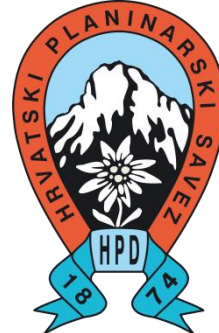


HRVATSKI PLANINARSKI SAVEZ
KOMISIJA ZA SPELEOLOGIJU



Tehničko penjanje u speleološkim objektima

Instruktorski rad

Anita Trojanović

Palje Brdo, siječanj 2024. godine

Sadržaj

1. Sažetak.....	1
2. Uvod.....	2
3. Oprema za tehničko penjanje u speleološkim objektima	2
3.1. <i>Connect Adjust</i>	2
3.2. <i>Dual Connect Adjust</i>	3
3.3. <i>Evolv Adjust</i>	3
3.4. Alpinističke ljestve.....	3
3.5. Mobilno sidrište <i>Petzl PULSE</i> Ø8 mm.....	4
3.6. <i>KISA</i>	5
3.7. <i>Gri - gri</i>	5
3.8. Blatni klinovi.....	5
3.9. <i>Raumer Climbing System STICK-UP</i>	6
4. Osiguranje prilikom penjanja u paru i samostalno.....	7
4.1. Penjanje u paru.....	7
4.2. Samostalno penjanje.....	9
5. Metode tehničkog penjanja uz korištenje opreme za tehničko penjanje	10
5.1. Tehnike penjanja uz upotrebu osobne speleološke opreme.....	11
5.2. <i>Connect Adjust</i>	12
5.3. <i>Dual Connect Adjust</i>	13
5.4. <i>Evolv Adjust</i>	14
5.5. Upotreba mobilnog sidrišta <i>Petzl PULSE</i> Ø8 mm.....	15
5.6. <i>Raumer Climbing System STICK-UP</i>	16
6. <i>Absail</i> i rasporemanje penja.....	17
7. Opasnosti u tehničkom penjanju.....	21
7.1. Objektivne.....	21
7.2. Subjektivne.....	21
7.3. Faktor pada.....	21
8. Testiranje mobilnog sidrišta <i>Petzl PULSE</i> Ø8 mm.....	22
8.1. Smicanje.....	23
8.2. Vlačno naprezanje.....	25
8.3. Testiranje na pad.....	28
9. Stanje u oružarstvima speleoloških udruga.....	29
10. Pregled nekih speleoloških istraživanja u Hrvatskoj početkom 21. stoljeća s primjenama tehničkog penjanja.....	31
11. Zaključak.....	37
12. Popis korištene literature.....	38
13. Ostali izvori.....	38

1. Sažetak

Ovim radom opisane su recentne metode tehničkog penjanja u speleologiji na stijenskim podlogama koristeći: osobnu speleološku opremu, alpinističke ljestve, podesive pupkove (*Connect Adjust*, *Dual Connect Adjust* i *Evolv Adjust*), kombinirane penjalice s palicom (*Raumer Climbing System STICK-UP*) i mobilna sidrišta (*Petzl PULSE* Ø8 mm). Metode penjanja popraćene su načinima osiguranja prilikom penjanja u paru i samostalno. Navedene metode prikazane su raznim ilustracijama

Rad je obuhvatio testiranje mobilnog sidrišta *Petzl PULSE* Ø8 mm na stijeni i u sigovini. Riječ je o pomagalu koje se posljednjih godina često koristi u aktivnostima tehničkog penjanja. Testirano je 12 uzoraka mobilnog sidrišta metodama smicanja, vlačnog naprezanja unutar speleološkog objekta i testiranjem na pad.

Pregledom speleoloških članaka, izvještaja i saznanjima kroz razgovore sa speleolozima, predstavljena su neka speleološka istraživanja u Hrvatskoj početkom 21. stoljeća s primjenama tehničkog penjanja.

Ključne riječi: speleologija, tehničko penjanje, penjačka oprema, mobilno sidrište, osiguranje, samoosiguranje

2. Uvod

Tehničko penjanje u speleologiji podrazumijeva svladavanje vertikalnih prepreka u vidu okomitih stijena kako bi se istražili potencijalni upitnici. Bit penjanja sastoji se u tome da penjač navezan na dinamičko ili polustatično uže napreduje u savladavanju vertikale postavljajući međusidrišta. Isto se može provoditi u paru ili samostalno. Tehničko penjanje podrazumijeva upotrebu prilagođene tehničke opreme kakva se danas može naći na tržištu. Stoga je potrebno poznavati što širi spektar opreme kako bi iskusni penjač mogao složiti odgovarajuću opremu za lakše napredovanje u tehničkom penjanju. No, u speleološkim objektima česte su otežavajuće okolnosti poput mokre i vlažne stijene, potom stijene prekrivene blatom, zasigani saljevi, vodopadi i krušljive stijene. Ponekad u svijesti speleologa nije isto izvoditi tehničko penjanje u plićim i dubljim dijelovima objekta. Kada se svi faktori i potencijalne prepreke zbroje, upitnici do kojih je potrebno pristupiti tehničkim penjanjem često se ostave za poslije pa nerijetko ostanu neistraženi. Penjanje je lutrija koja često završi u "slijepoj ulici". Speleolog koji se upušta u tehničko penjanje mora samouvjereno vladati vertikalnim opremanjem speleoloških objekata i poznavati svojstva svakog komada opreme. Svaki korak u tehničkom penjanju se izvodi uz maksimalnu dozu opreza i predumišljaja. Prije početka penjanja, potrebno je dobro pregledati stijenu i odrediti najpogodniji pravac. Ovisno o dostupnosti i vrsti opreme, penjati se može u raznim kombinacijama.

3. Oprema za tehničko penjanje u speleološkim objektima

Svakodnevno se na tržištu javljaju novi oblici opreme, tj. pomagala za potrebe izvođenja penjačkih radnji u speleološkim objektima od strane ovlaštenih proizvođača. Aktivni i predani speleolozi polaze u tijeku s vremenom i prate razvoj opreme kako bi mogli sukladno tome napredovati. Mogućnosti i kombinacije opreme su u širokom spektru. U narednom poglavlju opisati će se oprema koju trenutačno koriste speleološke organizacije u Hrvatskoj.¹

Neizostavnu opremu čine standardni komadi: osobna speleološka oprema, dinamičko i/ili polustatično uže, bušilica, baterije, svrdlo, karabineri, sidrišni vijci, kladivo, gurtne i *sky hook*. U penjanju se još koriste:

3.1. *Connect Adjust*²

Naziv koji se koristi za ovu spravu je podesivi pupak ili paničar. Sastoji se od komada dinamičkog užeta koji je na oba kraja ušiven s manjom i većom plastificiranom omčom. Na sebi nosi aluminijski dio kroz kojeg je provučen karabiner s gumenim prstenom za pozicioniranje. Fiksna strana sprave je provučena kroz centralni karabiner na speleološkom pojasu. Može se podesiti na duljinu od 15 do 95 cm.

¹ Instruktorski rad ne reklamira artikle određenih proizvođača.

² Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/INT/EN/Sport/Lanyards/CONNECT-ADJUST>

3.2. Dual Connect Adjust³

Sastoji se od komada dinamičkog užeta koji se dijeli na dvije uzice: jedna fiksna dužine 45 cm i druga podesiva koja je sastavni dio prethodno navedenog *Connect Adjust*-a. Između dvije uzice nalazi se plastificirana omča koja se provlači kroz centralni karabiner na speleološkom pojasu.

3.3. Evolv Adjust⁴

Sprava koja ima dvije podesive uzice jednakih sastavnica poput *Connect Adjust*-a. Razlikuju se jedino većim rasponom od 15 do 150 cm. Između vezica se nalazi fiksna, plastificirana omča koja se provlači kroz centralni karabiner na speleološkom pojasu.



Fotografija 1. Podesivi pupci označeni brojem podpoglavlja: 3.1. *Connect Adjust*; 3.2. *Dual Connect Adjust*, 3.3. *Evolv Adjust*

3.4. Alpinističke ljestve⁵

Ovisno o obliku i materijalu izrade, postoji nekoliko vrsta ljestvi za penjanje: simetrične ili unakrsne ljestve napravljene od gurni⁶ ili simetrične u kombinaciji s aluminijskim podestima za stabilnije pozicioniranje. Često speleolozi izrade vlastite ljestve koristeći zamke debljine 5-6 mm i aluminijske podeste. Poželjno je da imaju minimalno 3 stajaće razine. Ljestve se koriste u penjanju u kombinaciji s karabinerima, te podesivim pupcima: *Connect Adjust*, *Dual Connect Adjust* ili *Evolv Adjust*. Povezane su sa speleološkim pojasom s tankim užetom svega

³ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/INT/en/Sport/Lanyards/DUAL-CONNECT-ADJUST>

⁴ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/US/en/Sport/Packs-and-accessories/EVOLV-ADJUST>

⁵ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/INT/en/Sport/Packs-and-accessories/GRADISTEP>

⁶ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/INT/en/Sport/Packs-and-accessories/GRADISTEP>

par milimetara i *fi-fi* kukom⁷ koja se stavlja na svako sljedeće sidrište. Idealno je imati dva para ljestvi, pa se zbog lakšeg nošenja i manje zapremnine koriste ljestve napravljene od gurtne.



Fotografija 2. A. Simetrične ljestve; B. Asimetrične ljestve; C. Aluminijski podest ljestvi, D. Fi-fi kuka

3.5. Mobilno sidrište *Petzl PULSE* Ø8 mm⁸

Mobilno sidrište se sve češće koristi u tehničkom penjanju. Prvenstveno iz razloga što se uštedi jako puno vremena opremajući penj i ne ostavlja se mnoštvo sidrišnih vijaka u speleološkim objektima na manjoj površini da hrđaju. Bitno je istaknuti da proizvođač ne dozvoljava korištenje mobilnog sidrišta kao osiguranje pri penjanju. Stoga se u penjanju najčešće kombiniraju 2 mobilna sidrišta i 1 standardno fiksno. Treći *PULSE* se nosi kao rezervni ako se koji od prethodnik zaglavi. Sastavljen je od nehrđajućeg čelika i aluminija. Sadrži široku i podešavajuću bravu koja se vrti. Kada se izbuši rupa za sidrište, potrebno ju je dobro ispuhati. Pritiskanjem opruge sidrište se ubacuje u rupu i potom se oslobodi opruga. Gumb za otključavanje se zatvara u smjeru kazaljke na satu. Za ovu vrstu sidrišta potrebno je izbušiti rupu dubine 5 cm i promjera 8 mm s četverobridnim svrdlom. Često se dogodi da sidrište ne izlazi lako van iz rupe. U tom se slučaju gumb otključa i lagano dlanom udari po opruzi dok se ne čuje "klik". Potom se pritiskanjem opruge sidrište izvadi iz rupe.



Fotografija 3. Mobilno sidrište *Petzl PULSE* Ø8 mm

⁷ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/INT/en/Sport/Packs-and-accessories/FIFI>

⁸ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/INT/en/Sport/Anchors/PULSE-8-mm>

3.6. KISA (Kong Impact Shock Absorber)⁹

KISA je sprava koja služi kao apsorber energije pri padu. Koristi ga osoba koja osigurava penjača sa statičnim ili polustatičnim užetom. Prikladna je za užeta promjera 9 do 11 mm. Kontroliranim klizanjem užeta kroz dva reda rupica, apsorbira pad. Može se uplesti na više načina ovisno o vrsti užeta, težini penjača i opreme te svrsi korištenja.



Fotografija 4. KISA

3.7. Gri-gri¹⁰

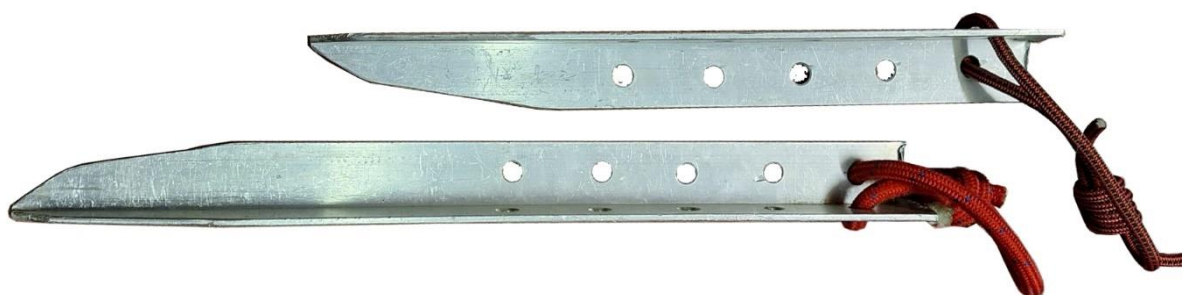
Gri-gri je sprava koja se koristi za osiguravanje penjača prilikom tehničkog penjanja. Sadrži ručku za kočenje užeta penjača. Njezinim popuštanjem kontrolirano se propušta uže penjaču za napredovanje. Koristi se za užeta debljine 8.5 do 11 mm.



Fotografija 5. Gri – gri

3.8. Blatni klinovi

Riječ je zapravo o snježnim klinovima koji se koriste za izradu sidrišta u blatnim kosinama ili mekanim saljevima gdje nije moguće doći do čvrste stijene, a korištenje ostalih tipova sidrišnih vijaka je potpuno neučinkovito.¹¹ Penjanje u blatu predstavlja najteži i najnesigurniji oblik penjanja u speleološkim uvjetima. Najčešći problem čine poskliznuća niz kosine i saljeve, te se klinovi lako vade van iz blata. Klinovi se zabijaju u blato pod kutom. Penjanje mora biti isplanirano, brzo i sigurno. Ono se također izvodi po istim principima koristeći dinamičko uže kao osiguranje.¹²



Fotografija 6. Blatni klinovi. Autor: Dino Grozić

⁹ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.kong.it/en/product/kisa/>

¹⁰ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/INT/en/Sport/Belay-Devices-And-Descenders/GRIGRI>

¹¹ Rnjak. G. et al (2019): Speleologija – II. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Speleološko društvo "Velesbit", Hrvatski planinarski savez, Hrvatska gorska služba spašavanja, Zagreb. 140.

