

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010

Martin Kužel

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

KATEDRA SPORTŮ V PŘÍRODĚ

Životnost horolezeckých lan při lezení a slaňování na umělé stěně

Vedoucí práce:

Mgr. Ladislav VOMÁČKO Ph.D

Zpracoval:

Martin Kužel

PRAHA 2010

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl v ní veškerou literaturu a ostatní zdroje, které jsem použil.

V Praze 12. dubna 2010

Martin Kužel

.....

Evidenční list:

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:	fakulta/katedra:	Datum vypůjčení:	Podpis:
-------------------	------------------	------------------	---------

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat Mgr. Ladislavu Vomáčkovi Ph.D za odborné vedení práce, praktické rady a za možnost využití jeho zkušeností v této problematice. Dále bych chtěl poděkovat firmě Lanex, která poskytla vzorky testovaných lan a vybrané vzorky otestovala. Na závěr bych chtěl také poděkovat lezcům, kteří se podíleli na testování lan.

Abstrakt

Název práce:

Životnost horolezeckých lan při lezení a slaňování na horolezecké stěně

Cíle práce:

Cílem práce bylo zjistit stupeň opotřebení nejpoužívanějších typů dynamických lan, která byla testována při lezení a slaňování. Otestovat vybraná lana na přístrojích, které splňují normy UIAA, EN a CE. Výsledné hodnoty porovnat s údaji, které udává výrobce daného typu lana, jež bylo použito k otestování.

Metoda:

Pro zjištění výsledků byl proveden experiment. Pro analýzu vztahů mezi proměnnými byly použity metody popisné statistiky.

Výsledky:

Obecně došlo k větší míře opotřebení horolezeckých lan, než se předpokládalo, přesto u těchto lan nedošlo k nebezpečí přetržení. Výsledky jsou vyjádřené poklesem zachycených normovaných pádů oproti požadavkům normy pro nové lano.

Klíčová slova:

dynamické lano, rázová síla, pádový faktor, jistící pomůcka, životnost lan

Abstract

Title:

Lifetime of climbing rope in climbing and rappelling on climbing wall

The aim of the work:

The aim is to find out wearing most popular types of dynamic ropes used with belay utility. Selected ropes, test on the devices that meet the UIAA standards, EN and CE. The resulting values compare with the data that indicates the manufacturer of the type of rope that was used for testing.

Method:

The experiment was performed to determinate the results. For analyzing relationships between variables were used methods of descriptive statistics

Results:

Generally there was a greater wear and tear of climbing rope than expected. Results are expressed by the standard drop fall against the requirements of standards for new rope.

Key word:

dynamic rope, impact force, fall factor, belay device, lifetime of rope

Obsah	
1 ÚVOD	9
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
2.1 TEORETICKÁ A VÝZKUMNÁ LITERATURA SPECIFICKÁ PRO DP	11
2.2 VÝZKUM V PŘÍBUZNÝCH OBLASTECH RELEVANTNÍCH PRO DP	11
2.3 SOUHRN	13
3 PROBLÉM	14
3.1 ZDŮVODNĚNÍ, VÝZNAM A POTŘEBA STUDIE	14
3.2 TEORETICKÝ RÁMEC NAVRHOVANÉ STUDIE	14
3.2.1 Stavba lan	14
3.2.2 Materiály na lana	17
3.2.3 Konstrukce lan	20
3.2.4 Vlastnosti lan	22
3.2.5 Dělení lan podle účelu použití	23
3.2.5.1 Statická lana	24
3.2.5.2 Dynamická lana	26
3.2.6 Pádový faktor f , rázová síla F_m	28
3.2.7 Životnost lana	31
3.2.8 Určení stáří lana	34
3.2.8.1 Vliv stárnutí	34
3.2.8.2 Vliv opotřebení	34
3.2.8.3 Chemické vlivy	35
3.2.8.4 Fyzikální vlivy	37
3.2.9 Péče o lano	38
3.2.10 Prohlídka lana	39
3.2.11 Evropská norma – bezpečnostní požadavky a zkoušení	40
3.2.12 Česká technická norma ČSN EN 892	41
3.2.13 Bezpečnostní požadavky	43
3.2.14 Zkušební metody	44
3.2.15 Informace dodávané výrobcem	54
3.3 CÍL, ÚKOLY A HYPOTÉZY PRÁCE	59
3.3.1 Cíle práce	59
3.3.2 Hlavní úkoly práce	59
3.3.3 Hypotéza	59
3.3.4 Rozsah platnosti	60
4 VÝZKUMNÁ METODOLOGIE	61
4.1 METODOLOGIE VÝZKUMU	61
4.2 ZKOUMANÝ VÝBĚR	61
4.3 MĚŘÍCÍ PROCEDURY A METODY SBĚRU DAT	62
4.4 ANALÝZA DAT	63
5 VÝSLEDKY	64
5.1 Plán výzkumu	64
5.2 Popis dat	64
5.3 Souhrn	68
6 DISKUZE	69
7 ZÁVĚR	71
8 PŘÍLOHY	72
9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	79
10 SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK	83
11 SEZNAM VYOBRAZENÍ	84
12 SEZNAM TABULEK	85

1 ÚVOD

Lano je nejdůležitější součástí horolezecké výzbroje, stalo se symbolem přátelství a kamarádství na život a na smrt. Málokdy je člověk spojen s někým jiným právě takovým způsobem. Lidé si po staletí s jeho pomocí usnadňovali pohyb v obtížných místech, šplhali po něm, spouštěli se do trhlin, či se vzájemně vytahovali.

Již ze starověkých písemných dokladů, je známo používání provazu při postupu v horách. První zmínka o laně použitého při výstupu pochází už od Salustia (1. století př. n. l.). Novodobé dějiny zaznamenávají použití lana při výstupu na Mt. Blanc v roce 1786 (Hattingh, 1999). V roce 1868 při výstupu na Matterhorn bylo poprvé použito kroucené konopné lano na jištění. Konopná lana trpěla větší náchylností na vlhko a rychle stárla, také jejich pevnost byla velice nízká. Až do roku 1941, kdy americká armáda začala používat nylonové lano, se používali lana z přírodních materiálů, kroucené nebo pletené. V šedesátých letech se na výrobu lan začal používat perlon. V roce 1984 firma Soionard začala používat pro výrobu lan kevlaru (uhlíkové vlákna). Na porovnání 4,0 mm ocelové lanko má nosnost 11,50 kN, 8,0 mm perlon 12,00 kN a 5,5 mm kevlar 13,00 kN. Nevýhodou kevlaru je nízká průtažnost.

Lano se stalo součástí pevného systému, zajišťovacího řetězce teprve před stolety, ostatní články tvoří jistící horolezec, zajišťovací bod, popřípadě další zajišťovací body. V tomto systému se lano stalo faktickým poutem mezi horolezci, v přeneseném smyslu pak symbolem jejich nerozlučného přátelství. O vývoji lana vpřed svědčí citace z (Kutta, 1945). Citováno doslovně:

LANO. Nejdůležitější a naprosto nezbytnou pomůckou horolezcovou je lano. Nejlepší je z italského (boloňského) konopí, které se vyznačuje velkou délkou (až 2 m) a pevností svých pružných, hedvábně lesklých, bleděžlutých vláken. Jakost konopného materiálu poznáme na laně podle barvy. Čím světlejší, tím lepší. Na únosnost lana má ovšem vliv i délka vláken a způsob výroby lana. Dříve byla v oblibě manilová lana, která mají sice velikou únosnost a neдрží vlhkost, jsou však tvrdá, nepoddajná a proto se jimi špatně pracuje.

Používají se konopná lana kroucená nebo pletená. Pro cvičné skály se hodí spíše silnější, 12 – 14 mm silné lano kroucené. Pletené lano je sice proti kroucenému daleko vláčnější, ale zvláště na pískovci se brzy opotřebuje. Krouceným lanem se na cvičné skále nejlépe pracuje. Lano kroucené, tří – čtyřpramenné, jest krouceno ze 3 nebo

4 provazu (pramenů), těsně vedle sebe položených. Tyto prameny jsou krouceny z provázků asi 1 mm silných. Třípramenné kroucené lano se méně odírá než čtyřpramenné, neboť nemá tak velkou třecí plochu. Kroucených lan je mnoho druhů. Nejčastěji užívané „knoty“, lana pletená na způsob knotu, jsou buď s tzv. „duší“ (uvnitř plná), nebo plná, „bez duše“. Někdy bývá duše vyplněná provazem ze sisalového nebo manilského konopí. Lana s duší mají z horolezeckých lan nejmenší únosnost, jsou však pružná a tvárná. Užívají se nejčastěji na jistící smyčky (viz dále). Speciální horolezecká lana jsou označena barevnou (nejčastěji zelenou) kontrolní šňůrou, která je zároveň ukazatelem stupně opotřebování lana. Nejlepší speciální horolezecká lana jsou kroucená, systému Füssen a pletená, značky Lützner.

Je-li nové lano příliš tvrdé, ponoříme jej na 24 hodin do vlažné, nikoliv však vařící vody. Po namočení lano napneme na nohy obráceného stolu (nebo jakýkoliv podobný sušák) a necháme řádně vysušit. Asi po dvou dnech lano zvláční a může se tak namazat čistou vazelínou, čímž se konservuje a nenasakuje tak vodou, jako lano nenamaštěné. Prostředek lana nutno označit vodovou barvou nebo barevnou nití, konce lan pak omotáme tenkým motouzem, aby se netřepily.

Tato diplomová práce by měla vytvořit náhled do problematiky mechanického opotřebení lan při použití nejběžnější jistící pomůcky. Práce je určena všem, kteří pravidelně pracují s lanem (sportovní lezci, provozovatelé lanových center a jiných outdoorových aktivit)

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Teoretická a výzkumná literatura specifická pro DP

Ke klasickým učebnicím o horolezectví patří již několikrát přepracovaná publikace Horolezectví od Vladimíra Procházky (Procházka, 1990). Problematika je zde podrobně zpracována, od úplných základů, až pro náročné informace pro pokročilé horolezce. V kapitole o horolezeckých lanech najdeme informace o jejich dělení, určení stáří lan a autor zde také pojednává o testu výrobců lan při zatížení přes hranu.

Velmi poučná kniha o nehodách vzniklých při provozování horolezectví je publikace předsedy bezpečnostní komise UIAA Pita Schuberta (Schubert, 1997). Jednotlivá témata jsou podrobně zpracována. Často je vybrána jedna modelová nehoda, která je podrobně rozebrána, vysvětleny její příčiny, průběh nehody a následky. V kapitole zabývající se přetržením lana jsou zmínky o vlivu různých látek, se kterými se lano může dostat do styku. Kniha je určena zejména pro lidi, kteří již ovládají základy horolezectví.

Vzhledem k úspěšnosti vydal Schubert pokračování (Schubert, 2002). V kapitolách zabývajících se lanem byl popsán test, který byl proveden v Německu, kde bylo otestováno 25 používaných dvojitých lan (8mm). Lana byla zatěžována lezením společně se slaňováním, další vzorky byly testovány pouze na lezení nebo slaňování. Přibližně po 5000 m používání klesla hranová pevnost lan (odolnost lan proti rázovému zatížení na ostrých hranách) na polovinu, po dalších 5000 m používání, klesla hranová pevnost lan až na třetinu původní hodnoty, platné pro nové lano. (Viz Obrázek 13) . Další z kapitol se také zabývala vlivem různých látek na lano. Mezi zkoumané látky patřil např. lihový fix, moč atd.

2.2 Výzkum v příbuzných oblastech relevantních pro DP

Vlivem povětrnostních podmínek na životnost lana se zabývala práce Radka Fáborského (Fáborský, 2002). V této práci zkoumal vliv vody na uzly statických lan, která byla různě dlouhou dobu namáčena a nořena ve vodě. Některá lana byla po namočení mražena. Autor se snažil ukázat, že mokrá lana mohou být nebezpečnější, než lana zmrzlá. Výsledky se zaměřují na zjištění změn lana v uzlu.

