

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Krznar, B., 2016. Analiza različnih jeklenih sistemov na zavarovanih plezalnih poteh. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Bosiljkov, V., somentor Antolinc, D.): 51 str.

Datum arhiviranja: 08-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Krznar, B., 2016. Analiza različnih jeklenih sistemov na zavarovanih plezalnih poteh. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Bosiljkov, V., co-supervisor Antolinc, D.): 51 pp.

Archiving Date: 08-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
KONSTRUKCIJSKA SMER**

Kandidat:

BLAŽ KRZNAR

**ANALIZA RAZLIČNIH JEKLENIH SISTEMOV NA
ZAVAROVANIH PLEZALNIH POTEH**

Diplomska naloga št.: 551/KS

**ANALYSIS OF VARIOUS ROPE SYSTEMS ON VIA
FERRATA**

Graduation thesis No.: 551/KS

Mentor:

izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov

Somentor:

asist. dr. David Antolinc

Ljubljana, 01. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Blaž Krznar vpisna številka 26105135, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Analiza različnih jeklenih sistemov na zavarovanih plezalnih poteh.

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Šmiklavž 66

Datum: 23.8.2016

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: 624.078.492:685.72(497.4)(043.2)

Avtor: Blaž Krznar

Mentor: prof. dr. Vlatko Bosiljkov

Somentor: asist. Dr. David Antolinc

Naslov: Analiza različnih jeklenih sistemov na zavarovanih plezalnih poteh

Tip dokumenta: Diplomaska naloga – visokošolski študij

Obseg in oprema: 51 str., 2 pregl., 39 sl., 1. graf.

Ključne besede: Zavarovana plezalna pot, ferata, plezanje, disipacija energije, francoski jekleni sistem, tirolski jekleni sistem, PZS prednapet jekleni sistem, dinamična obtežba

Izvleček

Namen diplomske naloge je predstavitev in analiza gradbenih konstrukcij, ki se jih uporablja na zavarovanih plezalnih poteh, drugače imenovanih tudi ferate.

Osrednja tema je analiza treh različnih jeklenih sistemov, ki se trenutno uporabljajo v Evropi in njihov vpliv na varnost uporabnikov. In sicer francoski, tirolski in prednapet jekleni sistem. Jeklene sisteme smo testirali v konstrukcijsko-prometnem laboratoriju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Na jekleno konstrukcijo smo v merilu 1:1 postavili tri različne jeklene sisteme in jih dinamično obremenili z utežjo, kot se to lahko zgodi ob realnem padcu pri hoji ob ferati. Na podlagi rezultatov sem opravil analizo in podal primerjavo.

V nalogi je predstavljen tudi celoten potek od pridobitve dokumentacije do končne izdelave ferat. Podrobno so predstavljeni materiali in oprema, ki je potrebna za te gradbene konstrukcije, kot tudi oprema, ki se uporablja za varno vzpenjanje.

Rezultati so v primerjavi s podobnimi raziskavami (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009), ki so bile opravljene v preteklosti, presenetljive, saj ni prišlo do loma vponk, kot smo pričakovali, ampak je prišlo do krivljenja sidernih klinov in s tem bolj pravilno (natezno) obremenitev vponk.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION WITH ABSTRACT**UDC: 624.078.492:685.72(497.4)(043.2)****Author: Blaž Krznar****Supervisor: prof. dr. Vlatko Bosiljkov****Cosupervisor: asist. Dr. David Antolinc****Title: Analysis of various steel rope systems on via ferrata****Document type: Graduation Thesis – University studies****Notes: 51 p., 2 tab., 39 fig., 1. graph.****Key words: Via ferrate, climbing, energy dissipation, French steel rope system, Tirol steel rope system, PZS steel rope system, dynamic load****Abstract**

The main target of the present thesis was to introduce and analyse the special structural safety elements which are used as a protection along the climbing paths so called Via ferrates.

There are three types of steel rope protection systems used in Europe today which are so called French, Tirol and prestressed system, where the last is used by the Slovenian mountaineering association in the Slovenian alps. The behaviour comparison and the impact on human body for all three different steel ropes protection systems have been tested in the traffic-structural laboratory at the Faculty of civil and geodetic engineering in Ljubljana. The test setup was prepared in 1:1 scale on the steel structure standing in the laboratory for all three types of steel rope systems. The load of 90 kg was applied dynamically with the free fall of specially designed log from different heights which approximately simulates the real situation in the mountain. Based on the conducted experiments and obtained results analysis we expressed adequacy of using each of the tested steel rope systems.

Moreover, the entire acquiring process of all required documents of the safety steel ropes at Via ferrate climbing paths in Slovenia is introduced. The emphasis is also made on the used materials and equipment needed for safe ascending along the Via ferrate paths.

We have surprisingly discovered that the carabiners did not break, which is in contradiction with the expected behaviour and with the test results obtained by other researchers in the past.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Vlatku Bosiljkovu in somentorju asist. dr. Davidu Antolincu za strokovna navodila in usmerjanje skozi izdelavo diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi moji ženi Meti, otrokom: Maju, Jonu in Samuelu ter staršema: mami Jelki in očetu Brankotu za podporo pri študiju.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.2 Definicija zavarovane plezalne poti	2
1.3 Vrste zavarovanih plezalnih poti	2
1.5.1 Faktor padca	7
1.5.2 Zavorna pot.....	8
1.5.3 Ujemna sila.....	8
2 NAČRTOVANJE ZAVAROVANE PLEZALNE POTI.....	10
2.1 Načrtovanje trase zavarovane plezalne poti	10
2.1.1 Uskladitev različnih skupin, ki lahko vplivajo na gradnjo ferate	11
2.1.2 Ciljna skupina.....	13
2.2 Potrebna dokumentacija za gradnjo zavarovanih plezalnih poti	13
2.2.1 Zakon o ohranjanju narave - ZON1	13
2.2.2 Zakon o graditvi objektov - ZGO2	13
2.2.3 Zakon o prostorskem načrtovanju - ZPNačrt4.....	14
2.2.4 Zakon o gozdovih - ZG5	14
2.2.5 Stvarnopravni zakonik - SPZ6.....	14
2.2.6 Zakon o Triglavskem narodnem parku - ZTNP7.....	14
2.3 Tehnična izvedba zavarovanih plezalnih poti.....	15
2.4 Izbira sidrnega sistema	15
2.4.1 Razlike med sidrnimi sistemi jeklenic na zavarovanih plezalnih poteh	16
2.4.2 Materiali in oprema	20
3 OBREMENITVE NA ZAVAROVALNI PLEZALNI POTI.....	31
3.1 Izračun obremenitev v horizontali (prečki)	31
3.2 Izračun obremenitev v vertikali	32
4 PREIZKUS RAZLIČNIH JEKLENIH SISTEMOV ZAVAROVANIH PLEZALNIH POTI	34
4.1 Opis testov	34
4.2 Rezultati preizkusov	43

4.3 Analiza preskusov.....	44
4.4 Ugotovitve testiranja.....	47

KAZALO SLIK

Slika 1: Novo zgrajena športna zavarovana plezalna pot v Grančiču nad Mojstrano.....	2
Slika 2: Kopiščarjeva pot na Prisojnik (Planinski vestnik, 2011).....	3
Slika 3: Primer športne ferate (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).....	4
Slika 4: Viseči mostovi se vse pogosteje uporabljajo. Vir: http://www.bergsteigen.com/	4
Slika 5: Skica ferate Cesco Tomaseli, ki vseskozi poteka v strmem delu stene vir: http://ilrichiamodellamontagna.blogspot.si/	6
Slika 6: Maksimalna dolžina padca je 5m+zavorna pot. (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).....	8
Slika 7: Jekleni sistem izdelan po francoskem sistemu z direktnim vpetjem na sidra.	16
Slika 8: Pozožaj vponke pri francoskem jeklenem sistemu (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).	17
Slika 9: ferata v Gonžarjevi peči, ki je narejena po tirolskem načinu gradnje.	17
Slika 10: Pozožaj vponke pri tirolskem jeklenem sistemu (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009). 18	
Slika 11: Prednapeti jekleni sistem v slovenskih gorah.....	19
Slika 12: Položaj vponke pri prednapetem jeklenem sistemu (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).	19
Slika 13: Pramenasta jeklena vrv, primerna za ferate. Vir: http://www.ibv.si/ (Pridobljeno: 1. 2. 2016.).	21
Slika 14: Ena od mnogih izvedb očesnega sidra vir: http://www.raumerclimbing.com	22
Slika 15: Inox sidro z zastavico in z zanko, ki omogoča enostavno dodatno varovanje z vrvjo za nami plezajočega vir: http://www.raumerclimbing.com . (pridobljeno: 2.2.2016.).....	22
Slika 16: Stisnjeno sidro vir: www.hzi.at (pridobljeno: 2.2.2016.).....	23
Slika 17: Pravilno izveden zaključek jeklene vrvi vir:Kletterstiegbau Empfelungen.	23
Slika 18: Notranji vložek za jeklene vrvi (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).	24
Slika 19: Klasična skoba vir: http://www.raumerclimbing.com	25
Slika 20: »U« skoba vir: http://www.raumerclimbing.com	25
Slika 21: Dve različni izvedbi končnega sidra in dve različni izvedbi zaključnih kap,.....	26
Slika 22: Vgrajen gumijasti varnostni stožec v Gonžarjevi peči.....	28
Slika 23: Samovarovalni komplet, ki ga sestavljajo: čelada, plezalni pas, popkovina z blažilcem in dvema krakoma.	29
Slika 24: Blažilec iz prešitega traku (označen z puščico), ki se ob sili večji od 4-6 kN začne trgati.	30
Slika 25: Obremenitev sider v prečki (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).	32
Slika 26: Sidrni klin pri francoskem sistemu, ki smo ga uporabili pri testih.....	34
Slika 27: Sidrni klin pri tirolskem sistemu, ki smo ga uporabili pri testih.	35
Slika 28: Sidrni klin pri prednapetem sistemu, ki smo ga uporabili pri testih.....	36

Slika 29: Sidrni klin za prednapet sistem z varnostnim stožcem.	36
Slika 30: 90 kg težka lesena klada, ki smo jo uporabili za utež z dinamometrom.	37
Slika 31: Skica simulirane ferate, ki smo jo postavili v konstrukcijsko prometnem laboratoriju.	38
Slika 32: Jeklena konstrukcija s ferato in klado tik pred testom z višine 2,5m.	39
Slika 33: Enojna dinamična vrvi, ki je bila uporabljena na testih.	40
Slika 34: Vponka v trgalnem stroju za natezni preizkus.	41
Slika 35: Vponka po končanih testih in poružitvi v trgalnem stroju.	42
Slika 36: Diagram sila-pomik nateznega preizkusa vponke v trgalnem stroju.	42
Slika 37: Upogib sidrnih klinov pri francoskem sistemu je bil največji (6cm).	44
Slika 38: Spodnji sidrni klin tirolskega jeklenega sistema po testu.	45
Slika 39: Spodnji sidrni klin prednapetega jeklenega sistema po testu z vponko manjšega premera. ..	46
Slika 40: Spodnji sidrni klin prednapetega jeklenega sistema z varnostnim stožcem po testu.	47

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izmerjene in izračunane ujemne sile v kN.....	43
Preglednica 2: Zavorne poti v cm (raztezka dinamične vrvi + upogib klina).....	44

1 UVOD

Zavarovane plezalne poti (ferrate) so gradbene konstrukcije, pri katerih je varnost uporabnikov najpomembnejši dejavnik. V Sloveniji je trenutno razmeroma malo zavarovanih plezalnih poti (cca 8), povpraševanje po njih pa narašča.

Ker standarda za izgradnjo ferat v Sloveniji in na ravni EU še ni, si izvajalci lahko pomagajo s priporočili za gradnjo iz tujine (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009.) in iz izkušenj pri gradnji na obstoječih feratah v naših gorah. V Sloveniji nimamo ustreznih institucij, ki bi se ukvarjale s sistematičnim pristopom, analizo materialov in postopkov izgradnje zavarovanih plezalnih poti. Zato sem se odločil, da v diplomski analiziram različne sisteme, ki se uporabljajo v praksi v Sloveniji in v Evropi, predvsem v alpskih državah: Italiji, Franciji, Avstriji in Nemčiji. Na gradnjo konstrukcije zavarovanih plezalnih poti vplivajo poleg varnosti tudi: različne tehnike izgradnje, različne zahteve po težavnosti, namen lastnika, ciljne skupine uporabnikov, zadostitve pravnim in ekološkim okvirjem.

V diplomski nalogi sem se osredotočil na varnostni vidik različnih sistemov gradnje ferat. Ob pet metrskem padcu nastanejo velike sile, ki se preko samovarovalne opreme prenesejo na telo uporabnika. V praksi se v Evropi uporabljajo trije načini izgradnje in sicer:

- francoski sistem, kjer je jeklena vrv med varovalnimi klini speljana v zankah,
- tirolski sistem, kjer je jeklena vrv napeta ročno in
- PZS (Planinska zveza Slovenije) sistem, ki se uporablja predvsem pri nas, kjer je jeklena vrv napeta z napenjalnim sistemom. Ta sistem smo dodatno nadgradili z gumijastim varnostnim stožcem.

V laboratoriju smo preizkusili te tri jeklene sisteme v vertikali, nato pa sem z analizo zbranih podatkov podal mnenje o prednostih in slabostih posameznih jeklenih sistemov.



Slika 1: Novo zgrajena športna zavarovana plezalna pot v Grančiču nad Mojstrano.

1.2 Definicija zavarovane plezalne poti

Zavarovane plezalne poti (s tujko imenovane *ferate*) so zelo zahtevne planinske poti, ki so za napredovanje po večini dolžine opremljene z varovali in jeklenimi pomagali. Namen opremljanja zavarovanih plezalnih poti je omogočiti pristop na najzahtevnejše vrhove ali prečkanje sten tudi planincem brez alpinističnega znanja.

Ferate premagujemo s plezanjem. Številna pomagala namenjena napredovanju (klini, skobe, umetne stope), niso značilnost plezalno-športnih ferat. Te so brez umetnih pomagal, razen jeklenic za samovarovanje.

1.3 Vrste zavarovanih plezalnih poti

Zavarovane plezalne poti glede na namen in izvedbo delimo na naslednje oblike: klasične alpske, športno plezalne ter zabavne „Fun“ plezalne poti.

