

Vrtina Ce-2/95 v Cerknem na meji med Južnimi Alpami in Zunanji Dinaridi

Borehole Ce-2/95 at Cerkno at the boundary between the Southern Alps and the External Dinarides (Slovenia)

Ladislav PLACER¹, Dušan RAJVER¹, Mirka TRAJANOVA¹, Bojan OGORELEC¹,
Dragomir SKABERNE¹ & Ivan MLAKAR²

¹Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenija

²Lapajnetova 13, 5280 Idrija, Slovenija

Ključne besede: Tektonika, geotermija, Zunanji Dinaridi, Slovenija

Key words: Tectonics, Geothermics, External Dinarides, Slovenia

Kratka vsebina

V Cerknem je bila leta 1995 izdelana hidrogeološko-raziskovalna proizvodna vrtina Ce-2/95, globoka 2004 m, s katero je bila najdena termalna voda. Locirana je na severozahodni meji Zunanjih Dinaridov, za katere je značilna krovna zgradba. Prevrtan je bil Trnovski pokrov iz slabo prepustnih karbonsko-permskih klastičnih kamnin (do globine 95 m), nato zgornji del Hrušiskega pokrova iz klastičnih in piroklastičnih kamnin Pseudoziljske formacije (do globine 545 m) ter glavnega dolomita (do globine 835 m) in nazadnje malmski apnenec osrednjega dela Hrušiskega pokrova. V strukturnem smislu je vrtina pomembna zato, ker potrjuje model krovne zgradbe severozahodnega dela Zunanjih Dinaridov. Na podlagi analize zgradbe profila med Gorico in Cerknim je bilo mogoče določiti premik med Trnovskim in Hrušiskim pokrovom, ki znaša približno 30,5 km, torej skoraj enako kot v profilu preko Idrije (32 km). Glavni vodonosnik v vrtini je malmski apnenec, pretežni del napajalnega zaledja vrtine pa tvorijo Blegoško-Vrhnški nizi, ki so del Hrušiskega pokrova. Geotermične meritve v vrtini so nakazale več con glavnih dotokov tople vode med 847 in 1528 m. V najgloblji izmerjeni točki (1940 m) je bilo ugotovljeno skoraj 46°C, ki pa zaradi cirkulacije verjetno ni prava formacijska temperatura v tej globini. Ocenjena gostota toplotnega toka (50 mW/m²) se ujema z regionalno geotermično karto GTT.

Abstract

Thermal water has been tapped by a hydrogeologic-exploration and exploitation borehole Ce-2/95, drilled at Cerkno in 1995 to a depth of 2004 m. It is located in the north-western margin of the External Dinarides that are characterized by the nappe structure. The borehole has drilled through the Trnovo nappe composed of low permeable Carboniferous-Permian clastics (down to a 95 m depth), then through the upper part of the Hrušica nappe with clastic and pyroclastic rocks of the Pseudozilian Formation (down to a 545 m depth), the Main dolomite Formation (down to a 835 m depth), and finally the Malmian limestone of the middle part of the Hrušica nappe. The borehole is important in structural sense since it confirms the model of the nappe structure of the NW margin of the External Dinarides. On the basis of analysis of the section structure between Gorizia and Cerkno it was possible to determine the movement between the Trnovo and Hrušica nappes that is roughly 30.5 km, therefore, almost the same as in the section over Idrija (32 km). The main aquifer drilled by the borehole is Malmian limestone, while the predominant part of the recharge area for the borehole is in the Blegoš-Vrhnika range that is a

part of the Hrušica nappe. Geothermal measurements in the borehole have revealed several main inflow zones of thermal water in a depth range of 847 and 1528 m. At the deepest measuring point (1940 m) 46°C has been determined. Due to deep water circulation this is probably not the real formation temperature for this depth. The calculated heat flow density of 50 mW/m² is in agreement with regional HFD map.

Uvod

V letih 1994-1996 so v Cerknem (sl. 1) ugotavljali možnost pridobivanja nizko-temperатурne tople vode. V ta namen so izdelali tri vrtine: raziskovalno vrtino Ce-1/94 zaradi ugotavljanja temperaturnega gradienta, globoko 134 m, hidrogeološko - raziskovalno zajemalno vrtino Ce-2/95, globoko 2004 m, s katero je bila najdena topla voda in zajemalno vrtino Ce-3/96, ki pa iz tehničnih razlogov ni bila uspešna. Vse tri vrtine so bile izvrtane s kotalnim dletom.

Geološke in geotehnične preiskave so bile opravljene v vseh vrtinah, najbolj temeljito v vrtini Ce-2/95, v kateri se je vzorčevala izvrtanina, jedro pa je bilo odvzeto na dolžini nekaj metrov na dveh različnih globinah. Opravljene so bile litostratigrafske, hidrogeološke in geotermalne preiskave ter karotažne meritve za določitev litologije. Končna stratigrafska in strukturna interpretacija vrtine Ce-2/95 je rezultat omenjenih preiskav in podatkov kartiranja površja bližnje in širše okolice Cerknega v merilu 1:10.000, opravljenega v letih od 1973 do 1986 v okviru raziskav na živo srebro, baker in uran (Mlakar, I., 1978: Geološki faktorji kontrole Hg, Cu in U mineralizacije, 1. faza. Neobjavljeno poročilo, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Placer, L., Čar, J. & Ogorelec, B., 1986: Paleotektonski in paleosedimentološki vidiki minerali-

zacije v mezozojskih in paleozojskih plasteh. Neobjavljeno poročilo, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana).

Topla voda se danes v Cerknem že izkorišča za kopališke namene in za ogrevanje prostorov preko toplotnega izmenjevalca. Iztok znaša 10 l/s, temperatura vode na ustju vrtine pa je 30°C.

Podatki o vrtini

V tem poglavju so zbrani vsi pomembnejši podatki o vrtini Ce-2/95, ki so prikazani na skupnem litostratigrafskem stolpcu in na termogramih vrtine.

Litostratigrafski stolpec (sl. 2) je izdelan na podlagi preiskav drobcov iz izplake, jemanih po petmetrskih odsekih. Velikost pregledanih drobcov je nihala od 2 do 4 mm. Pri vseh vzorcih je bil z binokularno lupo ocenjen delež posameznih litoloških različkov. Na globinah 694 do 698 m in 2003 do 2004 m je bila vrtina jedrovana. Iz jedra in drobcov zalitih v araldit, odvzetih na približno vsakih 50 m, so bili izdelani petrografske preparati in mikroskopsko preiskani. Sedem vzorcev iz skrilavih muljastih kamnin je bilo analiziranih z rentgensko difrakcijo.

- | | |
|-----------|--|
| 0 - 5 m | Vrtina poteka skozi nasip (ustno sporočilo M. Strojana). |
| 5 - 45 m | Ni podatkov. |
| 45 - 95 m | Interval je sestavljen iz temno sivega do sivkasto črnega meljastega glinastega skrilavca (slate) s prehodi v skrilav meljevec. Kamnina ima svilen mastni sijaj in se listasto do ploščasto kroji. Dinamometamorfno se je izoblikoval skrilav klivaž, poudarjen s traka-sto razporeditvijo neprosojnih mineralov, pretežno pritita. Klivaž oklepa z laminami določen kot, kar kaže na nagubane plasti. |



Sl. 1. Lega vrtine Ce-2/95 v Cerknem

Fig. 1. Locality sketch of Ce-2/95 borehole at Cerkno

Med minerali v meljastem glinastem skrilavcu prevladujejo filosilikati (muskovit, sericit-illit in klorit), klorita je več od muskovita/illita. Kremen in glinencev, med katerimi prevladujeta albit in mikroklin, je manj. Sericit-illit je običajno nakopičen v laminah in domelah klivaža.

Lamine skrilavega meljevca so pretežno iz terigenih zrn kremenca, v majhnih količinah pa so prisotni glinenci (albit), muskovit in klorit. Kot avtogeni minerali nastopajo dolomit, kalcit, pirit, kremen, sericit-illit in klorit.

