

ACTA CARSOLOGICA	30/1	1	13-24	LJUBLJANA 2001
------------------	------	---	-------	----------------

COBISS: 1.01

**OBLIKA IN SKALNI RELIEF STEBROV V NAIGU
KAMNITEM GOZDU (JZ KITAJSKA)**

SHAPE AND ROCK RELIEF OF PILLARS IN NAIGU
STONE FOREST (SW CHINA)

MARTIN KNEZ¹ & TADEJ SLABE¹

¹ Karst Research Institute, ZRC SAZU, Titov trg 2, SI-6230 POSTOJNA, SLOVENIA,
e-mail: knez@zrc-sazu.si, slabe@zrc-sazu.si

Prejeto / received: 2. 4. 2001

Izveček

UDK: 551.435.1(510)

Martin Knez & Tadej Slabe: Oblika in skalni relief stebrov v Naigu kamnitem gozdu (JZ Kitajska)

Kamniti gozdovi so se razvili iz podtalnih škrapelj. Oblika kamnitih stebrov in njihov skalni relief sta splet značilnosti različnih skladov kamnine, na katerih se na različnih nivojih razvijajo in sledi podtalnih dejavnikov ter deževnice.

Ključne besede: karbonatna kamnina, oblika kamnitih stebrov, skalni relief, lunanski kamniti gozdovi, Yunnan, Kitajska.

Abstract

UDC: 551.435.1(510)

Martin Knez & Tadej Slabe: Shape and rock relief of pillars in Naigu Stone Forest (SW China)

Stone forests have evolved from underground karren. The shape of rock pillars and their rock relief are controlled by different rock beds where they developed at various levels and by underground factors and rainwater.

Key words: carbonate rock, shape of rock pillars, rock relief, Lunan stone forests, Yunnan, China.

UVOD

Naigu kamniti gozd (Sl. 1) leži 20 km vzhodno od osrednjega lunanskega kamnitega gozda in je pomembna turistična točka. Stebri, ki so visoki 20 do 30 m, so stolpasti, so večje skalne gmote in manjši stebri, so eden ob drugem ali pa posamezni. V njihovi obliki se odražajo značilnosti kamnine in njihov razvoj. Gobasta oblika stebrov je najbolj pogosta. Vrhovi stebrov, ki so združeni v obsežnejše stolpe, so v enotnem nivoju in imajo več kratkih, koničastih vrhov.

Skalni zobje so zaobljeni ali koničasti in pogosto razčlenjeni s podtalnimi žlebovi. Različna kamnina le malo vpliva na njihov obliko.

Pod gozdom je tudi turistična jama Baiyun, v kateri je iz skalnega reliefa in naplavin ter sige moč razbrati več obdobjij njenega razvoja (Kogovšek et al. 1999, 239).

Kamniti gozd leži vzdolž dveh tektonsko rahlo dvignjenih hrbtov. Prelomi, ki omejujejo prelomno cono so izredno močni, vmesni, ki se večinoma vlečejo v smeri severozahod-jugovzhod, pa so dolgi več kilometrov in globoki. Stebri so se oblikovali v prek 100 m debeli skladovnici spodnje permijjskih karbonatnih kamnin Qixia formacije. To se močno odraža v obliki in skalnem reliefu stebrov. Apnenec je namreč ponekod mikriten in drobno lameliran, drugod mikrospariten in deloma porozen ter mestoma močno pozno diagenetsko dolomitiziran.

Temeljne značilnosti lunanskih kamnitih gozdov smo predstavili v knjigi South China Karst. Se pa med seboj razlikujejo, kar predvsem narekuje kamnina, v kateri so nastali. Odločila sva se, da te razlike podrobneje predstaviva, začenjava pa z Naigu kamnitim gozdom.