Klasične alpske zavarovane plezalne poti v tujini so speljane po pravem gorskem svetu, po velikih stenah, skozi njih, tudi čez zelo pokončne odseke. Praviloma imajo dolg dostop, izstop pa je običajno

na vrhu gore. Potek poti je smiselno speljan po naravnih razčlembah in se izogiba hudo atletskim odsekom, visečim mostovom itd. Najtežji odseki so praviloma premagljivi preko fiksnih lestev (slika 1), skob in drugih pomagala (slika 2). V Sloveniji je velika večina zavarovanih plezalnih poti klasičnih.



Slika 2: Kopiščarjeva pot na Prisojnik (Planinski vestnik, 2011).

Športne zavarovane plezalne poti imajo večinoma zelo kratek dostop in so glede na obliko terena narejene zelo varčno (običajno samo ena jeklena vrv). Na tovrstnih poteh se od plezalca zahteva višja psihofizična kondicija in moč v rokah, manj pa gorniške izkušnje in običajna kondicija. Ker so te poti praviloma težje, je v steni glede na zmožnosti predviden tudi zasilni izhod. Cilj tovrstnega plezanja je pot (smer) in ne vrh hriba. Na sliki 3 je prikazan primer športne ferate speljane po kanjonu (vingarju), ki so zaradi privlačne narave in zaradi možnosti postavitve večjega števila visečih mostov so adrenalinske in s tem zanimive za obiskovalce.



Slika 3: Primer športne ferate (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).

Zabavne (»Fun«) - zavarovane plezalne poti izhajajo iz francoskih alp, kjer so od leta 1992 naprej izdelali na stotine poti tega tipa. Večinoma se nahajajo v dolinah na manj pomembnih stenah ali v bližini žičniških naprav. Te poti imajo kar se da spektakularen potek jeklene vrvi, z malo ali celo nič stika s steno (previsni deli poti). So močno zavarovane, saj vsebujejo večinoma atletske in zelo težke odseke, tudi viseče mostove, žičnice in pajkove mreže. Gorniško predznanje ni nujno, pač pa so potrebne plezalske izkušnje. V ospredju je faktor zabavnosti in adrenalinskih detajlov, kot ga vidimo na sliki 4. V zadnjem desetletju srečamo te poti tudi v vzhodnih alpah.



Slika 4: Viseči mostovi se vse pogosteje uporabljajo. Vir: <http://www.bergsteigen.com/>.

1.4 Zgodovina gradnje zavarovanih plezalnih poti

Glavni razlog za gradnjo ferat je turizem. V Alpah so ljudem, ki ne obvladajo plezalnih veščin, hoteli omogočiti dostop na visoke skalne vrhove. Najprej so namestili samo kline in stope, kot pomoč pri vzpenjanju, kasneje so se pojavili še jekleni sistemi z jeklenimi vrvmi. Pot je bila speljana tako, da je bilo pomagal čim manj, saj je bilo ročno vrtanje lukenj v skalo zelo dogotrajno in težavno. Prve takšne poti so se pojavile okrog leta 1900. Kasneje so se začele pojavljati prave ferate, ki so varovanje potrebovale skoraj po celotnem poteku poti. Eno prvih takih gradenj smo se lotili Slovenci (plezalna pot s Presedljaja na Konja je bila zgrajena že v zadnjem desetletju 19. Stoletja, vendar uradna planinska zgodovina za njihov rojstni kraj šteje Dolomite. Z gradnjo treh ferat (Zahodni greben Marmolade, Ferrata delle Mesules/ Posneckersteig v Selli, stara Ferrata Tissi v Civetti) v prvih letih 20. stoletja je bil postavljen prototip klasične plezalne poti, katerih glavna značinnost je osvojitve vrha (ponavadi ni bilo drugega lažjega dostopa).

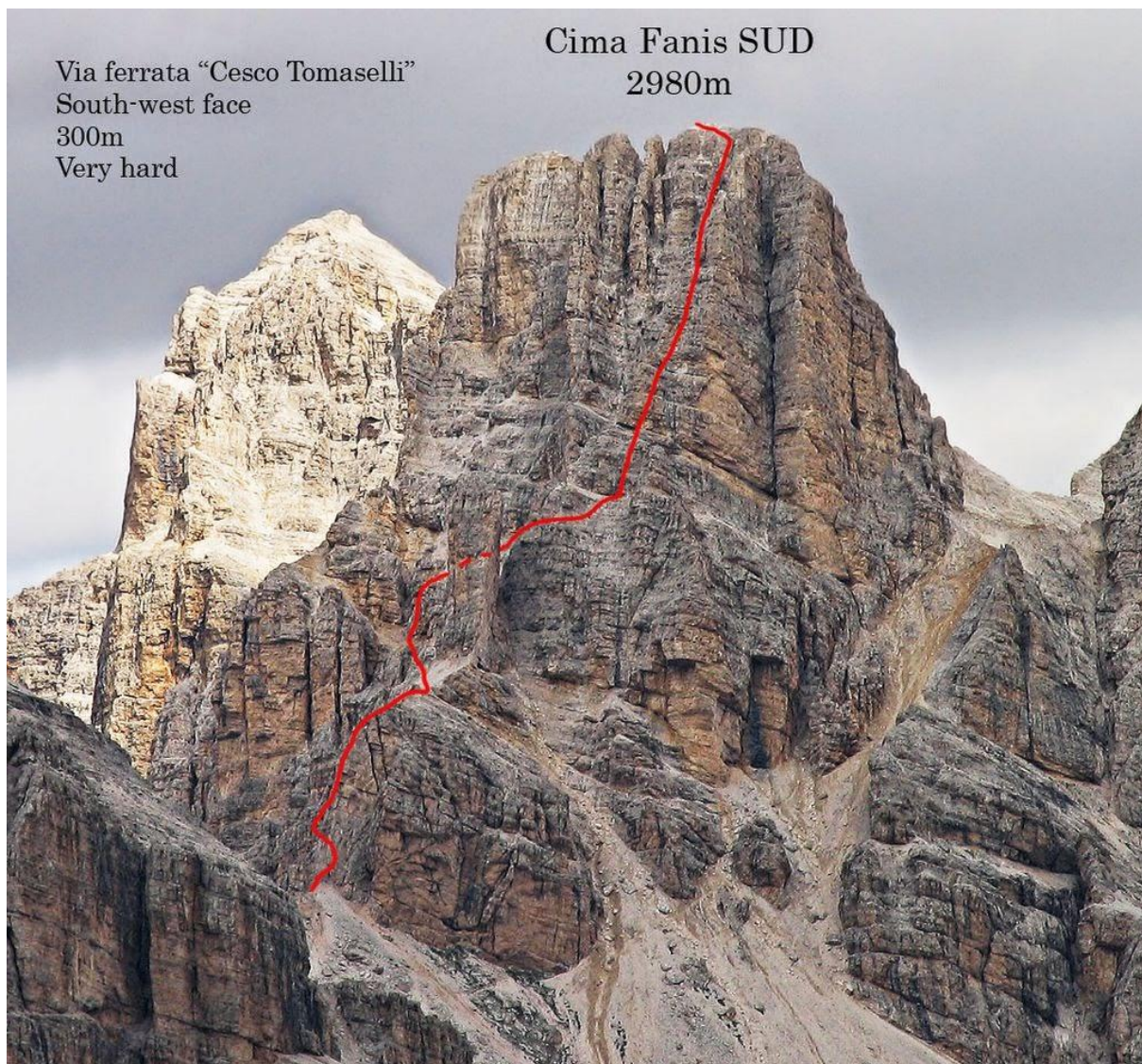
V slovenskih Alpah je v prvih desetletjih prejšnjega stoletja število plezalnih poti hitro naraščalo. Zgrajeni sta bili Hanzovi poti na Prisojnik in Malo Mojstrovko; obe prav vzorčni klasični ferati. Nekaj so jih naredili Italijani zaradi potreb dela obmejne komisije (Via della vita/Pot življenja). V tem času je bila ta pot, ki so jo sprva srhljivo poimenovali Via della Morte, verjetno najtežja v Alpah, tudi po dobrih 80 letih pa je nedvomno še vedno najtežja te vrste v Julijskih Alpah. Tik pred drugo svetovno vojno, leta 1940 so člani Slovenskega Planinskega Društva zgradili čudovito ferato na Ojstrico – Kopinškovo pot.

Za klasične ferate je značilna tudi raznolikost varoval. Sprva so pri gradnji nameščali le stopne in oprijemalne kline, morda tudi skobe, kasneje, ko so se začele pojavljati prve samovarovalne naprave, pa so oprijemalne kline v glavnem nadomestili z jeklenicami (žičnimi vrvmi), tu in tam tudi z verigami. Ponekod so uporabljali tudi lestve.

Pravi razcvet gradenj plezalnih poti se je zgodil po drugi svetovni vojni v Dolomitih. V dobrih dveh desetletjih so nastale številne legendarne ferate (npr. Lipella v Tofani di Rozes, Olivieri v Tofani di Mezzo, Brigata Tridentina v Selli, Bolver-Lugli v Pali, Alleghesi v Civetti in na desetine drugih). Na slovenskem ozemlju med večje posege v tem obdobju lahko štejemo Kopiščarjevo pot skozi Prednje okno v Prisojniku (slika 2), Slovensko pot na Mangart, Pot M. M. Debelakove v severni steni Kanjavca in Pot Silva Korena v Krnu. Planinska Zveza Slovenije je v začetku 80. let gradnjo ferat v slovenskih gorah docela prepovedala, zaradi protestov ob nameravani gradnji ferate z Ledin po severni steni na Skuto. Ta ukrep velja še danes.

Leta 1969 je bila zgrajena prva športna ferata Cesco Tommaselli na Cimo Fanis Sud (slika 5). Atraktivna, zanimiva in zelo zahtevna ferata je imela to novost, da je edino varovalo jekleni sistem. Tudi tam, kjer je stena navpična, kar pa od plezalca zahteva dobro fizično in psihično pripravljenost.

Ferata je bila namenoma zgrajena tako, da je bilo vzpenjanje po njej oteženo, kar do takrat ni bilo v navadi. Podobno filozofijo so pri gradnji ferat uporabljali mnogi graditelji, takrat izključno v Italijanskih Alpah. Značilnost teh ferat pa je bila tudi, da vrh gora ni bil več končni cilj, ampak je izziv predstavljala ferata sama po sebi. Iz tega razloga se je gradnja ferat iz gora preselila v nižine, v manj pomembne stene. Zaradi kratkih dostopov in sestopov so postale izjemno priljubljene in potreba po njih je postala vse večja. Italijani so v sedemdesetih in osemdesetih letih zgradili stotine ferat takšnega tipa. Francozi in Švicarji so se teh gradenj lotili nekoliko kasneje, a z enako vnemo. Pojavili so se prvi viseči mostovi nad visokimi prepadi, ki so še povečali adrenalinski užitek obiskovalcem ferat. Graditelji so se začeli ukvarjati s tem, da bi bila ferata čim bolj atraktivna, adrenalinska in tudi fizično zahtevna. Avstrija je kot zadnja od devetdesetega leta do danes načrtno zgradila več kot sto ferat, saj so le te velik magnet za adrenalinske turiste. (Mašera, A. 2011)



Slika 5: Skica ferate Cesco Tomaseli, ki vseskozi poteka v strmem delu stene vir: <http://ilrichiamodellamontagna.blogspot.si/>.

1.5 Osnovni pojmi

Spodaj naštetih osnovni pojmi se v tem pomenu uporabljajo v plezalnem žargonu. Isti izrazi lahko v nekem drugem strokovnem jeziku pomenijo nekaj povsem drugega.

1.5.1 Faktor padca

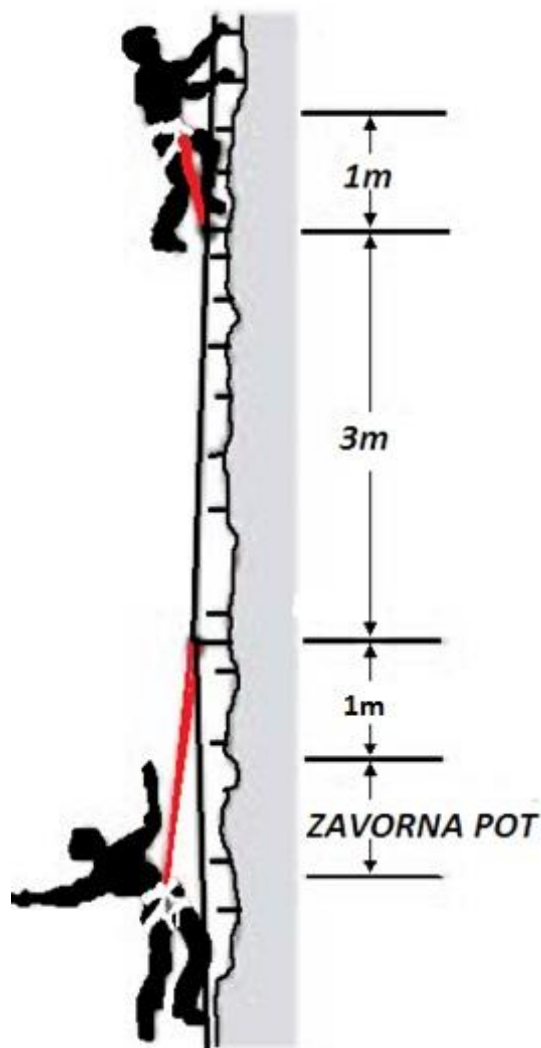
Faktor padca določa težavnost padca. Večji kot je faktor padca, težavnejši je padelec. Pri prostem plezanju faktor padca zavzame vrednosti med 0 in 2. Teoretični faktor padca f je definiran z naslednjim razmerjem:

$$f = \frac{h}{l} \quad (1)$$

kjer je h višina padca in l dolžina vrvi v uporabi.

Težavnost padca ne določa njegova višina, temveč razmerje med višino padca in dolžino vrvi v uporabi, saj se daljša vrv bolj raztegne in s tem omogoča boljšo absorpcijo oz. disipacijo energije padca. Teoretični faktor padca predpostavlja, da ni trenja med tistim, ki varuje in najvišjim pritrdiščem, kar omogoča, da celotna dolžina vrvi v uporabi prevzame energijo.

Na zavarovanih plezalnih poteh oz. feratah je maksimalna dolžina padca 5m, vrv (imenujemo jo tudi popkovina) s katero se plezalec pripne na jekleno vrv pa 1m (slika 6). Torej je faktor padca kar 5.



Slika 6: Maksimalna dolžina padca je 5m+zavorna pot. (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009)

1.5.2 Zavorna pot

To je dolžina, kjer se padajoči plezalec ustavlja. Torej od trenutka, ko se začne kinetična energija padajočega zmanjševati. Krajša kot je zavorna pot, večja ujemna sila deluje na plezalca, tem bolj sunkovit je padec.

