

## Nekaj o vrveh

Če plezamo po svetlih bokih nebotičnih gorskih sten, pa se pri tem iznenada najdemo na težkem mestu, tako težkem, da do skrajnosti nateza naše mišice in živce, nam nemirni pogled često zdrсне v globino ob tenki, skozi vrste klinov k tovarišu potekajoči konopljeni vezi. Takrat se prikrade plaho vprašanje: „Kaj pa, če padem, bo-li vzdržala?“

In če se res zgodi tisto strašno, če nas nevidna, a neizprosna sila res iztrga iz kamina, s plošče, raz preveso, pa se hip nato zopet znajdemo na zemlji? Tedaj nam prvi pogled nedvomno poboža kot struna napeto vrv z iskreno zahvalo za darovano življenje.

Če smo imeli pri vsej nesreči še srečo, da rane in bolečine niso prehude, ko se drget mišic umiri, ko prsi zopet prosto zadihajo, ko je jezik zopet zmožen mirne besede, mar se ne vprašamo, če količkaj mislimo: „Zdržala je moja stara, zvesta vrv, toda kako, da je zdržala tolik padec, od kod ji tolika moč?“ Mar ne gremo takoj ogledovat izdrtilih in zvutih, a še vedno držečih klinov, mar ne pretipamo vsakega centimetra dolžine naše rešiteljice? Gledamo, vidimo, slutimo, da sta konoplja in železo mnogo prestala, ko sta nam reševala življenje. Tudi odrte roke tovariša in lastna boleča rebra nam potrjujejo naše domneve.

Tako nekako se vse to primeri skoro vsakomur, kdor je padel v steni, pa sta ga pri tem rešila pametno varovanje in sreča gornika. Toda koliko jih je, ki vedo točno odgovoriti na vprašanja, zakaj vse to in zakaj tako? In vendar bi moral to vedeti vsakdo, kdorkoli se podaja na take tvegane podvige. Potem bi se manjkrat reklo v poročilih: Padel je, res da zavarovan, a klin se je izruval, prelomil; Ali: Vrv ni vzdržala, četudi je bila dobra, nikjer načeta. Ko so potem tovarišu v roki preostali kos vrvi preizkusili, je držal še vedno celih 1000 kg. Kako to, da se je pretrgala, saj pokojni je bil lahek kot pero?

Ker so tedaj pojmi o varnosti varovalnega sistema dokaj nejasni, ker je človeka včasih strah, ko gleda, kaj vse se jemlje v težke stene mesto poštene vrvi, naj nam sledeči sestavek vsaj nekoliko posveti v to temo. Inženir pozna, da, naravnost čuti napore materiala v svojih strojih. Pravtako mora tudi plezalec vedeti, kaj se pravzaprav v ustroju njegovega železnega in konopnenega varovalnega sistema vrši in dogaja.

Pri padcu dobi vsako telo, tudi človeško, pod vplivom zemeljske privlačnosti neko od višine padca odvisno hitrost. Ta hitrost predstavlja neko energijo, t. zv. živo silo padajočega telesa. Enaka je zmnožku iz teže padajočega telesa v kilogramih in višine padca v metrih. Meri se tedaj v kilogrammetrih, eni izmed merskih enot mehanike in fizike za delo, oz. energijo. Energija se namreč ob določenih pogojih lahko spremeni v izvršeno delo, torej izpremeni le svojo obliko in ime. Ta živa sila, ali — kakor ji pravijo fiziki — kinetična energija — pa v nobenem primeru ne more izginiti v nič, tudi ne, če se telo nenadoma ustavi. Kam pa potem pravzaprav gre, se vprašamo?

Narava jo pretvori v drugo obliko. Če je nesreča hotela, da smo zadeli ob steno, prileteli na polico, še predno nas je lahko prestregla naša vrv, potem se ta živa sila izpremeni v jako neprijetno, če ne na-

**ravnost usodno delo:** pri srečanju telesa s skalo se uda oboje, skala in telo. Le-temu se pri visokih padcih polomijo udje, zdrobi glava, skratka, njegova med letom dobljena kinetična energija mu postane usodna. Nekaj res odnese tudi podlaga: oddrobi se kak kamen, kos skale zleti v globino, a kaj je to gôri!