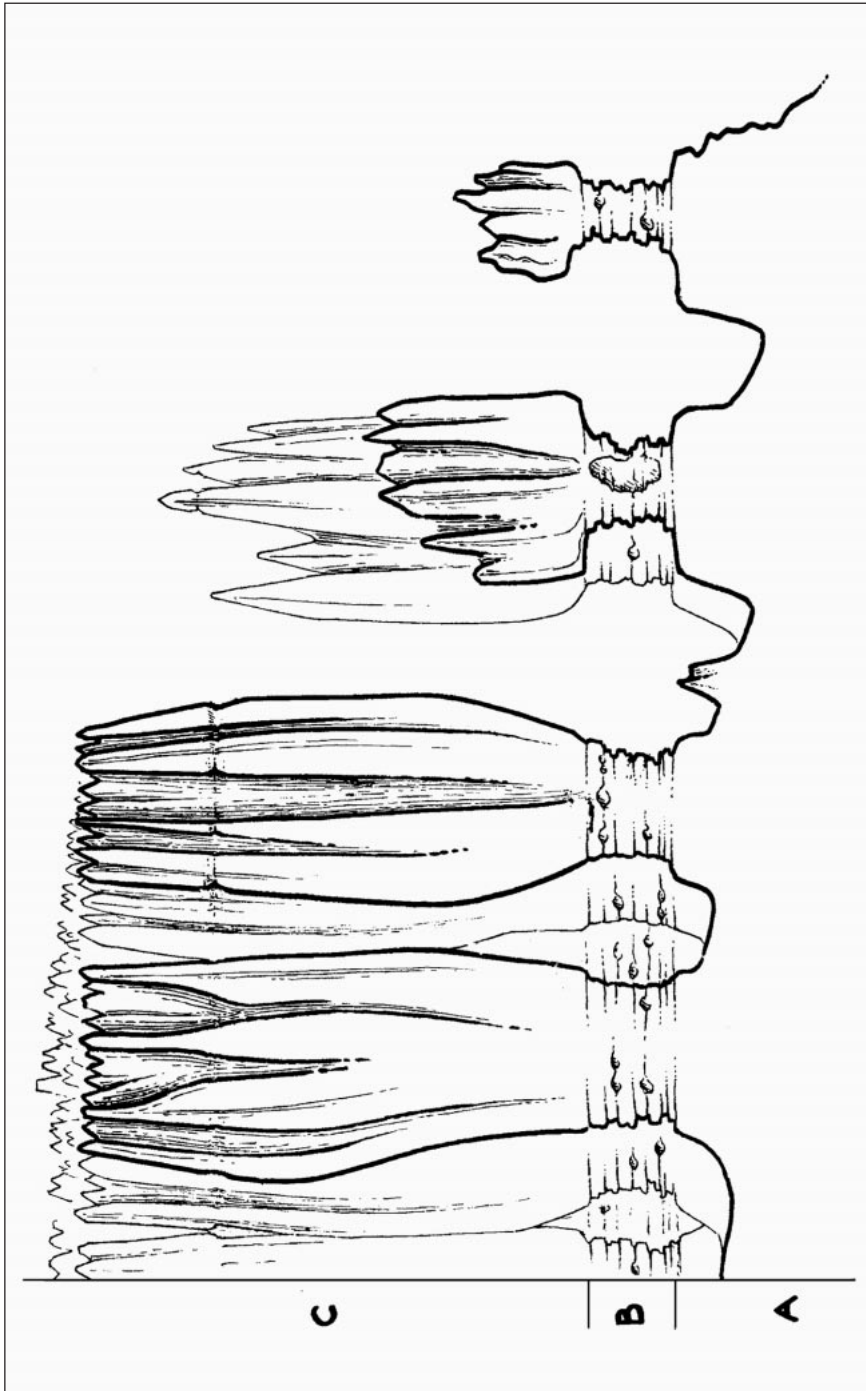
ZNAČILNOSTI KAMNINE, NA KATERI JE NASTAL KAMNITI GOZD

Naigu kamniti gozd gradijo spodnjepermijjski karbonati Qixia formacije (Chen et al. 1998). Formacija je ena od pomembnejših bazalnih formacij, na kateri stojijo številni kamniti gozdovi v južno yunnanski pokrajini Lunan. Pomembnejše lastnosti Qixia formacije so predvsem močna diagenetska spremenjenost osnovne kamnine, dolomitiziranost in ponekod znatna sekundarna poroznost ter visok odstotek karbonata (Knez 1997; 1998).