1.5.3 Ujemna sila

Ujemna sila je ena od najpomembnejših karakteristik plezalnih vrvi. Pri padcu plezalca prevzame energijo padca sistem varovanja, v največji meri je to prav plezalna vrv. Ko vrv zadrži plezalca, se v

njej razvije ujemna sila, s katero deluje na plezalca v nasprotni smeri njegovega padanja (to sledi iz ravnotežnega pogoja). Velikost ujemne sile je direktno odvisna od raztezka vrvi. Z večanjem raztezka vrvi se zmanjša ujemna sila na padajočega plezalca zaradi disipacije energije v vrvi. Sama vrv ima funkcijo blažilca oz. varovalke pred prevelikimi ujemnimi silami in manjša kot je ujemna sila, bolje je za plezalca.

Isto velja za vzpenjanje po feratah, le da so zaradi velikega faktorja padca ujemne sile bistveno večje. Za zmanjšanje ujemne sile je potreben blažilec, ki je v zadnjih nekaj letih sestavljen iz prešitega najlonskega traku (slika 22), ki se ob prekoračitvi sile med 4-6 kN prične trgati in s tem podaljša zavorno pot, ter bistveno zmanjša ujemno silo.

2 NAČRTOVANJE ZAVAROVANE PLEZALNE POTI

Ferata je poseben objekt v naravi, ki poteka v skalnem svetu, zato je načrtovanje le te povsem drugačno od klasičnih objektov. Ko izberemo potencialno steno, kjer naj bi se nahajala, je potrebno na različnih institucijah preveriti ali je gradnja sploh mogoča. Večinoma gre za naravovarstveni vidik, lahko pa gradnjo preprečijo tudi različne civilne iniciative iz različnih razlogov.

2.1 Načrtovanje trase zavarovane plezalne poti

Najprej se je potrebno uskladiti z različnimi ciljnim skupinami glede prostorskih omejitev. Najlažje to pojasnimo na naslednjem primeru. Novo zgrajena ferata v Mojstrani je bila sprva trasirana v levem delu stene Grančiča, ki je sicer iz plezalskega stališča najbolj primeren. Vendar gradnja tam zaradi bližine hiš in možnosti padajočega kamenja ni bila mogoča, saj bi bila zaščita pred padajočim kamenjem predraga. Ker v desnem delu gnezdi redka ptica, je bilo potrebno traso ferate temu podrediti in se izogniti občutljivemu delu stene. Spodaj je bilo potrebno postaviti lovilne mreže za padajoče kamenje, saj so lastniki zemljišč to zahtevali. Strošek teh lovilnih mrež je znašal tretjino celotnega objekta.

Ko se določi približen potek trase, dobimo konfiguracijo terena. Glede na teren in željeno zahtevnost ter atraktivnost ferate, ki jo želimo doseči, določimo mesta, kjer bodo montirana posebna pomagala za vzpenjanje, kot so lestve, viseči mostovi in podobne popestritve. Na podlagi tega lahko določimo približno količino materiala, ki ga potrebujemo.

Konfiguracija terena je pomembna tudi iz vidika varnosti. Izogniti se je potrebno delom, kjer bi spontano padajoče kamenje ogrožalo plezajoče oziroma poškodovale valovala. V kolikor je mogoče, plezalno pot speljemo tako, da je čim manjša možnost proženja kamenja višje lociranih plezalcev na spodaj plezajoče.

Pomembno je tudi, da predvidimo, kje bi lahko padajoče kamenje ali obremenitve snega in ledu poškodovale ali celo uničile ferato. Nevarna mesta so po navadi večji žlebovi in grape v steni, ki se jim poskušamo izogniti.

2.1.1 Uskladitev različnih skupin, ki lahko vplivajo na gradnjo ferate

Za uspešno izveden projekt nove trase zavarovane plezalne se je potrebno že v začetni fazi uskladiti s številnimi deležniki.

lastniki zemljišča

- raziskati, kdo je lastnik zemljišča, po katerem bo potekala pristopna in sestopna pot,
- zaprositi za dovoljenje za gradnjo.

planinskimi društvi

- po katerem področju določenega planinskega društva poteka pot,
- informacije o projektu po možnostih posredovati tudi društvom, ki mejijo na področje gradnje.

alpinističnimi odseki

- zavarovane plezalne poti pogosto vodijo v bližino sten, po katerih se pleza alpinistično ali športno (prosto); poizkusimo vzpostaviti stik z alpinističnim odsekom na tem področju
- prečkanju obstoječih alpinističnih smeri se vedno izognimo, razen v primerih, ko s tem soglašajo lokalni aktivni plezalci ali prvopristopniki

gorsko reševalno službo

- načrtovanje zavarovane plezalne poti naj bo v soglasju z GRZS

lokalno samoupravo / lokalne turistične organizacije

- v vsakem primeru vključimo v postopke pri načrtovanju krajevno skupnost in organ, pristojen za področje, na katerem bo potekala gradnja. Še posebej so pomembna mnenja o vplivu in problematiki parkiranja ter dostopa.

občinami

- izda Lokacijsko informacijo za nezahtevni objekt, ki opredeljuje morebitno območje varovanega pasu (od tega je odvisno, ali potrebujemo dovoljenja Zavoda za gozdove Republike Slovenije, Ministrstva za kmetijstvo in gospodarstvo Republike Slovenije, Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave in Upravne enote teritorialno pristojne za območje bodoče trase zavarovale plezalne poti).

Zavodom za gozdove Republike Slovenije

- za območje, za katerega je Zavod pristojen, če poteka načrtovana trasa poti po gozdu
- Zavod izdela tudi elaborat ničelnic

Ministrstvom za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije

- če je načrtovana trasa v območju varovanega gozda

Zavodom Republike Slovenije za varstvo narave

- če je načrtovana trasa v območju naravnih vrednot, krajinskih in narodnih parkov itd.

Upravno enoto

- izda Dovoljenje za poseg v naravo, v kolikor je potrebno soglasje Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave

lovsko / pašno skupnostjo

- če bi naj pot potekala tudi skozi pašnike, je nujno pridobiti tudi ustrezna soglasja.
- enako velja za lovska področja.

2.1.2 Ciljna skupina

Višina, homogenost zahtevnosti in sama zahtevnost, tip izvedbe, potek poti, lega, dolžina ter atraktivnost so dejavniki, ki vplivajo kateri ciljni skupini bo načrtovana zavarovana plezalna pot namenjena. Uporabnike lahko razdelimo v tri ciljne skupine, ki jih dodatno razdelimo po težavnosti.

- otroci (lahko, zelo kratko, skobe na gosto)
- začetniki, družine (lahko in dobro zavarovano)
- izkušeni plezalci po zavarovanih plezalnih poteh (kratki dostopi, fizično zahtevno, adrenalinsko).

2.2 Potrebna dokumentacija za gradnjo zavarovanih plezalnih poti

Gradnja nove zavarovane plezalne poti in njena umestitev v prostor zahteva tudi ureditev vsega potrebnega po formalni plati. Nabor pravnih virov, ki ureja ali se vsaj dotika področja gradnje planinskih poti, je širok. Spodaj so kratko opisani ključni viri in njihova bistvena vsebina.

2.2.1 Zakon o ohranjanju narave (UL RS št. 102/2004)

Zakon (opredeljuje dovoljenje za poseg v naravo, ki se zahteva tudi za planinske poti in ga izda krajevno pristojna Upravna enota. Pogoj je pozitivno mnenje Zavoda RS za varstvo narave, ki se pridobi v okviru postopka. Dovoljenje za poseg v naravo lahko vsebuje tudi posebne pogoje – omiljene ukrepe, s katerimi se zmanjša vpliv posega v naravo. Ti pogoji so za graditelja poti zavezujoči.

2.2.2 Zakon o graditvi objektov (UL RS št. 18/2013)

Zakon o graditvi objektov deli objekte na zahtevne, manj zahtevne in enostavne objekte. Podrobno delitev po teh treh kategorijah določa Uredba o razvrstitvi objektov glede na zahtevnost gradnje. Ta

določa, da so kolesarske, gozdne, pešpoti in druge podobne poti enostavni objekti, kar posledično pomeni, da za gradnjo le-teh ne potrebujemo gradbenega dovoljenja.

2.2.3 Zakon o prostorskem načrtovanju (UL RS 33/2007)

Zakon o prostorskem načrtovanju opredeljuje lokacijsko informacijo, ki je pomemben vir podatkov o območju gradnje nove poti. Iz lokacijske informacije izhaja, ali je gradnja poti v skladu z izvedbenim prostorskim aktom in katera dodatna soglasja oz. dovoljenja moramo pridobiti za ureditev nove poti. Vlogo oddamo na občino na območju kjer ležijo zemljišča.

2.2.4 Zakon o gozdovih (UL RS 30/1993)

Če pot poteka po gozdu, mora k dovoljenju za poseg v prostor dati soglasje Zavod za gozdove Slovenije oz. pristojna območna enota. Soglasje se ne izda, če bodo vplivi posega v okolje razvrednotili ali poškodovali gozd, prekomerno vplivali na gozdna tla, floro in favno. Soglasje se lahko izda tudi pod pogoji oz. z usmeritvami, ki jih je potrebno spoštovati pri gradnji.

2.2.5 Stvarnopravni zakonik (UL RS 87/2002)

Pred začetkom kateregakoli posega moramo seveda najprej naše želje uskladiti z lastnikom zemljišča. Možnih pristopov k temu je več. Lahko se odločimo in zemljišče odkupimo (npr. parcelo s steno za učni poligon). To je sicer najdražja oblika, vendar je rešitev dolgoročna. Druga učinkovita rešitev je sklenitev služnostne pogodbe in tudi vpis v zemljiško knjigo. Na ta način si tudi dolgoročno zagotovimo veliko varnost svojih interesov. Tretji način je pridobitev pisnega soglasja lastnika za izvedbo in uporabo poti. Vendar se moramo zavedati, da se lastnik ali njegovi pravni nasledniki (dediči ali kupci nepremičnine) lahko čez čas premislijo, soglasje prekličejo in prepovedo uporabo poti. Ti primeri so sicer skrajni, vendar možni.

2.2.6 Zakon o Triglavskem narodnem parku (UL RS 52/2010)

V kolikor je predvidena gradnja znotraj Triglavskega narodnega parka, mora občina za dovoljenje posega v naravo dobiti strokovno mnenje pristojnih na Triglavskem narodnem parku.

Poleg tega mora pridobiti tudi kulturno-varstveno soglasje s strani krajevno pristojne enote Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije.

2.3 Tehnična izvedba zavarovanih plezalnih poti

Pri gradnji ferate je potrebno upoštevati veljavne mednarodne varnostne normative in standarde:

- standard za blaženje padcev s samo-varovalnim kompletom (SIST EN 958:2007+A1:2011),
- standard za jeklene vrvi (SIST EN 12385-4:2003+A1:2008),
- standard nosilnosti sidrnih sistemov (SIST EN 959:2008),
- standard nosilnosti vponk (SIST EN 12275:2013)
- standard objemk jeklenih vrvi ter načina njihove uporabe (SIST EN 13411-5:2004+A1:2008)

Zahtevnost gradnje ferate je v veliki meri odvisna od lokacije in konfiguracije stene. V primeru, da je stena poraščena z drevesi in grmičevjem, jo je treba očistiti. Nato je potrebno temeljito čiščenje krušljivih delov stene, kajti padajoče kamenje je največja nevarnost za uporabnike kot tudi graditelje v času gradnje. Ko je stena pripravljena, se lahko točno določi smer poti in s tem primerna mesta za sidrne kline. Velikokrat je skala na nekaterih delih slabše kvalitete in je potrebno potek plezalne poti temu prilagoditi. Za sidrne kline je potrebno zvrtni luknje primerne debeline (odvisno od debeline sidrnih klinov) in jih očistiti. Nato z gradbenim lepilom zalepimo sidrne kline v pravilen položaj, ki je odvisen od poteka jeklene vrvi in izbranega sidrnega sistema. Sledi montaža jeklene vrvi z vsemi pripadajočimi elementi. Vsa dela se opravljajo v vrvi tehniki, kjer je potrebno alpinistično znanje.

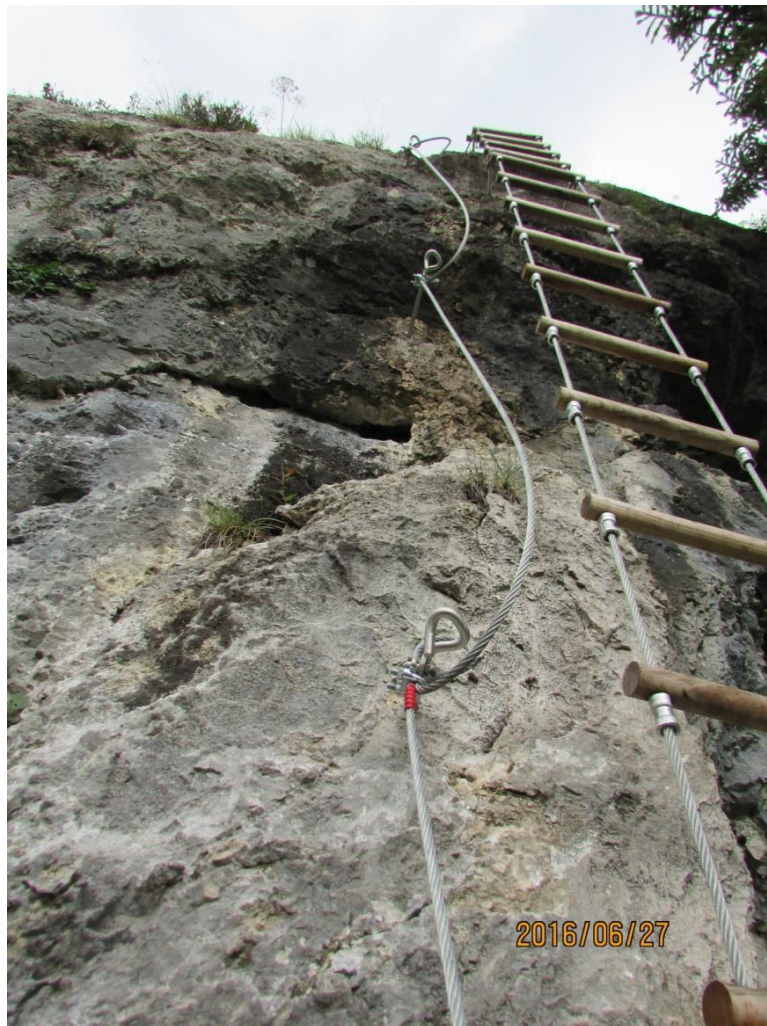
2.4 Izbira sidrnega sistema

Sidrni sistem vpliva na varnost ob morebitnem padcu in udobje pri vzpenjanju. Izbira sidrnega sistema je odvisna tudi od konfiguracije terena. Primer: v kolikor hočemo pot speljati čez previs brez skob, torej je edina pomoč pri vzpenjanju jekleni sistem, ne moremo uporabiti francoskega jeklenega sistema, saj bi bilo vzpenjanje ob ohlapni jekleni vrvi praktično nemogoče.

