

# KRAŠKI IZVIR KAJŽA IN NJEGOVO ZALEDJE

KARST SPRING KAJŽA  
AND ITS HYDROLOGICAL BACKGROUND

Jože JANEŽ, Jože ČAR

**Izvlček**

UDK 551.444.5 (497.12-15)

**Janež, Jože, Čar, Jože: Kraški izvir Kajža in njegovo zaledje**

Izvir Kajža je prelivni kraški izvir v severozahodnem delu Trnovsko banjške planote. Njegov pretok niha med 7 in 1500 l/s. Po deževju je voda kalna, dokler pretok ne upade pod 25 l/s. Bakteriološka oporečnost se pojavlja pri pretokih večjih od 19 l/s. Zaledje izvira je določeno s podrobnim litološko-tektonskim kartiranjem s poudarkom na ločevanju zdrobljenih, porušenih in razpoklinskih con. Zgrajeno je iz dveh enot: globokega krasa na apnencih in lokalno prepustne viseče flišne pregrade. Zaledje na flišu naj bi ščitili s širšim varstvenim območjem (3.cona), v ožje varstveno območje (2.cona) je vključeno kraško zaledje na apnencih. Najožje varstveno območje (1.cona) obsega površje odprtih razpoklinskih con ob izviru in ograjeno okolico zajetja.

**Abstract**

UDC 551.444.5 (497.12-15)

**Janež, Jože, Čar, Jože: Karst spring Kajža and its hydrological background**

Spring Kajža is an overflow karst spring on the north-western part of Trnovo-Banjšice plateau. Its discharge is from 7 to 1500 l/s. The water is muddy after big rains till the discharge decreases under 25 l/s. At discharges over 19 l/s it is bacteriological unsuitable. The hydrological background was located on the base of detailed lithologic-tectonical mapping with special accent to distinguishing crushed, broken and fissure zones. It is built by two units: deep karst and local permeable hanging flysch barrier. Hydrological background on flysch is protected with the broader protection area (3rd zone). Karst background on limestones is included in the narrow protection area (2nd zone). The most narrow protection area (1st zone) embraces the surface of open fissure zones behind the spring and the fenced in water capture surroundings.

**Naslov - Address**

Jože Janež, dipl.ing.geol.  
Dr. Jože Čar, dipl.ing.geol.  
Rudnik živega srebra Idrija  
Kapetana Mihevcva 15  
YU - 65280 Idrija

## Vsebina

Uvod.....	105
Geološke razmere.....	105
Hidrogeološke razmere.....	108
Izvir Kajža.....	113
Hidrološko zaledje izvira Kajža.....	127
Varstvena območja.....	130
Sklep.....	131
Literatura.....	132
Karst spring Kajža and its hydrological background (Summary).....	134



## UVOD

Globoki kras Banjške planote sestavljajo kredni apnenci, ki so okoli Grgarja, Kanalskega Vrha in Banjšic prekriti s flišnimi plastmi. Na flišu so drobni, vendar številni in pestri hidrološki pojavi, ki so v veliko pomoč pri odkrivanju delovanja kraškega sistema. Podzemne vode obsežnega kraškega vodonosnika iztekajo predvsem na izviru Mrzlek (77 m nadmorske višine) pri Solkanu, manjše količine pa tudi na severozahodnem obrobju planote, v dolini potoka Avščka, 190 do 200 m visoko. Izvir Kajža je med temi izviri največji. Njegov položaj smo poskušali pojasniti s podrobnim litološko-tektonskim kartiranjem zaledja s poudarkom na kartiranju pretrtih con. Le to je dobro razložilo tudi hidrogeološko vlogo in značaj fliša na ožjem območju Banjšic in Kanalskega Vrha, dodatno je osvetlilo in potrdilo rezultate starejših sledilnih poskusov na planoti in v kombinaciji s hidrološkimi meritvami na izviru ter bakteriološkimi in kemičnimi analizami omogočilo določitev hidrološkega zaledja izvira, varstvenih območij in varovalnih ukrepov.

## GEOLOŠKE RAZMERE

### Pregled dosedanjih geoloških raziskav

Prva geološka raziskovalca Banjške planote sta bila v prejšnjem stoletju Stur (1858) in Stache (1889). Leta 1920 je izšla Kossmatova geološka karta lista Tolmin, v merilu 1:75.000. Apnenca Banjške planote je prišel zgornjekrednemu rudistnemu apnencu, flišne litološke člene pa eocenu.

Po drugi svetovni vojni je Banjško planoto geološko kartiral Buser. Izsledke geološkega kartiranja in paleontoloških raziskav sta objavila Turnšek in Buser (1974). V svetlo sivih do temnosivih neplastnatih gebenskih apnencih sta na več lokacijah našla številno knidarijsko fauno. Korale, hidrozoji in hetetide dokazujejo spodnje kredno barremijsko-aptijsko starost. Debelozrnata apnenčeva breča, ki leži diskordantno na grebenskem apnencu, je po podatkih Buserja (Turnšek in Buser, 1974) senonijske starosti, medtem ko naj bi bile pisano razvite flišne plasti zgornjesenonijske in paleocenske starosti.

Flišne kamnine je v okolici Kanalskega Vrha leta 1979 stratigrafsko raziskoval Pavšič. Po njegovih ugotovitvah pripada rdečkasti bazalni laporasti apnenec najvišjemu delu maastrichta, zelenkasti in sivkasti laporji in peščenjaki z brečo črnega in sivega apnenca pa so že spodnjepaleocenske starosti.

Pavšič in Pleničar (1981) poročata, da so ob poti Morsko - Kanalski Vrh razvite danijske flišne kamnine. V tej razpravi najdemo tudi podatek, da je tudi fliš Banjške

planote danijske starosti.

Geološke razmere Banjske planote so pregledno prikazane na osnovni geološki karti SFRJ 1:100.000 list Tolmin in Videm (Buser, 1986). Podatke osnovne geološke karte bomo komentirali v nadaljnjem tekstu.

### **Novi podatki o geologiji raziskanega ozemlja**

Za reševanje hidroloških problemov smo poleg hidrolitološke razčlenitve plasti (prepustni - delno prepustni - neprepustni členi) in določitve prostorske lege in razprostiranja posameznih hidrolitoloških členov, ugotavljali predvsem potek različnih pretrtih con (zdrobljene, porušene in razpoklinske) skladno z uvedenimi postopki podrobnega kartiranja pretrtih con na krasu (Čar, 1982; Čar in Gospodarič, 1984). Dosedanje geološke raziskave obravnavanega ozemlja so bile namreč v prvi vrsti namenjene reševanju splošnih stratigrafsko-tektonskih problemov ali specialnim biostratigrafskim raziskavam (Kossmat, 1908, 1909, 1920; Turnšek in Buser, 1974; Pavšič, 1979, 1981; Buser, 1986). Pri tem so raziskovalci preučevali podrobnejšo litologijo plasti le v določenih odprtih profilih (Pavšič, 1979, 1981) ob cesti Morsko - Kanalski Vrh in Kanalski Vrh - Bate), sicer pa zelo splošno.

### **Stratigrafsko-litološka razčlenitev plasti**

Osrednji del kartiranega terena gradi barremijski in aptijski (Buser, 1986) apnenec, ki je najstarejša kamnina raziskanega ozemlja (sl. 1). Najdemo ga na levem bregu Avščka med Dolnjim Avščkom in Ležino, gradi celotno pobočje Osojnice, Debelega griča (763 m) in Goleka (821 m). Severna meja apnenčevega pasu poteka iz doline Avščka po dolini potoka Poščrn, dalje po jugovzhodnem obrobju Belega brda (715 m) in južnem obrobju izravnave Kanalskega Vrha mimo brezna Jazbenk (uporabljamo ime Jazbenk, kot je zapisano na novejših topografskih kartah, sicer se zapisuje tudi Jazben) proti Preddolu. Južni rob poteka iz doline Avščka pri Ležini po grapi Mournika, nato po pobočju Osojnice do lokacije Pri cerkvi, nato pa zaobjema flišno globel okrog Humarjev in Mrcinj (sl. 1).

Severovzhodni del spodnjekrednega apnenca je razvit kot neplastnat, temno do svetlo siv, mestoma skoraj bel organogen grebenski apnenec. V njem so pogostni vložki mikritnega in oolitnega apnenca s posameznimi koralami. Prav tako niso redki brečasti vložki. Organogeno skeletno osnovo apnenca gradijo korale, hidrozoji in hetetide (Turnšek in Buser, 1974). Grebenski apnenec s številnimi organizmi prehaja na območju Goleka bočno v temno siv do siv bituminozen plastnat apnenec.

Diskordantno na opisanih spodnjekrednih apnencih leži najprej bazalna apnenčeva blokovna breča, nato pa - tu in tam - rdeč laporast apnenec. Po razpoložljivih podatkih (Pavšič, 1979, 1981; Buser, 1986) sta kamnini maastrichtijske starosti. Apnenčevo brečo najdemo na južnem obrobju izravnave Kanalskega Vrha ob vzhodu Goleka. V veliki

debelini je razvita ob cesti proti Batam, medtem ko se proti severovzhodu postopno izklinja. Podobno zakonitost opazujemo tudi na vzhodnem delu obravnavanega ozemlja. Apnenčeva breča je razvita v več desetmetrski debelini na zahodnem obrobju flišne globeli med Lohkami in lokacijo Pri cerkvi severozahodno od Mrcinj, proti dolini Avščka pa je razvita le tu in tam.

Na maastrichtijski apnenčevi breči in rdečem laporastem apnencu ležijo flišne kamnine. P a v š i č (1979, 1981) jim je določil paleocensko starost, B u s e r (1986) pa maastrichtijsko v dolini Avščka in na Banjšicah ter paleocensko pri Kanalskem Vrhu. Menjavajo se peščeni laporovec, rdečkasti laporovec in peščenjak ter masivni trdi laporovec. V naštete neprepustne litološke člene so vloženi različno obarvani prepustni apnenčevi klastiti, ki so pomembni za razlago hidroloških razmer obravnavanega terena. Apnenčevi klastiti so razviti v obliki različno dolgih in debelih leč. Največkrat se začenjajo z debelo-zrnatim konglomeratom, nato pa prehajajo v drobnozrnat apnenčev peščenjak. Spodnji kontakti leč so običajno ostri, zgornji postopni, vendar sorazmerno hitri. Lateralno izklinjanje leč je postopno.

Zaradi značaja izklinjanja apnenčevih klastičnih plasti, majhne debeline nekaterih leč in močne tektonske pretrtosti kamnin je praktično nemogoče prostorsko nedvoumno opredeliti prav vse apnenčevo-klastične nivoje. Na območju Kanalskega Vrha smo jih lahko zanesljivo določili vsaj šestnajst, med dolino Avščka in Mrcinjami pa deset. Vse leče potekajo v smeri severozahod - jugovzhod in ne vzporedno z diskordanco kot bi pričakovali.

### **Tektonika in stopnja pretrtosti kamnin**

Celotno kartirano območje prištevamo širši prelomni coni močnega, v dinarski smeri potekajočega Avškega preloma (Predjamskega preloma). Njegova ožja prelomna cona z močno pretrtim notranjim obrobjem zunanje prelomne cone je predstavljala preddispozicijo za nastanek doline Avščka. Kompaktne tektonske breče, značilne za notranje prelomne cone, najdemo danes v dnu doline Avščka, med Ležino in Bolterjem. Breče omejujeta izraziti mejni prelomni ploskvi z vpadom od 70 do 90° proti severovzhodu.

Kartirani teren jugozahodno od doline Avščka seka še cela vrsta z Avškim prelomom bolj ali manj vzporednih spremljajočih prelomov. Med njimi sta, glede na velikost premikanja, močnejša predvsem dva. Prvi poteka po severnem obrobju planote mimo Mrcinj. B u s e r (1986) ga imenuje Banjški prelom. Prelom, ki poteka po severnem pobočju Goleka, smo imenovali Goleški prelom. Oba spremljajoča preloma veže vrsta veznih prelomov, ki imajo smer NNW-SSE ali pa so usmerjeni skoraj proti jugu. Hidrogeološko posebno pomemben je močan snop veznih prelomov, ki se odcepijo od Banjškega preloma pri Mrcinjah, se postopno usmerjajo proti severu in prislonijo na Avški prelom v dolini Avščka.

Na priloženi karti (sl. 1) smo tektonske cone ločili po stopnji pretrtosti (Čar, 1982)

na zdrobljene, porušene in razpoklinske cone, ki lahko prehajajo vzdolžno druga v drugo. Zdrobljene cone so napolnjene s tektonsko glino, milonitom ali brečo. Razumljivo je, da so posamezne pretrte cone drugače oblikovane v apnencih kot v flišnih kamninah. Za zdrobljene cone v apnencu so značilne debelozrnate, kompaktne neprepustne breče, v flišnem laporovcu tektonska glina, medtem ko opazujemo v apnenčevih klastitih predvsem ozke pasove milonita. V apnencih so ob porušeni conah razvite porušne vrtače, pobočne dolinaste zajede in prevali, v razpoklinskih pa izjemno lepi sistemi vrtač in škrapelj. Porušene cone so v flišnih kamninah zaglinjene in manj opazne. Na teh mestih se ohranja debela preperinska skorja. Največkrat v njih nastajajo različno oblikovane depresije. Razpoklinske cone so v mehkejših litoloških členih opazne le v svežih vseh.

## HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

### Hidrogeološke značilnosti kamnin in tektonsko pretrtih con

Po načinu odtekanja padavinskih voda delimo raziskani teren (metodologija po Habiču s sodelavci, 1984) na območja s popolnim kraškim odtokom in območja z delnim površinskim in pretežno kraškim odtokom. V prvem primeru gre za površje na globoko zakraselih apnencih, brez površinskih vodnih pojavov, izvirov, ponikalnic in površinskih tokov. Na območjih z delnim površinskim in pretežno kraškim odtokom je površinska vodna mreža omejena in razdrobljena na majhne ločene ponikalnice. Napajajo jih šibki izviri na flišu. Večina vode se po kratkem površinskem pretakanju pretoči skozi delno prepustne flišne kamnine v globoko zakraselo apnenčasto podlago.

