

E-GeograFF **3**

Reliktni vršaji
kontaktnega krasa

Uroš Stepišnik

E-GeograFF 3

Reliktni vršaji kontaktnega krasa

Avtor: Uroš Stepišnik

Urednik: Marko Krevs

Recenzenta: Matija Zorn, Marko Krevs

Kartografija in fotografije: Uroš Stepišnik

Jezikovni pregled slovenskega besedila: Kristina Pritekelj

Jezikovni pregled angleškega besedila: Joanna Zawiejska

Založila: Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani

Izdal: Oddelek za geografijo, Univerza v Ljubljani

Za založbo: Valentin Bucik, dekan Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani

Prvi natis, elektronska izdaja

Oblikovanje in prelom: Uroš Stepišnik

Izid publikacije je finančno podprl Oddelek za geografijo Filozofske fakultete.

Publikacija je brezplačna.

DOI: 10.4312/9789612374464



Delo je ponujeno pod licenco Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (priznanje avtorstva, deljenje pod istimi pogoji).

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

911.2:551.43(0.034.2)
551.435.17(0.034.2)

STAPIŠNIK, Uroš, 1975-

Reliktni vršaji kontaktnega krasa [Elektronski vir] / [avtor, kartografija in fotografije] Uroš Stepišnik.
- Elektronska izd., 1. natis. - El. knjiga. - Ljubljana : Znanstvena založba Filozofske fakultete, 2011. -
(E-GeograFF ; 3)

Način dostopa (URL): http://geo.ff.uni-lj.si/sites/default/files/reliktni_vrsaji_kontaktnega_krasa.pdf

ISBN 978-961-237-446-4 (pdf)
257338368

Reliktni vršaji kontaktnega krasa

Uroš Stepišnik



E-GeograFF 3

Kazalo

1 Uvod	6
2 Oblikovanje vršajev in reliktnih vršajev.....	10
3 Metodologija proučevanja	13
4 Vršaji Matarskega podolja.....	14
4.1 Aktivni vršaj na kontaktnem krasu Matarskega podolja.....	18
4.2 Reliktni vršaji na kontaktnem krasu Matarskega podolja	23
5 Aktivni in reliktni vršaji Vrhpoljskih brd	31
5.1 Aktivni vršaji kontaktnega krasa Vrhpoljskih brd	35
5.2 Reliktni vršaji kontaktnega krasa Vrhpoljskih brd	38
6 Sklep	46
7 Summary.....	51
8 Literatura	55
8 Seznam slik	57
Stvarno kazalo	59

1 Uvod

Kontaktni kras je poseben tip oblikovanosti in delovanja površja, ki je na območjih, kjer vode pritekajo iz fluvialnega geomorfnege sistema v kraškega ali obratno (Mihevc, 1991).

Poznamo več tipov kontaktnega krasa. V Sloveniji je najpogostejša oblika ponorni kontaktni kras, kjer vode z nekraškega, najpogosteje nekarbonatnega, površja odtekajo v kras. Tak tip krasa se je razvil na območjih, kjer je nekraško površje višje od kraškega. Hidravlični gradient vode je na teh območjih usmerjen v kras, biti pa mora manjši od naklona površja oziroma zniževanja površja v smeri vodnih tokov (Mihevc, 1991). Alogeni površinski tokovi s količino vode, rečnimi režimi in naplavinami vplivajo na kras. Fluvialno preoblikovanje tako sega preko kamninskega stika s krasom, pri čemer nastanejo površinske oblike, ki niso značilne niti za fluvialni niti za kraški geomorfni sistem, pač pa so rezultat součinkovanja obeh.

Drug tip kontaktnega krasa je izvirni kontaktni kras (Mihevc, 1991). Oblikuje se na območjih v bližini stika kraškega in fluvialnega geomorfnege sistema, kjer gladina podzemne vode sega do površja, hidravlični gradient pa je usmerjen iz krasa; vode iztekajo iz krasa. Površinske vode ob izvirih z bočno in zadenjsko erozijo preoblikujejo kraško površje in nastanejo zatrepne doline, ki so značilne le za prepletanje obeh geomorfnih sistemov.

Izvirni in ponorni tip kontaktnega krasa sta značilna za aktivne hidrološke stike med karbonatnimi in nekarbonatnimi kamninami. Nekateri tuji avtorji (Sauro, 2011) pa so razširili pojem kontaktnega krasa tudi na stik med karbonatnimi kamninami, kjer del karbonatnih kamnin ne deluje kraško. Na dinarskem krasu tak tip površja tradicionalno imenujemo fluviokras (Roglić, 1959; Komac, 2004). Tu, na zakraselih karbonatnih kamninah, lokalno deluje tudi fluvialni geomorfni sistem, najpogosteje na nečistih ali tankoplastovitih apnencih ter na apnenčastih laporjih in dolomitih. Te kamnine so podvržene mehanskemu preperevanju na površju ter posledično površinskemu spiranju in akumulaciji gradiva v nižjih delih. Na fluviokraškem površju prevladujejo manjši potoki, ki odtekajo v kotanje. Njegovo pojavljanje je pogojeno z dinamiko mehanskega preperevanja in s tem posredno tudi s podnebjem.

Na območju kontaktnega krasa so zaradi součinkovanja kraških in fluvialnih procesov nastale značilne reliefne oblike. Nekatere med njimi so značilnih oblik in se pojavljajo tako pogosto, da jih imenujemo s svojimi termini. Ob večjih izvirih na izvirnem kontaktnem krasu nastanejo zatrepne doline. Zgornji del teh dolin je oblikovan pod strmim pobočjem – zatrepom, kjer voda izvira na površje. Nato se doline s strmimi pobočji nadaljujejo do stika kraških in nekraških kamnin, kjer se zatrepna dolina navadno zaključi v rečni dolini, lahko pa se odpre v kotlino ali na kraško polje. Zatrepne doline so oblikovane skoraj ob vseh večjih izvirih na slovenskem krasu. Najbolj znane so zatrepne doline izvirov Ljubljance pri Vrhniki, Unice in Malenščice na Planinskem polju itd.

Slika 1: Izvir Veliko okence v zatrepni dolini Retovje pri Vrhniki.



Avtor: Stepišnik, 2011.

Najznačilnejše oblike ponornega kontaktnega krasa so slepe doline, ki jih sestavljata zgornji, popolnoma fluvialni del v nekarbonatnih kamninah, in spodnji v karbonatnih kamninah, kjer se slepo zaključijo pod strmim

pobočjem. Vode površinsko odtekajo po dolinah navzdol in ko dosežejo kraške kamnine, navadno ponirajo v več ponikvah in ponorih pod strmimi pobočji v bližini litološkega stika. Ker v dneh odlagajo naplavino, so dna slepih dolin praviloma uravnana. Na spodnje dele pobočij deluje robna korozija, ki slepo dolino širi, pobočja pa ohranja strma. Slepe doline se v Sloveniji najbolj pogoste na stiku flišnih kamnin in apnencev. Najbolj značilen primer ponornega kontaktnega krasa s celim nizom slepih dolin je oblikovan na južnem robu flišnih Brkinov, kjer kar 24 ponikalnic odteka v kras Matarskega podolja. Če se slepe doline ne izoblikujejo in reke odtekajo v podzemlje v znižanem površju na stiku nekraških in kraških kamnin, te oblike imenujemo ponorni zatrepi (Mihevc, 1991).

Slika 2: Slepa dolina Brezovica v Matarskem podolju.



Avtor: Stepišnik, 2009.

V primeru ponornega kontaktnega krasa občasni alogeni tokovi prinašajo večje količine naplavin. Te preprečijo nastanek slepih dolin, saj je akumulacija gradiva intenzivnejša od korozije. Prineseno gradivo prekrije

kraško površje v obliki vršajev, vode pa na robovih vršajev odtekajo v kras. Te oblike so tipični fluvialni vršaji, ki so v tlorisu pahljačaste oblike, v podolžnem profilu pa konkavni. S prekinitvijo sedimentacije vršaja na karbonatno površje se zaradi neenake dinamike denudacije kraškega površja in fluvialne akumulacije počasi razvije oblika v karbonatni matični podlagi, ki je v tlorisu pahljačaste oblike, v podolžnem prerezu pa konveksna. Te oblike, ki so značilne le za kontaktni kras, imenujemo reliktni vršaji (Stepišnik in sod., 2006).

Glavni namen proučevanja je morfografski opis naplavinskih in reliktnih vršajev kot površinskih geomorfoloških oblik kontaktnega krasa ter podati njihove osnovne morfometrične značilnosti. Cilj raziskave je opredelitev mehanizmov oblikovanja vršajev na kontaktnem krasu in razlogov ter mehanizmov za njihovo preoblikovanje v reliktni vršaje. Cilj proučevanja je tudi pojasniti razloge, zakaj se ponekod na kontaktnem krasu oblikujejo vršaji in ne slepe doline.

2 Oblikovanje vršajev in reliktnih vršajev

Geomorfološka literatura navaja vršaje kot rečne akumulacijske oblike, ki so v tlorisu pahljačaste, v podolžnem profilu pa konkavne oblike. Dolgi so od nekaj deset metrov do nekaj deset kilometrov. Nastanejo na mestih, kjer ožje doline preidejo v širše dele ali uravnavo, kjer reka izgubi svojo hitrost in transportno moč, kar povzroči odlaganje večine transportiranega gradiva (npr. Belec, 1968; Summerfield, 1996; Harvey, 2004). Najvišji oziroma vrhnji deli so na točkah pritekanja vodotokov na vršaje. Njihovo pahljačasto obliko lahko spremenijo bližnji vršaji, s katerimi se stikajo, ali pa pobočja doline. Odlaganje gradiva v zgornjem delu vršaja povzroči zadenjsko akumulacijo v dolini, iz katere se vršaj napaja. Obstaja cela vrsta podtipov vršajev, ki se delijo glede na oblikovanost in čas nastanka (npr. Gams, 1964; Bull, 1977; Summerfield, 1996; Sauro, 2001; Harvey, 2004).

Vršaje gradi bolj ali manj sortirana naplavina. V zgornjih delih vršajev, kjer ima voda še večjo transportno moč, se odlaga grobo gradivo, z upadanjem njene transportne moči v smeri izteka vršaja pa se zmanjšuje tudi velikost gradiva. Oblika vršaja in velikost gradiva je predvsem odvisna od vodnega toka, ki naplavlja, in tudi od kamninske sestave povirja reke, reliefa, poraščenosti in podnebja.

Glede na vodni tok delimo vršaje na hudourniške, potočne, dolinske ali kotlinske in vršaje poplavnih območij (Gams, 1964). Hudourniški vršaji so pogosti zlasti tam, kjer prevladujejo srednje prepustne kamnine, v katerih padavinska voda ob nizkem vodnem stanju ponikne, visoka voda pa se odmaka po erozijskih jarkih in žlebovih ter od tam odnaša gradivo. Vršajski drobir je zato slabo sortiran. Potočni vršaji imajo bolj sortirano gradivo in manjše naklone kot hudourniški. Pojavljajo se skoraj na vseh potokih pod vzpetim svetom, kjer dosežejo dolinsko dno. Vršaji na poplavnem območju oziroma poplavniški vršaji se od prejšnjih razlikujejo po tem, da je na obodu precej manjši naklon ter bolj drobnozrnato gradivo, ki se odlaga med poplavami. Dolinski ali kotlinski vršaji nastajajo na prehodu iz ožjih v širše dele rečnih dolin, v ravnine in kotline. Te velike vršaje lahko imenujemo tudi vršajne zasilpe (Gams, 1964).

Nadalje lahko vršaje delimo glede na starost gradiva. Ločimo fluvioglacialne, fluvioperiglacialne in recentne vršaje (Gams, 1964). Fluvioglacialni vršaji, imenovani tudi sandri, so nastajali v času poledenitev izza čelnih morenskih nasipov in niže ob rekah ali na prehodu prodonosnih potokov in rek iz ožjih v širše doline. Fluvioperiglacialni vršaji so pri nas večidel fosilne tvorbe in so nastajali v času poledenitev na periglacialnem območju. Imajo nekaj lastnosti hudourniških vršajev in so jih do danes potoki močno razčlenili. Recentni vršaji, ki so sicer nastajali vso kvartarno dobo, nastajajo tudi danes (Gams, 1964).

Vršaje po položaju delimo na vršaje na akumulacijskih terasah in vršajne ravnice. Vršaji na akumulacijskih terasah ali naterasni vršaji so pretežno recentni vršaji, ki jih odlagajo potoki na kvartarne terase, torej na naplavino dolinskih rek. Vršajne ravnice pa nastajajo pod vzpetinami z gosto rečno mrežo, pri nas še posebej pod terciarnim gričevjem, kjer so vršaji praviloma sklenjeni (Gams, 1964).

Oblikovanje vršajev je torej rezultat zmanjšanja hitrosti vodnega toka; sedimentacija večjih frakcij sedimenta se vrši v zgornjih delih vršajev in manjših frakcij v spodnjih delih vršajev. Tipični naplavinski vršaji imajo v zgornjem delu podolžnega profila naklon okoli 10 stopinj oziroma je naklon enak dolini ali erozijskemu jarku, ki ga napaja, v spodnjem delu pa je od 1 do 5 stopinj (Bull, 1977; Summerfield, 1996; Harvey, 2004).

Vršaji na kontaktnem krásu niso tipične površinske globeli kontaktnega krása, kot so na primer slepe doline ali ponorni zatrepi. So akumulacije, ki jih je iz neprepustne matične podlage naplavilo preko prepustnih, zakraselih kamnin. V primeru slepih dolin je dinamika korozije vodnega toka večja od njegove sedimentacije. Posledično nastane korozijsko poglobljena oblika, ki ima v dnu široko naplavno ravnico. Pri oblikovanju vršajev pa je akumulacija naplavine večja od dinamike korozije vodnega toka, voda pa na robovih vršajev odteka v krás.

Sistematične raziskave vršajev kontaktnega krása (Stepišnik in sod., 2006; Stepišnik in sod., 2007; Stepišnik, 2009; Stepišnik, 2010a) so pokazale, da se v izjemnih primerih pojavljajo vršaji, ki jih ne gradi netopna naplavina, pač pa so delno ali v celoti živoskalni. Le v tlorisni obliki so ohranili pahljačasto obliko, v podolžnem profilu pa so konveksni in ne konkavni, kot je značilno za naplavinske vršaje. Te oblike je Gams (2004) povezal z intenzivnim preperevanjem v hladnejših obdobjih pleistocena in izdatnejšim odlaganjem

potokov. Vršaje na krasu, ki nimajo aktivnega procesa sedimentacije rečnih nanosov, imenuje psevdovršaji. Veliki kamniti vršaji so bili proučeni tudi v Albaniji na primeru potokov Prroni j Thate in Ivanaj-Hot vzhodno od Skadarskega jezera (Sauro, 1996). Avtor te oblike preprosto imenuje vršaje v kamnu (it. Il cono in roccia). Raziskave so pokazale, da so se ti vršaji razvili iz naplavinskih vršajev, zato za te oblike uporabljamo izraz reliktni vršaji (Stepišnik in sod., 2006).

3 Metodologija proučevanja

Reliktni in naplavinski vršaji kontaktnega krasa so bili proučeni na območju Matarskega podolja, kjer so poleg cele vrste slepih dolin v skrajnem severozahodnem delu tudi raznovrstni vršaji. Drugo proučevano območje je obsegalo Vrhpoljska brda na skrajnem južnem delu Krasa.

Na izbranih območjih je bila opravljena morfografska analiza, ki je vključevala morfografsko kartiranje vršajev in erozijskih jarkov v njihovih zaledjih. Kartiranje je bilo osredotočeno predvsem na ugotavljanje obsega vršajev in zaplat naplavin, razporeditev površinskih kraških oblik ter oblikovanost erozijskih jarkov v njihovih zaledjih. Z morfografsko analizo je bil tako ugotovljen obseg vršajev in njihove osnovne morfografske značilnosti.