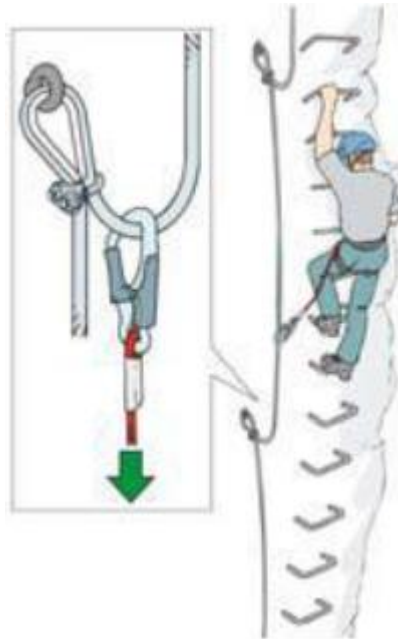
2.4.1 Razlike med sidrnimi sistemi jeklenic na zavarovanih plezalnih poteh

Glavna razlika med sidrnimi sistemi na feratah je potek jeklenice med posameznimi sidri. Prednosti in slabosti posameznih načinov gradnje sidrnih sistemov so opisane v nadaljevanju. Kot že uvodoma omenjeno, bomo obravnavali tri osnovne tipe sidrnih sistemov, ki se uporabljajo v praksi in sicer: francoski, tirolski in prednapeti jekleni sistem.

Prednost francoskega jeklenega sistema prikazanega na sliki 7 je v tem, da imamo ob padcu plezalca vponko vedno na istem mestu in položaju (slika 8). Torej so sile na samovarovalno opremo predvidljive. Zaradi ohlapne jeklene vrvi je težje vzpenjanje po njej, zlasti na previsnih odsekih poti. To lahko rešimo z večjim številom pripomočkov za vzpenjanje (skobe, lestve). Izvedemo jo lahko z direktnim vpetjem v sidra in z očesnimi sidri.



Slika 7: Jekleni sistem izdelan po francoskem sistemu z direktnim vpetjem na sidra.



Slika 8: Pozožaj vponke pri francoskem jeklenem sistemu (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).

Tirolski jekleni sistem (slika 9) z direktnim vpetjem jeklene vrvi v sidra, kjer je jeklena vrv napeta ročno ali največ s težo telesa. Vzpenjanje je zaradi fiksne in napete jeklene vrvi lažje, vendar se ob padcu lahko vponka postavi neugodno (slika 10), kar lahko bistveno zmanjša njeno nosilnost. Gradnja tega sistema je zaradi enostavnejšega potega jeklene vrvi lažja.



Slika 9: ferata v Gonžarjevi peči, ki je narejena po tirolskem načinu gradnje.



Slika 10: Pozožaj vponke pri tirolskem jeklenem sistemu (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).

Prednapeti jekleni sistem, ki ga uporablja Planinska zveza Slovenije je prikazan na sliki 11. To je gradnja z očesnim vpetjem jeklene vrvi, ki poteka skozi luknje v sidrih in je prednapeta. Jeklena vrv je prednapeta do 4 kN, s pomočjo orodja za napanjanje. V slovenskih gorah je večina zavarovanih poti opremljena na ta način. Hoja po njej je najbolj udobna. Ker so se plezalne poti, narejene na ta način gradile veliko pred tem, preden so se začeli uporabljati samovarovalni kompleti je bila gradnja z napeto jeklenico smiselna. Testi, ki jih je opravil Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit, so pokazali v nekaterih primerih zaskrbljujoče vrednosti loma vponk (6 kN). Varnost pri tem sistemu gradnje je manjša kot pri ostalih dveh. Slabost tega sistema je, da je jeklena vrv sidrana le na konceh in je ob poškodbi jeklene vrvi ali katerega od sider nefunkcionalen celoten odsek poti. Položaj vponke pri padcu je prikazan na sliki 12.



Slika 11: Prednapeti jekleni sistem v slovenskih gorah.



Slika 12: Položaj vponke pri prednapetem jeklenem sistemu (Sommel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).

2.4.2 Materiali in oprema

Materiale in opremo, ki uporabnikom zagotavljajo varno vzpenjanje po zavarovanih plezalnih poteh, delimo v tri skupine in sicer:

- sidrni sistem jeklenih vrvi,
- pripomočke za napredovanje,
- samovarovalno opremo (katero uporablja plezalec).

Sidrni sistem jeklenih vrvi

Opremo za sidrni sistem jeklenih vrvi sestavljajo: jeklene vrvi, sidra objemke, notranji vložki, zaključki in zaključne kapice.

2.4.2.1 Jeklene vrvi

Razlikujemo spiralne in pramenaste načine pletenja jeklenih vrvi, pri tem so edino pramenasti tipi jeklenih vrvi primerni za gradnjo zavarovanih plezalnih poti. Spiralne jeklene vrvi so trše in slabše oprijemljive in iz tega vidika niso primerne.

Pramenaste jeklene vrvi po standardih SIST EN 12385-4:2003+A1:2008 (slika 13) so relativno mehke jeklene vrvi in dobro oprijemljive, kar je eden od pogojev za gradnjo zavarovanih plezalnih poti.

Pletene so tako, da posamezne žice pramena prehajajo od zunaj navznoter, ter ponovno ven. Zaradi tega je vsaka posamezna žička trdno vkleščena v svojem pramenu. Pri odlomih posameznih žičk lahko poškodovane konce upognemo navznoter in zaščitimo ta del jeklene vrvi, ki pa zaradi tega ne bo oslABLJENA na celotni dolžini. Pramenaste jeklene vrvi izdelujejo iz različnih materialov. Priporočljive so tiste, ki vsebujejo umetne primesi, ki preprečijo vpijanje vlage, in s tem dosežemo hitro sušenje jeklene vrvi.

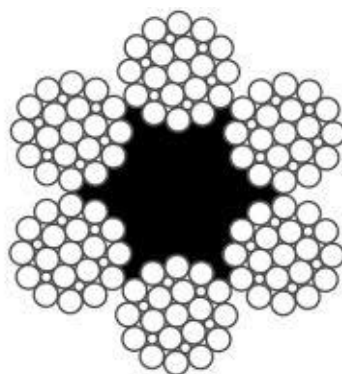
Jeklene vrvi so različnih izvedb, dimenzij in premerov. To pomeni, da imamo na voljo tudi grobe in fine pramenaste jeklene vrvi. Grobo žičnate pramenaste jeklene vrvi so zelo trde in manj udobne za prijemanje, zaradi tega manj uporabne za gradnjo zavarovanih plezalnih poti. V nasprotju s tem pa pri

fino žičnatih pramenastih jeklenih vrveh obstaja problem manjše odpornosti na korozijo in mehanske poškodbe. Pramenaste jeklene vrvi izdelane po standardih SIST EN 12385-4:2003+A1:2008 predstavljajo uporaben kompromis med grobo in fino žičnatimi jeklenimi vrvmi.

Pri uporabi jeklenih vrvi v zavarovanih plezalnih poteh je izjemnega pomena zaščita jeklene vrvi pred korozijo. Zelo priporočljiva je uporaba pocinkanih jeklenih vrvi. Uporaba nerjavečih jeklenic je zaradi njihove visoke cene manj priljubljena, razen na lokacijah, ki so visoko in pogosto pod snegom ali ledom.

Pri gradnji zavarovanih plezalnih poti uporabljamo poenotene premere jeklenih vrvi. To je nujno že zaradi standardizacije dimenzij elementov poti (sidra, objemke, napenjalniki, itd) in tudi tehničnih varovalnih pripomočkov za uporabnike (dimenzije vponk, samovarovalnih sistemov, škripcev vozičkov, itd.).

Pri dimenzioniranju premera potrebne jeklene vrvi za zavarovane plezalne poti upoštevamo minimalni zahtevani premer jeklene vrvi 10 mm.



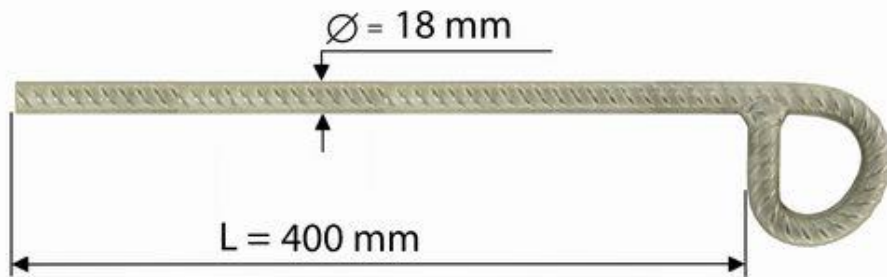
Slika 13: Pramenasta jeklena vrv, primerna za ferate.
Vir: <http://www.ibv.si/> (Pridobljeno: 1. 2. 2016.).

2.4.2.2 Sidra

Poznamo različne izvedbe sidrnih klinov, ki jih uporabljamo pri različnih variantah jeklenih sistemov. Razdelimo jih lahko v dve osnovni skupini (očesna sidra in sidra z objemkami), ki imajo več različnih izvedb.

Očesna sidra: Pri očesnih sidrih poteka jeklena vrv prosto skozi očesa sider in na njih ni fiksirana - se lahko prosto premika skozi sidra. Pri francoskem načinu gradnje je jeklena vrv na vsakem očesu napeljana v loku z notranjim vložkom (slika 14) in blokirana z objemko.

Pri tem načinu se izogibamo vibracijam in pomikom jeklene vrvi v očesu. Oko sidra naj ostane gladko, saj s tem preprečimo možnost poškodb jeklene vrvi. Očesna sidra lahko uporabimo pri francoskem in napetem sistemu sider.



Slika 14: Ena od mnogih izvedb očesnega sidra vir: <http://www.raumerclimbing.com> (pridobljeno: 2.2.2016.).

Sidra z objemkami: Za razliko od očesnih sider je tu jeklena vrv fiksirana direktno na telo sidra s pomočjo ustrezne objemke. Poznamo sidro »zastavica« (slika 15) in »stisnjeno« sidro (slika 16). Izdelava sider tipa »zastavica« se od ostalih razlikuje po tem, da je nosilna ploščica jeklene vrvi tu navarjena na telo sidra, med tem ko je pri »stisnjenih« sidrih del sidra, ki bo namenjen fiksiranju jeklene vrvi, kovan ploščato. Pri »stisnjenih« sidrih mora biti kljub luknjam za objemko, naokoli še dovolj materiala, da bo imelo sidro primerno nosilnost. Kot končna sidra uporabljamo očesni tip sider ali povezovalna sidra. Alternativno lahko konec jeklene vrvi tudi zalepimo dovolj globoko v steno. Glede na uporabljeno debelino jeklene vrvi, izberemo primerne objemke, dimenzije ter razmak lukenj zanje v sidru.



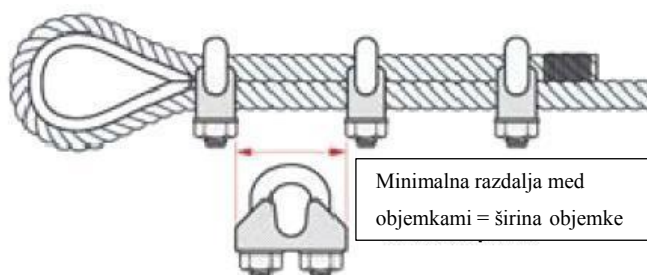
Slika 15: Inox sidro z zastavico in z zanko, ki omogoča enostavno dodatno varovanje z vrvjo za nami plezajočega vir: <http://www.raumerclimbing.com>. (pridobljeno: 2.2.2016.).



Slika 16: Stisnjeno sidro vir:www.hzi.at (pridobljeno: 2.2.2016.).

2.4.2.3 Objemke

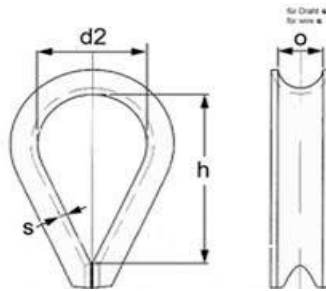
Za gradnjo zavarovanih plezalnih poti uporabljamo atestirane objemke primernih dimenzij (slika 17) glede na premer jeklene vrvi, po standardih SIST EN 13411-5:2004+A1:2008. Objemka mora biti vedno obrnjena tako, da so metrični vijaki objemke na nasprotni strani dela jeklene vrvi, ki se konča.



Slika 17: Pravilno izveden zaključek jeklene vrvi (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).

2.4.2.4 Notranji vložki za jeklene vrvi

Za fiksiranje koncev jeklene vrvi uporabimo notranje vložke. Nujno je uporabiti normirane velikosti vložkov. Vložek bi naj omogočal lep prehod skozi napenjalni sistem in preprečeval lomljenje jeklene vrvi, ter nudil mehansko zaščito zanke v gibljivem delu prehoda skozi sidro.



Slika 18: Notranji vložek za jeklene vrvi (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).

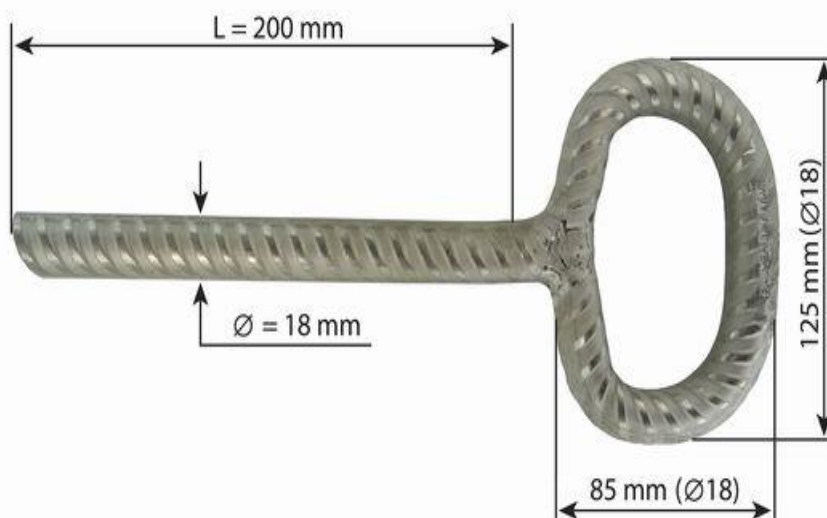
2.4.2.5 Povezovalni elementi

Povezovalnim elementom se izogibamo, vendar vselej to ni mogoče. Uporabiti smemo samo vroče cinkane povezovalne elemente, zglebe, elemente z matico po normi SIST EN 362:2005, ki pa morajo zadostiti varnostnim kriterijem za alpinistične vponke z matico po normativu SIST EN 12275:2013 (minimalna sila loma 25 kN).