Če pa smo bili rojeni pod srečno zvezdo in nas je že med letom, predno smo kam pošteno zadeli ali prileteli, prestregla močna, solidno pritrjena in dobro vodena vrv, potem je stvar bistveno drugačna. Kljub visokemu padcu začutimo le silovit prijem, stisk okoli pasu, da nam zastane dih, nekaj nevidnega nas še potegne od najnižje dosežene točke ob gladki steni za kak meter nazaj navzgor, nato pa obvisimo mirno in varno, Mi smo celi, skala je taka, kot je bila, vrvi se nič ne pozna. Kje je pa sedaj vsa tista živa sila, ki bi nas v prvem primeru kar raztreščila, kam je izginila? Odgovor ni težak. Izginila prvič sploh ni, ker je to po fiziki prepoveduje narava sama. V naravi se namreč prav nič ne izgubi, ne snov ne energija. Le izpremenila se je, pretvorila se je v delo, v prav tako delo, kot v prvem nesrečnem slučaju, v delo za izobličenje teles, v tako zvano deformacijsko delo; le da se to pot ni skoraj nič deformiralo človeško telo in tudi ne skala. Izobličil se je le ves naš varovalni sistem: stisnilo nam je rebra, da smo bili nekaj časa kar ob sapo, mogoče so se tudi izdrli nekateri klini; razrahljale so se razpoke, v katerih so bili zabiti; nevidno, a vendar znatno se je raztegnila in takoj skrčila vponka, skozi katero je potekala vrv. Silovito je nategnilo napepe roke tovariša, celo dlani mu je osmodilo; sila je bila le prevelika, pa je vrv zdrsnila skozi krčevito sklenjene prste. A vsi ti doprinosi so običajno majhni napram žrtvi tvojega glavnega rešitelja, napram obtežbi, ki jo je morala zdržati vrv. Nategnilo in napelo jo je, da je zazvenela kot struna, da se je podaljšala za znaten del svoje dolžine. Če je bila nova in vita, se je brž zopet skrčila, če je bila pa stara ali pletena, je ostala raztegnjena; ponovne take preizkušnje ne bi več prestala. Posebno hudo ji je bilo tam, kjer je bila krivita njenega loka najmanjša; v tankih vponkah, v vozlih, na skalnih robovih. Na srčo robovi niso bili ostri, kajti kjub njeni moči in trdnosti bi bili vrv ob toliki napestosti njenih vlaken prerezali. En sam načet pramen bi bil zadostoval, da bi se bil ves prerez udal in tvoja ura bi bila prišla. Vrv te je rešila s tem, da je večino nevarne žive sile tvojega padajočega telesa prevzela nase.

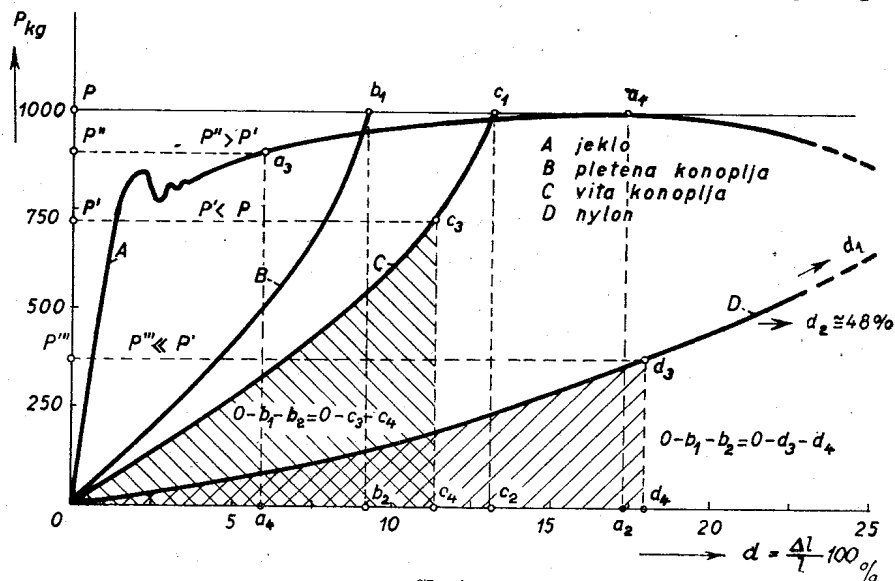
Denimo, da je vse, kar so doprinesli klini, vponke, razpoke v skali, naše in tovariševo telo zanemarljivo majhno napram udeležbi vrvi pri naši rešitvi, da smo padli tedaj tako, kot pade kamen, privezan na vrv, ki je na drugem kraju trdno pritrjena na kak praktično nepodajen predmet, n. pr. na steber, močan drog ali kavelj. V takem idealiziranem primeru bi šla vsa živa sila v delo, potrebno za raztezanje vrvi.

Če bi plezalsko vrv najprej mirno obremenili in potem naloženo ji breme venomer večali, bi uvideli, da zdrži jako mnogo. Deset milimetrska konopljena vrv bi se pretrgala šele pri bremenu 1000 do 1400 kg. Ta njena tako zvana statična, mirovna natezna trdnost je tedaj zelo visoka in ni se bati, da bi jo teža najtežjega moža zmogla.

Opazili bi pa še nekaj. Razne vrvi bi se pri obremenitvi zelo različno raztegovale. Pletene zelo močno, a pri neki meji bi bilo tega konec in počile bi nenadoma, že pri razmeroma mali obremenitvi. Tudi se ne bi nobena pletena vrv povrnila v svoje prvotno stanje, čeprav bi bila obremenitev samo enkratna. Že rabljene pletene vrvi pa se ne bi skoro nič raztegnile in bi se kar iznenada raztrgale. Drugače je to pri vitih vrveh: več zdrže in mnogo bolj se raztegnejo, predno se udajo. Čim novejšje so, tem raje, tem hitreje in tem bliže do svoje prvotne dolžine se po razbremenitvi zopet skrčijo. Celo večkratno in hitro zaporedno obremenjevanje jih ne utruji, breme niha na njih kot na elastičnem peresu.