Lano jako celek zkoumal itál Signoretti (Signoretti, 2002). Autor zde používá tři druhy lan stejného průměru, ale s jinou úpravou opletu. Také zde dělí lana na použitá a lana nová. I zde však jsou veškeré vlivy vody a mrazu simulovány umělou cestou. Je použito sprchování a ledničky. Lana zde nejsou rozdělována na zatěžovaná a nezatěžovaná, při ponechání vlivu mrazu a vody.

Další test (Signoretti, 2002) byl proveden v Dolomitech s lanem na které působilo sluneční záření, v různé nadmořské výšce. Po dobu tří měsíců došlo ke snížení rázové síly. Test popisuje pouze vliv UV záření, ale je pravděpodobné, že docházelo i ke srážkám, které měly na výsledek testu vliv.

Zkoumáním vlivu počasí na zatěžovaná a nezatěžovaná lana a na lana použita ve vnitřním prostředí se ve své diplomové práci zabýval Marek Kulich (Kulich, 2004). Z výsledků této práce je patrné, že hlavním faktorem snížení dynamických vlastností lana není počasí, ale zatížení.

Jednou z prací zabývajících se vlivem nalezených metrů na lano je (UIAA Buletin, 1994). Výsledky naznačují jistou možnost opotřebení lana po určitých metrech.

V publikaci (Neuman, 1999) se uvádí, že stupeň opotřebení lana při horním jištění mnohonásobně vyšší (až 8-10x) než při klasickém způsobu lezení na skalách v přírodě. Nesrovnává se tu velikost opotřebení lana při lezení s horním jištěním a lezením prvolezce.

Německá armáda stanovila interval výměny lana "předpisově" na 200 hod používání lana. (Schubert, 1997 str. 62).

Podle zkoušek německého výrobce lan EDELRID je míra opotřebení a poškození lana při "top rope" lezení mnohonásobně (až 10x) vyšší než při normálním postupu s dolním jištěním, kdy prvolezec "vyvádí". Při spouštění je lano ve vratné karabině centimetr po centimetru ohýbáno (zatíženo tělesnou hmotností lezce) a znovu narovnáno. Toto soustavné namáhání ohybem životnost lana podstatně zkracuje. (Schubert, 1997 str. 121)

Opotřebení konkrétním způsobem lezení stanovil ve své diplomové práci Tomáš Kujínek (Kujínek, 2007). Z jeho práce je patrné, že ve vnitřních prostorách horolezecké stěny došlo k největšímu opotřebení vlivem lezení v pozici top rope. Při lezení v pozici prvolezce a při slaňování došlo ke shodným výsledkům. Tyto závěry jsou ustanoveny na základě poklesu zachycených normovaných pádů.

2.3 Souhrn

Z předchozích výzkumů je patrné, že víme vliv vnějších činitelů na lano a to bez zatížení, tak i se zatížením. Dále jsme seznámeni s opotřebením lan při klasickém lezení v přírodních podmínkách, kde se střídaly použité lezecké způsoby na dvojitém laně. V prostorách horolezecké stěny dochází k největšímu opotřebením vlivem lezení v pozici top rope, naproti lezení v pozici prvolezce.

Neznámou pro nás je, jak může výběr konkrétního vzorku lana v prostorách horolezecké stěny ovlivnit jeho životnost. Za předpokladu, že zvolíme konkrétní způsob lezení, který nebudeme v průběhu testu měnit.

3 PROBLÉM

3.1 Zdůvodnění, význam a potřeba studie

Rozhodl jsem se pro toto téma na diplomovou práci, protože se sám aktivně zajímám o horolezectví a zajímala mě možnost snížení ekonomických nákladů vlivem použití vhodného typu lana s nejběžnější jistící pomůckou a z toho vyplývající prodloužení životnosti lana.

Výsledky mohou pomoci uživatelům s vhodným výběrem lana pro daný účel použití a vytvořit náhled na optimální péči a použití. Dalším přínosem této práce pro veřejnost může být, seznámení s možným nebezpečím při manipulaci s lanem

3.2 Teoretický rámec navrhované studie

3.2.1 Stavba lan

Stavba lan

Lano používané při horolezectví, je pupeční šňůrou se životem lezce, a proto nesmí nikdy selhat. Důležitý není jen výběr správného lana, ale i kontrola a údržba lana.

Využití lana v horolezectví je velmi variabilní. Lana používáme ke slaňování, k vytahování materiálu, k lezení na tah a k jiným manipulacím. Každé lano musí být upleteno v provedení jádro (angl. core) a oplet (angl. sheath) tzv. systémem Kernmantel. Nosné jádro, je chráněno opletem, které tvoří ochranný plášť lana. Jádro je nositelem pevnosti. Poměr mezi jádrem a opletem by měl být vyvážený. Pokud bude větší množství jádra na úkor opletu, lano je pevnější, ale jeho životnost je nižší, protože dojde rychleji k předření opletu. Nedá se tedy říci co je prioritou. Je nutné najít správný kompromis. O tom jaký poměr mezi jádrem a opletem asi bude, určuje každý výrobce sám. A to je “umění“, které si každý výrobce chrání.

Dnes jsou lana vyráběna z jemných, velmi tenkých polyamidových vláken. Toto syntetické vlákno je charakterizováno vynikajícími mechanickými vlastnostmi, jako např. vysoká pevnost, vysoká tažnost při přetrhu a dobrá elasticita. Téměř výhradně se používá materiál s označením PAD 6, který má lepší schopnost pohltit pádovou energii než jeho příbuzný polymer PAD 6,6. Má, ale nižší bod tání, což znamená nevýhodu při zahřátí v důsledku tření. Materiál je stejný pro jádro i oplet lana. Pro kvalitu lana je důležité, aby všechna vlákna byla v celé délce nepřerušena, kontinuální.

Názvosloví:

- Dynamické lano (dynamic climbing rope EN 892),
- Statické lano (low stretch rope EN 1891),
- Oplet (sheath) – soubor navzájem se křížících pramenů (zpravidla 32, 40, 48 pramenů),
- Pramen¹ (strand) – soubor přízí (1 nebo 2 soubory přízí se kříží s jiným pramenem, zpravidla se jeden kříží pod jedním nebo jeden pod dvěma),
- Příze² (yarn) – soubor vláken,
- Vlákno³ (fibre) – soubor filamentů,
- Filament – nejmenší část lana (prochází nepřerušovaně celou délkou lana)
- Jádro (core) – soubor „duší“ (6 až 16 duší, může být i více nebo méně).

Předtím, než se vlákna zkroutí do příze, z níž se vyrábí jádro, tak i oplet lana, projdou tepelným zpracováním, které zvýší schopnost pohltit pádovou energii.

Podle požadovaného průměru a pevnosti lana je jádro zhotoveno z určitého počtu přízí. Některé příze jsou krouceny pravotočivě (typ S), jiná levotočivě (typ Z). Jádro se skládá z přibližně stejného množství obou typů příze. Tento způsob uplatňuje většina výrobců, omezuje pružné protažení lana při zatížení, snižuje také jeho kroucení a kličkování. Méně vhodná a rozšířená je pletená konstrukce jádra.

Firma lanex, která je jedna z předních výrobců lan, využívá tzv. systému tandem (obrázek 14), kdy dvě nitě jdou za sebou. V opletu pak vytvářejí čtverečky. Tento způsob je pro jejich výrobu dynamických a statických lan nejrozšířenější. V současné době však firma začíná používat tzv. jednoduchý způsob pletení SBS (tzv. simple braiding systém). Nový systém dává lanům vyšší rychlost a jsou hladší na povrchu.

Oplet se podílí na celkové hmotnosti i pevnosti lana asi 25 – 30 %. Na kvalitě opletu závisí nejen estetický vzhled lana, ale především jeho životnost. Těsný oplet způsobuje určitou tuhost lana, ale chrání jádro před pronikáním nečistot a tím zvyšuje jeho životnost, má menší odolnost v uzlu, nižší odolnost proti oděru a poškození přes hranu, má vyšší prodloužení, ale má menší pružnost (Procházka, 1990). Volný oplet zlepšuje

¹ Pramen je délková textilie ze spřadatelných vláken spojených vzájemně přirozenou soudržností.

² Příze je délková textilie ze spřadatelných vláken zpevněná zakroucením při předení.

³ Vlákno je délková textilie, látkově homogenní. Vlákno je základní stavební jednotkou všech textilií.

ohebnost lana, ale je náchylný ke shrnování z jádra a tvoření boulí. Oplet zajišťuje také ochranu proti škodlivým účinkům ultrafialového záření, k čemu přispívá i barvení.

K barvení lan, se používá svítivých signálních barev, které zabezpečují dobrou rozlišovací schopnost na 50m. Tyto barvy nás za mlhy či šera informují o tom, kam až lano stačí (např. při slanění). Jde tedy o prvek pasivní bezpečnosti, nikoli jen o módní či estetickou záležitost.

Ve snaze eliminovat ztrátu pevnosti a také nezvyšování váhy lana vlivem vody, jsou některá lana, podrobena povrchové úpravě opletu. Nejlepším postupem je impregnace hotového lana silikonem, parafinem nebo teflonem, méně účinná impregnace vláken silikonovým roztokem před spletením.

Životnost a odolnost úprav je různá a podle toho označujeme lana:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| ▪ Standard S, | ▪ Dry long life (suché po dobu celé životnosti), |
| ▪ Dry (suché) | ▪ Waterresist W. R. (vodě odolné), |
| ▪ Everdry (vždy suché), | ▪ C. I. A. P. Completely |
| ▪ Superdry (super suché), | Impregnated Alpinistic Produkt |
| ▪ Super Everdry, | (kompletně impregnovaný |
| ▪ Double Dry (dvojnásobně suché), | alpinistický produkt) |

Všechny tyto označení shrnují apretační⁴ úpravy jednotlivých vláken (filamentů), aby byly pevnější, odpuzovaly vodu, byly odolnější proti oděru a UV záření.

Z prohlášení o prospívání suchého ochranného povlaku lan vyplývá, že zde nejsou standardní procedury. Kromě toho nejsou žádné specifické testy pro lezecká lana, která nemají žádnou míru odolnosti proti odírání nebo odolnost proti vodě. Není zde žádné validní srovnání, tudíž by neměla být vyráběna. Avšak jsou známy podobnosti o zacházení a konečných procesech, které snižují absorpci vody. Studie impregnovaných lan od 13 různých výrobců, užívajících velký počet testovacích metod, ukazují, že pouze velmi málo lan má ve skutečnosti schopnost odpuzovat vodu (Signoretta, 2002).

Lano musí vyhovovat požadavkům mezinárodní unie alpské asociace UIAA (International Union Alpine Association).

⁴ tzv. apretační úpravy se používají pro zvýšení kvality horolezeckých lan. Tyto úpravy lze rozdělit do čtyř skupin: a) zvyšující pevnost, b) zvyšující oděruodolnost, c) zvyšující vodoodpudivost, d) stabilizace proti UV záření.

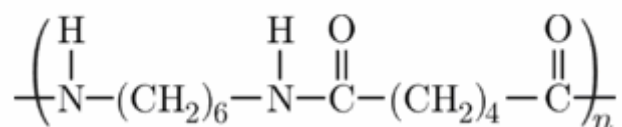
Lano musí být odzkoušeno nezávislou zkušebnou a podlehlá schválení v rámci EU (evropská unie), je označeno CE. Horolezecká lana se zkoušejí podle normy EN 892.

3.2.2 Materiály na lana

První syntetická lana byla vyrobena chemickým průmyslem ve třicátých letech 20. století. Níže podrobně popíšeme syntetické materiály na lana se kterými se dnes můžeme setkat a jsou nejčastěji využívány pro výrobu horolezeckých lan.

POLYAMID (PA, PAD) – nejčastěji používaný materiál v provedení PAD 6 (silon⁵) nebo PAD 6–6 (nylon⁶), (čísla za názvem jsou vyjádřením řetězení polymeru). Charakteristické vlastnosti polyamidových vláken (PADv) jsou vysoká pevnost v tahu za sucha, která dosahuje až 0,6 GPa další vlastnosti (PADv) jsou odolnost v oděru, vysoká pružnost, elasticita a cenová dostupnost. Jeho nevýhodou je slabá odolnost proti působení kyselin a ve vlhkém stavu dochází k mírnému poklesu pevnosti. Polyamid přijímá téměř všechny druhy textilních barviv. Předčasné stárnutí materiálu a tím i snižování jeho pevnostních charakteristik způsobuje sluneční a hlavně UV záření. Nevýhodou je také snadné nabíjení statickou elektřinou. Taje při teplotě větší 150 °C.

