

## KRAŠKE PODTALNE SKALNE OBLIKE

*Tadej SLABE & Martin KNEZ*Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, SI-6230 Postojna, Titov trg 2  
E-mail: izrk@zrc-sazu.si

## IZVLEČEK

*Na kraškem skalnem površju, ki je prekrto z naplavinami ali prstjo, nastajajo podtalne skalne oblike, ki nam, povezane v skalni relief, pogosto nazorno razkrivajo način oblikovanja kraškega površja, njegov razvoj in sledi človekovega delovanja. Izsledki so plod preučevanja različnih vrst krasa doma in po svetu. Podtalne skalne oblike nastanejo zaradi pretakanja vode na stiku med skalo in prstjo in zaradi prenikanja vode skozi prst. Posebne oblike pa nastanejo tudi na nivoju prsti, ki obdaja skalo.*

**Ključne besede:** kras, skalna oblika, skalni relief, podtalno oblikovanje skale

## FORME ROCCIOSE SOTTERRANEE DEL CARSO

## SINTESI

*Nel suolo roccioso del carso, ricoperto di terra e sedimenti alluvionali, si creano forme rocciose sotterranee che, assieme al loro rilievo, riflettono spesso chiaramente la sua origine, l'evoluzione e le tracce dell'intervento umano. Gli esiti dell'indagine fanno seguito ad uno studio sui diversi tipi di suolo carsico in patria e all'estero. Le forme rocciose sotterranee si creano in seguito allo scorrimento dell'acqua tra roccia e terra e all'infiltrazione dell'acqua nel terreno. Forme particolari si creano pure a livello del terreno che ricopre la roccia.*

**Parole chiave:** carso, forma rocciosa, rilievo roccioso, origine sotterranea delle rocce

## UVOD

Skalne oblike, ki so nastale na kraškem površju, pokrite s prstjo ali naplavino, imenujemo podtalne.

Prst ali različne naplavine, ki povsem ali deloma prekrivajo karbonatne kamnine, vplivajo na oblikovanje skale. Voda, ki se pretaka na stiku med pokrovom in kamnino, oblikuje podtalne žlebove in podtalne fasete. Posebej lahko izločimo drobne oblike na najbolj prepustnih stikih med skalo in prstjo, kjer voda prenaša zrna naplavine in jih odlaga na skali. To so drobno razčlenjeni žlebovi, vdolbinice, poličke in konice. Z vodo, ki prenika skozi prst, nastanejo vdolbine. Voda, ki priteka na nivo prsti, ki obdaja skalo, dolbe pol-zvonove in zajede. Svojevrsne skalne oblike nastanejo tudi zaradi nihanja gladine podzemeljske vode.

Podtalno razčlenjenost skale, ki je predvsem posledica sestave kamnine, njene razpokanosti in skladovitosti, torej mest šibkosti v kamnini, ločujemo od podtalnih skalnih oblik, ki jih ustvarijo naštetih dejavniki.

Skala je zaradi razmeroma enakomernega raztapljanja kamnine pod prstjo in naplavino zaobljena, takšne so tudi podtalne skalne oblike, površina skale pa je, gledano s prostim očesom, razmeroma gladka, oziroma na pestro sestavljenih ali rekristaliziranih karbonatih značilno hrapava. V teh značilnosti se ne ujemajo le najmanjše podtalne skalne oblike. Pod velikimi povečavami pa je podtalna skalna površina zaradi enakomernega razjedanja zmate kamnine praviloma izrazito drobno hrapava (Slabe, 1994).

Podtalne skalne oblike je kot del škrapelj leta 1960 opisal Bögli. Podtalne žlebove izpostavi Williams (1966). Pomen in način tovrstnega oblikovanja skale je predstavil Gams (1971). Predstavi jih tudi Sweeting (1972). Jennings (1973) podtalne skalne oblike deli na tiste, ki nastanejo z raztapljanjem delno ali povsem pokritega apnenca. V prvo skupino uvršča tudi podtalne zajede, v drugo pa globoke podtalne vdolbine. Nicod (1976) predstavi podtalno oblikovanje skale v Sredozemlju. Podtalne fasete opiše Sauro (1976). Podtalne skalne oblike, predvsem žlebovi, so nazorno predstavljeni v atlasu skalnih oblik, ki sta ga pripravila Perna & Sauro (1978). Bögli (1981) opisuje skalne oblike, ki so nastale pod tlemi in jih imenuje Rundkarren. Fabre & Nicod (1982) združita znanje o podtalnem oblikovanju skale. Pomen oblikovanja skale pod prstjo opredeli Trudgill (1985) in opiše podtalne vdolbine (Trudgill, 1986). White (1988) pri delitvi škrapelj izloči tudi tiste, ki so bile pokrite s prstjo. Zaradi pretakanja vode nastanejo zaobljeni žlebovi, posledica pretakanja vode in razjedanja skale pa so luknje. Ford & Williams (1989) opišeta tudi majhne luknje, podtalne vdolbine in žlebove, ki nastajajo pod preperelino. Škraplje, ki nastanejo zaradi pretakanja vode skozi prst, opiše tudi Ginés (1990, 1996) in našteje podtalne oblike: luknje in vdolbine. Pomen podtalnega oblikovanja skale poudarjajo tudi preučevalci lunanskega kamnitega goz-