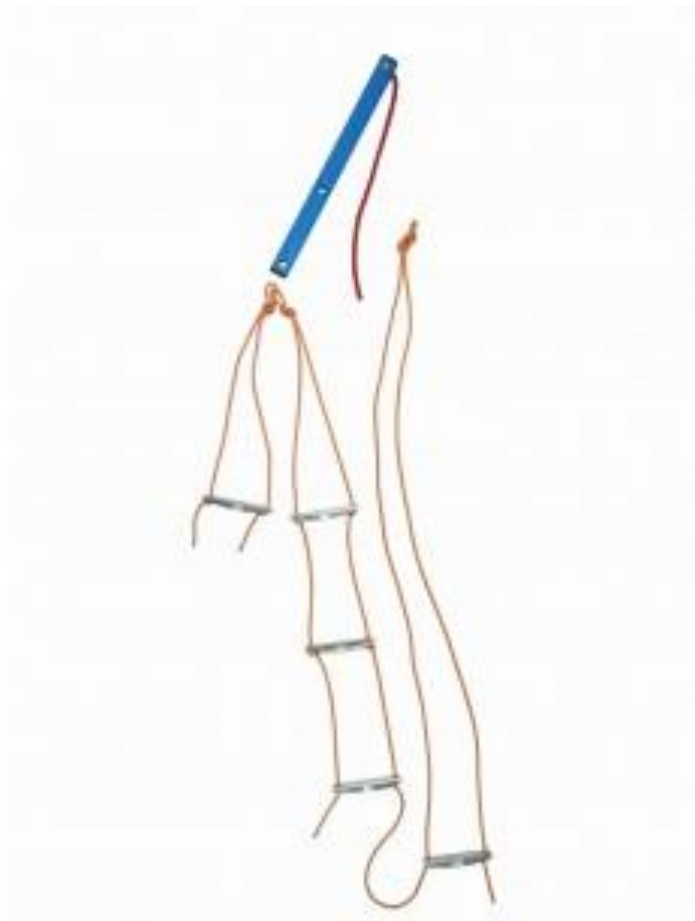
¹² Rnjak. G. et al (2019): Speleologija – II. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Speleološko društvo "Velesbit", Hrvatski planinarski savez, Hrvatska gorska služba spašavanja, Zagreb.327.

3.9. Raumer Climbing System STICK-UP¹³

Sastoji se od tri elementa:

1. Aluminijska šipka s komadom statičnog užeta dugog 30 cm na jednom kraju i ukopčanim ljestvama na drugom kraju. Na sredini šipke je provučen ovalni čelični karabiner koji se ubacuje u sidrište.
2. Aluminijske ljestve od jednog niza kojeg čine tri razine, te dva segmenta sa po jednom razinom – dužom i kraćom.
3. Ovalni čelični karabineri.

Potrebno je raditi sidrišta koristeći *Raumer Alien* pločicu¹⁴ dizajniranu upravo za optimizaciju *STICK-UP* sistema penjanja. *Alien* pločica je izrađena od nehrđajućeg čelika. Ima dvije rupe pa se tako u donju ubacuje karabiner s dinamičkim užetom, a u gornju *STICK-UP*. Iz sigurnosnih razloga prilikom penjanja, *STICK-UP* se može povezati s komadom zamke na pojas.



Fotografija 7. Raumer Climbing STICK-UP



Fotografija 8. Raumer Alien pločica

¹³ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na talijanskom jeziku:

<https://www.raumerclimbing.com/en/products/classic/stick-up-for-cave-climbing/climbing-system-stick-up-art-201-202/>

¹⁴ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku:

<https://www.raumerclimbing.com/en/products/classic/stainless-steel-plates-anchors/alien-plate-a316l-d-8/>

4. Osiguranje prilikom penjanja u paru i samostalno

Postoje dva načina penjanja: u paru i samostalno.

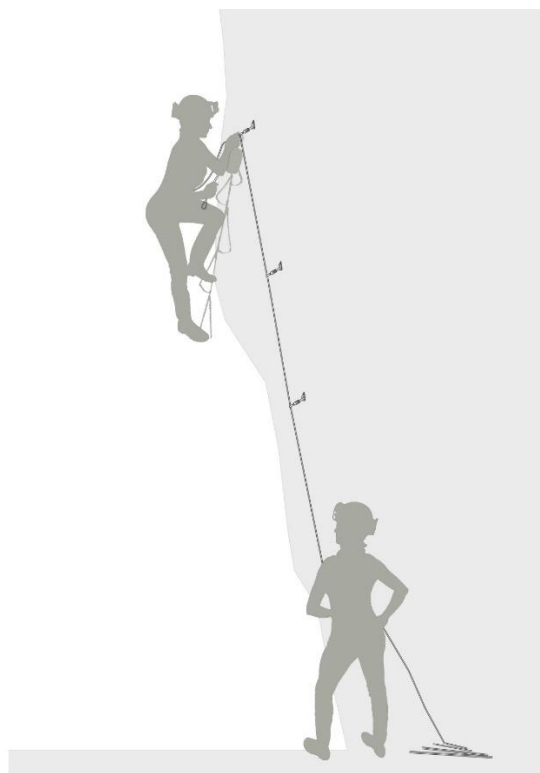
U ovom poglavlju biti će objašnjene uloge osobe koja osigurava penjača i način kako penjač vrši samoosiguranje i postavlja početno sidrište kod samostalnog penjanja, dok će tehnike penjanja biti prikazane u narednim poglavljima koja se tiču opreme. Ujedno se ovo poglavlje referira na 21. odlomak knjige *Speleologija II* koji se odnosi na tehničko penjanje.¹⁵

4.1. Penjanje u paru

Za penjanje u paru su potrebna dva speleologa penjača prilikom čega jedan speleolog penje, a drugi osigurava partnera uz moguće izmjene radnji. Izmjena se radi kako bi se izbjegao prekomjerni fizički napor penjača i pothlađivanje osobe koja osigurava penjača. Uvjet za to je da oba speleologa poznaju tehnike penjanja. Često osoba koja osigurava kasnije rasprema penj. Prije početka penjanja, par dogovora način komunikacije u penjanju. Tako postoje prihvaćeni izrazi koje penjač upućuje osobi koja ga osigurava: "Popusti" – kada je potrebno još užeta za daljnje napredovanje; "Zategni" – kada je potrebno zategnuti užu; "Blokiraj" – kada je potrebna pauza, te "Padam" – kada osjeti da će pasti iz položaja u kojem se nalazi.



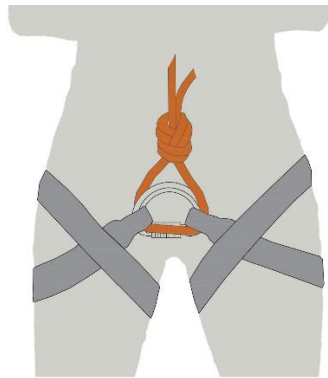
Fotografija 9. Penjanje u paru u jamskom sustavu Plješina – Kolumbo – U3 na planini Sniježnici. Mihael Nemčić penje dok ga Anita Trojanović osigurava. Autor: Nikola Lakić



Ilustracija 1. Tehničko penjanje u paru. Autorica: Anita Trojanović

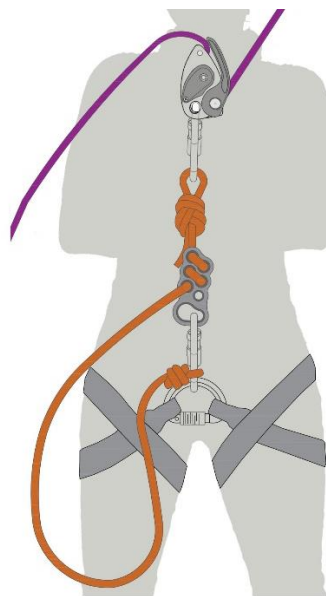
¹⁵ Rnjak, G. et al. (2019): *Speleologija – II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje*. PDS Velebit, Hrvatski planinarski savez i Hrvatska gorska služba spašavanja. Zagreb, 322 – 330

Prilikom penjanja, speleolog penjač se osigurava na način da dinamičko uže provuče kroz obje alke na pojasu i veže uzao upletenu osmicu



Ilustracija 2. Osiguravanje penjača dinamičkim užetom. Autorica: Anita Trojanović

Speleolog koji osigurava penjača ima više načina osiguravanja koristeći: *Stop descender*, osmicu¹⁶, *gri-gri* ili preko uzla polulađarac kojeg upliće preko karabinera *HMS* ili *Attache*. Sve se češće koristi sprava *gri-gri* zbog jednostavnosti i visoke pouzdanosti. Nije teška i ne zauzima previše mjesta u transportnoj torbi ili na pojasu. Osiguravanje preko *Stop descender*-a moguće je bez karabinera za trenje i preko donje koloture. Uže izlazi prema gore kroz donju koloturu. Kako bi se kontroliralo propuštanje užeta, potrebno trenje se stvara na način da se rukom stisne jedno uže uz drugo, tj. uže koje ulazi i izlazi iz *Stop descender*-a. Ako se penjač osigurava polustatičnim užetom, preporuča se korištenje sprave *KISA* koja služi kao apsorber energije pri padu. *KISA* se ubacuje između centralnog karabinera i sprave za osiguravanje penjača s automatskim blokiranjem pomoću karabinera i komada dinamičkog užeta.



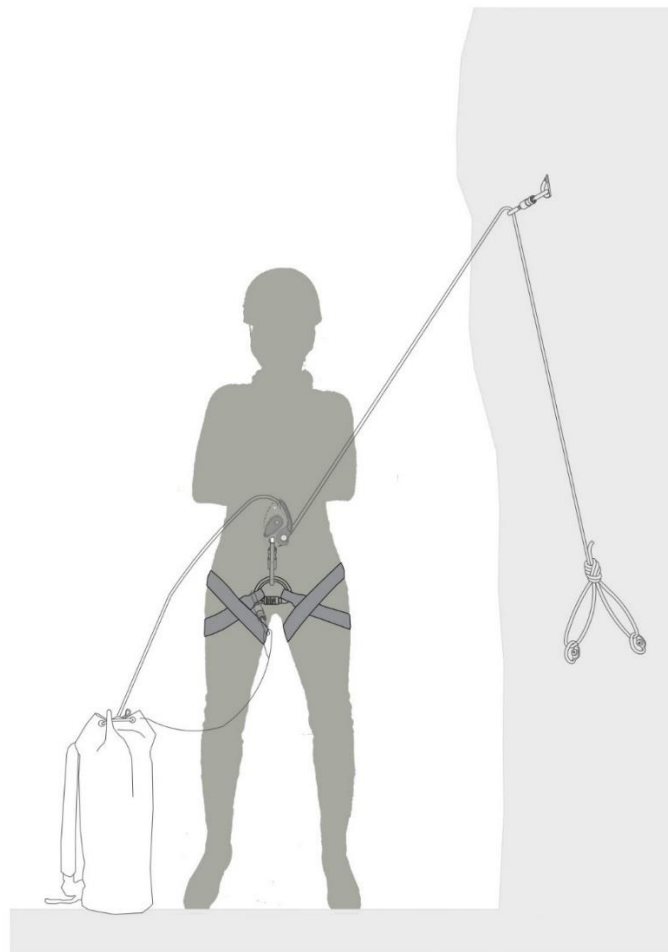
Ilustracija 3. Penjanje sa semistatičnim užetom koristeći spravu KISA. Autorica: Anita Trojanović

¹⁶ Originalne upute za korištenje s tehničkim podacima na engleskom jeziku: <https://www.petzl.com/INT/en/Professional/Descenders/HUIT>

4.2. Samostalno penjanje

Samostalno penjanje podrazumijeva samoosiguranje. Prednost ovog načina penjanja je što nema partnera koji će se prilikom osiguravanja potencijalno pothladiti. Nedostaci se mogu manifestirati u slučaju nesreće penjača kada je potrebno puno više vremena da se pristupi unesrećenom i spusti ga se na pod. Prilikom samostalnog penjanja veća je "gužva" s opremom za napredovanje te svaki korak mora slijediti zadani redoslijed radnji.

Tako se kreće od prvog koraka koji podrazumijeva nužno postavljanje dvostrukog sidrišta u podnožju zamišljene linije penja. Za dvostruko sidrište se preporučuju *ring*-ovi jer se pločice mogu krivo opteretiti. U *ring*-ove se upliće dvostruka osmica zbog uštede karabinera i karaktera sila koje se mogu javiti uslijed pada.¹⁷ S poda se dalje radi prvo međusidrište što je moguće više iznad glave. Kroz karabiner na vanjsku stranu se ubacuje dinamičko uže koje se upliće u neku od sprava koja ima mogućnost automatskog blokiranja. Najpogodnija sprava je *gri-gri* zbog lakog dodavanja i skraćivanja užeta. Penjač samostalno propušta uže kroz spravu ovisno o radnjama u penjanju. Višak užeta visi u transportnoj torbi s pojasa kako se uže ne bi zaplelo o stijenu, kamen na podu ili se uprljalo u blatu.



Ilustracija 4. Samoosiguranje pomoću sprave gri-gri prilikom samostalnog penjanja. Postavljanje dvostrukog sidrišta u podnožju i smjeru penja koristeći dvostruku osmicu i ring-ove. Autorica: Anita Trojanović

¹⁷ Prilikom pada može doći do dinamičkih sila čiji je impuls energije toliko velik da može popustiti jedno međusidrište. Tada sva sila pada na drugo međusidrište uvećana za trzaj prvog međusidrišta koji je ispao a umanjena za apsorbiranu energiju prvog međusidrišta.

5. Metode tehničkog penjanja uz korištenje opreme za tehničko penjanje

Prije svakog istraživanja potrebno je pomno pregledati i pripremiti opremu. U tehničkom penjanju mogu se koristiti dinamičko uže i/ili polustatično uže u kombinaciji s nekom vrstom sprave za osiguranje. Dinamičko uže izrađeno je tako da prilikom dinamičkog opterećenja (pada) ima svojstvo istežanja do 40% čime se apsorbira oslobođena sila koja se prenosi na tijelo penjača.¹⁸ Dinamičko uže nije predviđeno da nosi opterećenje penjača, tj. da se penjača zateže dinamičkim užetom. Ono služi kao osiguranje pri padu i *abseil*-u¹⁹. Iskustveno se pokazalo imati optimalnih 30 m dinamičkog užeta jer nije preveliko, a omogućuje penjanje dionica do 15 m visine u jednoj izmjeni. Ako se radi o mokrom i blatnom objektu, ispod užeta se može podmetnuti najlon kako bi ostao čist. Blato može znatno ograničiti rad pojedinih komada opreme za penjanje. Penjač za sobom na pojasu vuče jedan kraj semistatičnog užeta koje tijekom penjanja služi kao linija za komunikaciju (dodavanje komada opreme), a kasnije kao linija za napredovanje. Zbog opasnosti od pada prilikom penjanja, preporuča se nošenje penjačkog pojasa jer se ono razlikuje u težištu. Ono ima više težište koje omogućava da se nastala sila prilikom pada u kombinaciji s užetom bolje apsorbira uz minimalna oštećenja i smanjuje mogućnost prevrtanja. Penjački pojas se rijetko nosi u jamu zbog težine i pohrane ostale nužne opreme u transportnim torbama. Ako se penje u speleološkom pojasu, težište je moguće povisiti provlačenjem užeta kroz karabiner prsnog pojasa. Dobar primjer je prsni pojas *MTDE Garma*²⁰.