Na lokalne hidrološke razmere močno vpliva poleg litološke sestave tudi tektonsko pretrtost terena. Različne stopnje pretrtosti opazimo tudi znotraj posameznih pretrtih con. Omenimo še, da imajo pretrte cone v različnih kamninah različno prepustnost. Za razmere na Banjški planoti veljajo naslednji odnosi med stopnjo pretrtosti, vrsto kamnine in prepustnostjo:

Stopnja pretrtosti		v apnencih	v flišnih kamninah
zdrobljena cona	-	neprepustna* ali slabo prepustna	neprepustna
porušena cona	-	slabo prepustna	neprepustna ali delno prepustna
razpoklinska cona	-	dobro ali izredno dobro prepustna	delno prepustna*

\*nastopajo ob posebnih pogojih



Že zaradi hitre zgodnjediagenetske cementacije spadajo spodnjekredni apnenci, ki grade osrednji del kartiranega terena in globljo podlago flišnih kamnin, med dobro prepustne kamnine. V njih najdemo vse vrste strukturne sedimentne poroznosti. V grebenskem apnencu je še posebno pogostna luknjičavost med biomorfnimi delci v biolilitih. Med primarno poroznostjo v plastnatih apnencih prevladuje poroznost po lezikah. Spodnje kredni apnenci Banjške planote so poleg tega še tektonsko izjemno pretrti. V njih je močno razvita porušna in razpoklinska poroznost, ki je v glavnem že prešla v kraško poroznost. Glede na opisane razmere opredeljujemo spodnjekredni apnenc Banjške planote v splošnem kot izjemno prepustno kamnino.

Edina neprepustna ali slabo prepustna območja v apnencih raziskanega terena so zdrobljene cone (kompaktne tektonske breče). Tak značaj ima ožja cona Avškega preloma v dolini Avščka. Slabo in slabše prepustna območja predstavljajo ožje zdrobljene cone ob veznih prelomih med Avškim in Banjškim prelomom na pobočju Osojnice ter ob nekaterih drugih prelomih na planoti. Prav slednje so glavni vzrok za značilno razporeditev izvirov v dolini Avščka.

Različni flišni laporovci in peščenjaki so v splošnem neprepustne kamnine. V nasprotju s tem se kažejo v njih vloženi apnenčevi peščenjaki kot sorazmerno dobro prepustne kamnine v razpoklinsko poroznostjo. Na flišnih laporovcih in peščenjakih je razvita šibka hidrografska mreža, v apnenčevih klastitih pa opazujemo podzemeljsko pretakanje in lokalno razvite kraške pojave. Tako se kažejo flišne kamnine v okolici Kanalskega Vrha in Mrcinij s hidrogeološkega stališča kot lokalno prepustne (menjavanje prepustnih in neprepustnih kamnin in območij).

V zdrobljenih conah najdemo v flišnih laporovcih in peščenjakih zaglinjene cone, ki so mehansko neodporne. Ob njih se po plitvih grapah pretakajo redke površinske vode. Šibkeje porušene cone in razpoklinske cone ob ugodnih pogojih povečujejo prepustnost laporovca in peščenjaka kakor tudi vanje vloženi apnenčevi peščenjakovi.

### **Pregled dosedanjih hidroloških raziskav**

V poročilu o raziskavah 334 m globokega brezna Jazbenka pri Kanalskem Vrhu najdemo prve zanimive hidrološke podatke z Banjške planote. Potoček s pretokom 0,4 l/s, ki se pretaka v zadnjem delu Jazbenka, so obarvali z uraninom. Kljub štiritredenskemu opazovanju znanih izvirov v dolini Soče in Avščka barve niso nikjer opazili (Hribar in Habič, 1959). Temeljni opis hidroloških razmer Trnovskega gozda in Banjške planote najdemo v obsežnem Habičevem delu "Kraški svet med Idrijco in Vipavo" (1968). Poleg seznama kraških in hidroloških pojavov (izvirov, ponikalnic) po področjih so navedeni podatki o temperaturi in trdoti kraških voda iz zaledij z različno litološko sestavo. Študija, ki se pretežno ukvarja z nastankom reliefa, obravnava med drugim tudi geomorfološki razvoj Banjšic in nastanek izravnav pri Kanalskem Vrhu, Mrcinjah in Batah.

Krajši pregled hidroloških razmer in seznam do takrat znanih kraških objektov je

zbran v poročilu k osnovni speleološki karti lista Tolmin 4 v merilu 1:50.000 (Habič s sodelavci, 1976). Habič (1982) je izdelal temeljit opis hidrološkega zaledja Mrzleka. V razpravi so najprej obravnavane reliefne značilnosti Banjške planote in kratek pregled hidrogeoloških razmer. Sledi pregled hidroloških, fizikalno-kemičnih in bakterioloških lastnosti kraških izvirov ob Idriji in Soči. Opisana sta tudi izvira Kajža in Bolterjev zdenec ob Avščku. Raziskanih je bilo več ponikalnic na Banjšicah, pri Grgarju in ponikalnica Čepovanskega potoka. Z barvanjem Čepovanskega potoka leta 1980 so bile dokazane povezave z izvirom Hotešk pri Slapu ob Idriji, Bolterjevim zdencem v dolini Avščka ter Mrzlekom in drugimi izviri ob Soči. V Kajži, ki je bila tudi opazovana, barvilo ni bilo ugotovljeno.

Habič (1987) je v juniju 1986 na Kanalskem vrhu obarval ponikanico Gornja Mlaka z rodaminom in ponikalnico Na Lazu pod Drnulkom z uraninom. Opazovani so bili izviri na obrobju planote, od Boltarjevega zdenca do izvirov nad Kanalom. Barva ni bila ugotovljena nikjer, kar po avtorjevi oceni kaže na odtok proti Mrzleku, ki ob tej priložnosti ni bil vzorčevan.

### **Hidrološke razmere na viseči flišni pregraji v okolici Lohk, Mrcinj in Kanalskega Vrha**

#### **Izviri**

Izviri v okolici Lohk, Mrcinj in Kanalskega Vrha imajo značilen položaj glede na flišno litologijo (sl. 1). Dosledno so vezani na normalen, največkrat pa tektonski stik med vložki apnenčeve breče in peščenjaka z manj prepustnimi ali neprepustnimi laporovci in kremenovimi peščenjaki. Izdatnejši so, če se nahajajo ob prepustni prelomni coni, ki lahko povezuje dve ali več karbonatnih leč. Izviri v flišu, čeprav šibki, so izrednega pomena za lokalno vodooskrbo.

V okolici Kanalskega Vrha opazujemo leče apnenčevih klastitov skromnih dimenzij, zato so tudi izviri šibki, vendar stalni. Izvir pri Mlaki (1) ima najnižjo izmerjeno izdatnost komaj 0,01 l/s. Zajet je za bližnjo kmetijo. Iz zajetja pri Mlaki (2) z izdatnostjo 0,2 - 0,3 l/s se oskrbuje spodnji del Kanalskega Vrha, medtem ko zgornji del vasi uporablja stalen izvir na Mlaki (3) z najnižjim doslej ugotovljenim pretokom 0,15 l/s. Izvira 1 in 2 imata vsaj delno skupno zaledje. Oba se nahajata ob prelomnem stiku flišnega laporovca z apnenčevim peščenjakom. Voda odteka ob prelomnih conah iz več leč, delno pa je zbiranje pogojeno z ugodnim vpadom laporastih plasti.

Nenavaden položaj ima izvir 3. Njegovo hidrološko zaledje je mogoče razložiti le z upoštevanjem lege plasti in prepustnejših apnenčastih peščenih vložkov, ki jih sicer v travnatih terenih nismo mogli neposredno opazovati. Doslej izmerjene količine kažejo na nihanje med 0,15 - 1,5 l/s.

Za oskrbo zaselka Konec pri Kanalskem Vrhu sta v bližnji grapi urejeni dve zajetji

(4) z najnižjo izmerjeno izdatnostjo 0,1 l/s. V zgornje zajetje se nateka voda ob prelomni coni, v spodnjega pa iz apnenčevega peščenjaka ob stiku s flišnim laporovcem. Poleg opisanih izvirov je na območju Kanalskega Vrha še nekaj presihajočih močil in izvirov.

Iz zajetja Lošček I in Lošček II (5 in 6) se s pitno vodo oskrbujejo Lohke. Njuna minimalna skupna izdatnost je 0,25 l/s, po večdnevem deževju pa naraste na 17,2 l/s (1.10.1984), tako da je razmerje  $Q_{min} : Q_{max} = 1 : 68$ . Ob deževju se izvira kalita in takrat voda tudi kemično ni primerna. Tudi bakteriološka oporečnost se spreminja v odvisnosti od pretočnih količin oziroma vremenskih pogojev. V zajetju Lošček I so bile ugotovljene fekalne bakterije, medtem ko je v Loščku II bakteriološka oporečnost pogojena s prevelikim številom živih bakterij. Zaledje izvirov še ni bilo natančneje opredeljeno.

Vzhodno od Lohk so trije manjši izviri z imenom Javorščica (7). Ob visokih vodah dajejo več litrov vode v sekundi, ob sušah pa niti 0,1 l/s. Na izvirih smo odvzeli dva bakteriološka vzorca. Obakrat je voda vsebovala fekalne bakterije.

Celotno flišno območje med Mrcinjami in Pri cerkvi je praktično brez izvirov. Zajetje št. 8 in šibak izvir pri Buckih (9) ob suši presahneti. Za popolnejši pregled hidroloških razmer omenjamo še stalno močilo Pri cerkvi (10), ki služi za napajanje živine in stalno stoječo vodo Mlako pod Mrcinjami.

Na flišnem pobočju pod robom planote se nad dolino Avščka nahaja še 5 izvirov. Najvišje v pobočju, na nadmorski višini 640 m, je izvir Pri cerkvi (11). Nihanje pretoka od 0,03 do 3 l/s kaže na njegov kraški značaj. Voda priteka iz obsežne karbonatne leče, delno pa iz peščeno-laporastega zaledja. Pognojeni travniki so vzrok za občasno prisotnost fekalnih bakterij v izviru. Kemično je voda primerna.

Na višini 600 m leži izvir Pri bukvah (12). Izvir je stalen, čeprav ni posebno izdaten. Ob srednje nizki vodi se je iz apnenčevega peščenjaka nacejalo okrog 0,15 l/s.

Približno v isti višini (585 m) leži studenec Mournik (13). Glede na svojo višinsko lego je sorazmerno izdaten. To ni presenetljivo, če upoštevamo, da se ob prelomu, ob katerem se nahaja, pretaka voda iz karbonatnih leč. Najnižjo izdatnost 0,2 do 0,3 l/s smo opazovali avgusta 1984. Največji doslej izmerjeni pretok pa je bil 11 l/s. Razmerje med  $Q_{min}$  in  $Q_{max}$  je 1:55. Voda je kemično primerna. Občasna bakteriološka oporečnost je razločljiva s pogojenimi njivami in travniki v njegovem zaledju.

Še bistveno večje nihanje izdatnosti je bilo ugotovljeno na izviru Zabrdno (14). Najnižji doslej zabeležen pretok je bil med 0,4 in 0,5 l/s, največji pa 43,2 l/s (razmerje 1:100). Ob nizkem in srednjem vodostaju priteka voda na dan na višini 545 m iz grušča v dnu dokaj izrazito oblikovane grape. Ob višjih vodah zaživi okoli 50 m nad njim občasni jamski bruhalnik Divja hiša. 12 m dolga jama se je oblikovala v skoraj vertikalni steni iz močno nagubanega, tanko plastnatega subvertikalno ležečega apnenčevega peščenjaka.

Voda zabrdskega studenca je bila analizirana dvakrat. Kemična analiza izkazuje primerno vodo, medtem ko je bila bakteriološko obakrat neprimerna. V vodi so bile najdene fekalne bakterije, hkrati pa tudi preveliko število živih bakterij.

## Požiralniki in ponikve

Najsevernejše ponikve v okolici Kanalskega Vrha ležijo že na pobočju nad Kanalom. Šibki izviri po kratkem površinskem pretakanju ponovno izginejo v tankih vložkih apnenčevega peščenjaka. Kot kaže, gre za ponikanje vode ob razširjenih lezikah.

Večji požiralnik (I) se nahaja na levi strani ceste Kanal - Kanalski Vrh tik pred Kanalskim Vrhom. Vanj izginja izvir na Mlaki (3). Ob dolgotrajnejšem deževju se vanj stekajo večje količine vode s celotnega flišnega zaledja dolink, ki se vlečeta jugovzhodno in severno od tod. Drugi večji in stalno aktivni požiralnik (II) leži nekaj deset metrov jugovzhodno od zajetja pri Mlaki (2). Nahaja se na flišnih kamninah v močno porušeni coni. V požiralnikih pri Mlaki lahko izginjajo v podzemlje sorazmerno majhne količine vode. Ob višjih in poplavnih vodah se voda razlije po travniku proti jugu do naslednjega požiralnika (III). Ta se nahaja že v apnencu neposredno na obrobju flišnega pokrova v močni prelomni coni. V dolinastem podaljšku, še kakih 600 m južneje, je vhod v nekdanji požiralnik, 334 m globoki Jazbenk.

V širši okolici Mrcinj najdemo občasni požiralnik le na območju Mlake (IV). Vanj izginja voda iz mlake pod Mrcinjami, v katero se izteka izvir nad Bucki (8), ob poplavnih razmerah pa vode s flišnih terenov med Ošlakarji in Humarji. Drugo požiralno območje (V-VII) se nahaja na južnem obrobju polja pod Mrcinjami. Vanj tečejo viški vode iz izvirov Lošček I in II (5, 6) ter Javorščice (7). Ob poplavih dobijo ponikalno funkcijo tudi številne globoke vrtače v flišu ali apnencu na obrobju flišnega pokrova.

Na koncu pregleda požiralnikov in ponikev moramo omeniti še stalno aktivno požiralno območje nad Ležino (VIII, IX) v levem pobočju Avščka. Vanj zginjajo vode Mournika (13) in Zabrda (14).

### Izviri in izvirna območja na obrobju globokega krasa v dolini Avščka

V dolini Avščka se med Dolenjim Avščkom in Ležino zvrstijo štiri izvirna območja in dva izvira. Izvir pri Okrogliču (15) s pretokom 0,1 l/s je glede na položaj in izdatnost nepomemben, zato ga ne bomo podrobno obravnavali.