Sledila je morfometrična analiza, ki je obsegala terenske meritve podolžnih profilov vseh vršajev z namenom ugotavljanja osnovne oblikovanosti vršajev. Na terenu je bil tudi izmerjen podolžni profil potoka Podseč v Matarskem podolju, ki se nahaja v zaledju reliktnih vršajev. Z namenom ugotavljanja globin naplavin na vršajih so bili na nekaterih vršajih izmerjeni profili električne upornosti tal. Uporabljen je bil merilec električne upornosti tal Supersting R1/IP. Uporabljena je bila metoda dipol-dipol s petmetrsko razdaljo med elektrodami, ki se je pri preteklih meritvah v podobnih okoljih izkazala kot najprimernejša (Stepišnik, Mihevc, 2008). Interpretacija električne upornosti tal je bila izdelana s programskim orodjem Earth Imager 2D resistivity inversion software.

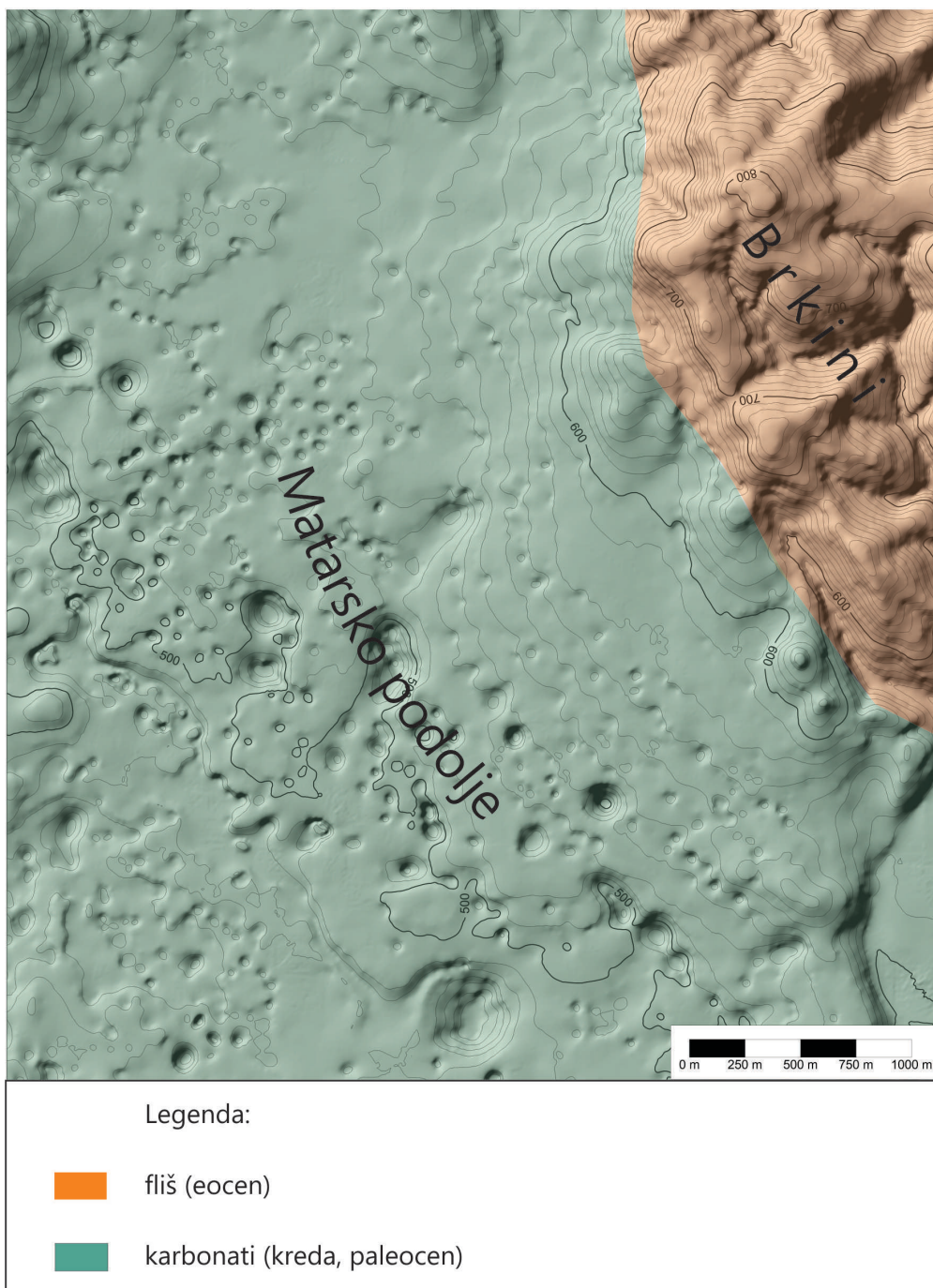
4 Vršaji Matarskega podolja

Najbolj značilen primer ponornega kontaktnega krasa v Sloveniji je Matarsko podolje, ki se nahaja v jugozahodnem delu Slovenije. Matarsko podolje je relativno uravnana pokrajina med Brkini na severovzhodu, Slavnishkim pogorjem na jugozahodu, Krasom na severozahodu in Brgudskim podoljem na jugovzhodu. Razpotegnjeno je v smeri severozahod–jugovzhod, dolgo je 18 kilometrov in široko od 2 do 3 kilometre. Nadmorska višina v severnem delu je 290 metrov, na jugovzhodu pa okrog 640 metrov.

Severozahodno obrobje Matarskega podolja predstavlja stik med karbonatnimi kamninami ter fliši, ki skoraj v celoti gradijo Brkine. Na stiku prehaja eocenski fliš v paleocenske alveolinske apnenice, ti pa v kredne rudistne apnenice, apnenice z roženci ter dolomite in apnenčaste breče. Apnenci vpadajo pod fliš s kotom od 20 do 60 stopinj. Na jugovzhodu prehaja Matarsko podolje v višje Slavnishko pogorje, ki ga gradijo kredni apnenci in dolomiti (Pleničar in sod., 1965).

Matarsko podolje je zakraselo, površje pa je relativno uravnano in prekrito s številnimi vrtačami, velikimi udornicami in jamami (Mihevc, 1991; Stepišnik, 2010b). Na kontaktu med flišem in apnencem je 24 ponikalnic izoblikovalo niz slepih dolin in ponornih zatrepov (Mihevc, 1991). Med dostopnimi jamskimi rovi v zaledju slepih dolin prevladujejo vadozna brezna ter daljši odseki neaktivnih epifreatičnih jam. V zaledju slepih dolin je v skupinah razporejenih več kot 80 udornic (Stepišnik, 2010b).

Slika 3: Osnovna kamninska zgradba območja severozahodnega dela Matarskega podolja.

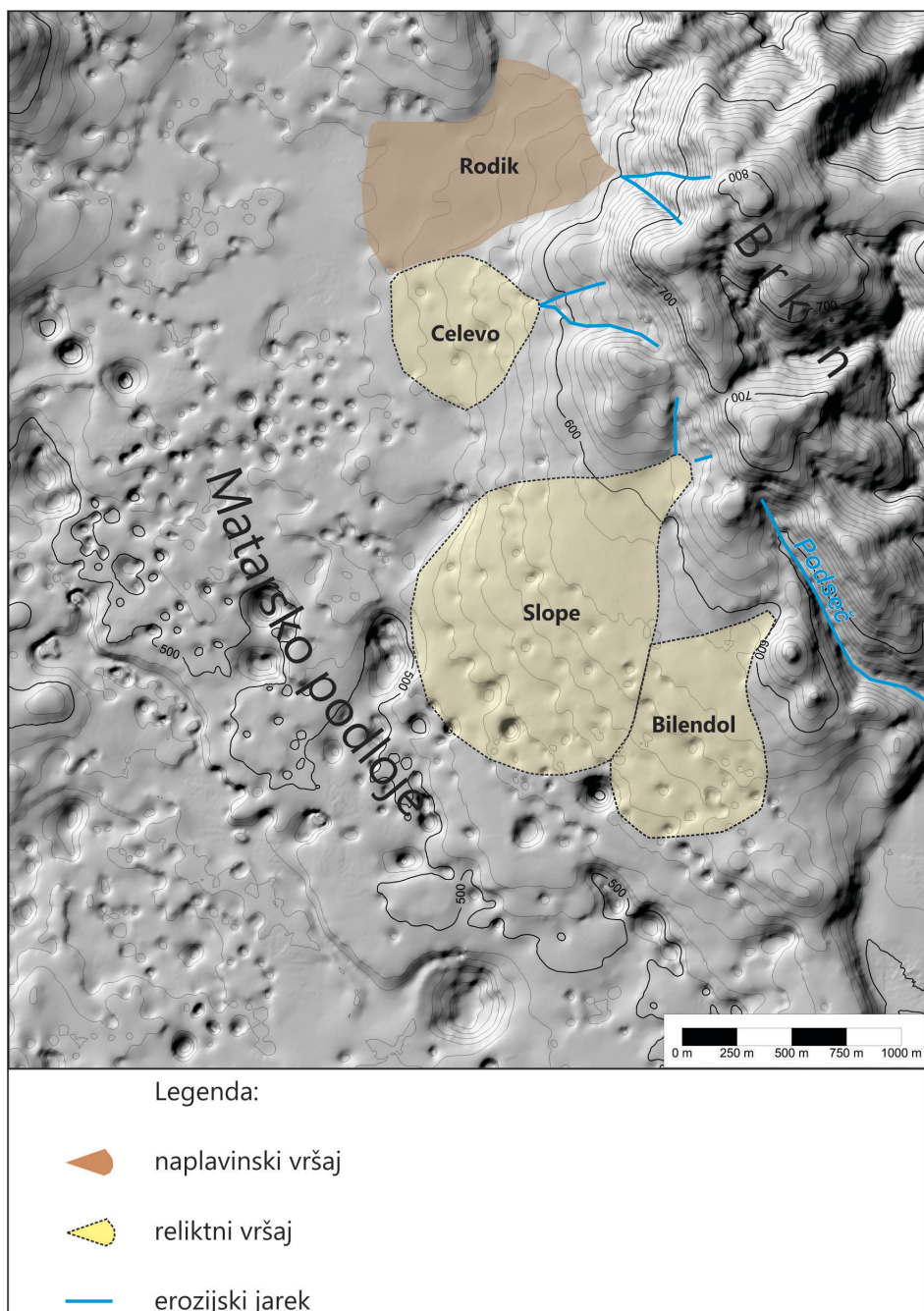


Vir: Pleničar in sod., 1965. Vir podatkov: DMNV 12,5m. GURS, 2006.

Območje kontaktnega krasa z vršaji je na skrajnem severozahodnem delu Matarskega podolja, kjer se Brkini dvigujejo najvišje. Flišni greben na obravnavanem območju je okoli 300 metrov višji od uravnave samega podolja. Na strmih pobočjih nad vršaji so številni erozijski jarki, ki se zaključijo na stiku eocenskega fliša in paleocenskih apnencev, pod njimi pa so oblikovani štirje večji vršaji. Mihevc (1991) omenja, da so vršaji na proučevanem območju morfološko neizrazita oblika kontaktnega krasa. Ugotavlja, da je položna ravnica južno od Slop oblikovana kot vršaj. Flišne naplavine se nahajajo predvsem v vrtačah, vmesna pobočja pa so prekrita z debelejšo plastjo prepereline kot sosednja površja. Iz tega sklepa, da so bila nekdanj tudi ta površja prekrita s flišnimi naplavinami.

Na vzhodnem delu proučevanega območja je v bližini kontakta v fliš globoko vrezan potok Podseč, ki teče v slepo dolino Brezovica. Večino erozijskih jarkov nad današnjimi reliktnimi vršaji je potok Podseč obglavil. Od obglavljenja na reliktno vršaje ne pritekajo potoki iz erozijskih jarkov, posledično se je zaključila tudi sedimentacija alohtone flišne naplavine.

Slika 4: Proučevano območje vršajev na Matarskem podolju.



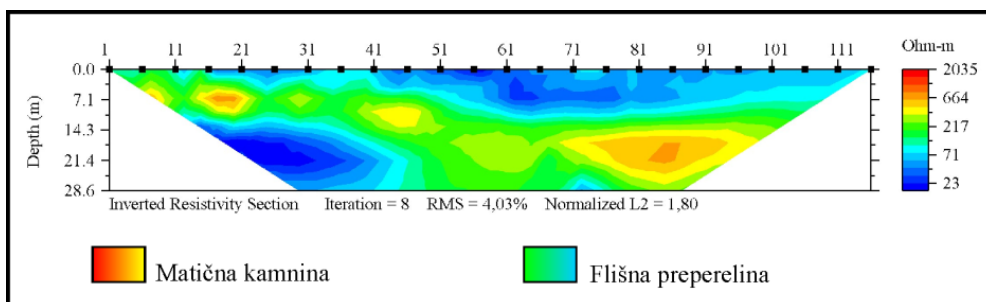
Vir podatkov: DMNV 12,5m. GURS, 2006.

4.1 Aktivni vršaj na kontaktnem krasu Matarskega podolja

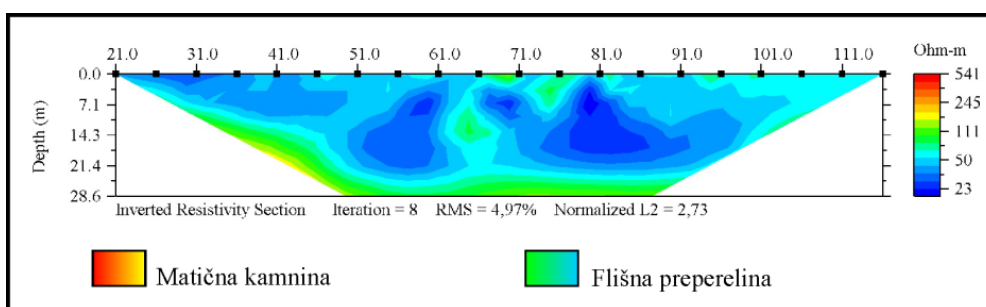
Edini aktivni vršaj kontaktnega krasa Matarskega podolja se nahaja pri naselju Rodik in obsega površino okoli 0,3 km². Začenja se pod erozijskim jarkom potoka, ki priteka s strmega flišnega pobočja Brkinov. Vršaj v celoti gradi flišna naplavina, na njem ni razvitih kraških oblik. V spodnjem delu preide v kraško uravnavo.

Po debelini in strukturi naplavine ter oblikovanosti podolžnega profila vršaj pri Rodiku ustreza oblikovanosti vršajev v fluvialnem geomorfnem sistemu. Naklon v vrhnjem delu je največji in dosega 4 stopinje, z oddaljenostjo od vrha vršaja pa se naklon zmanjšuje. Globina naplavine je bila ugotovljena z meritvami profilov električne upornosti tal. V vrhnjem delu vršaja naplavina z vrednostmi električne upornosti tal do okoli 150 ohm-m presega globino 30 metrov. V tem delu v nanosu flišnih naplavin z manjšo električno upornostjo nastopajo tudi bolj električno uporne plasti z vrednostmi električne upornosti do okoli 800 ohm-m, ki so najverjetneje plasti peska ali proda z manjšo vsebnostjo vode ali pa lokalni izdanek karbonatne matične podlage. Globina nanosov v osrednjem delu vršaja je več kot 28 metrov, prav tako je manjši naklon. Na zunanjih delih vršaja je površje popolnoma uravnano, razkrita je karbonatna matična kamnina, manjše kotanje v karbonatni kamnini pa zapolnjujejo flišne naplavine. Meritve električne upornosti tal v tem delu skoraj po celotni dolžini kažejo na električno upornost, večjo od 1000 ohm-m, kar je značilno za karbonatno matično podlago (Stepišnik, Mihevc, 2008).