da, ki ga opisujejo kot obliko pokritega krasa (Chen Zhi Ping *et al.*, 1983; Maire *et al.*, 1991; Sweeting, 1995; Slabe, 1999; Knez & Slabe, 2001a, b, 2002). Skala je pogosto poraščena ali prepletena s koreninami (Jakucs, 1977; Ollier, 1984). Tovrstnih sledi ne štejemo neposredno med podtalne skalne oblike, seveda pa rastje vpliva na oblikovanje opisanega podtalnega skalnega reliefa.

### PODTALNE SKALNE OBLIKE, KI NASTANEJO ZARADI PRETAKANJA VODE NA STIKU MED SKALO IN PRSTJO ALI NAPLAVINO

#### Podtalni žlebovi

Podtalni žlebovi nastanejo zaradi strnjene pretakanja vode ob stiku s prstjo. Največji (Sl. 1) praviloma nastanejo, ko voda zateka za navpični ali strmi stik. Premer velikih, praviloma navpičnih in posameznih žlebov meri od 20 cm do meter in več. Ob razpokah, kjer so žlebovi najbolj pogosti, so globlji, ob najbolj izrazitih lahko nastane podtalno brezno. Velikost premera je lahko v istem žlebu različna. Globlje pod prstjo in naplavino so veliki žlebovi pogosto ožji. Kamnina se torej najhitreje raztaplja ob zgornjem delu prsti in naplavine. Izraziti in raznovrstni žlebovi so v lunanskem kamnitem gozdu. Razširitve v podtalnih žlebovih Song Linhua



**Sl. 1: Razgaljeni podtalni žleb. Lunanski kamniti gozdovi, Yunnan, Kitajska.**

**Fig. 1: Denuded subsoil channel. Lunan stone forest, Yunnan, China.**

(1986) pojasnjuje z mešanjem voda, ki polzijo ob stiku, in tistih, ki prenikajo skozi prst. Manjši podtalni žlebovi s 5 do 20 cm premera prepredajo steno pod različnimi koti in so pogosto vijugasti. So enakomerno široki po vsej dolžini ali pa širši na stiku z drugimi žlebovi. Lahko so povezani v mrežo. Najbolj vijugasti so praviloma najmanjši žlebovi, katerih premer doseže le 5 cm. Na njihov nastanek bolj izrazito vplivata tudi sestava in razpokanost kamnine, na kateri se oblikujejo.

Podtalni žlebovi nastanejo predvsem z vlaženjem prsti in naplavine na prepustnem stiku s skalo in manjkrat z izrazitimi manjšimi tokovi. Na to kaže tudi njihova oblika in pogosta razčlenjenost z vodoravnimi zajedami. Pogosto pa na dnu žlebov med skalo in ilovico nastanejo manjše cevi, ki imajo do 1 cm velik premer in skozi katere se pretaka voda. Ob stiku z vlažno prstjo je raztapljanje kamnine bolj izrazito in dolgotrajno. Velikost in obliko žlebov narekujeja, poleg kamnine, predvsem prepustnost stika s prstjo in količina vode, ki priteka na stik. Kot kaže, nastajajo ob slabše prepustnem stiku manjši in bolj vijugasti žlebovi. Vrsta stika med steno in prstjo je lahko tu in tam različna oziroma se lahko spremeni. Na stenah večjih žlebov so zato lahko vijugasti žlebiči. Ob slabše prepustnih stikih so podtalni žlebovi večji ob nivoju naplavine in prsti, pod njim pa se hitro zožijo. Tudi Gams (1997) ugotavlja povezanost med rastjo podtalnih votlin in prepustnostjo njihove zapolnitve. V zgornjem delu, torej tik pod površjem, imajo takšni žlebovi največkrat izrazita lijakasta ustja, katerih premer lahko presega 1 meter.