Ukoliko se penje s karabinerima s maticom, bitno je da se matice pri penjanju zatvaraju i to prema dolje. Ukoliko se koriste karabineri bez matice, važno je da se postavljaju na način da su vratašca karabinera okrenuta u suprotnu stranu od namjeravanog smjera napredovanja (pr. ako se penje prema lijevo gore, vratašca moraju biti okrenuta prema desno). Potom se u sidrište ubacuje dinamičko uže iznutra prema van, te se zatvara bravica karabinera. Bitno je obratiti pozornost na udaljenost dvaju međusidrišta (međuosiguranja) kako penjač, uslijed pucanja zadnjeg međusidrišta, ne bi udario od pod. Iznimku čine prvo i drugo međusidrište gdje je takvu situaciju gotovo nemoguće izbjeći. Ukoliko se iz tehničkog penjanja prelazi u slobodno, poželjno je napraviti dvostruko međusidrište iz sigurnosnih razloga zbog pada s većih visina.

Ako postavljeno međusidrište nije pouzdano, pristupa se tzv. *bounce* testu. U međusidrište se ubacuju ljestve za penjanje. Penjač staje u ljestve i skače po njima. Tek kada se međusidrište pokazalo pouzdanim, u njega se ubacuje dinamičko uže za osiguranje.

Naredne ilustracije prikazuju upotrebu alpinističkih ljestvi, no iste se mogu zamijeniti stremenom, zamkom i/ili gurnama različitih veličina na koju se vežu uzlovi za potrebe podesta.

¹⁸ Rnjak. G. et al (2019): Speleologija – II. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Speleološko društvo "Velebit", Hrvatski planinarski savez, Hrvatska gorska služba spašavanja, Zagreb. 322-323.

¹⁹ *Absail* je sigurno spuštanje penjača s dijela na kojem je penjao. Može ga primijeniti penjač samostalno ili uz pomoć osobe koja ga je osiguravala tokom penjanja.

²⁰ Upute za korištenje s tehničkim podatcima na engleskom jeziku: <https://www.elevatedclimbing.com/products/garma-chest-harness>

5.1. Tehnike penjanja uz upotrebu osobne speleološke opreme

Prva metoda podrazumijeva upotrebu pupkova po koracima:

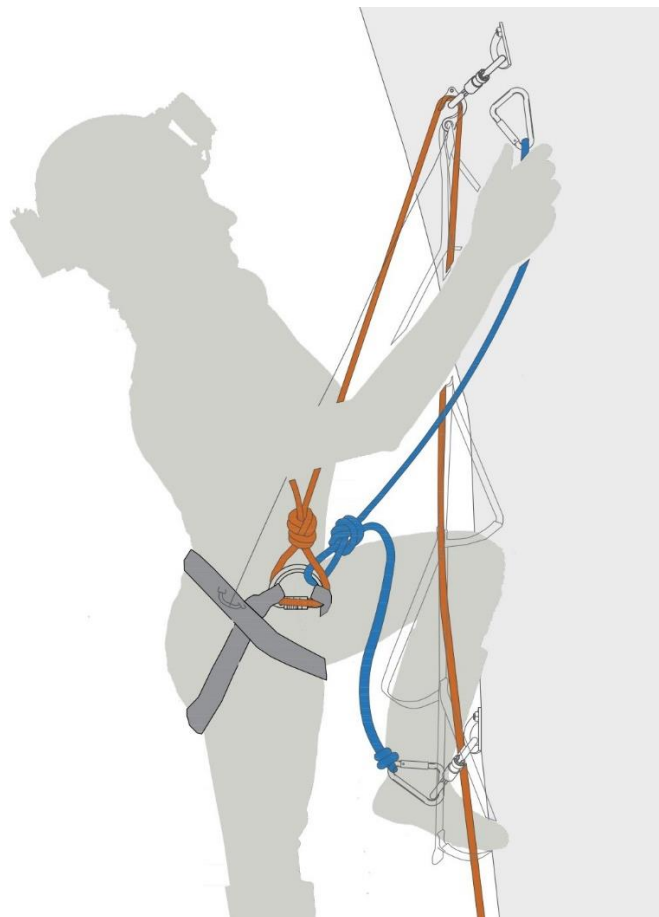
KORAK 1: Penjač izrađuje međusidrište i ubacuje dinamičko uže u karabiner te zatvara bravicu karabinera.

KORAK 2: U međusidrište ubacuje ljestve ili stremen. Penjač se ustaje na ljestve i ubacuje kratki pupak u međusidrište. Osoba koja osigurava penjača zateže dinamičko uže.

KORAK 3: Penjač se ustaje do najviše razine ljestvi te izrađuje sljedeće međusidrište i ubacuje dinamičko uže u karabiner te zatvara bravicu karabinera.

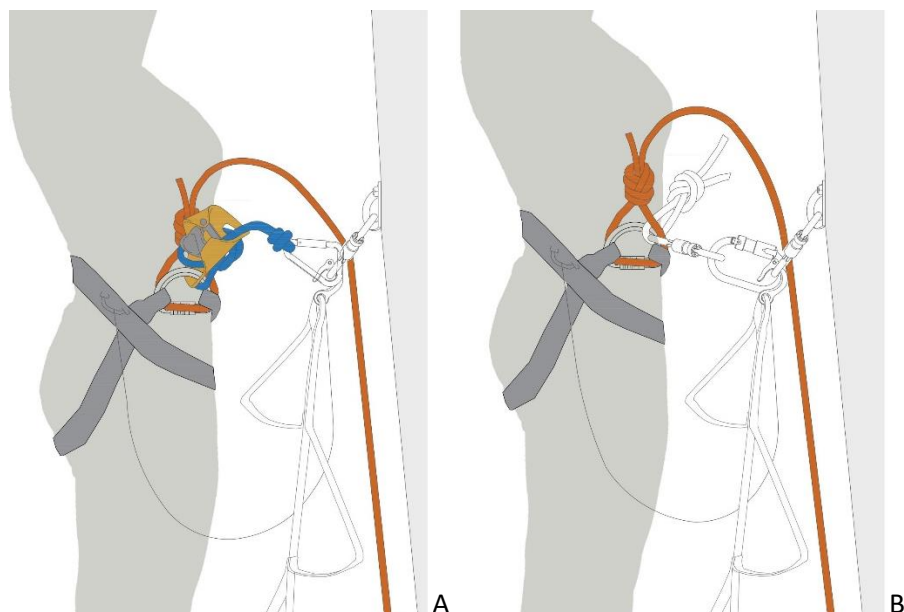
KORAK 4: U međusidrište ubacuje ljestve ili stremen. Penjač se ustaje na ljestve i ubacuje dugi pupak u međusidrište. Osoba koja osigurava penjača zateže dinamičko uže.

KORAK 5: Kada je penjač ubacio dugi, prebacuje kratki pupak i druge ljestve ili stremen ako ih ima. Potom slijedi izrada sljedećeg međusidrišta.



Ilustracija 5. Tehničko penjanje uz korištenje osobne speleološke opreme i ljestvi. Autorica: Anita Trojanović

Kratki pupak moguće je skratiti koristeći *croll*. Pritom treba podesiti prsni pojas kako ne bi došlo do zatezanja vrata i gornjeg dijela tijela. Također, umjesto kratkog pupka, moguće je koristiti jedan ili dva ovalna karabinera kako bi se penjač približio stijeni i mogao dosegnuti veći raspon između sidrišta. Karabineri se ukopčavaju u nizu u centralni karabiner.



Ilustracija 6. A: Skraćivanje pupka pomoću crolla, B: Penjanje uz niz dvaju karabinera na centralnom karabineru.
Autorica: Anita Trojanović

5.2. Connect Adjust

Connect Adjust je prvi u nizu podesivih pupkova koji se koriste u tehničkom penjanju. Pričvršćuje se na centralni karabiner provlačenjem kroz središnju omču koristeći kaubojski uzao. *Connect Adjust* koristi se po sljedećim koracima:

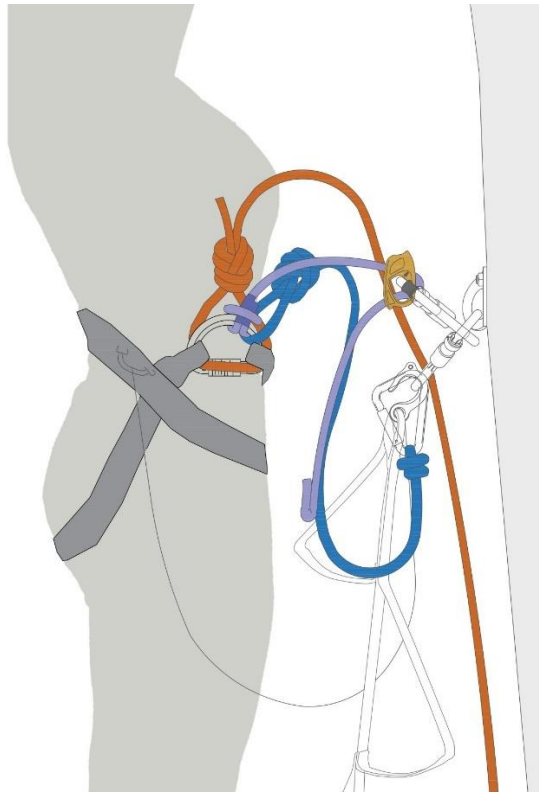
KORAK 1: Penjač izrađuje međusidrište i ubacuje dinamičko uže u karabiner te zatvara bravicu karabinera.

KORAK 2: U međusidrište ubacuje ljestve ili stremen te *Connect Adjust*. Penjač se ustaje na ljestve i zateže *Connect Adjust* na način da povlači kraj užeta prema tijelu. Dodatno ubacuje kratki pupak u međusidrište. Osoba koja osigurava penjača zateže dinamičko uže.

KORAK 3: Penjač se ustaje do najviše razine ljestvi te izrađuje sljedeće međusidrište i ubacuje dinamičko uže u karabiner te zatvara bravicu karabinera. Prilikom izrade međusidrišta penjač može regulirati dužinu *Connect Adjust*-a.

KORAK 4: U međusidrište ubacuje ljestve ili stremen. Penjač se ustaje na ljestve i ubacuje *Connect Adjust* u međusidrište. Osoba koja osigurava penjača zateže dinamičko uže.

KORAK 5: Prije nego je skroz zategnuo uže *Connect Adjust*-a, penjač prebacuje kratki pupak iz donjeg u gornje međusidrište, a potom druge ljestve ili stremen ako ih ima. Slijedi izrada sljedećeg međusidrišta.



Ilustracija 7. Pozicija podesivog pupka Connect Adjust i običnog pupka prilikom izrade novog sidrišta. Autorica: Anita Trojanović

5.3. Dual Connect Adjust.

Za razliku od *Connect Adjust*-a, *Dual* uz podesivi dio ima i fiksni koji zamjenjuje standardni pupak na speleološkom pojasu. Redoslijed radnji je isti kao kod *Connect Adjust*-a i prikazan je po koracima:

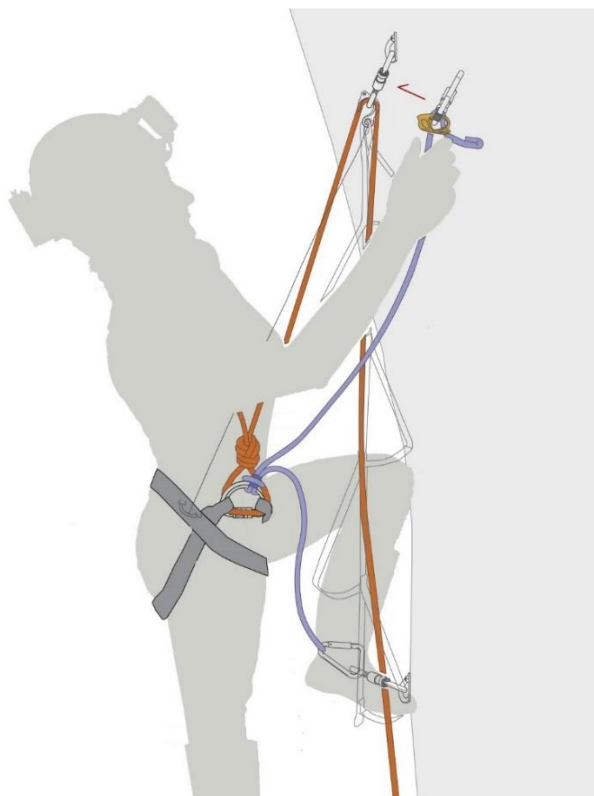
KORAK 1: Penjač izrađuje međusidrište i ubacuje dinamičko uže u karabiner te zatvara bravicu karabinera.

KORAK 2: U međusidrište ubacuje ljestve ili stremen te podesivi dio *Dual Connect Adjust*. Penjač se ustaje na ljestve i zateže podesivi dio na način da povlači kraj užeta prema tijelu. Zatim ubacuje fiksni dio *Dual Connect Adjust*-a u međusidrište. Osoba koja osigurava penjača zateže dinamičko uže.

KORAK 3: Penjač se ustaje do najviše razine ljestvi te izrađuje sljedeće međusidrište i ubacuje dinamičko uže u karabiner te zatvara bravicu karabinera. Prilikom izrade međusidrišta penjač može regulirati dužinu podesivog dijela *Dual Connect Adjust*-a.

KORAK 4: U međusidrište ubacuje ljestve ili stremen. Penjač se ustaje na ljestve i ubacuje podesivi dio *Dual Connect Adjust*-a u međusidrište. Osoba koja osigurava penjača zateže dinamičko uže.

KORAK 5: Prije nego je skroz zategnuo podesivi dio, penjač prebacuje fiksni dio *Dual Connect Adjust*-a iz donjeg u gornje međusidrište, a potom druge ljestve ili stremen ako ih ima. Slijedi izrada sljedećeg međusidrišta.



Ilustracija 8. Prebacivanje podesivog pupka Dual Connect Adjust-a i pozicija fiksnog pupka nakon izrade međusidrišta te ubacivanja dinamičkog užeta. Autorica: Anita Trojanović

5.4. *Evolv Adjust*

Ovaj pupak sadrži dva podesiva kraka i izostavlja upotrebu standardnog pupka na pojasu. Naredna ilustracija prikazana je uz korištenje dvaju ljestvi po koracima:

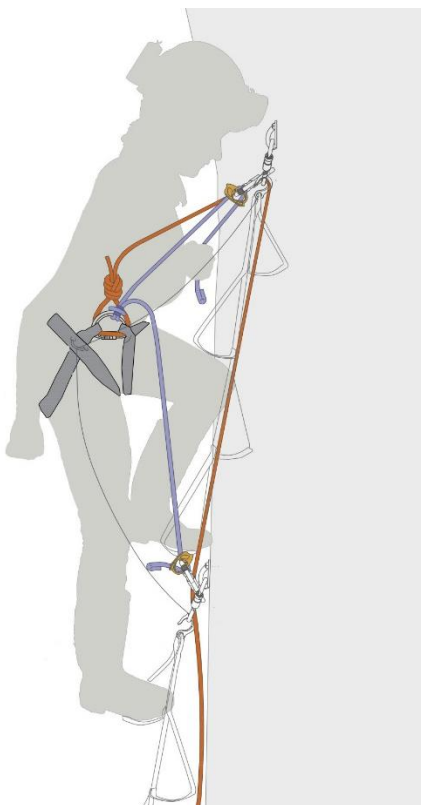
KORAK 1: Penjač izrađuje međusidrište i ubacuje dinamičko užje u karabiner te zatvara bravicu karabinera.