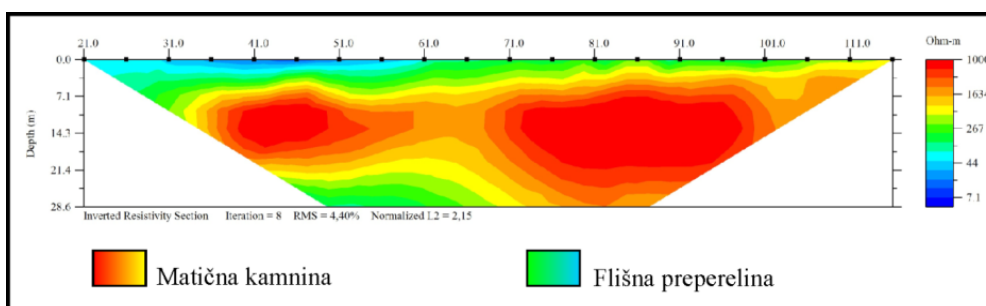
Slika 5: Prečni profil električne upornosti tal zgornjega dela vršaja pri Rodiku.



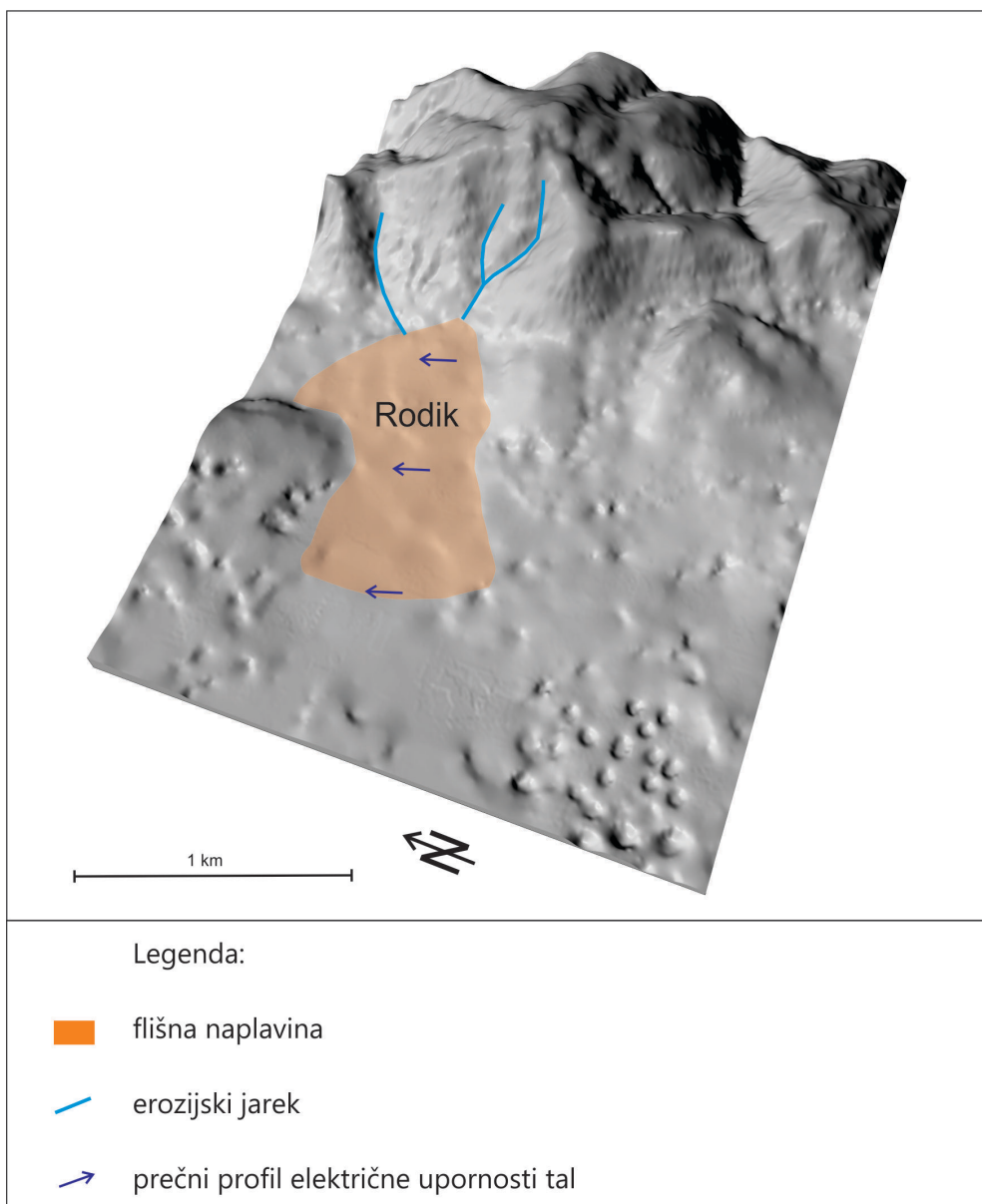
Slika 6: Prečni profil električne upornosti tal srednjega dela vršaja pri Rodiku.



Slika 7: Prečni profil električne upornosti tal spodnjega dela vršaja pri Rodiku.

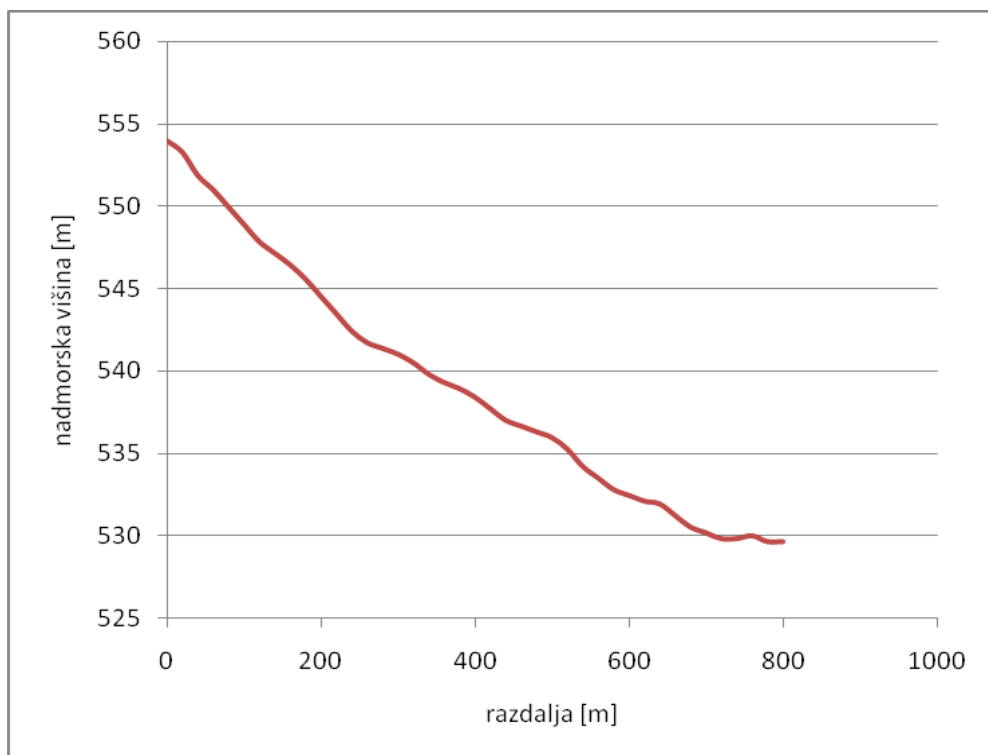


Slika 8: Reliktni vršaj pri Rodiku z označenimi pozicijami prečnih profilov električne upornosti tal.



Vir podatkov: DMNV 12,5m. GURS, 2006.

Slika 9: Podolžni profil aktivnega vršaja pri Rodiku.



Na kraški uravnavi, v katero se vršaj izteče, se z oddaljenostjo od vršaja povečuje gostota površinskih kraških oblik, večja se gostota in velikost škrapelj, vrtače so številnejše in večjih dimenzij. Ob zaključku vršaja se nahaja tudi več vodoravnih jam, ki so delno zapolnjene s flišnimi prodniki in ilovico. Največja med njimi je Perčinelova jama (kat. št. 1149) (Kataster jam JZS 2011), ki ima v slepem rovu blizu površja ostanke prodnih in ilovnatih zapolnitev, ki so bile prekinjene z več fazami odlaganja sige. Flišni material različnih velikosti je bil najverjetneje prinesen z območja vršaja. Faze vnašanja materiala so bile prekinjene z daljšimi obdobji sedimentacije sige, kar kaže na to, da je jama obdobjno delovala kot ponor ob koncu vršaja.

Slika 10: Osredji in spodnji del vršaja pri Rodiku.



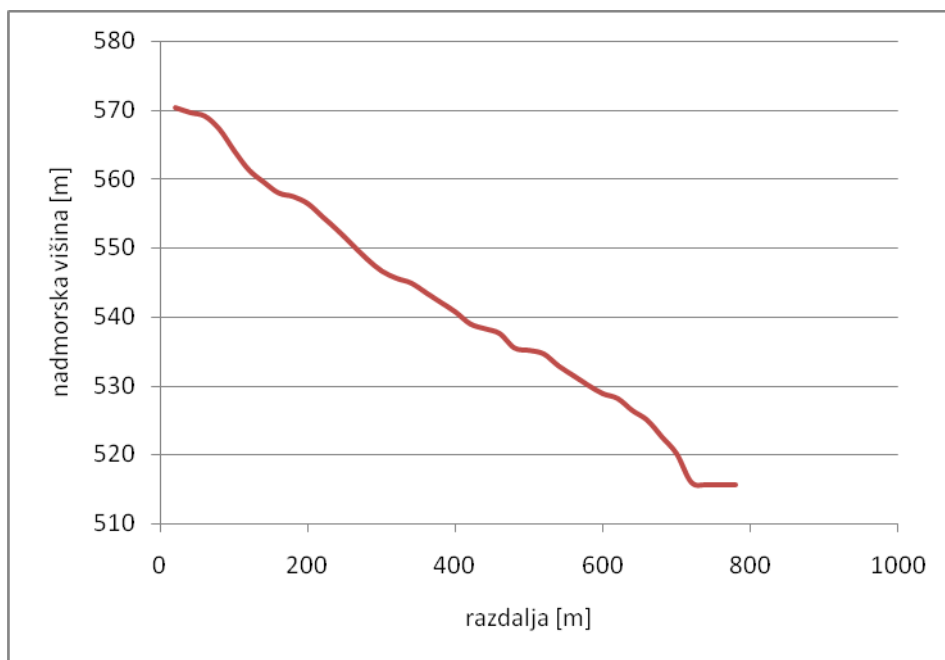
Avtor: Stepišnik, 2008.

4.2 Reliktni vršaji na kontaktnem krasu Matarskega podolja

Vsi ostali vršaji na tem območju so reliktni. V tlorisu so tipično pahljačasto oblikovani. Zgornji deli vršajev so v profilu konkavne oblike, medtem ko so osrednji in spodnji deli konveksni. V njihovih vršnih delih je večino erozijskih jarkov obglavil potok Podseč. Zgornje dele teh vršajev gradijo večje sklenjene zaplate flišne naplavine, v osrednjem in zunanjem delu vršajev pa izdanja karbonatna matična kamnina. Flišne naplavine se na površju pojavljajo le v manjših zaplatah in v dnu vrtač ter udornic. Z oddaljenostjo od vrhnjih delov vršajev oziroma od sklenjenih flišnih naplavin narašča tudi gostota površinskih kraških oblik.

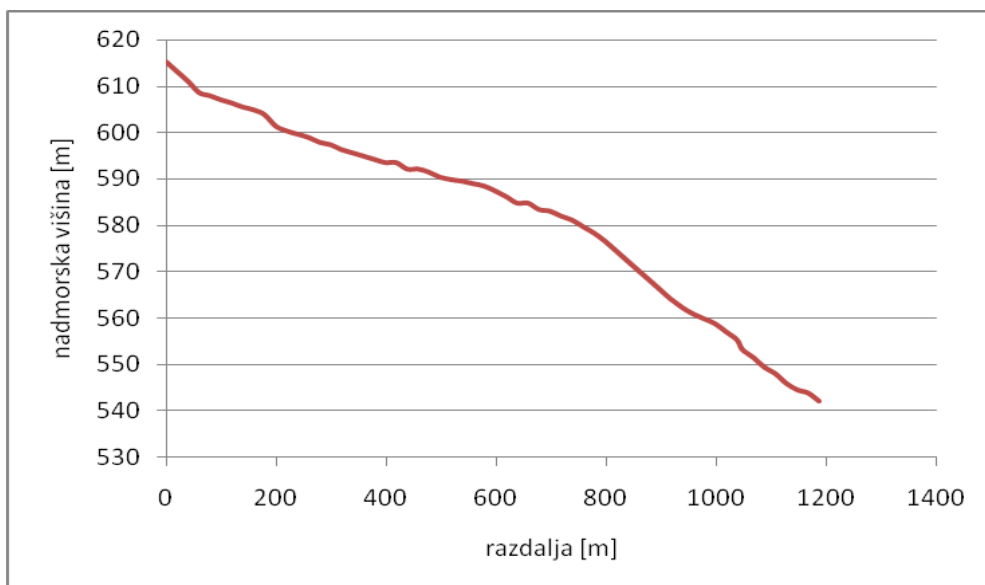
Reliktni vršaj na območju s toponimom Celevo ima površino 0,18 km². Nastal je pod manjšim, danes neaktivnim erozijskim jarkom. Podolžni profil vršaja je v zgornjem delu, ki ga gradijo flišne naplavine, izrazite konkavne oblike. Nakloni površja v tem delu dosega do 8 stopinj. V srednjem delu vršaja izdanja karbonatna podlaga, flišna naplavina pa se v tem delu pojavlja le mestoma. V tem delu vršaja konkavni podolžni profil prehaja v konveksnega; nakloni so med 3 in 5 stopinjami. Spodnji del vršaja na gosto prekrivajo površinske kraške oblike, predvsem škraplje in vrtače. Naklon vršaja v skrajnem spodnjem delu doseže 9 stopinj; torej je v spodnjem delu izrazito konveksno oblikovan. Vršaj se zaključi v kraški uravnavi Matarskega podolja.

Slika 11: Podolžni profil reliktnega vršaja Celevo.

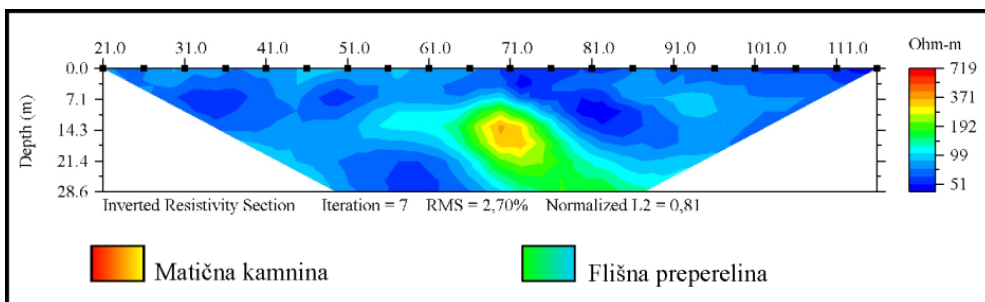


Največji vršaj na proučevanem območju je reliktni vršaj pod naseljem Slope s površino 1,14 km². Njegov vršni del je pod številnimi manjšimi neaktivnimi erozijskimi jarki v strmem flišnem pobočju nad naseljem Slope. V zgornjem delu je prekrit z debelo flišno naplavino z vrednostmi električne upornosti manj kot 250 ohm-m, ki presega debelino 28 metrov. V zgornjem delu je izrazito konkavne oblike z nakloni do 7 stopinj. V srednjem delu je naklon pobočja do 3 stopinje, flišna naplavina pa le nekaj decimetrov na debelo prekriva karbonatno matično podlago, kar je razvidno iz profila električne upornosti tal, ki ima v zgornjem delu strukturo z električno upornostjo manjšo od 250 ohm-m, pod njo pa je karbonatna kamnina z vrednostmi električne upornosti več kot 1000 ohm-m. Na zunanjem delu nakloni dosega vrednosti med 6 in 8 stopinjami, podolžni profil pa je izrazito konveksen. Z oddaljevanjem od sklenjene flišne naplavine v zgornjem delu vršaja narašča gostota kraških oblik, predvsem škrapelj in vrtač.