Kamnine tega intervala so zelo podobne kamninam, ki jih Mlakar (1969) na območju Idrije stratigrafsko uvršča v permokarbon, oziroma jih imenuje gornjepaleozojski glinasti skrilavec z vložki sljudnatega peščenjaka (Mlakar, 1967). Te kamnine vzporeja s podobnimi kamninami v Posavskih gubah, kjer jih na podlagi superpozicije ter stratigrafske opredelitve (Kolar-Jurkovšek & Jurkovšek, 1985, 1986) uvršča v karbon (Mlakar, 1987; Mlakar et al., 1993) in dopušča možnost, da njihov zgornji del pripada klastičnemu razvoju spodnjega perma. V obravnavanem prostoru starost opisanih kamnin paleontološko še ni podrobneje določena. V nadaljnjem jih imenujemo karbonsko-permske plasti.

95 - 230 m Pojavljajo se drobci karbonatnih in klastičnih kamnin. Karbonatni drobci prevladujejo v odsekih 100-115 m, 125-135 m, 150-160 m in 210-230 m. Nastopa svetlo siv dolomitiziran in rahlo rekristaliziran apnenec, ki vsebuje ostanke posameznih ploščic ehinodermov. V spodnjem delu je prepreden s stilolitnimi šivi.

Med drobci klastičnih kamnin temno sive barve je skrilavi meljevec do peščenjak povprečno nekoliko pogostejši kot meljasti glinasti skrilavec.

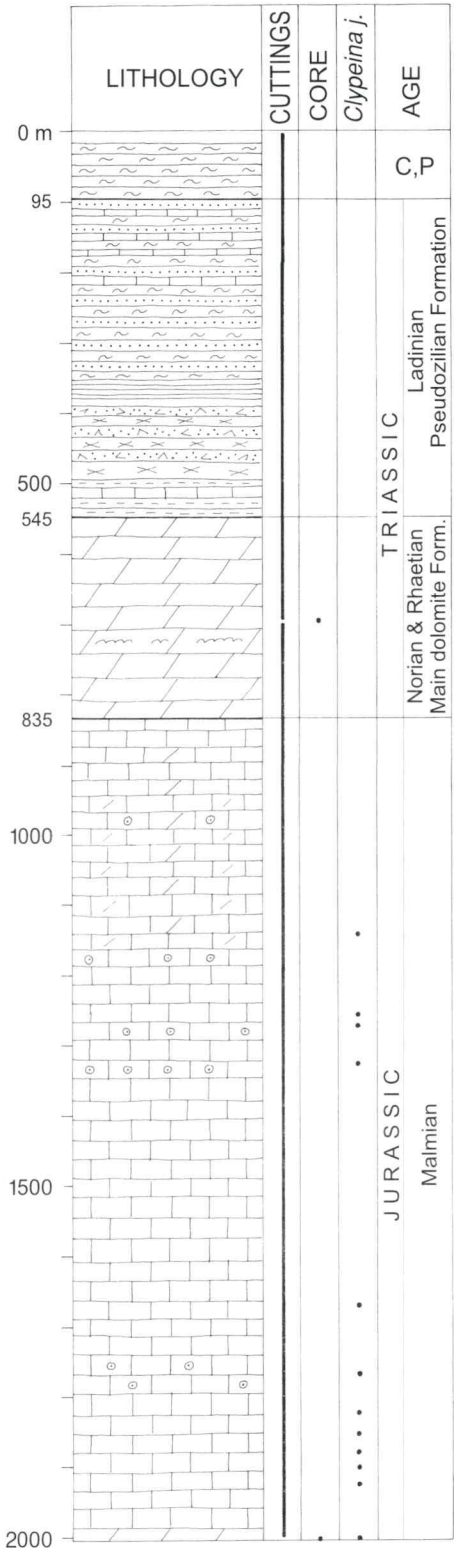
Drobci peščenjaka v vzorcih iz globin pod 140 m vsebujejo klaste vulkanskega izvora (plovec, vulkansko steklo, glinenci) in nekoliko večjo količino težkih mineralov (cirkon, rutil, epidot in granati).

230 - 355 m Menjavanje peščenjaka, skrilavega meljevca in meljastega glinastega skrilavca, temno sive barve, s spremenljivo količino kalcita. Na globinah 300, 315 in 330 m zasledimo v peščenjaku povečane količine litičnih zrn riolitov in/ali njihovih tufov. Kamnina je nekoliko dinamometamorfno spremenjena in predstavlja glinenčevo litični (riolitni) peščenjak.

Meljasti glinasti skrilavec sestavljajo večinoma filosilikati (muskovit/illit in klorit). Kremenca in plagioklazov (albita) je nekoliko manj. Ponekod je opazen pirit. V primerjavi z meljastim glinastim skrilavcem iz zgornjega intervala (do 95 m), ki smo mu pripisali karbonsko-permsko starost, vsebuje meljasti glinasti skrilavec na odseku od 95 do 355 m kalcit, ki ga v zgornjem ni in večjo količino kremenca in glinencev, med katerimi smo zasledili le albit. Med filosilikati prevladuje muskovit/illit nad kloritom, medtem ko v karbonsko-permskem meljastem glinastem skrilavcu prevladuje klorit nad muskovit/illitom.

355 - 385 m 30 m debela, tektonsko porušena zaglinjena cona, ki je v osrednjem delu zaradi oksidacije obarvana rdeče rjavo.

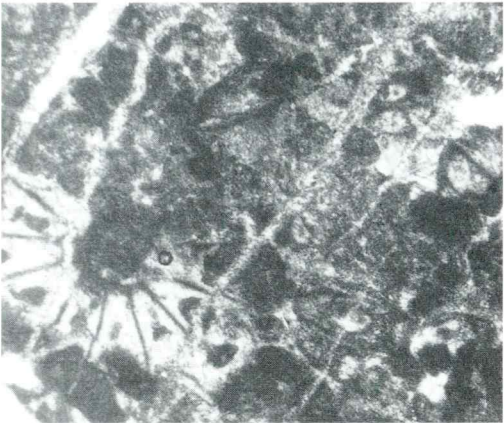
385 - 495 m Interval iz drobcev limonovo rumene do svetlo sive barve.



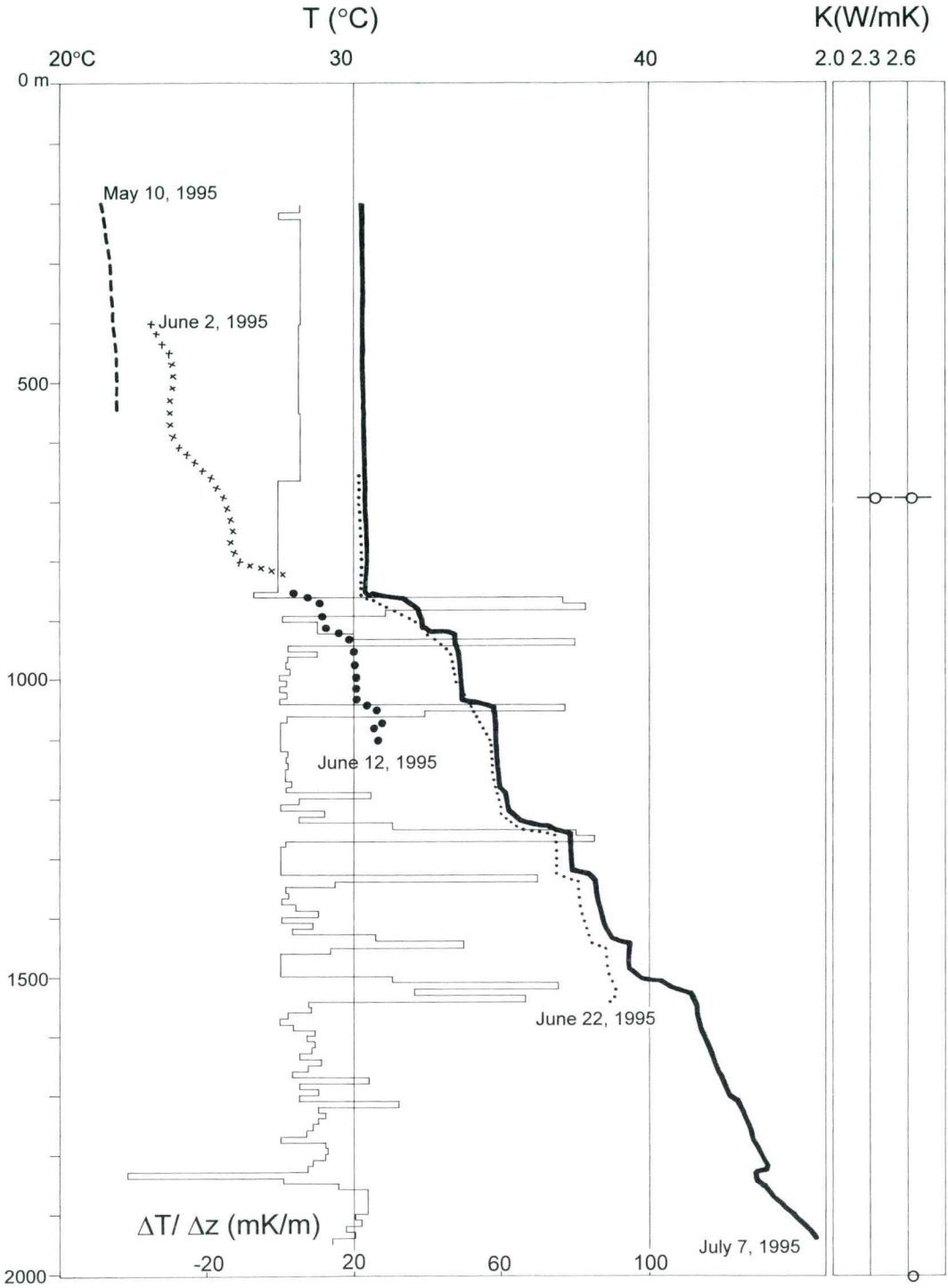
Sl. 2. Litološki stolpec vrtine Ce-2/95 v Cerknem
Fig. 2. Lithological column of Ce-2/95 borehole at Cerkno

