

Strukturne razmere v coni Savskega preloma na območju Zahodnih Karavank

Structural conditions within Sava Fault zone in the Western Karavanke mountains, NW Slovenia

Vanja KASTELIC

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12,
1000 Ljubljana, Slovenija; vanja.kastelic@ntfgeo.uni-lj.si

Ključne besede: Savski prelom, Karavanke, tip deformacij, geometrija prelomov
Key words: Sava Fault, Karavanke Mts., deformation style, fault geometry

Izvleček

Raziskano je bilo območje Zahodnih Karavank v coni Savskega preloma. Opravljeno je bilo detaljno strukturno kartiranje geometrije prelomnih con in meritve mikrotektonskih elementov. Glavna smer prelomov je orientirana v smeri E–W s strmimi vpadi proti N in prevladujočim kinematskim smislom ob njih izraženim kot zmiki. Poleg horizontalnih premikov je ob omenjenih prelomih prišlo tudi do vertikalnega premika, kar potrjuje kompresijski napetostni režim, dobljen z inverzijo mikrotektonskih podatkov. Poleg omenjene glavne smeri prelomov sta prisotna še dva vezna prelomna sistema, ob katerih so bili v transpresivnih razmerah bloki manj kompetentnih kamnin kot klini dvignjeni nad bolj kompetentne kamnine. Starost omenjenih deformacij povezujem s postkolizijskimi procesi alpske orogeneze, zabeleženi potresi na tem območju pa govorijo o aktivnosti tudi v recentnem obdobju.

Abstract

The investigated area of Western Karavanke lies in the zone of Sava Fault – the southern most part of the Periadriatic Fault zone. The work is based on detail structural mapping of the fault zones combined with measurements of microtectonic data used for paleostress tensor inversion. The prevailing orientation of fault zones in the studied area is generally E–W oriented with steep dips towards N with strike-slip kinematics as the main slip sense recorded on them. Alongside horizontal deformation, records of vertical movements on these faults are also to be seen in the field and the inversion data confirm such kinematic style with compressional stress regime. Two systems of connecting faults that lie between two strands of E–W oriented faults are also present in the studied area. Along both of them blocks of more deformable rocks were extruded on more rigid rock units. I connect the age of this style of deformation to post-collisional processes connected to Alpine orogenesis, and recent earthquakes in the area prove the ongoing active deformation of the area.

Dosedanje raziskave

Najstarejše tipkano poročilo o geološkem kartiranju Karavank in Julijskih Alp je napisal Petters (1856). Kvartarne sedimente sta prva raziskovala Morlot (1850) in Brückner (1891), Hauer (1856) pa je raziskal ležišča sadre pri Dovjem. O kvartarnih

sedimentih, predvsem pa o poledenitvah v pleistocenu so pisali v obdobju po letu 1900 Penck in Brückner (1909), Ampferer (1918), Melik (1932) in Bohinc (1935) (po Jurkovšek, 1985b). V prvih povojnih letih (1946, 1951) je Rakovec pisal o triasnem vulkanizmu in o paleogeografiji Julijskih Alp, kasneje pa je s študijami o tektonski

zgradbi Slovenije (1956) še enkrat posegel na območje Karavank in opisal geološki razvoj zahodnih Karavank (1966). Med leti 1964 in 1968 je o geološkem razvoju zahodnih Karavank, pisal Ramovš. Za potrebe cestnega predora pod Karavankami sta Premru in Buser (1979) napisala zelo natančno študijo o geološki zgradbi manjšega ozemlja zahodno od Mojstrane, ki jo dopolnjujejo podatki iz vrtin. Splošen pregled o geološkem razvoju ozemlja Karavank in Julijskih Alp na listu Beljak pa je podal (Jurkovšek, 1985a,b). V letih med 1977 in 1985 so obravnavani del Karavank kartirali geologi Geološkega zavoda v okviru izdelave osnovne geološke karte v merilu 1 : 100.000, poleg katere sodi tudi tolmač lista Beljak in Ponteba.

Leta 1995 so Brenčič in soavtorji izdali članek o hidrogeologiji zahodnih Karavank, kjer so priložili tudi geološko karto v merilu 1 : 100 000 ozemlja med Korenskim sedlom in Golico skupaj s profili. Nadalje je Budkovič leta 1999 izdal članek o geologiji slovenskega dela Karavanškega cestnega predora, kjer je objavljena tudi geološka karta in profil širše okolice lokacije predora s podatki o geologiji, litologiji in strukturi kamnin. Litostratigrafija, dopolnjena s podatki iz cestnega predora Karavanke, je opisana v članku Ogorelca in sodelavcev (1999). Novejše raziskave, ozemlja v okolici Kamnika, je opravil Vrabec (2001), kjer se je ukvarjal s strukturno analizo cone Savskega preloma, vendar se izsledki te raziskave navezujejo tudi na območje zahodnih Karavank, ki prav tako pripadajo coni Savskega preloma.

