1150 m. downstream of the well at Kamnica not more than 0,021 cu. m./sec water is filtered. The greater part of the underground water filtering through the buried bed is therefore pumped out from the well at Kamnica.

The area east of the line Studenci bridge — Kalvarija represents a basin of the underground water, alimented by the atmospheric waters of the adherent precipitation area. The underground water is in direct contact with the river water which during high waters penetrates into

the ground water, while normally the current of underground water is directed towards Drava. Through the section area at the river bank from the Studenci bridge to Melje approximately 0,140 cu. m./sec water are discharging.

The level of underground water lies on the Pleistocene terrace on the left Drava bank from 10 to 30 meters deep. In the lower terraces at Melje the depth of the water level is around 10 meters.

At Kamnica, the terrace is cut by deep gullies of Rošpoh, Vinarski potok and other smaller creeks. The waters are polluted to a high degree, so there is a considerable danger of contamination of the water in the well at Kamnica.

With damming up the Drava river at the elevation 253,0 m. the hydrogeological conditions on the left Drava side will be considerably changed. In the first place, the thickness of the water bearing layer in the whole terrace will be increased.

In the part of the terrace downstream of the Studenci bridge, where the marl basement sinks under the Drava level, the underground water table will be elevated for several meters. In the town there no harmful consequences can be expected, but in the lower lying Melje the water will flood cellars of various objects, especially factories. Therefore it will be necessary to secure the bank with embankments and with the sheet piling reaching down to the basement. Besides, drainage works will be needed to impede the lifting of the underground water table because of the inflow from hinterland. In calculating the permeability of the drainage system it will be necessary to take into account the influx of the underground water from hinterland (according to an approximate calculation around 250 l/sec), and the influx from the Drava basin in the case, that the sheet piling will not reach downstream to the spot where the marl basement lies above the height of the basin level.