KORAK 2: U međusidrište ubacuje ljestve te jedan podesivi krak *Evolv Adjust*-a. Penjač se ustaje na ljestve i zateže prvi podesivi dio na način da povlači kraj užeta prema tijelu. Zatim ubacuje drugi krak *Evolv Adjust*-a u međusidrište. Osoba koja osigurava penjača zateže dinamičko užje.

KORAK 3: Penjač se ustaje do najviše razine ljestvi te izrađuje sljedeće međusidrište i ubacuje dinamičko užje u karabiner te zatvara bravicu karabinera. Prilikom izrade međusidrišta penjač može regulirati dužinu prvog, tj. zategnutog kraka *Evolv Adjust*-a.

KORAK 4: U međusidrište ubacuje druge ljestve. Penjač se ustaje na ljestve i ubacuje drugi krak *Evolv Adjust*-a (nezategnuti) u međusidrište. Osoba koja osigurava penjača zateže dinamičko užje.

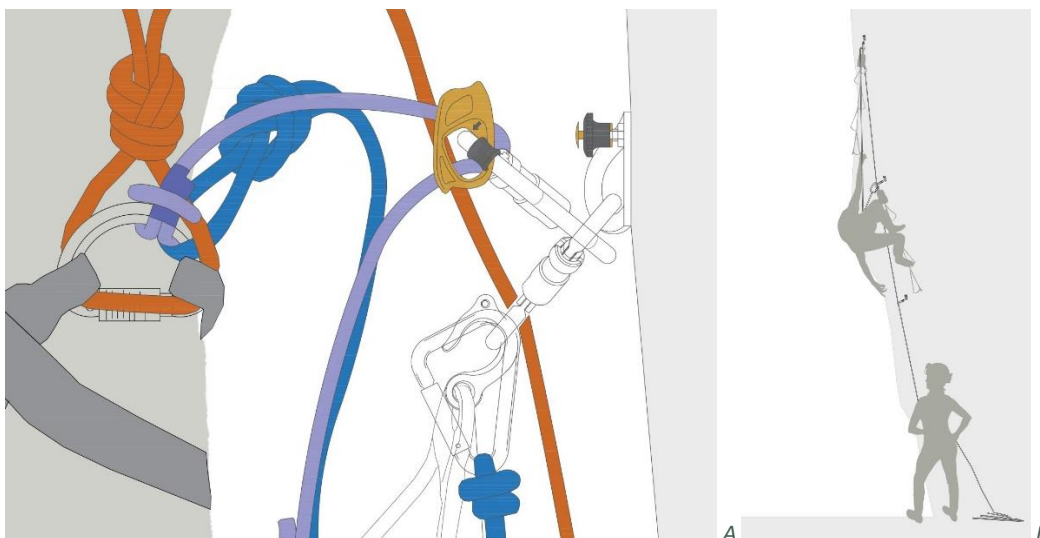
KORAK 5: Dok zateže drugi podesivi krak u međusidrištu iznad, penjač lagano popušta prvi krak *Evolv Adjust*-a koji je ostao zategnut u donjem međusidrištu te ga prebacuje u međusidrištu iznad. Potom prebacuje druge ljestve u međusidrište. Slijedi izrada sljedećeg međusidrišta.



Ilustracija 9. Zatezanje gornjeg podesivog pupka Evolv Adjust i pozicija donjeg podesivog kraka nakon postavljanja međusidrišta i dinamičkog užeta. Penjanje s dvije ljestve. Autorica: Anita Trojanović

5.5. Upotreba mobilnog sidrišta Petzl PULSE Ø8 mm

Sve se češće koriste mobilna sidrišta u tehničkom penjanju. Ovisno o dužini penja, ostavlja se nekoliko fiksnih sidrišta u slučaju pada. Preporučeni omjer čine 2 mobilna + 1 standardno fiksno međusidrište. S mobilnim sidrištem se brže penje u odnosu na izradu klasičnog međusidrišta. Ako se penje s manjim brojem mobilnih sidrišta, moguće ih je vaditi s nižih razina i koristiti za naredna međusidrišta.



Ilustracija 10. A: Upotreba mobilnog sidrišta, B: Skupljanje mobilnih sidrišta s nižih razina penja. Autorica: Anita Trojanović

5.6. Raumer Climbing System STICK-UP

Sljedeća metoda penjanja ilustrativno je prikazana od strane proizvođača, i to po koracima:

KORAK 1: Izbor pogodnog mjesta za izradu sidrišta koristeći tome namijenjenu *Alien* pločicu sa sidrišnim vijkom.

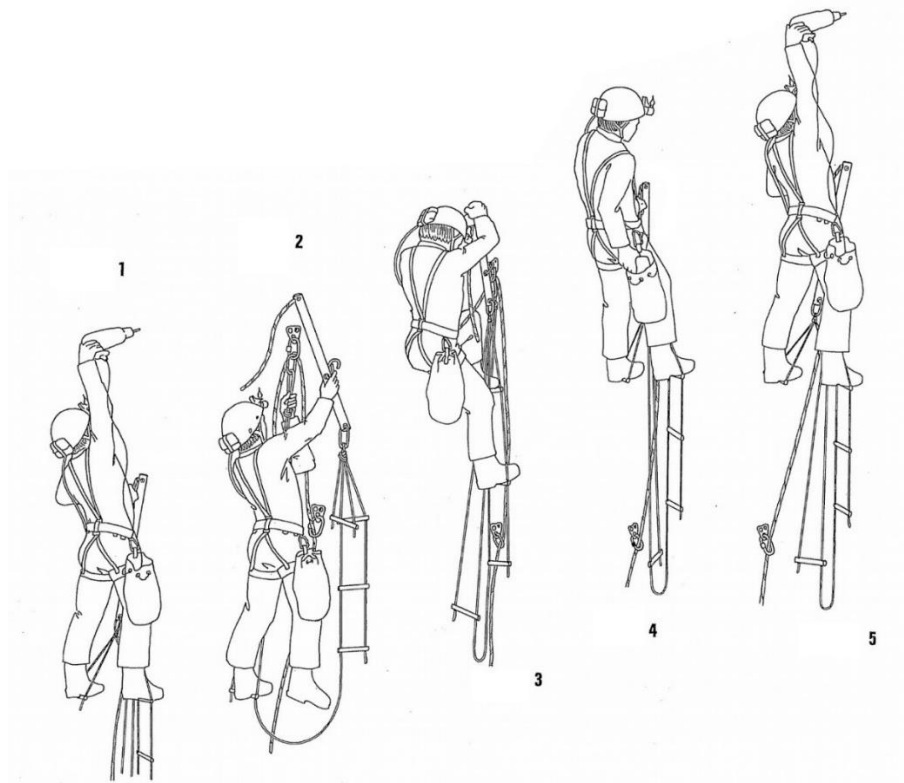
KORAK 2: U donju rupu pločice ubacuje se karabiner, s desna na lijevo, kroz kojeg prolazi dinamičko užje. U isti karabiner ubacuje se duži segment ljestvi s jednim podestom. Nakon što se penjač ustane na podest, u gornju rupu pločice se, s lijeva na desno, ubacuje aluminijska šipka pomoću karabinera koji se nalazi na polovici šipke.

KORAK 3: Penjač se ustaje na kraće ljestve koje vise sa šipke, ubacuje komad užeta s vrha šipke u *croll* i navlači se do kraja. Povlači za sobom duži segment ljestvi koji je ostao na sidrištu ispod. Važno je napomenuti da penjač ne smije sjesti u *croll* i rasteretiti ljestve jer može doći do okretanja šipke i pada.

KORAK 4: Poželjno je da penjač stoji na najvišim podestima ljestvi kako bi ostvario što veći raspon među sidrištima. Potom se priprema za izradu novog međusidrišta.

KORAK 5: Kad je postigao maksimalnu stabilnost, penjač uzima bušilicu i kreće u izradu sljedećeg sidrišta.

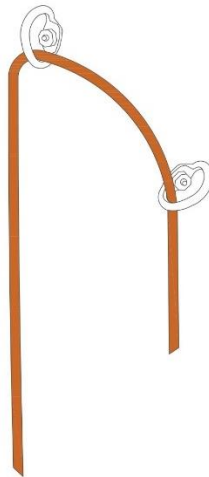
Ova metoda omogućuje veliki raspon između međusidrišta i time se povećava koeficijent pada u slučaju popuštanja jednog međusidrišta.



Ilustracija 11. Tehničko penjanje uz upotrebu Raumer Climbing System STICK-UP (Izvor: <https://www.raumerclimbing.com/en/products/classic/stick-up-for-cave-climbing/climbing-system-stick-up-art-201-202/>)

6. Absail i raspreamanje penja

Postoji više načina *absail*-a. Ovisno je li se penjač sam spušta ili ga spušta osoba koja ga je osiguravala. Također, prilikom *absail*-a užeta može biti fiksno ili prolaziti kroz *ring*-ove. Najprije se na vrhu penja pravilno usmjeravaju dva *ring*-a kroz koje prolazi užeta. Posebna pozornost se odnosi na strane opterećenja, te odmjeravanje užeta da s obje strane bude jednako i da se na krajevima užeta veže uzao. Užeta se mogu spajati s dvostrukim zateznim uzlom ako za to postoji potreba prilikom *absail*-a, ali treba paziti s koje strane *ring*-ova se nalazi uzao.



Ilustracija 12. Izrada dvostrukog sidrišta i pravilan položaj ring-ova prilikom raspreamanja. Autorica: Anita Trojanović

Prilikom *absail*-a speleolog penjač se osigurava na način da na kraju osiguravajućeg užeta veže osmicu, provuče karabiner s maticom kroz uzao i ubacuje ga u centralni karabiner tako da je matica okrenuta prema penjaču s bravicom prema dolje.



Ilustracija 13. Osiguranje penjača dinamičkim užetom prilikom *absail*-a. Autorica: Anita Trojanović

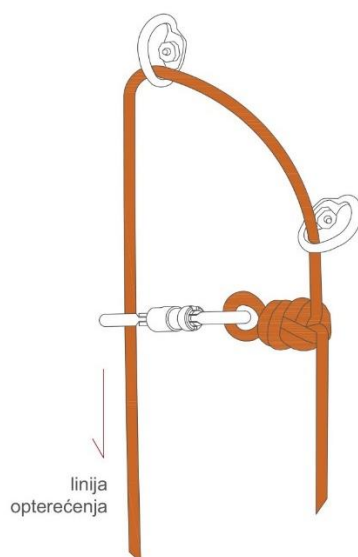
Kako penjač ne bi riskirao ispadanje osiguravajućeg užeta iz ruku prilikom razvezivanja uzla upletena osmica, osiguravajuće užeta provlači kroz *ring*-ove na duplo i izrađuje dodatnu osmicu. Ubacuje ju u centralni karabiner i potom razvezuje upletenu osmicu. Ovo se primjenjuje kad se penjač sam spušta ili osoba koja ga je osiguravala.



Ilustracija 14. Provlačenje osiguravajućeg užeta kroz ring-ove i izrada uzla. Autorica: Anita Trojanović

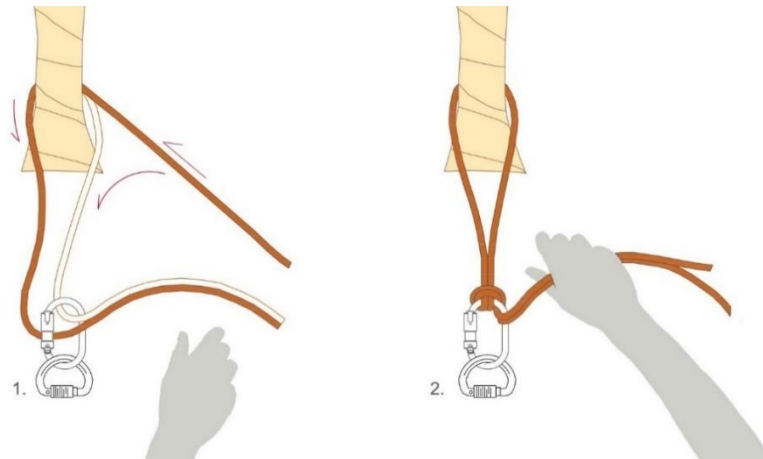
Prvi od načina silaska s penja je da se penjač sam spusti. Uže se provuče kroz *ring*-ove s lijeva na desno. Na kraju užeta s desne strane vezuje osmicu i kroz ušicu osmice provlači ovalni karabiner s maticom kojeg ubacuje u centralni karabiner. Uzao se ovom prilikom ubacuje s desne strane kako bi se nesmetano moglo rukovati spravom za spuštanje. Na lijevoj strani se uže uplete u *Stop descender* ili *gri-gri*. U ovom slučaju uže prolazi kroz *ring*-ove, a opterećenje na *Stop descender*-u ili spravi *gri-gri* je maksimalno pola penjačeve težine zbog čega uže može prolaziti sporo i ponekad teško.

Drugim načinom penjač na provučenom užetu radi uzao kroz koji provlači karabiner. Ako nema karabinera, druga polovica užeta može se provući kroz ušicu uzla. Karabinerom hvata lijevu polovicu užeta i po njoj se spušta koristeći *Stop descender*. Jako je bitno paziti po kojoj se strani užeta penjač spušta. Također, vrlo je važno odmjeriti jednake dužine užeta s obje strane *ring*-ova. Ovaj način spuštanja zove se *žmik* i uže je fiksno prilikom spuštanja.



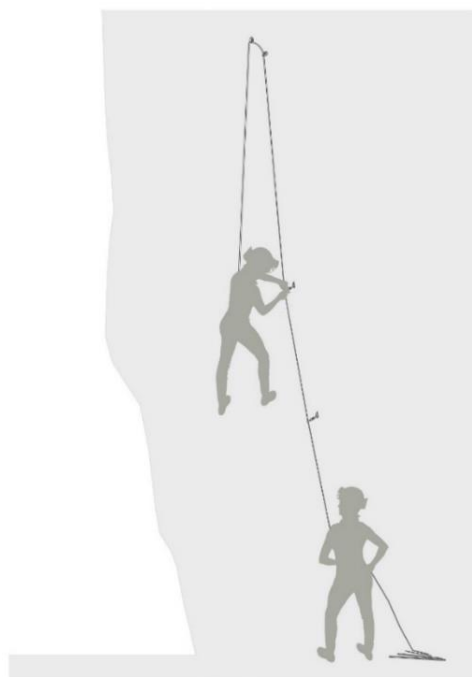
Ilustracija 15. Žmik. Autorica: Anita Trojanović

Treći način je samostalno spuštanje penjača preko uzla polulađarac. To je najpraktičniji način *absail*-a ako se penjač, uslijed manjka sidrišnih vijaka ili punjenja na bateriji bušilice, mora spustiti preko prirodnog sidrišta da uže ne "curi". Uže se odmjeri na pola i provuče iza stalagnata. Polulađarac se uplete u karabiner na centralnom karabineru. Penjač s desne strane prima obje strane užeta i propušta uže kroz šaku prilikom spuštanja. Potrebno je naglasiti opasnost prirodnih sidrišta koja lako mogu puknuti i što uže direktno dodiruje sigu. Uže se može zaglaviti do mjere da se ne može izvući ili se oštećuje zapinjući od oštrog dijelove sige ili stijene.