Za poskušnjo obesimo utež še na jekleno žico. Videli bomo, da se žica do kritične obremenitve, ko preneha biti elastična, raztegne razmeroma prav malo, komaj za kak procent svoje dolžine, mnogo manj kot enako dolga in enako močna konopljena vrv. Raztezanje vrvi (in žice) bo tedaj poleg natezne trdnosti tehnično za plezalca še prav posebno važno, važno zlasti pri nenadni obremenitvi, kot je na primer ona, ki jo povzroči padajoče telo. Če bi padli na tenko jekleno žico iste natezne trdnosti kot jo ima konopljena vrv, bi nas zdržala, a v pasu neusmiljeno prerezala, ker padec prehitro in preostro zavira. Čim bolj raztegljiva (ali kakor sicer po navadi tehniško nepravilno pravimo, čim bolj elastična) je vrv, tem lažje in tem blažje nas prestreže. Jeklena vrv ali žica pa rabi v začetku velikih sil za relativno male raztezke, zavira tedaj preostro.

Oglejmo si tedaj na podlagi nekoliko idealiziranega diagrama, kako se raztezajo vrvi ob raznih obremenitvah. Vzemimo, da imamo tri enako dolge vrvi: jekleno A, konopljeno pleteno B in konopljeno vito C. Vse tri naj se pretrgajo pri isti mirni obremenitvi 1000 kg. Nape-



Sl. 1.

najjmo jih in k vsaki obremenitvi zapišimo pripadajoči raztezek vrvi, najboljše kar v procentih prvotne dolžine in iz teh zapiskov narišimo diagram.

Opazimo, da se raztezna krivulja jeklene vrvi precej razlikuje od krivulj konopljene. Vita vrv se pa raztegne bolj kot pletena pri isti statični obremenitvi. Katera bi zdržala višji padec, katera bi prenesla več kinetične energije v obliki deformacijskega dela za svoj raztezek? Že občutek nam pove, da ona, ki se pri enaki statični trdnosti najbolj raztegne. Račun nam to tudi potrdi. Če bi raztezke nanašali kar v metrih, bi namreč ploskve pod razteznimi krivuljami A B C, v diagramu, tedaj ploskve  $o-a_1-a_2$ ,  $o-b_1-b_2$ , itd. pomenile že kar kilogrammetre, ki jih te vrvi A B C prenašajo. Če pa naneseemo relativne, na 1 meter dolžine vrvi nanašajoče se raztezke, potem smo pač izvedeli, koliko kilogrametrov prenese vsak tekoči meter naše vrvi. Radi praktičnosti naneseemo te relativne raztezke pomnožene s sto, da jih izrazimo v odstotkih. Tako so v našem diagramu tudi narisani.

Za to tako zvano dinamično trdnost je merodajna tedaj ploskev diagrama raztezkov, statična trdnost pa le v drugi vrsti, le v kolikor vpliva na velikost ploskve diagrama. Vrv, ki ima sicer manjšo statično trdnost, prav lahko prenese več padca kot druga, na videz trdnejša in močnejša, ki se pretrga pri višji mirni obremenitvi.

Vzemimo, da uporabljamo pleteno vrv B in je bil padec tolikšen, da je živa sila padajočega telesa baš malo večja, kot jo more prenesti vrv, torej na tekoči meter pri padcu aktivne dolžine vrvi večja od ploskve  $o-b_1-b_2$  pod krivuljo B. Največja sila v vrvi bo tedaj preseгла natezno trdnost vrvi in vrv se bo pretrgala. Če bi pa uporabili vito vrv C, ki ima sicer isto natezno trdnost kot vrv B, bo zdržala. Zakaj? Živi sili padca pripadajoča ploskev, ki je za pleteno vrv B znašala  $o-b_1-b_2$  kgm/m' (na tekoči meter), bi, nanešena pod raztezno krivuljo vite vrvi C zavzela črtkano ploskev  $o-c_3-c_4$ , ki je očitno manjša kot ploskev  $o-c_1-c_2$ . Ta je pa, kot že vemo, merilo za celotno deformacijsko delo, ki ga vita vrv C še prenese. Vita vrv C bo tedaj zdržala in še največja v njej nastopajoča sila  $P'$  bo znatno manjša od sile  $P$  pri pleteni vrvi B. Torej bo zaradi manjše sile v vrvi lažje zdržal tudi tovariš in bo večja verjetnost, da bodo tudi klini v razpokah izvršili svojo dolžnost, da jih torej sunek ne bo izruval in se vponke ne bodo odprle. Pri še bolj raztezni vrvi iste natezne trdnosti bi se ta prednost še bolj pokazala, največja sila pri zaviranju padca bi bila še manjša.