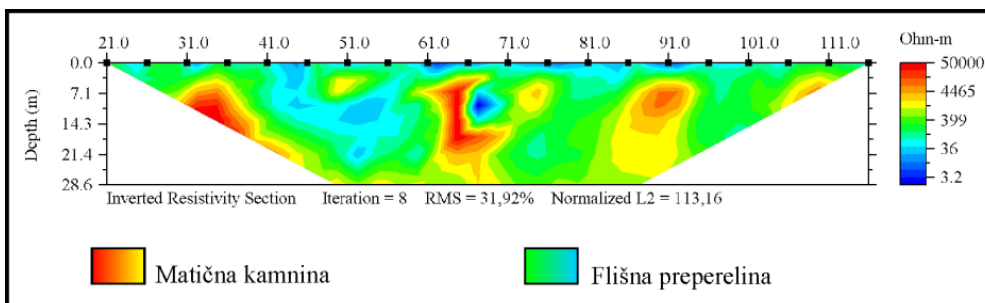
Slika 12: Podolžni profil reliktnega vršaja pri Slopah.



Slika 13: Prečni profil električne upornosti tal zgornjega dela vršaja pri Slopah.

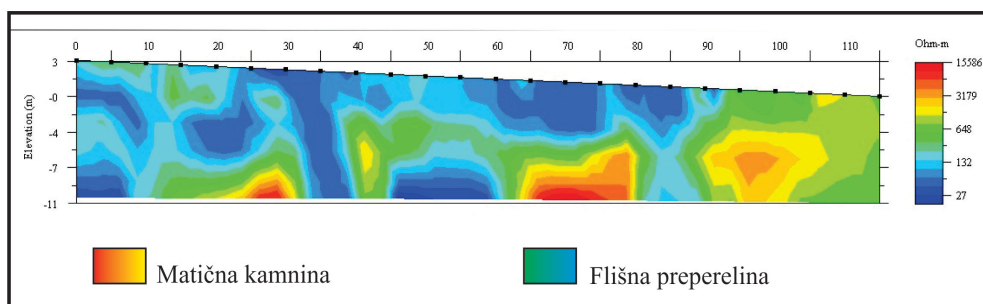


Slika 14: Prečni profil električne upornosti tal srednjega dela vršaja pri Rodiku.



Profil električne upornosti tal preko stika flišne naplavine s karbonatno podlago v osrednjem, najbolj uravnanim predelu reliktnega vršaja pri Slopah kaže na to, da ima električno bolj prevodna flišna naplavina z vrednostmi električne upornosti do 150 ohm-m globino večjo od 15 metrov. Karbonatne kamnine, ki izdanjajo v spodnjem delu, imajo električno upornost večjo od 1000 ohm-m. Ostra meja med flišno naplavino in karbonatno matično podlago, ki je vidna v profile električne upornosti tal, se ujema z razmerami na površju, saj se v tem delu vršaja pojavijo izdanki karbonatne matične podlage. Oster rob med naplavino in karbonatno kamnino v profilu morda nakazuje obstoj zasute slepe doline v zgornjem delu vršaja.

Slika 15: Podolžni profil električne upornosti tal preko stika flišne naplavine in karbonatne matične podlage reliktnega vršaja pri Slopah.



Slika 16: Osrednji in zgornji del vršaja pri Slopah.

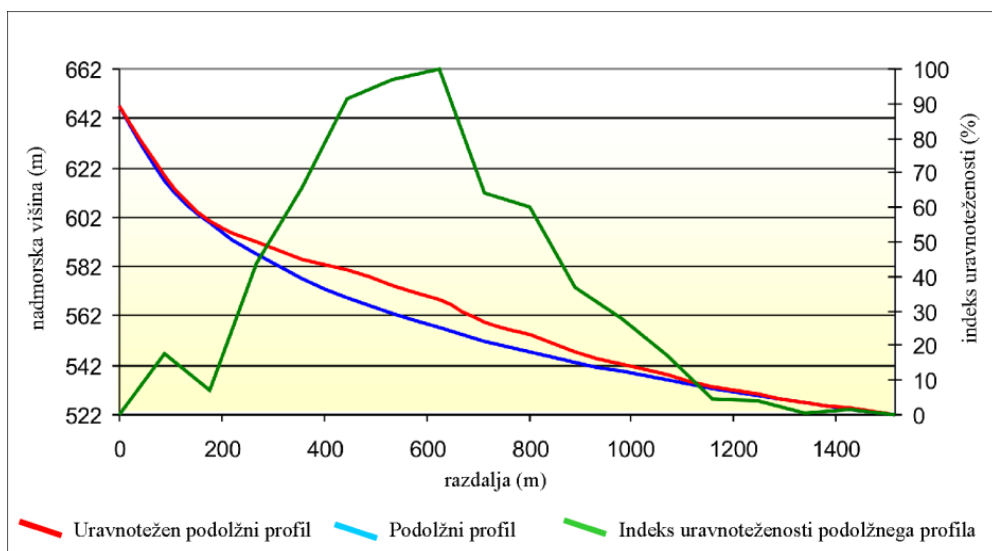


Avtor: Stepišnik, 2007

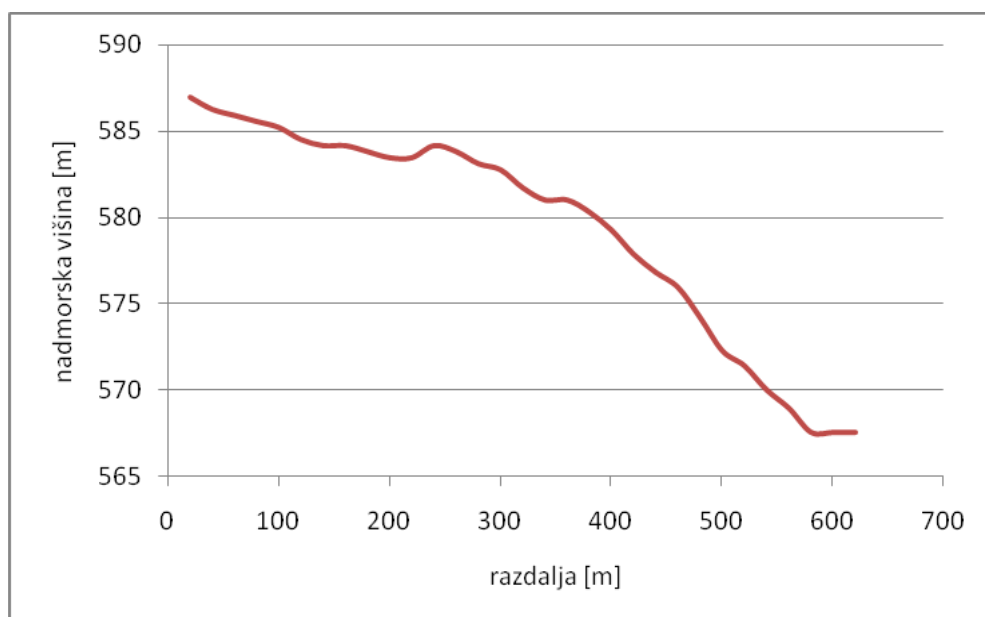
Na skrajnem jugovzhodnem delu proučevanega območja leži reliktni vršaj s toponimom Bilendol. Obsega površino 0,41 km². Erozijski jarek nad vršajem je obglavil potok Podseč, ki odteka v smeri slepe doline Brezovica. Danes je potok zarezan v dolino, ki leži 30 metrov nižje od vrhnjega dela vršaja. Podolžni profil potoka Podseč ima na območju pod vršnim delom vršaja največjo razliko med dejanskim in uravnoveženim podolžnim profilom, kar potrjuje obglavitev erozijskega jarka, ki se je stekal na območje vršaja. Obglavitev je prekinila fluvialno sedimentacijo oziroma oblikovanje vršaja.

Zgornji del vršaja je prekrit s flišno naplavino in je blage konkavne oblike z nakloni do 5 stopinj. Območje flišnih nanosov se zaključuje z do 2 metra visoko reliefno stopnjo, ki jo gradi karbonatna kamnina. Osrednji del reliktnega vršaja prekrivajo manjše zaplate flišne naplavine, naklon vršaja v tem delu pa je med 1 in 2 stopinjama. Spodnji del vršaja ima na površju večjo gostoto kraških oblik, predvsem škrapelj in vrtač. Nakloni pobočij dosegajo vrednosti do 6 stopinj. Vršaj se zaključuje v kraški uravnavi osrednjega dela Matarskega podolja.

Slika 17: Uravnotežen in izmerjen podolžni profil potoka Podseč z indeksom neuravnoteženosti podolžnega profila.

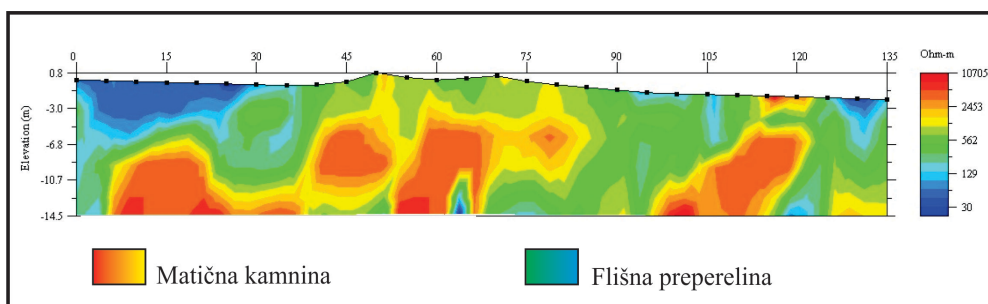


Slika 18: Podolžni profil reliktnega vršaja Bilendol.

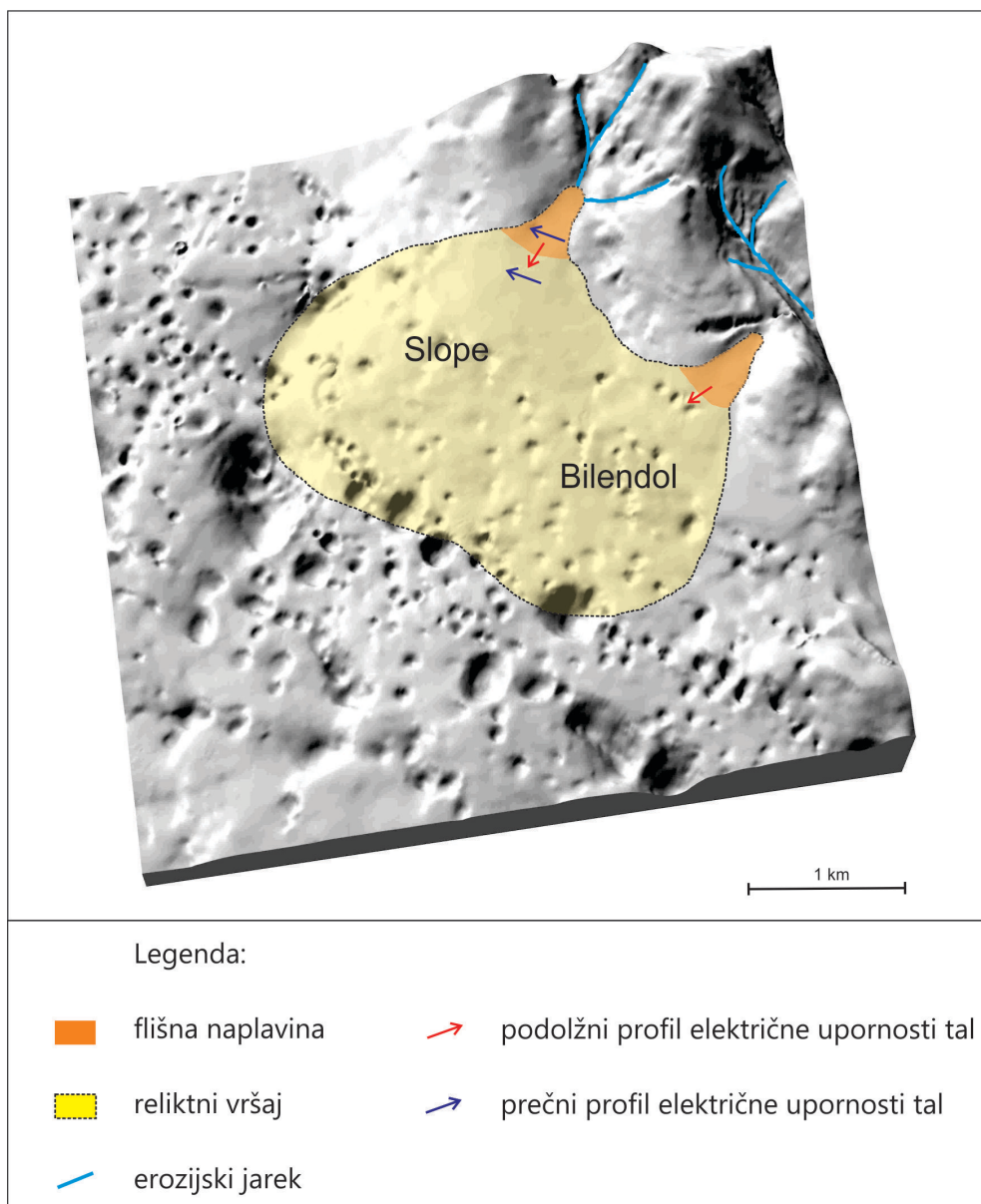


Podolžni profil električne upornosti tal preko reliktnega vršaja Bilendol je bil izmerjen na mestu, kjer uravnana flišna naplavina preide v kamnito, karbonatno površje. Iz profila je razvidno, da je flišna naplavina, z vrednostmi električne upornosti do 150 ohm-m, globoka okoli 10 metrov. Pod naplavino je manj prevodna karbonatna matična podlaga z vrednostmi električne upornosti nad 1000 ohm-m. Tudi v tem primeru je meja med relativno globoko flišno naplavino in karbonatno matično podlago ostra, kar morda nakazuje obstoj zasute slepe doline v zgornjem delu reliktnega vršaja.

Slika 19: Podolžen profil električne upornosti tal preko stika flišne naplavine in karbonatne matične podlage reliktnega vršaja pri Slopah.



Slika 20: Reliktni vršaj pri Slopah in reliktni vršaj Bilendol z označenimi pozicijami prečnih in podolžnih profilov električne upornosti tal.



Vir podatkov: DMNV 12,5m. GURS, 2006.