Ilustracija 16. Spuštanje sa stalagnata pomoću polulađarca. Autorica: Anita Trojanović

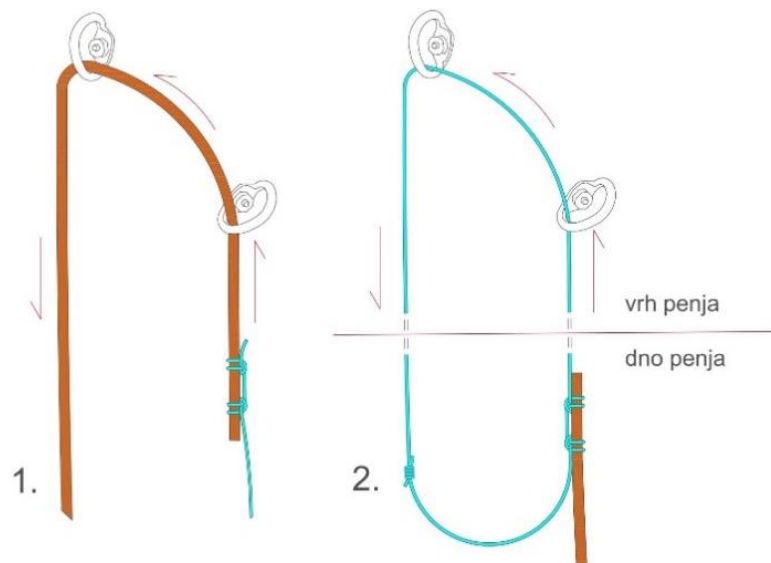
Četvrti način je kad osoba koja je osiguravala spušta penjača koristeći *Stop descender* ili *gri-gri*. Penjač na kraju užeta, nakon što ga je provukao kroz ringove vezuje osmicu i kroz ušicu provlači karabiner s maticom kojeg ubacuje u centralni karabiner. Također, postoji i način da osoba blokira spravu s kojom je osiguravala penjača, a penjač se spusti po strani kojeg je provukao kroz dvostruko sidrište.



Ilustracija 17. Način raspripremanja sidrišta u paru. Autorica: Anita Trojanović

U slučaju da će se penjanje nastaviti ili je penj ključan za prolazak u nove dijelove speleološkog objekta, penj se može trajno opremiti sa polustatičnim užetom kojeg je penjač vukao na pojasu. Na vrhu je obavezno napraviti dvostruko sidrište.

Druga opcija je da se privremeno raspremi provlačenjem tankog užeta debljine 1.5 do 3 mm. Nakon *absail-a*, prije nego se izvuče uže, na kraj užeta se veže kraj tankog užeta (primjerice dvostrukim vrzним uzlom). Nakon što su oba kraja tankog užeta dosegla pod, krajevi se spoje u petlju. Sljedećom prilikom kada se želi ponovno opremiti penj, s dvostrukim se vrzним uzlom tanko uže veže za semistatično uže i provuče kroz *ring-ove*. Jedna polovica užeta se fiksira, dok se po drugoj penje do sidrišta uz obavezno vezivanje osiguravajućeg uzla na dnu užeta.



Ilustracija 18. 1. Privremeno rasporemanje uz postavljanje tankog užeta, 2. Ponovno opremanje penja. Autorica: Anita Trojanović

7. Opasnosti u tehničkom penjanju

7.1. Objektivne

Najčešće je riječ o odronima koje nenamjerno prouzrokuje penjač. Odnosi se primjerice na odron hvatišta rukom ili nogom te pad kamena ili blata s visine. Osoba koja osigurava mora biti u stalnom oprezu i ne biti na direktnom pravcu ispod penjača. Ukoliko penjač osjeti da je pokrenuo odron, šalje upozorenje vikanjem: "Kamen!".

7.2. Subjektivne

Osoba koja penje mora suvereno vladati svim tehnikama koje se primjenjuju u penjanju. Od penjača se očekuje da prethodno ima iskustva u opremanju speleoloških objekata kako bi jasno ocijenio svako mjesto za postavljanje međusidrišta. Potrebno je koristiti opremu na adekvatan način, poznavati sve karakteristike i mogućnosti upotrebe. Svaki komad opreme mora biti vezan na pojas penjača kako pri padu ne bi ozlijedilo osobu koja osigurava ili uništio opremu. Najveću opasnost pri padu i ozljeđivanju predstavlja bušilica zbog svoje težine i svrdla. Loša fizička i psihička spremnost sprečava penjača u pravilnom izvođenju navedenih radnji. U trenutku pada, penjač mora ostati priseban i vikati: "Padam!".

7.3. Faktor pada

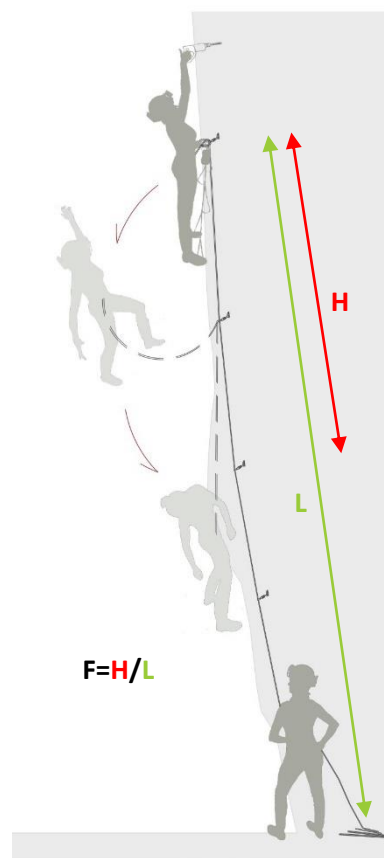
Faktor pada (F) je omjer visine pada (H) i duljine užeta koje apsorbira energiju pada (L):

$$F = H/L.$$

Faktor pada u speleologiji ne smije biti veći od 1.²¹ Ako se pri padu doda duljina istezanja užeta, onda se ukupna duljina pada penjača iskazuje formulom:

$$H = 2h + a + \epsilon (h + a)$$

Čiji simboli označavaju: H – ukupna duljina pada penjača; h – duljina dionice koja se popela od sidrišta koje zaustavlja pad; a – duljina popuštanja užeta, ϵ - duljina istezanja užeta.



Ilustracija 19. Faktor pada.
Autorica: Anita Trojanović

²¹ Rnjak, G. et al. (2019): Speleologija – II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje. PDS Velebit, Hrvatski planinarski savez i Hrvatska gorska služba spašavanja. Zagreb, 329.

8. Testiranje mobilnog sidrišta *Petzl PULSE* Ø8 mm

Jedan od najvećih proizvođača specijalizirane sportske opreme *Petzl*, 2018. godine je na tržište plasirao proizvod *PULSE* Ø8 mm. Dobivši poziv od strane proizvođača, speleolozi iz SO PDS "Velebit" imali su priliku prvi u Hrvatskoj testirati proizvod nakon što su u dva navrata primili 9 uzoraka mobilnog sidrišta.²² Njihov zadatak bio je u određenom periodu i učestalom korištenju podijeliti iskustva, pratiti eventualne promjene na proizvodu i odgovoriti na postavljena pitanja od strane proizvođača. U početku su speleolozi bili skeptični jer se na mobilnom sidrištu okreće aluminijska "L" pločica, što je do sada bila nepoznanica. No s vremenom su se naviknuli na rad s mobilnim sidrištem i šalju pozitivan utisak nakon korištenja. Prepoznali su u proizvodu praktično rješenje za istraživanje speleoloških objekata u zaštićenim područjima prirode gdje se ne ostavljaju sidrišni vijci u stijeni kao što je bilo do sada.

	OCEUR PULSE Ø 12 mm >25 Mpa	PULSE Ø 8 mm >25 Mpa
	25 kN	15 kN
	20 kN	12 kN

Tablica 1. Nosivost mobilnih sidrišta *Petzl PULSE* Ø12 i Ø8 mm.
Izvor: <https://www.petzl.com/INT/en/Sport/Anchors/PULSE-8-mm>

Obzirom na sve učestaliju upotrebu *Petzl PULSE* mobilnog sidrišta Ø8 mm prilikom tehničkog penjanja, testirana je njihova nosivost na stijeni i sigovini pomoću prijenosne hidraulične kidalice²³ metodama smicanja i vlačnog naprezanja. Vrijednosti su izražene u kN (kilonjutn) jer je u istoj jedinici izražena nosivost predmetnog proizvoda, kao i većina opreme od spomenutog proizvođača. Tablično su prikazane najviše i lomne vrijednosti sidrišta. Mobilno sidrište nakon prestanka djelovanja sile ostaje deformirano i svakim daljnjim naprezanjem elongacija raste do najveće vrijednosti, da bi na kraju uslijed naglog slabljenja materijala (popuštanja sidrišta) došlo do pucanja na najnižoj, odnosno lomnoj vrijednosti.²⁴ Kako bi se usporedili rezultati u kN, testirani su sidrišni vijci *Raumer HANG FIX* inox M8L i građevinski sidrišni vijak *Mungo M2 8x80* plavo pocinčani koji se često koriste u tehničkom penjanju. Navedenim metodama, ispitana su po dva primjerka na stijeni i dva na sigovini. Rezultati testiranja na stijeni sidrišnih vijaka *Raumer HANG FIX* inox M8L i građevinskih sidrišnih vijaka *Mungo M2 8x80* plavo pocinčani preuzeti su iz instruktorskog rada Gorana Jerkovića na temu "Korištenje sidrenog vijka u speleologiji" (2024).

²² Selaković, T., Čajko, D. (2021): *Petzl testing u Velebitu*. *Velebiten*, 2021/55, Zagreb. 88-89.

²³ Prijenosna kidalica izrađena je za potrebe instruktorskog rada Gorana Jerkovića na temu "Korištenje sidrenog vijka u speleologiji" (2024). Glavni dio kidalice čini hidraulični cilindar koji u sprezi s ručnom hidrauličnom pumpom generira maksimalni tlak od 500 bara. Cilindar postiže vučnu silu približno 50 kN.

²⁴ Kraut, B. (2009): *Strojarski priručnik*. Tehnička knjiga, Zagreb. 112-123.

8.1. Smicanje

Smicanje, smik, posmik ili odrez je opterećenje čvrstog tijela silama koje djeluju u ravnini nekog presjeka tijela, a nastoje izazvati paralelno klizanje jednoga dijela presjeka (tankog sloja) u odnosu na drugi.²⁵ Najčešća je vrsta opterećenja koje se stvara na sidrišta prilikom napredovanja na užetu u speleološkom objektu.

Tablica 2. Testiranje sidrišnog vijka Raumer HANG FIX inox M8L smicanjem

SMICANJE: Raumer HANG FIX inox M8L	Smicanje na sigovini 1	Smicanje na sigovini 2	Smicanje na stijeni 1	Smicanje na stijeni 2
Najveća vrijednost	19.9 kN	X kN	20.4 kN	28.2 kN
Lomna vrijednost	16.4 kN	X kN	19.9 kN	28.1 kN
Zapažanja	Sidrište je puklo unutar sige. Siga se minimalno razmrvila u gornjim slojevima.	Sidrište se prilikom zatezanja ključem izvuklo gotovo 2/3 dužine zbog šupljina u sigovini stoga nije podvrgnuto testiranju.	--	--

Tablica 3. Testiranje građevinskog sidrišnog vijka Mungo M2 8x80 plavo pocinčani smicanjem

SMICANJE: Mungo M2 8x80 plavo pocinčani	Smicanje na sigovini 1	Smicanje na sigovini 2	Smicanje na stijeni 1	Smicanje na stijeni 2
Najveća vrijednost	24 kN	25.2 kN	19.7 kN	18.4 kN
Lomna vrijednost	24 kN	-- kN	18.2 kN	18.2 kN
Zapažanja	Sidrište je puklo i vidi se nakrivljenost vijka u smjeru zatezanja. Siga se minimalno razmrvila u gornjim slojevima.	Nije došlo do pucanja ni izvlačenja sidrišta jer je dosegnuta maksimalna jačina i raspon kidalice.	--	--

²⁵ Smicanje, Hrvatska enciklopedija: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/smicanje>

Tablica 4. Testiranje mobilnog sidrišta Petzl PULSE Ø8 mm smicanjem

SMICANJE: Petzl PULSE Ø8 mm	T3: Smicanje na sigovini 1	T4: Smicanje na sigovini 2	T7: Smicanje na stijeni 1	T8: Smicanje na stijeni 2
Najveća vrijednost	9.1 kN	20.7 kN	13.7 kN	18.6 kN
Lomna vrijednost	4.1 kN	-	6.5 kN	14 kN
Zapažanja	Sidrište se izvuklo iz sige. Vijak i pločica su se iskrivili, oboje s odklonom od 3 mm. Siga se minimalno razmrvila u gornjim slojevima.	Nije došlo do pucanja ni izvlačenja sidrišta jer se nasuprotno/nosivo sidrište napravljeno od Raumer HANG FIX inox M8L sidrišnog vijka počelo izvlačiti pod pritiskom kidalice, te se iskrivio ovalni čelični karabiner. Kasnije se mobilno sidrište ručno izvuklo iz sige. Vijak i pločica su se iskrivili, oboje s odklonom od 7 mm. Siga se minimalno razmrvila u gornjim slojevima.	Sidrište se izvuklo iz stijene. Vijak i pločica su se iskrivili, vijak s odklonom 13 mm, a pločica 17 mm. Sidrište je ciljano postavljeno uz rub stijenskog bloka. Stijena se raspukla duž jedne pukotine na površini od 20 cm ² .	Prilikom testiranja je došlo do puknuća aluminijske pločice. Vijak se prethodno izvukao 8 mm iz stijene i vidljivo je iskrivljenje u gornjem dijelu sidrišta.