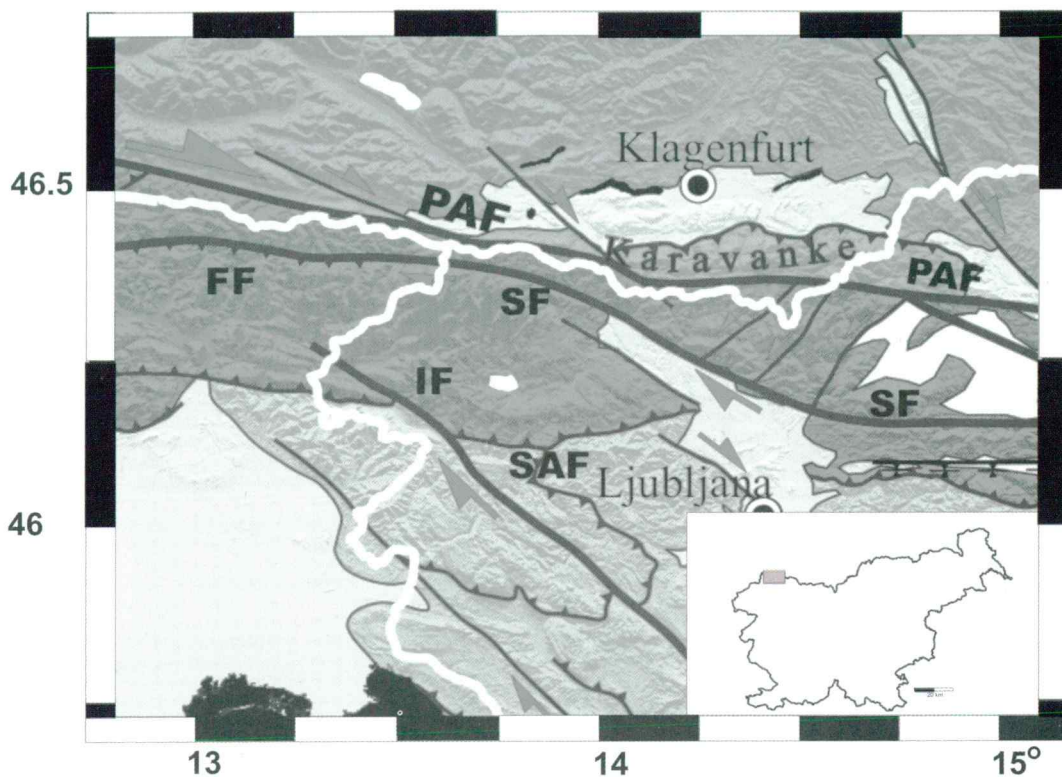
Regionalni pregled

Raziskano območje leži v Zahodnih Karavankah v coni Savskega preloma med naselji Kranjska Gora, Gozd Martuljek ter Srednji Vrh. Strukturno območje sodi v enoto Južnih Alp, ki jih na severu od enote Vzhodnih Alp loči cona Periadriatskega preloma (Slika 1). Periadriatski prelom predstavlja cono prevladujočih desno zmičnih prelomov ob katerih je bila izvedena postkolizijska faza alpskih orogenetskih procesov. Ocenjena količina desnega zmika znaša vsaj 100 km in je povezana z bočno ekstruzijo enote Vzhodnih Alp pred proti N vrivajočim klinom Jadranske plošče v času po miocenu (Ratschbacher et al., 1991; Frisch et al., 1998). De-

formacije so se zaradi specifičnih pogojev na območju Panonskega bazena najprej izvršile vzdolž Srednjemadžarske cone, po združitvi Alcapa enote z enoto Tisza pa vzdolž Savsko-Dravskega grabna na območju vzhodne Hrvaške (Fodor et al., 1998).

O Karavankah, ki so na svojem južnem delu omejene s Savskim prelomom, je Laubscher (1983) domneval, da so terciarna transpresivna pahljačasta struktura (flower structure). Vzdignjene naj bi bile zaradi desnih premikov ob Periadriatskem lineamentu, ki so mlajši od oligocenske intruzije tonalita vzdolž lineamenta (Vrabec, 2001). Po raziskavah Polinskega in Eisbacherja (1992) pripadajo deformacije iz obdobja miocena do recentnega obdobja, desnozmičnim NW–SE usmerjenim prelomom, ki se odcepljajo od Periadriatskega lineamenta ali pa ga sekajo in razmikajo v dimenziji do nekaj kilometrov. Po podatkih istih avtorjev iz raziskav na avstrijski strani Karavank, na območju Celovškega bazena, so preko 1000 metrov klastičnih srednjesarmatijskih in kvartarnih sedimentov ob položnih transpresivnih narivnicah, narinjene paleozojske in mezozojske kamnine. Pravtako so tudi na območju naših severnih Karavank kamnine, ki pripadajo Karavankam narinjene na srednje miocenske sedimente (Placer 1996), bočno pa miocen nalega na mezozoik Karavank (Placer, ustno sporočilo v Vrabec 2001). Opisan zapleten odnos bi bilo možno razložiti z narivom sarmatijskih plasti čez starejše predterciarne enote. Te naj bi bile pri narivanju v južnem delu dvignjene in večinoma erodirane. Tudi to bi pomenilo, da se je transpresivno narivanje začelo šele po sarmatiju (Vrabec, 2001).

Južno mejo cone Periadriatskega preloma predstavlja Savski prelom. Slemenitev Savskega preloma se prostorsko spreminja. Na svojem zahodnem delu (na območju NE Italije) je prelom poznan pod imenom Fella prelom (slika 1) in je zastopan z E–W slemenitvijo, prevladujoča kinematika vzdolž tega dela odseka pa je reverzna do reverzno-desnozmična ob ploskvah z vpadi generalno proti severu. Na območju Zgornjesavske doline in naprej proti vzhodu, prelom spremeni svojo smer in postaja vedno bolj orientiran v smeri NW–SE. S spremembo slemenitve preloma je prisotna tudi sprememba v kinematiki premikov. Na območju Slovenije je prevladujoči smisel premika desni zmik in na podlagi razmika značilnih oligocenskih vulkanoklastičnih kamnin, je le ta določen v



Slika 1. Regionalna strukturna karta območja. SF = Savski prelom; FF = prelom Fella; PAF = Periadriatska prelomna cona; IF = Idrijski prelom; SAF = Južno-alpska nariivna cona. Izsek v desnem spodnjem kotu karte prikazuje preiskano območje s sivim pravokotnikom.

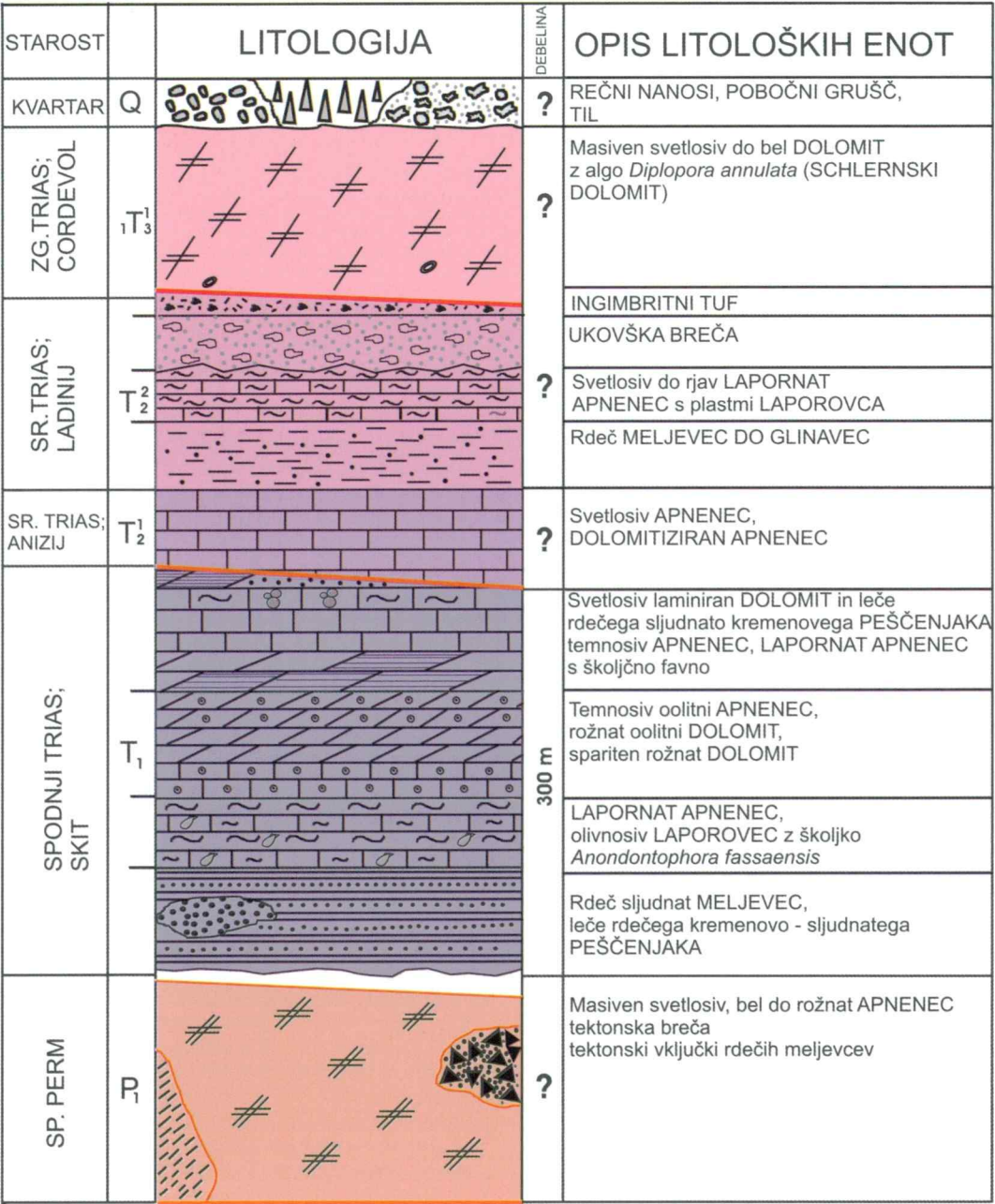
Figure 1: Regional structural map of the area. SF = Sava Fault; FF = Fella Fault; PAF = Periadriatic fault zone; IF = Idrija Fault; SAF = South-alpine thrust front.