2.4.2.6 Pripomočki za napredovanje

Pripomočki za napredovanje so skobe (slika 19), »U« klini (slika 20) in tudi lestve (slika 1), ki poenostavijo premagovanje strmejših odsekov. Ker običajno v takih odsekih šibkejše in mlajše udeležence tudi dodatno varujemo z vrvjo, je nujno, da za ta pomagala opredelimo minimalno potrebno nosilnost. Pomagala za stopanje smejo biti v obliki ovalnih skob ali klasičnih skob.

Maksimalna razdalja pomagala od stene naj ne bo večja od 15 cm. S tem dosežemo, da se pomagalo ob normalni uporabi (sile okoli 1,5 kN) ne bo plastično deformiralo. Minimalni premer materiala za pomagala je 14 mm. Globina vrtine za pomagala je identična globini sider in znaša več kot 70 mm v zelo kvalitetni skali, v slabši pa je vrtina ustrezno globlja. Enako kot za sidra, so za pomagala primerna armaturna jekla trdnosti 500S (visoka trdnost in sposobnost varjenja). Pomembna je tudi zaščita pred korozijo, to dosežemo z vročim cinkanjem pomagal. Z minimiziranjem razdalje pomagala od stene zmanjšamo tudi vplive snežnih obremenitev in s tem dosežemo dolgo življenjsko dobo.



Slika 19: Klasična skoba vir: <http://www.raumerclimbing.com>.



Slika 20: »U« skoba vir: <http://www.raumerclimbing.com>.

2.4.2.7 Končna sidra

Da je zadoščeno varnostnim faktorjem, se za končna sidra zahteva višja nosilnost. Zaradi tega se tako kot pri vmesnih sidrih na močno prednapetih sistemih zahteva minimalna nosilnost (6 kN), z visokim predimenzioniranjem pa preprečimo utrujanje materialov, kakor tudi možnost nezgod zaradi popustitve ali izpuljenja sidra. Zaradi teh pogojev naj končno sidro nima vzvoda – zunanje dolžine. Nadalje mora končno sidro zadostiti trdnostim pred izpuljenjem ali lomom, ki izpolnjujejo zahteve standarda SIST EN 959:2008, kar pomeni minimalno 15 kN nosilnosti v osi in 25 kN prečne nosilnosti.



Slika 21: Dve različni izvedbi končnega sidra in dve različni izvedbi zaključnih kap,

2.4.2.8 Zaključne kape

Vse konce jeklenih vrvi zapremo z zaključno kapo, ki jo na jekleno vrv stisnemo s posebno oblikovanimi kleščami oziroma nanje nataknejo posebno plastično kapico z lepilom, ki jo segrejemo, da se prilepi. Na ta način bo jeklena vrv zavarovana pred razpletanjem, kakor tudi plezalci pred poškodbami. Dve različni izvedbi zaključnih kap lahko vidimo na sliki 21.

2.4.2.9 Varnostni stožci

Konfiguracija zavarovane plezalne poti je običajno zelo različna, glede na dane možnosti nagiba skale, smeri gibanja in drugih dejavnikov, ki vplivajo na razčlenjenost poti. Pri navpičnicah, kjer lahko pride do zdrsov skoraj brez trenja kot tudi v zelo izpostavljenih prečnicah, nastanejo velike sile ob trku vponke v sidro. Na vponko delujejo prečne sile (tam, kjer je njena nosilnost najmanjša) ob togih varovalih. Zato je priporočljivo nad sidra v navpičnicah in izpostavljenih prečnicah namestiti varnostne stožce (slika 22). Varnostni stožci so iz gume in so v notranjosti votli. Tako delujejo ob pritisku vponke na stožec kot amortizer, ki ublaži silo ob morebitnem zdrsu. S tem precej zmanjšamo možnost loma vponke in hkrati nekoliko ublažimo sunek sile. Varnostni stožci so sestavljeni iz dveh delov in jih na jekleno vrv lepimo s posebnim lepilom ter dodatno privijamo s štirimi vijaki grobega navoja. Z lepljenjem in vijačenjem dosežemo večjo trdnost stožca, da ob veliki sili ne popusti na stikih. Varnostne stožce namestimo samo nad sidra, kjer je možnost zdrsa večja, torej v navpičnicah in izpostavljenih prečnicah, kjer je naklon jeklenice več kot 20 °. Guma je višje trdnosti, ker se pri manjših trdnostih gum ob padcu guma deformira in bi jo bilo potrebno vsakič zamenjati, kar pa ni sprejemljivo iz vidika vzdrževanja ferate. Guma z leti zgublja na prožnosti in jo je potrebno menjati, kar je strošek v primerjavi z ostalimi sistemi, ki vzdrževanja praktično ne potrebujejo.



Slika 22: Vgrajen gumijasti varnostni stožec v Gonžarjevi peči

2.4.2.10 Samovarovalni komplet

Samovarovalni komplet (slika 23) je tehnični pripomoček, ki je na eni strani nameščen na plezalni pas (enodelni ali dvodelni), na drugi pa sta dve vponki, s pomočjo katerih se varujemo na jeklenicah, klinih, skobah. Sestavljen je iz zaviralne ploščice/zaviralnega mehanizma, varovalne vrvi in dveh vponk. Ustrezati mora standardom SIST EN 958:2007+A1:2011 in UIAA (mednarodno alpinistično združenje) 128:2008.

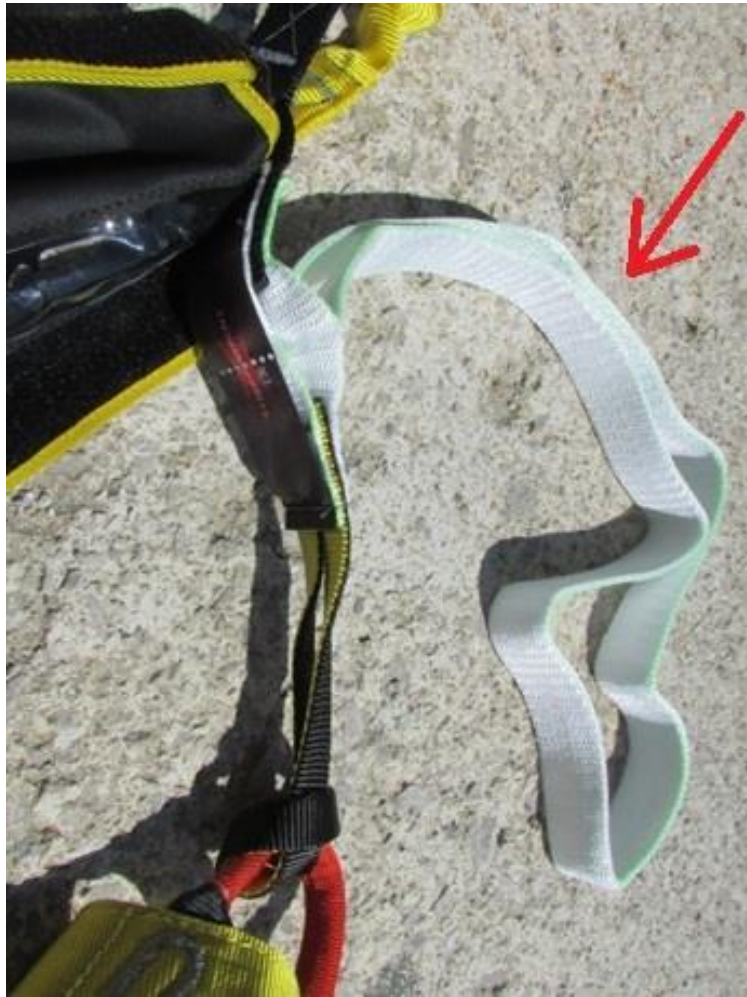
Na trgu je velika izbira različnih modelov samovarovalnih kompletov. Po UIAA sta trenutno ustrezni dve vrsti in sicer V in Y izvedba. Vendar se je V izvedba izkazala za neustreznega, predvsem, ker jih uporabniki niso pravilno uporabljali. Trenutno so v prodaji samo še Y izvedbe, ki imajo različne sisteme zaviralnega mehanizma. Nekateri silo padca zmanjšajo s pomočjo zaviralne ploščice (tudi ti se počasi umikajo iz prodaje), skozi katero je napeljana vrv, s katero smo vpeti na jekleno vrv. Vendar se pri testih, kjer so uporabili različne teže padajočega bremenana niso tako dobro odrezali, kot pri

novejših izvedbah, kjer je zaviralni mehanizem sestavljen iz prešitega traku (slika 24). Ta se pri padcu trga in s tem daljša pot zaviranja, ki je bistvena za zmanjšanje ujemne sile. Sila, pri katerem se sproži zaviralni mehanizem, je nekje od 4-6 kN, odvisno od proizvajalca.

Dimenzioniranje zavor je velik problem samovarovalnih kompletov. Pri DAV (Nemško alpinistično združenje) so jih testirali, kako se obnesejo, če jih uporabljajo otroci oziroma lažje osebe. Rezultati so pokazali zaskrbljujoče vrednosti sil na telo. Pri padcih 34 kg in 48 kg težke lutke z višine 5 m je bila pot ustavljanja le 18 cm in 30 cm, zato se je sila prenesla na telo. Pospeškometer, ki je bil nameščen v glavi, je v obeh primerih izmeril vrednost 30 g, kar je za otroka ali lažjo odraslo osebo lahko usodno, močne poškodbe telesa pa so neizogibne. Pri testiranju 77 kg težke lutke pa je bila pot ustavljanja 65cm, pospešek izmerjen v glavi 20 g, kar telo odraslega prenese brez večjih poškodb. Raziskava je pokazala, da mora biti pot ustavljanja, ne glede na težo telesa, vsaj 40 cm, da so sile na telo še zadovoljive in brez hujših poškodb (Semmel, C., Hellberg, F. 2011). Proizvajalci samovarovalnih kompletov imajo tu še veliko prostora za izboljšave in s tem velik vpliv na varnost pri vzpenjanju na zavarovanih plezalnih poteh.



Slika 23: Samovarovalni komplet, ki ga sestavljajo: čelada, plezalni pas, popkovina z blažilcem in dvema krakoma.



Slika 24: Blažilec iz prešitega traku (označen z puščico), ki se ob sili večji od 4-6 kN začne trgati.

3 OBREMNITVE NA ZAVAROVALNI PLEZALNI POTI

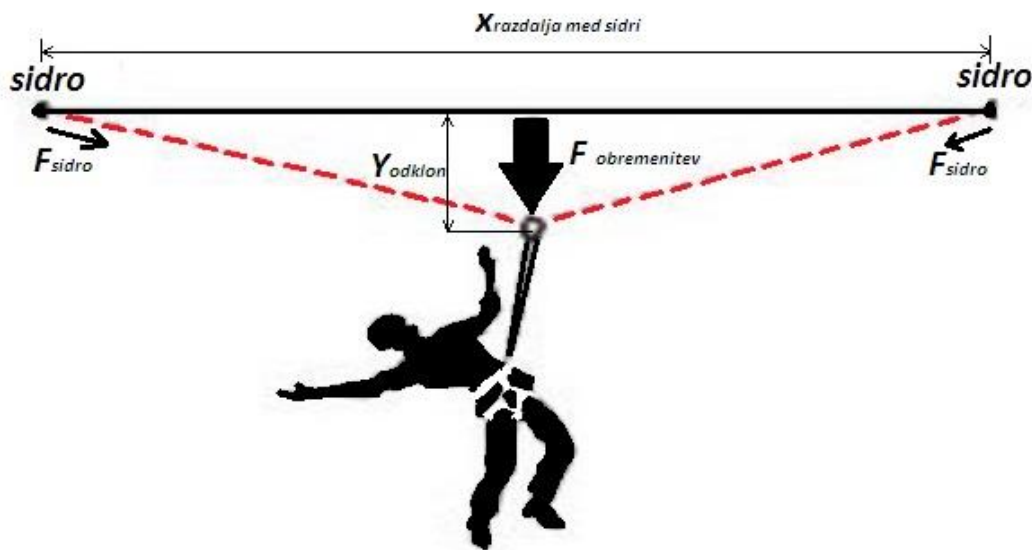
Na sistem jeklenic na zavarovani plezalni poti ob uporabi delujejo normalne in maksimalne obremenitve. Kot normalne obremenitve so mišljene obremenitve, ki nastanejo pri običajni uporabi s prijemanjem, obešanjem in napredovanjem s pomočjo jeklene vrvi pri vzponu in sestopu, kakor tudi obremenitve, ki nastanejo na sidrih v času mirovanja. Te obremenitve mora zavarovana plezalna pot vzdržati trajno. Sidra jeklene vrvi se pri tem ne smejo (trajno) deformirati ali razrahljati. Maksimalne sile nastanejo na delih poti, kjer je mogoč padec, to pa je na vertikalnih delih poti (glej točko 3.2).

3.1 Izračun obremenitev v horizontali (prečki)

Tam, kjer je ferata speljana horizontalno, padec ni mogoč, zato tam pričakujemo samo normalne obremenitve velikosti 1 kN. Prečna obremenitev sider je odvisna od razdalje med fiksnima točkama napetosti jeklene vrvi, kot tudi kota povešanja jeklene vrvi. Prečno silo v sidru izračunamo po spodnji formuli 2. Pomen oznak v formuli 2 je pojasnjen na sliki 25.

$$F_{sidro} = F_{obremenitev} \frac{1}{2} \sqrt{1 + \left(\frac{x_{razdalja\ med\ sidri}}{2Y_{odklon}} \right)^2} \quad (2)$$

Predpisana najdaljša razdalja med sidri v prečki je 5 metrov. V primeru zdrsa plezalca, kar je pogost pojav na zavarovanih plezalnih poteh, lahko na varovala v steni kratkoročno delujejo veliko višje sile, ki jih lahko označimo kot maksimalne obremenitve. Pri maksimalnih obremenitvah lahko plastične deformacije sider deloma toleriramo, do loma materialov ali puljenja sider pa pri tem ne sme priti.