Fotografija 10. Test T3: Izgled mobilnog sidrišta nakon smicanja na sigovini. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 11. Test T4: Položaj kidalice i mobilnog sidrišta prilikom smicanja na sigovini. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 12. Test T7: Izgled raspuknute stijene nakon smicanja mobilnog sidrišta. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 13. Test T8: Mobilno sidrište ostalo u stijeni prilikom smicanja. Autorica: Anita Trojanović

Metodom smicanja *Petzl PULSE* mobilnog sidrišta $\varnothing 8$ mm na stijeni, rasponi između najveće i lomne vrijednosti su bili slični, no međusobne razlike između testova su očekivane obzirom na različitost stijene i pozicije na stijeni. U slučaju testova na sigovini vrijede oprečni zaključci. Prilikom testa T4 došlo je do izvlačenja nosivog sidrišta. Stoga vrijedi mišljenje da je potrebno dalje testirati mobilno sidrište na različitim vrstama sigovine i u većim količinama u odnosu na broj pokušaja koje je bilo moguće provesti ovim radom.

8.2. Vlačno naprezanje

Vlačno naprezanje, rastezanje ili osno naprezanje je opiranje djelovanju vanjske sile okomito na graničnu plohu tijela i usmjereno od tijela prema van.²⁶ Ova vrsta naprezanja se događa prilikom prelaska prečnica, međusidrišta u vertikalama i prilikom tehničkog penjanja kada se prelazi na sljedeću dionicu penja. Usporedbe radi, metodom smicanja testirani su sidrišni vijci *amer HANG FIX* inox M8L i građevinski vijak Mungo M2 8x80 plavo pocinčani koji se često koriste u tehničkom penjanju.

²⁶ Vlačno naprezanje, Hrvatska enciklopedija: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/naprezanje>

Tablica 5. Testiranje Raumer HANG FIX inox M8L vlačnim naprezanjem

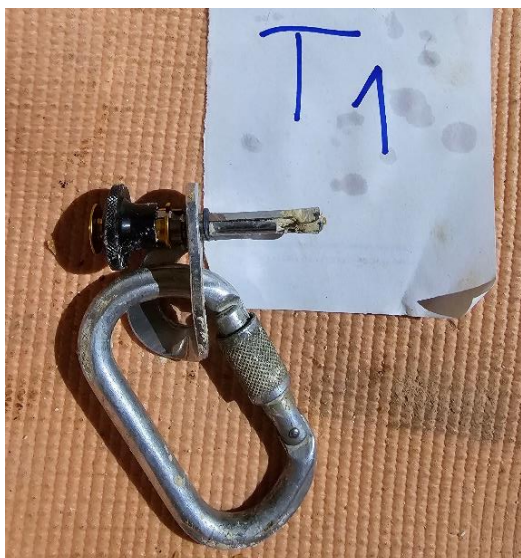
VLAČNO NAPREZANJE: Raumer HANG FIX inox M8L	Vlačno naprezanje na sigovini 1	Vlačno naprezanje na sigovini 2	Vlačno naprezanje na stijeni 1	Vlačno naprezanje na stijeni 2
Najveća vrijednost	18.8 kN	14.6 kN	22.3 kN	22.4 kN
Lomna vrijednost	18.8 kN	14.6 kN	22.1 kN	21.9 kN
Zapažanja	Sidrišni vijak je puknuo. Siga se minimalno razmrvila u gornjim slojevima.	Sidrišni vijak je puknuo. Siga se minimalno razmrvila u gornjim slojevima.	--	--

Tablica 6. Testiranje građevinskog sidrišnog vijka Mungo M2 8x80 plavo pocinčani vlačnim naprezanjem

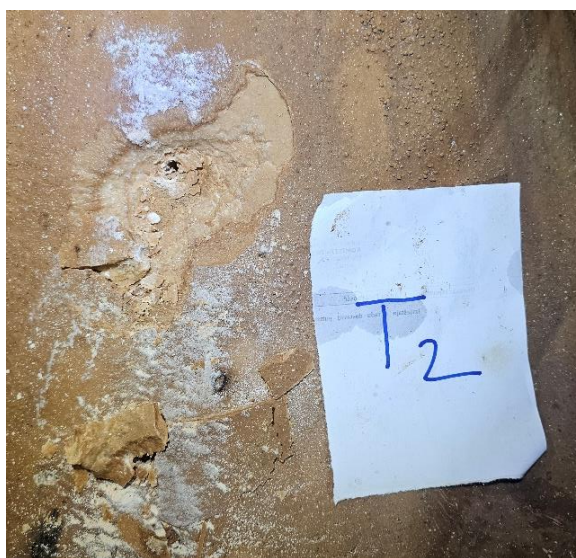
VLAČNO NAPREZANJE: Mungo M2 8x80 plavo pocinčani	Vlačno naprezanje na sigovini 1	Vlačno naprezanje na sigovini 2	Vlačno naprezanje na stijeni 1	Vlačno naprezanje na stijeni 2
Najveća vrijednost	-- kN	12.3 kN	25.4 kN	22.6 kN
Lomna vrijednost	-- kN	4.6 kN	25.1 kN	22.6 kN
Zapažanja	Sidrište se vrlo brzo i lako izvuklo iz sige nakon nekoliko sekundi naprezanja dosegnuvši tek 12 bara.	Sidrište se izvuklo iz sige koja se razmrvila.	--	--

Tablica 7. Testiranje mobilnog sidrišta Petzl PULSE Ø8 mm vlačnim naprezanjem

VLAČNO NAPREZANJE: Petzl PULSE Ø8 mm	T1 Vlačno naprezanje na sigovini 1	T2 Vlačno naprezanje na sigovini 2	T5 Vlačno naprezanje na stijeni 1	T6 Vlačno naprezanje na stijeni 2
Najveća vrijednost	3.1 kN	11.4 kN	20.4 kN	21.3 kN
Lomna vrijednost	2.9 kN	10.5 kN	20.4 kN	21.3 kN
Zapažanja	Sidrište se vrlo brzo i lako izvuklo iz sige. Vijak i pločica su se iskrivili, oboje s otklonom od 1 mm. Siga se minimalno razmrvila u gornjim slojevima.	Sidrište se izvuklo iz sige. Vijak i pločica su se iskrivili, vijak s otklonom 5 mm, a pločica 19 mm. Siga se razmrvila u gornjim slojevima gdje je vidljivo nekoliko slojeva nastanka sige.	Prilikom testiranja je došlo do puknuća aluminijske pločice u gornjem dijelu oko vijka. Vijak se izvukao 5 mm iz stijene. Vidljivo je iskrivljenje vijka prema gore i oštećenje žute opruge.	Prilikom testiranja je došlo do puknuća aluminijske pločice u donjem dijelu. Vijak se izvukao 3 mm iz stijene, no oštećenja nisu vidljiva.



Fotografija 14. Test T1: Izgled mobilnog sidrišta nakon vlačnog napreznja na sigovini. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 15. Test T2: Izgled sigovine nakon vlačnog napreznja mobilnog sidrišta. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 16. Test T5: Izgled mobilnog sidrišta nakon vlačnog napreznja na stijeni. Autorica: Anita Trojanović

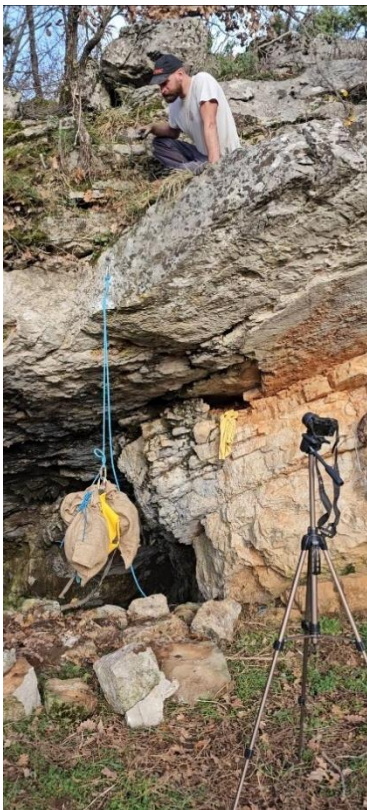


Fotografija 17. Test T6: Izgled mobilnog sidrišta nakon vlačnog napreznja na stijeni. Autorica: Anita Trojanović

Prilikom vlačnog napreznja *Petzl PULSE* mobilnog sidrišta $\varnothing 8$ mm na stijeni, rasponi između dva testa su bili slični, a najveća i lomna vrijednost unutar pojedinog testa su jednake. Zaključak koji je donesen u prethodnoj metodi na sigovini, vrijedi i za rezultate vlačnog napreznja. Iako su testovi T1 i T2 odrađeni na vidno istoj sigovini, udaljeni svega 1 metar, dobivene vrijednosti i zapažanja znatno se razlikuju. Potrebno je testirati mobilno sidrište na različitim vrstama sigovine i u većim količinama u odnosu na broj pokušaja koje je bilo moguće provesti ovim radom.

8.3. Testiranje na pad

Narednom metodom pokušao se simulirati pad penjača prilikom tehničkog penjanja. S visine od 1.2 metra iznad sidrišta bačen je uteg od 80 kilograma koji predstavlja prosječnu težinu penjača s opremom na sebi. Dinamičko uže bilo je vezano s barrelom uzlom na aluminijskom karabineru na mobilnom sidrištu. Na dnu užeta na razdaljini od 1.2 metra vezan je uteg od 80 kilograma s uzlom osmica i aluminijskim karabinerom. Test je odrađen na prevjesnoj stijeni, točnije na ulazu u špilju *Duga peć* (Duba Konavoska) na četiri mobilna sidrišta. Dva sidrišta su testirana u pravilnim uvjetima korištenja (Fotografija 19), dok su preostala dva testirana na mobilnom sidrištu čija je aluminijska "L" pločica bila okrenuta u suprotnom pravcu i s karabinerom naslonjenim na navoju mobilnog sidrišta (Fotografija 21).



*Fotografija 18. Pozicija testiranja na pad u prevjesu na ulazu u Dugu peć.
Autorica: Anita Trojanović*



Fotografija 19. Test T9: Ispravno opterećeno mobilno sidrište prije testiranja na pad. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 20. Test T10: Ispravno opterećeno mobilno sidrište nakon testiranja na pad. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 21. Test T11: Neispravno opterećeno mobilno sidrište prije testiranja na pad. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 22. Test T12: Neispravno opterećeno mobilno sidrište nakon testiranja na pad. Autorica: Anita Trojanović

Nakon provedenog testiranja nije bilo vidljivih mehaničkih oštećenja na mobilnim sidrištima. Sidrišta su se u svim navratima uredno izvadila iz probušene rupe u stijeni koja se koristila za sva četiri testa. Kako na sidrištima, tako ni na rupi nisu zapažene promjene ili odlomljeni komadi stijene. Na posljednjem sidrištu je zapažen odvrnuti navoj tek pola jednog kruga. Dinamičko uže se u sva četiri navrata rasteglo za dodatnih 40 cm.

9. Stanje u oružarstvima speleoloških udruga

Prema dostupnim informacijama, u Hrvatskoj djeluju 42 speleološke organizacije okupljene oko dvije krovne organizacije: Komisija za speleologiju Hrvatskog planinarskog saveza i Hrvatski speleološki savez. Unutar njih se nalaze Zagrebački i Istarski speleološki savez, dok "Hrvatsko biospeleološko društvo" djeluje samostalno. S predstavnicima 36 organizacija je proveden anketni razgovor, dok ostali nisu bili dostupni ili se nisu povratno javili. Ukupno 25 organizacija primjenjuje tehničko penjanje prilikom speleoloških istraživanja u jamama, špiljama ili kavernama u kojima su postignuti zavidni rezultati. Ostale organizacije, ili su tek osnovane pa još uvijek nadograđuju svoja oružarstva, ili im ciljevi djelovanja nisu usmjereni u ovom pogledu speleološkog istraživanja. Kroz daljnji



Fotografija 23. Oprema za tehničko penjanje sedam speleoloških organizacija na seminaru o tehničkom penjanju u Istarskim toplicama u organizaciji SU "Estavela" i Hrvatskog speleološkog saveza. Voditelj seminara bio je Dino Grozić (SU "Estavela"). Autorica: Anita Trojanović

razgovor s predstavnicima zaključeno je da se oko 80 članova različitih speleoloških organizacija recentno susrelo ili redovito istražuje objekte primjenjujući tehničko penjanje.

Prilikom tehničkog penjanja u najvećem postotku koristi se osobna speleološka oprema, bušilica, polustatično užje i kompleti, naročito za savladavanje manjih vertikalala. Najčešće penjača osigurava druga osoba koristeći *Stop descender* ili preko uzla polulađarac. Sve se češće nose *Petzl PULSE* mobilna sidrišta koja postaju dijelom društvene opreme u mnogim speleološkim organizacijama. Njima se, osim za potrebe tehničkog penjanja, koriste prilikom istraživanja manjih speleoloških objekata. Nose se u količini od 3 do 16 komada. Uz mobilna sidrišta, u transportnim torbama se često nalaze *sky hook* i alpinističke ljestve s *fi-fi* kukama jer su lagane za nositi i bez obzira planira li se penjati ili prečkati. Nekoliko speleologa je napravilo svoje ljestve koristeći zamke i aluminijske podeste.

Kada se u objektima prethodno planira tehničko penjanje, uz dinamičko užje i mobilna sidrišta, prvo mjesto zauzima *Raumer Climbing System STICK-UP* s kojim se postižu najviše dionice između sidrišta, ali je nepraktičan za nositi u duboke jame. Alternativu tome čine varijacije podesivih pupkova (*Connect Adjust*, *Dual Connect Adjust* i *Evolv Adjust*), no oni su zastupljeni u manjoj mjeri i nisu adekvatni za blatne uvjete. Kombiniraju se s dva para alpinističkih ljestvi. U manjem broju u odnosu na upotrebu sprave *Stop descender*, osoba koja osigurava koristi *gri-gri*. Tek tri organizacije u recentnim penjanjima koriste alpinističke klinove. Članovi dviju speleoloških organizacija koriste spravu *KISA* za amortizaciju penjača na polustatičnom užetu.



Fotografija 24. Oprema za tehničko penjanje u oružarstvu SO HPD "Sniježnica". Autorica: Anita Trojanović

10. Pregled nekih speleoloških istraživanja početkom 21. stoljeća u Hrvatskoj s primjenama tehničkog penjanja

Značajni penjački rezultati u Hrvatskoj, od početka 2000-ih godina, predstavljeni su putem prezentacija na skupovima speleologa Hrvatske, znanstvenim i stručnim seminarima, člancima u raznim časopisima ili putem izvještaja na službenim internet stranicama. Za potrebe izrade ovog rada, uz pregled navedenih zapisa, kontaktirani su predstavnici speleoloških organizacija i speleolozi s višegodišnjim iskustvom tehničkog penjanja kako bi usmenim putem prenijeli vlastita iskustva i rezultate. Neka od njih biti će navedena u daljnjem tekstu.