The figure in the right lower corner of the images shows the investigated area with a grey rectangle.

količini 30–60 km (npr. Fodor et al., 1998). Na območju osrednje in vzhodne Slovenije se Savski prelom združuje s Šoštanjским in Labotskim prelomom in predstavlja povezovalno cono Periadriatskega preloma z Dravskim grabnom (Vrabec & Fodor, 2006). Starost deformacij ob Savskem prelomu je ocenjena kot post srednje miocenska (Vrabec, 2001). Da so se transpresijske deformacije v Karavankah resnično dogajale šele v obdobju poznega miocena in celo kvartarju, priča tudi kvartarna aktivnost NNW–SSE usmerjenega preloma Stola, ki pripada desnozmčni skupini prelomov, ki sekajo Periadriatski lineament, na severu pa tudi kvartarne sedimente Celovškega bazena (Vrabec, 2001). Torej imamo v sistemu Savskega preloma in drugih desnozmčnih prelomov, ki se iz Periadriatskega lineamenta odcepljajo, opraviti s še danes aktivnim prelomnim sistemom (postpaleocenska starost).

Geološke razmere

Izbrano območje sem detajlno geološko kartirala v merilu 1 : 5000 (topografska karta Mojstrana 31). Teren je bil v preteklosti kartiran že nekajkrat (npr. Jurkovšek 1985b, Budkovič, 1997) vendar le v regionalnem merilu 1 : 25000 za karte OGK v merilu 1 : 100 000. Ker ozemlje leži v coni Savskega preloma, so kamnine tudi temu ustrezno pretirne, brez sklenjenih profilov in izdankov. Tako je bilo delo še težavnejše, saj je bilo za določitev starosti posameznega člena opraviti tudi mikroskopske analize vzorcev. Potrebno je bilo določiti mikrofaciese in jih primerjati z že obstoječimi podatki (npr. Jurkovšek 1985a, Ogorelec et al., 1999). Tipičen litostratigrafski razvoj je prikazan v litostratigrafskem stolpcu (slika 2).

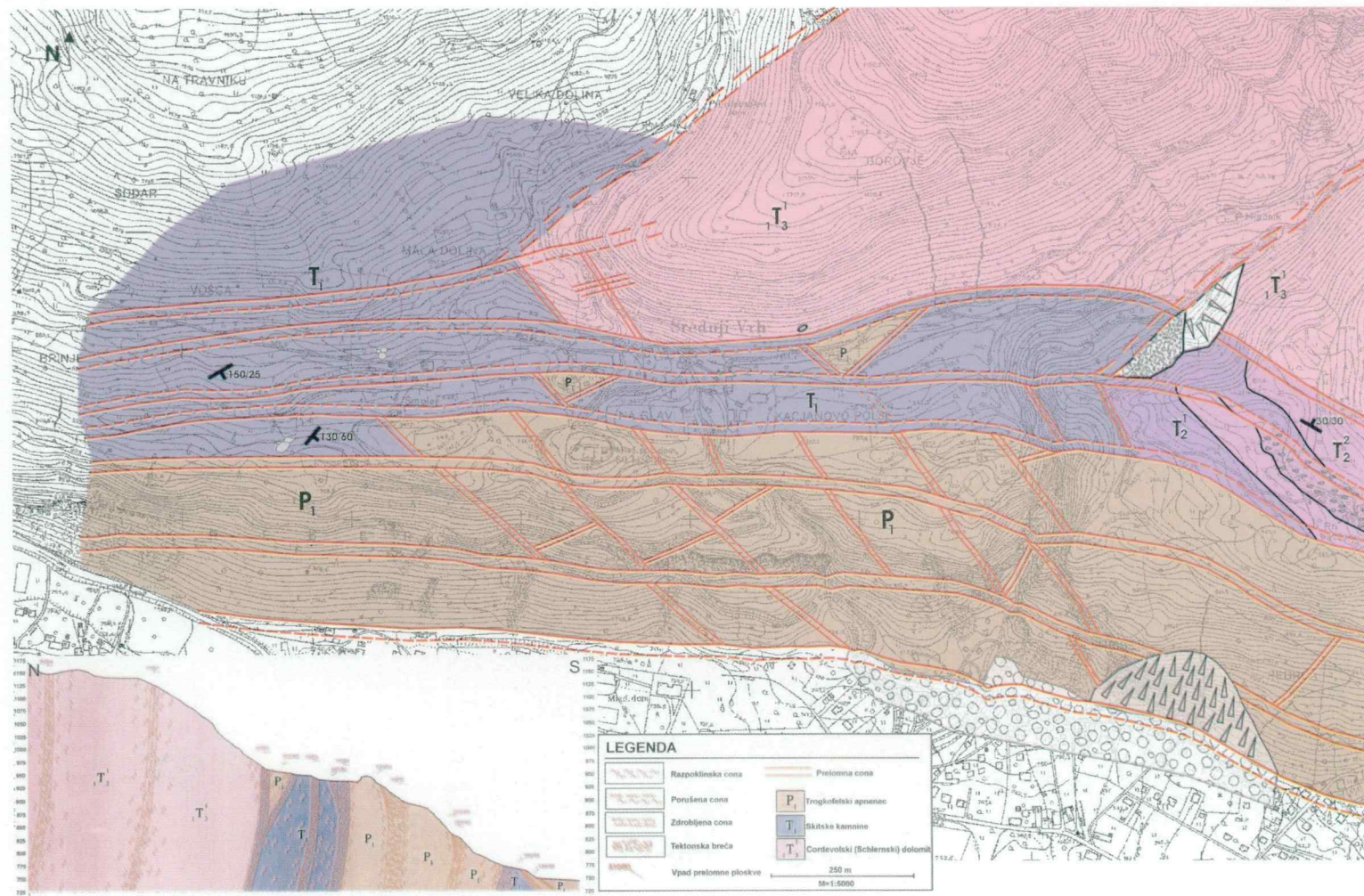


Slika 2. Litostratigrafski stolpec, značilen za preiskani teren na območju Zahodnih Karavank.
Figure 2. Representative litho-stratigraphic coloumn for the investigated area of Western Karavanke.