Lastnosti kamnine so skozi geološki prerez zelo različne zato smo segmente skladov z morfo-genetskega stališča razdelili v tri skupine A, B in C (Sl. 2). Zasledimo spremembe v barvi, skladnatosti, poroznosti, vključkih in druge. Sklade skupine A sestavljajo homogeni karbonati, ki so najbolj odporni, skladi v skupini B so erozijsko najmanj odporne, porozne in mestoma močno dolomitizirane kamnine, skladi skupine C pa so iz masivnega apnenca, ki je značilno marogasto dolomitiziran (Sl. 3).

Vznožje najnižjega razkritega dela Naigu kamnitega gozda (skladi skupine A) je sestavljeno iz svetlorjavega in oranžnega do svetlosivega masivnega in homogenega karbonata, v katerem leži tudi največja kraška jama Baiyun. V njem ločimo tri teksturne različke. V najnižjem zasledimo manjša dolomitna polja, v srednjem menjavanje dolomitnih in apnenčevih pol, v zgornjem pa drobno lameliranost. V kamnini ni opaziti kalcitnih žilic niti sekundarne poroznosti. Kamnina s temi lastnostmi daje možnost razvoju tako podtalnih oblik kot razvoju skalnih oblik, ki jih dolbe deževnica.

V geološkem prerezu sledijo kamnine, ki so manj odporne proti koroziji in eroziji (skladi skupine B). Tvorijo ožji del stebrov pod sicer širšim in s tem znatno odpornejšim vrhnjim delom.



Sl. 2: Prerez Naigu kamnitega gozda.
Fig. 2: Cross section of the Naigu stone forest.



Sl. 1: Naigu kamniti gozd.
Fig. 1: The Naigu stone forest.



Sl. 3 (Besedilo je na strani 19) - Fig. 3 (Text page 19)

Sl. 4: Vrh kamnitega stebra z lijakastimi zajedami in žlebovi. Hrapavost skalne površine je posledica sestave kamnine.

Fig. 4: The peak of rock pillar with funnel-shaped notches and channels. The roughness of the rocky surface is due to rock lithology.



Sl. 5: Del kamnitega gozda v skladih kamnine skupin A, B in C z značilno oblikovanim vrhom, ožjim in hitreje razpadajočim srednjim delom ter obstojnejšim spodnjim delom.

Fig. 5: One part of the stone forest in the rock layers of A, B and C groups with characteristically shaped peaks, more narrow and easily weathered medium part and more resistant lower part.



Sl. 3: Zgornji del kamnitega gozda (skladi kamnine skupine B in C). Na zgornjem delu stebrov so podtalni žlebovi in žlebovi, ki nastajajo zaradi iztekanja vode iz podtalnih oblik, ki so na vrhovih, in iz lijakastih zajed. Prve deževnica le preoblikuje, drugi pa so sestavljene skalne oblike. (na strani 17)

Fig. 3: The upper part of the stone forest (rock layers of B and C group). On the upper part of the pillars there are subcutaneous channels and channels due to water outflow from subcutaneous features at the peaks and funnel-shaped bevels. The first are only transformed by rainwater and the others are composite rock features. (on the page 17)

Prvotni apnenec je v tem delu močno poznodiagenetsko dolomitiziran. Gostota in jakost dolomitiziranih predelov se ponekod spreminja tako lateralno kot vertikalno. Zaradi večinoma idiomorfni zrn dolomita kamnino imenujemo dolosparit tipa grainstone. Zrna dolomita so med seboj slabo vezana in jih proces erozije z lahkoto spira s previsnih in navpičnih sten. Sekundarna medzrnska poroznost se lateralno sicer spreminja, v splošnem pa je ocenjena na 5 do 10 %. Predvsem zaradi znatne poroznosti kamnine in slabo vezanih dolomitnih kristalov je možnost podtalnega razjedanja kamnine velika.

Meja skladov skupine C s srednjim delom (skladi skupine B) je makroskopsko ostra, vendar ni identična s katero od lezik in tudi ne s spremembo v sedimentaciji. Za vrhnji del je značilen masiven dolomitiziran apnenec, ki na zunaj kaže značilen hrapav oz. marogast izgled. Dolomitna polja so zaradi izbočenosti na površini kamnine in večje hrapavosti ter zaradi tega močnejše poraščenosti z algami temno sive barve in na površini skale vidna kot temnosive do črne maroge na svetlejši podlagi. V pretežnem delu paketa skladov skupine C je odstotek površine nedolomitiziranega apnenca enak odstotku dolomitiziranih polj. Kljub temu, da v paketu skladov delež dolomitiziranih polj glede na okolno kamnino ni povsod enakomerno zastopan, na raziskanem področju nikjer ne izgine.