Sl. 3. Termogrami vrtine Ce-2/95 (maj-julij 1995) z vrednostmi toplotne prevodnosti na jedrih kamnin (694-698 m, 2003-2004 m). Diagram gradienta je povezan s 5. termogramom (7. julij)
Fig. 3. Temperature logs of Ce-2/95 borehole (May to July 1995) with thermal conductivity values on core samples from Ce-2/95 borehole (694-698 m, 2003-2004 m). The gradient curve is pertinent to the 5th temperature log (July, 7.)

- $\Delta T/\Delta z$: temperaturni gradient (mK/m)
temperature gradient (mK/m)
T: temperatura (°C)
temperature (°C)
K: toplotna prevodnost (W/mK)
thermal conductivity (W/mK)



Clypeina jurassica (Favre),
globina - depth 1925 m, 25 ×



Opredelili smo jih kot riolitni tuf in riolit, ki sta ponekod močno sericitizirana. Prvi je izraziteje skrilav, riolit pa masivnejši.

Sericit nadomešča tako osnovo kot tudi vtrošnike in piroklaste glinencev. Poleg sericitizacije je mogoče zaznati tudi okremenitev, nadomeščanje s kalcitom in omejeno piritizacijo.

495 - 545 m V tem odseku nastopajo drobci iz zgornjega intervala, prevladuje pa temno siv skrilav meljasti lapor s sledovi rekristaliziranih mikrofosilov. V odseku med 505 in 530 m se med laporjem pojavi siv, rahlo rekristaliziran apnenec z nekarbonatnimi primesmi.

Glede na poznavanje litostratigrafskih razvojev v širšem prostoru in podatkov iz literature, lahko litostratigrafsko zaporedje med 95 in 545 m vzoporejamo s Psevdoziljsko formacijo v širšem smislu, tako kot jo razumejo M l a k a r (1980) in P l a c e r & K o l a r - J u r k o v š e k (1990).

545 - 835 m Svetlo siv do bel dolomit. Najbolj pogosto drobnozrnat mikrodolosparit in dolosparit z do 80 µm velikimi zrni, bolj redki pa so mikritni in debelozrnat sparitni različki. Prvotna struktura karbonatne kamnine je v drobcih ohranjena le izjemoma. Tako prepoznamo posamezna pelmikritna zrna, v vzorcu iz globine 725 m pa je precej drobcev s stromatolitno teksturo. Mikrofosilov, po katerih bi lahko sklepali na starost dolomita, nismo našli v nobenem od vzorcev, niti v preparatih iz jedra na globini 695 m. Vpad plasti v jedru, izmerjen po usmerjenosti stromatolitnih in liferitnih lamin, znaša 80°.

Po litološki primerjavi s kamninami na površju sklepamo

na zgornjetriasno starost dolomita oziroma na formacijo Glavnega dolomita norijsko-retijske starosti. Posamezni dolomitni drobci so preprejeni s kalcitnimi žilicami in gnezdi, ki kažejo na precejšnjo tektonsko aktivnost.

835 - 2004 m Od 835 m pa vse do dna vrtine nastopa srednje siv apnenec. Na odseku med 875 in 1110 metri, pa se poleg apnenca pojavlja tudi do 10 % drobcev sparitnega dolomita.

Po strukturi je apnenec večinoma rekristaliziran intrapelmikrit ali biopelmikrit v različnih inačicah, mestoma delno izpran in z višjim energijskim indeksom. V več drobcih apnenca (npr. na globinah 975, 1180, 1280, 1320 in 1775 m) opazujemo tudi posamezne ooidne ali celotne skupke ooidov, tako da ga lahko opredelimo kot oolitni apnenec.

Med fosili, ki so v splošnem dokaj redki, so najpomembnejši skeleti alg vrste *Clypeina jurassica* (Favre), ki apnenec uvrščajo v malm. Preseki teh alg so ohranjeni tako v prečnih kot vzdolžnih prerezi (sl. 2). Prvič se klipaina pojavi na globini 1145 m, nato pa na 1260, 1280 do 1320, 1675 in 1775 m ter vse do dna vrtine na 2004 m; pogostejši pa so primerki v odseku med 1825 in 1925 metrom. Posamezne klipaine nastopajo tudi v jedru na dnu vrtine. Razen skeletov alg vrste *Clypeina jurassica* med mikrofosili opazujemo le še redke neznačilne foraminifere, ostrakode in na globini 1120 m še posamezne kalcitizirane radiolarije.

Apnenec ima pogosto neizrazito laminirano teksturo, kar ni značilno za malmski apnenec na širšem prostoru zahodne Slovenije, kjer ta sicer izdanja

v večjem obsegu. Značilna zanj je tudi kasnodiaogenetska dolomitizacija. Ta se kaže v pogostih dolomitnih romboedrih, mestoma pa je tako intenzivna, da dolomit v posameznih drobcih popolnoma prevladuje nad kalcitom.

Geotermične meritve (sl. 3). V skladu z namenom vrtanja se je v Cerknem izvajala termometrija, najprej v plitvi vrtini, potem pa še v globoki hidrogeološko-raziskovalni vrtini. Za ekstrapolacijo v večje globine je bil v plitvi vrtini Ce-1/94 določen geotermični gradient 18 mK/m, ki je nižji od povprečja na kontinentih, kar je verjetno posledica globokega pronicanja hladne meteorske vode v okoliških zakraselih in drugače prepustnih kamninah.

Opravljenih je bilo 5 meritev temperature, ki so se izvajale med iztekanjem vode iz vrtine takoj po prenehanju vrtanja (Tabela 1). Namen meritev je bil določiti območja dotokov in temperaturo dotekajoče vode. Uporabljeni sta bili merilni sondi Pt-100 ohmski senzor in termistor z natančnostjo 0,01°C in točnostjo $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Voda je arteška, ker leži v ozki predalpski dolini obkroženi z goratim napajalnim zaledjem, ki ustvarja potrebni nadpritisek.

Ker so se izvajale meritve med iztekanjem termalne vode, med merjenjem ni bilo doseženo toplotno ravnovesje. Zadnje tri meritve temperature v vrtini Ce-2 kažejo na nekaj con dotokov tople vode, ki se dobro ujemajo na vseh treh merskih zapisih. Cone dotokov so iz zapisa razvidne v naslednjih odsekih: 847-874 m, 913-922 m, 1034-1045 m, 1184-1188 m (slabše izraženo), 1215-1225 m (slabše izraženo), 1229-1254 m, 1324-1332 m, 1383-1385 m (slabše izraženo), 1398-1400 m (slabše izraženo), 1422-1436 m (slabše izraženo), 1437-1444 m, 1491-1528 m in 1820-1840 m (nekaj dotokov hladnejše vode). Pomemben pa je tudi podatek o izlivu na odseku 560-565 m (2 l/s, tlak 23 barov, 24°C), ki je označen kot slojni izliv. Povezan je s porušeno cono pod naravno ploskvijo na globini 545 m.