Jediný větší rozdíl ve vlastnostech obou typů je, že PA 6–6 měkne a roztavuje se při vyšších teplotách než PA 6.

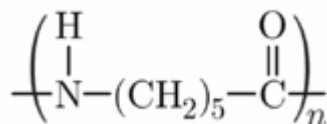


Obrázek 1: Chemická struktura PAD 6-6

POLYESTER (PES) – má podobné vlastnosti jako PA, neztrácí pevnost ve vlhkém stavu a má vyšší odolnost proti otěru než PA. Lanu škodí stejně jako u předchozího materiálu sluneční a UV záření a velmi negativně na vlákna působí alkalické roztoky (pH > 7). Taje při teplotě větší 150 °C.

⁵ Jsou užívány různé obchodní názvy PAD 6, dle země: silon (ČR), Perlon (BRD), Kapron (Rusko), Nylon 6 (USA), Dederon (GDR), Milan (JPN).

⁶ Původní patent Carothers firma DuPont v r. 1935. Rozšířen zejména v USA pod názvem Nylon, Anid (Rusko).



Obrázek 2: Chemická struktura PAD 6

POLYPROPYLEN (PP) – je velmi pevný a lehký materiál (plave na vodě), má obdobné mechanické vlastnosti jako PA a PES. Má však nižší odolnost proti teplu a jeho degradace slunečním a UV zářením je proti předchozím materiálům nepoměrně vyšší. Taje při teplotě menší 150 °C.

ARAMIDY (aromatické polyamidy) – Nejznámějším aramidovým vláknem (para-amid nylon) je Kevlar firmy DuPont a jeho ohnivzdorná varianta Nomex. Tyto materiály mají několikanásobně vyšší pevnost než např. PAD. (Šňůra o průměru 5,5 mm má pevnost 18 kN, což odpovídá lanu z PAD o průměru 11,0 mm.) Jejich pevnost skýtala šanci na revoluci ve výrobě textilních lan. Materiál ale není elastický a to mu dávalo možnost využití zejména k výrobě statických lan. Praktickými pokusy (firma Mammut) se zjistilo, že materiál značně ztrácí pevnost při namáhání ohybem přes hrany a malé poloměry. Kevlar se proto také nehodí jako pomocná šňůra pro slánění. (Procházka, 1990). Vydrží teplotu i přes 150 °C.

ORIENTOVANÝ POLYETYLÉN (PE⁷) – nově vytvořený materiál s vynikající pevností (šňůra o průměru 5,5 mm má pevnost v tahu asi 22 kN⁸). Výhoda vysoké pevnosti je vyvážena nevýhodou nízké odolnosti proti vyšším teplotám, což opět omezuje použití lan z těchto materiálů ke slaňování, pokud nejsou chráněny dostatečným opletem. Materiál je používán pro konstrukci lan s vysoce pevným jádrem. Taje už při teplotách o něco vyšších jak 100 °C.

VECTRAN (Liquid Crystal Polyester) – je poslední novinkou v oboru chemických vláken s velmi vysokou pevností. Je fyzikálními vlastnostmi srovnatelný s kevlarem, ale nemá jeho negativní vlastnosti. Materiál na sebe neváže vodu. Jeho hlavní nevýhodou je dosud vysoká cena. Užívá se proto v konstrukci lan spolu s dalšími

⁷ V literatuře se vyskytují dva obchodní názvy pro orientovaný polyetylén, a to Spectra (Procházka, 1990) a Dyneema.

⁸ V ohybu přes Ø 10 mm se pevnost snižuje na 20 kN (Procházka, 1990).

materiály. Např. lano firmy FSE z Německa o průměru 10,0 mm s názvem "Cupline" má nosnost 40 kN. Konstrukce lana je: oplet z PES, duše je z 67 % Dyneema (PE) a 33 % Vectran.

Druhy materiálu

Tabulka 1 : Orientační tabulka ke zjištění druhu materiálu (Matýsek, 2002)

Materiál	PE	PP	PVC	PAD	PES
Zkouška					
HMOTNOSTNÍ CHARAKTERISTIKA					
schopnost plavat na vodě	X	X			
PACH PŘI SPALOVÁNÍ					
po vosku	X	X			
po spálené rohovině				X	
po chlóru (štiplavý)			X		
nasládlý					X
CHOVÁNÍ PŘI SPALOVÁNÍ					
taví se a odkapává	X				
hoří plamenem	X	X		X	X
mimo plamen zhasíná			X		
zuhelnatělé zbytky			X		
čadí					X
BARVA PLAMENE					
modrá	X				
žlutá se zeleným okrajem			X		
jasně žlutá					X

X...projevuje se

Obecně lze říci, že teploty nad 100 °C zhoršují mechanické vlastnosti vláken ze syntetických materiálů (ztráta elasticity apod.) a užití PE vylučují, nad 150 °C přicházejí o svou pevnost i materiály PA a PES, pouze aramidy si zachovávají při této teplotě ještě své vlastnosti. Teploty součástek při slaňování naštěstí těchto hodnot nedosahují, případně je jejich tepelná kapacita natolik malá, že teplo v nich kumulované nedostačuje k přetavení lana, ale může však lano částečně poškodit "zažehlením" vláken opletu. Viz fyzikální vlivy.

3.2.3 Konstrukce lan

Lana stáčená

Se stáčenými lany, se můžeme setkat v průmyslovém lezectví. Vyrábějí se na stáčecích strojích, kdy stáčením jednotlivých pramenů se dosáhne jejich předpětí, které pak udržuje lano pohromadě.

Lana pletená

Zhotovení pletených lan je možné několika metodami v mnoha variantách z nekonečných svazků vláken. Existuje totiž značné množství konstrukčních a technologických proměnných prvků, jejichž kombinace má podstatný vliv na výsledné mechanické vlastnosti lana. Další způsoby ovlivnění mechanických vlastností lana lze dosáhnout při dokončování lana v různých srážecích komorách, chemickou impregnací atd.

Lano pletené tubulárním způsobem

Lano pletené tímto způsobem je založené na tom, že každé vlákno prochází střídavě povrchem a vnitřní částí. Má mimořádnou průtažnost a mimo tohoto negativního vlivu jejich nebezpečí tkví v tom, že každé lokální poškození má vliv na pevnost celého lana a nemůže být nijak kompenzováno, neboť lano nemá vnitřní duši. Pro tento typ lana se užívá termín "Pletené lano bez jádra" a často jsou tato užívána při vodních sportech (McLaren, 2006).

Lano s jádrem a opletem (*Kernmantel rope*)

Svou životaschopnost prokázalo pouze pletené lano s jádrem a opletem (též se užívá německého názvu pro tuto konstrukci – "Kernmantel"), což je univerzální model pro všechna lana horolezecká, speleologická, záchranná a pracovní. Vychází se z jednoduché skutečnosti, že téměř všechny externí nežádoucí vlivy, mimo prostý tah, zatěžují pouze opleť lana. Ten je objektem soustředěného náporu ničivých vlivů blokantů, brzd, UV-záření, pronikajících ostrých částic nečistot, vlhkosti a jiných méně zhoubných faktorů.

Hlavní nosná funkce spočívá na duši, která má 50 – 70 % celkové hmotnosti lana. Zbývající podíl náleží opleti, přičemž jeho hlavním úkolem je ochrana duše. Nižší nebo vyšší podíl opletu je nepřijatelný. U nízkého podílu by vzniklo riziko jeho ztržení

mechanickými pomůckami, hranou nebo jiným vlivem. Naopak při vyšším podílu by nemuselo lano splňovat požadavky na dynamické vlastnosti.

Indikace stavu lana při vizuální kontrole, je velmi podstatnou rolí opletu. Absolutní význam však nemá – evidentně nepoškozené lano ještě nemusí být dobré. Degradací procesy způsobené např. UV zářením, chemikáliemi po delší době způsobí ve vláknech drastický pokles pevnosti i bez vnějších příznaků.

Jádro lana (duše) může být konstruována mnoha způsoby. První je z pramenů stáčených, kdy v duši musí být stejný počet pramenů vlevo a pravotočivých, aby nedošlo k nežádoucímu kroucení lana nebo otáčení lezce visícího na laně. Je-li duše pletená, skládá se ze dvou nebo tří "copů" tvořených dalšími třemi prameny. U lan statických je jádro tvořeno buď rovnými vlákny polymeru bez jejich zatáčení, případně jen s minimálně stáčenými prameny.

Jeden z hlavních požadavků tohoto lana je, že oplet se nesmí posouvat po duši, což v praxi může způsobit problém nejen při slaňování.

Lana horolezecká mají jemný oplet zhotovený z vláken hladkých nebo kadeřených, aby lano bylo v ruce velmi příjemné na omak. Oproti tomu lana speleologická od světově renomovaných firem (např. americká PMI) používá na lanech hrubý oplet, tzn., že jednotlivé prameny opletu vytvářejí hrubou strukturu, která zamezuje prokluzu blokantu na laně a také má podstatně vyšší odolnost proti poškození nebo prodření při styku se skálou nebo jinou hranou oproti lanům horolezeckým. Z komerčních důvodů se lana vyrábějí co nejpevnější.

Uvnitř lana, je ještě jedno důležité vlákno – kontrolní nit, která udává rok výroby lana. Nit se nachází v duši lana po shrnutí opletu a je možné z ní stanovit, kdy bylo lano vyrobeno. Pro označení našich lan platila ČSN 83 2612, na kterou průběžně navázala ČSN EN 892, kde je rok výroby označen nití.

Tabulka 2: Barvy kontrolních nití (příze) lan firmy Lanex

2000 černá/žlutá	2004 zelená	2008 červená/žlutá
2001 červená/modrá	2005 modrá	2009 modrá/žlutá
2002 červená/zelená	2006 žlutá	2010 zelená/žlutá
2003 červená/černá	2007 černá	2011 černá/žlutá

Barvy se pravidelně opakují po 11 letech.

Tabulka 3: Barvy kontrolních nití (příže) lan firmy Singing rock

2001 červená	2006 červeno/modrá
2002 černá	2007 červeno/žlutá
2003 modrá	2008 černo/modrá
2004 žlutá	2009 černo/žlutá
2005 červeno/černá	2010 modro/žlutá

Zahraniční výrobci používají značení odlišné, do duše vkládají identifikační pásku, která udává název lana, jeho průměr, typ, číslo normy a rok výroby. Páska musí být po celé délce lana a zde je úplná jistota správné identifikace každého lana. Provedení identifikační pásky je na obrázku předchozí strany. Páska udává nezaměnitelné údaje.

Požadavek na identifikaci vyplývá také z ČSN EN 1891, kde se vyžaduje, aby lano s nízkou průtažností (tj. statické lano) mělo vnitřní označení opakované alespoň každých 1m po celé své délce. Značení musí obsahovat tyto údaje:

- jméno nebo obchodní značku výrobce (dovozce nebo dodavatele),
- číslo normy (tj. EN 1891) a typ lana – A nebo B,
- rok výroby,
- materiál, ze kterého je vyrobeno uvedený buď názvem, nebo normovým barevným značením.

Tento způsob označení bude uplatňován i u našich výrobců při výrobě lan s nízkou průtažností.

3.2.4 Vlastnosti lan

Poddajnost: Tuhé lano = těžká manipulace a vázání uzlů, měkké lano = zatažené uzly se těžko rozvazují.

Nasákavost: Při nasáknutí lana se prudce zvyšuje jeho hmotnost, snižuje se pevnost a schopnost pohlcovat pádovou energii (Signoretti, 2001). Některá lana mají speciální impregnaci, která zabrání nasáknutí vody (DRY úprava).

Odolnost proti oděru: Je to schopnost lana odolávat roztřepení nebo prodření. Viz vliv opotřebení.