Podtalni žlebovi so tudi na apnencu, ko je ta v stiku s flišem in na stenah starih jam brez stropa, ki so zapolnjene z naplavinami. Kadar voda na stik priteka skozi ozko špranjo v kamnini, se žleb največkrat razširi šele več deset cm pod površjem. Pod ozkim ustjem so ponekod tudi podtalne fasete.

Tudi na manj ali bolj položni skali, ki jo prekriva prst,



**Sl. 2: Podtalni žlebovi. Matarsko podolje.**  
**Fig. 2: Subsoil channels. Materija lowland.**

nastanejo žlebovi (Sl. 2) s polkrožnim dnom (Sweeting, 1972; Perna & Sauro, 1978; Trudgill, 1985). So posledica združevanja vode, ki prenika skozi prst. Na strmih površinah so lahko vzporedni (Williams, 1966), lahko bi govorili o podtalnih žlebičih, saj se voda, ki prenika skozi prst, enakomerno pretaka po vsej površini. Na položnih površinah skale pa so povezani v »vejnato« mrežo (Sl. 3). Globlji žlebovi imajo lahko na stenah manjše podtalne žlebiče. Svojevrstni žlebovi, ki imajo prečne prereze polkrožne ali omega oblike, nastanejo na dnu špranj med kamnitimi stebri ali zobmi, kjer se izklinjajo razpoke.

Posebni žlebovi (Sweeting, 1972) se oblikujejo, ko so le ti zapolnjeni s prstjo ali pa je prekrito njihovo dno, okoli pa je skala razgaljena. Največkrat imajo značilno obliko na glavo obrnjene grške črke omega. Lahko so nadstropni. Zaradi nižanja nivoja prsti se je ta zadržala le na dnu žlebov in jih zato poglobila in razširila. Žlebovi vodijo tudi iz podtalnih vdolbin, torej na mestih stekanja vode. Pogosto so se razvili iz podtalnih cevi, ki so se razkrile, ko so razpadli zgornji skladi kamnine. Slednji se kot podtalni žlebovi oblikujejo od trenutka, ko je nivo prsti, ki obdaja stebre, nižje od žlebov. Pogosto je moč slediti prehodom iz žlebov, ki so nastali na skali, povsem prekrite s prstjo v tiste, ko so prekrite le žlebovi. Po razgaljenju, ko v njih ni več prsti, jih preoblikuje de-



**Sl. 3: Mreža podtalnih žlebov. Lunanski kamniti gozdovi, Yunnan, Kitajska.**  
**Fig. 3: Network of subsoil channels. Lunan stone forest, Yunnan, China.**



**Sl. 4: Podtalne anastomoze na bazalnem konglomeratu v flišu nad Kastelcem, odkrite med graditvijo avtoceste.**  
**Fig. 4: Subsoil anastomoses on basal conglomerate in flysch near Kastelec, discovered during motorway construction.**

ževnica. Podtalni žlebovi začnejo preoblikovati skalo, tudi dežne skalne oblike, ob ponovnem zaraščanju nekoč razkritega krasa (Jennings, 1973). To je značilno tudi za klasični Kras, kjer skalo vse bolj izrazito prekriva preperelina ali debela plast mahu.

V območjih lokalno zalitih con lahko nastanejo nadnaplavinski žlebovi in anastomoze (Slabe, 1992). So tudi značilnost spodnjih ploskev bazalnih karbonatnih konglomeratov v flišu (Sl. 4).

#### Podtalne fasete

Podtalne fasete nastanejo zaradi pretakanja vode ob vzdolžno prepustnem stiku kamnine s prstjo. So podtalne vdolbine, povezane v mrežo. Njihovi premeri so veliki od 15 do 50 cm. So plitke, največkrat nekoliko globlje na zgornji strani. Praviloma so na previsnih površinah skale. Na izrazito previsnih površinah so lahko luskinasto nanizane druga nad drugo (Sl. 5). Spodnji deli, ki so ožji, štrlijo iz sten.

Podtalne fasete lahko opazujemo ob izrazitih razpokah, ob katerih nastanejo špranje, zapolnjene s prstjo. So tudi značilnost previsnih sten stebrov v kamnitih gozdovih. Tudi obod podtalnih zajed je pod tlemi pogosto razčlenjen s podtalnimi fasetami. Do zgornjih podtalnih faset ponekod vodijo žlebovi. Te so večje.