Glede na obliko, velikost, medsebojne kontakte in drugo, so dolomitni kristali v dolomitnih poljih kasnodiagenetskega nastanka. Še vedno je odprto vprašanje nastanka dolomitnih polj. Vsekakor pa je njihovem nastanku botrovala nekoliko drugačna mineralna sestava od te, ki jo poznamo danes, velikost kristalov ter vključki v kamnini.

OBLIKA KAMNITIH STEBROV

Obsežnost stebrov je predvsem posledica prelomov in razpok, ki pokončno prepredajo sklade kamnine in učinkovitosti podtalnega raztapljanja kamnine ob njih. Ta mreža je raznovrstna in kamniti gozd sestavljajo tako večje skalne gmote kot manjši stebri, so blizu eden ob drugem ali posamezni. Obliko kamnitih stebrov narekujejo predvsem različni skladi kamnine in njihov razvoj iz podtalnih škrapelj.

Stebri so se razvili na različnih nivojih opisanih skladov kamnin in temu skladna je njihova oblika. Najbolj značilna oblika stebrov je gobasta ali pa so ob skladih kamnine skupine B izrazite zajede (Sl. 3). To je posledica hitrejšega podtalnega razjedanja in votlenja tega dela kamnine, ki je najbolj porozen, na površju pa najhitreje razpada. Ob teh skladih kamnine, ki smo jih označili z B, so stebri zato ožji. Gobasta oblika obsežnejših stebrov, ki so razviti v skladih kamnine A, B in

C, je seveda manj izrazita kot ožjih stebrov. Najbolj izrazito gobasto obliko pa imajo največkrat nižje ležeči stebri, katerih nižji zgornji del je iz skladov kamnine, ki smo jih označili s C. Še zlasti izrazito gobasti so, ko sklade prepredajo večje podtalne cevi. Nad skladi kamnine skupine B so stebri v kamnini skupine C previsni in na njih so sledi vode, ki polzi z vrhov. Stebri, katerih vrhovi so v skladih kamnine B, so ožji in večinoma brez značilnih, pravilnih oblik, ki jih narekujejo podtalni dejavniki in deževnica. Skladi skupine A so pogosto širši podstavki stebrov, ki so iz skladov kamnine skupine B in C (Sl. 4).

Obsežnejši stebri, katerih vrh je na kamnini skupine skladov C ali A imajo obsežne tudi vrhove, ki so razčlenjeni z lijakastimi zajedami in manjšimi koničastimi vrhovi (Sl. 5). Koničasti vrhovi nastajajo že s podtalnim oblikovanjem skale. Voda razpršeno prenika skozi prst in najbolj izrazito raztaplja zgornji del kamnine. To so dokazali tudi poskusi z mavčnimi podtalnimi škrapljami. Vrhovi pa se ostrijo tudi z deževnico. Zgornji deli - 15 m - stebrov se na skladih kamnine skupin C in A navzgor ožijo. Lijakaste zajede, katerih ustja obdajajo rezilasti in koničasti vrhovi nastanejo iz podtalnih žlebov in vdolbin.

Oblika podtalnih skalnih zob največkrat izrazito ne odseva različne sestave kamnine.

SKALNI RELIEF NAIGU KAMNITEGA GOZDA

Skalne oblike na stebrih kamnitega gozda lahko razdelimo na podtalne, na skalne oblike, ki jih dolbe deževnica in sestavljene skalne oblike, torej podtalne skalne oblike, ki jih sooblikuje ali preoblikuje deževnica (Slabe 1998, 51).