Omak: Je hmatový vjem při držení lana, záleží na průměru, struktuře opletu, povrchové úpravě, těsnosti opletu a materiálu opletu.

Hranová odolnost: Je schopnost lana vydržet zachycení pádu přes skalní hranu, dříve testována tzv. Granit testem (Procházka, 1990). Nyní je testována podle Sharp Edge Resistant (UIAA 108).

Posun opletu: U každého lana dojde k posunutí opletu vůči jádru při natažení lana, ale důležité je, aby posun opletu proti jádru v podélném směru (a to ani v kladném ani v záporném smyslu) nepřekročil 20 mm (podle EN 892). Viz posun opletu.

Konstrukce: Dynamická lana pro horolezectví musí být výhradně s opletem kolem jádra, které musí tvořit min. 50 % hmotnosti lana. Viz konstrukce lan.

Statický průtah: Jednoduchá (jeden pramen lana) a dvojitá lana (dva prameny lana) nesmí mít průtah se závažím o hmotnosti $(80,0 + 0,1)$ kg větší než 10 % a poloviční lana (jeden pramen lana) 12 %. Viz statický průtah.

Dynamický průtah: Při prvním pádu nesmí pro žádný zkušební vzorek dynamický průtah překročit 40 %. Viz dynamický průtah.

Rázová síla: Je to síla působící na lezce při zachycení pádu. U jednoduchých a dvojitých lan by neměla být hodnota větší než 12 kN, u polovičních lan 8 kN. Viz rázová síla.

Počet pádů: Lano jednoduché a poloviční musí vydržet bez přetržení nejméně 5, dvojitě pak nejméně 12, po sobě následujících zkušebních pádů. Viz počet pádů. K zlepšení vlastností horolezeckých lan se provádí různé chemické úpravy jejich vláken. Hlavně jsou chráněna proti vlhkosti, oděru a nečistotám.

Smyčkování: Každá lana více či méně smyčkuje, záleží na technice smotávání lana.

3.2.5 Dělení lan podle účelu použití

V základním dělení lan rozlišujeme dva druhy:

- Lana statická
- Lana dynamická

Toto rozdělení vychází z toho, jak se lana chovají při zatížení (pádu). Lana dynamická jsou určena pro horolezce, proti lanům s nízkou průtažností (statická), která jsou určena k zajištění práce ve výškách, záchraně a pro speleologii. Výrobky, které mají stejnou konstrukci, ale malý průměr (pod 8 mm), označujeme jako šňůry. Chování lan při zatížení ovlivňuje elasticita výchozího materiálu, konstrukce jádra, opletu a následná chemická a tepelná úprava vláken. Uzly, ohyby, skalní hrany a pády snižují pevnost lana (lano v karabině má o 30% menší pevnost). (Procházka, 1990).

Podle účelu užití dělíme lana na lana dynamická, určená pro horolezce, a lana s nízkou průtažností (statická), která jsou určena k zajištění prací ve výškách, k záchraně a pro speleologii. Výrobky, které mají stejnou konstrukci, ale malý průměr (pod 8 mm), jsou označovány jako šňůry.

3.2.5.1 Statická lana

Lana jsou označována podle ČSN EN 1891 (UIAA 107) jako “Nízkoprůtažná textilní lana s opláštěným jádrem“ (z angl. originálu Low stretch kernmantel ropes) o průměru od 8,5 mm do 16,0 mm, používaná osobami v lanovém přístupu, včetně všech druhů pracovních polohování a zadržení, pro záchranu a ve speleologii.

Existuje-li tedy lano, které nemá všechny vlastnosti, které předepisuje norma EN 1891 (typ A nebo B), není možno takovýto textilní výrobek uvést na trh Osobních Ochranných Pomůcek (dále jen OOP) jako lano k zabezpečení osob (Fáborský, 2002).

Podle této normy se dělí na dva typy. Lano typu A má požadovanou minimální pevnost 22 kN a je určeno pro činnosti ve výškách a nad volnou hloubkou, pro záchranu, speleologii a podobné činnosti. Lano typu B má menší parametry, např. jeho minimální pevnost je 18 kN. Lana typu B jsou většinou menších průměrů, vyžadují větší péči při užívání a jejich uplatnění je hlavně tam, kde je hmotnost lana limitující (např. expediční a speleo činnost).

Důležitým požadavkem normy je, že se musí vyrábět z materiálu, který má bod tavení větší než 195 °C, takže pro jejich výrobu nelze použít polyethylen a polypropylen, která tento požadavek nesplňují. Lana, která jsou z těchto materiálu vyráběna pro canyoning (roklování) této normě nepodléhají.

Při stanovení rázové síly je lano zkoušeno v délce zkušební vzorku cca 2,0 m s pádem 0,6m, tzn pádový faktor $f = 0,3$. Dále lano musí bez přetržení snést min. 5 zkušebních pádů při pádovém faktoru $f = 1$. Hmotnost zkušební břemene je u lana typu A 100 kg a u lana typu B 80 kg. Důležitým parametrem lana je jeho průtažnost – např. u lana typů A při aplikaci zkušební hmoty 150 kg (předchozí předpětí 50 kg) nesmí prodloužení překročit hodnotu 5 %.

Norma definuje i posuv pláště lana vůči jeho jádru, uzlovatelnost (flexibilitu) a další parametry.

U lana typu A nesmí posuv pláště vůči jádru překročit na délce 2 m cca 40 mm – platí pro lana do průměru 12 mm. U lana typu B nesmí posuv překročit 15 mm.

Při testu uzlovatelnosti se na laně uváže jednoduchý uzel a lano se zatíží závažím o hmotnosti 10 kg. Uzel se má zatáhnout tak, že do něj nelze zasunout zkušební trn o průměru 1,2 násobku průměru lana.

Tento test se provádí na novém laně. Na laně, které prošlo vodou, bahnem a dalším podzemním provozem by výsledek vyšel mnohonásobně vyšší. Je sice pro lezce pohodlnější, když je lano tuhé a snadno prochází při výstupu blokanty, ale špatná uzlovatelnost a problémy při průchodu lana slaňovací brzdou tuto výhodu eliminují.

Nová norma stále ještě neřeší zkoušení lan na jejich odolnost před oděrem, který na statická lana působí nejvíce (hrany, lezecké pomůcky apod.).

Uvnitř lana je kontrolní páska probíhající celou délkou lana, udávající jméno výrobce, typ lana a číslo normy, rok výroby číslicí a materiál, ze kterého je lano vyrobeno. Tyto údaje jsou v maximální vzdálenosti od sebe 1 m a jsou důležité jak pro uživatele, tak i pro kontrolu (Obrázek 16).

Je nezbytností, aby používaná lana, která mají malou schopnost tlumit dynamické rázy, byla zatěžována pouze ve statickém režimu. Rázové síly způsobené prudkým zabrzděním při slaňování nebo při výstupu po laně nepovažujeme za dynamické zatěžování, protože maxima sil, naměřených při různých zkouškách u těchto pohybů nepřevyšovala 3 kN, a to je pro organismus lezců i celou lanovou cestu bezpečné.

Při lezení s horním jištěním se zpravidla větší síly než 2 kN nevyskytují, při větší délce volného pádu – výšce pádu až 3 kN (Schubert, 2002 str. 197).

Naopak při dynamickém zatěžování lan – extrémní pády při horolezeckých výstupech – dosahují rázové hodnoty cca 12 kN a organismus lezce je zatěžován přetížením až $15 G^9$, což je i pro zdravý organismus příliš vysoká hodnota vedoucí ke zraněním či ztrátám životů.

Norma stanovuje dva typy lana:

Lana typu A

Lano typu A – pro všeobecné použití (včetně záchrany a speleologie)

⁹ $15 G = 15 g = 150 \text{ m.s}^{-2}$, kde g je gravitační konstanta, $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Lana typu B

Lano typu B – se stejnou konstrukcí, ale nižšího výkonu než u typu A (např. mají menší průměr, nižší pevnost nebo kombinaci obojího), vyžadující větší péči při užívání (v normě není další specifikace definována).

3.2.5.2 Dynamická lana

Dynamické lano slouží především k zachycení rázové síly. Lano je využíváno především k jištění při výstupu v těžkém horském terénu, při sportovním lezení na cvičných stěnách, lezení na ledu a pro další outdoorové aktivity, kde je nutné chránit osoby proti pádu. Jsou využívána i pro slanění (sestup pomocí lana) v místech, kde nelze použít klasický sestup z výšky – např. skalní (nebo jinou) stěnou.

Jejich posláním je zajišťovat bezpečný postup lezce při alpinistických metodách a jeho ochranu při eventuálním pádu, kdy pohlcují pádovou energii až do pružného zastavení.

Dynamická lana se vyrábějí v různých průměrech a provedeních, přičemž dominantní snahou výrobců je dosažení maximální odolnosti proti rázovým silám a schopnost jejich opakovaného efektivního utlumování.

Dynamická lana se zkouší podle normy platné pro EU (EN 892) a doplňkové normy UIAA (UIAA 101), přičemž požadavky normy UIAA 101 jsou, co se týče posuvu opletu, přísnější než u normy EN 892. Kromě toho zavedla UIAA nově zkoušku lana přes ostrou hranu (UIAA 108).

Pádová zkouška, tzv. “normovaný pád“, je dynamická zkouška odpovídající zátěži v praxi. Tatická zkouška na pevnost lana při přetrhu se nevykonává, protože horolezecká lana se v praxi nevystavují vysokému statickému zatížení.

Podle způsobu použití dělíme dynamická lana do těchto skupin:

Lana jednoduchá (něm. Einfachseil, angl. Single rope) bývají označena samolepkou se symbolem (obrázek 3). V praxi se mohou používat v jediném pramenu.

Lana poloviční (něm. Halbseil, angl. Half rope) mají obvykle průměr okolo 9,0 mm a označují se symbolem (obrázek 4). V praxi se musí používat zásadně dvojitě, přičemž však každý pramen může být zapínán do karabiny postupového jištění samostatně, střídavě.

Lana dvojčata (něm. Zwillingssleine, angl. Twin rope) jsou speciální slabá lana s průměrem okolo 8,0 mm a označují se symbolem (obrázek 5). Musí být používána výhradně ve dvou pramenech, s nimiž se však zachází jako by šlo o jediné lano – tzn., že oba prameny vždy procházejí týmž bodem, postupového jištění. Jejich výhodami ve srovnání jak s jednoduchým lanem, tak s technikou polovičního lana, je schopnost snížení rizika přetržení při zatížení přes skalní hranu (u tohoto způsobu jsou oba prameny v okamžiku pádu zatěžovány rovnoměrně, u techniky střídavého zapínání polovičního lana tomu tak zpravidla není).

Tabulka 4: Rozdělení lan a podmínky jejich testování

Typ lana	Průměr lana [mm]	Počet pramenů [ks]	Hmotnost zkušební závaží [kg]	Počet pádů [ks]	Rázová síla [daN]
Jednoduché	9,4 – 11,0	1	1 lano/80	5	1200
Poloviční	8,2 – 9,0	2	1 lano/55	5	800
Dvojité	8,0 – 8,5	2	2 lana/80	12	1200

Pozn.: Ve sloupci prameny je uveden min. počet lan při používání, ve sloupci zkušební závaží je uvedena velikost závaží a počet pramenů při kterých se provádí zkoušky lana, ve sloupci rázová síla je uvedena maximální velikost rázové síly podle normy.

Lano jednoduché

Lano se používá v samostatném pramenu (jednolanová technika). Průměr lana je mezi 9,4 – 11,0 mm, vhodné pro volné lezení na skalkách a ledovcové túry (grafické označení: jednička v kroužku).

Výhody – nízká váha, jednoduchá manipulace.

Nevýhody – při styku se skalní hranou může dojít k přetržení.

Lano dvojité

Lana se používají výhradně v páru (dvoulanová technika) a obě lana musí jít všemi body postupového jištění. Průměr těchto lan je kolem 8,0 mm, jsou vhodná pro lezení v horách (snižují riziko přeseknutí lana o skalní hranu), ale na ledovcových túrách, kde se používá jen jedno lano, se nedoporučují (grafické označení: dva kroužky v sobě).