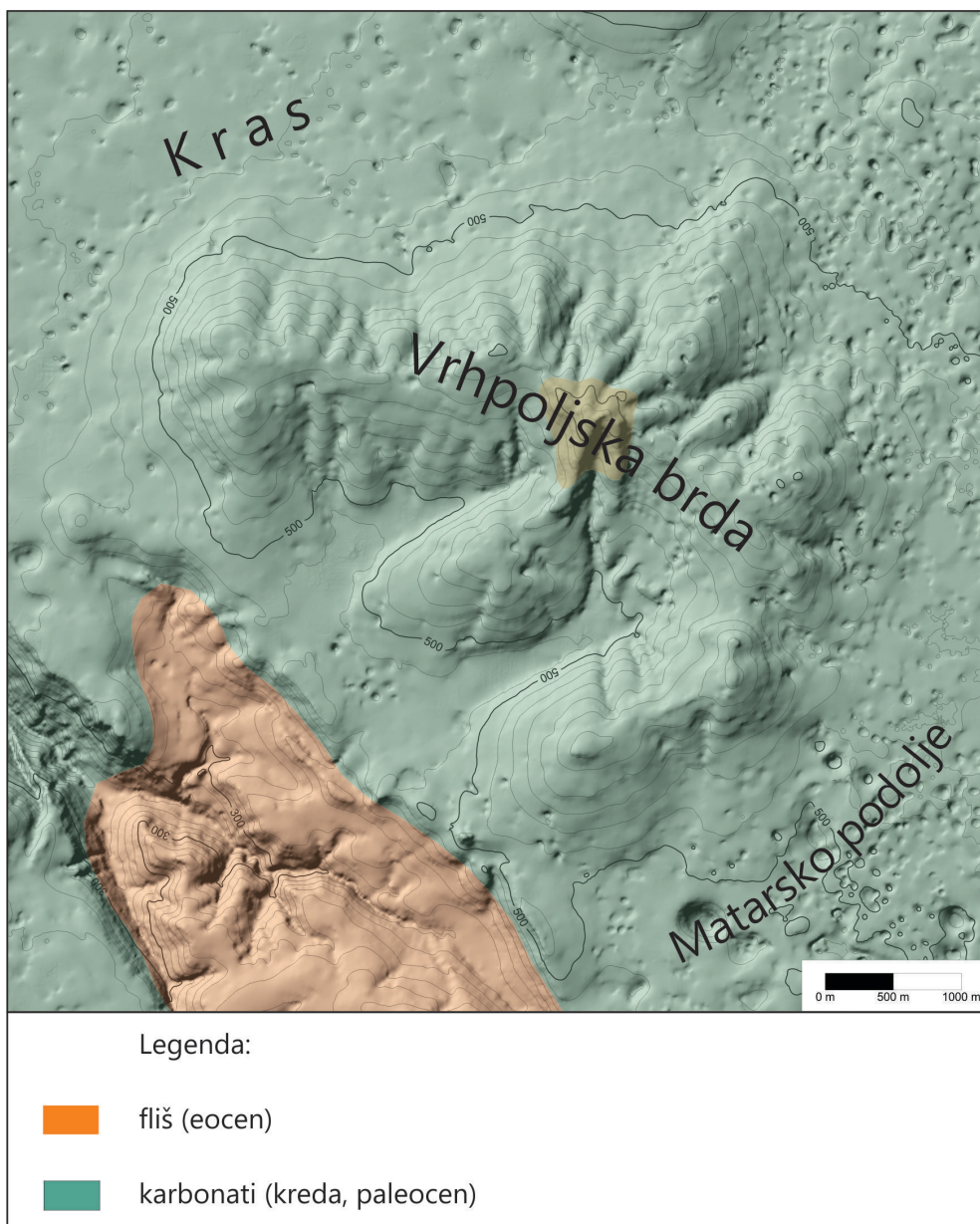
5 Aktivni in reliktni vršaji Vrhpoljskih brd

Vrhpoljska brda so na skrajnem jugovzhodnem delu planote Kras. Glavni greben Vrhpoljskih brd je dolg 6,5 kilometrov in sega od vzpetine Videž nad Kozino preko Velikega Gradišča do Kokoši. Razteza se na nadmorski višini okoli 620 metrov, kar je okoli 200 metrov nad okoliškim površjem. Vrhpoljska brda obsegajo območje, veliko 23 km².

V geološkem smislu gradi vrhnji del Vrhpoljskih brd brahisinklinala eocenskega fliša, ki prekriva paleocenske in zgornjekredne plastovite apnenice (Pleničar in sod., 1965). 0,7 km² velika površina flišne matične podlage prekriva najvišji del grebena v okolici Velikega Gradišča. Na grebenu in pod njim je cela vrsta podedovanih fluvialnih oblik na karbonatni podlagi, kar nakazuje, da je bil obseg flišnega pokrova v preteklosti večji, a je bil do danes delno denudiran.

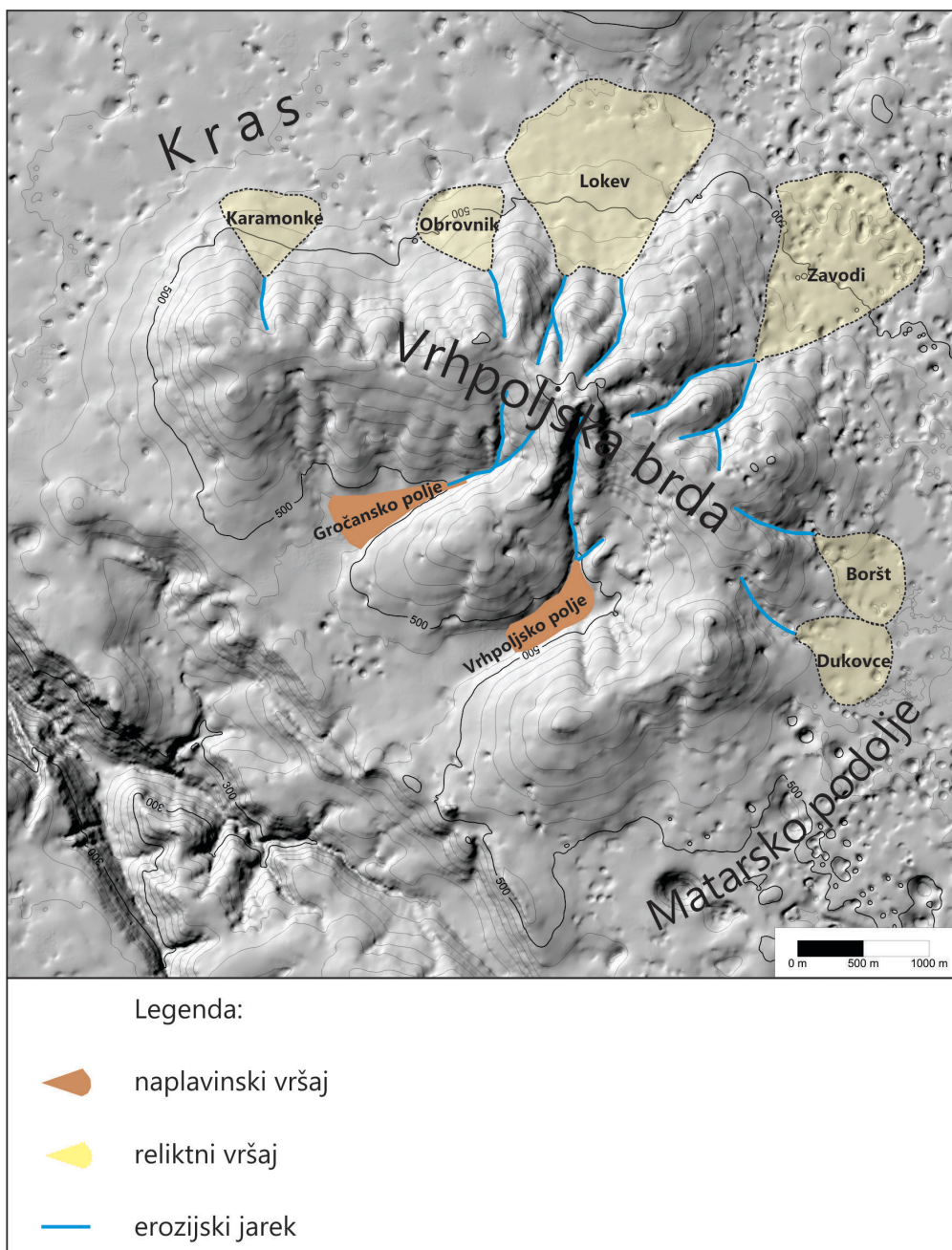
Glavni greben Vrhpoljskih brd se razcepi v bližini vrha Veliko Gradišče v dva manjša grebena v smeri juga in jugozahoda. Vzporedni dolini s toponimi Gročansko polje in Vrhpoljsko polje, ki ležita med grebeni, sta si morfološko podobni. Njune severne dele prekrivajo naplavinski vršaji, ki so pod številnimi erozijskimi jarki v flišni podlagi. Osrednji del dolin je širok okoli 250 metrov. Vode odtekajo v številne ponore na kontaktu fluvialnih flišnih nanosov in karbonatne matične podlage. Južna dela dolin preideta v pretežno uravnano kraško površje na jugu. Obe dolini imata hidrološko funkcijo robnih kraških polj oziroma slepih dolin, a so njune dimenzije premajhne za kraška polja, hkrati pa jih zaradi odsotnosti strmega zatrepa, ki je značilen za zaključke slepih dolin, tudi ne moremo opredeliti kot slepe doline.

Slika 21: Osnovna geološka zgradba območja Vrhpoljskih brd.



Vir: Pleničar in sod., 1965. Vir podatkov: DMNV 12,5m. GURS, 2006.

Slika 22: Proučevano območje vršajev na Vrhpoljskih brdih.



Vir podatkov: DMNV 12,5m. GURS, 2006.

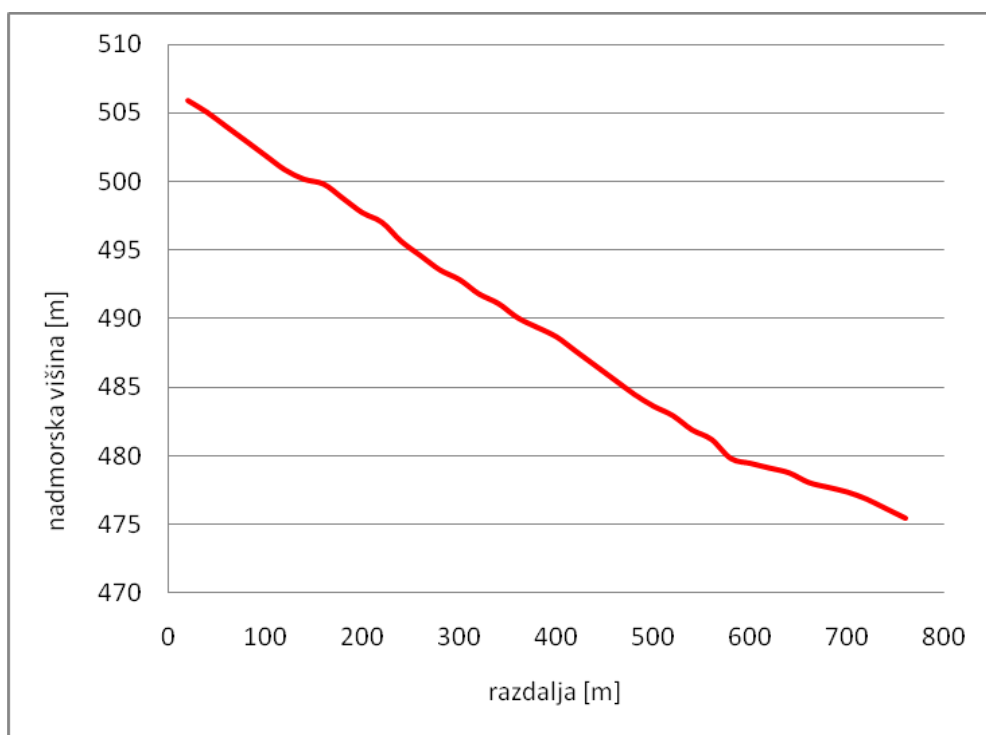
Na proučevanem območju najdemo dva tipa vršajev. Prvi tip vključuje dva vršaja, na katerih je recentna fluvialna akumulacija iz flišnega zaledja na kraško površje. Debelina naplavin, zgradba, oblika in podolžni profili so tipični za naplavinske vršaje.

Drugi tip vršajev predstavljajo reliktni vršaji, ki so v tlorisu pahljačaste oblike. Njihovi podolžni profili so izrazito konkavni v zgornjih delih, v osrednjih in spodnjih delih pa imajo značilno konveksno obliko. V zgornjih delih imajo naklon do 11 stopinj, osrednji del je relativno uravnan, spodnji deli pa dosežejo naklon do 12 stopinj. V naplavinskih vršajih debelina rečnih nanosov upada z oddaljevanjem od zgornjega dela vršaja. V primeru reliktnih vršajev, rečni nanosi prekrivajo le zgornje dele vršajev, kjer je njihov podolžni profil konkavne oblike. Osrednji in spodnji deli reliktnih vršajev so v podolžnem profilu konveksne oblike brez ohranjenih fluvialnih naplavin. Nekateri vršaji so v celoti živoskalni in imajo preko celotnega podolžnega profila konveksno obliko; flišna naplavina je bila v celoti denudirana. Gostota površinskih kraških oblik se povečuje z oddaljenostjo od roba flišne naplavine, ki prekriva zgornje dele nekaterih reliktnih vršajev.

5.1 Aktivni vršaji kontaktnega krasa Vrhopoljskih brd

Na južnem delu Vrhopoljskih brd se nahajata dva aktivna naplavinska vršaja, in sicer v severnih delih Gročanskega in Vrhopoljskega polja. Vršaj na Gročanskem polju se nahaja v skrajnem severovzhodnem delu polja in ima površino 0,2 km². Nanj priteka potok iz erozijskega jarka, ki se zajeda v zahodno pobočje Velikega Gradišča. Naklon vršaja je v zgornjem delu 5 stopinj in počasi upada proti izteku vršaja. Podolžni profil je konkaven.

Slika 23: Podolžni profil aktivnega vršaja na Gročanskem polju.



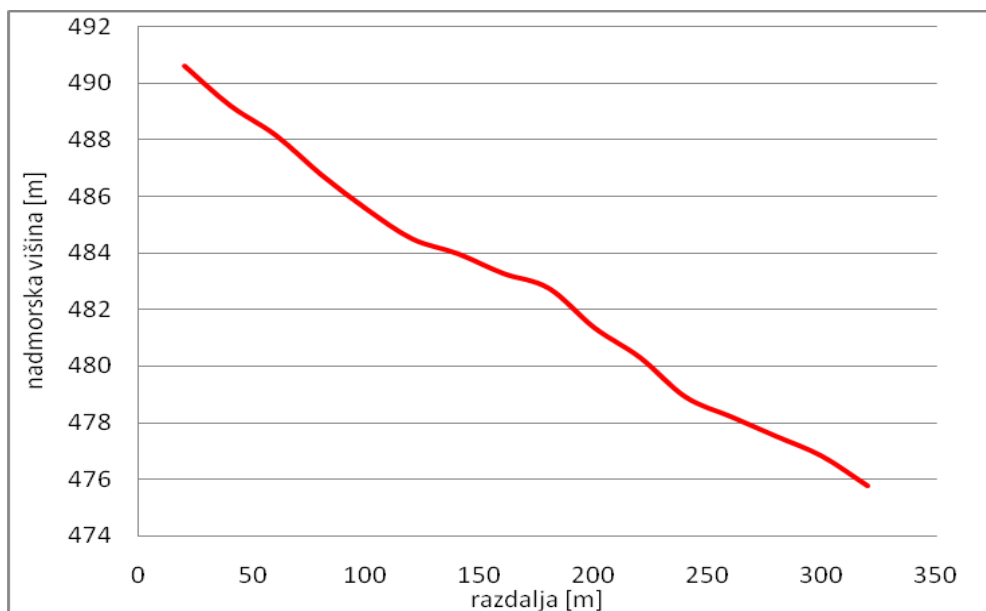
Slika 24: Gročansko polje z aktivnim vršajem v severozahodnem delu.



Avtor: Stepišnik, 2010.

Vršaj na Vrhpoljskem polju ima površino 0,2 km². Nanj s severne strani priteka potok iz erozijskega jarka, ki se globoko zajeda v južno pobočje vzpetine Veliko Gradišče. Erozijski jarek je skoraj v celoti zarezan v flišno matično podlago. Zgornji del vršaja ima naklon okoli 4 stopinje in upada proti izteku vršaja na osrednjem delu Vrhpoljskega polja. Podolžni profil vršaja je konkaven.

Slika 25: Podolžni profil aktivnega vršaja na Vrhpoljskem polju.



Slika 26: Aktivni vršaj v severnem delu Vrhpoljskega polja.



Avtor: Stepišnik, 2010.