Slika 25: Obremenitev sider v prečki (Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009).

Ob normalnih in maksimalnih obremenitvah so tu še obremenitve snega in padajočega kamenja (posebej pozimi in zgodaj spomladi). Te obremenitve so lahko tudi nekaj ton. Pomembno je, da pri načrtovanju to upoštevamo. Zavarovana plezalna pot tudi ne bo v celotni dolžini trajno polno obremenjena.

3.2 Izračun obremenitev v vertikali

Maksimalna razdalja v vertikalnih in poševnih delih med sidri je 3 m. Pri tem razponu je maksimalna dolžina padca 5 m (slika 6). Sila, ki pri tem nastane, je odvisna od teže plezalca in učinkovitosti delovanja samovarovalnega kompleta. Daljša kot je dolžina zaustavljanja, manjša je ujemna sila. V primeru, da plezalec ne uporablja samovarovalnega kompleta, ampak samo 1 m vrvi, kar je bilo v preteklosti pogosto, je bila pot zaustavljanja ocenjena na 0,1 m. Nekoliko se poda sistem jeklenic, ostalo se raztegne vrv in plezalni pas. Ujemne sile lahko izračunamo posredno iz kinetične energije, ki je posledica spremembe potencialne energije. Kinetično energijo padca lahko torej enačimo in določimo s spremembo potencialne energije po formuli 3:

$$W_p = W_k = m * g * h \quad (3)$$

kjer je m masa uteži, g težnostni pospešek in h višina padca uteži. Pri 80 kg težkem plezalcu in višini padca 5m, znese to 3924 Nm. Če upoštevamo najslabši scenarij, da je pot zaustavljanja 0,1m, lahko izračunamo ujemno silo po formuli 4, kjer upoštevamo, da je sprememba potencialne energije enaka delu ujemne sile F_u na zavorni poti l_u :

$$F_u = \frac{W_p}{l_u} \quad (4)$$

Pri čemer je F_u ujemna sila, W_p je sprememba potencialne energije, l_u pa pot zaustavljanja oziroma zavorna pot.

V najslabšem scenariju je pri dolžini poti zaustavljanja 0,1 m sila 39,24 kN. V tem primeru je sila na opremo prevelika, da bi zdržala tako sunkovit padec. Tudi če bi ga, je sila na plezalca prevelika, da bi ga ta lahko preživel. Iz formule lahko vidimo, da je pot zaustavljanja bistvena na velikost ujemne sile.

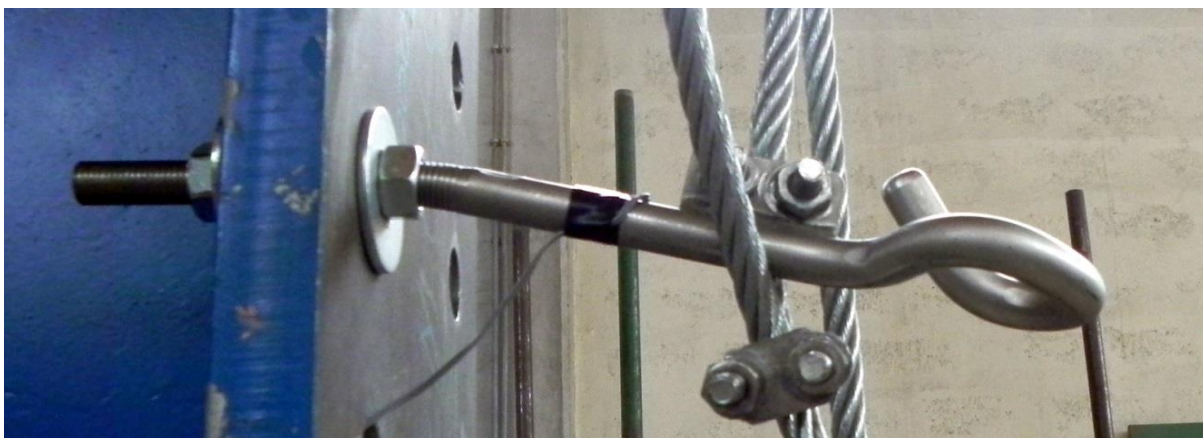
4 PREIZKUS RAZLIČNIH JEKLENIH SISTEMOV ZAVAROVANIH PLEZALNIH POTI

4.1 Opis testov

Preizkus je bil opravljen v konstrukcijsko prometnem laboratoriju, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na Univerzi v Ljubljani. Ker v laboratoriju ni betonske stene, ki bi simulirala naravno skalo, smo v sidrne kline vrezali navoj in jih pritrdili na posebej pripravljeno nosilno konstrukcijo narejeno iz večjih jeklenih profilov kakor je to prikazano na sliki 32. V naravni skali ob dobrem sidranju z gradbenim lepilom na epoksi osnovi ni pomikov, zato vpetje, ki omogoča le manjši zdrs ni imelo bistvenega vpliva na rezultate raziskave. Torej je predpostavka, da so klini fiksni in brez pomikov v vpetju. Sidrni klini (slike 27, 28, 29) se pri vsakem jeklenem sistemu razlikujejo, zato je bilo potrebno postaviti tri različne sisteme, z enakimi razmaki med sidrnimi klini. Priporočena maksimalna razdalja na vertikalnih odsekih je 3 metre, kjer je pri en meter dolgi popkovini samovarovalnega kompleta v najslabšem primeru padec dolg 5m, saj je lahko plezalec en meter nad sidrnim klinom (slika 6).

Različne jeklene sisteme smo postavili v merilu 1:1 in tako, kot so dejansko na feratah v najbolj neugodni situaciji.

Francoski jekleni sistem: jeklena vrv je postavljena v zankah, tako da se plezalec ob padcu ulovi v zanko in vponka se vedno postavi vertikalno (pravilno). S tem se zagotovi, da je deklarirana nosilnost vponke njena lomna nosilnost. Sidrni klini za ta sistem so oblikovani tako, da jeklena vrv v zanki poteka nad klinom na katerega se objemko pritrdi. Pod klinom se jekleno vrv poveže še z eno objemko za stabilizacijo.



Slika 26: Sidrni klin pri francoskem sistemu, ki smo ga uporabili pri testih.

Tirolski jekleni sistem: Klini za ta sistem so po navadi iz rebrastega armaturnega jekla (slika 28), ki je na koncu kovaško obdelan tako, da se nanj privije objemko, na katero se pritrudi jekleno vrv, ki je napeta s težo telesa. Pri padcu plezalca, se tik nad klinom jeklena vrv deloma poda. S tem se zmanjša možnost, da se vponka postavi v nepravilen položaj, kjer ima vponka bistveno slabšo nosilnost.



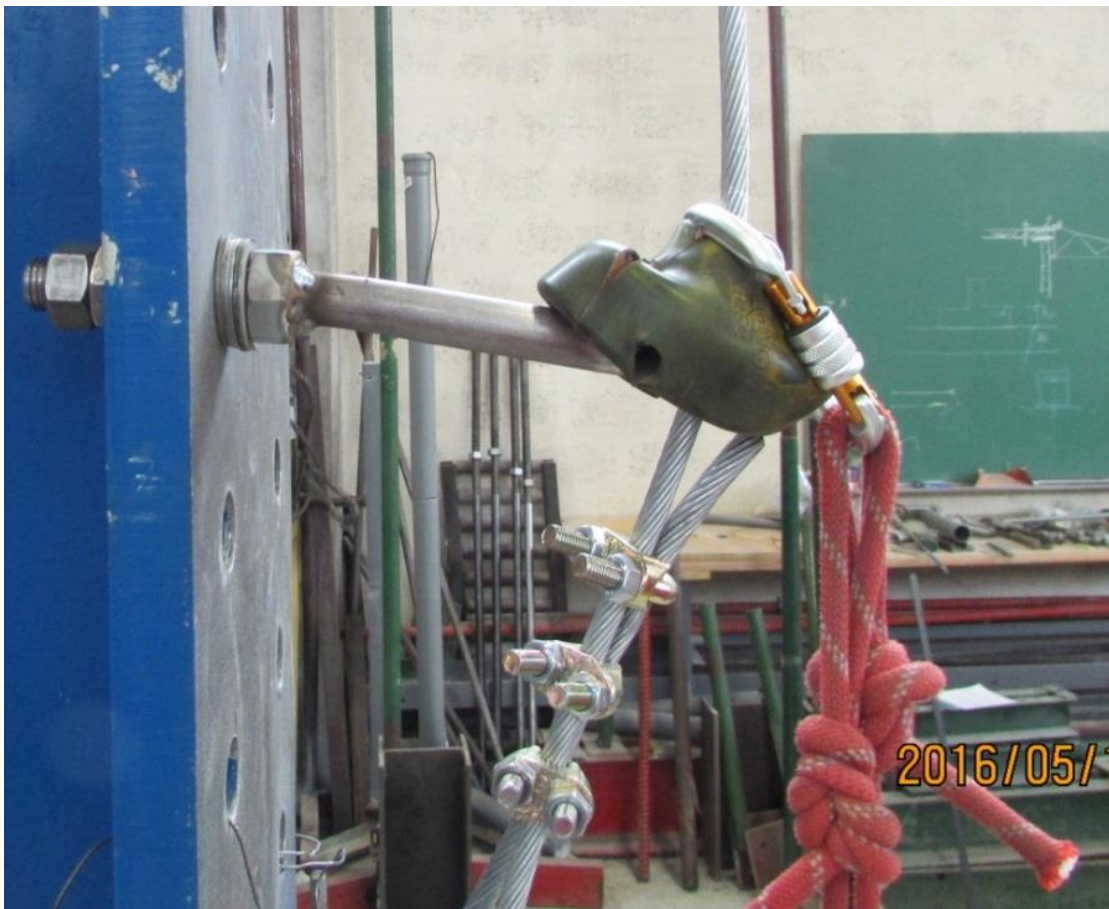
Slika 27: Sidrni klin pri tirolskem sistemu, ki smo ga uporabili pri testih.

Jekleni sistem s prednapeto jekleno vrvjo: za ta sistem potrebujemo očesna sidra (slika 29) skozi katera napnemo jeklenico s pomočjo napenjalnega sistema. Na končnih sidrih je jeklena vrv pritrjena s tremi objemkami. Ta sistem je za plezalca najbolj neugoden, saj je oko sidra preveliko, napeta jeklena vrv pa preprečuje, da bi se lahko vponka postavila v ugoden položaj. Ta jekleni sistem smo nadgradili z gumijastim stožcem, da smo videli kako vpliva na sile v vrvi in celoten jekleni sistem.



Slika 28: Sidni klin pri prednapetem sistemu, ki smo ga uporabili pri testih.

Jekleni sistem s prednapeto jekleno vrvjo in varnostnim stožcem: uporabili smo isti sistem, le da smo ga nadgradili z gumijastim varnostnim stožcem, da vidimo ali bi jih bilo smiselno namestiti v slovenskih gorah, na obstoječih zavarovanih plezalnih poteh, tam kjer so večji razponi (slika 30).



Slika 29: Sidni klin za prednapet sistem z varnostnim stožcem.

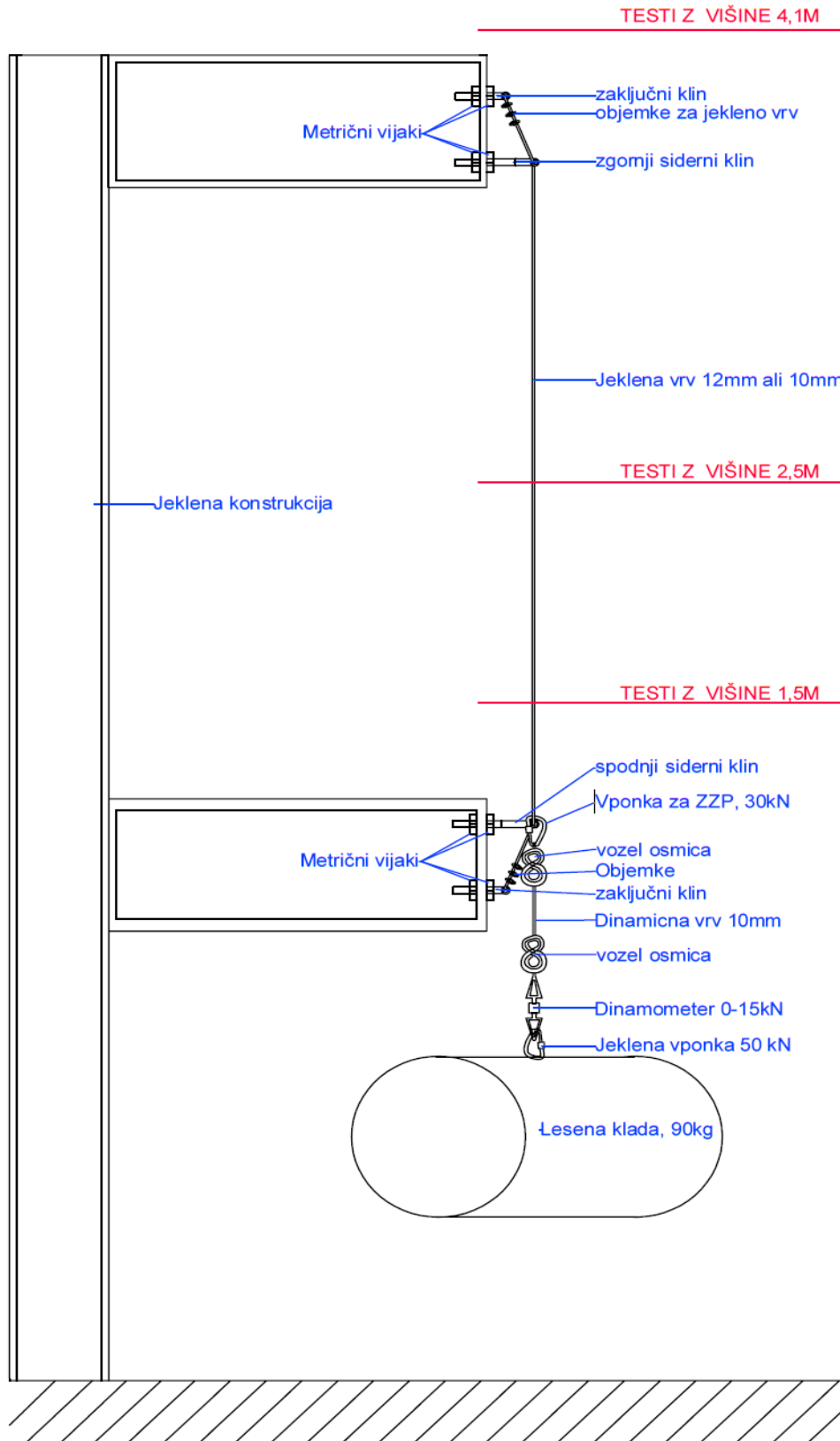
Za utež smo uporabili leseno klado s težo 90 kg (slika 31), ki simulira plezalca. Skoznjo sta izvrtani luknji in v njih vstavljene dve navojni palici s privitimi ušesi, da smo lahko nanju vpeli jekleno vponko, na kateri je bila pritrjena 15 kN merilna doza za merjenje sile.