Výhody – velká bezpečnost, malé riziko poškození, dvojnásobné slanění (100 popř. 120 m).

Nevýhody – větší váha, složitější manipulace, velké tření v jisticích bodech.

Každé lano musí být na obou koncích označeno grafickým symbolem typu lana.

Lano poloviční

Lana se používají výhradně v páru (dvoulanová technika) a zakládají se do postupového jištění “na střídačku“ z důvodu snížení tření a zlepšení vedení linie lana. Průměr je mezi 8,2 – 9,0 mm, jsou vhodná pro lezení v horách (snižují riziku přeseknutí lana o skalní hranu) a na ledovcových tůrách, kde se používá jen jedno lano.

Výhody – nízké tření v jištění, malé riziko poškození, dvojnásobné slanění (100 popř. 120 m).

Nevýhody – větší váha, složitější manipulace.

3.2.6 Pádový faktor f , rázová síla F_m

Pádový faktor f

Chceme-li co nejobektivněji zhodnotit rizika pádů, musíme do těchto rozborů zařadit i kritérium zohledněné pádovým faktorem. Pádový faktor (anglicky Fall factor) je poměr mezi délkou pádu lezce a aktivní délkou lana (Pavier, 1998)

Rovnice 1 – Pádový faktor

$f = \frac{h}{l} [-]$	<p>f ... pádový faktor [-]</p> <p>h ... délka pádu lezce [m]</p> <p>l ... aktivní délka lana [m]</p>
-----------------------	---

Standardně může pádový faktor nabývat hodnot od $f = 0$ až do $f = 2$, vyšší hodnota při pohybu osoby fixované na laně do pevného kotevního bodu nemůže nastat. Pouze při lezení takzvaných "via ferrata" (též zažitý název "klettersteig") může nastat situace, kdy pádový faktor bude mít hodnotu vyšší než dva. Jde o případ, kdy jsme jištění krátkou lanovou smyčkou do zajišťovacího (např. ocelového) lana. V případě pádu, kdy vzdálenosti kotevních podpěr lana budou 5 m a délka lanové smyčky bude 1 m, je hodnota pádového faktoru až $f = 7$.

Rázová síla F_m

Rázová síla (anglicky Impact force, německy Fangstoß) je síla, působící na tělo lezce v okamžiku zachycení pádu. Tato síla je přenášena lanem i do jisticích bodů,

karabin a na jisticího. Lano je schopno absorbovat energii pádu a tím snižovat rázovou sílu a její účinky. (McLaren, 2006)

Potenciální (polohová) energie E_p , kterou lezec získá při výstupu, je závislá na hmotnosti lezce m a lineárně narůstá s přibývajícím výškou výstupu. Tato polohová energie E_p se při pádu mění na energii kinetickou (pohybovou) E_k . Tuto vzniklou pádovou energii musí lano zachytit a přeměnit ji na vratnou deformaci lana – protažení lana. Při pružné deformaci lana vzniká pádová síla, která v momentě zachycení pádu dosahuje maxima.

Z této hodnoty vychází i maximální rázová síla podle požadavků norem, kterou lano musí mít. Pro lana jednoduchá a dvojitá je maximální přípustná hodnota rázové síly dána hranicí 1200 daN během prvního pádu s pádovým faktorem $f = \text{cca } 1,573$ a závažím 80 kg, pro poloviční lana je maximum dáno hodnotou 800 daN při pádovém faktoru $f = \text{cca } 1,573$ se zátěží 55 kg. Je obecně známé, že s počtem pádů se dynamická kapacita lana snižuje a tím se zvyšuje hodnota rázové síly.

Procházka (1990) uvádí jeden pokus, který v 80. letech prováděla firma Arova-Mammut, kdy napodobila normovaný pád UIAA, ale pád byl dlouhý 30 m, a rovnoměrně k němu byla i větší užitá část lana tak, aby byl zachován pádový faktor $f = 1,74$. Pokud při normální pádové zkoušce lano vydří min. 5 pádů, byl předpoklad, že při sice delším pádu, ale stejném pádovém faktoru, lano vydrží také min. 5 pádů. Žádné z testovaných jednoduchých lan o průměru 11,0 mm a 10,5 mm ale nevydrželo víc než jeden takto dlouhý pád.

Nové lano, jehož hodnota rázové síly je blízko dovolené horní hranice, nemusí tedy po několika pádech zajistit maximální rázovou sílu. Na obrázku 23 je příklad nárůstu rázové síly u nového lana během testu UIAA, kde je patrný nárůst rázové síly při prvních pádech, ale pak se hodnota ustálí.

Velikost maximální rázové síly u lana je přímo úměrná průtažnosti lana, což má za následek i jednu velkou nevýhodu. Pádová energie je při pádu utlumena v laně, které se úměrně velikosti síly protáhne, takže se může stát, že padající lezec skončí na polici nebo v horším případě na zemi.

Rovnice 2: Výpočet rázové síly F_m

$F_m = mg \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2k}{mg} \cdot \frac{h}{l}} \right] \text{ [N]}$	<p>F_m...rázová síla působící na lezce v době zachycení pádu [N] m...hmotnost lezce [kg] g...tíhové zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$] k... konstanta elasticity lana [N] h...délka pádu lezce [m] l...aktivní délku lana („živé lano“) [m]</p>
--	---

Rovnice 3: Výpočet konstantní síly F

$F = k \left[\frac{x}{l} \right] \text{ [N]}$	<p>x...elastický průtah lana počáteční délky L pod konstantní silou F [m] L...počáteční délka lana [m] F...konstantní síla [N]</p>
--	---

Tabulka 5: Závislost rázové síly F_m na pádovém faktoru f firmy Edelrid z 80. let

Pádový faktor f [-]	Rázová síla F_m [N]
0,2	350
0,4	470
0,6	600
0,8	680
1,0	760
1,2	820
2,0	1020

Každý pád má za následek nadměrné zatížení celého jisticího řetězce včetně jističe, proto existuje několik možných rizik:

Jisticí bod – v případě pádu je jisticí bod vystaven dvojnásobnému zatížení, od lezce a od jisticího, což je vidět na obrázku. Tyto dvě síly se spolu sčítají, takže neabsorbuje-li lano dostatek rázové energie, může síla působící na jisticí bod dosahovat kritických hodnot. Při lezení s horním jištěním se zpravidla větší síly než 2 kN nevyskytují, při větší délce volného pádu (výška pádu) až 3kN (Schubert, 2002 str. 197) Jistič – při jištění nastává problém, je-li na jisticího přenesena příliš velká síla, pak se zachycení pádu může pro něj stát nesplnitelných úkolem. S většinou jisticích pomůcek

je možné zadržet bez proklouznutí sílu asi 3 kN, takže u některých pádů se určitě objeví spálené dlaně.

Lezec – je-li pád nekontrolován (což je skoro vždy) a špatně zachycen jistícím lezcem, cítí lezec přímo následky účinku rázové síly a možnost zranění padajícího se tak zvyšuje.

3.2.7 Životnost lana

Definovat přesně životnost lana je velmi obtížné, proto je užitečné, když si uživatel vede deník lana, ve kterém zaznamenává nalezené (nastoupané) a seslaňované metry, samozřejmě také pády a jejich délky.

Pro výrobce lan, představuje životnost lan vážné dilema. Podle bruselských směrnic PSA jsou povinni udávat životnost každé součásti výzbroje, tedy i lan.

Najít novinky v základních faktorech užívání lana je velmi těžké. Jsou to kombinace:

- odírání o skálu,
- mechanické zmenšení (díky slanění a jistícím zařízením),
- prach,
- mikrokrystaly než proniknou opletem,
- počet ulezených metrů (ne ulezený čas).

Z těchto faktorů vyplývá, že největším nepřítelem lana je tření.

Obecně platí, že by se lano mělo vyřadit okamžitě po těžkém pádu, tj. když pádový faktor přesáhne hodnotu 1. Také minimálně v okamžiku, kdy subjektivně cítíme k lanu nedůvěru.

Lano bychom měli zlikvidovat – bez ohledu na dobu použití – vždy, když:

- přišlo do styku s chemikáliemi, zvláště pak s kyselinami,
- oplet je poškozený tak, že prosvítá jádro,
- oplet je extrémně opotřeбенý nebo hodně roztřepený,
- oplet je viditelně posunutý,
- lano je silně zdeformováno (ztuhnutí, vruby, místní zeslabení nebo zesílení),
- lano bylo vystaveno extrémnímu zatížení (např. těžkým pádům),
- lano je extrémně znečištěné běžně nevypratelnými nečistotami,
- lano bylo poškozeno teplem, abrazí nebo spálené třením,

- byla překročena výrobcem v návodu doporučená životnost (i když lano nebylo používáno).

Dojde-li k zatížení lana při pádu přes záseky na karabinách, může dojít k poškození opletu, což může vést až k jeho protržení. K samotnému přetržení lana by však dojít nemělo. Přesto bychom měli lano s poškozeným opletem vyřadit, protože poškozený oplet stěžuje manipulaci s lanem.

Po četných rozborech a výzkumech bylo zjištěno, že pro běžnou praxi lze životnost lana určit podle počtu normovaných pádů UIAA, které lano vydrží (Tabulka 6). Oproti minulosti se náhled na životnost lana velmi zpřísnil, má to však racionální základ v nejnovějších poznatcích.

Tabulka 6: Životnost lana podle normovaných pádů UIAA (Procházka, 1990)

Počet normovaných pádů UIAA	Orientační životnost lana (čistý čas vlastního lezení)
12 a více	200 lezeckých hodin
9	150 lezeckých hodin
6	100 lezeckých hodin

Z této tabulky je zřejmé, že čas po kterém by se mělo lano vyřadit, je u nás většinou vysoko překračován. Životnost lana můžeme také stanovit podle způsobu četnosti použití (Tabulka 7).

Tabulka 7: Životnost lana podle četnosti a způsobu použití (Procházka, 1990)

Použití	Životnost
Mírné (dovolená a málo víkendů)	2–3 roky
Střední (dovolená a mnoho víkendů)	1–2 roky
Těžké (horský vůdce nebo mnoho víkendů)	1 letní sezóna až 1 rok

Uživatelé lana, kteří si vedou přesnou evidenci o jeho použití, mohou k určení jeho životnosti využít metodu firmy Edelrid, která se jeví jako nejobektivnější. Zapisujeme zvláště počet metrů volného lezení a počet „technických“ metrů, při nichž je lano zatěžováno a odíráno (slačování, jumarování, lanové přitahy apod.). Metry volného lezení vynásobíme koeficientem 0,33 a metry slanění (apod.) koeficientem 1,66. Sečtením obou vypočtených hodnot dostaneme tzv. počet metrů použití lana. Pravidelně

jejich množství porovnáváme s tabulkou 8, a jakmile dosáhneme uvedeného maxima v odpovídající kategorii, je čas lano vyřadit. Tabulka platí pro jednoduchá lana odpovídající normě UIAA.

Tabulka 8: Životnost lana podle firmy Edelrit (Procházka, 1990)

Průměr lana [mm]	Hmotnost lana na metr délky [g.m ⁻¹]	Maximální množství metrů použití lana [m]
10,0	61	1500
10,0	65	5000
10,5	67	7000
10,5	69	10000
11,0	72	11000
11,0	76	19000

V případě odlišného průměru lana, které uvádí tabulka je nutné mezihodnoty odhadnout. Čísla jsou orientační. Maximální přípustné množství metrů použití bylo stanoveno tak, aby po jeho dosažení lano bylo schopno zachytit ještě 2 normované pády UIAA. Je zde tedy potřebná bezpečnostní rezerva.

Rozumí se, že životnost stanovená jakýmkoliv způsobem platí pouze pro lano, které nezachycovalo pád. Každé lano by mělo být po těžkém pádu vyřazeno, protože nemůžeme mít jistotu, zda nebylo poškozeno uvnitř.

Německá armáda stanovila interval výměny lana “předpisově“ na 200 hod používání lana (Schubert, 2002).