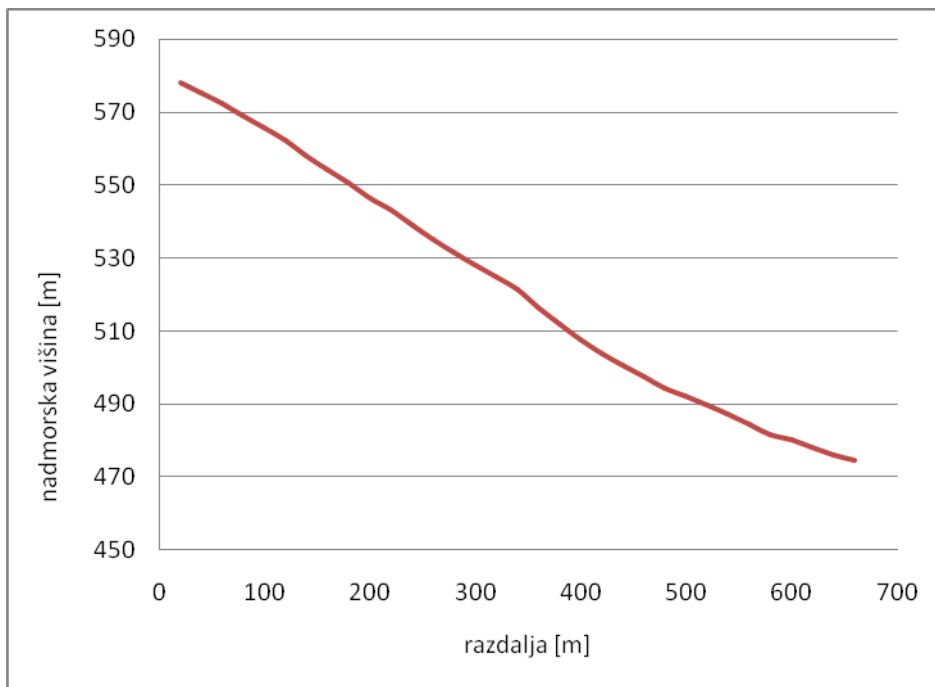
5.2 Reliktni vršaji kontaktnega krasa Vrhopoljskih brd

Reliktni vršaji se nahajajo pod severnimi in vzhodnimi pobočji Vrhopoljskih brd. V tlorisu so pahljačaste oblike, njihovi podolžni profili pa imajo značilnosti reliktnih vršajev. V zgornjih delih so konkavni, v osrednjih in spodnjih pa postanejo konveksni.

V vznožju severnega dela Vrhopoljskih brd so štirje reliktni vršaji, ki imajo v zaledju enega ali več erozijskih jarkov. Večina erozijskih jarkov je neaktivnih, saj so v celoti vrezani v karbonatno podlago, saj je bil fliš v tem delu grebena popolnoma denudiran. Le v nekaterih erozijskih jarkih na vzhodnem delu so še vedno prisotne zaplate fliša, zato po njih občasno tečejo potoki.

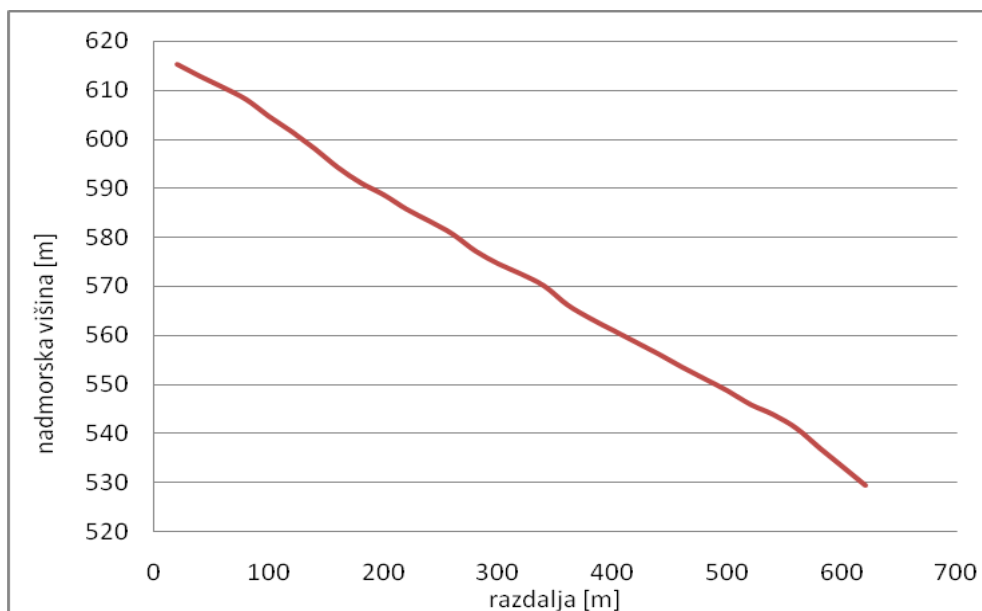
V zahodnem delu območja, severno od vznožja vzpetine Kokoš, se nahaja reliktni vršaj s toponimom Karamonke z obsegom 0,57 km². Vrhnji del vršaja leži ob izteku hidrološko neaktivnega erozijskega jarka, ki je popolnoma vrezan v karbonatno podlago, saj je bil fliš v celoti denudiran. Manjša zaplata flišne naplavine prekriva zgornji del vršaja. Naklon v zgornjem delu podolžnega profila je okoli 4 stopinje, v spodnjem delu pa do 14 stopinj. Zaradi relativno majhne količine flišne naplavine v zgornjem delu vršaja je podolžni profil po celotni dolžini konveksen. V zgornjem delu ni površinskih kraških oblik, pojavljajo se v osrednjem in zunanjem delu. Spodnji rob vršaja prehaja v uravnavo Krasa.

Slika 27: Podolžni profil reliktnega vršaja Karamonke.



Reliktni vršaj s toponimom Obrovnik je 1,5 kilometra vzhodno od Karamonk in ima površino 0,45 km². Zgornji del leži ob izteku erozijskega jarka, ki je popolnoma vrezan v karbonatno podlago. V bližini vrhnjega dela erozijskega jarka je flišna matična kamnina. Vršaj je dolg okoli 300 metrov. V njegovem zgornjem delu je manjša zaplata flišne naplavine. Karbonatna podlaga izdanja v osrednjem in spodnjem delu vršaja, kjer je površje skalno z veliko gostoto vrtač in škrapelj. Naklon površja je v zgornjem delu do 11 stopinj, v osrednjem delu povprečno 6 stopinj in 12 stopinj v spodnjem konveksnem delu. Spodnji rob vršaja zvezno preide v relativno uravnano kraško površje.

Slika 28: Podolžni profil reliktnega vršaja Obrovnik.



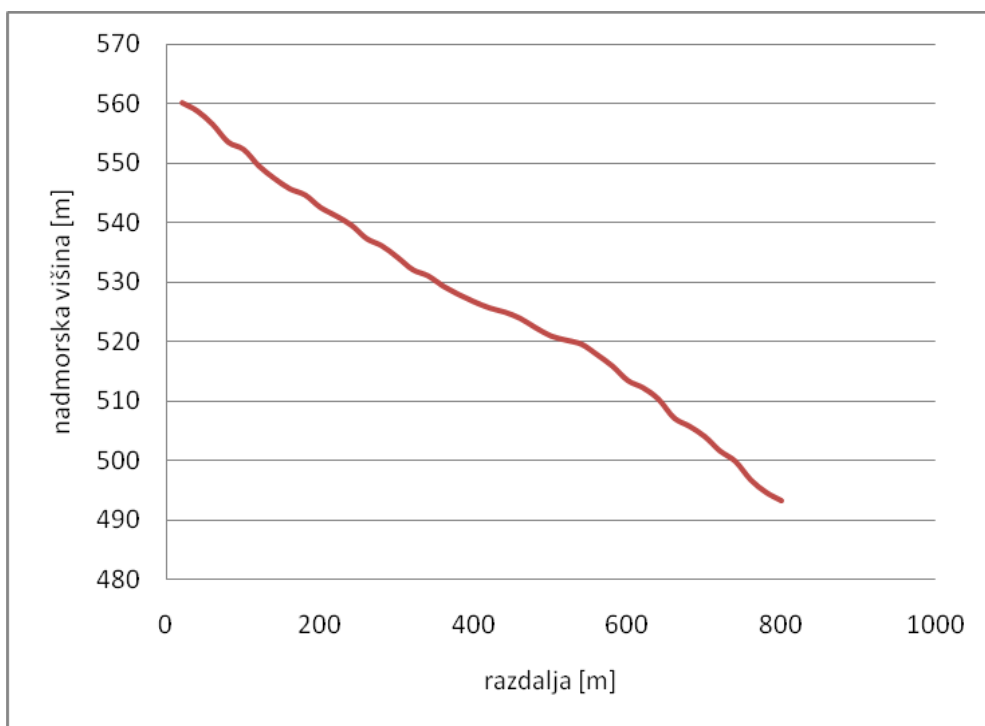
Slika 29: Reliktni vršaj Obrovnik.



Avtor: Stepišnik, 2010.

Največji reliktni vršaj na območju Vrhpoljskih brd se nahaja severno od vasi Lokev in obsega površino 1,8 km². Zgornji del leži ob izteku dveh erozijskih jarkov, ki sta v zgornjem delu vrezana v flišno matično kamnino. Flišna naplavina prekriva zgornji del vršaja in ima naklon do 8,5 stopinj. V osrednjem delu izdajajo posamezni skalni bloki karbonatne matične podlage. Naklon v tem delu je okoli 2 stopinj, spodnji del vršaja pa ima naklon okoli 9 stopinj. V tem delu izdajajo karbonatna matična kamnina, v kateri so oblikovane številne škraplje in vrtače. Vršaj se zaključi ob vznožju Taborskih brd na severu, na severozahodu pa zvezno prehaja v kraško uravnavo.

Slika 30: Podolžni profil reliktnega vršaja pri Lokvi.



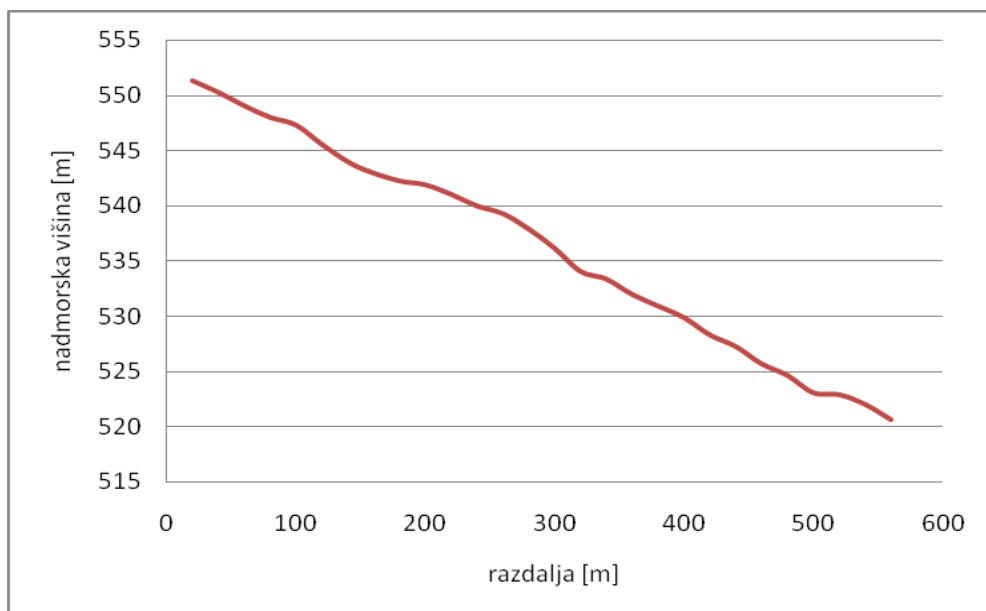
Slika 31: Reliktne vršaje pri Lokvi.



Avtor: Stepišnik, 2010.

Reliktne vršaje v Zavodih obsega površino 1,1 km² in je polimorfen. Zgornji del vršaja leži pod erozijskim jarkom, ki je vrezan v flišno matično podlago. Vzhodni del vršaja je končna oblika reliktnega vršaja, saj niti v zgornjem delu ni več prekrit s fluvialno naplavino. Podolžni profil tega dela je v celotni dolžini konveksen z naklonom okoli 2 stopinj v zgornjem delu in do 6 stopinj v spodnjem delu. Karbonatna matična podlaga je razkrita po celotni površini vršaja, ki je škrapljasta in preoblikovana z vrtačami. V zahodni del reliktnega vršaja v Zavodih je vrezano okoli 10 metrov globoko in 120 metrov široko rečno korito, ki sega vse od vrha vršaja do skrajnega spodnjega dela, kjer se zaključi v skupini vrtač. Po dolini, ki je skoraj v celoti zapolnjena s flišno naplavino, občasno teče vodotok.

Slika 32: Podolžni profil reliktnega vršaja v Zavodih.



Slika 33: Reliktni vršaj v Zavodih.

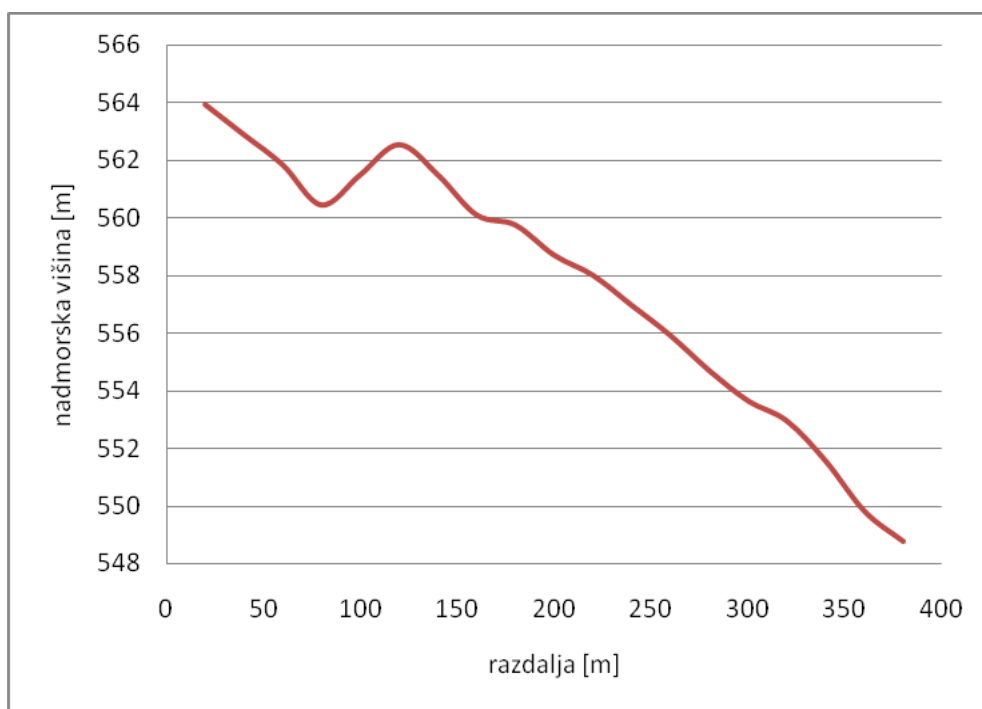


Avtor: Stepišnik, 2007.

Dva reliktna vršaja na vzhodni strani Vrhpoljskih brd sta reliefno skoraj v celoti zabrisana v vrtačastem kraškem površju. Identificirana sta bila na podlagi erozijskih jarkov nad njima, njunega tlorisa ter naklona površja.