Mimogrede povedano, predstavlja vponka najšibkejši element v celotnem varovalnem sistemu, ker že pri mirni obremenitvi par sto kilogramov po navadi zazija ali se povsem raztegne, tako da vrv lahko izpade. Primer nekega padca v Špikovi steni potrjuje to tudi praktično. Vponke z vijakom ali pa samo s pločevinastim tuljcem preko zaklopa pa so popolnoma varne.

Videli smo, da je vrv tem boljša, čim „elastičnejša“ je. V vsakdanjem pomenu te besede seveda. Povdaril bi to rad zato, ker so se na svetovnem trgu v zadnjem času pojavile plezalske vrvi, ki v tem pogledu pomenijo zelo velik napredek in ki imajo tudi sicer take lastnosti, da jih bomo morali v bodoče za večje visokogorske podvige absolutno

upoštevati. To so vrvi iz umetne snovi „nylon“. Iz nje izdelujejo tudi tako zvane „steklene nogavice“, ki zdrže na nežnih nogah tudi po pol leta, ki jim ne teko zanke in ki se posuše v nekaj minutah.

Kdor je med vojno videl zavezniška padala, je na njih gotovo opazil svileno bele nosilne vrvice. Partizani so si iz njih delali vse mogoče, ker so neverjetno trdne. Iz te snovi se izdelujejo tudi plezalske vrvi. Eno tako vrv si je za poskušnjo nabavilo tudi naše planinstvo. V Švici jih je s švicarsko vestnostjo preizkusil v svojem laboratoriju „zavod za preiskavo materiala“ v St. Gallen-u in o njegovih dognanjih prinašamo par rezultatov.

Trdnost nylonske vrvi je večja od trdnosti najboljše konopljene vrvi istega premera. Presek je enakomeren in po vsej dolžini enak, česar tudi pri najfinejši konoplji ni mogoče doseči. Glavna prednost teh vrvi pa je veliko deformacijsko delo, ki ga lahko prenesejo pri dinamičnih obtežbah, torej tudi pri prestrezanju padcev. Te vrvi so namreč izredno raztegljive, saj znaša njihov raztezek pri pritriganju skoraj 50% prvotne dolžine, dočim pri navadni vrvi doseže le 10 do 15%. To pomeni okrog štirikrat večje deformacijsko delo pri isti natezni trdnosti, štirikrat večjo dinamično trdnost. Štirikrat višji padec bi taka vrv ob istih pogojih lahko prestregla.

Nylonske vrvi so nekoliko lažje od konopljenih. Dalje so izredno gibke in ročne, tako da je delo z njimi zelo prijetno. Seveda je pa zaradi tega treba delati vozle trdne in take, ki so samozaporni. Nylonske vrvi se nekaj ur po vsaki hudi obremenitvi skrčijo na svojo prvotno dolžino in jih tedaj brez skrbi zopet uporabimo, če sicer niso bile poškodovane. Nylon je namreč sam po sebi raztegljiva snov, dočim konopljena vlakna niso in gre raztezek konopljenih vrvi v glavnem na račun relativnega premika vlaken vsaksebi. Ti premiki pa po razbremenitvi ostanejo trajni. Vita vrv ima zaradi svoje spiralaste zgradbe raztezke predvsem na račun premera in dolžine te spirale, in ne toliko na račun raztega vlaken. Od tod večja „elastičnost“ kot pri pleteni vrvi.

V mokrem stanju se nylon navleče mnogo manj vlage kot konoplja, zato se take vrvi ne krotovičijo, ostanejo vedno gibke in gladke, kar je ogromne vrednosti pri plezanju, zlasti pri spuščanju ob vrvi in sledečem snemanju vrvi iz klina ali zanke. Voda namreč v nylonska vlakna ne prodre, temveč samo nasede na njih površini v obliki tenke prevleke, kot na primer na steklu. Saj se tudi nylonske nogavice posuše v petih minutah. Rastlinska vlakna, kot so konoplja ali manila, se po večkratnem zmočenju ali v vlažnem stanju začno kvariti, kajti celice vlaken prično pokati. Mikroorganizmi, razne plesni in bakterije se jih lotijo, tako da je vsaka preležana vrv sumljiva. Vsega tega nylon kot umeten material ne pozna. Prav tako mu tudi prav nič ne škodita suša in visoka temperatura, ki navadne vrvi napravita ostre in nekam krhke. Le temperatur nad 200° C nylon ne prenese, ker tedaj nekako postekleni. Z vžigalico se hitro prepričamo, ali imamo opravka z nylonom ali s pravo ali umetno svilo. Nikjer tedaj ne sme priti do trenja, ki bi povzročilo toliko temperaturo .

Temperature do 50° C nylonu ne škodijo mnogo in jarka sončna svetloba tudi ne. Izredno prijetno je spuščanje ob takih vrveh zaradi njihove gibkosti in gladke površine, hlače in dlan trpe le malo. Zato se tudi na ostrem skalovju le malo obrabijo. Zunanja vlakna se sicer načno, tako da se zdi površina nekam puhasta, kar pa trdnosti vrvi zaradi izredno finih vlaken nylona prav nič ne škodi. Zanimivo je, da se tudi ne umaže oziroma se vedno kar sam očisti.