Slika 30: 90 kg težka lesena klada, ki smo jo uporabili za utež z dinamometrom.

Med merilno dozo in vponko, ki je pritrjena na jekleni sistem, smo privezali dinamično vrv debeline 9,8 mm (slika 34), ki je deloma simulirala samovarovalni komplet. To so vrvi, ki jih uporabljamo za varovanje pri plezanju in gorništvu. Značilnost teh vrvi je, da omogočajo raztezek okrog 30 %, ki poskrbi, da je padec plezalca amortiziran. Način prepletanja vlaken in mehanske lastnosti materiala omogočajo, da se vrv ob obremenitvi raztegne in s tem absorbira energijo pri padcu. Pri testih z višine 1,5 m smo uporabili eno vrv. Pri 2,5 m smo zaradi pretrga vrvi morali uporabiti dve. Pri najvišji možni višini padca, pa smo zaradi varnosti uporabili štiri vrvi. V vseh primerih je bila dolžina vrvi cca 40 cm.

SIMULIRANA ZAVAROVANA PLEZALNA POT V LABORATORIJU ZA
RAZISKAVO MATERIALOV IN KONSTRUKCIJ NA FGG



Slika 31: Skica simulirane ferate, ki smo jo postavili v konstrukcijsko prometnem laboratoriju.



Slika 32: Jeklana konstrukcija s ferato in klado tik pred testom z višine 2,5 m.

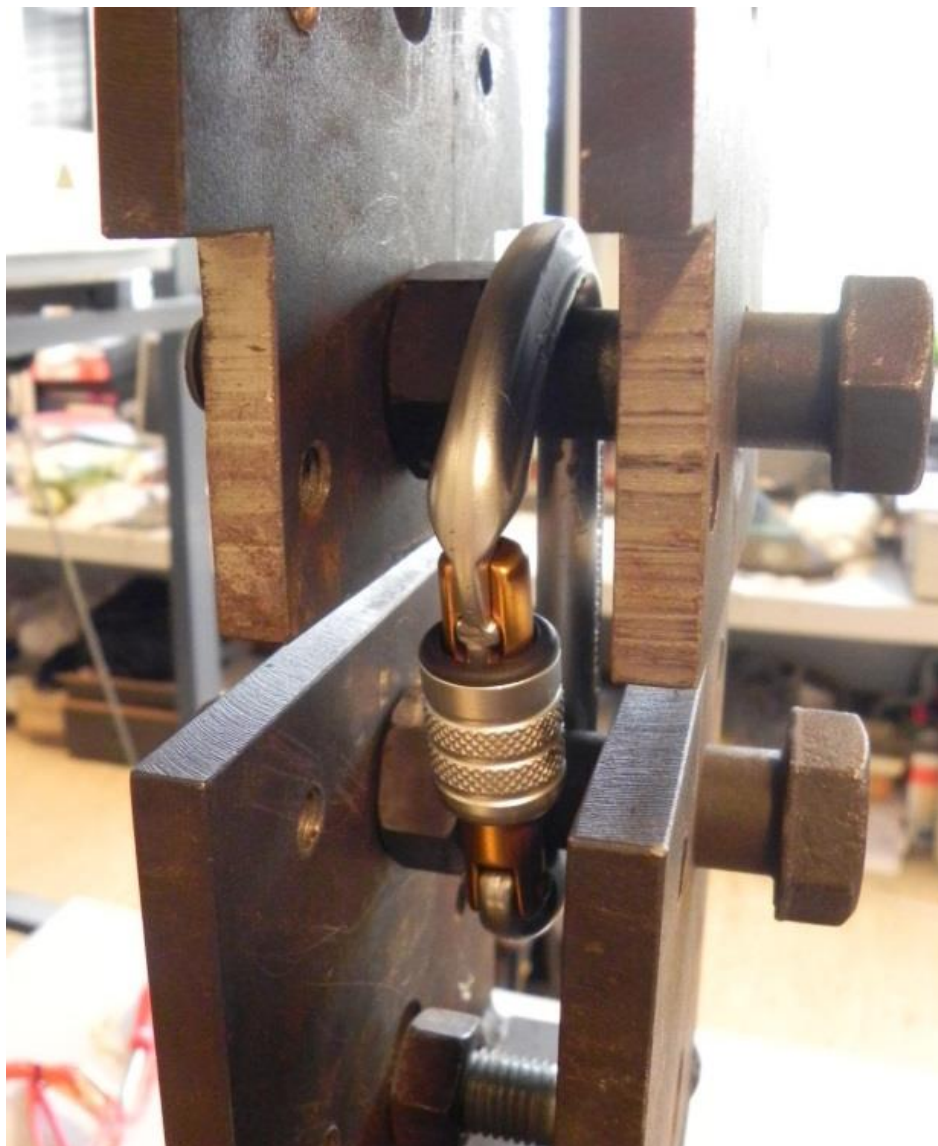


Slika 33: Enojna dinamična vrv, ki je bila uporabljena na testih.

Maksimalna višina, ki smo jo imeli na voljo v laboratoriju je bila 4,1 m. Ker smo imeli na voljo dinamometer z maksimalno izmerjeno silo 15 kN, ga iz maksimalne višine zaradi prekoračitve sile nismo uporabljali in smo približek sile izračunali iz raztezkov vrvi. Pred in po testu smo obremenili dinamično vrv z lastno težo uteži in izmerili njeno dolžino in tako izračunali raztezek. K raztezku vrvi smo prišteli še dolžino, za katero se je podal jekleni sistem pri posameznem testu in dobili zavorno pot, ki je bistvena za izračun ujemne sile.

Pri Francoskem sistemu smo na zgornji del sidrnih klinov namestili merilne lističe deformacij, iz katerih bi lahko posredno določili sile, ki se pojavljajo v njih, vendar so bile deformacije v nasprotju s pričakovanji prevelike. Merilci deformacij se uporabljajo kadar so deformacije v elastičnem območju, tako da jih pri drugih dveh sistemih nismo uporabili, saj pri prvem sistemu nismo izmerili relevantnih podatkov.

Sile iz višine 1,5 in 2,5 m smo izmerili s pomočjo dinamometra (max 15 kN). Dinamometer je bil preko kabla povezan z napravo za zajem podatkov Spider, ki podatke obdela in jih pošlje v računalnik. Te podatke smo v nadaljevanju obdelali s programom Excel. Na testu smo uporabljali vponko, ki je namenjena za vzpenjanje po zavarovanih plezalnih poteh in ima deklarirano nosilnost 30 kN v vzdolžni smeri in 8 kN v prečni smeri. Vponka, ki smo jo uporabljali med testiranjem je zdržala vseh 18 padcev. Po zaključku glavnih testov s spuščanjem lesene klade smo samo vponko dodatno testirali še v nategu v trgalnem stroju, kakor je to prikazano na sliki 35. Sila pri poružitvi je bila 39 kN. Na vponki se je odlomil jeziček (slika 36), ki služi, da se matica vponke zaskoči, ko je vponka zaprta. Porušitev vponke je bila krhka in se je zgodila v trenutku, kot je videno na grafu sila-pomik (slika 37), ki ga je zapisal trgalni stroj.

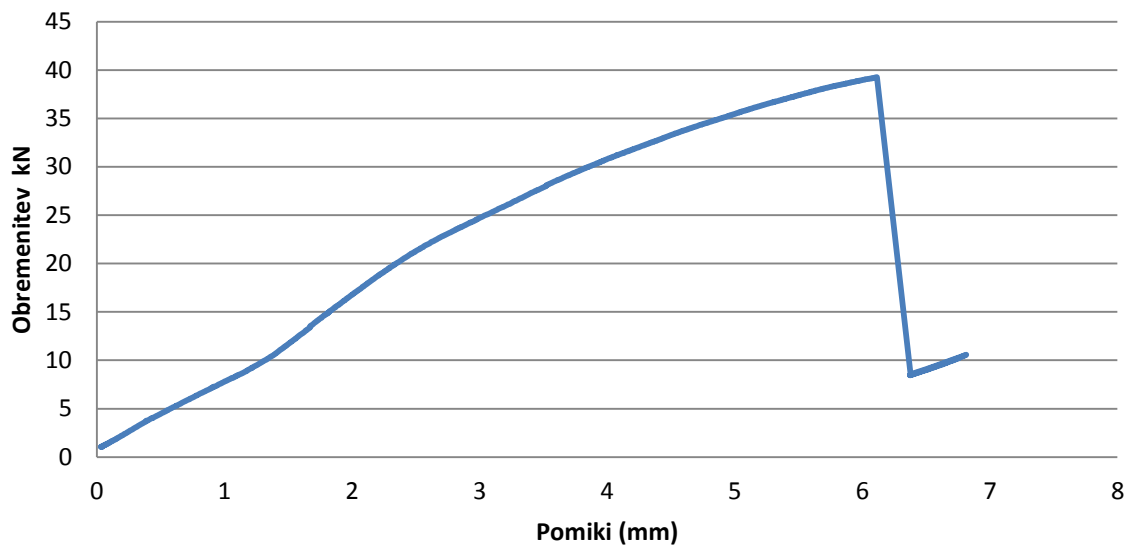


Slika 34: Vponka v trgalnem stroju za natezni preizkus.



Slika 35: Vponka po končanih testih in poružitvi v trgalnem stroju.

Graf obremenitve vponke 30kN v trgalnem stroju



Slika 36: Diagram sila-pomik nateznega preizkusa vponke v trgalnem stroju.

4.2 Rezultati preizkusov

Spodaj v preglednici 1 so v drugem in tretjem stolpcu izmerjene sile z dinamometrom za mete klade iz 1,5 m in 2,5 m. V zadnjem stolpcu so izračunane vrednosti, ki smo jih izračunali s programom Excel. Da iz raztezka lahko izračunamo silo, moramo najprej izračunati končno hitrost, ki jo klada doseže pri padcu iz določene višine, v našem primeru je bilo to 4,1 m.

$$v = \sqrt{2 * g * h} \quad (5)$$

Pri čemer je v končna hitrost, $g=9,81$ m/s² je težnostni pospešek, $h=4,1$ m pa je višina iz katere smo metali klado. Ker je višina konstantna, je v vseh primerih maksimalna hitrost enaka in znaša 8,97 m/s. Ker poznamo hitrost (v) in težo (m) lesene klade lahko izračunamo kinetično energijo, ki je

$$W_k = \frac{m*v^2}{2} \quad (6)$$

V našem primeru to znaša 3,62 kNm. Da dobimo silo v vrvi jo moramo deliti z zavorno potjo, ki smo jo izmerili kot raztezek dinamične vrvi. Silo F izračunamo po formuli številka (4).

Da je računski način določevanja sile približno točen (+0,5 kN), smo se prepričali tako, da smo pri višinah iz 1,5 in 2,5 m, rezultate izmerjene z dinamometrom primerjali z izračunom po zgornjih formulah.

Preglednica 1: Izmerjene in izračunane ujemne sile v kN, pri treh različnih višinah preizkusov [m].

Višina preizkusa, h [m]	1,5	2,5	4,1
Francoski jekleni sistem, ujemna sila F_u [kN]	7,5	11	22
Tirolski jekleni sistem [kN]	8	12,6	27
PZS jekleni sistem [kN]	7,5	11	29,7
PZS jekleni sistem z varnostnim stožcem [kN]	6,5	11	23

Ker je že pri preizkusih z višine 2,5 m prišlo do pretrga vrvi (9 kN) na vozlu, smo morali improvizirati in pri višini 2,5 m uporabiti 2 vrvi, pri 4,1 m pa štiri vrvi. Ker se več vrvi raztegne precej manj, so posledično nastale precej višje sile, a očitno ne dovolj velike, da bi zlomilo vponke. Razlog za to gre iskati v podajnosti jeklenih sistemov in s tem bolj pravilni legi vponk.

Preglednica 2: Zavorne poti v cm (raztezka dinamične vrvi + upogib klina), pri treh različnih višinah preiskusov [m].

Višina preizkusa [m]	1,5 (ena vrv)	2,5 (dve vrvi)	4,1 (štiri vrvi)
Francoski jekleni sistem [cm]	24	15	16
<i>Tirolski</i> jekleni sistem [cm]	25	18,7	12,5
PZS jekleni sistem [cm]	24,5	17	11
PZS jekleni sistem z varnostnim stožcem [cm]	21	14	9

4.3 Analiza preizkusov

Pri Francoskem jeklenem sistemu se sila preko zanke enakomerno prenese na spodnji in zgornji sidrni klin, kar pomeni, da se oba klina enako deformirata in ob večji silah prevzameta del energije. Ker sta klina, ki smo jih uporabili manjšega premera (16 mm), kot pri ostalih dveh sistemih (28 mm in 36 mm) sta se pri metu iz 4,1 m upognila občutno več, kar je pomenilo daljšo zavorno pot in s tem manjšo ujemno silo. Vponka je bila po pričakovanjih vedno natezno obremenjena.



Slika 37: Upogib sidrnih klinov pri francoskem sistemu je bil največji (6 cm).

Tirolski jekleni sistem je zaradi debeline sidrnega klina precej bolj tog in tudi ob večjih silah ni bilo večjih upogibov na mestu vpetja, kar se je poznalo pri preizkusu iz 4,1 m, kjer je bil pomik klina le 2 cm. Ker smo sidrni klin z navojem dodatno oslabili iz 36 mm na 26 mm, da smo ga lahko montirali, predpostavljam, da v realnosti ne bi bilo pomikov in bi se sila v vrvi pri padcih iz večjih višin še precej povečala. Vponka se zaradi velikosti objemke lahko postavi neugodno, vendar le v primeru, da je jeklena vrv močnejše napeta. Pri ne napeti jekleni vrvi se vponka postavi v položaj nekje 15-20 stopinj poševno od navpičnice. To bi pri nekoliko višjih vrednostih lahko pomenilo lom vponke, vendar so to že tako velike sile, da jih človeško telo ne prenese. Praviloma se na feratah, ki so narejene po tem sistemu, na mestih, kjer je možnost daljšega zdrsa nameščeni varnostni stožci.