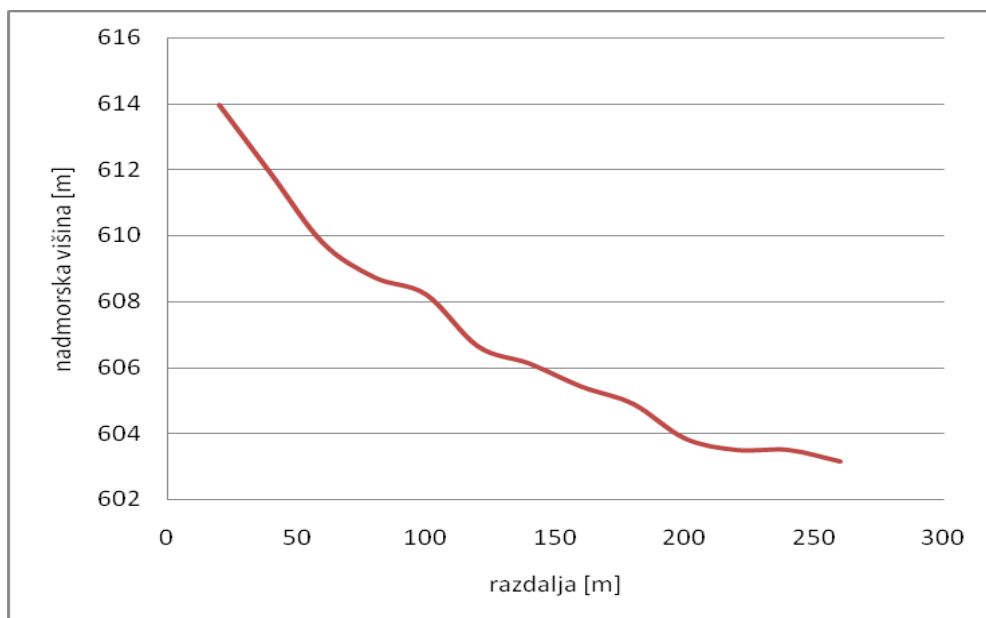
Severnejši reliktni vršaj s toponimom Boršt obsega površino 0,44 km². V zgornjem delu vršaja se nahaja mnogo globokih vrtač, ki ležijo tik pod erozijskim jarkom, ki je vrezan v karbonatno podlago. Flišna naplavina je prisotna le v nekaj manjših izoliranih zaplatah in v dneh nekaterih vrtač. Tudi v erozijskem jarku so oblikovane posamezne vrtače. Podolžni profil vršaja je v grobem konveksen z naklonom okoli 1 stopinje v zgornjem delu in do 5 stopinj v spodnjem delu. Karbonatna podlaga, v kateri so oblikovane številne škraplje in vrtače, je razkrita po celotni površini vršaja. Spodnji deli vršaja zvezno preidejo v uravnano kraško površje severozahodnega Matarskega podolja.

Slika 34: Podolžni profil reliktnega vršaja Boršt.



Okoli 0,5 kilometra južneje od reliktnega vršaja Boršt se nahaja reliktni vršaj s toponimom Dukovce, ki obsega površino 0,19 km² in je oblikovan pod erozijskim jarkom. Erozijski jarek je v celoti vrezan v karbonatno matično podlago. pod njim pa se nahaja večje število vrtač, ki imajo v dneh flišno naplavino. Karbonatna matična podlaga, s številnimi škrapljami in vrtačami, izdaja po celotni površini vršaja. Podolžni profil vršaja je konveksen z naklonom pobočja do 3 stopinj v zgornjem delu in do 6 stopinj ob izteku v kraško uravnavo.

Slika 35: Podolžni profil reliktnega vršaja Dukovce.



6 Sklep

Raziskava kontaktnega krasa severozahodnega dela Matarskega podolja in Vrhpoljskih brd je proučevala procese na kontaktnem krasu v specifičnih hidroloških razmerah, kjer se pojavljajo aktivni in reliktni vršaji. Na nekaterih vršajih proučevanega območja so procesi fluvialne akumulacije materiala flišnega izvora na karbonatno matično podlago aktivni. To so tipični naplavinski vršaji s pahljačasto tlorisno obliko. Drug tip vršajev pa ne gradi fluvialna naplavina, ampak so popolnoma ali delno kamniti. Te, vršajem podobne oblike, ki jih gradi karbonatna matična podlaga, so bile opredeljene kot reliktni vršaji.

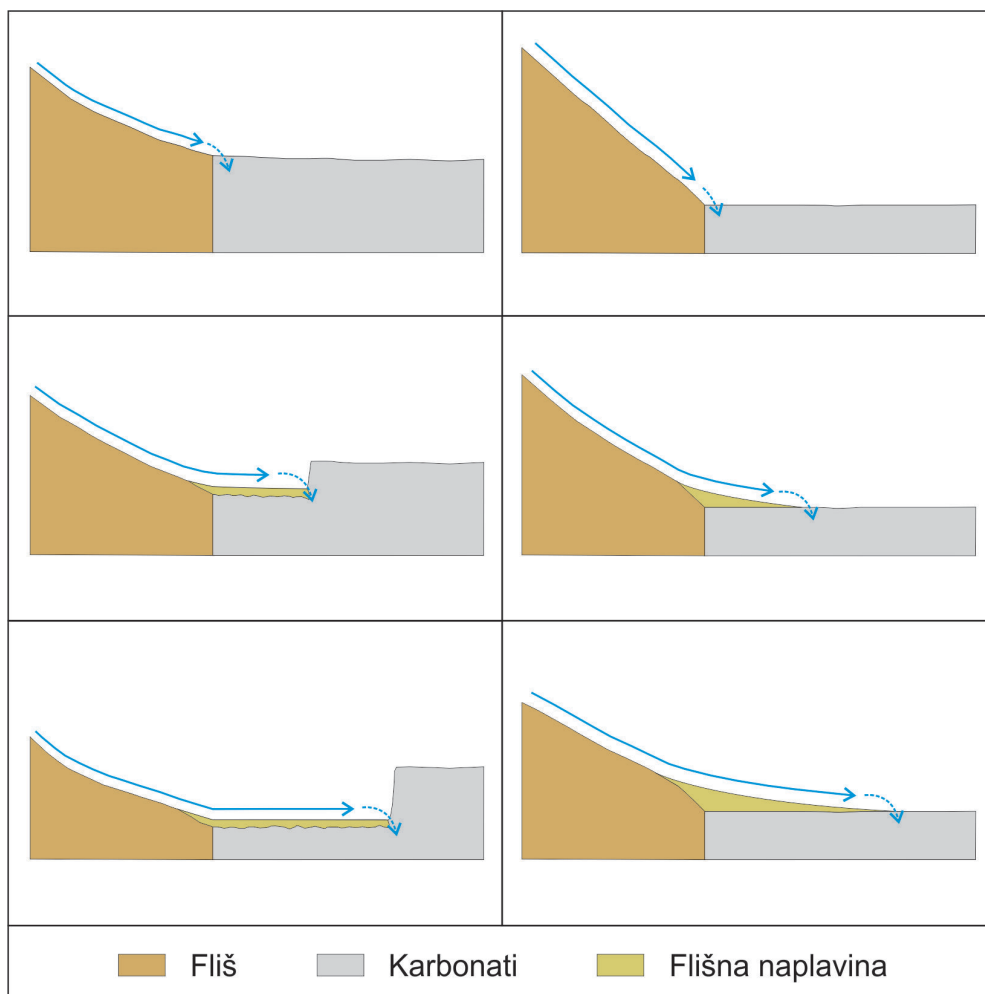
Glavni namen raziskave je bil opis fluvialnih in reliktnih vršajev kot površinskih reliefnih oblik kontaktnega krasa ter podati njihove morfografske in morfometrične značilnosti z interpretacijo njihove morfogeneze. Morfografsko kartiranje je identificiralo obstoj enega naplavinkega in treh reliktnih vršajev na Matarskem podolju ter dveh naplavinkega in šest reliktnih vršajev na Vrhpoljskih brdih. V zaledjih naplavinkega vršajev so praviloma aktivni erozijski jarki, medtem ko so v zaledjih reliktnih vršajev neaktivni ali obglavljeni erozijski jarki. Tudi reliktni vršaji se med seboj razlikujejo po obsegu sklenjene naplavine. Nekatere prekriva naplavina v manjšem ali večjem obsegu v zgornjem delu, pri nekaterih pa je bila naplavina že popolnoma denudirana.

Morfometrična analiza je obsegala terenske meritve podolžnih profilov vseh identificiranih vršajev in meritve električne upornosti tal. Podolžni profili vršajev se med seboj bistveno razlikujejo, saj so naplavinski povsem konkavni, medtem ko so reliktni konkavni le v zgornjem delu, spodnji živoskalni deli pa so konveksni. V skrajnih primerih reliktnih vršajev, kjer je bila celotna flišna naplavina popolnoma denudirana, se po celotni dolžini profilov oblikuje konveksni profil. Meritve električne upornosti tal so razkrile podzemsko zgradbo vršajev. Izmerjen naplavinski vršaj pri Rodiku ima debele nanose flišnih naplavin, njegova zgradba pa je popolnoma identična vršajem na fluvialnem geomorfemnem sistemu, kljub temu da le-to prekriva kraško površje. Podzemna struktura izmerjenih reliktnih vršajev je veliko bolj kompleksna, saj jih v zgornjih delih prekriva zelo debela flišna naplavina, ki nato preide v kras. Morda so v zgornjih delih nekaterih vršajev zasute slepe doline. Nedvomno bo potrebno ta problem v prihodnje podrobneje proučiti. Vsekakor pa zgornje dele obeh reliktnih vršajev, kjer sta profila

konkavne oblike, prekrivajo globoke flišne naplavine, spodnje konveksne dele pa gradi karbonatna kamnina. Nesklenjene zaplate ilovnatih sedimentov na njih pa dosegajo globine do nekaj decimetrov.

Sinteza morfografskih in morfometričnih podatkov je razkrila, da je morfogeneza naplavnih vršajev kontaktnega krasa identična morfogenezi v fluvialnem geomorfemnem sistemu. Vršaji so tako rezultat preteklih in sedanjih procesov nanašanja naplavine s flišne matične podlage. Vršaji so se v severozahodnem delu Matarskega podolja in na Vrhpoljskih brdih oblikovali zato, ker je gradient potokov v erozijskih jarkih nad vršaji izredno velik. Tako so erozijski procesi flišne prepereline v jarkih intenzivni; posledično je intenzivna sedimentacija flišne naplavine preko kraškega površja. Zaradi intenzivnega vtoka materiala občasni potoki niso izoblikovali slepih dolin, pač pa so na kraškem površju nasuli vršaje. Ob manjšem gradientu potokov je naplavljanje preko kraškega površja manjše, zato se v teh primerih oblikujejo slepe doline.

Slika 36: Oblikovanje slepih dolin (levo) in vršajev kontaktnega krasa (desno).

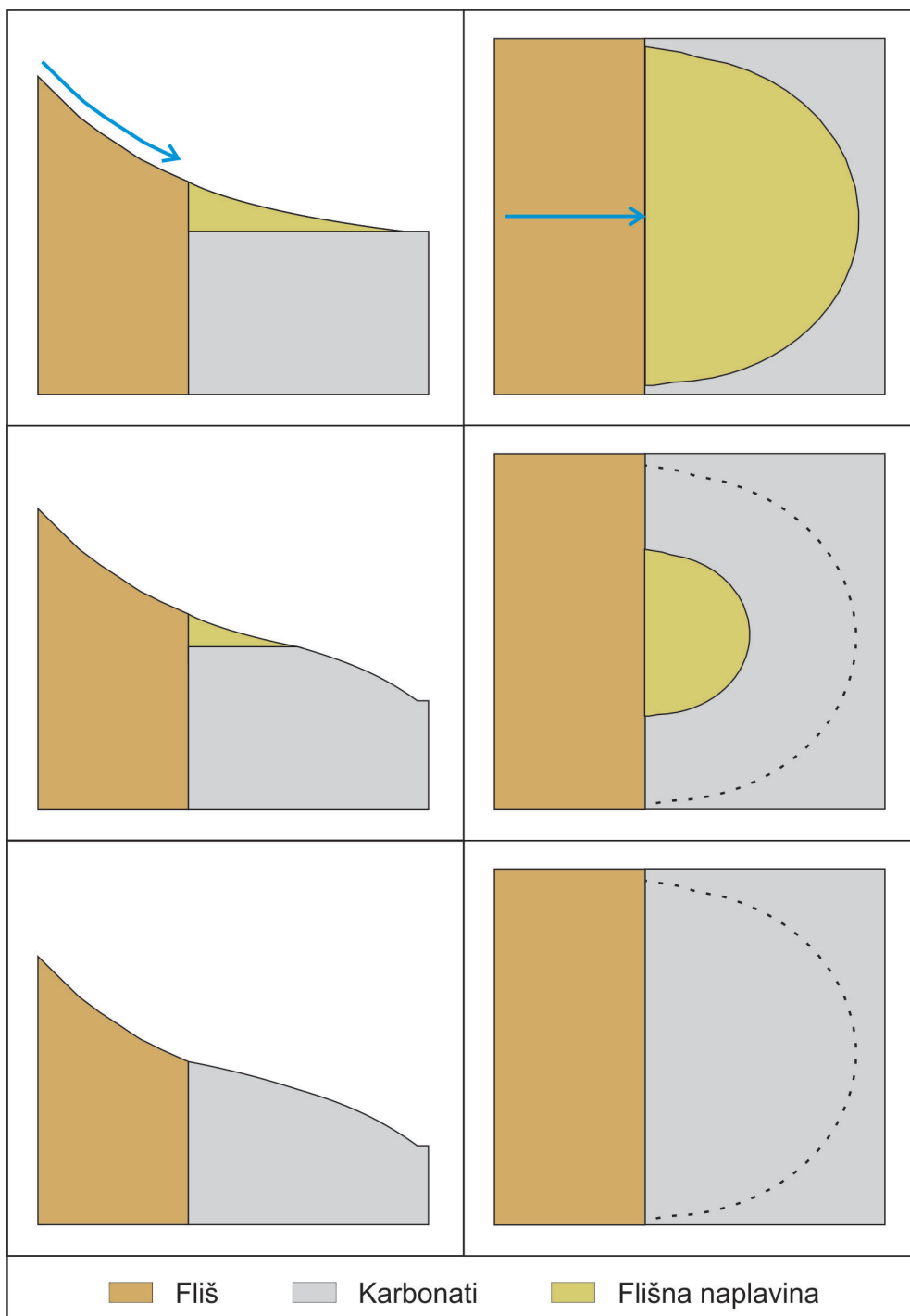


Morfogeneza reliktnih vršajev je posledica popolne ali delne prekinitev dotoka vodnih tokov in nanašanja flišne naplavine na območje vršajev. Na območju Matarskega podolja je prekinitev sedimentacije povzročil potok Podseč, ki je obglavil erozijske jarke, ki so prinašali material na vršaje. V primeru Vrhpoljskih brd pa je odsotnost rezultat delne ali popolne denudacije flišne matične podlage v območjih erozijskih jarkov, ki se stekajo na vršaje.

Na hidrološko neaktivnih vršajih je odlaganje naplavine prekinjeno. Na njihovih površjih deluje le denudacija flišne naplavine, ki prekriva kraško površje. Na nižjih, zunanjih delih vršajev je debelina naplavine najmanjša,

zato se v teh delih najhitreje popolnoma denudira. S tem se denudaciji izpostavi karbonatna podlaga, ki pa ima drugačno dinamiko denudacije. Značilen podolžni profil reliktnih vršajev dokazuje, da je denudacija flišne naplavine z območja neaktivnih vršajev manj intenzivna kemična denudacija karbonatnega površja. Ti vršaji imajo tipično obliko naplavinjskih vršajev le v zgornjih delih, ki jih prekrivajo flišne naplavine. Ker se debelina naplavine vršajev zmanjšuje od zgornjih delov proti spodnjim, so nižji deli prej izpostavljeni intenzivnejši kemični denudaciji kot zgornji. Obseg pokrova flišne naplavine se zaradi denudacije počasi zmanjšuje v smeri vrhnjega dela vršaja. Površina kemični denudaciji izpostavljene karbonatne kamnine se povečuje, zaradi česar se oblikuje značilen konveksen podolžni profil reliktnih vršajev. Končna oblika preoblikovanja vršajev v reliktno vršaje je, ko je flišna naplavina popolnoma denudirana. Takšne reliktno vršaje v celoti gradi karbonatna kamnina, na kateri so izoblikovane površinske kraške oblike. Njihov tloris je pahljačaste oblike, podolžni profil pa popolnoma konveksen.

Slika 37: Preoblikovanje vršajev kontaktnega krasa v reliktno vršaje.