Tabela naj nam da par števil, značilnih za primerjavo obojih vrst vrvi. Zlasti zadnji dve vrsti sta zanimivi, ker kažeta res veliko prednost nylonskih vrvi. Primerjaj tudi odgovarjajočo krivuljo D v diagramu in razmeroma malo silo P''', ki ji pripada ploskev:  $o-d_3-d_4$ , gramu in razmeroma malo silo P''', ki ji pripada ploskev:  $o-d_3-d_4 = o-c_3-c_4 = o-b_1-b_2 = o-a_3-a_4$ .

Suho stanje	Nylon	Konoplja	Razlika v % konoplj. vrvi
Premer v mm	10	10	
Teža v gramih na meter	64,7	75,3	ca. — 14 %
Raztezek pri pretrganju v %	48,3	13,7	+ 280 %
Natezna trdnost v kg	1468	1345	+ 9,2 %
Delo za raztr- ganje kgm/m'	252,1	52,9	+ 376 %
Delo za raztrga- nje kgcm/gram	398,7	70,2	+ 454 %

Nylonska vrv bo tedaj od vseh najblaže zavirala, ker je pri isti natezni trdnosti najbolj raztezna. V mokrem stanju se natezna trdnost pri konopljenih vrveh malo poveča, pri nylonkih pa malo zmanjša, vendar ostane razmerje dela za raztrganje na tekoči meter še vedno kot 201,5 napram 82,6 kgm/m<sup>2</sup>, torej še za 144% v korist nylonki vrvi. V zmrznjenem stanju znašajo ti iznosi 216,5 in 122,8 kgm/m<sup>2</sup>, torej še vedno 74% v prid nylonu. Pri tem je pa zmrznjena konopljena vrv trda kot rog in praktično komaj uporabna, nylon pa ostane gibek.

Preskus vozlov je pokazal, da vse vrvi počijo tik pri vozlih in sicer mnogo preje kot če jih obremenimo iztegnjene. Natezna trdnost nylonske vrvi znaša 753 kg, t. j. 51% prvotne, konopljena pa 573 kg ali 43% prvotne. Če pa določimo ploskev pod obema deformacijskimi krivuljama nylonske in konopljene vrvi, do točk, ki odgovarjata silama 753 oz. 573 kg, dobimo delo za razteg do pretrganja pri vozlu. Nylon prenese še vedno 90,8 kgm/m<sup>2</sup>, konoplja pa komaj 18,0 kgm/m<sup>2</sup>. Ti dve praktični številki sta za nas zelo važni: Nylonska vrv bo v praksi kar petkrat močnejša kot konopljena istega premera. Štiridesetmeterska nylonska vrv premera 10 mm zdrži tedaj sama, brez doprinosov ostalih elementov varovalnega sistema z vozli vred nekako  $40 \times 90 = 3600$  kgm. Prenese torej padec 80 kg težkega telesa preko višinske razlike 45 m, tedaj več kot pride praktično sploh kdaj v poštev. Na njo se lahko po-

polnoma zanesemo pod pogojem, da je ostali varovalni sistem v redu. Enaka konopljena vrv bi pa odpovedala v najneugodnejšem primeru že pri 9 metrih. Padec 9 m pa ni nič posebnega, saj zadostuje, da te izpodnese, ko si samo 4,5 m nad zadnjim klinom. Pri dvanajstmilimetrski vrvi se vse te številke povečajo za približno 44%, dočim se pri slabih vrstah konoplje in pri slabo izdelanih vrveh lahko še znatno zmanjšajo. Toda ta kalkulacija, ki jo navaja znana švicarska planinska revija „Les Alpes“, nam ne da pravega vpogleda v trdnost vrvi. Stvari moramo iti še bolj na dno. Poglejmo si, kaj se pravzaprav zgodi pri padcu. Pri tem se seveda ne moremo izogniti sledečemu srednješolskemu računu. Recimo, da stoji vodja naveze h metrov nad zadnjim klinom in da ga z varujočim tovarišem veže l m vrvi. Pri padcu bo preletel najprej 2 h metrov prosto, dokler namreč vrv ne zagrabi, nato pa še ono višino, za katero se pri tem aktivna dolžina ene vrvi raztegne. Pri specifičnem raztežku  $\Delta l/l = d$  znaša ta višina d. l metrov. Teža padajočega naj bo T kilogramov. Tovariš in ves varovalni sistem, razen vrvi seveda, naj prispevajo pri zaviranju  $D_s$  kgm. Raztežku d pa naj po statični raztezni krivulji pripada deformacijsko delo  $D$  kgm/m<sup>2</sup> (na tekoči meter). Energijska bilanca pri padcu dobi s tem sledečo matematično obliko:

$$T \cdot 2h + T \cdot d \cdot l = D \cdot l + D_s \dots \dots \dots 1)$$

Ker pa nas najbolj zanima višina h plezalca nad zadnjim klinom, jo pretvorimo v prikladnejšo obliko:

$$h = \frac{l \cdot D}{2 T} + \frac{D_s}{2 T} - \frac{d \cdot l}{2} \dots \dots \dots 2)$$