Trogkofelski apnenec (P_1)

Najstarejši litostratigrafski člen, ki se pojavlja na kartiranem ozemlju je spodnje permski masiven trogkofelski apnenec. Prvi

izdanki omenjenega člena se pojavijo že v Gozd Martuljku, takoj ko se teren začne dvigovati (slika 3). Spodnja meja tega člena je tektonska in zastopana z strmim desnozmničnim prelomom, vzporednim Savskemu pre-



Slika 3. Geološka karta preiskanega območja s tipičnim profilom za raziskano območje. Barve, šrafure in oznake se ujemajo s tistimi na sliki 2.
Figure 3. Geologic map and typical depth profile of the investigated area. Colors, patterns and marks correspond to the ones used in Figure 2.

lomu. Tudi zgornja meja tega člena, ki sem jo sledila nad strmimi stenami pod uravnajo Srednjega vrha, je tektonskega značaja. Izdanki tega apnenca se torej pojavljajo v obliki pasu, ki se kontinuirano vleče še čez meje kartiranega območja, po podatkih Brenčiča et al., (1995) na zahodu približno 6 kilometrov iz Gozd Martuljka, kjer se ob prelomu izklini, na vzhodu pa približno 5 kilometrov iz naselja Gozd Martuljek, kjer ga odreže prelom v smeri NE–SW.

Omenjeni apnenec je po podatkih Jurkovška (1985a) razvit v grebenskem faciesu. Ta člen naj bi v konkordantnem zaporedju ležal nad zgornje karbonskimi Auernškimi plastmi, po strukturi pa pripada rekristaliziranemu biomikritu, biosparitu do intrasparitu (Ogorelec et al., 1999). Na kartiranem območju je razvit kot bel, svetlosiv do rožnat rekristaliziran apnenec. Na več mestih sem v omenjenem apnencu zasledila leče temnordečih klastitov-meljcev, ki se ponekod pojavljajo med posameznimi bloki apnenca, v njihovi podlagi, ali kot klini in zapolnitve razpok. V spodnjem delu člena je apnenec lokalno razvit v obliki tektonske breče, kjer sicer prevladujejo kosi trogkofelskega apnenca, vmes pa se pojavljajo posamezni kosi temnosivega do črnega apnenca, ki verjetno pripada auernškim plastem.

Skitske kamnine (T_1)

Od vseh stratigrafskih členov so kamnine skitske starosti na kartiranem ozemlju zastopane z največ litološkimi različki. Skitske kamnine se pojavljajo takoj nad tektonsko mejo, ki jih ločuje od spodaj ležečih trogkofelskih apnencev, v uravnavi Srednjega Vrha. V osrednjem delu karte je njihova meja tektonskega značaja in jih ločuje od cordevolskega (schlernskega) dolomita, na vzhodnem delu karte pa jih omejuje kompleks tektonski stik in jih loči od anizijskih apnencev in dolomitiziranih apnencev.

Spodnji člen, ki na terenu tudi prevladuje, je zastopan z rdečim sljudnatim meljvcem s posameznimi polami rdečega kremenovo sljudnatega peščenjaka. Ta člen se pojavlja na uravnavi Srednjega Vrha, rdeči meljevci pa nastopajo tudi kot tektonski vključki v trogkofelskem apnencu. Peščenjaki so razviti kot drobno do srednjezrnati sljudnati kremenovi peščenjaki (slika 4). Med litičnimi zrni prevladujejo monokristalna in polikristalna polzaobljena zrna kremenca. V vzorcih so prisotna tudi posamezna mu-

skovitna zrna. Njihova povitost nakazuje na deformacije ob diagenezi, oziroma na kasnejše pritiske, ki so povzročili deformacije teh zrn. Nad opisanim členom se pojavljajo plasti sivega lapornatega apnenca debeline 10–50 centimetrov, z značilnim svetlorjavim površinskim oprhom, v menjavi z olivnozelenosivimi vmesnimi polami (debeline do treh centimetrov) laporovca z školjčno favno. Med več različnimi školjkami sem določila školjko *Anodontophora fassaensis*. V teh plasteh sem s pomočjo laminacije določila vpad plasti, ki znaša 130/60. Nekoliko metrov višje se lokalno začnejo pojavljati bloki temnosivega oolitnega apnenca, ki višje prehaja v močno prekristaljen dolomit, kjer se v sivi osnovi pojavljajo rdeči ooliti. Še višje prehaja oolitni dolomit v spariten močno prekristaljen rožnat dolomit z belimi kalcitnimi žilicami. Nad tem razvojem se začnejo pojavljati izdanki temnosivega apnenca, svetlosivega laminiranega dolomita ter lapornatega apnenca do apnenca. Le-ta je razvit kot biomikrit do biomikrosparit, lokalno pa pore in razpoke zapolnjujejo sparitna kalcitna zrna. Stratigrafsko višje se začnejo lokalno pojavljati rdeči sljudnati kremenovi peščenjaki in izdanki svetlosivega tanko laminiranega mikrosparitnega dolomita z porami zapolnjenimi z sparitnimi dolomitnimi zrni z značilno razkolnostjo po rombu. Tako v osnovi, kot tudi med sparitnimi dolomitnimi zrni se pojavljajo posamezna zrna muskovita.

Skupna debelina skitskih plasti, ocenjena glede na vpad plasti in korelacijo z podatki, dobljenimi pri starejših kartiranjih (Jurkovšek, 1985a) znaša 300 metrov.

Anizijski apnenec in dolomitiziran apnenec ($T_2^{1)}$

Kamninam anizijske starosti pripadajo prekinjeni, blokovni izdanki svetlosivega do belega apnenca in dolomitiziranega mikrosparitnega apnenca s hematitnimi žilicami. Izdanki teh kamnin se pojavljajo nad temi na vzhodnem delu v pobočju nad potokom Hladnik. Izdanki anizijskih kamnin so močno prekristaljeni in ne vsebujejo fosilnih ostankov, tako da sem si pri določitvi njihove starosti pomagala predvsem z primerjavo kamnin, ki jih opisuje Jurkovšek (1985a) v tolmaču osnovne geološke karte za list Beljak in Ponteba. Isti avtor opisuje tudi pojav plasti svetlosivega apnenca in dolomitiziranega apnenca na območju Karavank vzhod-

no od Kranjske Gore. Bloki anizijskega apnenca na pobočju proti kmetiji Vavčar prehajajo v rdeče meljevece do glinavce, ki pa že pripadajo ladinijski starosti.