Među prvim pisanim speleološkim istraživanjima koji su uključivali tehničko penjanje spominje se jama *Munižaba* na Crnopcu otkrivena 1989. godine. Istraživanja su se provodila u ranijoj fazi u organizaciji SO HPD "Željezničar", a kasnije SO PDS "Velebit". Ozren Lukić piše kako su mogućnosti za daljnje istraživanje *Munižabe* svedene na minimum i da su ostala samo dva kanala za čija su istraživanja potrebne alpinističke tehnike.²⁷ Intenzivna istraživanja započinju 1998. godine nakon Domovinskog rata. Prvi penj spitanjem spominje se u travnju 2001. godine u *Bančekovoj perspektivi*.²⁸ Iako je Ivan Glavaš imao u planu penjati u *Munižabi* 2001. godine, "Velebitaši" su bili brži. U svibnju je Darko Bakšić popeo 30 m visok *Udarnički penj* kojim se i danas prolazi u novije dijelove *Munižabe*. U lipnju 2004. godine Darko Bakšić penje i postavlja prečnicu *Velebitaška odiseja* (penj 15 m i prečnica 15 m), potom prečnicu iznad prvog jezera u *Bančekovoj perspektivi* i penj *Glava u torbi* visok 23 m do police *Urbi et orbi*. Godine 2005. odrađen je penj *Zakaj ja ne volim ponedelek* u *Kuhtinjoj perspektivi* visok 31 m. Iste godine penj *Heisenbergove ljuske* visok 13 m. Popeo ga je Darko Bakšić koristeći sidrišne vijke za napredovanje, a Ronald Železnjak ga je raspoređivao koristeći ponovno opremu i osiguranja iz penja. Darko Bakšić iste godine penje skokove *Tri mušketira*, *Kanal mumificiranih šišmiša*, *Fuhurovu jazbinu*, *Bijelu čokoladu* i *Svi za jednoga jedan za sve* (14 m). *Kanal pozitivnog protoka vremena* popeo je Ivica Radić također iste godine u visini 10 m iznad vertikalne *Kanala negativnog protoka vremena*. Naredna penjanja u *Munižabi* provode se i zapisuju u lipnju 2010. godine kada se iz kanala *Kad će subota* popeo penj *Fail spirala* i penj iza jezera u starom dijelu *Bančekove perspektive* u visini od 23 m.²⁹ Godine 2011. popeo se penj *Povuci – potegni* u *Matijinoj perspektivi*. U lipnju 2013. godine Petra Kovač-Konrad i Marko Rakovac, koristeći sidrišne vijke i klinove, penju 24 m u dvoranu *Kitinih dimenzija*. Tijekom istraživanja u 2014. godini popela su se četiri penja. U veljači su Andrija Perušić i Marko Rakovac popeli *Hektorov penj*. U travnju Katja Milišić i Marin Glušević penju 40 m u ulaznoj dvorani *Munižabe*. U svibnju Andrija Perušić i Luka Havliček penju *Kobijev kraj*. Zadnje penjanje u *Munižabi* odradili su Luka Havliček i Stjepan Dubac.

²⁷ Lukić, O. (1989): Speleološka istraživanja Crnopca na Velebitu. Vol. 36 – 37, No.1, Zagreb. 14-26.

²⁸ Bakšić, D., Bakšić, A., Rakovac, M., (2007-2014) *Munižaba* (pregled istraživanja 1998.-2014.) Službena stranica SO PDS "Velebit", Zagreb. <https://sovelebit.wordpress.com/2021/04/27/munizaba-pregled-istrazivanja/>

²⁹ Bakšić, D., Bakšić, A., Rakovac, M., (2007-2014) *Munižaba* (pregled istraživanja 1998.-2014.) Službena stranica SO PDS "Velebit", Zagreb. <https://sovelebit.wordpress.com/2021/04/27/munizaba-pregled-istrazivanja/>

Godine 1999. i 2000. godine aktivno se penjalo u *Markovom ponoru* (Lipovo polje) koristeći bušilice, klinove, stremene, complete, *sky hook*-ove i dinamičko uže.³⁰ Rezultate tehničkog penjanja tabelarno je prikazao Darko Bakšić:

Tablica 8. Penjanje u Markovom ponoru 1999. i 2000. godine (Autor: Darko Bakšić)

Ispenjane vertikale	Visina m	Ispenjao	Datum
1. Penjanje	5,0	Jalžić Branko	30.05.1999.
2. Penjanje	23,5	Lacković Damir	26.06.1999.
3. Penjanje	12,7	Lacković Damir	26.06.1999.
Jarbol penj	5,0	Radić Ivica	02.09.2000.
Free	7,5	Hrašćanec Sunčica	02.09.2000.
Penj i pol	30,0	Bakšić Darko	09.09.2000.
Na kraju konca	13,0	Lacković Damir i Bakšić Darko	27.06.1999. i 10.12.2000.
	96,7		

Godine 2007. u sklopu speleološke ekspedicije u *jamskom sustavu Velebita* Darko Bakšić, Luka Mudronja i Goran Rnjak penju na dnu vertikale *Divka Gromovnica* na 580 m dubine.³¹ Popelo se ukupno 34 m do police odakle je trebalo nastaviti dalje penjati u dimnjaku. Zbog brojnih drugih perspektivnih kanala u jami, penjanje nije nastavljeno tokom ekspedicije.

U najvećem jamskom sustavu u Hrvatskoj (*jamski sustav Crnopac*, 62296 m) penje se od 2004. godine od otkrića ulaza *Kita Gaćešina*, i to u *Dvorani ispod ulazne vertikale*. Penj je svladao Teo Barišić (SO HPK "Sveti Mihovil") i simbolično je nazvan *Penj*. Preko *Penja* se dolazi u *Pješčaru*. Aida Barišić i Milena Hanžek daju pregled speleološkog istraživanja *jamskog sustava Crnopac* u časopisu "Speleolog" povodom spajanja *Kite Gaćešine* i *Oaze*.³² U članku se spominju brojna istraživanja koja uključuju tehnička penjanja. Od spomenutih je potrebno izdvojiti penj iz 2005. godine u *Dvorani ispod Grlića* kada su se za penjanje, kako navodi, koristili spiter, kladivo, karabineri, klinovi i dinamičko uže. Preko toga penja ušlo se u *Šibenski kanal* i nastavak *Kite Gaćešine*. Iste godine su članovi SO HPK "Sveti Mihovil" i SO "Mosor" ispenjali oko 100 m iznad *Šibenskog kanala*. Godine 2006. Teo i Aida Barišić penju *Marijetin prolaz* u *Vukojebini* od svega nekoliko metara, a omogućio je prolaz u daljnja *Kitina prostranstva* kakva se danas poznaju. Goran Rnjak (SO HPK "Sveti Mihovil") penje oko 50 m u blizini *Kitobrana* dok ga je Ana Bakšić (SO PDS "Velebit") osiguravala.

³⁰ Bakšić, D. (2008): Speleološka istraživanja Markovog ponora 1999. i 2000. godine. Hrvatski speleološki poslužitelj, public.carnet.hr/speleo.

³¹ Bakšić, D. (2008): Jamski sustav Velebita -1026 (najveća podzemna vertikala na svijetu). Hrvatski speleološki poslužitelj. <https://speleologija.eu/velebita/ekspedicije.html#DnevnikVelebita07>

³² Njegovan, M., Barišić, A. (2019): Priče o stvaranju Jamskog sustava Crnopac. Speleolog, vol.67, Zagreb. 22-39.

Ususret spoju i spoznaji da se tri objekta nalaze tek nekoliko desetaka metara jedan od drugog, istražuju se svi potencijalni prolazi u kontaktnim zonama. Tako s mišlju vodiljom da spoji *Oazu* s *Mudima labudovim*, Ruđer Novak (SO HPD "Željezničar") u svibnju 2019. godine penje 15 m, no ono ne nudi perspektivni prolaz dalje. Istog mjeseca penje se u *Zagorskoj horizontali*. Paralelno s euforijom oko spoja i u godinama brojnih istraživanja koja su uslijedila, mnogo se penjalo u najnižim dijelovima sustava. Penjevima su se otkrivali novi kanali i stvarale prečice do već poznatih dijelova do kojih se dolazilo dužim i težim kanalima. Primjerice, Goran Rnjak u *Avangardu* ulazi kombinacijom penjanja i prečkanja. U kolovozu 2020. godine u sklopu Speleološke ekspedicije na Crnopcu u organizaciji SO HPD "Željezničar", članovi SU "Estavela" Dino Grozić i Lovel Kukuljan penju u dijelovima *Avangarda – Trakija, Pi kanalu* iznad *Oka* gdje se otkrila prečica do *Nagrade*, itd.³³ Istovremeno članovi bugarske speleološke organizacije "Pod RB" zavidnom brzinom penju ispred *Jajne stanice 2* uz pomoć *Petzl PULSE* mobilnih sidrišta. Penj nazivaju *Ubirem – fiksiram* u kojem su u vrhu došli do suženja kojeg su širili iznad glava. U sklopu iste ekspedicije Nicola Rossi (SO HPD "Željezničar") i Anita Trojanović (SO HPD "Sniježnica") penju u *Pisoaru* koristeći bušilicu, komplete, polustatično uže i osobnu speleološku opremu. Iste godine su Dino Grozić i Maja Marinić popeli 66 m u penjevima *Šta* i *Hm-hm* s meandrom koji ih dijeli. Godinu dana nakon, penj je dosegno visinu od 85 m. Od 2021. do 2023. godine članovi SU "Estavela" i SO PDS "Velebit" penjali su penjeve *Škembe čorba, Šišmiš mumija* oko 80 m, potom na dnu sustava u dijelu koji se zove *Čupakabra* također oko 80 m, te penj *Nad Obeliskom* 40 m u najudaljenijim dijelovima od ulaza *Kita Gaćešina*. Tokom ljetne ekspedicije u kolovozu 2023. godine u organizaciji SO HPD "Željezničar", članovi SU "Estavela", bugarske speleološke organizacije "Pod RB", SO HPD "Sniježnica" i SO HPD "Željezničar" penjali su u dijelovima sustava s ulaskom u *Muda labudova* i *Oazu*.

³³ Ovčarić, L., Hanžek, N., Kukuljan, L., Maleš, S. (2020): Speleološka istraživanja u sklopu projekta *Put ekspedicionizma 2020*. Speleolog, vol.68, Zagreb. 8-23.



Fotografija 25. Tehničko penjanje u Pisoaru u jamskom sustavu Crnopac 2020. godine. Nicola Rossi penje dok ga Anita Trojanović osigurava. Autorica: Anita Trojanović



Fotografija 26. Tehničko penjanje u Svetom desetom u jamskom sustavu Crnopac 2023. godine. Borna Maleš penje dok ga Zrinka Matić osigurava. Autorica: Anita Trojanović

U jami *Duša* neposredno uz *jamski sustav Crnopac*, od njenog otkrića 2010. godine, popelo se oko 150 m u organizaciji članova SO HPK "Sveti Mihovil".

Prilikom probijanja tunela Sveti Ilija kroz planinu Biokovo, u periodu od 2008. do 2010. godine, otkrivene su brojne kaverne. U tri najveće poznate kaverne, kojima su ostavljeni ulazi, članovi udruge "ADIPA", "Speleo8", SD "Karlovac", SO HPK "Sveti Mihovil", SO PD "Imber", SU "Estavela", SU "Spelunka", SAK "Ekstrem" i SD "Herceg" (Mostar, BiH) u periodu od 2012. do 2019. proveli su opsežna speleološka istraživanja.³⁴ U sve tri kaverne tehnički se popelo preko 750 m. Samo u *Kaverni na stacionaži KM 1+637 (Vodena)* istraženo je 320 m tehničkim penjanjem. U njoj je ispenjano preko 500 m u raznim dijelovima. To je ujedno i najdublja jama istraživana isključivo tehničkim penjanjem. U tehničkim penjanjima sudjelovali su Damir Basara, Ozren Dodić, Ivan Glavaš, Matija Horvatin, Tomislav Mojčec, Predrag Rade, Goran Rnjak i Pasko Visković. Rezultati višegodišnjih istraživanja u kavernama ubrajaju se u značajnija speleološka dostignuća u Hrvatskoj.

Probijanje još jednog tunela u Hrvatskoj otkrilo je podzemna prostranstva. Riječ je o tunelu Učka koji se probijao od 70-ih godina prošlog stoljeća i spaja istarski poluotok s Rijekom i okolicom. U tunelu je otkrivena kaverna čiji je presjek dugogodišnjeg istraživanja na vrlo osoban način dao Ivan Glavaš (SU

³⁴ Ozimec, R., Basara, D., Protrka, K., Rade, P., Vuković, I., Mojčec, T., Stopić, D., Bukovčak, B. (2019, 2023): Kaverne u Tunelu Sv. Ilija. Službena web stranica "Osmica", Karlovac. <https://www.osmica.hr/kaverne-u-tunelu-sv-ilija/>

"Spelunka") u članku "Pozadina jedne ideje" i naišao na golemi interes speleološke zajednice.³⁵ Glavaš je penjačke "trikove" upijao, kako piše, od najmarkantnijih istraživača s hrvatskog i talijanskog terena. Proučavao je djela talijanskog speleologa i fizičara Giovannija Baldina. U istom broju časopisa *Subterranea Croatica* kronološki se navode istraživanja u članku "Sustav Zračak nade 2 – Kaverna u Tunelu Učka".³⁶ Istraživanje kaverne podrazumijevalo je mnogo tehničkog penjanja u želji da se nađe izlaz na površinu. U periodu od 2012., kada se provelo prvo istraživanje primjenjujući tehničko penjanje, do 2020. godine u *Penju u Trećoj dvorani* popelo se oko 100 m. Godine 2018. penjalo se u nekoliko dimnjaka u *dvorani Nemanje Šešelja* od kojih je jedan bio perspektivan. Ušlo se u kanal dug 100 m pod nazivom *Radnička fronta* iz kojeg se također kasnije penjalo do 18 m. Potom se 2019. i 2020. penju dimnjaci u *Velikoj dvorani* čija je maksimalna visina dosegla 48 m i 12 m visok penj nedaleko *CD sifona*.

Glavaš u najduljem istarskom ponoru *Jama kod Rašpora* prati zimska strujanja zraka, vjerujući da dio silnih naleta vjetrova zalazi u više dijelove jame. Od 2000. godine kreće s tehničkim penjanjem u *Oknu* u *Velikoj vertikali* čiji penj prelazi 100 m visine.³⁷ Godine 2004. i 2005. u zimskim istraživanjima ponora pridružuju mu se Nenad Kuzmanić i Ozren Dodić. Tih godina su također popeli oko 100 m vertikalno, ističući penj od 40 m s dubine 280 m u objektu. Godine istraživanja koje su uslijedile, analizira i Kukuljan u stogodišnjem pregledu istraživanja ponora.³⁸ Godine 2010. započelo je tehničko penjanje u starom dijelu u dimnjaku *No name*, za kojeg su Slovenci napisali da je preusko, a godinu dana kasnije članovi SU "Estavela" stigli su do 50 m penja. Iste godine započelo je penjanje velikog dimnjaka *Dolenja Vas* u novom dijelu iza *Tube*. Do 2022. godine, penj je dosegao visinu preko 100 m. Godine 2023. ponovljen je penj *Okno* i nastavilo se penjati još 94 m nakon čega je uslijedio kanal od 200 m.