Prvi člen je tem večji, čim večja je aktivna dolžina l vrvi, napete med plezalcema in tem manjši, čim težji je padli. Drugi člen raste s prispevkom, ki ga k zaviranju doprinese varujoči tovariš in pa klini, vponke, trenje itd. Tretji, negativni in zato škodljivi sumand je pa odvisen od raztezka aktivne dolžine vrvi. Ne smemo pa pozabiti, da velik raztezek d. l pomeni obenem veliko deformacijsko delo D, ki je samo po sebi od vseh faktorjev najvažnejše. Praktičen primer nam bo to tudi potrdil.

Če nas zanima največja višina h, ki jo pri neki aktivni dolžini l vrvi med varujočim in padlim vrv ravno še prenese, dobimo to tako zvano kritično višino  $h_k$ , če vstavimo po deformacijski krivulji za D kritično deformacijsko delo  $D_k$ , ki pripada kritičnemu raztežku vrvi  $d_k$  pri pretrganju. Iz enačbe 2) prav tako lahko potem razvidimo vplive posameznih veličin, ki v njih nastopajo. Vajeno oko takoj vidi, da lahko včasih tudi dobra vrv odpove pri razmeroma nizkem padcu: l je bil premajhen; od varujočega do plezalca je bilo premalo vrvi na razpolago za zaviranje padca, pa se je pretrgala. Če pa bi bil varujoči stal dalje od zadnjega klina, bi pa zdržala, kajti važni faktor l prvega člena enačbe bi bil kritično višino  $h_k$  povečal.

Izračunajmo si kompletan primer za 10 mm-sko nylonsko in za enako konopljeno vrv s podatki, ki jih navajamo zgoraj in to za pri-

mer, da imamo na vrvi voz. Natezni trdnosti sta znašali 753 in 573 kg, pripadajoči deformacijski deli pa 90,8 in 18 kgm/m'. Rabili bi še pripadajoča specifična raztezka, ki pripadata tema silama oziroma deformacijskima deloma, to se pravi, celo raztezno krivuljo, kot smo jo spoznali začetkoma. Še boljše bi bilo spoznati to odvisnost v obliki t. zv. integralske krivulje naše raztezne krivulje, t. j. odvisnost njene ploskve in s tem deformacijskega dela na tekoči meter od vsakokratnega raztezka d. (Dobi se z grafično integracijo, najlažje točkoma s planimetrom).

Ker pa konkretnih krivulj za ta primera žal ne poznamo, inoramo poseči po zasilni rešitvi, ki je pa splošno uporabna. Za naše namene zadostuje, če smatramo raztezno krivuljo vrvi za parabolo, za katero velja, da je pod krivuljo ležeča ploskev, ki za nas predstavlja deformacijsko delo na tekoči meter, enaka:

$$D = \frac{P \cdot d}{3} = 0,33 P \cdot d \text{ kgm/m}^2 \dots 3)$$

Kontrola za zgornjo nylonsko vrv da mesto faktorja 0,33 v točki raztrganja vrednost 0,356, za konopljeno pa 0,31. Faktor  $\frac{1}{3}$  tedaj praktično zadovoljuje naše zahteve glede točnosti.

Domnevamo, da velja vse isto tudi v primeru z vozlom. Tako lahko iz navedenih podatkov P in D izračunamo pripadajoče jim in nedostajajoče nam relativne raztezke d, po preoblikovani enačbi 3):

$$d = \frac{3 D}{P} \times 100 \% \dots 4)$$

Za nylonsko dobimo kritični vrednosti  $d_k = 36\%$  napram 48,3% brez vozla, za konopljeno pa odgovarjajoče 9,4% napram 13,7%. Ti dve vrednosti sedaj uporabimo v enačbi 2). Za konkreten primer moramo vzeti še težo plezalca. Z opremo vred naj znaša 75 kg. Prispevek varujočega pri zaviranju, trenje in izobličenje klinov naj znaša 75 kgm. S tem dobimo sledeče vrednosti za našo enačbo 2), ki nam da odvisnost, skrajno dopustne višine  $h_k$  plezalca nad zadnjim klinom v odvisnosti od dolžine vrvi l, ki je že potekla skozi roke varujočega, vse seveda samo za naš konkretni primer:

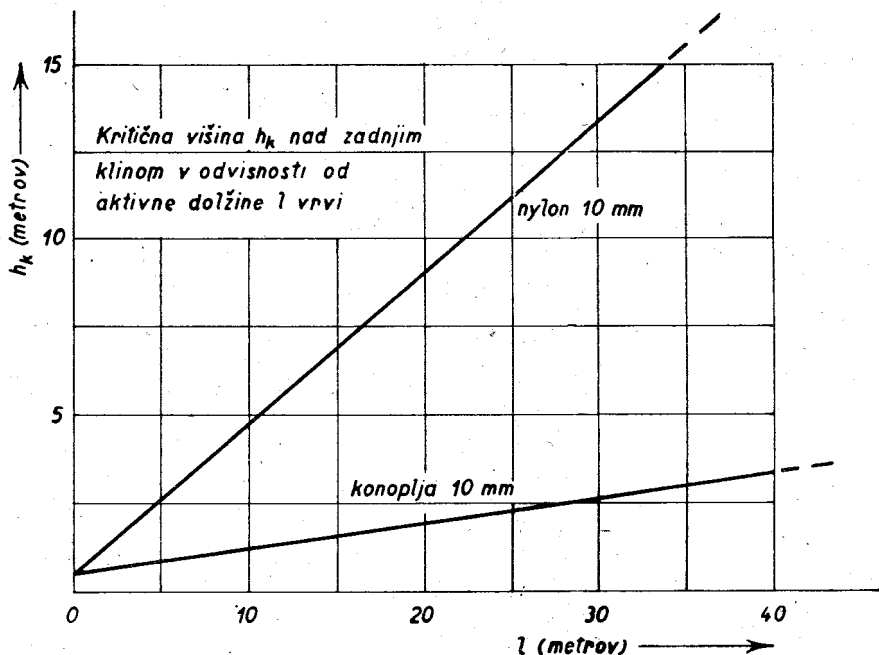
$$\begin{aligned} \text{za nylonsko vrv: } h_k &= 0,43 \cdot l + 0,5; \\ \text{za konopljeno pa: } h_k &= 0,073 \cdot l + 0,5 \text{ m.} \end{aligned}$$

Grafično prikazano sta to dve premici in slika 2. nam jih ponazarja. Nylonska vrv je tedaj tudi z vozlom mnogo varnejša od enako debele konopljene. Samo deset metrov nylona lahko prestreže še padec  $2 \times 4,8 = 9,6$  m, torej skoraj 1 : 1 za razmerje skupnega padca napram aktivni dolžini vrvi že pri premeru 10 mm. Konopljena 10 mm-ska enojna vrv je pa za prestrežanje direktnih padcev sploh nedopustna, ker n. pr. pri razdalji 10 metrske vrvi med plezalcema odpove le pri zdrs komaj  $2 \times 1,2 = 2,4$  m. Najmanj, kar moramo zahtevati, je dvoj-



na 10 milimetrska vrv, ki bi varno prenesla 4,8 m in še bi svetovali, naj bo dolžina 1 vrvi med plezalcema čim večja. Najboljša današnja rešitev pa je dvojna, 40 do 50 m dolga nylovska vrv s premerom 10 mm ali celo manj. Varnost ob njej je, kar se pretrga tiče, praktično popolna in še omogoča različne tehnične manevre, kot potege in prečenja ter gladka 50 metrska spuščanja. Vidimo tudi, kako malo doprine praznaprav varujoči; dvakrat pol metra padca zadrži.

Iz vsega tega sedaj boljše razumemo pokojnega Emilia Comici-ja, ki se po lastni izjavi kljub dvojni vrvi nikdar ni lotil skrajno tveganih mest, če ni imel vsaj 4 m pod seboj res zanesljiv klin. Vidimo tudi,



Sl. 2.

kako zelo je važna oblika vozla, da kar najmanj zmanjšuje trdnost vrvi. Saj vrv baš zaradi vozla prenese polovico manj kot bi sicer. Treba bi bilo s poskusi dognati, kateri vozle je v tem oziru najugodnejši. Pri preskušanju samem je pa treba za upenjanje v natezni stroj splesti na vsakem koncu vrvi po eno uho, sicer se nam vrvi trgajo na tem mestu in rezultati so napačni. Vse navedeno pa seveda velja, kot smo že povedali, le za povsem prost padec, ko telo pri letu prav nič ne zadene ali podrsa ob steni. Comici tako padanje celo priporoča: Če že padeš, se zadnji hip odrini od stene, da se ob njej ne polomiš in raniš (glej sliko 3); to pa smeš narediti seveda le, če si v smislu tega članka res dobro poskrbel za pravilen in zadosten način varovanja z dobro vrvjo. Če nisi, se ti bo pretrgala in potem je že boljše tvegati srečanje s steno in njenimi robotostmi.

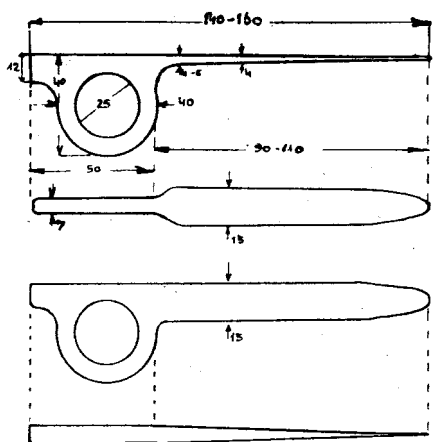
Ko že govorimo o varovalnem sistemu, bi mimogrede omenil še nekaj o klinih, kar se žal premalo pozna ali pa podcenjuje. Klini smejo biti napravljeni samo iz dobro žilavega kovaškega železa. Le tak klin tudi pri večkratnem upogibanju ne počí, se dobro prilagodi razpoki in je pri zabijanju ne razganja, pa še izbiti se da razmeroma lahko. Tudi je pri izbiri in izdelavi treba upoštevati, da plezalec v naši skali rabi sorazmerno mnogo tako zvanih specialnih klinov, kratkih, ozkih in lopatičastih, navpičnih in prečnih. Priložena slika 4 naj prispeva k temu.