Naproti tomu rakouská armáda vyřazuje lana po 10 letech používání nebo při viditelném poškození lana. Po 6 letech, kdy je lano používáno čistě na lezení, je zbylé 4 roky používáno jako “utility ropes“, tzn. jako lanové zábradlí apod. (Mountain training, 1998).

Většina zahraničních výrobců lan udává životnost lana dle způsobu a frekvence používání. Rozmezí se udává od 3 měsíců do 5 let. Se skladováním lana, se uvádí maximální doba používání 10 let (5 let skladování + 5 let lezení).

Rozumí se, že životnost stanovená jakýmkoliv způsobem platí pouze pro lano, které nezachycovalo pád. Každé lano by mělo být po těžkém pádu vyřazeno zásadně a okamžitě. Nikdy si nemůžeme být jisti, zda nebylo vnitřně poškozeno.

3.2.8 Určení stáří lana

Nejjednodušší určení stáří lana je podle visačky, která by měla být zachována. Pro zachování visačky máme dva podstatné důvody. Za prvé z důvodu reklamace lana v obchodě a za druhé v případě nehody. Pokud není visačka zachována, lze v případě nutnosti konec lana rozstříhnout a podle barevné nitě nebo pásky s údaji rok výroby určit (tabulka 2,3 a obrázek 16,17). Barevné označení není stejné pro všechny firmy, takže barevné nitě uvnitř lana nemusí vždy znamenat totéž. Výrobce je ale povinen, vysvětlit význam značení na visačce. V případě stáří lana více než 5 let od roku výroby se obecně další používání lana nedoporučuje z důvodu přirozené degradace, vlivem UV záření a vnějších vlivů všeobecně a to i v případě, že lano nebylo vůbec použito (Fáborský, 2002).

Nejnovější způsob značení lan používaný firmou Lanex se nazývá TeROM, využívá implantování mikročipu do konce lana jako důležitý nosič informací. TeROM umožňuje snadnější identifikaci a evidenci prováděných prohlídek a revizí lan. Všechna data uložená v mikročipu lze pomocí mobilního snímače jednoduše přečíst a některá z nich také dodatečně doplňovat. Mikročip obsahuje data naprogramovaná výrobcem (jako např. název lana, průměr, délka, datum výroby) i data volně programovatelná (číselný kód, datum revize či identifikace revizního technika).

3.2.8.1 Vliv stárnutí

Výzkumné práce Bezpečnostní komise DAV dokazují, že i 15 let staré lano (bez působení kyselin nebo jiných, vůči polyamidu agresivních kapalin) vydrží min. dva normované pády. Pokud by lano vydrželo i jen jediný normovaný pád, nemůže se v praxi přetrhnout (kromě zatížení přes ostrou hranu). (Blackford, 2003, Schubert, 2002 str. 120)

3.2.8.2 Vliv opotřebení

Lana jsou konstruována tak, aby se při zachycení pádu zdeformovala a natáhla. V případě krátkých pádů přibližně do 1 m (nejběžnější pád ve sportovním lezení) je tato deformace většinou dočasná a molekuly, tvořící jednotlivá vlákna, se po dostatečném "vzpamatování" vrátí do původního stavu. Doporučená minimální doba takového "odpočinku" je většinou 15 – 20 min (Hattingh, 1997)

Na vliv opotřebení byla provedena upravená pádová zkouška, bezpečnostní sekcí DAV, základní dynamické podmínky této zkoušky odpovídaly pádu při extrémním sportovním lezení. Použité lano, které bylo již předtím úspěšně testováno zkouškou UIAA (vydrželo 5 normalizovaných pádů), bylo nyní opakovaně vystavováno pádům závaží o hmotnosti 80 kg. Lano se přetrhlo až po 220 pádech. Přitom po 80 zkušebních pádech bylo v místě ohybu (ve vratném bodě) značně tuhé, zploštělé, tmavě zbarvené vlivem otěru o materiál karabiny, a oplet roztřepený.

Zřetelnou známkou stárnutí lan je ztráta jeho pružnosti, k samotnému prasknutí lana dochází velice zřídka.

Schubert: „Lana, opotřebovaná častými pády při sportovním lezení, se již nesmějí používat pro klasické lezení v horských podmínkách, kde hrozí nebezpečí jejich rázového stříhového zatížení na ostré hraně“.

Výzkum opotřebení lan při slaňování prováděla Bezpečnostní sekce DAV na začátku 90. let se závěrem, že míru opotřebení lana lze snížit pomalejším slaňováním a rychlým vyjímáním lan ze slaňovací osmy.

Při horním jištění vznikají v laně jen poměrně malé zatěžující síly, které samy o sobě prakticky nemohou způsobit jeho přetržení. Takto zatížené lano se nepřetrhne ani tehdy, když má už úplně prodřený oplet a je tedy schopno udržet každý pád.

U lan opotřebovaných lezením “top rope“ se snížil počet vydržených normovaných pádů až o 50 % oproti lanům novým (Vogel a Bocksch, 2002).

Podle firmy Edelrit se při lezení “top rope“ lano opotřebovává cca 10x více než při lezení v pozici prvolezce (“normální“ lezení).

3.2.8.3 Chemické vlivy

Pevnost lan snižuje (Matýsek, 2002):

- stárnutí řetězců polymerů,
- působení kyselin na PA,
- působení louhů na PES,
- vlhkost působící na PA.

Chemické napadení vyššího stupně u PAD a PES můžeme na laně indikovat v místním zeslabení nebo ve změknutí lana tak, že povrchová vlákna mohou být v extrémních případech vytržena nebo odřena jako prach.

U polyamidových vláken je chemická odolnost všeobecně extrémně dobrá, ale roztoky anorganických kyselin způsobují jejich poškození. Je nutné zabránit ponoření (nebo kontaminaci) v kyselinách chladných i horkých. Zásady (louhy) a většina olejů v normálních podmínkách PAD vlákno neovlivňují, pouze některé organické roztoky způsobí jeho nabobtnání. Dojde-li ke kontaminaci louhy nebo organickými látkami, je nutné lano vymýt studenou vodou. Máme-li jakoukoliv pochybnost o původu látky nebo vlivu chemických látek na lano, je lépe jej vyřadit.

U polyesterových vláken je odolnost vůči kyselinám velice dobrá, přesto by neměla koncentrace překročit 80 %. Dojde-li ke kontaminaci, je nutné lano vymýt studenou vodou.

Odolnost PAD vůči uhlovodíkům (olejům) a obyčejným organickým roztokům je dobrá. Jen koncentrované fenoly způsobují vážné poškození vláken.

K očištění lan lze použít technický (resp. lékařský) benzín. Automobilový nelze použít, protože přidaná aditiva jsou látkami poškozujícími některá chemická vlákna.

Mokrý lano má částečně sníženou pevnost díky vodě, ale je-li zmrzlé, má vyšší pevnost než mokré. Při zatížení se část energie spotřebovává na přeměnu ledu ve vodu. Signoretti (2002) udává 50 % snížení dynamické odolnosti zmrzlých lan srovnáním s původními vlastnostmi suchých lan.

McLaren (2006) zase udává 30 % redukci statické průtahy u zmrzlých a mokrých lan srovnáním s původními vlastnostmi suchých lan.

Trvalé poškození příze opletu (potažmo i jádra) chemikálií vede k degradaci statických a dynamických vlastností, příze se může stát křehkou a následně při zachycení pádu neočekávaně prasknout. Dokonce jsou známy případy, kdy černý fix (Schubert, 2002), použitý jako označení pro střed lana, výrazně poškodil lano, které prasklo právě v místě označení při zachyceném pádu. (singingrock)

Látky jako CocaCola, mořská voda či písek a jiné nečistoty nezpůsobují měřitelné bezpečnostně relevantní poškození lana. I tak se ale doporučuje opláchnutí lana – zabrání se tvorbě krystalů (Schubert, 2002). Naopak moč (kyselina močová) způsobuje až 30 % úbytek počtu absolvovaných normovaných pádů, tedy znatelné poškození.

3.2.8.4 Fyzikální vlivy

pevnost lan snižuje:

- světelné záření, hlavně jeho složka UV,
- teplota – nad 150 °C dochází k měknutí a snižování pevnosti (u PE ještě podstatně nižší teplota),
- Spektra tuto nevýhodu nemá, u ní však je nutné pamatovat na nižší bod tání než u běžného nylonu – větší možnost poškození rozpálenou slaňovací brzdou apod. (Procházka, 1990 str. 59),
- sálavý zdroj tepla – sušení, otevřený oheň, jiskry, styk s horkými předměty,
- McCartney et al. (2002) ve svém článku udávají, že při rychlém slaňování nebývá základní pevnost v tahu jádra vnějším teplem poškozeno, avšak průtažnost pramenů v jádře vzroste ze 40 % na straně zatěžování (zahřívání) a z 20 % na straně opačné. Příčinou je vzrůst podílu pramenů amorfního (beztvarého) stavu způsobeného vysokou teplotou. Vliv teploty na lano uvádí tabulka 9,

Tabulka 9: Vliv různých teplot způsobených leštěním (třením) na horolezecké lano (McCartney et al., 2002)

Výsledná teplota [°C]	Stupeň tření	Popis leštění (tření)
230	Lehké	Leštění je sotva viditelné
260	Mírné	Vzorek tkaniny je ještě viditelný, ale oplet se začíná tavit
300	Těžké	Prameny opletu jsou těžko rozpoznatelné
340	Silné	Jádro je viditelné skrz oplet

- mechanický ořez při dotyku se skálou, hranami a výstupky,
- poškozování lana lezeckými pomůckami (blokanty, slaňovací brzdy, karabiny apod.).

Nejvíce snižují pevnost lana na něm uvázané uzly (Procházka 1990).

Tabulka 10: Uzly a jejich relativní pevnost

Uzel	Relativní pevnost [%]
Dračí smyčka	60–70
Vůdcovský uzel	60–70
Osmičkový uzel	65–75
Rybářský uzel jednoduchý	55–65
Rybářský uzel dvojitý	65–75
Očková spojka	55–65
Lodní smyčka v karabině	55–65

100 % představuje lano bez uzlu, rozptyl = rozdílné průměry lana, druhy lana...

3.2.9 Péče o lano

Každé lano, je vyráběno za přísných podmínek systému řízení jakosti a při konečné kontrole nesmí vykazovat jakékoliv vady. I nejlepší lano však může poskytovat optimální provozní vlastnosti pouze v případě, že je správně používáno a pečlivě ošetřováno.

Základní pokyny, jak s lanem zacházet, jsou shrnuty do následujících obecných zásad. Pokud se tyto údaje odlišují od návodu k použití od výrobce, jsou doporučení výrobce nadřazeny.

Rozvinování lana – příprava na první použití

Při výrobě se lana navíjejí na bubny a následně převíjejí na menší cívky a nebo do svazků - vždy podle přání zákazníka a standardů balení. Tím lano získává základní tvarovou paměť. Při prvním použití je nutné lano opět rozvinout, aby nevznikaly smyčky.

Identifikace lana

Po nákupu je vhodné opatřit lano na obou koncích identifikačními štítky se základními údaji o lanu, mezi které patří: název majitele, délka lana v metrech, rok výroby, pořadové číslo lana.

Pro identifikaci je nejlepší štítek z pružné hmoty, na který napíšeme údaje značkovačem na textil. Poté vsuneme štítek pod smršťovací průhlednou fólii (trubičku)

nasazenou na konec lana (délka cca 80mm) a nahřáním horkým vzduchem se fólie zataví, čímž se zabrání jejímu svlečení z konce lana.

Praní a čištění

Nečistoty zhoršují provozní vlastnosti lana i manipulaci s ním. Pokud se lano zašpiní, je možné jej vyprat v teplé vodě do 30 °C ručně ve vaně, nebo využít automatickou pračku (program „vlna“). Občasné praní udržuje dobré vlastnosti pro manipulaci s lanem a prodlužuje jeho životnost. Pro praní jsou nejvhodnější mýdla nebo mýdlové vločky. Lano sušíme ve větraném prostoru volně rozprostřené při pokojové teplotě, mimo sluneční záření a zdroje sálavého tepla. Vysušení lana je velmi důležité a může trvat i více než týden.