Podtalne skalne oblike delimo na tiste, ki so nastale pod naplavinami in prstjo torej zaradi pretakanja vode ob stiku med skalo in njimi, in skalne oblike, ki nastanejo zaradi prenikanja vode skozi prst, ki le delno prekriva skalo ter na skalne oblike, ki nastanejo na nivoju prsti ali naplavin, ki obdajajo skalo (Slabe 1999). Tudi na stebrih Naigu kamnitega gozda lahko opazujemo večino njih, le podtalnih faset (Slabe 1999), ki so sledi pretakanja vode ob prepustnem stiku med skalo in naplavino, nisem opazil. Kaže, da so v zgornjem, višje ležečem delu stebrov preoblikovane z deževnico, na spodnjih delih pa na skladih skupine B ne nastanejo.

Veliki podtalni žlebovi so nastali zaradi pretakanja vode na stiku stene in naplavine, ki je prekrivala kamnino in zapolnila špranje ob pokončnih razpokah. Premer največjih doseže več metrov. Mnogi segajo od vrha do tal stebrov, so torej več deset metrov dolgi. Pogosto so zvonasto razširjeni v spodnjem delu. Njihov zgornji del pa je preoblikovan z manjšimi žlebovi, ki vodijo iz podtalnih žlebov in podtalnih vdolbin ali pa jih členijo manjši žlebovi, ki jih dolbe deževnica, ko polzi po stenah. Tudi podtalni zobje so največkrat razčlenjeni z velikimi navpičnimi žlebovi ali njihovimi začetki-ustji.

Razmeroma ravni vrhovi obsežnejših stebrov in zob so razčlenjeni s srednje velikimi in manjšimi podtalnimi žlebovi (Slabe 1999, 259), ki so nastali pod prstjo, s katero je bila skala le deloma prekrita, torej zaradi prenikanja vode skozi prst in njenega pretakanja ob stiku s kamnino. Imajo prečne prereze značilno polkrožne ali v podobi obrnjene črke omega, so torej na dnu širši, njihovi premeri pa segajo do 1 m. Na pregibih, zlasti na robu vrhov, so ožji in globlji. Pogosto imajo polkrogelne začetke. Največkrat so povezani v vejasto razčlenjeno mrežo. Nad večjimi žlebovi stene pogosto členijo manjši navpični podtalni žlebovi, po katerih se pod prstjo steka voda in

zbira v večjem žlebu. O postopnem razgaljanju kamnitih zob pričajo večnadstropni podtalni žlebovi. Žlebovi, ki so bili razkriti pred kratkim, imajo gladke površine, dlje časa razkriti pa hrapave. Raze med slednjimi in njihove stene prekrivajo žlebiči, ki jih dolbe dež.

Podtalne vdolbine (Slabe 1999, 263) so polkrogelne vdolbine različnih velikosti premera, od nekaj centimetrov do metra in več. So na obsežnejših vrhovih kamnitih stebrov in na stenah pod njimi, torej na dnu lijakastih zajed. Po razgaljenju se lahko preoblikujejo v odprte škavnice, sčasoma lahko zopet postanejo podtalne vdolbine, na dnu lijakastih zajed pa se lahko tudi izklinijo.

Skladi kamnine, ki smo jih uvrstili v skupino B, so razmeroma gosto prevotljeni s podtalnimi votlinami, katerih premer meri od nekaj centimetrov do nekaj metrov. Tudi na njihovem obodu lahko razločimo skalni relief. Sestavljajo ga nadnaplavinski žlebovi, ki so posledica pretakanja vode nad naplavino, ko so bile votline zapolnjene in pa talni žlebovi, ki so nastali že v času praznjenja votlin, torej upadanja nivoja naplavin, ki obdaja stebre.

Ena najbolj izrazitih **sestavljenih skalnih oblik** na kamnitih stebrih so srednje veliki žlebovi na zgornjem delu sten stebrov (Sl. 3). Nastali so zaradi iztekanja vode iz podtalnih žlebov in vdolbin, ki so na vrhu stebrov, ali pa vodijo iz lijakastih zajed. Na dnu le teh so podtalne vdolbine oziroma so nekoč bile. Premer žlebov meri od 10 cm do 1 m, so torej razmeroma globoko zajedajo v skalo, in v višjem delu kamnitega stebra segajo vse do skladov kamnine, ki smo jih označili z B, le največji se zajedajo tudi v njih. Na robu vrhov imajo torej večja ali manjša lijakasta ustja (Sl. 5), ki so največkrat preoblikovana z deževnico. Pogosto so grobo hrapavi, kar je posledica sestave kamnine. Manjši, a podobnega nastanka, so navpični žlebovi, ki vodijo iz podtalnih votlin. Deževnica preoblikuje, zlasti pogloblja tudi podtalne žlebove, ki prepredajo širše vrhove.