Ob izrazitih razpokah, ki prepredajo stene, ali ob lezikah podtalne fasete praviloma ne nastanejo, temveč se ob njih razvije polkrožen žleb.

Obnaplavinske vdolbine so pogoste tudi na stenah jam, ki jih zapolnjuje drobnozrnata naplavina.

#### Skalni relief podtalnih škrapelj, ki so občasno poplavljeni

Vrhovi škrapelj (Sl. 6), ki jih občasno dosega pod-

talna voda in se v celoti oblikujejo pod tlemi, so priostreni. V zgornjem delu prevladuje razmeroma gladka, za oblikovanje pod prstjo in drobnozrnatimi naplavinami značilna skala. V spodnjem delu škrapelj so najbolj izrazite podtalne zajede. Večje in vodoravne dosežejo meter premera, manjše so ena nad drugo. Polkotličaste zajede so zaključki navpičnih podtalnih žle-



**Sl. 5: Podtalne fasete. Lunanski kamniti gozdovi, Yunnan, Kitajska.**  
**Fig. 5: Subsoil scallops. Lunan stone forest, Yunnan, China.**



**Sl. 6: Občasno poplavljeni podtalni škraplje. Uvala pri Biču na Dolenjskem.**  
**Fig. 6: Periodically flooded subsoil karren. Uvala at Bič, Dolenjska region.**

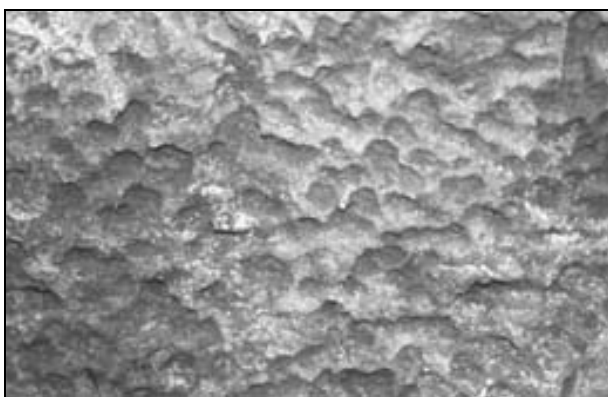
bov, ki so nastali ob najbolj prevodnih poteh. Posamezni vrhovi podtalnih zob nad najbolj izrazitimi zajedami so gobasti. Podtalne žlebove na teh škrapljah lahko razdelimo na navpične in vodoravne. Prvi so prevodniki nihajoče podtalne vode ob najbolj prevodnih poteh. Drugi, ki prepredajo položnejše, tudi večje površine skale, pa se sooblikujejo tudi z vlago, ki se v njih zadrži najdlje časa, tudi po znižanju gladine podzemeljske vode. Podobno se ob šibkostih v kamnini, največkrat so to drobne razpoke, oblikujejo podtalne vdolbine, ki sčasoma lahko prerastejo v cevi. Med vdolbinami in žlebovi so torej podtalne cevi, ki prepredajo skalo v različnih naklonih.

Tovrstno oblikovanje podtalnih škrapelj ponazarja tudi poskus z mavčnimi stebrički, ki smo jih prekrili s prstjo in nato izpostavili umetnemu dežju. Voda je na spodnji strani odtekala iz modela. Zgornji del stebričkov je oblikovala voda, ki je razpršeno prenikala skozi prst, spodnji pa se je oblikoval v lokalno zaliti coni. Odtok vode je bil namreč prepočasen in voda je zato zalila spodnji del modela.

Če strnemo, lahko iz oblike škrapelj in njihovega skalnega reliefa izluščimo dva prevladujoča načina njihovega oblikovanja. Poseben pečat jim dajejo skalne oblike, ki so sled pogostega nihanja gladine podtalne vode, ki škraplje poplavlja od spodaj. V času nizkih podtalnih voda pa jih oblikuje voda, ki občasno in razpršeno prenika iz površja skozi prst in enakomerno polzi po skali navzdol. Dalj časa se zadrži v podtalnih vdolbinah in položnih žlebovih ter tudi ob manj prepustnih stikih kamnine z naplavino, ki jih obdaja.

### Drobna podtalna razčlenjenost skale

Stene špranj, skozi katere voda prenaša tudi prst, a jih ne zapolni povsem, in vrtače, ki so rahlo prekrite s prstjo, so pogosto razčlenjene s svojevrstnimi vdolbinami.