Pri skoraj vseh conah dotokov je možno, da priteka manjša količina vode v vrtino iz globljih delov v plitvejši, kjer zopet ponikne v kamninski vodonosnik. Vrtina namreč lahko predvidoma poveže dve ali več razpoklinskih con, ki v normalnih razmerah niso povezane (C e l a t i & C a l o r e, 1987). Med potekom zadnjih dveh meritev je na ustju vrtine iztekalo 60 l/s s temperaturo 30°C. V najgloblji točki meritve (1940 m) je bila izmerjena temperatura vode 45,72°C. Večje količine vode dotekajo v vr-

Tabela 1. Meritve temperature v vrtini Ce-2/95 v Cerknem
Table 1. Temperature measurements in the Ce-2/95 borehole at Cerkno

Datum Date	Globinski odsek (m) Depth section (m)	Izdatnost (l/s) Outflow (l/s)	T (°C) na ustju T (°C) at wellhead	Vrsta meritve Method
10. maj	0 - 544	1.5	21	točkovno point by point
2. junij	400 - 809	10	22	karotaža logging
12. junij	850 - 1100	50	27.5	točkovno point by point
22. junij	0 - 1200 (vsakih 50 m); 1200-1500 (every 50 m)	60	30	točkovno point by point
7. julij	820 - 1940	60	30	karotaža logging

Opomba: Točkovne meritve na razdalji 10 m, ponekod več. Senzor Pt-100.

Karotažne meritve odčitane na razdaljah 10 m, ponekod 5 m, iz filma. Senzor termistor.

Remarks: Point by point measurements at every 10 m, somewhere more. Pt-100 probe.

Temperature logging; values are read at every 10, somewhere 5 m. Thermistor probe.

Tabela 2. Temperaturni gradient v vrtini Ce-2/95 v Cerknem
Table 2. Temperature gradient in the Ce-2/95 borehole at Cerkno

Globinski odsek (m) Depth section (m)	Temperaturni gradient dT/dz (mK/m) Temperature gradient dT/dz (mK/m)
0 - 850	23.9
850 - 1940	14.8

tino na odsekih 847-1150 m, 1178-1254 m, v manjši meri 1420-1453 m in globlje od 1491 m.

Cone dotokov se na termogramih zadnjih treh meritev zelo dobro ujemajo. V vseh conah voda vstopa v vrtino in se pretaka navzgor. Dotekajoča voda iz stene vrtine ima praviloma nižjo temperaturo od temperature vode, ki priteka na tej točki iz globljih con. To je vzrok za stopnice v poteku zapisa temperaturnega gradienta (D r u r y, 1984; D r u r y et al., 1984).

Rezultati meritve temperature so podani skupaj z rezultati meritev toplotne prevodnosti ($K \pm \text{s.d.}$), ki je bila izmerjena na obeh jedrih iz vrtine Ce-2 z merilnikom domače izdelave. Oba delujeta po nestacionarni metodi grelnice žice, imenovani tudi generalizirana metoda grelnice žice (P r e l o v š e k & U r a n, 1984).

Toplotna prevodnost kamnin na odseku 694-698 m znaša povprečno $2,54 \pm 0,16 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, na odseku 2003-2004 m pa $2,63 \pm 0,02 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$. V zgornjem odseku je kamnina zelo razpokan dolomitiziran apnenec, na spodnjem pa dolomit, ki ima zaradi razpokanosti prenizko vrednost. Temperaturni gradient je bil določen samo za dva odseka.

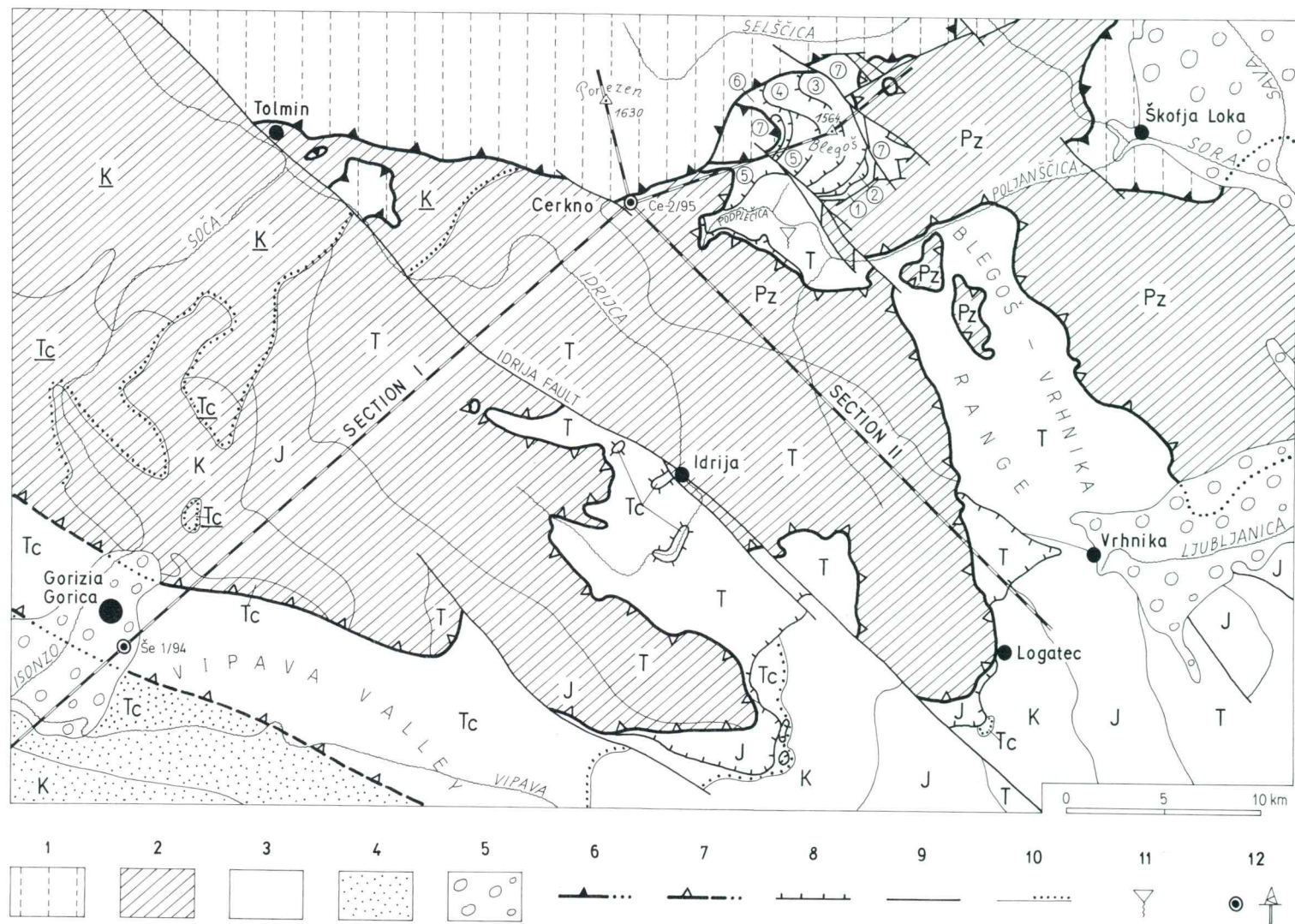
Izračunana gostota zemeljskega toplotnega toka (GTT) znaša 50 mWm^{-2} in velja le za stanje konduktivnega prenosa toplote. Toda to stanje ni bilo doseženo, saj je bil toplotni režim v obeh vrtinah ves čas neuravnovešen. Učinki konvekcije vodne mase skozi razpoke v okolici vrtine znižajo vrednost GTT nekoliko pod svetovno povprečje za celine, kjer znaša 63 mWm^{-2} . Takšna nižja GTT se povsem ujema z že znanimi vrednostmi GTT v zahodni Sloveniji (R a v n i k et al., 1995). Na območju Cerknega se v globinah pretakajo vodne mase z nižjo temperaturo od pričakovane temperature glede na normalni poprečni geotermični gradient (30 mK/m). Izmerjena temperatura $45,72^\circ\text{C}$ v vrtini Ce-2 v globini 1940 m je skladna s pričakovano temperaturo v razponu od 45 do 49°C . Vendar pa je možno, da to ni prava temperatura formacije za to globino. Termalna voda s to temperaturo se namreč pretaka iz nekoliko večjih globin. Glede na Žirovski vrh imamo v Cerknem v globini 2000 m za več kot 10°C višjo temperaturo, kar je dokaz več za globalno cirkulacijo vode po razpokanih conah, ki je na Žirovskem vrhu z geotermijo nismo zaznali.