Ladinijske kamnine (T_2^2)

Najnižji ladinijski člen je rdeč meljevec, ki lokalno prehaja v svetlozelen meljevec (vpad plasti 30/30), v menjavi z rdečim glinavcem do skrilavim glinavcem. Ta člen zvezno prehaja višje po poti proti kmetiji Vavčar v izdanke, kjer se začnejo pojavljati sivi do svetlorjavi laporovci. Te kamnine so v novjšem času poimenovali kot Solčavske plasti (Buser, 1998). Nad njimi se začnejo pojavljati izdanki konglomeratične ukovške breče. Kamnina je sestavljena iz klastov velikih do nekaj centimetrov, precej monotone sestave in rdečim, lokalno tudi rumenim, vezivom. Sestava polzaobljenih karbonatnih klastov je določena kot anizijski dolomit ter skitski apnenci (Jurkovšek, 1985a; Buser, 1998). Nad Ukovško brečo, se v pobočju nad kmetijo Vavčar, pojavljajo kosi temnordečega do vijoličnega ingembritnega tufa. Osnova tufa je izredno drobnozrnata (verjetno prekrystaljena) do steklasta z vtrošniki belorumenih, že močno sekundarno spremenjenih glincev.

Cordevolski (schlernski) dolomit (T_3^1)

Izdanke kamnin cordevolske starosti najdemo na severnem delu kartiranega območja, kjer jih prelomni kontakt ločuje od skitskih kamnin, ter na severovzhodnem delu terena, kjer ležijo nad ladinijskimi plastmi. Kamnine cordevolske starosti so v tem delu razvite kot neplastnat svetlosiv do bel dolomit z algo *Diplopora annulata*. V dolomitu so lepo razvidne stene prelomnega značaja. Opazovala sem jih ob srednji in zgornji poti ob potoku Hladnik in v strugi potoka Jerman nad Srednjim Vrhom. Stene prelomnega značaja kažejo zanimivo "marogasto" strukturo.

Kvartarni sedimenti (Q)

Kvartarni sedimenti so na kartiranem ozemlju zastopani s tremi členi. Na območju naselja Gozd Martuljek so ti razviti kot fluvialni nanosi srednjezaobljenega proda reke Save. Na vzhodnem pobočju potoka Hladnik in lokalno na majhnem območju nad Kacjanovim poljem se pojavlja til s pi-

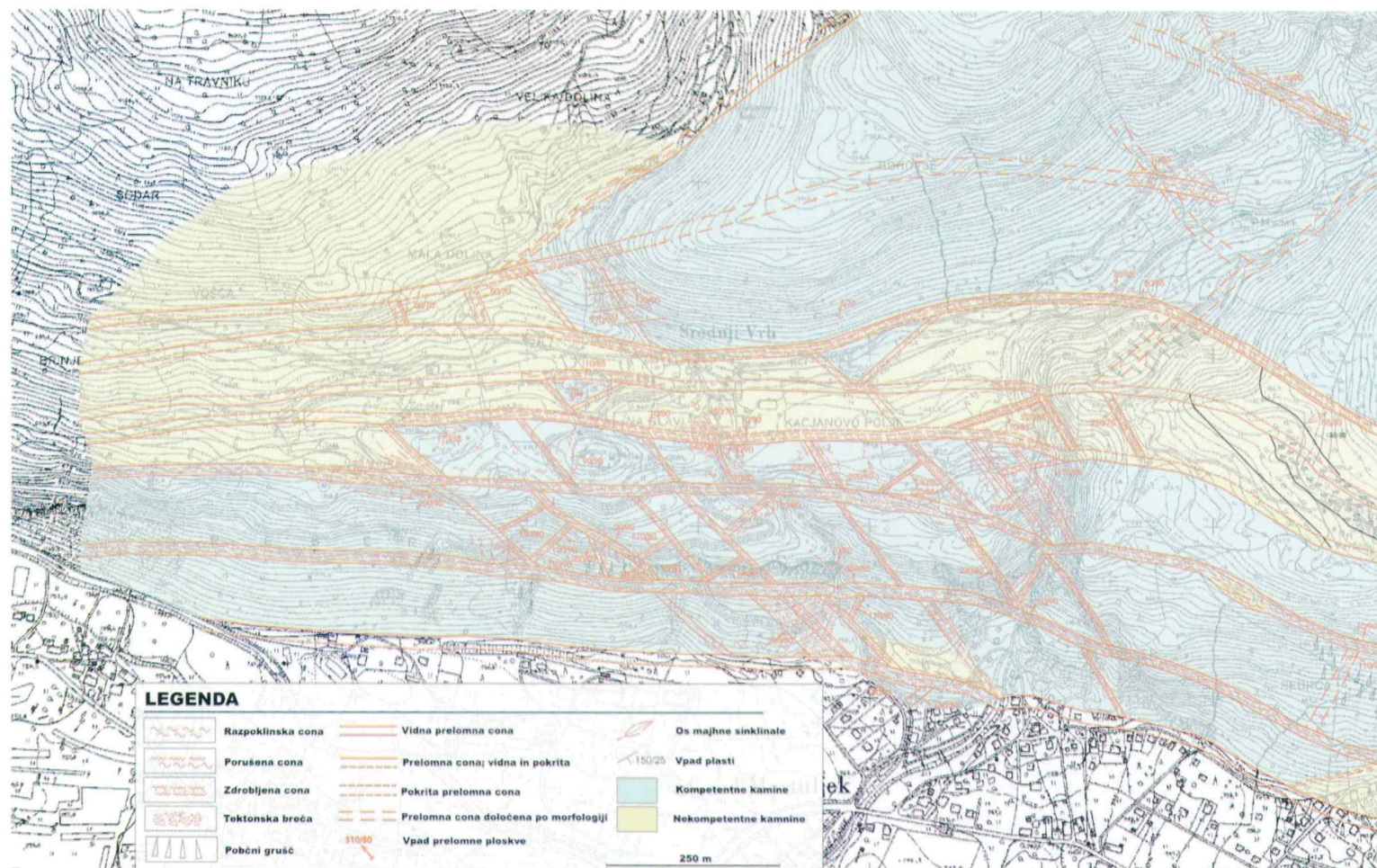
sano litološko sestavo (skitski oolitni apnenec, rdeč kremenov peščenjak, cordevolski dolomit) in značilno bimodalno porazdelitvijo velikosti zrn, vendar pa je ta material že presedimentiran in pomešan s pobočnim gruščem. Na več mestih se na terenu pojavlja pobočni grušč; tu gre za nezaobljene kose kamnin (trogkofelskega apnenca in cordevolskega dolomita), ki se pojavljajo na pobočjih in so vezani na tektonsko delovanje.