Skalne oblike, ki jih dolbe deževnica in so seveda najbolj izrazite na vrhovih in zgornjih delih sten kamnitih stebrov, so žlebiči, žlebovi in škavnice. Pogosto se razvijajo na starih podtalnih skalnih oblikah, jih preoblikujejo ali pa z dejavniki, ki oblikujejo podtalne skalne oblike, sooblikujejo sestavljene skalne oblike.

Žlebiči, katerih premer meri poprečno 2,42 cm, največji je širok 5 cm, najmanjši pa 1,5 cm, merili smo jih na površini, ki je nagnjena od 25 do 80°, največji so bili prav na slednji, so manj izrazita skalna oblika na vrhovih stebrov. Večina jih je kratkih, kar narekuje zlasti predhodna razčlenjenost skale s podtalnimi skalnimi oblikami. Najdemo jih zlasti na širših vrhovih, na koničastih so redki. So na izboklinah, kjer so žarkovno razporejeni okrog najvišje točke in na stenah podtalnih žlebov ter razgaljenih škavnice. Pod njimi so večji žlebovi, ki poglobljajo stare podtalne žlebove. Žlebiči so povezani na obe strani raza, ko so podtalni žlebovi drug ob drugem. Na robu širših vrhov ali pa ponekod na koničastih vrhovih, se žlebiči navzdol združujejo v žlebove. Žlebiči so razmeroma nepravilnih oblik: njihovi razi so nazobčani in vijugasti, so valoviti, kar je največkrat značilnost žlebičev na površinah z večjim nagibom, njihovo mrežo prekinjajo od 1-5 cm velike dolomitne štrline in njihova površina je hrapava. Vrhovi kratkih žlebičev pogosto nastanejo na počasneje topnih delih kamnine. Na posameznih odsekih, kjer je skala najbolj grobo hrapava, jih ni, ponekod pa lahko opazimo le njihove zasnutke, torej posamezne dele mreže zrelih žlebičev. Na njihov nastanek in obliko torej vpliva zlasti značilno dolomitizirana kamnina.

Žlebovi bolj izrazito členijo vrhove kamnitih stebrov. Njihov premer meri 0,5 m, dolgi pa so do 5 m. So razmeroma plitki, še zlasti če jih primerjamo s tistimi, ki so povezani s prvotnim podtalnim oblikovanjem skale. Ločiti jih moramo namreč od zgoraj opisanih žlebov, ki imajo

podtalne zasnutke ali pa so še povezani z razvojem podtalnih sklanih oblik. So znak delovanja deževnice in se pogosto začenjajo na razmeroma ostrih vrhovih. Tudi ti žlebovi sčasoma pridobijo na vrhu sprva manj izrazito lijakasto ustje. Manjši tovrstni žlebovi so lahko povezani v večjega.

Škavnice so na širših vrhovih kamnitih stebrov. Manjše, ki imajo premer velik decimeter ali dva, so plitke, njihove oblike so običajno nepravilno-krožne, njihovi robovi pa vijugasti. Večje, ki so nastale iz podtalnih vdolbin in so polkrožne, so pogoste odprte in imajo odtočni žleb, na obodu pa žlebiče. Njihovi premeri lahko presežejo meter. So tudi na dnu lijakastih zajed, tudi te so nastale iz podtalnih vdolbin.

SKLEP

Tudi Naigu kamniti gozd je kot drugi lunanski kamniti gozdovi nastal iz podtalnih škrapelj. Svojevrstno obliko mu določata predvsem pretrtost in sestava različnih skladov kamnine, na kateri je v različnih nivojih nastal kamniti gozd. Obsežnost stebrov narekujejo prelomi in razpoke, ki pokončno prepredajo sklade kamnine. Nanjo vpliva tudi učinkovitost podtalnega raztapljanja kamnine. Kamniti gozd sestavljajo večje skalne gmote in manjši stebri, so eden ob drugem ali posamezni. V obliki stebrov, ki so pogosto tudi podtalno spodjedeni, in v njihovem skalnem reliefu, se jasno kaže tudi pomen njihovega podtalnega oblikovanja, preoblikovanje z deževnico pa počasi napreduje po stebrih navzdol.