Sl. 4. Tektonska skica severozahodnega dela Zunanjih Dinaridov

1. Južne Alpe; 2. Trnovski pokrov; 3. Hruškiški pokrov; 4. Komenska narivna gruda; 5. Aluvialni nanos; 6. Južnoalpska narivna meja; 7. Meja pokrova v Zunanjih Dinaridih; 8. Meja vmesne krovne luske v Zunanjih Dinaridih; 9. Prelom; 10. Geološka meja - normalna, diskordanca; 11. Toplice v Kopačnici; 12. Vrtina - na tektonski skici, v profilu; **Pz, T, J, K, Tc** - Kamnine osrednjega dela Zunanjih Dinaridov; **K, Tc** - Kamnine robnega dela Zunanjih Dinaridov; **1 do 7** - Blegoške luske

Fig. 4. Tectonic sketch of the northwestern part of the External Dinarides

1. Southern Alps; 2. Trnovo nappe; 3. Hrušica nappe; 4. Komen thrust sheet; 5. Alluvium; 6. Southalpine thrust front; 7. Nappe Boundary in the External Dinarides; 8. Boundary of the intermediate nappe horse; 9. Fault; 10. Geologic boundary - normal, unconformity; 11. Thermal spring in the Kopačnica; 12. Borehole - in the tectonic sketch, in the section; **Pz, T, J, K, Tc** - Rocks of the central part of the External Dinarides; **K, Tc** - Rocks of the margin of the External Dinarides; **1 to 7** - The Mt. Blegoš horses



Zgradba ozemlja

Cerkno leži na severozahodnem obrobju Zunanjih Dinaridov (sl. 4), ki so na tem prostoru zgrajeni iz obsežnih pokrovov, narinjenih od NE proti SW. Zgoraj je Trnovski pokrov, ki se razprostira med Vipavsko dolino in Ljubljansko kotlino na vzhodu. Pod njim je Hrušiški pokrov, ki izdanja izpod Trnovskega pokrova kot Poljansko-Vrhnški nizi. Tako sta jih imenovala K o s s m a t (1913) in R a k o v e c (1956), medtem ko sta G r a d i n F e r j a n č i č (1976) uporabila za isto območje termin Blegoško-Vrhnški nizi, ki ga bomo v nadaljnjem uporabljali v tem članku. Ti imajo obliko tektonskega polokna in se na območju Podplečice približajo Cerknemu le na nekaj kilometrov. Pod Hrušiškim pokrovom sta Snežniška in Komenska narivna gruda. Na sl. 4 je vidna le slednja. Plasti v Trnovskem pokrovu vpadajo proti jugozahodu, tako da izdanjajo na severovzhodu paleozojske (karbonsko-permske in gródenske klastične ter žažarske karbonatne kamnine), proti jugozahodu pa vedno mlajše, preko pretežno karbonatnih kamnin mezozojske starosti, do večinoma klastičnih terciarnih kamnin v čelu pokrova nad Vipavsko dolino. Hrušiški pokrov v Blegoško-Vrhnških nizih je pretežno iz triasnih kamnin. Na ožjem območju Blegoša in Podplečice so le-te srednjetriasne do zgornjetriasne starosti. Razvite so v Psevdoziljski in Rabeljski formaciji ter formaciji Glavnega dolomita in Dachsteinskega apnenca.

Na Zunanje Dinaride so ob Južnoalpski narivni meji od severa proti jugu narinjene Južne Alpe, katerih čelo sestavljajo triasne, jurske in kredne klastične ter laporne kamnine Slovenskega bazena. Zato ležijo ob Južnoalpski narivni meji neposredno na Trnovskem in Hrušiškem pokrovu psevdofiljski in amfikliński skladi Južnih Alp.

Zgradba območja Blegoša je povzeta po P l a c e r j u i n Č a r j u (1998, sl. 3), za Cerkno in okolico pa je uporabljena Mlakarjeva manuskriptna karta 1:10.000 iz leta 1978. Litostratigrafski in strukturni podatki so reducirani na tiste značilnosti, ki so pomembne za interpretacijo vrtine Ce-2/95, zato so poudarjeni le elementi krovne zgradbe. Blegoško-Vrhnški nizi so zgrajeni iz več krovnih lusk, ki so najlepše razgaljene na Blegošu (P l a c e r & Č a r, 1998), kjer

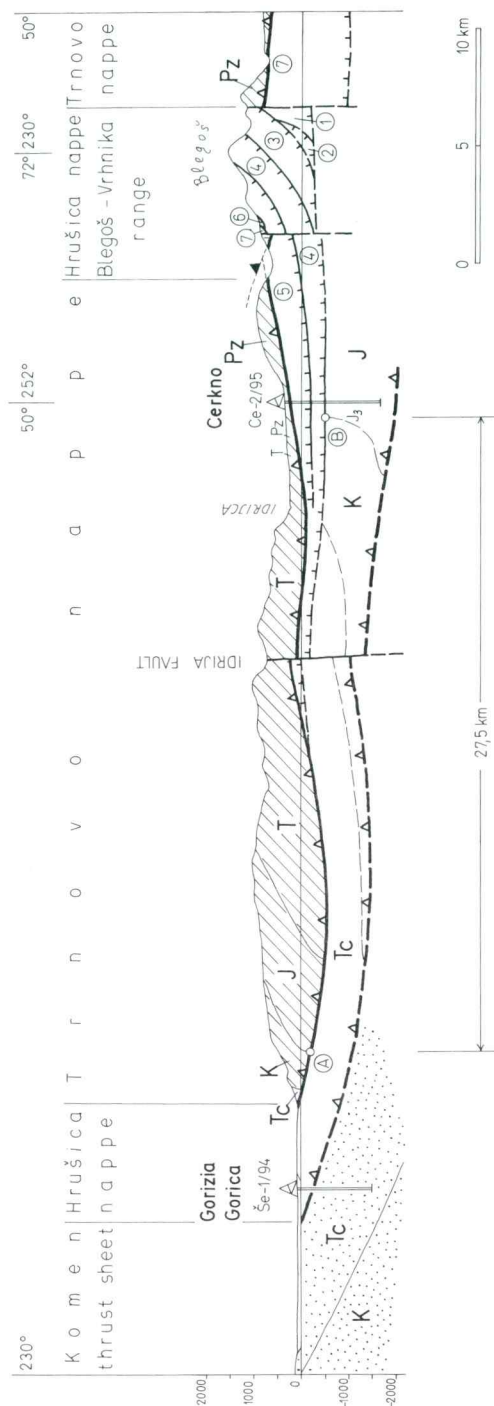
jih je ugotovljenih sedem. Najnižja prva je iz rabeljskih plasti (1), druga iz karbonsko-permskih plasti, na katere so diskordantno odložene psevdofiljske plasti (2), tretja je iz rabeljskih plasti in glavnega dolomita (3), četrta iz enakih kamnin (4), peta iz psevdofiljskih in rabeljskih plasti (5), šesta iz psevdofiljskih in rabeljskih plasti v inverzni legi (6) in sedma iz enakih plasti tudi v inverzni legi (7). Na območju Podplečice in jugovzhodno od tod izdanjata četrta in po vsej verjetnosti tudi peta luska, le da meja med njima v glavnem dolomitu še ni določena. Tik pod narivno ploskvijo Trnovskega pokrova pa nastopa krovna luska iz inverzno ležečih rabeljskih plasti, ki tvorijo posebno enoto, ločeno od pete, šeste ali sedme luske na Blegošu. Psevdoziljske plasti v inverzni legi severovzhodno in vzhodno od Blegoša, pripadajo sedmi luski.

Narivno zgradbo sekajo strmi prelomi, ki so prikazani le tam, kjer izdatneje prekinjajo meje pokrovov in krovnih lusk. Zaradi tega niso izrisani na vsej dolžini izdanjanja. V celoti je izrisan le Idrijski prelom.