Pod Kajžo je v krednih apnencih na desnem bregu Avščka prelivni kraški izvir (16) s pretokom nekaj deset l/s ob visokih vodah in 5-10 l/s ob srednjih vodostajih. Ob večjih sušah izvir tudi presahne.

Izvirno območje v Lazah (17) se nahaja okoli 450 m nad izvirom Kajža na višini okrog 210 m. Neposredno izpod močno pretrte apnenčeve stene priteka na dveh mestih od 4 - 5 l vode na sekundo. Ob visoki vodi oživi še tretji izvir, ki se nahaja nekoliko višje ob Avščku.

Nasproti Gorjupa sta na višini približno 225 m dva manjša izvira (18) s skupno izdatnostjo okoli 2 l/s. Voda priteka izpod podornega gruščja, ki sega vsaj še 30 m v poboč-

je. Levi, izdatnejši, je zajet za vodooskrbo Gorjupove in Bolterjeve kmetije.

Dobrih sto metrov nad Bolterjem se na višini 240 do 245 m nahaja na levem bregu Avščka še Bolterjev zdenec (19). Tudi tu priteka voda na dan izpod podornega gručča na številnih mestih na dolžini 50 do 60 m. Poleg najmočnejšega in najvišje ležečega izvira, ki priteka iz ozke poševne razpoke in so ga pred leti zajeli za oskrbo Avč, smo lahko določili še tri nekoliko bolj koncentrirane izvire in več očitno stalnih močil. Višje v gruččnatem pobočju se nahajajo še tri mesta, kjer izteka voda le ob zelo visokem vodostaju. Zaradi raztresenega iztekanja je merjenje celotne količine Bolterjevega zdenca težko izvedljivo. Primerjanje izmerjenih in ocenjenih količin kaže, da predstavlja raztreseno iztekanje okoli 40 % glavnega izvira. Najnižja doslej izmerjena količina vode pri Bolterjevem zdenecu je bila 3,5 l/s, najvišja pa ocenjena na 1000 l/s (Habič, 1982). Razmerje med  $Q_{min}$  :  $Q_{max}$  = 1 : 285. Temperatura niha med 7,5 in 10,4°C. In še en podatek je za razlago hidrologije Bolterjevega zdenca pomemben - ob visokih vodostajih je voda kalna. Tudi bakteriološko voda ne ustreza, bodisi zaradi prevelikega skupnega števila živih bakterij ali prisotnosti bakterij fekalnega izvora.

Izvir Ležina (20) z izdatnostjo 0,65 l/s priteka z desnega brega Avščka. Nahaja se v ožji coni Avškega preloma in se izteka iz debelozrnate tektonske breče. Ne vemo še, ali gre za pravo izvirno vodo ali le za del vode, ki lahko ponika nekoliko višje v grapi. Nizka temperatura vode pozimi - komaj 4°C - kaže na drugo možnost.

## IZVIR KAJŽA

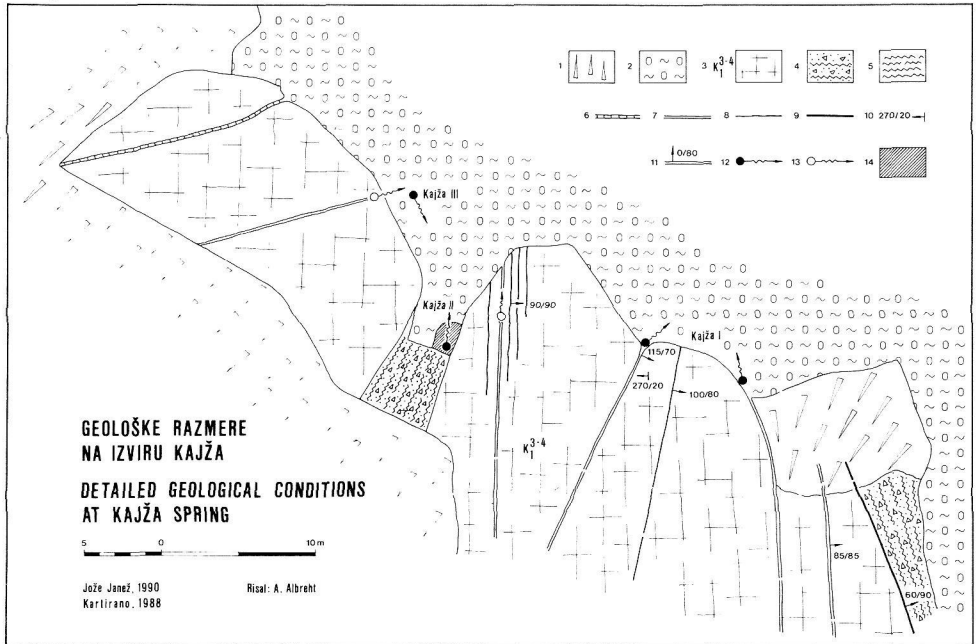
### Položaj in značilnosti izvira

Izvirno območje Kajža leži v dolini potoka Avščka, nekaj več kot 2 km jugovzhodno od Avč. Sestavljajo ga trije izviri na nadmorski višini 191 m (sl. 2). Ob visokih vodah zaživijo še nekatere višje ležeče odprte razpoke. Vse tri izvire pogojuje stik krednih apnencev z okoli 20 m široko zdrobljeno cono Avškega preloma, ki poteka po dolini Avščka. Sama dolina je še dodatno zapolnjena z več metrov debelim fluvialnim močno zaglinjenim srednje in debelozrnatim prodromom. Fluvialni nanos je v glavnem slabo prepusten ali neprepusten, razen najvišje plasti (20 do 50 cm), ki je sestavljena iz čistejšega proda in gručča.

Zanimivost kraškega pretakanja pri Kajži je, da ob visokih vodah zaživi nekaj sicer suhih izvirov, ki ležijo v dolžini 150 m nizvodno na levem bregu Avščka, torej je kota visokovodnih prelivnih izvirov nižja od stalnih izvirov Kajža.

Večji del vode na izviru Kajža I priteka iz do 15 cm široke odprte razpoke (vpad 115/70) (sl. 3), manjši pa iz stranske razpoke, ki je bolj zapolnjena z materialom različnih frakcij. Kajža II je vezana na okoli 3 m široko porušeno in zdrobljeno cono. Voda izvira iz kraškega kanala širokega okoli 1 m, ki je zasut s čistim prodrom debeline do 15 cm (sl. 4). Kajža II deluje kot preliv za višje vode kraške akumulacije. Prvotni položaj izvira,

pred gradbenim izkopom, je bil več metrov stran od skalnega roba sredi prodnih naplavin. Del vode se je torej pretakal skozi vrhnji del aluvialnega nanosa. Enako je bilo z izviro Kajža III, ki je, kot se je pokazalo po izkopu, vezan na 10 cm odprto razpoko in tudi deluje kot visokovodni preliv.

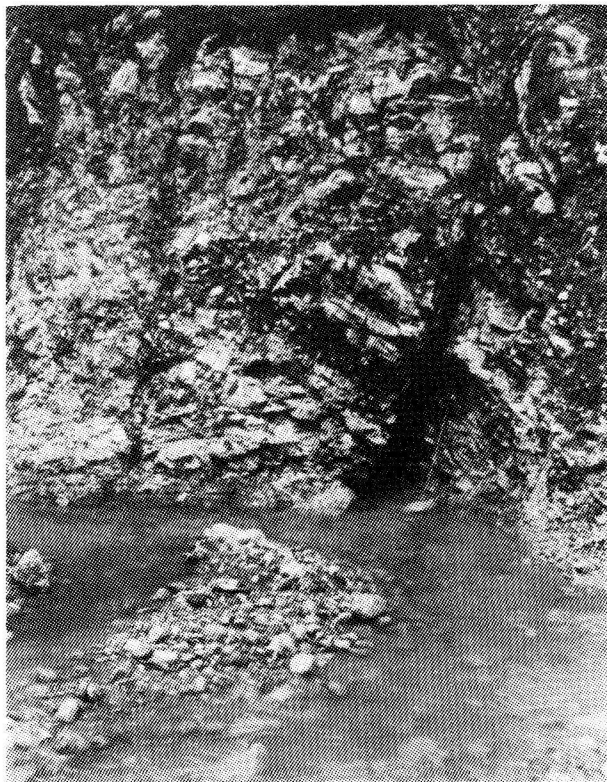


Sl. 2: Geološka razmere na izviru Kajža. 1 - pobočni grušč, 2 - močno zaglinjen prod, 3 - sivi, 3 - zrnati, masivni ali slaboplastnati apnenec, 4 - zdrobljena cona, tektonska brečca, 5 - porušena cona, 6 - razpoka, zapolnjena z glino, 7 - odprta razpoka, 8 - razpoka, 9 - prelom, 10 - vpad plasti, 11 - vpad razpoke, 12 - stalen izvir, 13 - občasen bruhalnik, 14 - s prodrom zapolnjen kraški rov

Fig.2: Detailed geological conditions at Kajža spring. 1 - slope rubble, 2 - well clayey gravel, grey, grained, non-bedded or poorly bedded limestone, 4 - crushed zone, tectonic breccia, 5 - broken zone, 6 - fissure, filled with clay, 7 - open fissure, 8 - fissure, 9 - fault, 10 - strike of beds, 11 - strike of fissure, 12 - permanent spring, 13 - periodical effluent, 14 - karst channel filled up with gravel

### Dosedanje raziskave izvira Kajža

Prve dokumentirane raziskave na izviru Kajža je izvedel Habič (1966). Visoke vode Kajže je ocenil na  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  in Bolterjevega zdenca na največ 100 l/s. Izdelal je tudi krajše kemične analize. Habič (1982) ugotavlja, da je dajal izvir Kajža po močnem deževju oktobra 1980  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  vode. Nadalje je ugotovil, da daje Bolterjev zdenec ob nizki vodi le nekaj l/s, ob visokih vodah pa okrog  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kajža in Bolterjev zdenec naj bi imela stalno razliko v temperaturi (Kajža  $9,8^\circ\text{C}$ , Bolterjev zdenec  $10,2^\circ\text{C}$ ).



Sl. 3: Izvir Kajža I. Kraška voda izteka iz odprte razpoke v spodnjekrednem apnencu.

Foto: Jože Janež

Fig.3: Spring Kajža I. Karst water takes it's spring from an open fissure in lower Cretaceous limestone. Foto: Jože Janež

Med sledenjem ponikalnic na Kanalskem vrhu v letu 1986 je Habič (1987) meril pretok na prelivu zajetega izvira Kajža I od 2.6. do 13.6.1986. V deževnem obdobju so pretoki nihali med 40 in 170 l/s.

### **Hidrološke raziskave izvira Kajža**

Z občasnimi meritvami pretoka na izviru Kajža (izvajali so jih Vodno gospodarstvo Nova Gorica, Krajevna skupnost Kanal in RŽS Idrija) se je pričelo že leta 1983 in se nadaljevalo skozi vse leto 1984. Tabela meritev v letu 1984 (tabela 1) dobro prikazuje vse pomanjkljivosti občasnih merjenj. Edina uporabna informacija je najmanjši izmerjeni pretok (28.7.1984 - 15 l/s). Ne dobimo pa nikakršne predstave o pretočnem režimu, odvisnosti od padavin, načinu praznjenja, trajanju pretokov, izpuščene so meritve najnižjih in najvišjih pretokov.



Sl. 4: Izvir Kajža II med gradnjo zajetja. Voda priteka iz zasutega kraškega rova ob robu 3 do 4 m široke pretrte cone v spodnjekrednem apnencu. Foto: Jože Janež

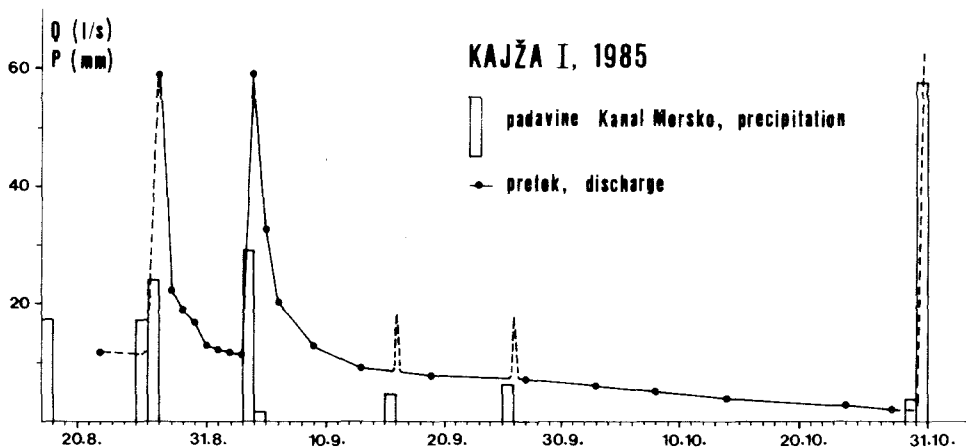
Fig.4: Spring Kajža II. Water flows out of the filled up karst channel at the edge of the 3 - 4 m wide broken zone in lower Cretaceous limestone. Foto: Jože Janež

Tabela 1: Pretoki izvira Kajža I v letu 1984

Datum	Pretok (l/s)	Temp. (°C)	Datum	Pretok (l/s)	Temp. (°C)
12.03.	50	8.5	07.08.	19	
10.05.	90		08.08.	19	
14.05.	48		11.08.	19.2	
04.07.	18		19.08.	26	
08.07.	20		14.09.	120	
15.07.	19		01.10.	95	8.5
19.07.	17		02.10.	90	
23.07.	19		26.10.	69	8.5
28.07.	159		27.12.	72	8.0
05.08.	20				



Poleti in jeseni leta 1985 so bile meritve tedenske. Vendar je tu pomanjkljivost redkih meritev ublažena z dejstvom, da je šlo za dolgo obdobje upadanja kraških voda od 4.9.1985 do 29.10.1985, torej 55 dni. Vmes so na dežemerni postaji Kanal- Morsko samo dvakrat zabeležene manjše padavine. Hidrogram za leto 1985 (sl. 5) kaže na zelo hiter odziv izvira na padavine. Glede na čas meritve padavin (ob 8.00 uri zjutraj za prejšnji dan) in čas meritve pretoka (dopoldne) smo sklepali, da je reakcijski čas izvira manjši od 12 ur.