**Sl. 7: Podtalne vdolbinice. Stena vrtače, razkrita med graditvijo avtoceste pri Kozini.**

**Fig. 7: Subsoil cups. Dolina wall, discovered during motorway construction near Kozina.**

cami, previsi pa s stropnimi konicami. Na položnejših odsekih v takih razmerah skalo razčlenjujejo poličke. Vdolbinice (Sl. 7) so polkrogelne ali podolgovate in stopničasto nanizane. Njihov premer je od 0,5 do 2 cm. Največje nastanejo iz več manjših. V vseh primerih so skalne oblike povezane v mrežo. Njihov nastanek in oblika sta predvsem posledica značilnosti sestave kamnine iz osnovnih delcev ter nagiba skale, po kateri polzi voda. Tudi manj izraziti žlebovi, ki pogosto nastanejo v špranjah, so v takšnih razmerah drobno razčlenjeni z vdolbinicami. Kaže, da voda, ki polzi po skali, prenaša prst in jo na posameznih mestih, v vdolbinicah na navpičnih površinah, na poličkah na položnih in na konicah v previsih, odlaga. Vlažna naplavina v vdolbinicah lahko bolj učinkovito razjeda skalo. Voda se namreč zbira v naplavini in se dlje časa zadržuje v njej. Na nagnjenih površinah voda odlaga naplavino na najbolj položnih odsekih. Ščiti jih pred korozijo, ob njej pa se skala hitreje razjeda in zato členi v poličke. Na previsnih površinah se naplavina nabira na konicah in jih ščiti pred raztapljanjem.

### Podtalne cevi

Skalo pod tlemi pogosto prepredajo različno velike votline (Sl. 8), torej kraške votline, ki so med oblikovanjem zapolnjene z naplavino ali prstjo. So različnih velikosti in oblik. Večje so razčlenjene v skalni relief z nadnaplavinskimi in podnaplavinskimi žlebovi.

Manjše votline (Gams, 1971), katerih premer meri od cm do dm, votlijo skalo v različnih smereh in so pogosto povezane v splet. Večinoma so nastale na izrazito razpokani ali porozni kamnini. Pri njihovem oblikovanju pogosto pomembno sodeluje tudi rastje.



**Sl. 8: Podtalna zajeda z votlino. Pu Chao Chun kamniti gozd, Yunnan, Kitajska.**

**Fig. 8: Subsoil notch with tube. Pu Chao Chun stone forest, Yunnan, China.**

## SKALNE OBLIKE, KI NASTANEJO ZARADI PRITEKANJA VODE NA ZGORNJI NIVO PRSTI ALI NAPLAVINE

### Podtalne zajede

Nastanejo zaradi razjedanja skale ob dolgotrajnem nivoju naplavine ali prsti, ki jo obdaja (Sl. 8). Do stika priteka voda po večji površini, ga bolj ali manj izrazito razjeda, nato pa zateka med kamnino in prst. Manjše podtalne zajede s premerom od 10 do 20 cm imajo obliko polkrožnih vodoravnih žlebov, le njihovi zgornji robovi so največkrat bolj ostri, spodnji pa zaobljeni. Večje podtalne zajede (Jennings, 1973; Ollier, 1984; Waltham, 1984; Ford *et al.*, 1997) so meter in več globoko zajedene v skalo, pogoste so tudi v lunanskem kamnitem gozdu, kjer so do meter visoke. Spodnji del zajed je spodjeden. Skala je bila namreč podvržena hitrejšemu, dolgotrajnemu raztapljanju pod vlažnimi tlemi in je zato tudi zaobljena in gladka. Spodnja ploskev zajede je vodoravna, zgornja pa polkrožno povija proti spodnji. Zgornji del zajed je preoblikovan zaradi polzenja vode po skali navzdol. Sprva nastanejo torej manjše polkrožne zajede, nato pa ob počasnem nižanju nivoja naplavine lahko rastejo v vse večje. Zajede je moč opaziti na različnih višinah hitro in skokovito razgaljenih skal. Manjše in izpostavljene zajede so bolj, velike



**Sl. 9:** Razgaljeni podtalni polzvon. Shilin kamniti gozd, Yunnan, Kitajska.

**Fig. 9:** Denuded subsoil half-bell. Shilin stone forest, Yunnan, China.

pa manj izrazito preoblikovane z deževnico. Voda, ki jih oblikuje, pogosto zateka med kamnino in prst pod njimi ter oblikuje podtalne žlebove ali fasete.