Zgradba Blegoša in njen nastanek sta razložena v članku P l a c e r j a i n Č a r j a (1998). Posebnost krovne zgradbe severozahodnega dela Zunanjih Dinaridov so vmesne krovne luske med velikimi krovnimi enotami. Med Hrušiškim in Trnovskim pokrovom so bile detajlno raziskane le na območju Idrije in Blegoša, zaradi česar jih na celotnem prikazanem ozemlju na sl. 4 ne moremo izločiti kot posebno krovno etažo. Zato jih začasno obravnavamo kot del Hrušiškega pokrova. Strukturni pomen vrtine Ce-2/95 je prikazan v profilu št. I, Gorica - Cerkno - Blegoš na sl. 5. Iz karte na sl. 4 je razvidno, da pripadajo karbonsko-permski klastiti do globine 95 m Trnovskemu pokrovu, pisani klastični, karbonatni in piroklastični različni Psevdoziljske formacije od 95 do 545 m peti blegoški luski, glavni dolomit od 545 do 835 m četrta blegoški luski, medtem ko so zgornjejurske plasti od 835 do 2004 m del osrednjega telesa Hrušiškega pokrova, ki ne izdanjajo na območju Blegoša, temveč dlje proti jugovzhodu v okolici Vrhnike in Logatca. Zgradba Trnovskega pokrova, ki sega do roba Vipavske doline, je razvidna v celoti, razgaljene so plasti od karbonsko-permskih klastitov v Cerknem in vzhodno od tod, do krednih in terciarnih

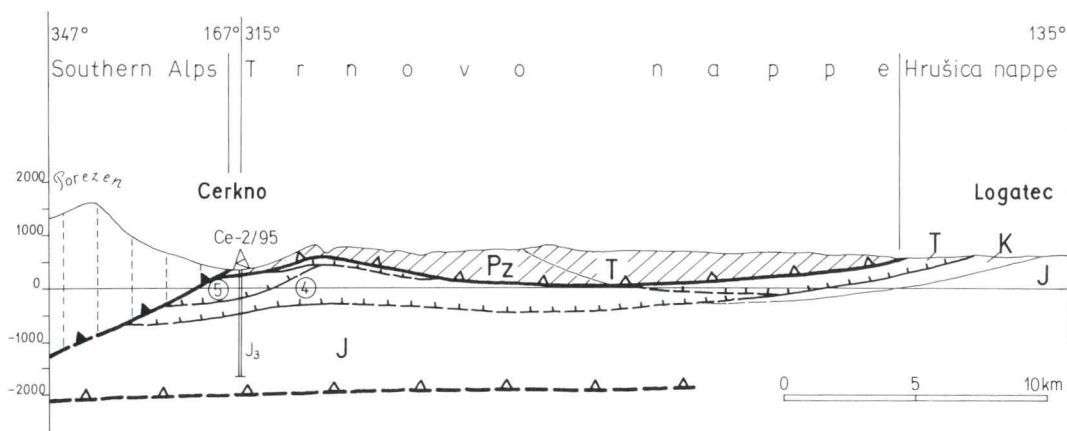
plasti v čelu pokrova. Hruški pokrov pod Trnovskim je iz eocenskih plasti severovzhodnega pasu Vipavske doline, pod katerimi je mogoče pričakovati paleogenske, kredne in jurske plasti. Slednje je dokazala vrtina Ce-2/95. Iz profila je razvidna lega blegoških lusk v vrtini in na Blegošu, ki predstavljajo vmesne krovne luske med Trnovskim in Hruškim pokrovom, tako kot idrijske vmesne krovne luske na območju Idrije (M l a k a r, 1969; P l a c e r, 1973, 1981). V Idriji in na Blegošu so nastale na enak način in sicer iz jedra polegla sinklinale iz njenega normalnega in inverznega krila (P l a c e r, 1973, tabla 1; P l a c e r & Č a r, 1998, sl. 5). Narivna ploskev Hruškega pokrova ni, razen na južnem obrobju Hrušice, vidna nikjer, vendar bi hipotetično lahko potekala po sredini Vipavske doline (P l a c e r, 1981, sl. 8, varianta I). Po eni izmed variant interpretacije vrtine Šempeter Še-1/94 (Petrica, R., Budkovič, T. & Placer, L., 1994: Geološke raziskave v poročilu Raziskave termalne vode v Novi Gorici. Neobjavljeno poročilo, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana) naj bi potekala skozi zgornji del te vrtine. Vrtina Ce-2/95 ni dosegla narivne ploskve Hruškega pokrova.

Za razglabljanje o krovni zgradbi severozahodnega dela Zunanjih Dinaridov je pomembna ocena dolžine premika Trnovskega pokrova nasproti Hruškemu. V ta namen je najbolj primerna meja med jurskimi in krednimi plastmi in njena presečnica z narivno ploskvijo Trnovskega pokrova. V Trnovskem pokrovu je presečnico mogoče določiti z veliko mero zanesljivosti (točka A na sl. 5), saj poznamo legi narivne ploskve in meje J-K, v Hruškem pokrovu pa je določena na podlagi ocenjene debeline zgornjejurskih plasti na Logaški planoti okoli 400 m. Glede na navršeno dolžino jurskih plasti 1170 m, mora biti njihov vpad v vrtini Ce-2 dokaj strm. Vsekakor leži presečnica blizu vrtine jugozahodno od Cerknega (točka B na sl. 5). Ustreznost interpretacije zgradbe Hruškega pokrova na sl. 5 dokazujejo tudi tektonska okna v okolici Idrije, kjer izpod vmesnih krovnih lusk izdanja eocenski fliš povezan s flišem v Vipavski dolini, ki sega po podatkih vrtin tudi severovzhodno od Idrijskega preloma, kar lahko ekstrapoliramo tudi na območje



Sl. 5. Profil I, Gorica - Cerkno - Blegoš. Legenda na sl. 4

Fig. 5. Section I, Gorizia - Cerkno - Mt. Blegoš. Explanation to Fig. 4



Sl. 6. Profil II, Porezen - Cerkno - Logatec. Legenda na sl. 4

Fig. 6. Section II, Mt. Porezen - Cerkno - Logatec. Explanation to Fig. 4

Cerkljanske. Razdalja med točkama A in B v profilu, ki je postavljen v smeri narivanja, pomeni potemtakem dolžino premika ob narivni ploskvi. Ta znaša okoli 27,5 km. Če upoštevamo še deformacijo zaradi gubanja (Placer, 1981, str. 37), znaša celotni premik Trnovskega pokrova nasproti Hrušičkemu okoli 30,5 km. To se presenetljivo ujema z oceno premika Trnovskega pokrova nasproti Hrušičkemu v profilu skozi Idrijo, kjer znaša 32 km (Placer, 1981, str. 37). Skoraj enak premik v mejah geološke natančnosti, kaže na veliko stopnjo verodostojnosti teorije o krovni zgradbi severozahodnega dela Zunanjih Dinaridov, ki jo je postavil Mlakar (1969). Mlakar je zgornjetriasne in jurske plasti pod Cerknim predvidel že v tej razpravi (1969, profil B na sl. 2). Kljub skicirani geološki zgradbi osrednjega dela zahodne Slovenije na sl. 4 je natančnost konstrukcije na sl. 5 velika, saj so razdalje med geološkimi mejami v profilu povzete po OGK 1:100.000.

Zveza med zgradbo vrtine Ce-2/95 in Hrušičkim pokrovom na območju Vrhnike in Logatca je prikazana v profilu št. II, Porezen - Cerkno - Logatec na sl. 6. Iz interpretacije profila sledi, da je mogoče povezati jurske plasti v vrtini in na Logaški planoti. Ker je tu razvito normalno zaporedje jurskih in krednih plasti, za Blegoško-Vrhniske nize pa je značilna luskasta zgradba, je povsem mogoče, da so jurske plasti v vrtini in v okolici Logatca del osrednjega dela Hrušičkega po-

krova. Triasne plasti nad njimi pa pripadajo drugim luskam, kot npr. blegoškim na območju Blegošja in Cerknega ter Zaplanski lusk pri Logatcu. V profilu je prikazano tudi razmerje med Južnimi Alpami in Zunanji Dinaridi. Južnoalpska narivna meja prekriva vse dinarske narivne strukture.