Sl. 5: Pretok izvira Kajža I v letu 1985

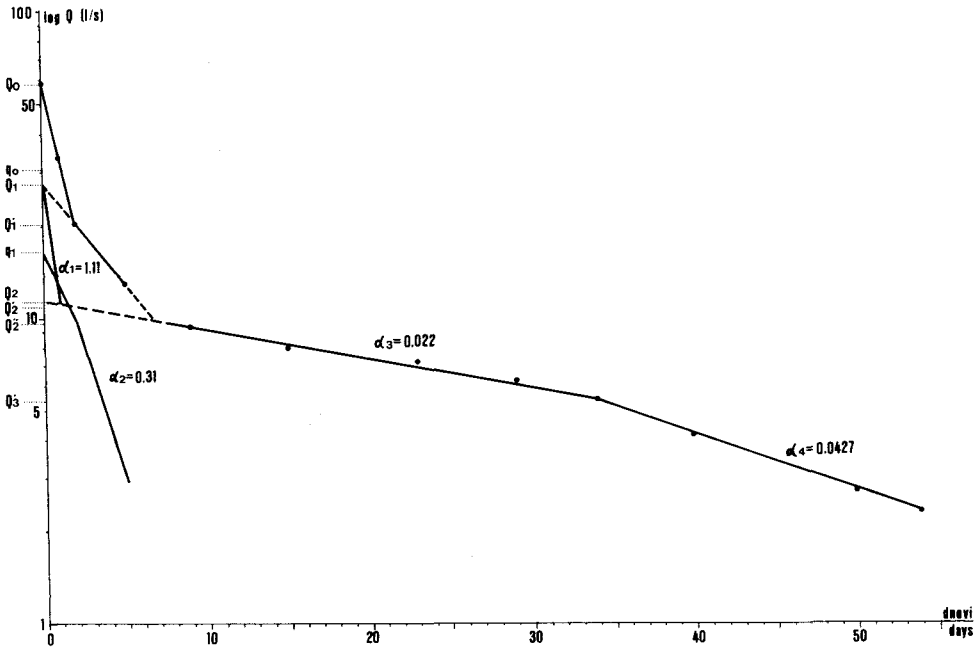
Fig.5: Discharge of the Kajža I spring in 1985

V letu 1985 je bil merski profil postavljen še na starem zajetju. Tako so merjeni in na sl. 5 prikazani samo pretoki izvira Kajža I. Najmanjši izmerjeni pretok Kajže I 2,9 l/s je bil zabeležen 28.10.1985. Izvir Kajža II je imel takrat pretok 2,3 l/s, iz izvira Kajža III pa je teklo 1,8 l/s. Skupni pretok Kajže je torej 28.10.1985 znašal 7,0 l/s, kar so najnižje doslej izmerjene količine.

Dokaj pogoste meritve pretokov med 27.8. in 28.10.1985 nam omogočajo analizo praznjenja kraškega vodonosnika (Mijatović, 1968). Prvo praznjenje je potekalo od 27.8. do 3.9.1985, t.j. 7 dni. Potekalo je v treh podrežimih. Prvi podrežim je trajal 1 dan; pretok izvira je upadel z 59 l/s na 22,4 l/s. Drugi podrežim je trajal 3 dni; pretok izvira je v tem času upadel na 13 l/s. V naslednjih treh dneh se je pretok izvira znižal na 11,5 l/s. Koeficienti praznjenja so:  $\alpha_1 = 2,5$ ,  $\alpha_2 = 0,45$  in  $\alpha_3 = 0,040$ . V sedmih dneh je izteklo  $11.521 \text{ m}^3$  vode, kar da povprečni pretok 19,05 l/s.

Drugo praznjenje je bilo dolgo kar 55 dni, od 4.9. do 29.10.1985 (sl. 6). Izločimo lahko štiri podrežime:

1. podrežim: od 59 do 20,6 l/s; trajanje 2 dni,  $\alpha_1 = 1,11$
2. podrežim: od 20,6 do 9,8 l/s; trajanje 5 dni,  $\alpha_2 = 0,31$
3. podrežim: od 9,8 do 5,4 l/s; trajanje 27 dni,  $\alpha_3 = 0,022$
4. podrežim: pod 5,4 l/s,  $\alpha_4 = 0,043$



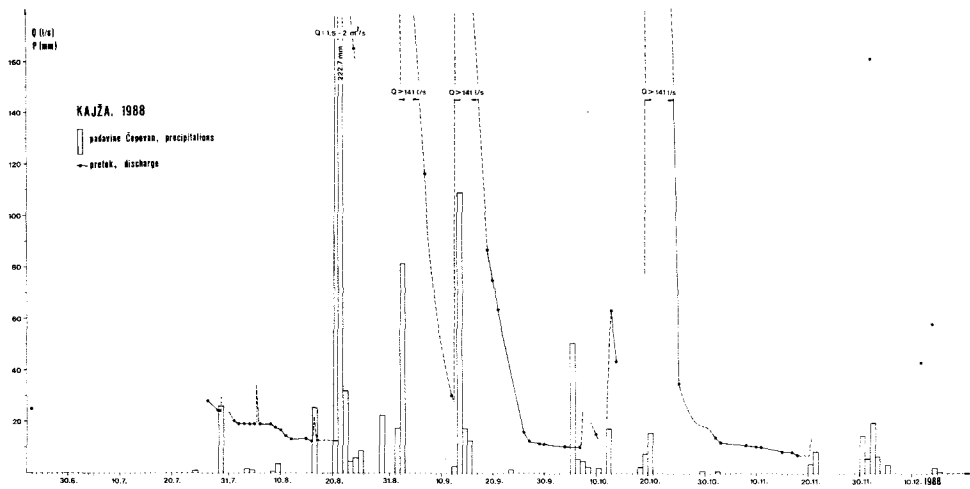
Sl. 6: Kajža I - praznjenje 4.9. - 28.10.1985

Fig.6: Kajža I discharge during recession from 4.9. to 28.10.1985

Presenetljivo dejstvo, da je  $\alpha_4 > \alpha_3$  lahko razložimo z majhnimi padavinami (15.9. - 4,5 mm; 26.9. - 6,7 mm) zabeleženimi na dežemerni postaji Kanal, ki so očitno precej zaustavile upadanje pretoka v tretjem podrežimu. To razlago potrjuje tudi velika podobnost med  $\alpha_3$  prvega praznjenja (27.8. - 3.9) in  $\alpha_4$  drugega praznjenja. Dinamične rezerve so v začetku praznjenja znašale  $62.737 \text{ m}^3$ , po 54 dneh, ko je bil pretok izmerjen zadnjič pred dežjem, pa še  $4654 \text{ m}^3$  vode. V 54 dneh, od 4.9. do 28.10.1985, je skozi Kajžo I izteklo  $58.083 \text{ m}^3$  vode, kar pomeni poprečni pretok  $12,45 \text{ l/s}$ . Če bi se praznjenje nadaljevalo z  $\alpha_4 = 0,043$ , bi izvir presahnil po 125 dneh po začetku upadanja.

V juniju leta 1988 smo namestili Thompsonov preliv v strugi okoli 30 m pod izviro Kajža III, pred izlivom v potok Avšček. Meritve so ob občasni kontroli izvajali delavci SGP Primorje. Thompsonov preliv je omogočal meritve do prelivne višine 40 cm oziroma količine  $141 \text{ l/s}$ . Pretoki so bili bolj ali manj redno merjeni predvsem ob nizkih vodah. Za primerjavo pretoka Kajže in padavin na Banjški planoti smo uporabili podatke dežemerne postaje Čepovan (sl.7).

Opazovanja v letu 1988 so ponovno pokazala, da se izvir odzove na padavine izredno hitro. V tem pogledu je značilen odziv na zelo močne padavine 21.8.1988. Deževati je začelo 20.8. pred polnočjo, višek padavin pa je bil 21.8. v zgodnjih jutranjih urah. Izvir je dal največ vode (po oceni  $1,5 - 2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) že 21.8. zjutraj, po izjavah prisotnih delavcev SGP Primorje okoli tri ure po višku padavin. Takrat so oživele kraške luknje, ki jih prej



Sl. 7: Pretok izvira Kajža in padavine na dežemerni postaji Čepovan v letu 1988

Fig. 7: The Kajža spring discharge and precipitations at rain gauging station Čepovan in 1988

ni bilo videti, najvišja okoli tri metre nad izvirom Kajža II. Popoldne 21.8. so pretoki že upadli na tretjino jutranjih. Intenzivne padavine so povzročile, da je potok Avšček poplavljal celotno dolino. Največji pretok Avščka so ocenili na 4 do 5 m<sup>3</sup>/s.

V Čepovanu je višek padavin nastopil nekoliko kasneje (verjetno 21.8. dopoldne, 222,7 mm padavin 21.8. je bilo odčitanih 22.8. ob 7.00 uri).

Zanimiv pojav se je pripetil 5.8.1988. Tisti dan je imel izvir Kajža I 19 l/s pretoka, Kajža II pa je bil med gradbenimi deli zajezen in ni prelival. Popoldne med 13.00 in 14.00 uro je pričel izvir Kajža II prelivati okoli 15 l/s (ocena delavcev SGP Primorje). Voda je bila kalna. Pri tem se pretok Kajže I ni vidno povečal. Pojav je trajal okoli 30 min, nato je izvir Kajža II spet presahnil. Pojav je gotovo v zvezi z majhnimi padavinami, ki so bile v Čepovanu zabeležene 4.8. in 5.8.

Med 27.7.1988, ko smo začeli spremljati pretoke Kajže in 20.11.1988, ko smo z rednim spremljanjem prenehali, so nastopila tri obdobja upadanja voda. Najdaljše je bilo med 21.10. in 21.11. (30 dni) - vmes je bilo zabeleženo le 1,5 mm dežja. Pretok izvira se je z več sto l/s zmanjšal na 7 l/s. Med 16.9. in 6.10. (20 dni) je padlo le 1,1 mm padavin. Izvir je upadel na 10,2 l/s. Na močne padavine (50,6 mm) zabeležene 6.10. v Čepovanu ni odgovoril, kar kaže na to, da v bližnjem zaledju (Banjšice) dežja najbrž ni bilo. Zato smatramo, da dežemerna postaja Čepovan ne odraža najboljše padavinskih razmer v hidrološkem zaledju izvira Kajža. Enako velja tudi za postajo Kanal (Morsko). Zares merodajne podatke bi dal le nov dežemer, postavljen na Banjšicah.

Iz podatkov o znižanju gladine vode na samem izviru oziroma merskem prelivu smo izračunali navidezno transmisivnost kraškega vodonosnika pri izviru po metodi "čas - znižanje". Za prvi podrežim smo uporabili podatke praznjenja od 2. do 13.6. 1986 (Habič,

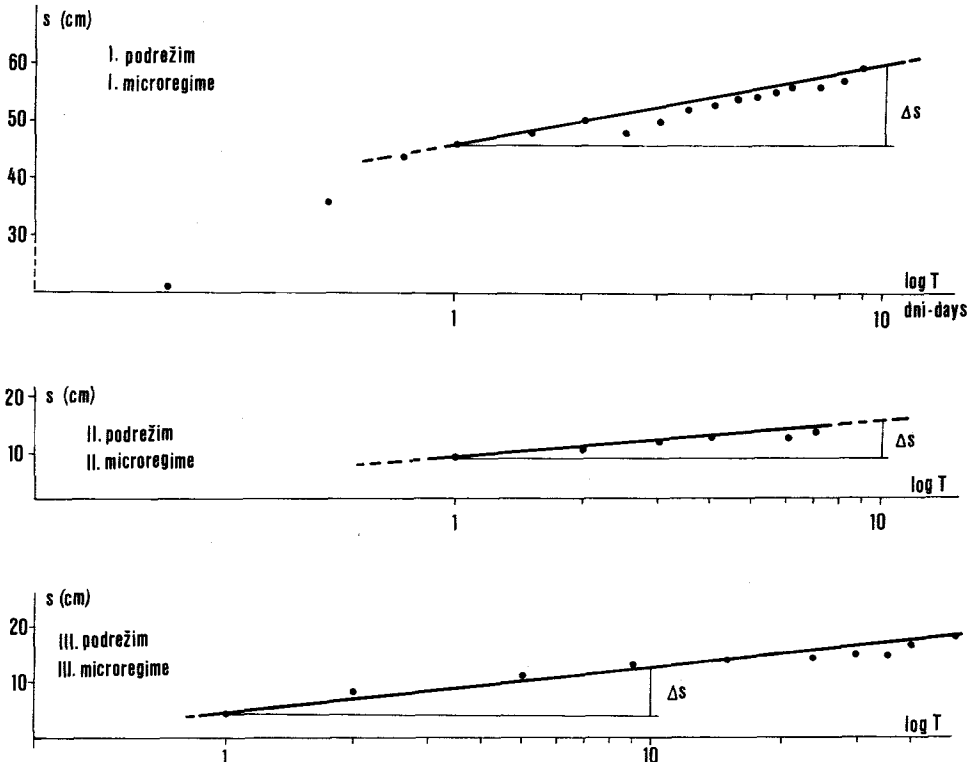
1987), za drugi podrežim podatke praznjenja med 27.8. in 3.9.1985 in za tretji podrežim meritve med 4.9. in 28.10.1985 (sl. 8).