Godine 2011. i 2012. članovi SK "Ozren Lukić" u špilji *Atili* (Vršeljci) popeli su dva dimnjaka. Prvi penj od 15 m popeli su Nikola Pletikosić i Damir Janton u *Dedinoj dvorani*, dok su penj nazvan *Atilina sablja* dužine 30 m popeli Filip Presečki i Damir Janton. Istraživanja u *Atili* nastavila su se godine 2014. na ljetnoj ekspediciji na širem području Klemente u organizaciji SO PD "Dubovac" i SK "Ursus Spelaeus". Tada se tehnički popelo još 54 m.³⁹ Iste organizacije su vodile ljetni istraživački kamp na Srednjem Velebitu 2013. godine. U sklopu kampa u špilji *H2O Vodena majka* Goran Rnjak je popeo 26 m dok ga je osiguravao Hrvoje Cvitanović.⁴⁰

³⁵ Glavaš, I. (2021): Pozadina jedne ideje: Sustav Zračak nade 2 – Kaverna u Tunelu Učka. *Subterranea Croatica*, Vol.19, No.30, 1/2021, Karlovac. 2-13.

³⁶ Kukuljan, L. (2021): Sustav Zračak nade 2 – Kaverna u Tunelu Učka. *Subterranea Croatica*, Vol.19, No.30, 1/2021, Karlovac. 14-28.

³⁷ Glavaš, I. (2017): Jama kod Rašpora – 95 godina istraživanja. *Subterranea Croatica*, Vol.15, No.1, 22/2017, Karlovac. 2-13.

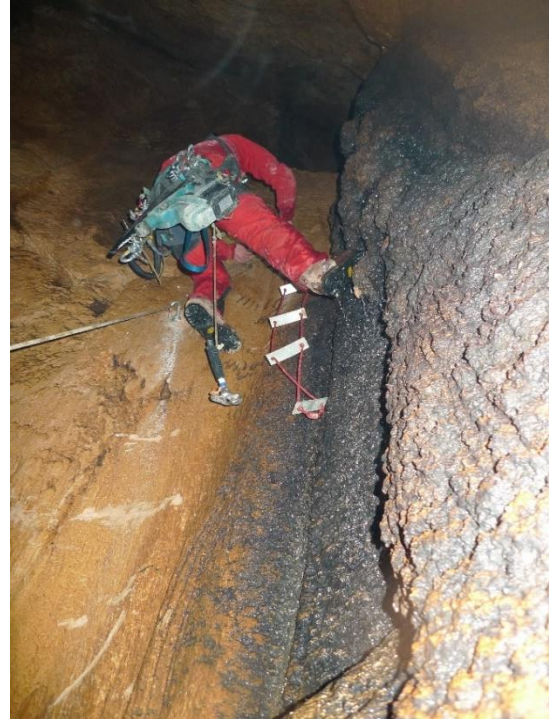
³⁸ Kukuljan, L. (2022): Jama kod Rašpora – 100 godina istraživanja najduljeg ponora Istre. *Subterranea Croatica*, Vol.20, No.32, 1/2022, Karlovac. 57-70.

³⁹ Basara, D. (2015): Speleološka istraživanja na području Klemente (Srednji Velebit) u 2014. godini. *Subterranea Croatica*, Vol.13, No.1, 18/2015, Karlovac. 18-22.

⁴⁰ Basara, D., Cvitanović, H. (2013): Multidisciplinarna speleo-znanstvena istraživanja na Srednjem Velebitu tijekom 2012. i 2013. godine. *Subterranea Croatica*, Vol.11, No.15, 15/2013, Karlovac. 2-14.



Fotografija 27. Tehničko penjanje u špilji Atila 2013. godine. Penje Saša Minihofer dok ga osigurava Domagoj Tomašković. Autor: Hrvoje Cvitanović



Fotografija 28. Tehničko penjanje u špilji Vodena majka 2013. godine. Penje Goran Rnjak dok ga osigurava Hrvoje Cvitanović. Autor: Hrvoje Cvitanović



Fotografija 29. Tehničko penjanje u siječnju 2022. godine na dnu jamskog sustava Plješina – Kolumbo – U3. Penje Anita Trojanović dok je osigurava Maris Banović. Autorica: Maris Banović

Članovi SO HPD "Sniježnica" od 2020. godine sustavno provode istraživanja u *jamskom sustavu Plješina – Kolumbo – U3* na planini Sniježnici. Preostali upitnici u jami sveli su se na vertikale koje je potrebno istražiti tehničkim penjanjem. Tako se na tri razine u jami do sada popelo oko 50 m. Goran Jerković i Anita Trojanović povremeno odlaze penjati u jami *Bezdan* u donjem dijelu *Konavala*. U ljeto 2023. godine opremljena je jama *Glogova* na Sniježnici i u njoj je Miro Marijanović popeo 35 m prema perspektivnoj polici u ulaznoj vertikali. U jamama na Sniježnici korišten je *Raumer Climbing System STICK-UP* u kombinaciji s mobilnim sidrištima, a u *Bezdanu Connect Adjust* s jednim alpinističkim ljestvama i mobilnim sidrištima.

U razgovoru s predstavnicima speleoloških organizacija i penjačima, od objekata u kojima se provodilo tehničko penjanje spominju se: *Gornja i Donja Cerovačka špilja* (Gračac), *Jopićeva špilja* (Vrelce, Brebornica), *Njemica* (Bukov vrh, Biokovo), *Mijatova jama* (Generalski stol, Mateško selo), *Ponor Bregi* (Jakačići), *Sedma veličanstvena* (Lokva, Biokovo), *Ponor Pepelarica* (Kalanjeva Ruja, srednji Velebit), *Ponor pod Kremenom* (Miljevci, Kremen), *Luška špilja* (Debeli lug, Ogulin), *Ivijeve jama* (Ham, Ivančica), *Suzina jama* (Suzina, Biokovo), *Jamski sustav A-1 - Vilimova jama A-2* (Briza, Biokovo), *Flanjakova špilja* (Slunjske drage) i *Grabnica* (Kalanjeva ruja, srednji Velebit), *Šparažna pećina* (Kastavština) i *Jama na Strmcu* (Strmac, Liburnijski kras).

11. Zaključak

Ovim radom predstavljene su različite metode tehničkog penjanja u speleološkim objektima upotrebom penjačkih sprava. Sprave čije su specifikacije prezentirane u radu popraćene su ilustrativnim prikazima kako bi se lakše sagledale mogućnosti upotrebe. Sastavni su dio oružarstva speleoloških organizacija u Hrvatskoj.

U sklopu rada provedeno je testiranje mobilnog sidrišta *Petzl PULSE* Ø8 mm na ukupno 12 uzoraka. Za potrebe testiranja korištena je prijenosna kidalica. Primijenile su se metode smicanja i vlačnog naprezanja. Nakon provedenog zaključeno je da je potrebno testirati mobilno sidrište na različitim vrstama sigovine i u većim količinama u odnosu na broj pokušaja koje je bilo moguće provesti ovim radom. Također, provedeno je testiranje na pad gdje nisu zabilježena vidljiva oštećenja mobilnih sidrišta.

Pregledom dostupnih zapisa u obliku članaka i izvještaja te anketiranjem predstavnika speleoloških udruga, predstavljena su neka od speleoloških istraživanja u Hrvatskoj koja su uključivala primjenu tehničkog penjanja. Vrlo je malo članaka i izvještaja u kojima su opisani detalji vezani za tehničko penjanje u smislu upotrebe metoda i sprava analiziranih ovim radom. Detaljni opisi penjanja potrebni su za prenošenje iskustava i novih metoda među speleološkom zajednicom. Pozitivan primjer razmjene i prenošenja znanja o novim metodama jest prvi seminar o tehničkom penjanju u speleološkim objektima održan u veljači 2023. godine u Istarskim toplicama, a organiziran od strane SU "Estavela" i Hrvatskog speleološkog saveza. Voditelj seminara bio je Dino Grozić. Nedvojbeno je da će sljedeći organizirani seminar okupiti jednako zainteresiranu skupinu koja će svoja istraživanja usmjeriti u najviše dijelove speleoloških objekata.



Fotografija 30. Demonstracija Dina Grozića na seminaru o tehničkom penjanju u Istarskim toplicama u veljači 2023. godine u organizaciji SU "Estavela" i Hrvatskog speleološkog saveza. Autorica: Anita Trojanović

12. Popis korištene literature

1. Basara, D., Cvitanović, H. (2013): Multidisciplinarna speleo-znanstvena istraživanja na Srednjem Velebitu tijekom 2012. i 2013. godine. *Subterranea Croatica*, Vol.11, No.15, 15/2013, Karlovac. 2-14.
2. Basara, D. (2015): Speleološka istraživanja na području Klemente (Srednji Velebit) u 2014. godini. *Subterranea Croatica*, Vol.13, No.1, 18/2015, Karlovac. 18-22.
3. Beželj, J., Čerić, K., Trojanović, A. (2022). 1234 Sniježnica. *Speleolog*, Vol.70, Zagreb. 52-81.
4. Dadić, J., Hanžek, N., Vidović, I. (2016): Istraživanja na Crnopcu 2016. – Ususret novim perspektivama. *Speleolog*, 64. godišta, Zagreb. 6-26.
5. Glavaš, I. (2017): Jama kod Rašpora – 95 godina istraživanja. *Subterranea Croatica*, Vol.15, No.1, 22/2017, Karlovac. 2-13.
6. Glavaš, I. (2021): Pozadina jedne ideje: Sustav Zračak nade 2 – Kaverna u Tunelu Učka. *Subterranea Croatica*, Vol.19, No.30, 1/2021, Karlovac. 2-13.
7. Hrašćanec, S. (2000): Penjanje u speleološkim objektima. U: Bakšić, D., Lacković, D., Bakšić, A., ur., *Speleologija*. Planinarsko društvo Sveučilišta „Velebit“, Zagreb, 149-154.
8. Janton, D. (2018): Speleološka istraživanja SK Ozren Lukić na Srednjem Velebitu u 2018. godini. *Subterranea Croatica*, Vol.16, No.2, Karlovac. 13-24.
9. Jerković, G. (2024): Korištenje sidrenog vijka u speleologiji. Dubrovnik. 1-19.
10. Kraut, B. (2009): Strojarski priručnik. Tehnička knjiga, Zagreb. 112-123.
11. Kukuljan, L. (2021): Sustav Zračak nade 2 – Kaverna u Tunelu Učka. *Subterranea Croatica*, Vol.19, No.30, 1/2021, Karlovac. 14-28.
12. Kukuljan, L. (2022): Jama kod Rašpora – 100 godina istraživanja najduljeg ponora Istre. *Subterranea Croatica*, Vol.20, No.32, 1/2022, Karlovac. 57-70.
13. Lukić, O. (1989): Speleološka istraživanja Crnopca na Velebitu. Vol. 36-37, No.1, Zagreb. 14-26.
14. Njegovan, M., Barišić, A. (2019): Priče o stvaranju Jamskog sustava Crnopac. *Speleolog*, vol.67, Zagreb. 22-39.
15. Ovčarić, L., Hanžek, N., Kukuljan, L., Maleš, S. (2020): Speleološka istraživanja u sklopu projekta *Put ekspedicionizma 2020*. *Speleolog*, vol.68, Zagreb. 8-23.
16. Rnjak, G. et al. (2019): *Speleologija – II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje*. PDS Velebit, Hrvatski planinarski savez i Hrvatska gorska služba spašavanja. Zagreb, 140, 322-330.
17. Selaković, T., Čajko, D. (2021): Petzl testing u Velebitu. *Velebiten*, 2021/55, Zagreb. 88-89.

13. Ostali izvori

1. Bakšić, D. (2008): Jamski sustav Velebita -1026 (najveća podzemna vertikala na svijetu). Hrvatski speleološki poslužitelj. <https://speleologija.eu/velebica/ekspedicije.html#DnevnikVelebita07> [23.1.2024.]
2. Bakšić, D. (2008): Speleološka istraživanja Markovog ponora 1999. i 2000. godine. Hrvatski speleološki poslužitelj. <https://speleologija.eu/markovponor/> [23.1.2024.]
3. Bakšić, D., Bakšić, A., Rakovac, M., (2007-2014) Munižaba (pregled istraživanja 1998.-2014.) Službena stranica SO PDS "Velebit", Zagreb. <https://sovelebit.wordpress.com/2021/04/27/munizaba-pregled-istrazivanja/> [3.1.2024.]

4. Basara, D., Cvitanović, H. (2013): Speleološka ekspedicija Srednji Velebit 2013. Službena web stranica Hrvatskog planinarskog saveza, Zagreb.
<https://www.hps.hr/vijesti/340/speleoloska-ekspedicija-srednji-velebit-2013/> [28.12.2023.]
5. Glušević, M. (2014). Munižaba moje mladosti. Službena web stranica PD "Mosor", Split.
https://www.hpd-mosor.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=731:muniaba-moje-mladosti&catid=11:speleoloskiodsjek-opcenito [28.12.2023.]
6. Ozimec, R., Basara, D., Protrka, K., Rade, P., Vuković, I., Mojčec, T., Stopić, D., Bukovčak, B. (2019, 2023): Kaverne u Tunelu Sv. Ilija. Službena web stranica "Osmica", Karlovac.
<https://www.osmica.hr/kaverne-u-tunelu-sv-ilija/> [28.12.2023.]
7. Hrvatska enciklopedija, <http://www.enciklopedija.hr> [1.10.2023.]
8. Službena web stranica Komisije za speleologiju Hrvatskog planinarskog saveza,
<https://www.hps.hr/speleologija/> [1.10.2023.]
9. Službena web stranica KONG, <https://www.kong.it/en/> [1.10.2023.]
10. Službena web stranica PETZL, <https://www.petzl.com/INT/en> [1.10.2023.]
11. Službena web stranica Raumer, <https://www.raumerclimbing.com/en/> [1.10.2023.]
12. Trojanović, A. (2022): PLJEŠINA – Don't look up! Službena web stranica HPD "Sniježnica", Dubrovnik. <http://www.hpd-snijeznica.hr/2022/02/12/pljesina-dontlookup/> [27.12.2023.]
13. Trojanović, A. (2022): Izvještaj o ekspediciji "1234 Sniježnica". Službena web stranica HPD "Sniježnica", Dubrovnik. <http://www.hpd-snijeznica.hr/2022/07/10/izvjestaj-o-ekspediciji-1234-snijeznica/> [27.12.2023.]
14. Trojanović, A. (2023): Trilateralala na Sniježnici. Službena web stranica HPD "Sniježnica", Dubrovnik. <http://www.hpd-snijeznica.hr/2023/07/08/trilateralala-na-snijeznici/> [27.12.2023.]