Kamnina se skozi geološki profil močno spreminja. V spodnjem delu (skladi skupine A) zasledimo večinoma mikriten in drobno lameliran apnenec, v srednjem delu (skladi skupine B) prevladuje mikrospariten zelo sekundarno porozen ter mestoma močno pozno diagenetsko dolomitiziran apnenec, v vrhnjem delu (skladi skupine C) pa sledimo debelejšemu paketu masivnega, marogasto dolomitiziranega apnenca, kar je značilnost Naigu kamnitega gozda. Tip kamnine neposredno in ključno vpliva na selektivno korozijo in erozijo in s tem na morfološki izgled posameznih, različno visokih kamnitih stebrov in kamninskih blokov.

Stebri se razvijajo na različnih nivojih opisanih skladov kamnine in temu skladna je njihova oblika. Najbolj značilna oblika stebrov je gobasta ali pa so ob skladih kamnine skupine B izrazite zajede. To je posledica hitrejšega podtalnega razjedanja in votljenja najbolj poroznega dela kamnine, ki na površju razmeroma hitro razpada. Stebri, katerih vrhovi so v skladih kamnine B, so ožji in večinoma brez značilnih, pravilnih oblik, ki jih narekujejo dejavniki njihovega razvoja. Skladi skupine A so pogosto širši podstavki stebrov, ki so iz skladov kamnine skupine B in C.

Oblika podtalnih skalnih zob praviloma izrazito ne odseva različne sestave kamnine.

Najbolj izrazite skalne oblike so podtalne in sestavljene. Podtalne so veliki žlebovi, previsne spodjede stebrov in podtalni žlebovi na širših vrhovih. Sestavljene oblike pa so žlebovi, ki vodijo iz podtalnih žlebov ali podtalnih vdolbin. Poglobljanje podtalnih vdolbin in iztekanje vode po žlebovih povzročata razčlenjevanje vrhov stebrov, zlasti obsežnejših, v konice, med katerimi so lijakaste zajede.

Podtalne, praviloma večje skalne oblike se razvijajo na vseh vrstah kamnine v Naigu gozdu. Kamnina pa vpliva na njihovo obliko, zlasti na najmanjše, ki imajo na dolomitizirani kamnini pogosto nazobčane robove. Žlebiči, ki jih dolbe deževnica, so manj izrazita skalna oblika v Naiguju. Na njihov nastanek in razvoj vpliva predvsem sestava kamnine, manj pa največkrat mlajše razgaljanje skale. Skalne oblike so razvite na večini skladov različne kamnine, skorajda pa jih ni na skladih B. V njih so podtalne cevi. Kjer so ti skladi kamnine na vrhu stebrov, manjše skalne

oblike, ki jih dolbe deževnica, skorajda ne nastanejo, ponekod so le dežne vdolbine ali pa deževnica preoblikuje večje podtalne oblike. Skalni relief je torej razvit tudi sorazmerno s položajem skladov v stebrih.

O postopnem in raznolikem razvoju kamnitega gozda, ki je seveda povezan z razvojem jam pod njim, pričajo tudi sledi razvoja Baiyun jame v njegovem osrednjem delu. Iz jamskih naplavin in njenega skalnega reliefa lahko razberemo več obdobjev razvoja jame v epifreatičnem predelu vodonosnika, nato pa hiter padec gladine podzemeljske vode, kar je verjetno povzročilo tudi hitrejšo »rast« kamnitega gozda.

LITERATURA

- Chen, X. et al., 1998: South China Karst I, Zbirka ZRC 19, Ljubljana.
- Knez, M., 1997: Prvi rezultati raziskav kamnine v treh lunanskih kamnitih gozdovih (Yunnan, Kitajska).- *Acta Carsologica*, 26/2, 431-439, Ljubljana.
- Knez, M., 1998: Lithologic Properties of the Three Lunan Stone Forests (Shilin, Naigu and Lao Hei Gin).- In: South China Karst I, Chen X. et al., Zbirka ZRC 19, 30-43.
- Kogovšek J., A. Kranjc, T. Slabe, S. Šebela, 1999: South China Karst 1999, Preliminary research in Yunnan.- *Acta carsologica* 28/2, 225-240, Ljubljana.
- Slabe, T., 1998: Rock relief of pillars in the Lunan stone forest.- In: South China Karst I, Chen X. et al., Zbirka ZRC 19, 51-67.
- Slabe, 1999: Subcutaneous rock forms.- *Acta carsologica* 28/2, 255-271, Ljubljana.