- I. podrežim, praznjenje kraških kanalov  
srednji pretok,  $Q_{sr} = 0,0851 \text{ m}^3/\text{s}$   
znižanje,  $ds = 0,16 \text{ m}$

$$\text{navidezna transmisivnost TaI} = \frac{0,183 * Q_{sr}}{s} = 8409 \text{ m}^2/\text{dan}$$

- II. podrežim  
 $Q_{sr} = 0,0208 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $ds = 0,06 \text{ m}$   
 $Ta \text{ II} = 5481 \text{ m}^2/\text{dan}$

- III. podrežim,  
 $Q_{sr} = 0,0073 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $ds = 0,08 \text{ m}$   
 $Ta \text{ III} = 1443 \text{ m}^2/\text{dan}$



Sl. 8: Kajža - izračun navidezne transmisivnosti iz znižanja gladine na izviru po Jacobovi metodi "čas-znižanje"

Fig. 8: Kajža - virtual transmissibility calculation from the spring water table drawdown data using Jacob's method "time - drawdown"

S kartiranjem razpok ob izviru (sl. 2) lahko po Tomiču (1981) izračunamo tudi efektivno poroznost kraškega vodonosnika v predelu izvira. Izhajamo iz naslednjih podatkov:

število odprtih razpok	$N = 5$
razdalja, na kateri merimo razpoke	$l = 35 \text{ m}$
skupna odprtina razpok	$B = 1,4 \text{ m}$
srednja odprtina razpoke	$b = \frac{B}{N} = 0,28 \text{ m}$
gostota razpok	$G = \frac{N}{l} = 0,143/\text{m}$
efektivna poroznost	$n_e = b \times G = 0,04 = 4 \%$

Od začetka decembra 1988 do konca februarja 1989 je trajalo eno najbolj sušnih obdobjev zadnjih desetletij. Dva in pol meseca ni bilo nikakršnih padavin. Pretokov Kajže v tem obdobju nismo več redno spremljali. Na izviru je že bilo izdelano novo zajetje. 15.2.1989, po 71 dneh upadanja, je bil na izviru izmerjen pretok 11,2 l/s, kar je za 50 % več kot je bil najnižja izdatnost v letu 1988. Z izdelavo globokih temeljev zajetja v zaglinjen prod smo verjetno preprečili izgubljanje vode iz kraškega vodonosnika neposredno v prodni dolinski zasip.

### Črpalni poskus

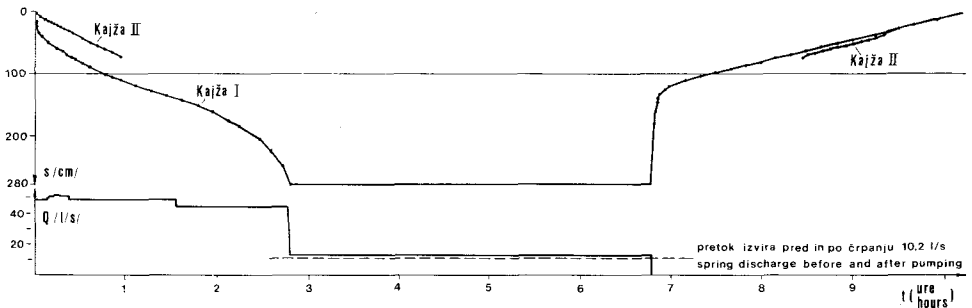
V začetku septembra 1988 smo izkopal na izviru Kajža I gradbeno jamo globine 3,0 m in premera 2-3 m. Izkop je pokazal, da dolinski zasip sestoji iz močno zaglinjenega, zbitega in kompaktnega proda z lečami gline. Prodno-glinasta naplavina je neprepustna. Gradbeni izkop je v dnu dosegel skalnato pobočje.

Dne 4.10.1988, po osemnajstih dnevih brez padavin, je znašal skupni pretok vseh treh izvirov Kajža 10,2 l/s. Nizek vodostaj je omogočal izvedbo poskusnega črpanja na izviru. Črpanje je z razpoložljivo opremo izvedlo SGP Primorje, ob naših merjenjih. Izdatnost črpalke smo merili na Thompsonovem prelivu, znižanje gladine v izvirih Kajža I in Kajža II pa s postavljenimi merilnimi letvami. Črpanje smo pričeli 4.10. ob 8.45. Ob 10.59 je prišlo do okvare kompresorja in nadaljnje črpanje ni bilo mogoče. V 134 minutah se je, ob povprečnem pretoku črpalke 48,3 l/s, gladina v izviru Kajža I znižala za 182 cm.

Od 6.10.1988 naprej je sledilo nekaj padavin, po katerih je pretok Kajže toliko narasel, da črpanje ne bi imelo smisla. Po 20.10. je sledilo sušno obdobje in 11.11., po 19 dneh, je pretok spet padel na 10,2 l/s. Tako smo drugo črpanje izvajali v enakih hidroloških pogojih kot prvič. Po 2 urah in 48 minutah s pretokom 48,3 in 43,7 l/s se je gladina

znižala do dna gradbene jame (znižanje 280 cm). Od tega trenutka naprej je črpalka 4 ure vzdrževala suho gradbeno jamo s pretokom 11,8 l/s, kar je 1,6 l/s (15,6 %) več od izdatnosti izvira pred črpanjem.

Gladina v izviru Kajža II, ki je služil kot naravni piezometer, se je začela zniževati praktično istočasno, vendar počasneje. Znižanje na Kajži II smo lahko merili le do globine 70 cm. Globlje merjenje ni bilo izvedljivo, ker je izvir zasut s prodrom. Izvir Kajža III je presahnil hitro po pričetku črpanja. S tem je bila dokazana direktna hidravlična povezanost vseh treh izvirov. Med kratkotrajnim črpanjem smo opazovali tudi Bolterjev zdenec, ki na znižanje gladine v Kajži ni reagiral. Prav tako nismo opazili sprememb v pretoku izvira pod Kajžo na desni strani doline. Dviganje nivoja Kajže je trajalo 2 uri in 7 minut. Pretok izvira je dosegel po črpanju začetno količino 10,2 l/s (sl. 9).



Sl. 9: Kajža - diagram poskusnega črpanja 11.11.1988

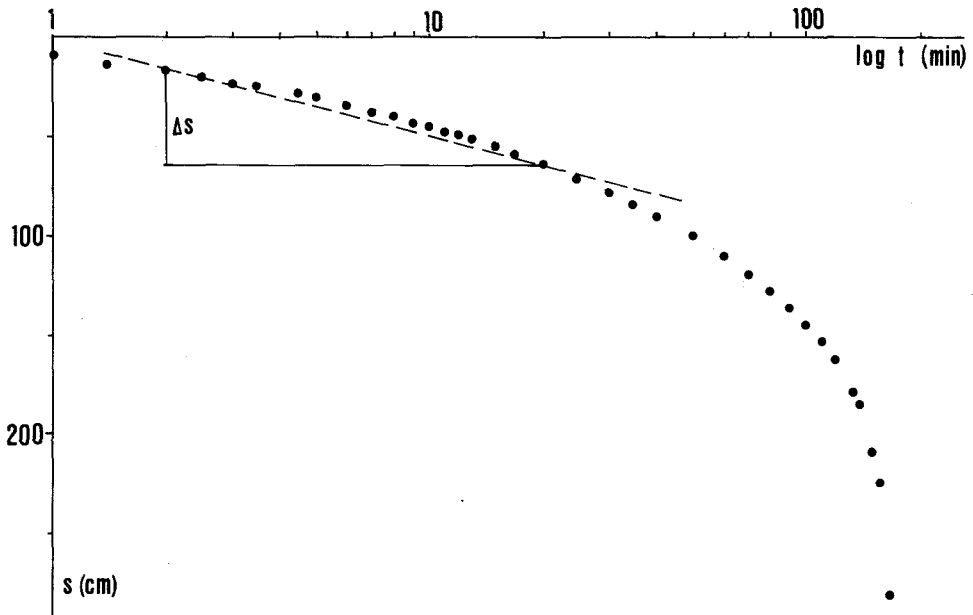
Fig.9: Kajža - diagram of pumping test carried out on 11.11.1988

Iz podatkov črpanja (znižanja in dviga gladine) smo izračunali navidezno transmisivnost. (sl.10, tabela 2). Dobljene vrednosti se dobro ujema z vrednostjo, izračunano iz podatkov naravnega znižanja gladine na izviru v obdobju 4.9. - 28.10.1985 med zadnjim podrežimom praznenja.

Tabela 2: Navidezna transmisivnost

Izvor podatkov za izračun	Navidezna transmisivnost
upadanje 4.9. - 28.10.1985	$1,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} = 1443 \text{ m}^2/\text{dan}$
črpanje (diag. $s = f(\log t)$ )	$1,73 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} = 1497 \text{ m}^2/\text{dan}$
dvig gladine ( $s = f(\log t)$ )	$1,77 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} = 1528 \text{ m}^2/\text{dan}$

Sicer nestandarden črpalni poskus je nakazal nekatere značilnosti kraškega in hidravličnega sistema Kajže. Izrazita sprememba smeri krivulje znižanja gladine (sl. 10) kaže na bližino manj prepustnega območja. Vsaj v neposrednem zaledju Kajže najbrž ni obsežnejše kraške akumulacije, temveč voda doteka po razmeroma ozkem sistemu odprtih in razširjenih razpok ali kraških kanalov.



Sl. 10: Kajža I - zniževanje gladine med poskusnim črpanjem

Fig.10: Kajža I - water table drawdown during pumping test

### Fizikalno kemične lastnosti Kajže

Izmerili in zbrali smo 41 podatkov o občasnih meritvah temperature izvira Kajža do leta 1989. Največji del meritev je opravljen v poletnih mesecih. Dobljeni rezultati nam omogočajo samo najosnovnejšo statistično obdelavo ( $T_{max} = 11,9^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{min} = 7,0^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{sr} = 9,7^{\circ}\text{C}$ ).

Tabela 3: Srednje mesečne temperature izvira Kajža

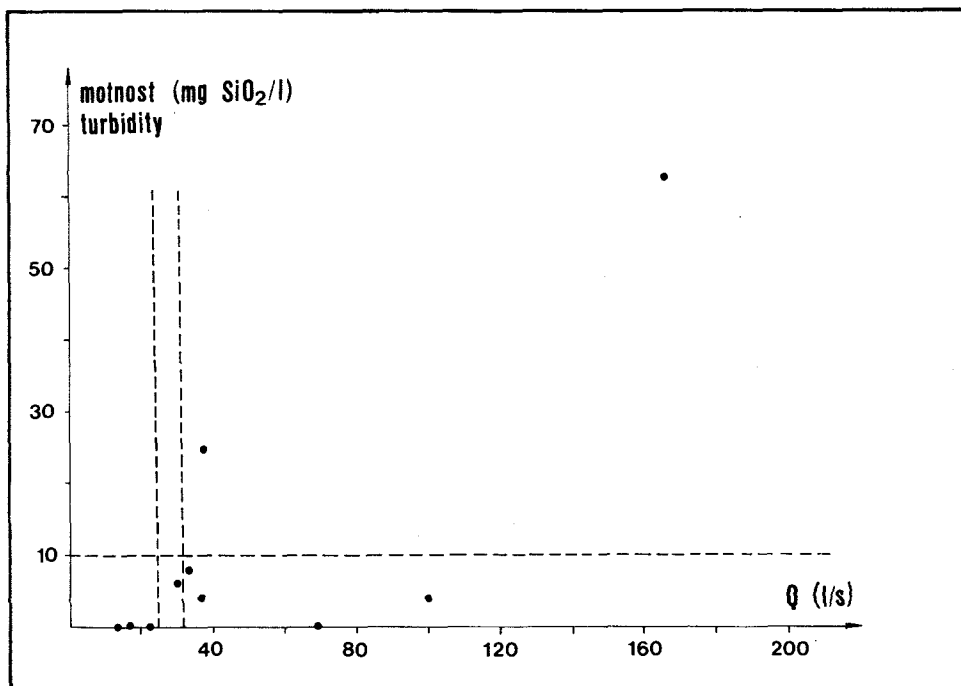
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8,0	-	-	7,7	9,3	-	(9,9)	9,5	10,0	10,1	9,4	9,1

Temperatura vode je odvisna od letnega časa in znotraj krajših časovnih obdobj tudi od pretoka. S porastom izdatnosti izvira vsaj poleti naraste tudi temperatura, vendar le za 0,5 do 1 $^{\circ}\text{C}$ . Tako je imela Kajža 17.8.1988 9,9 $^{\circ}\text{C}$ , po padavinah in povečanju pretoka pa je temperatura 24.8.1988 narastla na 10,5 $^{\circ}\text{C}$ . Dnevni nihanji temperature zaradi spremembe temperature zraka nismo zaznali in tudi ne nekaterih značilnih razlik v temperaturi med izvirom Kajžo in Bolterjevimi zdencem.

V letih 1983 do 1988 je bilo na motnost analiziranih 27 vzorcev. Žal niso bili pri

vezorčevanju vedno merjeni tudi pretoki izvira, kar precej zmanjšuje vrednost določitve motnosti. Osnovni statistični rezultati motnosti so:

analiziranih vzorcev		$N = 27$	
čistih vzorcev	$M = 0 \text{ mg SiO}_2/\text{l}$	$N_1 = 15$	55,5 %
pod MDK za pitne vode	$M \leq 10$	$N_2 = 21$	77,7 %
srednja motnost	$M_{sr} = 25,8$		
največja motnost	$M_{max} = 487$		



Sl. 11: Odvisnost med pretokom in motnostjo izvira Kajža

Fig.11: Dependence between discharge and turbidity of the Kajža spring

Na motnost vpliva porast pretoka izvira, oziroma padavine v zaledju. Iz slike 11 lahko sklepamo, da pade motnost pod MDK (maksimalna dovoljena koncentracija za pitne vode) pri pretoku izvira med 30 in 35 l/s, popolnoma pa se voda očisti pri pretokih pod 25 l/s. Voda se skali po vsakih padavinah, po večjem deževju je kalna že na oko. Največja izmerjena motnost je bila kar 487 mg SiO<sub>2</sub>/l. Tri dni po višku padavin in največjem pretoku Kajže je 24.8.1988 motnost še vedno znašala 63 mg SiO<sub>2</sub>/l.