Strukturne razmere

Na kartiranem ozemlju sem izmerila več prelomnih con, ki so vzporedne Savskemu prelomu z subvertikalnimi prelomnimi ploskvami, ki rahlo povijajo (vpad 10/90 in 190/90) (slika 4). Prelomne cone so razvite v trogkofelskem apnencu, kjer se odražajo v strmih prelomnih stenah. Obprelomne cone so široke nekaj deset metrov in se izražajo predvsem kot razpoklinske, deloma porušene cone, medtem ko zdobljenih con nisem zasledila, saj predvidevam, da so bile te ob erozijskih procesih odstranjene.

Na uravnavi Srednjega Vrha se pojavljajo skitske kamnine, predvsem rdeči meljevci in peščenjaki, v katerih se deformacije odražajo na drugačen način. Tu sem potek prelomnih con določevala predvsem na osnovi morfologije. Travnata področja so razvita v značilni "terasasti" obliki. Prostorska razširjenost in vpad teh teras se ujema z azimuti prelomnih sten v trogkofelskih apnencih. Omenjena izravnava je bila v času pleistocenskih poledenitev preoblikavana in izravnana kot posledica ledeniškega erozijsko-akumulacijskega delovanja. Po podatkih geološke karte območja od Korenskega sedla do Golice (Brenčič et al., 1995) je le nekaj kilometrov zahodnejše od omenjene lokacije na isti nadmorski višini ohranjen morenski material. Tega sem lokalno našla ohranjenega tudi nad skitskimi kamninami v useku nad potjo, ki poteka po severnem obrobju Kacjanovega polja. Potemtakem morajo biti premiki ob teh strmih desnozmernih prelomnih ploskvah post pliocenske starosti, saj so preoblikovali poprej ledeniško izravnano območje.

V cordevolskih, oziroma schlernskih dolomitih sem mestoma izmerila vpade prelomnih ploskev, ki ustrezajo generalni smeri vpadov nižjeležečih prelomnih con. Prelomne stene se v tej enoti pojavljajo na večje razdalje in niso tako izrazite kot tiste v trog-



Slika 4. Strukturna karta preiskanega območja.

Figure 4. Structural map of the investigated area. Blue color represents more rigid rocks, while the yellow color stands for less rigid, more easible deformable rocks. Red lines represent fault zones with depicted values of measured dip direction/angle of dip values. Red wavy marks represent zones of faulted rock exposures.

kofelskih apnencih. To bi lahko nakazovalo na dejstvo, da vpliv Savskega preloma proti severu počasi slabi. Ob opisanih strmih desnozmernih prelomih se je poleg horizontalnih premikov verjetno zgodil tudi vertikalni premik. Ti so ob posamezni prelomni coni toliko močnejši, čim bližje je ta cona Savskemu prelomu.

Na močne prelomne cone so vezane manj izrazite desnozmernične subvertikalne prelomne cone v generalni smeri NNW–SSE z vpadi 120/80 in 200/85. Te se pojavljajo v vmesnem pasu med dvema močnejšima conama v generalni smeri E–W. Razvite so kot razpoklinske, porušene in zdrobljene cone, ob njih pa sem večkrat zasledila tudi tektonske breče. Potoka Jerman in Hladnik sta si v smeri teh con vrezala strugi in iz smeri NE–SW se na tem območju njuna struga spremeni smer v NNW–SSE.

Tretji sistem prelomnih con se pojavlja lokalno in je od vseh treh najmanj izrazit. Gre za subvertikalne prelomne cone razvite v smeri NE–SW z generalnim vpadom 170/85. Na terenu mi ni uspelo določiti smisla premika ob teh prelomih, saj nisem nikjer našla zanesljivih mikrotektonskih kriterijev.

Glede na transpresivne razmere, ki so in še vedno vladajo v coni Savskega preloma, so bili kamninski bloki (trokofelski apnec) lokalno kot klini dvignjeni ob obeh prelomnih sistemih. Danes ti predstavljajo rahle dvige v morfologiji površja (npr. vzpetina na kateri je postavljen Mladinski dom). Ta je zgrajena iz trokofelskega apnenca, v podlagi katerega se pojavlja rdeč meljevec, ki je zaradi svoje duktilnosti predstavljal podlago za deformacije in je bil ob prelomih deformiran skupaj z apnencem.

Podatke za mikrotektonske analize sem izmerila na šestih različnih lokacijah (slika 6). Na vsaki od teh lokacij sem izmerila smer in kot vpada prelomne ploskve, odklon lineacije tektonskih drs na posamezni prelomni ploskvi in s pomočjo mineralnih akrecijskih tvorb določila relativno smer premika. Dve skupini meritev sem izmerila v cordevolskem dolomitu, ostale štiri skupine podatkov pa sem izmerila v trokofelskih apnencih. Na prvi lokaciji (slika 5, lokacija 1) sem v cordevolskih dolomitih izmerila enajst mikrotektonskih podatkov, za končno analizo pa sem uporabila deset podatkov. Podatki prikazani s pomočjo kompresijskih in zvijskih kvadrantov kažejo na kompresijske razmere, ki so na tem območju vladali zaradi deformacij ob desnem zmiku ob Sav-