Skladování

Lana skladujeme na suchém a tmavém místě bez vlivu chemických výparů, zavěšené na zvláštní popruh nebo smyčku. Nikdy ne za jeden pramen panenky (svazku) Rovněž výrobce nedoporučuje skladování lan v garážích, dílnách a provozech, kde může dojít k jejich poškození výpary z autobaterií, barev a jiných skladovaných chemikálií.

3.2.10 Prohlídka lana

Kromě pravidelného doplňování deníku lana, patří k základním předpokladům správného užívání vizuální a hmatová prohlídka lana, kterou můžeme rozdělit na kontrolu jádra a kontrolu opletu. Lano posouváme sevřenou dlaní a hmatem posuzujeme případné nerovnosti, ztvrdlá místa nebo jiné nepravidelnosti (obrázek 23) .

a) Prohlídka opletu

Základním znakem bezpečného opletu lana je, že ani jedna příze není zcela přetržena nebo prodřena. Pokud je nejméně jedna příze přerušena v celém rozsahu, lano se musí okamžitě vyřadit. Jednotlivé filamenty v přízi mohou být narušené (chlupatost lana). Chlupaté lano není pro použití nebezpečné, nesmí však na žádném místě prosvítat jádro (z důvodů velkého porušení jednotlivých filament). Jestli se na laně objeví skvrna, která se nedá odstranit vypráním ve vlažné vodě, lano se dále nesmí používat.

b) Prohlídka jádra

Nejlépe po každém použití se hmatem prohlédne lano. Najdou-li se na pohmat pod opletem boule, tvrdá místa, nebo naopak místa měkká, či jiné nesrovnalost může se jednat o tato poškození:

- lokální poškození jedné nebo více duší,
- lokální zauzlování jedné nebo více duší,
- v nepravděpodobném případě se může jednat o cizí těleso ve vnitřní struktuře lana

Ani v jednom z těchto případů se nedoporučuje lano pro další použití.

(Fáborský, 2002)

3.2.11 Evropská norma – bezpečnostní požadavky a zkoušení

Pro výrobu lan či jeho zkoušky platí norma EN 892:2004. Evropská norma EN 892:2004 má status české technické normy.

Celé zkoušení vychází z Evropské normy EN 892. Tato evropská norma byla schválena CEN (Comité Européen de Normalisation-Evropská komise pro normalizaci) 1996-06-20.

Členové CEN jsou povinni splnit Vnitřní předpisy CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých se této evropské normě bez jakýchkoli modifikací uděluje status národní normy.

Aktualizované seznamy a bibliografické citace týkající se těchto národních norem lze vyžádat na Řídícím centru nebo u každého člena CEN.

Evropská verze existuje ve třech oficiálních verzích (anglické, francouzské, německé). Verze v každém jiném jazyce přeložená členem CEN do jeho vlastního jazyka, za kterou zodpovídá a kterou notifikuje Řídícímu centru (adresa: rue de Stassart 36, B-1050 Brusel), má stejný status jako oficiální verze.

Členy CEN jsou národní normalizační orgány Belgie, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Irsko, Islandu, Itálie, Kypru, Litvy, Lotyšska, Lucemburska, Maďarska, Malty, Německa, Nizozemska, Norska, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Slovensko, Slovinsko, Spojené království, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko.

Text mezinárodní normy vypracovala Technická komise CEN/TC 136 „Sporty, hrací plochy a ostatní potřeby pro rekreaci“, jejíž sekretariát zajišťuje DIN.

Text vychází z normy B UIAA (Union International des Associations d'Alpinisme), která byla připravena s mezinárodní účastí. Tato norma je součástí souboru norem pro horolezeckou výzbroj.

Evropská norma byla vypracována na základě mandátu uděleného CEN Evropskou komisí a Evropským sdružením volného obchodu, a podporuje základní požadavky směrnice 89/686/EEC.

V souladu s Vnitřními předpisy CEN/CENELEC jsou národní normalizační organizace následujících zemí povinni převzít tuto evropskou normu: Belgie, Česká republika, Dánsko, Estonsko, Finsko, Francie, Irsko, Island, Itálie, Kypr, Litva, Lotyšsko, Lucembursko, Maďarsko, Malta, Německo, Nizozemsko, Norsko, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Slovensko, Slovinsko, Spojené království, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko.

3.2.12 Česká technická norma ČSN EN 892

Norma je českou verzí evropské normy EN 892:2004. Evropská norma EN 892:2004 má status české technické normy.

Předmět normy

Norma stanovuje bezpečnostní požadavky a postup zkoušení dynamických horolezeckých lan (jednoduchá, poloviční a dvojité) typu jádro s opletem, které se používají při horolezectví včetně stěnového lezení.

Citované normy

ISO 6487 Silniční vozidla – Technická měřící při nárazových zkouškách – Přístrojové technika (Road vehicles – Measurement techniques in impact test – Instrumentation)

Definice lan

Pro použití této normy platí následující definice (EN 892):

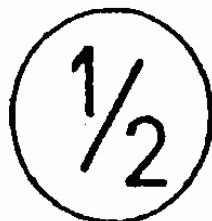
Dynamické horolezecké lano (dynamic mountaineering rope): lano, které je schopno, je-li použito jako součást jistícího řetězce, zachytit volný pád horolezce nebo lezce s mezní rázovou silou.

Jednoduché lano (single rope): dynamické horolezecké lano, které jako součást jistícího řetězce v jednom prameni, je schopno zachytit pád osoby. Značení Obrázek 3.



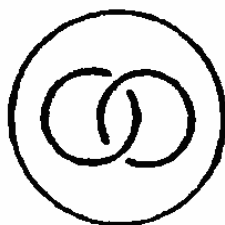
Obrázek 3: Jednoduché lano

Poloviční lano (half rope): dynamické horolezecké lano, které jako součást jistícího řetězce ve dvou pramenech, je schopno zachytit pád osoby. (Obrázek 4)



Obrázek 4: Poloviční lano

Dvojité lano (twin rope): dynamické horolezecké lano, které jako součást jistícího řetězce ve dvou pramenech vedených paralelně, je schopno zachytit pád osoby. (Obrázek 5)



Obrázek 5: Dvojité lano

Lano typu jádra s opletem (kernmantel rope): lano, které se sestává z jádra a opletu.

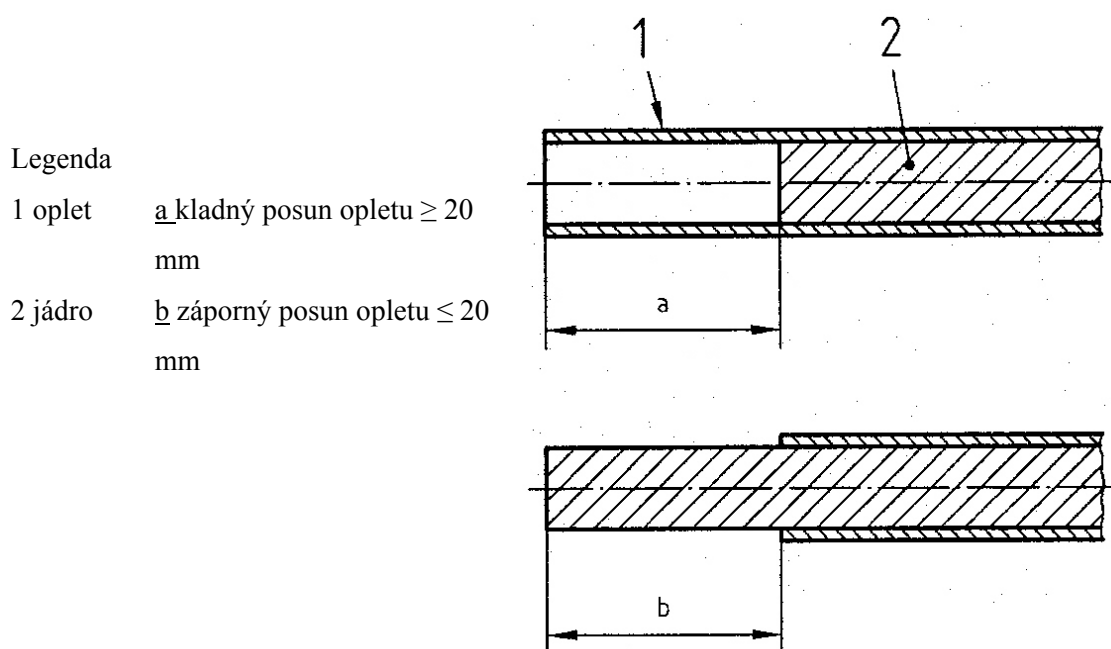
3.2.13 Bezpečnostní požadavky

Konstrukce

Dynamická lana musí být konstrukce jádra s opletem, přičemž jádro musí tvořit nejméně 50% hmotnosti lana. Liší-li se vlastnosti lana podél jeho délky, např. průměr, pevnost, značení, pak musí být zkoušeny vzorky z každého takového úseku. Uvedené informace pak musí odpovídat nejslabšímu úseku lana.

Posun opletu

Při zkoušce podle 3.2.14 nesmí posun opletu proti jádru v podélném směru (a to ani v kladném ani v záporném smyslu) překročit 20 mm (viz. Obrázek 6).



Obrázek 6: Posun opletu

Statický průtah

Při zkoušení podle 3.2.14 nesmí statický průtah překročit:

- 10 % u jednoduchých lan (jeden pramen lana),
- 12 % u polovičních lan (jeden pramen lana),
- 10 % u dvojitých lan (dva prameny lana).

Dynamický průtah

Při zkoušení podle 3.2.14 nesmí při prvním pádu pro žádný zkušební vzorek dynamický průtah překročit 40 %.

Rázová síla v lanu

Při zkoušce podle 3.2.14 nesmí rázová síla v lanu při prvním pádu, překročit:

- 12 kN u jednoduchých lan (jeden pramen lana),
- 8 kN u polovičních lan (jeden pramen lana),
- 12 kN u dvojitých lan (dva prameny lana).

Počet pádů

Při zkoušce podle 3.2.14 musí každý zkušební vzorek lana vydržet bez porušení nejméně 5, u dvojitých lan nejméně 12, po sobě následujících zkušebních pádů.

3.2.14 Zkušební metody

Zkušební vzorky

Zkouší se vzorky těchto délek:

- 40 m pro lano jednoduché a poloviční,
- 80 m nebo 2 x 40 m pro dvojitá lana.

Zkoušky konstrukce, průměru a hmotnosti na jednotce délky se provádějí s nepoužitým zkušební vzorkem.

Zkoušky posunu opletu se provádějí se dvěma nepoužitými zkušebními vzorky délky (2250 ± 10) mm.

Zkoušky stanovení statického průtahu se provádějí se dvěma nepoužitými zkušebními vzorky délky nejméně 1500 mm.

Zkoušky rázové síly se provádějí se třemi zkušebními vzorky délky nejméně 5 m pro lana jednoduchá a poloviční a nejméně 10 m pro dvojitá lana, které se vyřiznou z poskytnutých zkušebních vzorků.

Požadavky a zkušební podmínky

Podmínky pro zkušební vzorky musí odpovídat EN 20139. Zkušební vzorky se suší nejméně 24 h v atmosféře při teplotě (50 ± 5) °C a relativní vlhkosti menší než 10 %. Následně se vzorky ochlazují po dobu 2 h v atmosféře při teplotě (20 ± 2) °C a relativní vlhkosti menší než 65 %. Pak se udržují po dobu nejméně 72 hod v atmosféře při teplotě (20 ± 2) °C a relativní vlhkosti (65 ± 2) %. Pak se tyto vzorky zkouší při teplotě (23 ± 5) °C.