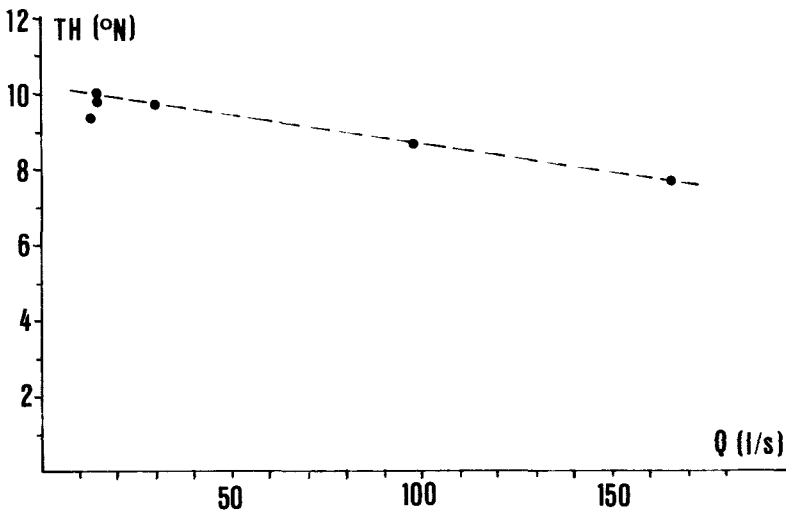
Trajanje obdobja z motnostjo večjo od MDK je odvisno predvsem od velikosti in trajanja padavin. Iz diagrama pretokov Kajže (sl. 7) lahko sklepamo, da so pri večjih



padavinah ta obdobja dolga 8 do 12 dni. Točnejše odvisnosti motnosti od pretokov oziroma padavin bi dobili le s pogostejšim vzorčevanjem in sočasnimi meritvami pretoka.

Kemični pokazatelji organskega onesnaženja dajejo ugodno sliko o kvaliteti izvira. Amonijak ni v nobenem vzorcu (doslej 26 vzorcev) presegel MDK (0,1 mg N/l). Največja določena koncentracija je bila samo 0,02 mg N/l. Nitriti so med 26. analizami enkrat presegl MDK (0,005 mg N/l) s koncentracijo 0,038 mg N/l. Nitrati so bili določeni (6 analiz ob različnih vodostajih) v koncentracijah do 2 mg N/l (MDK = 10 mg N/l). Poraba  $\text{KMnO}_4$  se giblje med 3 in 7,9 mg/l. Najmanjša je običajno pri srednje nizkih vodah, nekoliko naraste pri zelo nizkih pretokih, največje vrednosti pa so zabeležene v vzorcih odvzetih po deževju.

Kloridi se gibljejo med 2,8 in 14 mg/l. Sulfati so bili določeni v koncentracijah od 2,8 do 8,1 mg/l. Oba aniona ne vplivata na kvaliteto pitne vode. Tudi fosfati, analizirani sicer samo dvakrat, so določeni pod MDK.



Sl. 12: Odvisnost med pretokom in skupno trdoto izvira Kajža

Fig.12: Dependence between discharge and total hardness of Kajža spring

Voda izvira Kajže spada med mehke do zmerno trde vode. Skupna trdota niha med 7,6 in 10,0 °NT. Večji del, 84 do 99,3 %, predstavlja karbonatna trdota. Kalcij je določen v koncentracijah od 52,1 do 67,1 mg/l in močno prevladuje nad magnezijem, ki ga je le 0,43 do 4 mg/l. Zato je razmerje Mg/Ca (v meq) zelo nizko in niha od 0,04 do 0,10, kar kaže na zelo čisto apnenčevo zaledje. Hidrokarbonatni ion niha od 140 do 209 mg/l. Kajža ima vodo kalcijevo-hidrokarbonatnega tipa. Nobeden od drugih ionov ne doseže 10 %.

Koncentracije kalija med 0,7 in 1,2 mg/l so običajne za naše kraške vode. Nekoliko več, do 8 mg/l, je natrija.

Zavod za zdravstveno varstvo - Center za varstvo okolja Maribor je izdelal razširjeno kemijsko analizo vzorca Kajže, odvzetega 13.6.1988. Poleg standardne analize so bili določeni še:

- fenolne snovi (skupne) - pod MDK
- redki elementi in težke kovine  $\text{Cr}^{6+}$ , Al, As, Cu, Ba, Be, B, Zn, Cd, Co,  $\text{Cr}^{3+}$ , Mn, Mb, Ni, Se, Ag, Pb, Fe, Hg) -vsi pod MDK
- pesticidi - pod MDK
- policiklični aromatski ogljikovodiki - pod MDK
- lahkohlapne organske snovi - pod MDK

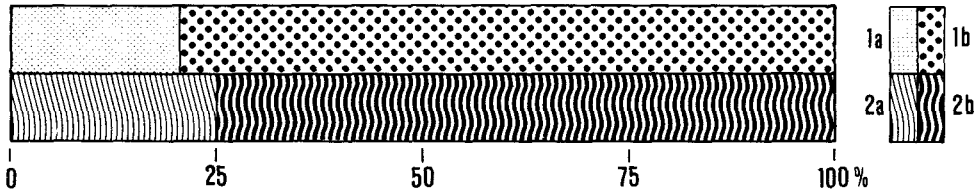
Za ugotavljanje odvisnosti v pojavljanju in koncentracijah posameznih komponent kemične sestave potrebujemo istočasne podatke o koncentracijah, pretokih izvira in padavinah v zaledju. Občasno odvzeti vzorci nam ne morejo dati podatkov za trdnjše sklepe. Iz dosedanjih analiz Kajže je razvidno:

- da niha temperatura izvira v odvisnosti od letnih časov, znotraj krajših časovnih obdobij pa nanjo vpliva tudi pretok,
- motnost je v izraziti odvisnosti od pretoka, oziroma padavin,
- pri sulfatih se kaže premosorazmerna odvisnost od pretokov, pri kloridih pa nekoliko manj,
- pri nitratih se kaže težnja k povečanju koncentracije v daljših obdobjih upadanja in po hitrih dvigih pretoka,
- s povečanjem pretoka po deževju znatno upadejo skupna in karbonatna trdota, hidrokarbonati, kalcij, magnezij in tudi kloridi, zvišajo pa se temperatura, sulfati in kemična potreba po kisiku.

### **Bakteriološka kvaliteta Kajže**

Poleg motnosti je bakteriološka oporečnost največja ovira pri zagotavljanju kvalitete pitne vode iz izvira Kajža. Med leti 1983 in 1988 je bilo odvzetih skupaj 24 bakterioloških vzorcev. Med njimi je pet (20,8 %) neoporečnih. 75 % vzorcev vsebuje bakterije fekalnega izvira (sl. 13).

Bakteriološka kvaliteta izvira je v tesni zvezi z dežjem v zaledju in pretokom izvira. Slika 14 kaže močan porast MPN skupnih koliformnih bakterij in skupnega števila aerobnih mezofilnih bakterij po hitrem povečanju pretoka izvira. Z upadanjem pretoka se zmanjšuje tudi bakteriološka onesnaženost. Bakteriološka oporečnost je dosedaj ugotovljena do pretoka 19 l/s, pri manjših pretokih pa je bil izvir neoporečen (sl. 15).



Sl. 13. Bakteriološka kvaliteta Kajže med leti 1983 in 1988. 1a - neoporečni bakteriološki vzorci, 1b - oporečni bakteriološki vzorci, 2a - vzorci brez bakterij fekalnega izvora, 2b - vzorci z bakterijami fekalnega izvora

Fig.13: Bacteriological quality of the Kajža spring between 1983 and 1988. 1a - suitable bacteriological samples, 1b - unsuitable bacteriological samples, 2a - samples without faecal bacteria, 2b - samples with faecal bacteria

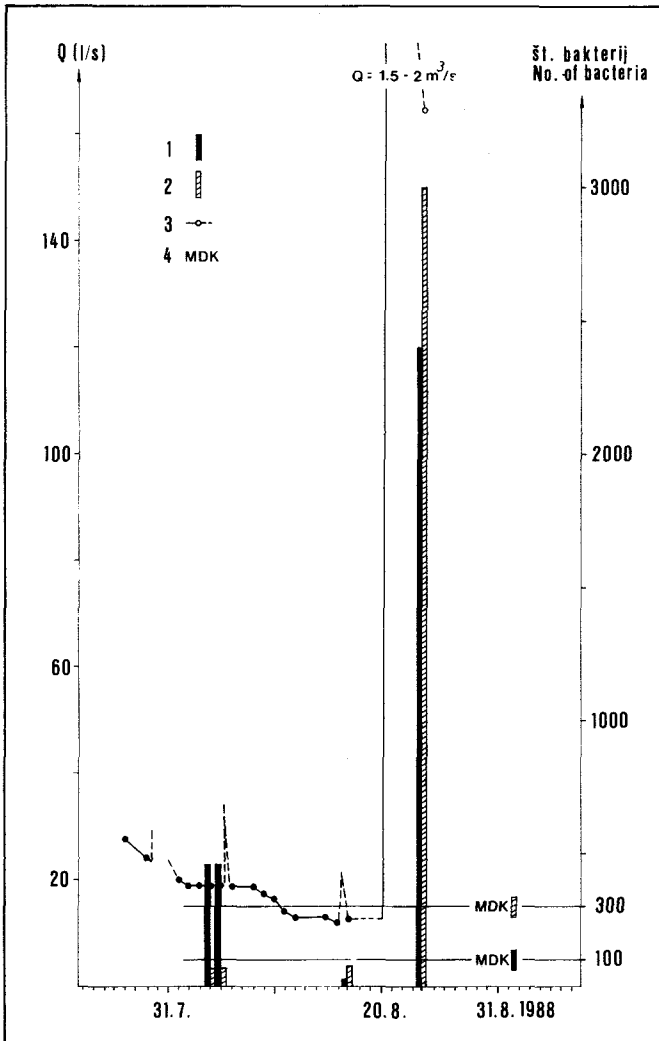
Na podlagi dosedaj odvzetih vzorcev ni mogoče sklepati na odvisnost med bakteriološko kvaliteto Kajže in letnim časom, ki bi lahko kazala na povečano onesnaženje v posameznih letnih obdobjih. Oporečni vzorci se dokaj enakomerno pojavljajo skozi vse leto.

## HIDROLOŠKO ZALEDJJE IZVIRA KAJŽA

Površino hidrološkega zaledja kraškega izvira določamo na osnovi geoloških in hidrogeoloških podatkov (geološka zgradba, sledilni poskusi), v pomoč pa so nam tudi različne metode hidroloških izračunov. Hidrološki izračuni zahtevajo kvalitetne vhodne podatke, vsaj enoletne meritve pretoka izvira in dnevne padavinske podatke (Bonacci, 1986). V primeru pomanjkljivih podatkov si v prvi topnji pomagamo s preprostejšimi metodami izračunov, npr. z minimalnim specifičnim odtokom ali s pomočjo *Turcove* metode (1954) za izračun evapotranspiracije, ki pa zaradi reduciranja vhodnih podatkov in njihove variabilnosti dajeta samo orientacijske vrednosti. Za Kajžo smo z upoštevanjem naslednjih vhodnih podatkov:

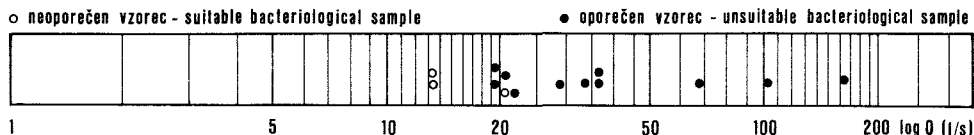
najmanjši pretok izvira:	7 l/s,
srednji letni pretok izvira:	med 28,6 in 101,8 l/s,
minimalni specifični odtok:	med 3 in 10 l/s/km <sup>2</sup> ,
srednje letne padavine (iz podatkov za Kal nad Kanalom, Lokve, Trnovo, Čepovan, Skalnico, Kanal-Morsko):	med 2102 in 2133 mm,
srednja letna temperatura zraka:	8°C,

dobili površino hidrološkega zaledja: med 0,6 in 2,3 km<sup>2</sup>.



Sl. 14: Primerjava med pretokom Kajže, MPN skupnih koliformnih bakterij in skupnim številom aerobnih mezofilnih bakterij. 1 - MPN skupnih koliformnih bakterij v 100 ml, 2 - skupno število aerobnih mezofilnih bakterij v 1 ml, 3 - pretok, 4 - maksimalna dopustna koncentracija za pitne vode

Fig.14: Comparison between the Kajža spring discharge, MPN of coliforms and total number of aerobic mezophilic bacteria. 1 - MPN of coliforms in 100 ml, 2 - total number of aerobic mezophilic bacteria, 3 - discharge, 4 - maximal permissible concentration in drinking water



Sl. 15: Odvisnost bakteriološke kvalitete Kajže od pretoka

Fig.15: Dependence between bacteriological quality and discharge of the Kajža spring

### Hidrogeološka interpretacija zaledja

Razporeditev izvirov v dolini Avščka je zelo značilna. Vezani so na prepustnejše razpoklinske cone, ki so med seboj ločene z manj prepustnimi zdrobljenimi in sem in tja porušeni conami. Široko, močno razpoklinsko območje v zaledju izvira Kajža je s severozahodne strani omejeno s porušeno in zdrobljeno brečasto cono, ki je v svojem severnem delu, v bližini Avškega preloma, zelo slabo ali praktično neprepustna, južno od tod, pod robom Banjške planote, pa skoraj gotovo prepustna, tako da se voda nemoteno pretaka iz enega bloka v drugega (sl.1).

Tudi z jugovzhodne strani je razpoklinsko območje Kajže omejeno s slabo ali le delno prepustno široko zdrobljeno in porušeno cono, ki se odcepi od Banjškega preloma na območju Zabrdra in se zahodno od Lazov priključuje na Avški prelom.

Izvira v Lazah (13) in pri Gorjupu (14) sta po svoji izdatnosti lokalnega pomena. Poleg vode neposrednega zaledja jih napaja voda, ki se skozi prepustnejše cone "izgublja" iz podzemeljskih tokov proti Bolterjevemu zdencu in izviru Pri Kajži.

Iz sl.1 vidimo, da ima pomembno hidrološko vlogo tudi široka in neprepustna brečasta ožja prelomna cona Avškega preloma, ki poteka po dolini Avščka. Vsi izviri se nahajajo zunaj nje v manj pretrtih območjih.

Iz geoloških razmer, razporeda izvirov in njihove izdatnosti sklepamo, da obstajajo globoko v zakraselem spodnjekrednem apnencu v podlagi Banjške planote proti posameznim izvirov usmerjeni, bolj ali manj samostojni vodni tokovi. To domnevo potrjuje tudi odkritje kraškega kanala na izviru Kajže in rezultati poskusnega črpanja. Ne glede na dejansko stanje, je potrebno poudariti, da so porušene cone v zaledju izvirov v dolini Avščka slabše prepustne in tako pomembni usmerjevalci vode, ki ustvarjajo osnovne pogoje za obstoj ločenih vodnih tokov.