Opisane oblike ločimo od zajed, ki nastanejo zaradi pogosto hitrejšega raztapljanja kamnine ob vodoravnih lezikah. Slednje so praviloma ožje in glede na premer odprtine največkrat razmeroma globoke.

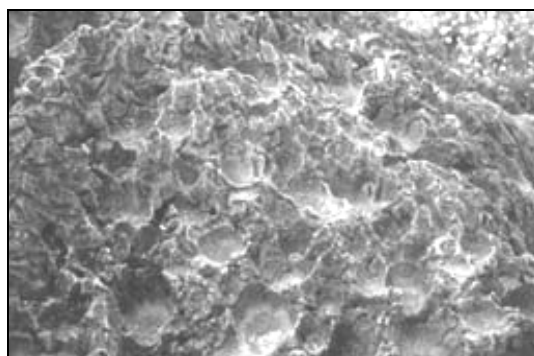
### Podtalni polzvonovi

Polzvonovi (Sl. 9) nastanejo pod žlebovi, ki do naplavine ali prsti, ki obdaja skalo, strnjeno vodijo večjo količino vode. Stik ni dovolj prevoden za vso vodo, ki ga doseže. Izraziti in veliki so v lunanskih kamnitih gozdovih. Nad prstjo ali naplavino so značilnih zvonastih in polzvonastih oblik. Njihova oblika in velikost sta povezani s količino vode, ki priteče do prsti, preputnostjo stika med skalo in prstjo in s hitrostjo nižanja nivoja prsti ali naplavine. Zgornji del žleba je lahko, kadar se je oblikoval ob izraziti razpoki, tudi cev, stena je prežrta le ob razširitvi. Stene velikih zvonov so tik pod tlemi lahko razčlenjene s podolgovatimi podtalnimi vdolbinami, ki dosežejo do meter premera. Globlje pod tlemi se zvonaste razširitve največkrat postopoma zožujejo v podtalni žleb.

## SKALNE OBLIKE, KI NASTANEJO ZARADI PRENIKANJA VODE SKOZI PRST IN NAPLAVINO

### Podtalne vdolbine

Pod tanjšo plastjo porozne prsti, ki ponekod ali v celoti prekriva kamnino, nastanejo na vodoravnih površinah vdolbinice in vdolbine (Sl. 10). Prve imajo premer od 1 do 5 cm, druge pa so večje. Nastanejo zaradi prenikanja vode skozi prst do skale. Praviloma se oblikujejo na mestih šibkosti v skali. Voda vlaži prst v vdolbinicah in jih, kot je to pravilo, ko skalo obdaja drobozrnata naplavina ali prst, zaobljeno povečuje. Njihov prečni



**Sl. 10:** Podtalne vdolbinice. Shilin kamniti gozd, Yunnan, Kitajska.

**Fig. 10:** Subsoil cups. Shilin stone forest, Yunnan, China.

prez je zato okrogel, ob razpokah pa elipsast. Vdolbine so največkrat druga ob drugi ali pa že povezane. Iz podtalnih vdolbin se zlasti na razpokani ali porozni skali lahko razvijejo podtalne luknje, majhne votline.

Iz podtalnih vdolbin, ki so na vodoravnih površinah, lahko nastanejo, če se skala razgali, tudi škavnice. Razvoj prikazuje Gams (1971), ki tovrstne podtalne vdolbine imenuje pokrite škavnice.

Posebne podtalne vdolbine nastajajo pod novo nastajajočo preperelino. Ob zaraščanju golega površja se na skalah kopiči razpadlo rastje, ki zadržuje vlago in pospešuje razjedanje skale. Vdolbine so sprva plitke in imajo položne stene. Njihovi premeri so veliki od nekaj cm do več dm. Nekatere imajo žlebove, po katerih se iz njih preliva presežna voda. Na nagnjenih površinah je njihov zgornji del polkrožen in širok, navzdol se ožijo. Vdolbine nastajajo tudi pod mahom, lišaji ali algami, ki tu in tam prekrijejo skalo.

V to poglavje bi lahko sodili tudi podtalni žlebovi, ki nastanejo zaradi stekanja in pretakanje vode, prenikajoče skozi prst. Zaradi značilnega oblikovanja pa so njihovi opisi pridruženi oblikam, ki nastanejo zaradi pretakanja vode ob stiku skale in prsti.