Vse razne — trde in trdne, da celo iz peresnega jekla napravljene zagozde, pa so skrajno nevarne, a tudi praktično zelo slabo uporabne. Sploh bi bilo treba za kline najti primerno žilavo in trdno zlitino iz lahkih kovin. Oprtniki, ki so plezalcem pri plezanju itak vedno odveč in vedno pretežki, bi se na ta način izdatno olajšali ali bi pa pri isti teži lahko sprejeli znatno večje število klinov, kar je zlasti važno na skrajno težkih in dolgih plezalnih turah.

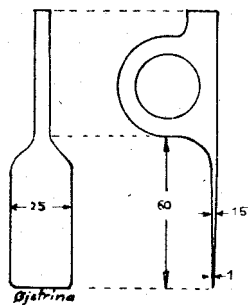
Vidimo tedaj, da bi vsaka vrsta vrvi morala biti preiskušena na nateznem stroju z vozlom vred; priložen bi ji moral biti raztezni diagram ali pa vsaj podatki o natezni statični trdnosti v kg, o dinamični trdnosti v  $\text{kgm/m}^2$ , in o pripadajočem kritičnem raztežku na 1 m dolžine. Le tako bi vedeli, kaj smo pravzaprav kupili in čemu zaupamo svoje življenje.

Nylonske vrvi so se tudi že v praksi sijajno obnesle. V Švici so štirje znani vodniki svoje nylonske vrvi nalašč od februarja do septembra 1947 na najtežjih turah močno strapacirali, med drugim tudi v Eigerjevi severni steni (Hans Schlunegger, Wengen, po poročilu v „Les Alpes“, april 1948). Te vrvi je omenjeni zavod za preiskavo materiala v St. Gallenu ponovno preizkusil in ugotovil, da je statična trdnost vseh vrvi ostala še vedno enaka oni konopljenih, dinamična jih je pa slejkoprej za parkrat presejala. S tem pa seveda nočemo reči, da se nylonska vrv ne bi mogla tudi pri malih padcih vseeno pretrgati. To bi se lahko primerilo, če bi vrv potekala pri padcu preko ostrega robu. V takih slučajih pa seveda ni vrvi, ki se ne bi prerezala. Tak primer se je baje pripetil lani nekje v Italiji, toda po njem nylonskih in sploh nobenih vrvi ne smemo ne presoјati ne obsoјati. Poskrbeti moramo pač s skrbnim vodenjem vrvi, da do tega ne more priti.

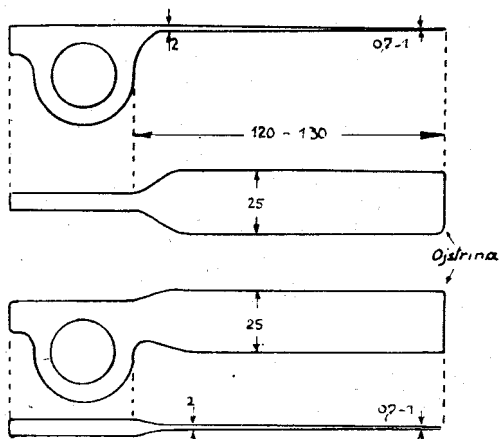
Nylonska vrv bo tedaj idealna za vsakega plezalca. Povečuje mu v izredni meri varnost in olajšuje delo v skali, snegu in ledu. Drugod po svetu so te vrste vrvi kljub razmeroma visoki ceni že močno v rabi. Nam so žal za enkrat še težko dosegljive. Vzorec vrvi, ki ga imamo, je vse preizkušnje tekom poletja odlično prestal in prepričan sem, da jih bo v zimi prav tako. Zato nylonskih vrvi ne smemo prezreti. Čas nam bo prinesel, kakor še marsikaj drugega, tudi nylonske plezalne vrvi. Do tedaj pa, plezalci, pozor! Ne zaupajte preveč ne klinom, ne starim, preperelim vrvem in tudi ne izdelkom dvomljive kvalitete, ki se pojavljajo na trgu, pa naj jih ponuja kdorkoli. Za gore je tudi najboljše komaj dovolj dobro, kajti samo eno življenje nam je dano in še to je prav kratko!



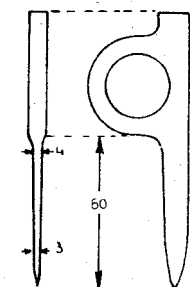
Normalni klini



Ojstrina  
Lopatasti klini



Nožasti klini



Kaiser-klini

Štampilke značijo mere v milimetrih.

iz „Bergrbeiter“, April 1933