Hidrološke povezave

Analiza zgradbe bližnje in daljnje okolice Cerknega dopušča vsaj načelno razpravo o mogočem izvoru, smeri dotoka in napajalnem zaledju tople vode v vrtini Ce-2/95. Čeprav kemične in izotopske analize vode iz vrtine niso bile opravljene, lahko iz analiz površinskih in toplih vod v Zunanjih Dinaridih in najbližjih toplih v Kopačnici ugotavljamo, da gre za mehanizem segrevanja meteorskih vod (Dolenec, T., Pezdič, J. & Weiss, S. 1980: Raziskave izotopske sestave karbonatov in vode iz okolice Kopačnice. Neobjavljeno poročilo, Naravoslovno-tehniška fakulteta, Ljubljana), saj imata v Kopačnici topla in meteorska voda skoraj enako razmerje δO^{18} in δD . Smer dotoka in napajalno zaledje sta v splošnem odvisna od zgradbe ozemlja, kar pomeni, da je stopnja zanesljivosti določitve zaledja vrtine Ce-2/95 odvisna od stopnje verjetnosti strukturne interpretacije v tem članku. Iz litostratigrafskega stolpca na sl. 2 in zadnjih treh termogramov na sl. 3 je razvidno, da so glavni dotoki vezani na malmski ap-

nenec, manj na zgornjetriasni glavni dolomit, kar ustreza hidrogeološkim značilnostim teh kamnin. Relativno zaporo navzgor tvorijo psevdosiljske plasti pete blegoške luske in karbonsko-permske plasti Trnovskega pokrova. Narivna ploskev med četrto blegoško lusko in osrednjim delom Hrušiskega pokrova predstavlja verjetno le pogojno bariero, kot običajno narivne cone ob karbonatnih kamninah, kjer že zaradi raznolike zgradbe notranje narivne cone, oziroma jedra narivne cone, obstojajo poleg slabo prepustnih tudi predeli srednje ali dobre prepustnosti. Zaradi teh vzrokov moramo v možno napajalno zaledje vrtnice v Cerknem vključiti večji del Blegoško-Vrhnjskih nizov, predvsem njihov zahodni in severni del iz zgornjetriasnega dachsteinškega apnenca in glavnega dolomita ter jurske in kredne plasti Logaške planote. Triasne, jurske in kredne plasti v Trnovskem pokrovu so z malmskim apnencem v vrtini Ce-2 ločene z narivno ploskvijo Trnovskega pokrova in deloma s peto blegoško lusko, zaradi česar je hidrološka povezava z njimi sicer mogoča, vendar posredna.

Zahvala

Avtorji se zahvaljujejo akad. prof. dr. I. Gušiću iz PMF Univerze v Zagrebu za paleontološko preverbo fosilov v raziskanih drobcih izplake. Še posebej pa se zahvaljujejo univ. dipl. ing. geol. Vladimirju Ferjančiču, ki je bil pobudnik vrtanja v Cerknem in vodja del, ker je dal na razpolago izvrstane drobce in jedra vrtnice Ce-2/95. S tem je omogočil objavo tega članka.

Summary

Borehole Ce-2/95 at Cerkno at the boundary between the Southern Alps and the External Dinarides (Slovenia)

The possibility of thermal water exploitation have been investigated at Cerkno (Fig. 1) in years 1994 to 1996. For this purpose three boreholes were drilled: an exploration borehole Ce-1/94 of 134 m depth for temperature gradient determination, a hydrogeological-exploration and exploita-

tion borehole Ce-2/95 of 2004 m depth that has tapped thermal water, and another exploitation borehole Ce-3/96 that was unsuccessful due to technical reasons. All boreholes were drilled using a rock bit.

In all the boreholes geological and geotechnical investigations were done, most thoroughly in the Ce-2/95, where the rock cuttings were collected, and the cores of few metres length were taken at two different depths. There lithostratigraphical, hydrogeological and geothermal investigations were carried out, as well as the logging operations for the lithology determination. The final stratigraphical and structural interpretation of the Ce-2/95 borehole is the result of the above mentioned research, and the surface mapping data of closer and wider surroundings of Cerkno in a scale of 1:10.000. The latter was performed in years 1973 to 1986 in the framework of research for mercury, copper and uranium (Mlakar, I., 1978: Geological controlling factors of the Hg, Cu and U mineralization, I. phase. Unpublished report, Geological Survey of Slovenia, Ljubljana. Placer, L., Čar, J. & Ogorelec, B., 1986: Palaeotectonic and paleosedimentological points of views of the mineralization in Mesozoic and Palaeozoic layers. Unpublished report, Geological Survey of Slovenia, Ljubljana).

Thermal water at Cerkno is used for bathing and space heating via heat exchanger. The outflow and temperature at wellhead are 10 l/s and 30°C.

Lithostratigraphic column (Fig. 2) is composed on a basis of the examination of the cuttings from the drilling mud that were collected at a 5 m interval. The size of examined cuttings was 2 to 4 mm. The portion of particular lithological types of all samples was estimated with the binocular magnifier. The borehole has been cored at depths of 694 to 698 m and at 2003 to 2004 m. From the cores and the cuttings that were taken approximately every 50 m the petrographic thin sections were made and microscopically examined. Seven samples of slaty mudstone were analysed by x-ray diffraction.

The borehole has passed in the first 5 metres through the rampart, followed by grayish to grayish-black slate with transitions to slaty siltstone of silky greasy luster down to 95 m. According to the composi-

on the slate belongs to clastic rocks of Carboniferous-Permian age (Mlakar, 1967, 1969). At depths between 95 and 545 m the cuttings are carbonates, clastic rocks, rhyolitic tuff and rhyolite. They belong to Ladinian rocks of the Pseudozilian Formation based upon their lithological characteristics (Mlakar, 1980; Placer & Kolarič Jurkovič, 1990). Between 545 and 835 m depth the cuttings belong to light gray, partly nearly white dolomite with sparse remnants of stromatolites and loferites. Regarding their characteristics and comparison with the rocks in the surrounding of Cerklno they could belong to the Main dolomite Formation.

Under the Main dolomite till the bottom of the borehole medium gray limestone with sections of dolomitized limestone occurs. At different depths between 1145 and 2004 m *Alga Clypeina jurassica* (Favre) has been found what proves the Malmian age of the limestone (Fig. 2).

Geothermal measurements (Fig. 3). As a part of geothermal research shallow temperature measurements were first performed in a 134 m deep borehole in 1994. A geothermal gradient of 18 mK/m has been adopted for extrapolation to greater depths. Such a low gradient is a result of deep circulation of cold meteoric water in the karstified and fractured rock massif.

In the Ce-2 borehole temperature was measured successively 5 times during drilling and in flowing conditions (Table 1) for the purpose of locating the inflow zones and temperature of the inflow water. The borehole is artesian as a consequence of its location in a narrow forealpine valley surrounded by the mountainous recharge region. The last 3 temperature logs exhibit several inflow zones of thermal water that coincide quite well in all 3 logs. The inflow zones are determined at the following depths (m): 847-874, 913-922, 1034-1045, 1229-1254, 1324-1332, 1437-1444, 1491-1528 and 1820-1840 (some cooler water inflow at this depth). At some other depth sections the inflow zones are not so well expressed. At a depth of 560-565 m the "layer" inflow from the formation is registered (2 l/s, 23 bar, 24°C) that is in connection with the fractured zone under the thrust plane at 545 m depth.

At almost all inflow zones a certain smaller water quantity inflows from deeper fracture and leaves the borehole at shallower depth where it enters the formation. The borehole can supposedly connect two or more fracture zones, usually not connected (Celati & Calore, 1987). The highest temperature of 45.72°C was attained at the deepest measuring point (1940 m). Greater water quantities enter the borehole at the following depths (m): 847-1150, 1178-1254, 1420-1453 and deeper than 1491 m.

Thermal conductivity from the cores at a depth of 694-698 m is determined to $2.54 \pm 0.16 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, and at a depth of 2003-2004 m to $2.63 \pm 0.02 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ using the transient generalized hot wire method (Prelovšek & Uran, 1984). Temperature gradient was determined for two depth sections only (Table 2). The average heat flow density (HFD) is estimated to 50 mWm⁻² along the borehole, and is valid for conductive heat transfer condition only that has never been attained. The effects of water mass convection through fractures at Cerklno area decrease the HFD. Such lower HFD is in agreement with the already known HFD pattern in western Slovenia (Ravnik et al., 1995). However, at the Cerklno area water circulates in depths with lower temperature than the expected water temperature under the average geothermal gradient. Also, the deepest measured temperature is not the real formation temperature for this depth. In comparison with Žirovski vrh area, temperature at Cerklno is 10°C higher at a 2000 m depth due to deeper water circulation which is absent at Žirovski vrh.