### **Površina podtalnih skalnih oblik**

Površina podtalnih skalnih oblik (Sl. 2) je, če je kam-

nina dokaj enakomerno sestavljena, praviloma gladka. Z velikimi povečavami (več tisočkratnimi) vrstičnega elektronskega mikroskopa pa ugotavljamo, da je drobno razčlenjena, kar je posledica hitrejšega raztapljanja skale ob šibkostih v kamnini, na stikih različnih delcev, ki jo sestavljajo. Na gladkost oziroma hrapavost kamnine vpliva njena sestava in pretrtost. Počasneje topni delci, ki lahko izrazito štrlijo iz skalne površine, na njej ostajajo (Slabe, 1994), čeprav so zaradi večje površine, ki je izpostavljena, izpostavljeni razmeroma hitrejšemu raztapljanju. Trudgill (1985) je meril hrapavost skalne površine in na podlagi njene luknjičavosti in višine iz nje štrlečih fosilov in roženca ugotavljal stopnjo razjedenosti kamnine.

### **ZAKLJUČEK**

Naplavine in prsti, ki v različnih debelinah prekrivajo skalo, so različnih sestav. To vpliva na njihovo prepustnost in prepustnost stika med njimi in skalo ter na način pretakanja vode ob stiku ali skozi njih. O nastanku skalnih oblik in njihovi podobi ter površini soodloča kamnina s svojo sestavo, plastovitostjo in pretrtostjo.

Podtalne skalne oblike so razločen in poveden znak oblikovanja skale pod tlemi in pogosto tudi pomembna sled razvoja kraškega površja in njegove izrabe.

## **KARST SUBSOIL ROCK FORMS**

*Tadej SLABE & Martin KNEZ*

Karst Research Institute ZRC SAZU, SI-6230 Postojna, Titov trg 2

E-mail: izrk@zrc-sazu.si

### **SUMMARY**

*Shapes created on karst surfaces, covered by soil or sediment, are called "subsoil rock forms." Soil or various types of sediment that completely or partially cover carbonate rock influence the shaping of the rock. Water flowing along the contact between the cover and the rock creates subsoil channels (Table) and subsoil scallops. We can distinguish tiny forms at the most permeable contact between rock and soil where the water carries particles of sediment and deposits them on the rock. These include finely dissected channels, small cups, steps, and small pendants. Water that percolates through the soil forms subsoil cups and solution pipes. When so much water flows down the rock to the soil or sediment that it cannot all flow away rapidly between the rock face and the soil or sediment, it carves out half-bells and notches. Unique rock forms also occur due to the oscillation of the level of the water table.*

*We distinguish subsoil dissection of the rock that is mostly a consequence of the rock structure and its fissuring and stratification, that is, weak spots in the rock, from the subsoil rock forms created by the factors mentioned above.*

*Due to the relatively even dissolving of rock under soil and sediment, the rock is rounded as are the subsoil rock forms, and the surface of the rock is relatively smooth to the naked eye or characteristically rough on diversely-structured or recrystallized carbonate rock. Only the smallest subsoil rock forms deviate from these characteristics. Under great magnification, the subsoil rock surface is, as a rule, distinctly finely rough due to the even corrosion of the grained rock.*

*The sediments and soils covering rock in layers of varying thickness have different structures. This influences their permeability and the permeability of the contact between them and the rock and the manner in which water flows through them and along the contact. The rock and its composition, stratification, and fracturedness determine the development of rock forms and their appearance and surface.*

*Subsoil rock forms are a distinct and indicative sign of the formation of rock under the ground and often an important trace of the development of the karst surface and its use.*