Inštitut za raziskovanje krasi je leta 1980 izvedel sledenje Čepovanskega potoka (Habič, 1982). Uranin, ki so ga 9.9.1980 zlili v ponor Čepovanskega potoka, se je čez mesec dni (10. 10. 1980) pojavil v Bolterjevem zdencu. Za izvir Kajža povezava s

Čepovanom ni bila ugotovljena. Če zgornje ugotovitve veljajo, potem lahko sklepamo, da napajajo Bolterjev zdenec in izvir Kajža ločeni podzemski vodni tokovi. K zaledju Bolterjevega zdenca pa moramo vsaj občasno - morda le pri določenih hidroloških pogojih - delno prišteti tudi zaledje Čepovanskega potoka.

Območje Kanalskega Vrha je Habič prišteval k zaledju Mrzleka že leta 1982 (Habič, 1982). Tudi novo hidrogeološko kartiranje kaže, da voda skoraj gotovo odteka proti Mrzleku. Najtrdnější dokaz za to trditev pa moramo iskati v sledilnem poskusu na dveh ponikalnicah (I, III) pri Kanalskem Vrhu (Habič, 1987), pa tudi v barvanju Jazbenka (Hribar, Habič, 1959). Obe barvanji sta bili izvedeni z zadostno količino barvila in zadosti dolgo opazovalno dobo, vendar barvila ni bilo v nobenem od izvirov ob Avščku. Pri tem Mrzlek ni bil opazovan.

Tabela 4: Rezultati dosedanjih barvanj v zaledju Kajže

izvir	Bolterjev zdenec		Kajža
	t (dni)	hitrost (m/h)	
ponikalnica			-
Čepovanski potok	28	11,6	-
Kanalski vrh	-	-	-
Jazben	-	-	-

Razvodnica, ki razmejuje hidrološko zaledje Kajže in zaledje Mrzleka, je vzhodno od Kanalskega Vrha, na območju Belega brda, površinska in zaokroža planotast svet Kanalskega Vrha. Med flišnim obrobjem južno od Kanalskega Vrha in Lohkami (območje Goleka) poteka podzemna kraška razvodnica. Po dosedanjih ugotovitvah pripada Jazbenk skoraj gotovo zaledju Mrzleka, medtem ko območje med Goleškim in Banjškim prelomom lahko zaenkrat smatramo za dvojno zaledje (Kajža, Mrzlek), saj nimamo dokazov, ki bi nedvoumno kazali pripadnost enemu ali drugemu. V okolici Lohk je meja zaledja Kajže enaka površinski meji zaledja izvirov Lošček I in II (5,6). Na Banjšicah je površinska razvodnica verjetno zelo blizu resnični hidrogeološki razvodnici. V pobočju med Mrcinjami in dolino Avščka ima razvodnica orografski in delno hidrogeološki značaj. S hidrogeološko interpretacijo določeno zaledje izvira Kajža ima površino 7 km<sup>2</sup> (torej precej večjo, kot jo nakazujejo orientacijski hidrološki izračuni) pri čemer pokriva viseča flišna pregraja 2,9 km<sup>2</sup>, 1,8 km<sup>2</sup> je kraškega površja in 2,3 km<sup>2</sup> t.i. dvojnega zaledja.

### VARSTVENA OBMOČJA

Glede na rezultate sledenja ponikalnic, rezultate geološkega kartiranja in reliefne razmere smo za zaščito izvira Kajža določili širše (3. cona), ožje (2. cona) in najožje varstveno območje (1.a in 1.b cona).

Širše varstveno območje je namenjeno zaščiti pred močnim organsko-biološkim onesnaževanjem in preprečitvi onesnaževanja s trajnimi, bolj ali manj nerazgradljivimi

nevarnimi snovmi. Kriteriji, ki smo jih uporabili za določitev širšega varstvenega območja so: več kot 12 ur časa za preprečitev vstopa nevarne snovi v vodovodni sistem; slabše prepustna območja v bližini vodnega vira; območja s površinskim odtokom v zaledju požiralnikov z direktno zvezo z izvirom; neprepustna območja s prostorsko omejenimi prepustnimi vložki (J a n e ž, 1987-1989). V širše varstveno območje smo uvrstili celotno flišno površje s površinskim odtokom v ponikalnice Mlaka pri Mrcinjah, flišno površje nad dolino Avščka (Zabrdo - Pri cerkvi) in del flišnega površja vzhodno od Kanalskega Vrha (Belo brdo), ki gravitira proti Kajži. Območje Kanalskega Vrha smo izločili iz zaledja na osnovi sledilnega poskusa (Habič, 1987). Na Banjšicah določa mejo širšega varstvenega območja površinska razvodnica na flišu. Na zahodni strani od Lohk do območja Pri cerkvi je meja hidrogeološka - stik fliša in krednih apnencev.

Namen ožjega varstvenega območja je stroga sanitarna zaščita pred organsko biološkim onesnaževanjem. Vanj smo uvrstili kraška območja po naslednjih merilih velike ogroženosti: manj kot 12 ur intervencijskega časa za preprečitev vstopa nevarne snovi v vodovodni sistem; ni časa za preprečitev vstopa nevarne snovi v vodonosnik; dobro prepustne zakrasele cone z neposredno zvezo z izvirom, odprte razpoklinske cone z glavnimi in stranskimi tokovi proti zajetju (J a n e ž, 1987-1989). V ožje varstveno območje smo uvrstili celotno kraško površje v zaledju Kajže, med flišem Banjšic in flišem Kanalskega Vrha. Kraško površje severovzhodno od Banjškega preloma pripada zaledju Kajže glede na geološko zgradbo in usmerjenost tektonsko pretrtih sistemov. Za območje med Banjškim in Goleškim prelomom in za območje jugozahodno od Goleškega preloma (območje Goleka) pripadnost zaledju Kajže ni dokazana in ga obravnavamo kot dvojno zaledje Kajže in Mrzleka. V ožje varstveno območje smo to območje uvrstili na podlagi načela, da področjem z nedokazano pripadnostjo zaledju pripišemo tisto varstveno območje, ki bi veljalo glede na obstoječe hidrogeološke razmere v primeru dokazane zveze.

V varstvenem območju z najstrožjim režimom (1.a in 1.b cona) so omejene vse dejavnosti, ki so ogrožajoče za kvaliteto vode in vodne količine. Ograjeno območje okoli zajetja (1.a cona) ščiti vodni vir pred namernim onesnaženjem. Za omejitev 1.b cone smo uporabili pogoje katastrofne ogroženosti: po pojavu onesnaženja praktično ni časa (do 4 ure) za preprečitev vstopa nevarne snovi v vodovodni sistem (J a n e ž, 1987-1989). Vanj smo uvrstili najbolj prepustne cone v neposrednem zaledju vodnega vira, to je območje odprtih razpoklinskih con v pobočju južno nad izvirom (0,6 km<sup>2</sup>). 1.a cona z najstrožjim režimom obsega najožje ograjeno okolico izvira Kajža z oddaljenostjo 10 do 50 m od zajetij, odvisno od morfologije terena.

## SKLEP

Kraški izviri v dolini Avščka, med katerimi je Kajža največji, ležijo 190 do 240 m visoko, na severozahodnem obrobju obsežnega kraškega vodonosnika Banjške planote. Ta je litološko enotno zgrajen iz krednih apnencev približno enake prepustnosti. Paleocenski in eocenski fliš Banjšic, Kanalskega vrha in Grgarja leži na apnecih in v hidrogeo-

loškem smislu predstavlja lokalno prepustno visečo pregrado, na smer odtekanja voda pa v glavnem ne vpliva, razen tam, kjer seže do dna obrobni dolin, kot med Avčami in Desklami. Tako je večji del kraškega podzemnega odtoka z Banjške planote v zasičeni in nezasičeni coni usmerjen proti Mrzleku. Viseči fliš nam je s svojimi majhnimi, a številnimi izviri in ponikalnicami v veliko pomoč pri odkrivanju kraškega hidrološkega sistema, smeri odtekanja voda in določanju hidroloških zaledij, kar je predvsem pomembno za varovanje kraških vodnih virov. Kajža in drugi izviri v dolini Avščka so iztoki iz kraškega pasu med regionalnim Avškim prelomom in vzporednimi dinarsko usmerjenimi prelomi, predvsem Banjškim in Goleškim. Na to kaže usmerjenost veznih pretrtih con med Avškim in vzporednimi prelomi na Banjški planoti in rezultati barvanj (pojav barvila, injiciranega v Čepovanskem potoku, v Bolterjevem zdencu; barvilo injicirano v ponoru Jazbenk in ponikalnicah pri Kanalskem vrhu, zunaj tega pasu, Kajže ni doseglo). Hidrološki režim in bakteriološke ter fizikalno kemične lastnosti Kajže tej ugotovitvi ne nasprotujejo.

V prelomni coni Avškega preloma je tok podzemne vode proti Kajži in Bolterjevemu zdencu v splošnem usmerjen po širokih razpoklinskih conah vzporedno z manj prepustnimi zdrobljenimi in porušeni conami, lokalno pa je tudi prečen. Tako izteka voda na izviru Kajža iz odprtih razpok, ki so prečne na močnejše pretrte prelomne deformacije. Podzemni odtok proti Mrzleku pa očitno preseka močne, dinarsko usmerjene prelome. Pri tem podrobne zgradbe večjih prelomov, na primer Raškega, ne poznamo. Avški prelom ima v območju izvira Kajža dokaj široko zdrobljeno cono in je neprepusten. Zveza Čepovanskega potoka z Mrzlekom in Bolterjevim zdencem pa dokazuje tudi njegovo prečno prepustnost. Kje so te prepustne cone, še ne vemo.

Dodatno pojasnilo k hidrogeološki vlogi prelomnih sistemov in k omejitvi zaledij Mrzleka in Kajže nam bi dalo barvanje ponikalnic na flišu na Banjšicah (Mlaka pri Mrcinjah), ki so v področju med Banjškim in Goleškim prelomom. Skoraj v istem tektonskem položaju so ponikalnice pri Kanalskem vrhu, ki v Kajžo očitno ne tečejo. Previdavamo, da so ponikalnice na poseljenem območju Banjšic povezane z izvirov Kajža (zaradi njene slabe bakteriološke kvalitete), možen pa je tudi odtok proti Mrzleku. Za ponikalnice na flišu južno od Lohk (Vodice, Sveto) lahko po litološko tektonski zgradbi trdneje sklepamo, da ne odtekajo več v Kajžo.

## LITERATURA

- Bonacci, O., 1986: Površina sliva kraških izvora. Zbornik ref. jug. sav. "Zaštita izvorišta voda za vodoopskrbu", Split 1986, 227-240. Zav. za tehn. izobr. Ljubljana.
- Buser, S., 1986: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000 list Tolmin - Videm s tolmačem. Zvezni geološki zavod Beograd.
- Čar, J., 1982: Geološka zgradba požiralnega obrobja Planinskega polja. Acta carsologica 10 (1981), 75-105, Ljubljana.
- Čar, J., Gospodarič, R., 1984: O geologiji krasa med Postojno, Planino in Cerknico. Acta carsologica 12 (1983), 91-106, Ljubljana.



- Habič, P., 1968: Kraški svet med Idrijco in Vipavo. SAZU, Inštitut za geografijo, 11, 1-243, Ljubljana.
- Habič, P., 1982: Kraški izvir Mrzlek, njegovo zaledje in varovalno območje. Acta carsologica 10 (1981), 45-73, Ljubljana.
- Hribar, F., Habič, P., 1959: Jazben, kat. št. 1024. Naše jame, I/2, 58-64, Ljubljana.
- Kossmat, F., 1908: Beobachtungen über den Gebirgsbau des mittleren Isonzogebietes. Verh. Geol. R.A., Wien.
- Kossmat, F., 1909: Der küstenländische Hochkarst und seine tektonische Stellung. Verh. Geol. R.A., Wien.
- Kossmat, F., 1920: Spezialkarte der österreichungarischen Monarchie, Blatt Tolmein 1:75.000. Geol.Staatsanst., Wien.
- Mijatović, B.F., 1968: Metoda ispitivanja hidrodinamičkog režima kraških izdani pomoću krive pražnjenja i fluktuacije nivoa izdani u recesionim uslovima. Vesnik Zav. geol. geof. istr., B 8, 43-81. Beograd.
- Pavšič, J., 1979: Zgornjekredni in paleocenski apneni nanoplankton v Posočju. Geologija 22, 225-276, Ljubljana.
- Pavšič, J., 1981: Nanoplanktonska biostratigrafija krednih in paleocenskih plasti Slovenije. Rud.-metal. zbornik 28/4, 369-382, Ljubljana.
- Pavšič, J., Pleničar, M., 1981: Danijske plasti v Sloveniji. Simpozij o problemih danija. Zbor. ref., Ljubljana.
- Stache, G., 1889: Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. Abh. Geol. R.A. 13, Wien.
- Stur, D., 1858: Das Isonzo Thal von Flitsch abwärts bis Görz, die Umgebung von Wippach, Adelsberg, Planina und Wochein. Jahrb. Geol. R.A., 324-366, Wien.
- Tomić, V., 1981: Vodonosnost ispucalih stena i hidrogeološka svojstva pukotinskih izdani u nekim našim terenima. 1-128. OOUR grupa za hidrogeologiju Rud.-geol. fakult. Beograd.
- Turc, L., 1954: Le bilan d'eau des sols: relations entre les precipitations et l'écoulement. Inst. Nationale de la Recherche Agronomique. Paris.
- Turnšek, D., Buser, S., 1974: Spodnjekredne korale, hidrozoji in hetetide z Banjške planote in Trnovskega gozda. Razprave IV. raz. SAZU, 17/2, 83-155, Ljubljana.