SHAPE AND ROCK RELIEF OF PILLARS IN NAIGU STONE FOREST

Summary

Naigu stone forest is located some 20 km in the east of the central Lunan stone forest which is an important tourist scenic spot. The pillars, from 20 to 30 m high, are tower-like or huge rock masses or smaller towers standing either close one to another or separately. Their shape reflects the lithological properties of the rock and their evolution. Mushroom shape is the most common. Pillars forming larger towers are at the same level with several short, conical peaks at the top. Rock teeth are either rounded or pointed and often dissected by subcutaneous channels.

This shilin lies along two ridges slightly tectonically uplifted. The faults bordering the fault zone are extremely strong and intermediate ones, in general trending north-west - south-east are several kilometres long and very deep.

The pillars have formed in more than 100 m thick beds of the Lower Permian carbonate rocks of the Qixia formation.

The basic properties of the Lunan stone forests have been presented in the book South China Karst I. But these shilins differ one from another, mostly due to the different rocks where they developed. We decided to present these differences in more detail starting with Naigu shilin.

As with other stone forests Naigu stone forest also developed from underground karren. Its peculiar shape is mostly due to how it is dissected and by the structure of different beds where the

stone forest developed at various levels. The extent of the pillars is controlled by faults and fissures vertically transecting the rock beds. The efficiency of the underground rock solution plays an important role also. The shape of pillars which are often dissolved underground and their rock relief clearly indicate the importance of underground formation; rainwater shapes the pillars vertically from top downwards.

The rocks change considerably though the geological profile. In the lower part (beds of A group) micritic and thinly laminated limestone prevails, in the middle part (beds of B group) microsparitic and secondary very porous and in some places diagenetically dolomitized limestone; and in the upper part (beds of C group) there is a thicker block of massive striped dolomitized very typical of Naigu stone forest. The type of rock directly and exclusively influences selective corrosion and erosion and thus the morphological appearance of single, differently high rock pillars and rock blocks.

The pillars develop at different levels of the described rock beds and their shape corresponds to these. The most common shape is mushroom or there are at the B group rock beds distinctive corrosion bevels. This is due to faster underground dissolution and hollowing of the most porous part of the rock which weathers relatively fast at the surface. The pillars found in the rocks of B group are more narrow and in general lack regular shapes as factors in control dictate them. The beds of A group are usually larger plinths of pillars belonging to B and C groups.

The shape of underground rock teeth usually does not reflect differing structure of the rock.

The most distinctive rock features are either underground or composed. Underground are large channels, overhanging dissolution of pillars and underground channels on wider peaks. Composed features are channels leading from underground channels and underground hollows. Deepening of underground hollows and water runoff channels cause dissecting of peaks of pillars into points, in particular larger ones with funnel-shaped notches in between.

Underground, usually larger rock features are developed in all types of rocks in Naigu stone forest. But, the rock has an impact on their shape, in particular on the smallest which often have jagged ridges on dolomitized rock often. Flutes due to rainwater are a less distinctive feature in Naigu. Their origin and development are mostly controlled by the structure of the rock and less by younger rock exposure. Rock features developed on most beds of different rocks with the exception of B group beds where they are almost non-existent. These rocks contain underground tubes. When these beds are found at the top of pillars there are almost no smaller rock features due to rainfall; in some places there are only rainwater notches, or rainwater transforms larger underground features. Rock relief is thus developed in concordance with position of different rock beds within a pillar.

The gradual and diverse development of stone forest in obvious connection with cave development below is well seen in the traces of the Bayun cave speleogenesis in its central part. Cave sediments and its cave relief show various periods of development in the epiphreatic part of the aquifer and then a fast decrease of underground water level which probably cause a faster development of stone forest.