**Key words:** karst, rock form, rock relief, subsoil shaping of the rock

## LITERATURA

- Bögli, A. (1960):** Kalklösung und Karrenbildung. Intern. Beiträge zur Karstmorphologie, Z.f. Geomorphologie, Supp. 2.
- Bögli, A. (1981):** Solution of limestone and karren formation. In: Sweeting, M. M. (ed.): Karst geomorphology. Benchmark Papers in Geology, 59, Hutchinson Ross Publishing Company, p. 64–89.
- Chen Zhi Ping, Song Lin Hua & M. M. Sweeting (1983):** The Pinnacle Karst of the Stone Forest, Lunan, Yunnan, China: an example of sub-jacent karst. New Direction in Karst. Proceedings of the Anglo-French Karst Symposium.
- Fabre, G. & J. Nicod (1982):** Lapiés, modalités et rôle de la corrosion, crypto-karstique. Phénomène karstique III. Mém. Doc. Géographie, p. 115–131.
- Ford, D. & P. Williams (1989):** Karst Geomorphology and Hydrology. U. Hyman, London, 601 pp.
- Ford, D., J. N. Salomon & P. Williams (1997):** The Lunan Stone forest as a potential world heritage site. Stone forest a treasure of natural heritage. Proc. International Symposium of Lunan Shilin to Apply for World Natural Heritage Status. China environmental science press, p. 107–123.
- Gams, I. (1971):** Podtalne kraške oblike. Geograf. vestn., 43, 27–45.
- Gams, I. (1997):** Climatic and lithological influence on the cave depth development. Acta carsologica, 26(2), 321–336.
- Ginés, A. (1990):** Utilización de las morfologías de lapiáz como geindicaciones ecológicas en la Serra de Tramuntana (Mallorca). Endins, 16, 27–39.
- Ginés, A. (1996):** An environmental approach to the typology of karren landform assemblages in a Mediterranean mid-mountain karst: the Serra de Tramuntana, Mallorca, Spain. In: Fornós, J. J. & A. Ginés (eds.): Karren landforms. Palma, p. 163–176.
- Jakucs, L. (1977):** Morphogenetics of karst regions. Akadémiai Kiadó, Budapest, 284 pp.
- Jennings, J. N. (1973):** Karst. The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts and London, England, 253 pp.
- Knez, M. & T. Slabe (2001a):** Oblika in skalni relief stebrov v Naigu kamnitem gozdu (JZ Kitajska). Acta carsologica, 30(1), 13–24.
- Knez, M. & T. Slabe (2001b):** The Lithology, Shape and Rock Relief of the Pillars in the Pu Chao Chun Stone Forest (Lunan Stone Forests, NW China). Acta carsologica, 30(2), 129–139.
- Knez, M. & T. Slabe (2002):** Lithological and morphological properties and rock relief of the Lunan stone forests. Evolution of Karst: From Prekarst to Cessation. Carsologica, Založba ZRC SAZU, p. 259–266.
- Maire, R., Zhang Shouyue & Song Shixiong (1991):** Genèse des karsts subtropicaux de Chine du Sud (Guizhou, Sichuan, Hubei). Gebihe 89, Grottes et karsts tropicaux de Chine Méridionale. Karstologia mémoires, N<sup>o</sup> 4, 162–186.
- Nicod, J. (1976):** Corrosion de type crypto-karstique dans les karst méditerranéens. Karst Processes and Relevant Landforms, Ljubljana, p. 171–179.
- Ollier, C. (1984):** Weathering. Longman, London and New York, 270 pp.
- Perna, G. & U. Sauro (1978):** Atlante delle microforme di dissoluzione carsica superficiale del Trentino e del Veneto. Memorie del Museo Tridentino di Scienze naturali, 22, 189–199.
- Sauro, U. (1976):** The Geomorphological Mapping of "Karrenfelder" Using very Large Scales: an Example. Karst Processes and Relevant Landforms, Ljubljana, p. 189–199.
- Slabe, T. (1992):** Naravni in poskusni obnoplavinski jamski skalni relief. Acta carsologica, 21, 7–34.
- Slabe, T. (1994):** Dejavniki oblikovanja jamske skalne površine. Acta carsologica, 23, 369–398.
- Slabe, T. (1999):** Subcutaneous rock forms. Acta carsologica, 28(2), 255–271.
- Song Lin Hua (1986):** Origination of stone forest in China. Int. J. Speleol., 15(1–4), 3–33.
- Sweeting, M. M. (1972):** Karst landforms. Macmillan, London, 362 pp.
- Sweeting, M. M. (1995):** Karst in China. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 265 pp.
- Trudgill, S. T. (1985):** Limestone Geomorphology. Longman, London, New York, 196 pp.
- Trudgill, S. T. (1986):** Limestone weathering under a soil cover and the evolution of limestone pavements, Malham district, north Yorkshire, UK. New direction in Karst. Proc. Anglo-French Karst symposium, p. 461–471.
- Waltham, A. C. (1984):** Some features of karst geomorphology in south China. Cave science. The Transaction of the British Cave Research Association, 11, 185–199.
- White, W. B. (1988):** Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. Oxford University Press, New York, 464 pp.
- Williams, W. P. (1966):** Limestone pavements with special reference to Western Ireland. Institute of British Geographers Transaction, 40, 155–172.