Slika 38: Spodnji sidrni klin tirolskega jeklenega sistema po testu.

PZS jekleni sistem se zaradi napete jeklenice obnaša drugače in je bolj nepredvidljiv. Sila se preko napete jeklenice prenaša na vse kline, vendar se največji pomiki zgodijo na klinu v katerega udari vponka. V kolikor je vponka manjše dimenzije, jo postavi nekje pod kotom 45 stopinj, kjer je njena nosilnost polovična. Pri našem preizkusu z manjšo vponko z višine 4,1 m, je bil pomik klina 3 cm, kar je povzročilo bolj pravilno obremenitev in s tem manjši moment. Vponka je sicer zdržala padec,

vendar se je nekoliko ukrivila (slika 40). Predpostavljam, da padca z višine 5 m ne bi zdržala. V naprotju s pričakovanji ni prišlo do loma vponke, kajti pri testiranju, ki so ga izvedli pri Österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit se je to v najslabšem primeru zgodilo že pri 7 kN (statična obremenitev).



Slika 39: Spodnji sidni klin prednapetega jeklenega sistema po testu z vponko manjšega premera.

PZS jekleni sistem z varnostnim stožcem: sidni klin se je v primerjavi s sistemom brez varnostnega stožca zaradi blaženja gume podal 1cm manj in tudi vrv se je raztegnila 2 cm manj (slika 41), kar pomeni, da je varnostni stožec skrajšal zavorno pot iz 11 na 8 cm. Torej za približno 30 % (10 % jekleni sistem in 20 % vrv). Na podlagi tega ocenjujem, da je bila sila v vrvi okrog 23 kN, namreč brez varnostnega stožca je bila sila 29,7 kN. Pri padcih s samovarovalnimi kompleti, kjer je zavorna pot precej daljša (od 40 do 100cm), varnostni stožec ne bi bistveno vplival na zmanjšanje sile, ki se

prenese na plezalca, saj se zavorna pot zaradi njega ne bi bistveno podaljšala, uspešno pa preprečuje trk vponke v sidrni klin in s tem zmanjšuje možnost krhkega loma.



Slika 40: Spodnji sidrni klin prednapetega jeklenega sistema z varnostnim stožcem po testu.

4.4 Ugotovitve testiranja

Glede na prejšnje raziskave, ki so jih opravili na različnih institucijah na to temo, sem pričakoval lome vponk vsaj z najvišje višine. Ker so sidrni klini pri tirolskem in prednapetem (PZS) sistemu precej debelejši, nisem pričakoval, da se bodo ukrivili. To je povzročilo, da je bila vponka bistveno bolj natezno obremenjena, kot bi bila ob bolj togem sistemu. Ker se razdalja med vpetjem jeklene vrvi in skale, kjer je zasidran klin spreminja in se v praksi giblje med 5 cm, kar pomeni zelo tog sistem in 30 cm, kjer velika ročica povzroči precej večji moment ob vpetju sidrnega klina. Posledica tega so veliki pomiki oziroma krivljenje sidrnih klinov. V kolikor se sidrni klin močno ukrivi, so pogoji za vponko pri tirolskem in prednapetem sistemu bistveno ugodnejši, saj je vponka postavljena bolj pravilno (slika 38 in 39). Nosilnost sidrnih klinov ni vprašljiva, v kolikor je skala dobre kvalitete. V kolikor bi še enkrat izvajal teste, bi kline sidral bližje steni, s tem bi zmanjšal krivljenje sider in bi dobil bolj

neugoden in tog sistem. Pri testiranju je bila jeklena vrv od stene oddaljena približno 15 cm, največji pomik sidrnega klina pri enem padcu pa je bil 6 cm (francoski sistem).

Le pri prednapetem sistemu z vponko manjše dimenzije (slika 40) in nosilnosti (24 kN) je prišlo do deformacije le te in to pri izračunani sili (29 kN), ki jo plezalec ne bi preživel. Pri vseh ostalih preizkusih, kjer smo uporabili vponko, ki se jo uporablja na zavarovanih plezalnih poteh, razen odrgnin, ki so nastale ob trkih vponke v sidrne kline, ni bilo vidnih poškodb.

Iz tega vidika, so vsi sistemi primerni za gradnjo, saj so novejši samovarovalni kompleti dimenzionirani tako, da ujemna sila ne presega 6 kN (kar je skoraj 5-krat manj od naših maksimalnih obremenitev). Vsi ostali načini varovanja iz varnostnega stališča niso primerni. Ujemne sile so pri različnih težah plezalcev enake (okrog 5 kN), kar povzroči različen odziv na telo. Raziskava z lutko (Semmel, C., Hellberg, F. 2011), ki simulira 34 kg težkega otroka, je pokazala, da pri 5 kN ujemne sile povzroči v glavi 30 g pospeška, kar je po AIS (Abbreviated Injury Scale) lestvici 4-5. Kar na 6-stopenjski skrajšani poškodbeni lestvici pomeni hude poškodbe oziroma smrt. Pri preizkusu padca klade z 2,5 m nam je 10 mm dinamično vrv strgalo na vozlu pri 9 kN. Deklarirana nosilnost vrvi je 30 kN, vendar se nosilnost vrvi zaradi vozla zmanjša za 40%. Torej bi morala zdržati vsaj 18 kN. Varnostni stožec je pri vseh poizkusih zmanjšal zavorno pot za 3 cm. Torej je disipiral ta del energije, ki je pri tej raziskavi, kjer so bile zavorne poti kratke, (od 8 do 25 cm) bistveno vplival na rezultate z zmanjšanjem sile. Krajša kot je bila zavorna pot, več energije se je disipiralo v njem. Ob uporabi samovarovalnega kompleta, kjer so zavorne poti bistveno daljše, bi bil vpliv varnostnega stožca zanemarljiv. Zaradi tega smatram, da je uporaba stožcev iz vidika blaženja padca vprašljiva. Varnostne stožce uporabljajo v več delih Evrope, vendar nisem uspel pridobiti nobenih raziskav oziroma članka, ki bi upravičevala njihovo uporabo. V primeru, da plezalec ne uporablja samovarovalnega kompleta, bi lahko 3-4 cm blaženja v kombinaciji z dinamično vrvjo, bistveno zmanjšal sunek padca, ki bi v določenih primerih odločilno vplival na končni rezultat. Za ugotovitve ali je varnostni stožec učinkovit glede blaženja padca, bi bila potrebna dodatna raziskava, s podrobnejšimi meritvami in sicer s pospeškom, ki bi zaznal kakšne so razlike v trenutku, ko vponka udari v sidrni klin.

Iz vidika varnosti, na podlagi izvedenih testov ne morem podati negativnega mnenja za nobenega od jeklenih sistemov, saj sploh ni prišlo do loma vponk, kot smo pričakovali. Kajti na podobnih raziskavah je do porušitve vponke prihajalo tudi pri trikrat nižjih vrednostih od naših maksimalnih (29 kN).

Pri metih iz najvišje višine nismo izvajali meritev z dinamometrom, in v primeru loma vponke ne bi mogli izmeriti raztezka dinamične vrvi, ki ga potrebujemo za izračun ujemne sile. Pri tem je zanimiv podatek, da je ujemna sila pri francoskem sistemu za kar 25 % nižja na račun disipacije energije,

zaradi krivljenja obeh sider (6 cm). V kolikor bi prišlo do loma vponke pri katerem od sistemov pri silah nižjih od 20 kN, bi lahko sklepali, da je sistem manj primeren.

Ker se rezultati testov izvedenih pri Österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit in našimi med seboj zelo razlikujejo, bi bilo za podajanje mnenja za izgradnjo jeklenih sistemov potrebno izvesti podrobnejše raziskave in sicer s samovarovalnimi kompleti, ki so obvezni na vzpenjanju po njih. Velika razlika je nastala pri sistemu, kjer je jeklenica prednapeta. Povprečna trdnost statično obremenjene vponke pri njihovih meritvah je bila 14,6 kN, minimalna pa celo 6 kN. Pri naših preizkusih sploh ni prišlo do loma vponke, tudi pri silah okrog 30 kN. Za razliko od nas, so na testu uporabljali vponke različnih proizvajalcev. Ker ne poznam točnega postopka te raziskave, nisem mogel narediti konkretne primerjave.

5 ZAKLJUČEK

V okviru diplomskega dela smo opravili raziskavo treh različnih jeklenih sistemov na zavarovanih plezalnih poteh in njihov vpliv na varnost uporabnikov. Preizkusi so bili opravljeni večinoma z eksperimentalno metodo, ki nam je omogočila, da smo s pomočjo rezultatov lahko naredili primerjavo obnašanja posameznega jeklenega sistema. Na osnovi eksperimentov smo določili porušne mehanizme in razvoj ujemnih sil za vse tri jeklene sisteme.

Glede na razliko v kakšnem položaju je vponka ob padcu plezajočega ob sidrnem klinu, smo se spraševali, kako to vpliva na ujemne sile in kakšne deformacije bodo na vponki, pri različnih višinah padcev.

Raziskava je pokazala, da se ujemne sile pri manjših višinah padcev, kjer še ne pride do deformacij sidrnih klinov, niso bistveno razlikovale. Prav tako kljub neugodnemu položaju vponk, ni bilo vidnih deformacij oz. poškodb na njih. Pri padcih iz najvišje višine (4,1 m) so bile ujemne sile pri francoskem sistemu do 25% nižje, kar gre pripisati enakomerni porazdelitvi sile na spodnji in zgornji sidrni klin in manjšega premera le teh, kar je povzročilo velike upogibe (6cm) in s tem disipacijo energije. Zaradi upogibanja klinov je padelec pri francoskem sistemu mehkejši in s tem je omogočena večja varnost uporabnikov. Tirolski in PZS jekleni sistem sta presenetljivo uspešno prestala vse poskuse brez lomov vponke. Glede na preizkuse, ki smo jih opravili, ne morem podati mnenja o neustreznosti, oziroma o nevarnem vzpenjanju po njih ob uporabi samovarovalnega kompleta.

Za smiselnost uporabe gumijastih varnostnih stožcev, bi bilo potrebno narediti posebno raziskavo (z pospeškometrom), kajti iz dobljenih meritev nisem mogel razbrati ali je vplival na blaženje padca. Je pa ugodno vplival na lego vponke. Ob uporabi varnostnih stožcev se postavlja tudi vprašanje, kako vplivajo na padelec, ko guma zaradi vpliva staranja otrdi.

Kljub temu, da raziskava ni pokazala, da bi bil kateri od preizkušenih jeklenih sistemov nevaren za uporabnike, je pri novogradnjah potrebno strmeti, da se vponka vedno postavi s smeri največje nosilnosti.

VIRI

Domitrovič, M., Kovačevič, M., Omerzu D., 2014. Priporočila PZS za gradnjo, vzdrževanje in obnovo zavarovanih plezalnih poti. Planinska zveza Slovenije, Ljubljana.

Fimml, W., Larcher, M. 2000. Energieist Kraft mal Weg, Fimml, W., Larcher, M., Berg & Steigen, 03/2000:15-18 in 04/2000:14-20.

Hydraulikzentrum Industriebedarf GmbH, Gewerbepark 7, 6471 Arzl im Pitztal, AUSTRIA,
<http://www.klettersteigbau-hzi.at/> (Pridobljeno: 2. 2. 2016.).

IBV d.o.o. Alpska cesta 43, 4248 Lesce. 2016. Bremenske verige, vremenske vrvi, dvižni trakovi
<http://www.ibv.si/> (Pridobljeno: 1. 2. 2016.).

Liera, E. Cima Fanis Sud - Ferrata Cesco Tomaselli, Enea Liera blog, objavljeno 14.9.2013.
<http://ilrichiamodellamontagna.blogspot.si/> (Pridobljeno 22. 6. 2016.)

Mašera, A. 2011. Plezalne poti včeraj in danes. Planinski vestnik. 116, 4:3-7.

Semmel, C., Hellberg, F., Riha, E. 2009. Errichtung, Wartung und Sanierung von Klettersteigen und drahtseilgesicherten Wegen. Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit und Deutscher Alpenverein.

Semmel, C., Hellberg, F. 2011. Klettersteigsets. Brechendes Rückgrat. Berg & Steigen, 18, 2/2011:52-57.

RAUMER srl via Lago di Lesina, 15/B 36015 Schio Vicenza. 2016.

<http://www.raumerclimbing.com> (Pridobljeno: 2. 2. 2016.).

SIST EN 958:2007+A1:2011. Gorniška oprema - Sistemi za absorpcijo energije pri zahtevnem varovanem planinstvu (via ferrata) - Varnostne zahteve in preskusne metode.

SIST EN 12385-4:2003+A1:2008. Standard za jeklene vrvi – 4.del: Pramenaste jeklene vrvi za dvigovanje.

SIST EN 959:2008. Gorniška oprema - Sidra za skalo - Varnostne zahteve in preskusne metode.

SIST EN 12275:2013. Gorniška oprema - Vponke - Varnostne zahteve in preskusne metode.

SIST EN 13411-5:2004+A1:2008. Zaključki jeklenih žičnih vrvi - Varnost - 5. del: Vrvne prižemke oblike U (žabice).

UIAA 128:2008. Mountaineering and Climbing Equipment, 'ENERGY ABSORBING SYSTEMS' For use on Vie Ferrate.

UL 96/2004. Zakon o ohranjanju narave – UPB2.

UL RS št. 102/2004. Zakon o graditvi objektov – uradno prečiščeno besedilo UPB-1.

UL RS št. 18/2013. Uredba o razvrstitvi objektov glede na zahtevnost gradnje.

UL RS 33/2007. Zakon o prostorskem načrtovanju.

UL RS 30/1993. Zakon o gozdovih.

UL RS 87/2002 Stvarnopravni zakonik.

UL RS 52/2010. Zakon o Triglavskem narodnem parku.

Vučer, M. 2010. Vpliv kinetične energije na mehanske lastnosti dinamičnih plezalnih vrvi pri impulzni obremenitvi, Diplomaska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport (samozaložba: Vučer, M).

Zavarovana plezalna pot. 2016.

https://sl.wikipedia.org/wiki/Zavarovana_plezalna_pot (Pridobljeno: 5. 4. 2016.)