Regional structure. Northwestern part of the External Dinarides is composed of large nappes thrust from the NE towards the SW (Fig. 4). The uppermost part belongs to the Trnovo nappe. At the northeast it is composed of Palaeozoic clastic rocks, while towards the southwest younger and younger rocks appear as far as the Tertiary rocks at the nappe front above the Vipava valley. Below the Trnovo nappe the Hrušica nappe lies, outcropping from below the first one at the extensive tectonic half-window of the Blegoš-Vrhnika range. The Hrušica nappe is underlain by the Snežnik and the Komen thrust sheets of which only the latter appears the map (Fig. 4).

The Southern Alps are thrust onto the External Dinarides from the north towards the south along the Southalpine thrust front.

Special characteristics of the External Dinarides nappe structure are intermediate nappe horses, developed out of the overturned folds during the nappe structure formation. In the discussed territory they are investigated in more detail only in the Idrija and Blegoš areas, therefore, it is not possible yet to separate them as a particular nappe level in the whole region. They are temporary included in the Hrušica nappe. Intermediate nappe horses at Blegoš or the Blegoš horses are numbered, but they were treated in the separate treatise (Placer & Čar, 1998).

Characteristics of the nappe structure are illustrated by the cross-section No. I, Gorizia - Cerkno - Blegoš in Fig. 4, passing through the boreholes Še-1/94 near Gorizia and Ce-2/95. Tectonical sketch and section structure show that Carboniferous-Permian clastic rocks in the Ce-2/95 borehole lie till 95 m depth in the Trnovo nappe, Pseudozilian beds between 95 and 545 m belong to the fifth Blegoš horse and Main dolomite between 545 and 835 m to the fourth Blegoš horse, while Jurassic beds up to the bottom of the borehole are included in the central part of the Hrušica nappe. Jurassic beds in the Ce-2 borehole can be directly connected with similar beds near Logatec and Vrhnika (Fig. 5), while in the Trnovo nappe they are moved towards the SW. The shifting size of the Trnovo nappe in relation to the Hrušica nappe is illustrated by the distance between points A and B (Fig. 5). Point A is a puncture of the line of intersection between the adjoining planes of Jurassic and Cretaceous beds in the Trnovo nappe and the thrust plane of this nappe, whereas point B is its equivalent in the Hrušica nappe. The distance amounts to about 27.5 km. If the folding deformation formed during the External Dinarides nappe structure development, amounting about 3 km (Placer, 1981, 37), is added to this distance, the shift of the Trnovo nappe towards the Hrušica nappe is about 30.5 km. Within the margins of geological precision this result coincides with the calculated shift between these two nappe units in the cross-section through Idrija, where it amounts to about 32 km

(Placer, 1981, 37). This shows a great degree of credibility of the theory of the nappe structure of the NW part of the External Dinarides, set up by Mlakar (1969). Herein Mlakar has already assumed Upper Triassic and Jurassic beds below Cerkno (1969, section B in Fig. 2).

In cross-section II (Porezen - Cerkno - Logatec) in Fig. 6 the relation of the Southern Alps towards the Outer Dinarides is presented.

Hydrological connections are evident from the structural interpretation. Lithostratigraphic column (Fig. 2) shows that main inflows, presented in Fig. 3, are connected to Malmian limestone, and to a lesser degree to Upper Triassic Main dolomite that corresponds to hydrogeological characteristics of these rocks. Pseudozilian beds of the fifth Blegoš horse and Carboniferous-Permian beds of the Trnovo nappe constitute the relative upward hydrologic barrier. The thrust plane between the fourth Blegoš horse and the central part of the Hrušica nappe represents probably only a conditional barrier. This is usual for the thrust zones along carbonate rocks where already due to structural diversity of the thrust zone core the regions of medium and good permeability exist besides low permeable regions. Due to these reasons the majority of the Blegoš-Vrhnika range, especially their western and northern part composed of Upper Triassic Dachstein limestone, Main dolomite, as well as Jurassic and Cretaceous beds of the Logatec plane, can be included into the possible recharge hinterland of the borehole at Cerkno. Triassic, Jurassic and Cretaceous beds in the Trnovo nappe are, together with Malmian limestone in the Ce-2 borehole, divided by the thrust plane of the Trnovo nappe and partly by the fifth Blegoš horse. For that reason indirect hydrological connection with them is possible.

Literatura - References

- Celati, R. & Calore, C., 1987: Downhole measurements. - International school of geothermics, IIGR, Pisa.
- Druy, M.J., 1984: Borehole temperature logging for the detection of water flow. - *Geoprospection*, 22, 231-243, Elsevier.
- Druy, M.J., Jessop, A.M. & Lewis, T.J., 1984: The detection of groundwater flow by

precise temperature measurements in boreholes. - *Geothermics*, 13/3, 163-174, Pergamon Press.

G r a d, K. & F e r j a n č i č, L., 1976: Tolmač lista Kranj, Osnovna geološka karta SFR Jugoslavije 1:100.000. Zvezni geološki zavod, pp. 70, Beograd.

K o l a r - J u r k o v š e k, T. & J u r k o v š e k, B., 1985: Nova najdišča paleozojske flore v Posavskih gubah med Ljubljano in Litijo. - *Razprave IV. razr. SAZU*, 199-218, Ljubljana.

K o l a r - J u r k o v š e k, T. & J u r k o v š e k, B., 1986: Karbonska (westfalijska) makroflora iz Zavrznika. - *Rudarsko-metalurški zbornik*, 33/1-2, 3-34, Ljubljana.

K o s s m a t, F., 1913: Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltenregion. - *Mitt. Geol. Gesell. VI*, 61-165, Wien.

M l a k a r, I., 1967: Primerjava spodnje in zgornje zgradbe idrijskega rudišča. - *Geologija* 10, 87-126, Ljubljana.

M l a k a r, I., 1969: Krovna zgradba idrijsko žirovskega ozemlja. - *Geologija*, 12, 5-72, Ljubljana.

M l a k a r, I., 1980: O starosti spodnjega dela psevdosiljskih skladov na Cerkljanskem. - *Geologija*, 23/2, 173-176, Ljubljana.

M l a k a r, I., 1987: Prispevek k poznavanju geološke zgradbe Posavskih gub in njihovega južnega obrobja. - *Geologija* 28, 29, 157-182, Ljubljana.

M l a k a r, I., S k a b e r n e, D. & D r o v e n i k, M., 1993: O geološki zgradbi in orudenju v

karbonskih kamninah severno od Litije. - *Geologija*, 35, 229-286 (1992), Ljubljana.

P l a c e r, L., 1973: Rekonstrukcija krovne zgradbe idrijsko-žirovskega ozemlja. - *Geologija*, 16, 317-334, Ljubljana.

P l a c e r, L., 1981: Geološka zgradba jugozahodne Slovenije. - *Geologija*, 24/1, 27-60, Ljubljana.

P l a c e r, L., 1999: Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. - *Geologija*, 41, 223-255 (1998), Ljubljana.

P l a c e r, L. & Č a r, J. 1998: Structure of Mt. Blegoš between the Inner and the Outer Dinarides. - *Geologija*, 40, 305-323 (1997), Ljubljana.

P l a c e r, L. & K o l a r - J u r k o v š e k, T. 1990: O starosti psevdosiljskih skladov v vzhodnih Posavskih gubah. - *Rudarsko-metalurški zbornik*, 4, 529-534, Ljubljana.

P r e l o v š e k, P. & U r a n, B., 1984: Generalized hot wire method for thermal conductivity measurements. - *J. Phys. E., Sci. Instrum.*, 17, 674-677.

R a k o v e c, I., 1956: Pregled tektonske zgradbe Slovenije. - Prvi jugoslovanski geološki kongres, Bled 1954, 73-83, Ljubljana.

R a v n i k, D., R a j v e r, D., P o l j a k, M. & Ž i v č i č, M., 1995: Overview of the geothermal field of Slovenia in the area between the Alps, the Dinarides and the Pannonian basin. - *Tectonophysics*, 250, 135-149, Elsevier.