### Neobjavljena dela

- Habič, P., 1966: Hidrološka analiza visokega krasa med Idrijco in Vipavo. V poročilu: Habič, P., Gospodarič, R., 1966: Hidrologija krasa med Idrijco in Vipavo, II. faza. Tipkano poročilo. Arhiv IZRK ZRC SAZU Postojna.
- Habič, P., 1987: Sledenje ponikalnic na Kanalskem vrhu. Določitev hidroloških zaledij visečih izvirov Banjške planote. Tipkano poročilo. Arhiv IZRK ZRC SAZU Postojna.
- Habič, P., s sod., 1976: Speleološka karta Slovenija, Tolmin 4, 1:50.000. Tipkopis, 1-90. Arhiv IZRK ZRC SAZU Postojna.
- Habič, P., s sod., 1984: Hidrografsko zaledje in možnosti zaščite kraških izvirov Podroteje in Divje jezero. Posebno poročilo v: Janež, J., Čar, J., 1984, Hidrogeološke raziskave Črnovrške planote, Godoviškega podolja, Javornika in Križne gore, II. del. Arhiv RŽS Idrija.
- Janež, J., 1987-1989: Metodologija določitve varstvenih območij in pasov ter zaščite podzemne vode v kamninah. Študija v tipkopisu, I-III. Arhiv RŽS Idrija.

## KARST SPRING KAJŽA AND ITS HYDROLOGICAL BACKGROUND

### Summary

#### Geological conditions on the north-western part of Banjšice plateau (Fig.1)

North-western part of 600 to 800 m high Banjšice plateau is built by Cretaceous and Palaeocene rocks. The oldest rock is non-bedded, white to light grey, rarely dark grey organogene limestone of Barremian and Aptian age (Buser, 1986), often with inliers of micritic and oolitic limestone and limestone breccia. Organogene skeletal framework is built by corals, hydrozoans and chaetetids (Turnšek, Buser, 1974). In Golek area the lateral transition from reef limestone to dark-grey, grey bituminous bedded limestone of the same age can be seen. Basal block like limestone breccia is lying discordantly to the Lower Cretaceous limestones. Upwards red marl limestone of Maastrichtian age (Pavšič 1979, Buser, 1986) follows here and there. Flysch rocks are lying on the limestone breccia and red marl limestone. Pavšič (1979, 1981) characterized them as the Palaeocene rocks, while Buser (1986) defined the Palaeocene and Maastrichtian age. Flysch on Banjšice is composed by beds of grey sand marl, reddish marl and sandstone, massive hand marl and lenses of limestone conglomerate and sandstone.

On lithologic-tectonical map (Fig. 1) crushed, broken and fissured zones were distinguished by the method of the detailed mapping of crushed zones on karst (Čar, 1982, Čar, Gospodarič, 1984). The mapped region lies in the broader fault zone of the regional Avče fault (named also Predjama fault or Avče-Dol fault). In its narrow fault zone, which is presented by compact tectonic breccia, the brode Avšček valley was formed. Among parallel subvertical faults, Banjšice fault and the Golek fault are stronger. Banjšice fault and Avče fault are connected by expressive and hydrogeologically very significant system of connecting crushed zones.

#### The hydrogeological conditions

The Lower Cretaceous limestones on Banjšice plateau are deeply karstified, without superficial water and sinking streams, and with springs at the bottom of the side-valleys. Flysch represents the local permeable hanging hydrogeological barrier. The superficial water-net on flysch is distributed into smaller separated sinking streams fed by weak springs. The water mostly flows after a short superficial flow through permeable carbonate inlayers into deeply karstified bedrock. The conditions on Banjšice plateau are presented by the following relations between the crush degree, rock type, and permeability.

On the hanging flysch barrier in Lohke, Mrcinje and Kanalski Vrh area the springs are strictly connected with normal or tectonic contact between inlayers of limestone breccia or sandstone, and beds of flysch marl or chert sandstone. The spring discharges at low waters are under some dl/s. Stronger discharges have springs in the fault zone, which connects two or more carbonate lenses in flysch. The springs are bacteriologically unsuitable, because the flysch surface is agriculturally cultivated.

crush degree	in limestones	in flysch rocks
crushed zone	impermeable* or poorly permeable	impermeable
broken zone	poorly permeable	impermeable or partly permeable
fissure zone	well or extremely well permeable	partly permeable*

\*occurs at special conditions

Weak springs are gathered in small brooks. After short superficial flow they sink again into thin carbonate inlayers in flysch. At big rains the swallow-holes can't swallow all the water. It stagnates for a while on the surface or flows towards distant swallow-holes in limestone. There are three swallow-holes (I-III) near Kanalski Vrh and four (IV-VII) near Mrcinje.

Many valley springs emerge in the Lower Cretaceous limestones in Avšček valley. The biggest among them are Bolterjev zdenc (discharge from 3,5 l/s to 1 m<sup>3</sup>/s) and the Kajža spring.

#### The spring of Kajža (Fig. 2)

The Kajža spring area includes three springs (Kajža I, Kajža II, Kajža III) at 191 m a.s.l. At high waters also higher open fissures are active. The spring was formed on the contact between the Lower Cretaceous limestones and about 20 m wide crushed zone of Avče fault. The Avšček spring valley is also filled with some meters thick fluvial well clayey medium and coarse-grained gravel. The water from the spring Kajža flows mostly out of the 15 cm wide open fissure (Fig. 3). On Kajža II water emerges from the filled karst channel on the border of 3 to 4 m wide crushed zone in the Lower Cretaceous limestone (Fig. 4). The springs Kajža II and Kajža III work like over-flows for high karst waters. It is interesting, that 150 m downstream there are some over-flow springs at high waters. They lie lower than the constant springs of Kajža.

On the spring of Kajža we measured discharges in 1984 periodically (Tab. 1) and more frequently in the summer and autumn 1985 (Fig. 5) and 1988 (Fig. 7). The minimal measured discharge was 7 l/s. The maximal discharge was estimated from 1,5 to 2 m<sup>3</sup>/s at 21/8-1988. It was a result of the maximum precipitations that reached 222,7 mm in Čepovan.

The discharge during recession between 4/9 and 28/10-1985 lasted 54 days (Fig. 5). The calculated drainage coefficients are  $\alpha_1 = 1,11$ ,  $\alpha_2 = 0,31$ ,  $\alpha_3 = 0,022$  and  $\alpha_4 = 0,043$  (Fig. 6).

The coefficient  $\alpha_4$  is bigger than  $\alpha_3$  due to the low precipitation quantities (15/9 - 4,5 mm, 26/9 - 6,7 mm). From the same reason the discharge decreases in the third microregime was nearly stopped. In 54 days 58.083 m<sup>3</sup> of water ran off the spring. The mean discharge was therefore 12,45 l/s. If the recession had continued, the spring would have run out of water in 125 days from the beginning of the discharge decrease.

We mapped the fissures around the spring and calculated (the calculation was based on Tomić's work from 1981) the effective porosity of karst aquifer in the spring area. The effective porosity 4 %.

11/11-1988 a short pumping test was realised in building-pit at the spring of Kajža. The natural discharge was then 10,2 l/s. After two hours and 48 minutes of pumping the discharge between 43,7 and 48,3 l/s the water level decreased for 280 cm to the bottom of the building-pit. From that moment the pump with the discharge of 11,8 l/s kept the building-pit dry for 4 hours. The water level in Kajža II spring which was used as the natural piezometer, began to decrease contemporary but slower. The Kajža III spring also reacted on pumping and ran out of water rapidly. The water level in the building-pit was increasing for 2 hours and 7 minutes. At the end of the pumping test the spring discharge reached the initial value of 10,2 l/s (Fig. 9). The pumping test showed some characteristics of karst hydraulic system of Kajža. The distinctive increase of the slope of the lowering curve (Fig. 10) indicates on the impermeable bedrock. At least in the direct hydrological background of the spring there is no extensive karst accumulation, so water flows from relative narrow system of open fissures or karst channels.

Fictitious transmissibility of karst aquifer was calculated from data of natural decrease of water level during the recession (Fig. 8) and from data of decrease during the pumping and water level increase after pumping (Fig. 10). The calculated values are adequate.

The data source	fictitious transmissibility
recession 4,9 - 28.10.1985	$1,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} = 1443 \text{ m}^2/\text{day}$
pumping test ( $s = f(\log t)$ )	$1,73 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} = 1497 \text{ m}^2/\text{day}$
water level increase ( $s = f(\log t)$ )	$1,77 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} = 1528 \text{ m}^2/\text{day}$

### Physico-chemical and bacteriological characteristics of spring Kajža

The water temperature during the year is from 7,0°C to 11,9°C. The highest mean temperatures are in September. In short time periods the water temperature oscillates due to the discharge changes for 1°C at the most.

The spring is muddy after rain. The highest measured turbidity was 487 mg SiO<sub>2</sub>/l. It decreases under maximal allowed concentration for drinking water at the discharge from 30 to 35 l/s, while the water is completely pure at discharges under 25 l/s (Fig. 11). The total hardness of spring Kajža oscillates between 7,6 and 10°NT. Carbonate hardness represents 84 to 99,3 % of total hardness. Calcium predominates over magnesium and the proportion Mg/Ca (in meq) is between 0,04 and 0,10. That indicates merely limestone background. The water hardness decreases with the discharge increase (Fig. 12).

Chemical indicators of organic pollution (ammonia, nitrites, nitrates, chemical oxygen demand) have low concentrations. Only nitrites were once established in concentrations bigger than one allowed by norms for drinking water. At nitrates the tendency to higher concentrations in periods of decrease and after rapid increases of the discharge can be seen. The consumption of KMnO<sub>4</sub> is the lowest at middle-low waters, it increases a little at very low discharge and reaches the highest values in samples taken after the rain.

Sulphate concentrations are between 2,8 and 8,1 mg/l and they increase at higher spring discharge.

Only 20,8 % of samples taken between 1983 and 1988 is bacteriologically suitable. Faecal bacteria was isolated in 75 % of samples (Fig. 14). The bacteriological quality of the spring is in close connection with precipitations in the hydrological background and with the spring discharge. Fig. 15 shows a great enlargement of MNP of coliforms and total number of aerobic mesophilic bacteria after rapid increase of spring discharge. Regarding to decrease of the spring discharge during the recession, decreases also the bacteriological pollution. At discharges over 19 l/s the water is bacteriologically unsuitable, although it is suitable at lower discharges (Fig. 16).

### Hydrological background of the spring Kajža

Geological conditions, disposition of the springs and their discharges indicate to more or less independent water flows with orientation to the single springs in the Lower Cretaceous karstified limestone in the ground of Banjšice plateau. This supposition was confirmed by the discovery of the karst channel on Kajža spring and the pumping test results. Irrespective of the actual state we must accentuate, that the broken zones in the background of springs in Avšček valley are less permeable and they are therefore important water regulators. They create basic conditions for existence of the separated water flows.

The Institute for Karst Research realised in 1980 the water tracing test of Čepovan brook (Habič, 1982). Uranine injected on 9/9-1980 into the swallow-hole of Čepovan brook, appeared after a month (10/10-1980) in Bolterjev zdenec. For the spring Kajža the connection wasn't established. That indicates a conclusion that the spring Kajža and Bolterjev zdenec collect the water from separated underground water flows.

The Kanalski vrh area most likely belongs to the Mrzlek background. The strongest proofs for this statement are the water tracing test on two sinking-streams (II, III) near Kanalski vrh (Habič, 1987) and dyeing of the Jazbenk (Hribar, Habič, 1959). At both dyeings enough dye was used and the observation period was long enough, too. However, the dye did not appear in any spring near Avšček (Mrzlek wasn't observed).

#### Results of the dyeings realised till now in the background of Kajža spring.

the spring	Bolterjev zdenec		Kajža
the sin king-stream	t(days)	speed (m/h)	-
Čepovan spring	28	11,6	-
Kanalski vrh	-	-	-
Jazben	-	-	-

The watershed between hydrological background of Kajža and hydrological background of Mrzlek is eastern from Kanalski vrh and Belo brdo area is superficial watershed. Between flysch surroundings southern from Kanalski vrh and Lohke (Golek area) is placed the underground karst watershed. The facts established till now prove, that Jazbenk belongs to the background of Mrzlek. The area between Golek fault and Banjšice fault is now considered as double background (Kajža, Mrzlek), because there are no sure arguments to declare for one background or for the other. The superficial watershed on Banjšice is probably very close to the real hydrological

watershed. In the slope between Mrcinje and the Avšček valley the watershed has an orographical and partly hydrogeological character. The background of Kajža spring, defined with the hydrogeological interpretation, embraces the area of 7 km<sup>2</sup>, where the extent of the hanging flysch barrier is 2,9 km<sup>2</sup>, of the karst surface 1,8 km<sup>2</sup> and of the so called double background 2,3 km<sup>2</sup>.

### The protection areas

The hydrological background of Kajža spring is classified into three protection areas: the broader protection area (3rd zone), the narrow protection area (2nd zone) and the most narrow protection area (1st a and 1st b zone).

The broader protection zone serves for protection against intensive organo-biological pollution and to prevent the pollution with the permanent dangerous goods. The following criteria were used for the definition of the broader protection zone more than 12 hours to prevent the entrance of dangerous goods into water-works system; the poorly permeable areas in the vicinity of water source; areas with the superficial run-off in the background of the swallow-holes directly connected with the spring; impermeable areas with the permeable inlayers limited in the space (Janež, 1987-1989). In the broader protection area we classified the entire flysch surface in the background of the Kajža spring.

The intention of the narrow protection zone is a strict protection from the organo-biological pollution. For the karst areas the following criteria were used: less than 12 hours to prevent the entrance of dangerous goods into the aquifer; the open fissure zones with main and lateral streams towards the water capture (Janež, 1987-1989). Into the narrow protection zone we classified the entire karst surface in the background of the Kajža spring. Regarding the geological setting and the orientation of the tectonically crushed systems the karst surface north - eastern from the Banjšice fault belongs to the background of the Kajža spring. There is no proof, that the karst surface between Banjšice fault and Golek fault and the area south-western from the Golek fault belong to the background of Kajža spring. Therefore it is treated as a double background of Kajža and Mrzlek.

In the protection area with the most rigorous regime (1st a and 1st b zone) all the activities reducing the water quality and quantity are restricted. The fenced area around the water capture (1st a zone) protects the water source against the intentional pollution. For the limitation of the 1st b zone the criteria of catastrophical threating were used: after the appearance of the pollution there is practically no time (up to 4 hours) to prevent the entrance of the dangerous goods into the waterworks system (Janež, 1987-1989). The most permeable area of open fissure zones in the southern slope above the spring (0,6 km<sup>2</sup>) is classified into this protection area.

Translated by: Metka Petrič