7 Summary

Relict alluvial fans of contact karst

In Slovenia the most common form of contact karst is the ponor type, where waters from a non-karstic catchment flow onto the karst surface. Such karst has developed where the non-karstic surface is at a higher elevation and where the hydraulic gradient of water is directed into the karst and is steeper than the surface gradient (Mihevc, 1991). Surface karst features typical of Slovenian ponor type contact karst are blind valleys and ponor steepheads (Mihevc, 1991).

Investigation of contact karst in the northwestern part of the Matarsko podolje and Vrhpoljska brda in western Slovenia included study of the processes active on contact karst in the specific hydrological situations where alluvial fans occur. Some of the fans in the study area are undergoing active alluvial sedimentation, with flysch-derived sediment covering the limestone bedrock to produce landforms with typical fan-shape in planform. Other fans are not composed of sediment typical of fluvial alluvial fans, but are fan-like surface features in carbonate bedrock surface. Those fan-like features superimposed upon carbonate bedrock were defined as relict alluvial fans (Stepišnik et al., 2006).

The morphology, morphometry, spatial distribution and subsurface structure of alluvial fans in the study area contact karst were studied in detail. The study involved morphographical mapping of the fans and their hydrological hinterland to establish the location and extent of alluvial fans, extent of flysch-derived alluvium and surface morphology of the fans. Morphometric survey included measuring of long profiles of the fans and electrical resistivity imaging to establish thickness and subsurface structure of the alluvium cover.

The main purpose of the study is to provide basic geomorphological description of alluvial fans and relict alluvial fans as contact karst features, and to establish morphological and morphometric properties of the fans. Fieldwork data is then used to infer about the mechanisms of alluvial fan formation and mechanisms and causes of their transformation into the relict ones.

Alluvial fans were studied in two distinct areas of contact karst on classical karst of south-western Slovenia. The most distinctive example of ponor type contact karst in Slovenia is the area of Matarsko podolje, in south-western Slovenia. Matarsko podolje is a planated lowland area between the Brkini Hills in the northeast, the Slavnik Mountains in the southwest, the Karst plateau in the northwest and Brgudsko podolje in the southeast. It is elongated in NW-SE direction, with a length of 18 km and a width between 2 and 3 km.

The northern part of the area includes the contact between the flysch of the Brkini hills and the carbonate bedrock of Matarsko podolje. At the contact Eocene flysch bedrock overlies Paleocene limestones, and away from the contact these give way to Cretaceous limestones, dolomites and limestone breccias. The dip of the beds is from 20 to 60 degrees towards the northeast (Pleničar et al., 1965).

Matarsko podolje has the greatest lateral extent of all the ponor contact karst areas in Slovenia. Twenty-four allogenic streams from the Brkini hills sink at or near the contact between the flysch and the carbonate bedrock, forming such typical ponor karst features as blind valleys and ponor steepheads (Mihevc, 1991).

Towards the northwest Matarsko podolje elongates into the Vrhpoljska brda which lies at the southernmost part of the Karst plateau. This area extends over a 6.5 km-long ridge, which stretches from Videž above Kozina across Veliko Gradišče towards the hill of Kokoš. The ridge is at about 620 m above sea level, which is around 200 m higher than the surrounding area.

The upper part of Vrhpoljska brda comprises Eocene flysch brachysyncline surrounded by Paleocene and Upper Cretaceous bedded limestone. Flysch is exposed across an area of about 0.7 km² on the highest part of the ridge around Veliko Gradišče (Pleničar et al., 1965). Many inherited fluvial features such as erosion gullies and alluvial fans indicate that the flysch cover was once more extensive, but most of it has already been removed by denudation.

The main ridge of Vrhpoljska brda branches into smaller ridges that lie south and southeast of Veliko Gradišče. Two valleys flanking the ridge that branches from the top of Veliko Gradišče are infilled with alluvial sediment. The valleys, Gročansko polje to the west and Vrhpoljsko polje to the east,

are morphologically similar. Though both valleys function as border karst poljes or blind valleys, their dimensions are in fact too small to fit the usual definition of a polje, and they do not have the distinct terminal steepheads that would allow them to be defined as blind valleys.

Two general types of alluvial fan occur in the study areas. The first comprises fans undergoing active alluvial sedimentation from the flysch hinterland onto the karst area. Their thickness, internal structure and long profiles correspond to those of typical fluvial system alluvial fans. The upper parts of the fans have an inclination of up to 5 degrees, with the inclinations decreasing with increasing distance down slope.

The second type is defined on the karst as relict alluvial fans (Stepišnik et al., 2006). In ground plan, these features are fan-like, and their long profiles are also distinct in shape, with concave upper sections that become convex in the middle and outer parts. Slopes reach 11 degrees in the upper sections, whereas the middle parts are relatively flattened and the surface slopes of the outer areas reach 12 degrees. In typical active alluvial fans alluvium thickness decreases with distance from the upper sections, whereas alluvial deposits cover only the upper sections of the relict alluvial fans, where their long profile is concave. Outer areas of the relict fans are convex and the limestone bedrock has no surviving alluvial cover. The density of surface karst features increases with distance from the current edge of the surviving alluvial cover. However, some relict alluvial fans are completely or almost without alluvial cover even in their upper sections, and their entire long profile is convex.

Detailed investigation of the contact karst in the north-western part of Matarsko podolje revealed that the process of alluvial fan formation is in general the same on karst as in non-karstic fluvial geomorphological systems. Active alluvial fans are related to the present process regime. They are being formed in the study area because the flysch outcrops of the Brkini Hills and Vrhpoljska brda stand high above the flat karst surface. Intensive erosional processes on the higher ground resulted in generation of flysch debris and subsequent input of alluvial material to the karst flat. Due to the concentrated material input the sediment-laden waters deposit alluvial fans rather than forming blind valleys.

The characteristic long profile of the relict alluvial fans is the result of significant reduction or total cessation of deposition of flysch-derived

residual sediment and water inflow in the fan area. In the study area it is a result of beheading of a feeder channels or complete denudation of flysch bedrock in which feeder channels were formed. Subsequent denudation effects on the residual alluvial cover on the fans appear to be less intense than those affecting the neighboring karst surface where limestone bedrock is exposed. Thus, denudation lowering appears to be less rapid on alluvial fan surfaces that remain covered with flysch-derived deposits than on the non alluvium covered karst surface. This difference in denudation rates results in the distinctive shape of the fan long profiles. Such fans exhibit typical long profiles only in their upper sections, where relatively thick alluvial cover is preserved. Where the alluvial cover is denuded the dynamics of limestone bedrock corrosion are intense and, thus, surface lowering is more rapid. Alluvial cover thickness diminishes with distance from the uppermost section of the fan, so the alluvial cover on the margins of the fan will be the first to be denuded, exposing the bedrock to corrosion. Subsequently, sediment will gradually be removed back towards the core of the fan and more and more carbonate bedrock will be exposed, resulting in the development of the typical convex long profile. The final outcome, if all of the alluvial cover is removed, is a bedrock geomorphic feature that is fan shaped in ground plan and convex in long profile. The bedrock feature that has been developed as a final outcome is a kind of pseudomorph that has inherited the form of the original alluvial fan.

Relict alluvial fans embossed upon the karst surface have not previously been interpreted as landforms typical of contact karst, even though the process of their formation is exclusively related to contact karst. The fans in the study area can be used as type examples to aid the interpretation of alluvial fan formation mechanisms on other dynamic karst surfaces.

8 Literatura

Bull, W., 1977. The alluvial-fan environment. *Progress in Physicalgeography*, 1, str. 222–270.

Gams, I. 1964. Klasifikacija vršajev. *Geografski obzornik*, 11, str. 69–71.

Gams, I., 2001. Notion and forms of contact karst. *Acta carsologica*, 30, str. 33–46.

Gams, I., 2004. Kras v Sloveniji v prostoru in času. Ljubljana, Založba ZRC, 515 str.

Harvey, A., 2004. Alluvial fans. V: Goudie, A. (ur.). *Encyclopedia of geomorphology*. Volume 1. New York, Ruthledge, str. 15–19.

Kataster jam JZS 2011. Jamarska zveza Slovenije. Ljubljana.

Komac, B., 2003. Geomorfne oblike in procesi na dolomitu. Magistrska naloga. Ljubljana, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, 143 str.

Mihevc, A., 1991. Morfološke značilnosti ponornega kontaktnega krasa, Izbrani primeri s slovenskega krasa. Magistrska naloga. Ljubljana, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, 202 str.

Mihevc, A., 2001. Speleogeneza Divaškega krasa. Ljubljana, Založba ZRC SAZU, 180 str.

Pleničar, M., Polšak, A., Sikić, D., 1965. Tolmač osnovne geološke karte za list Trst. Ljubljana, Geološki zavod Ljubljana, 55 str.

Roglić, J., 1959. Odnos riječne erozije i krškog procesa. 5. kongres geografa Jugoslavije, str. 103–134.

Sauro, U., 2001. Aspects of contact karst in the Venetianfore-Alps. *Acta carsologica*, 30, str. 89–102.

Sauro, U., Ziu, T., Ferrarese, F., 1996. Il cono in roccia del torrente secco e la pianura carsica di Ivanaj-Hot nell'Albania settentrionale. *L'Universo*, 6, str. 747–758.

Stepišnik, U., 2009. Active and relict alluvial fans on contact karst of the Vrhpoljska brda hills, Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 49, 2, str. 245–262.

Stepišnik, U., 2010a. Relict alluvial fans of Matarsko podolje and Vrhpoljska brda, Slovenia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 54, 1, str. 17–29.

Stepišnik, U., 2010b. Udornice v Sloveniji. Ljubljana, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, 118 str.

Stepišnik, U., Černuta, L., Ferk, M., Gostinčar, P., 2006. Reliktne vršaji kontaktnega krasa severozahodnega dela Matarskega podolja. *Dela*, 28, str. 29–42.

Stepišnik, U., Ferk, M., Gostinčar, P., Černuta, L., Peternelj, K., Štemberger, T., Ilič, U., 2007. Alluvialfans on contact karst: an example from Matarsko podolje, Slovenia. *Acta carsologica*, 36, 2, str. 109–215.

Stepišnik, U., Mihevc, A., 2008. Investigation of structure of various surface karst formations in limestone and dolomite bedrock with application of the electrical resistivity imaging. *Acta carsologica*, 37, 1, str. 133–140.

Summerfield, M. A., 1996. *Global geomorphology: an introduction to the study of landforms*. London, Prentice Hall, 537 str.

8 Seznam slik

Slika 1: Izvir Veliko okence v zatrepni dolini Retovje pri Vrhniki.	7
Slika 2: Slepa dolina Brezovica v Matarskem podolju.	8
Slika 3: Osnovna kamninska zgradba območja severozahodnega dela Matarskega podolja.	15
Slika 4: Proučevano območje vršajev na Matarskem podolju.	17
Slika 5: Prečni profil električne upornosti tal zgornjega dela vršaja pri Rodiku.	19
Slika 6: Prečni profil električne upornosti tal srednjega dela vršaja pri Rodiku.	19
Slika 7: Prečni profil električne upornosti tal spodnjega dela vršaja pri Rodiku.	19
Slika 8: Reliktni vršaj pri Rodiku z označenimi pozicijami prečnih profilov električne upornosti tal.	20
Slika 9: Podolžni profil aktivnega vršaja pri Rodiku.	21
Slika 10: Osrednji in spodnji del vršaja pri Rodiku.	22
Slika 11: Podolžni profil reliktnega vršaja Celevo.	24
Slika 12: Podolžni profil reliktnega vršaja pri Slopah.	25
Slika 13: Prečni profil električne upornosti tal zgornjega dela vršaja pri Slopah.	25
Slika 14: Prečni profil električne upornosti tal srednjega dela vršaja pri Rodiku.	25
Slika 15: Podolžni profil električne upornosti tal preko stika flišne naplavine in karbonatne matične podlage reliktnega vršaja pri Slopah.	26
Slika 16: Osrednji in zgornji del vršaja pri Slopah.	27
Slika 17: Uravnotežen in izmerjen podolžni profil potoka Podseč z indeksom neuravnoteženosti podolžnega profila.	28
Slika 18: Podolžni profil reliktnega vršaja Bilendol.	28
Slika 19: Podolžen profil električne upornosti tal preko stika flišne naplavine in karbonatne matične podlage reliktnega vršaja pri Slopah.	29
Slika 20: Reliktni vršaj pri Slopah in reliktni vršaj Bilendol z označenimi pozicijami prečnih in podolžnih profilov električne upornosti tal.	30
Slika 21: Osnovna geološka zgradba območja Vrhpoljskih brd.	32

Slika 22: Proučevano območje vršajev na Vrhpoljskih brdih.	33
Slika 23: Podolžni profil aktivnega vršaja na Gročanskem polju.	35
Slika 24: Gročansko polje z aktivnim vršajem v severozahodnem delu.	36
Slika 25: Podolžni profil aktivnega vršaja na Vrhpoljskem polju.	37
Slika 26: Aktivni vršaj v severnem delu Vrhpoljskega polja.	37
Slika 27: Podolžni profil reliktnega vršaja Karamonke.	39
Slika 28: Podolžni profil reliktnega vršaja Obrovnik.	40
Slika 29: Reliktne vršaje Obrovnik.	40
Slika 30: Podolžni profil reliktnega vršaja pri Lokvi.	41
Slika 31: Reliktne vršaje pri Lokvi.	42
Slika 32: Podolžni profil reliktnega vršaja v Zavodih.	43
Slika 33: Reliktne vršaje v Zavodih.	43
Slika 34: Podolžni profil reliktnega vršaja Boršt.	44
Slika 35: Podolžni profil reliktnega vršaja Dukovce.	45
Slika 36: Oblikovanje slepih dolin (levo) in vršajev kontaktnega krasa (desno).	48
Slika 37: Preoblikovanje vršajev kontaktnega krasa v reliktna vršaja.	50

Stvarno kazalo

aktivni vršaj	18
epifreatična jama	14
fluvialni vršaj	9
fluvioglacialni vršaji	11
fluviokras	6
fluvioperiglacialni vršaj	11
hidravlični gradient	6
hudourniški vršaj	10
izvirni kontaktni kras	6
kontaktni kras	6, 14, 46
kotlinski vršaj	10
vršaj na akumulacijski terasi	11
naplavinski vršaj	12, 13, 35, 46
naterasni vršaj	11
obglavitev	16, 27
ponorni kontaktni kras	6
ponorni zatrep	8, 11, 14
poplavniški vršaj	10
potočni vršaj	10
psevdovršaj	12
recentni vršaj	11
reliktni vršaj	9, 12, 23, 24, 27, 34, 38, 46
robno kraško polje	31
sander	11
slepa dolina	8, 11, 14, 31
udornica	14

Reliktni vršaji kontaktnega krasa

Uroš Stepišnik

E-GeograFF
3



O avtorju Uroš Stepišnik je docent na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Njegovo pedagoško področje obsega fizično geografijo, predvsem geomorfologijo in fizično geografijo krasa. Podrobneje raziskuje geomorfološke učinke poplav na kraškem površju in v podzemlju ter glaciokraška okolja na Dinarskem krasu.

Poudarki iz recenzije Avtor je z geomorfološkim proučevanjem kontaktnega krasa Matarskega podolja in Vrhpoljskih brd prikazal metodološki pristop za sistematično proučevanje oblikovanosti reliktnih vršajev. Knjiga prinaša podroben opis razporeditve vršajev in njihove morfologije ter nova spoznanja o mehanizmi njihovega preoblikovanja iz naplavinjskih v reliktno vršaje. Delo predstavlja pomemben prispevek k geomorfološkemu in geografskemu védenju, saj obravnava nove oblike kontaktnega krasa, ki do sedaj niso bile podrobneje raziskane.

dr. Matija Zorn in dr. Marko Krevs

E-GeograFF Monografije iz serije E-GeograFF predstavljajo izvirne raziskovalne dosežke in rezultate znanstvenega in strokovnega dela sodelavcev Oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Namenjene so strokovni javnosti, študentom, učiteljem geografije in vsem, ki jih zanimajo poglobljene razlage aktualnih prostorskih procesov, problemov in izzivov.