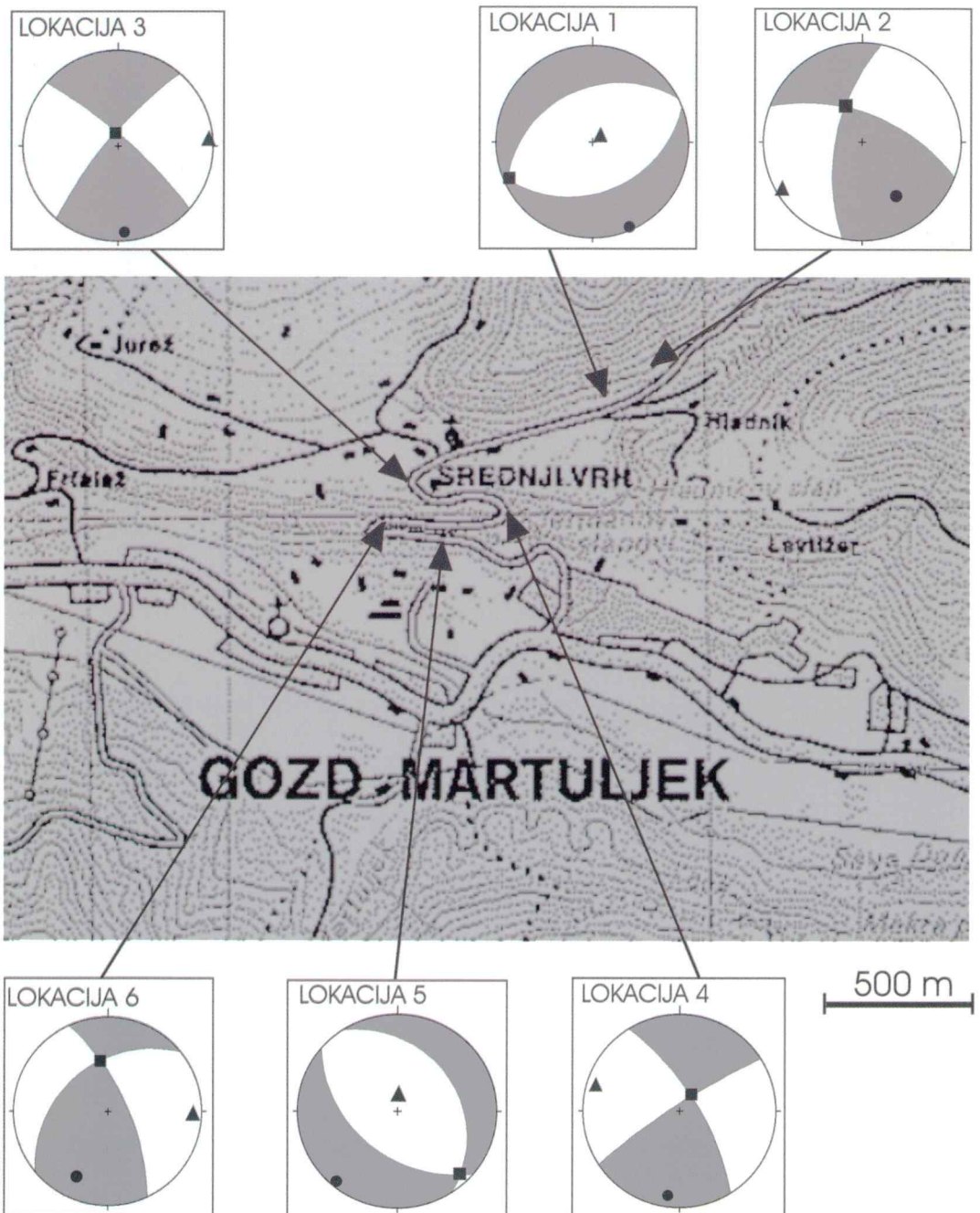
skem prelomu in NW–SE usmerjenih regionalnih pritiskih.

Na naslednji lokaciji (slika 5, lokacija 2) sem pravtako v cordevolskih dolomitih izmerila osem podatkov, ki sem jih upoštevala v nadaljni analizi. Po obdelavi podatkov so končni rezultati pokazali na zmičnotektonski režim. Čeprav sta obe lokaciji druga od druge oddaljeni le nekaj deset metrov, sta napetostna režima različna. To si je možno razložiti z manjšim številom podatkov, kjer že vsaka posamezna meritev dosti doprinese k skupnemu rezultatu, ali pa z lokalnim zabrisanjem posameznih faz na enem od obeh izdankov. Kljub različnim tektonskima režimoma pa se na obeh lokacijah ujemata podatka o smeri maksimalne glavne napetosti, ki je usmerjena v smeri NW–SE.

Naslednji skupini meritev mikrotektonskih elementov sta bili izmerjeni v trokofelskih apnencih ob cesti Gozd Martuljek–Srednji Vrh malo pod uravnavo (slika 5, lokacija 3). Na prvi lokaciji je bilo izmerjenih pet podatkov, od katerih sem jih upoštevala štiri, na drugi lokaciji pa je bilo izmerjenih osemnajst podatkov, upoštevanih pa dvanajst. Na obeh lokacijah je ugotovljen zmičnotektonski režim. Smer maksimalne glavne napetosti je v tem primeru v smeri N–S, v drugem primeru pa je prišlo do rahlega zamika te osi v smeri NNE–SSW. Podatki vzeti na lokaciji 9–10 poleg desnozmernične faze kažejo tudi na levozmernične premike, ki bi lahko pripadala starejši kompresiji, lahko pa gre la za lokalne leve zmike znotraj mlajšega napetostnega režima v smeri NNW–SSE.

Na naslednji lokaciji (slika 5, lokacija 4) sem izmerila skupno šest podatkov, od katerih sem jih upoštevala pet. Končni podatki kažejo na kompresijsko-zmični tektonski režim s smerjo maksimalne glavne osi napetosti v smeri NE–SW. Prav tako smer kažejo tudi meritve opravljene na naslednji lokaciji (lokacija 5, 6), z razliko, da je tu prevladujoči tektonski režim zmičnotektonski. Razlika je najverjetneje posledica majhnega števila meritev ker pa so v obeh primerih podatki vzeti v močno pretrih conah, pa je možno, da je ob prelomih prišlo do rotacij. Možno je tudi, da so bili posamezni bloki lokalno izpostavljeni transpresivnim razmeram kot posledica premikov ob veznih prelomih, kar se odraža v lokalno spremenjeni smeri maksimalne glavne osi napetosti.

Skupni paleonapetostni tenzor kaže na dve različni fazi delovanja usmerjenih pritiskov. Prvo, starejšo fazo predstavlja



Slika 5. Lokacije meritev mikrotektonskih indikatorjev uporabljenih za inverzijo paleonapetostnih tenzorjev. Sivi kvadranti predstavljajo območja krčenja, beli kvadranti območja raztezanja. Črn krog predstavlja smer delovanja maksimalne glavne napetosti, trikotnik smer minimalne glavne napetosti, kvadrat smer srednje glavne napetosti.

Figure 5. Locations of microtectonic indicators measurements used for palaeostress tensor inversion. Grey quadrants represent areas of contraction, white quadrants areas of dilatation. Black circles stand for direction of the maximum main stress axis, triangle for minimum main stress axis, square for the middle main stress axis.

usmerjenost maksimalne glavne napetosti v smeri NNE–SSW z krčenjem v smeri NNE–SSW do N–S in raztezanjem v pravokotni smeri (WWN–EES do W–E). Druga smer paleonapetostnega tenzorja, ki velja za recentno, kaže na usmerjenost maksimalne glavne napetosti v NNW–SSE smeri z krčenjem ozemlja v tej in raztezanjem v pravokotni smeri (smer WWS–EEN). Vzrok za razliko v tektonskem režimu znotraj tako majhnega ozemlja verjetno leži v majhni količini mikrotektonskih podatkov in lokalnih deformacijah, ki so bile izvršene ob veznih prelomih znotraj transpresijske cone.

Zaključki

Območje Gozd Martuljka in Srednjega Vrha v zahodnih Karavankah predstavlja širšo deformacijsko cono Savskega preloma. Litostratigrafski členi prisotni na omenjenem območju igrajo pomembno vlogo pri odrazu tektonskih deformacij in s tem vplivajo na morfologijo terena. Glavne prelomne cone na kartiranem območju imajo smer 10/90 in so najbolj izrazite prav v trogkofelskih apnencih, kjer se odražajo kot strme prelomne stene. V skitskih nekompetentnih kamninah so veliko manj izražene in predstavljajo stopnje v travnati uravnavi Srednjega Vrha. V cordevolskih apnencih so prelomne cone razvite v obliki prelomnih sten, ki pa so manj izrazite kot v permskih apnencih. To bi lahko pomenilo, da vpliv Savskega preloma proti severu počasi slabi. Ob prelomnih conah zgoraj opisane smeri je prišlo poleg horizontalnega tudi do vertikalnih premikov. Na take deformacije sklepam po terasasti zgradbi uravnjav in po razvitosti prelomnih sten. Ob conah bližjih Savskemu prelomu je namreč prišlo do večjih vertikalnih premikov kot ob tistih, ki so Savskemu prelomu bolj oddaljene.

Poleg prelomnih con v smeri 10/90 sta na kartiranem območju prisotni tudi prelomni coni z generalnima smerema 220/85 in 170/85. To sta vezna prelomna sistema, ki se pojavljata med dvema večjima prelomnima conama (10/90). Ob teh dveh sistemih so bili v transpresivnih razmerah nad skitske kamnine dvignjeni klini trogkofelskih apnencev. Deformacije ob omenjenih prelomnih sistemih so mlade, post pleistocenske in recentne. Na to kaže terasasta zgradba uravnave, ki je bila tekom pleistocenskih poledenitev ledeniško preoblikovana, ter epicentri recentnih potresov v okolici Gozd Martuljka.

Rezultati meritev mikrotektonskih elementov so pokazali na kompresijske in zmično tektonske režime, kar je v desnoznadni transpresijski coni Savskega preloma tudi pričakovati. Za lokalne spremembe v tektonskem režimu in smereh glavnih napetostnih oseh je krivo majhno število mikrotektonskih podatkov in lokalne deformacije, ki so se zgodile ob sistemih veznih prelomov. Vse to vpliva na lokalni zamik napetostnega stanja, ki se odraža v rahlih odstopanjih smeri glavnih napetostnih osi. Skupni podatki pa dajo lepo sliko o dveh napetostnih fazah; starejši v smeri NNE–SSW do N–S in mlajši v smeri NW–SE.

Zahvala

Za pomoč, konstruktivne napotke in nasvete se zahvaljujem dr. Jožetu Čarju in doc. dr. Marku Vrabcu.

Literatura

- Ampferer, O. 1918: Über Die Savaterrassen In Oberkrain. Jb. Geol. R.A. 57, Wien.
- Brenčič, M., Budkovič, T., Ferjančič, L., & Polting, W. 1995: Hydrogeologie der Westlichen Karawanken. – Beiträge zur Hydrogeologie, 46, 41.
- Brückner, E. 1891: Eiszeitstudien In Den Südöstlichen Alpen. X. Jahresbericht d. Geogr. Ges. von Bern, Bern.
- Bohinc, V. 1935: K Morfologiji in glaciologiji Rateške pokrajine. – Geogr. vestnik, 11, Ljubljana.
- Budkovič, T. 1999: Geology of the Slovene Part of the Karavanke Road Tunnel. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 56/2, 34–48.
- Fodor, L., Jelen, B., Márton, E., Skaiberne, D., Čar, J., & Vrabec, M., 1998: Miocene-Pliocene tectonic evolution of the Slovenian Periadriatic fault: Implication for Alpine-Carpathian extrusion models. – Tectonics, 17, 5, pp. 690–709.
- Frisch W., Kuhlemann J., Dunkl, I. & Brügell, A. 1998: Palinspastic reconstruction and topographic evolution of the Eastern Alps during late Tertiary tectonic extrusion. – Tectonophysics, 297, 1–15.
- Hauer, F. 1856: Gypslager Von Längenfeld In Krain. Jb. Geol. R.A. 7, Wien.
- Jurkovšek, B. 1985a: Osnovna geološka karta Jugoslavije 1 : 100 000, list Beljak in Ponteba. Zvezni geološki zavod Beograd.
- Jurkovšek, B. 1985b: Osnovna geološka karta Jugoslavije 1 : 100 000. Tolmač za list Beljak in Ponteba. Zvezni geološki zavod Beograd.
- Laubscher, H. P. 1983: The late Alpine (Periadriatic) intrusions and the Insubric Line. – Mem. Soc. Geol. Ital., 26, 21–30.
- Melik A. 1932: O diluvijalni poledenitvi v Karavankah. – Geogr. vestnik, 8, Ljubljana.

Ogorelec, B., Orehek, S. & Budkovič, T. 1999: Litostratigraphy of the Slovenian Part of the Karavanke Road Tunnel. – *Gabhandlungan der Geologischen Bundesanstalt*, 56/2, 99–112.

Peneck, A. & Brückner, E. 1909: Die Alpen Im Eiszeitslater. Chr. H. Tauchnitz, Leipzig.

Placer, L. 1996: O premiku ob Savskem prelomu. – *Geologija*, 39, 283–287, Ljubljana.

Polinski, R. K. & Eisbacher, G. H. 1992: Deformation partitioning during polyphase oblique convergence in the Karawanken Mountains, Southeastern Alps. – *Journal of Structural geology*, 14/10, 1203–1213.

Premru, U. & Buser, S. 1979: Litostratigrafski opis, tektonski opis, v poročilu: drobne f., predor Karavanke, geološko-geotehnično poročilo za razpisni projekt. Tipkano poročilo, arhiv GZL, Ljubljana.

Rakovec, I. 1946: Triadni Vulkanizem Na Slovenskem. – *Geogr. vestnik*, 8, Ljubljana.

Rakovec, I. 1951: K paleogeografiji Julijskih Alp. – *Geogr. vestnik*, 23, Ljubljana.

Rakovec, I. 1956: Pregled tektonske zgradbe Slovenije. Prvi Jugosl. geol. kongres, Ljubljana.

Rakovec, I. 1966: Geološki Razvoj Zahodnih Karavank. Tipkano poročilo, arhiv Inšt. za geol. VTO Montanistika, Ljubljana.

Ramovš, A. 1964: Geološki razvoj Zahodnih Karavank. Tipkano poročilo, arhiv Inšt. za geol. VTO Montanistika, Ljubljana.

Ramovš, A. 1968: Biostratigraphie Der Klasischen Entwicklung Der Trogkofelstufe In Der Karawanken Und Nachbargebieten. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 131, Stuttgart.

Ratschbacher, L., Frisch, W., Linzer, H. G. & Merle, O. 1991: Lateral extrusion in the Eastern Alps, part 2.: structural analysis. – *Tectonics*, 10, 257–271.

Vrabec, M. 2001: Strukturna analiza Savskega preloma med Trstenikom in Stahovico. Neobjavljeno doktorsko delo. Univerza v Ljubljani, NTF, 94 str.

Vrabec, M. & Fodor, L. 2006: Late Cenozoic tectonics of Slovenia: structural styles at the North-eastern corner of the Adriatic microplate. In: Pinter, N. (Ed.), *The Adria microplate: GPS geodesy, tectonics and hazards*. NATO Science Series. IV, Earth and Environmental Sciences, 61, 151–168.