Provedení

- a) Zkušební vzorek se upne za jeden konec a bez rázu zatíží hmotností.
- b) Ve vzdálenosti nejméně 600mm od upnutí působí zatížení bez rázu o hmotnosti:
 - $(10,0 \pm 0,1)$ kg pro jednoduchá lana,
 - $(6,0 \pm 0,1)$ kg pro poloviční lana,
 - $(5,0 \pm 0,1)$ kg pro dvojitá lana,
- c) Po zatížení v trvání 60 ± 5 s se během dalších 1 min na měřeném vzorku označí referenční délka (1000 ± 1) mm. Vzdálenost označení od bodu upnutí nebo upevnění musí být nejméně 50 mm.
- d) Během dalších 3 min se změří průměr ve třech rovinách, od sebe navzájem vzdálených cca 100 mm. Měří se ve dvou navzájem kolmých směrech. Délka stykové plochy měřicího zařízení musí být (50 ± 1) mm. Při měření nesmí být průřez lana nijak deformován.
- e) Označená část zkušebního vzorku se vystřihne a zjistí se jeho hmotnost s přesností 0,1 g.
- f) Ověří se, je-li lano typu jádro s opletem a že je jádro hmotnější než opleť.

Vyjádření výsledků

Výslednou hodnotou je aritmetický průměr ze šesti měření s přesností 0,1 mm. Hodnota hmotnosti na jednotku délky se udává v ktex¹⁰ (Dostálová a Křivánková, 2001) nebo v g.m⁻¹ s přesností 1 g.

Tabulka 11: Jednotky jemnosti délkových textiliích v soustavě tex

Název jednotky	Značka	Rozměr	Použití
kilotex	ktex	kg.km ⁻¹ g.m ⁻¹	kabely, prameny, rouna
tex	tex	g.km ⁻¹	příze, přásty
decitex	dtex	0,1 g.km ⁻¹	vlákna, kabílky, hedvábí, pásy
mitex	mtex	mg.km ⁻¹	vlákna

Posun opletu

Princip

Lano se protahuje zkušebním zařízením znázorněným na obrázku 7, přičemž je pohyb brzděn radiálními silami. Takto vzniklá třecí síla na opletu způsobuje jeho posun po jádře. Velikost posunu se měří.

Příprava zkušebního vzorku

Na každém zkušebním vzorku se na jednom konci zataví k sobě jádro a oplet. Než se uřízne druhý konec správné délky každého ze zkušebních vzorků, obalí se lano v místě budoucího řezu kolmo na osu lana kouskem lepicí pásky. Po připevnění pásky se uřízne ostrým nožem vzorek délky (2250 ± 10) mm a to kolmo k ose lana (viz obrázek 8) tak, aby na zkoušeném vzorku zůstalo (8 ± 3) mm lepicí pásky. Parametry lepicí pásky a metoda jejího použití musí být takové, aby se během zkoušky uříznutý konec opletení vzorku lana co nejméně rozplétal.

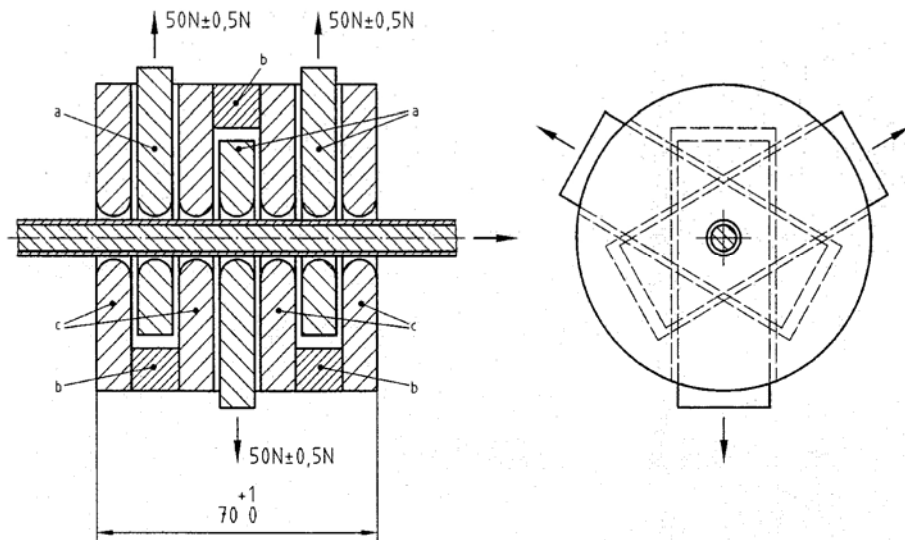
¹⁰ Jemnost délkových textilií vyjadřuje vztah mezi jejich hmotností a délkou. Běžně se jemnost (délková hmotnost, tloušťka) vyjadřuje v jednotkách **tex**, nebo jejich násobcích (ktex) a podílech (dtex, mtex). 1 tex = g.km⁻¹.

Legenda:

a 3 pohyblivé
destičky

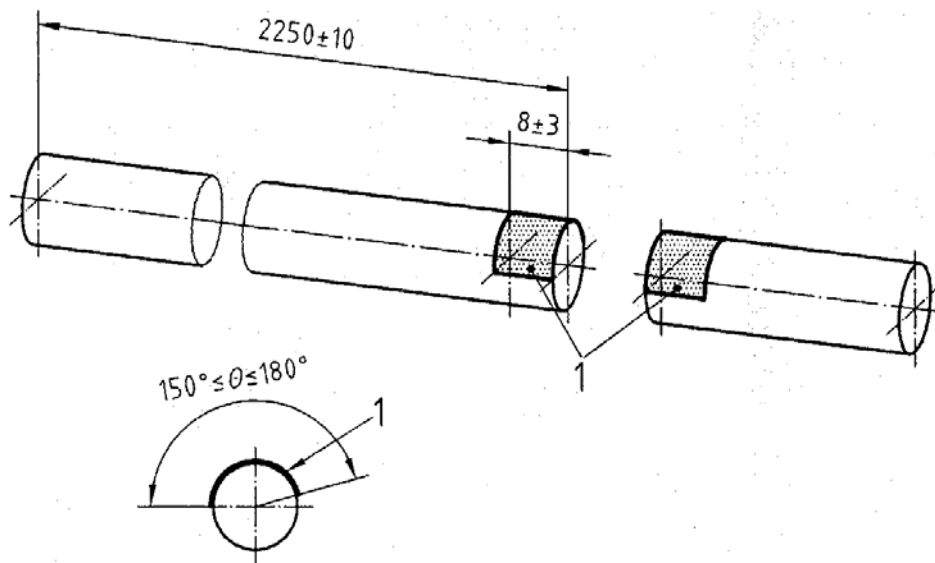
b distanční
vložky

c 4 pevné desky



Obrázek 7: Zařízení ke zkoušení posunu opletu

Rozměry v mm



Obrázek 8: Zkouška posunu opletu – Řezání délky zkušební vzorku

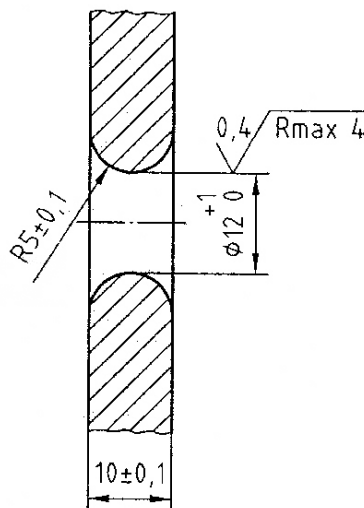
Zkušební zařízení

Zkušební zařízení má rám skládající se ze čtyř ocelových desek, každá o tloušťce 10 mm, které jsou od sebe v rovnoměrných odstupech odděleny třemi distančními vložkami. Tyto distanční vložky vytváří odrážky, ve kterých mohou v radiálním směru klouzat ocelové destičky. Distanční vložky musí být uspořádány tak, aby kluzné pohyby tří ocelových destiček probíhaly pod vzájemným úhlem 120° (viz obrázek 7).

Každá ze sedmi destiček musí mít otvor o průměru 12 mm, vnitřní povrch otvoru musí mít půlkruhový průřez o poloměru 5 mm. Leštěný povrch zaobleného otvoru musí mít:

- střední aritmetická odchylka profilu $R_a = 0,4 \mu\text{m}$,
- drsnost povrchu $R_{\text{max}} = 4 \mu\text{m}$ (Obrázek 9)

Rozměry v mm



Obrázek 9: Řez jednou z destiček

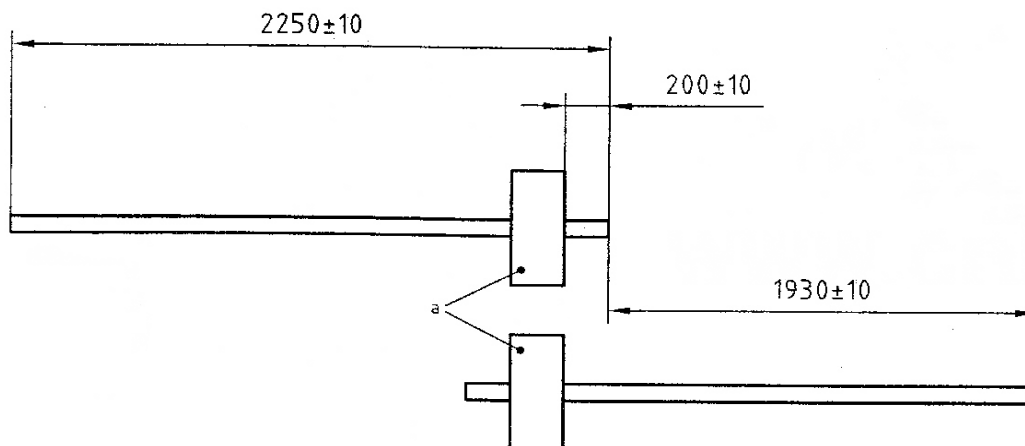
Otvory v pevných deskách a v pohyblivých destičkách musejí v nezátíženém stavu ležet v jedné ose. Každá z pohyblivých destiček musí ve směru svého pohybu přenášet na vzorek radiální sílu $50 \pm 5 \text{ N}$.

Postup

- a) Na začátku zkoušky musí ležet otvory v pohyblivých a pevných destičkách v jedné ose.
- b) Zkušební vzorek se zavede zataveným koncem do zkušebního zařízení a délka $200 \pm 10 \text{ mm}$ se jím protáhne (viz obrázek 10). Je nutné se přesvědčit, že volný nezatavený konec není zatížen a leží vodorovně v přímce.
- c) Na zkušební vzorek se působí každou z pohyblivých destiček silou $50,0 \pm 0,5 \text{ N}$, a vzorek se protáhne v délce $1\,930 \pm 10 \text{ mm}$ zařízením rychlostí $0,5 \pm 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- d) Následně se pohyblivé destičky odlehčí, upraví do původní sousedé polohy a zkušební vzorek se dá do výchozí polohy.
- e) Tento postup se opakuje čtyřikrát. Při poslední zkoušce se vzorek protáhne zařízením úplně.

- f) Po páté zkoušce se změří relativní posun opletu proti jádru na volném konci vzorku (obrázek 6)

Rozměr v mm



Obrázek 10: Poloha zkušební vzorku před a po zkoušce posunu opletu

Vyjádření výsledků

Změřené hodnoty obou zkušebních vzorků se zaokrouhlí na celá čísla a udávají se v mm.

Postup stanovení statického průtahu

Zkouší se:

- jeden pramen jednoduchého lana;
- jeden pramen polovičního lana;
- dva prameny dvojitého lana.

Zkušební vzorek se plynule bez nárazu během zatížení hmotností ($80,0 \pm 0,1$) kg a nechá zatížený po dobu ($3,0 \pm 0,5$) min. Následně se zkušební vzorek odlehčí a nechá ($10,0 \pm 0,5$) min odlehčený.

Zkušební vzorek se plynule bez nárazu během zatížení hmotností ($5,0 \pm 0,5$) min a nechá zatížený (60 ± 5) s.

Zkušební vzorek se opatří dvěma značkami ve vzdálenosti (1000 ± 1)

Zkušební vzorek se znovu plynule bez nárazu zatíží hmotností ($80,0 \pm 0,1$) kg a nechá zatížený (60 ± 5) s.

Na zatíženém zkušebním vzorku se změří vzdálenost l_1 mezi oběma značkami.

Vyjádření výsledků

Průtah se udává v procentech nezatížené délky. Výsledek každého zkušební vzorku se zaokrouhlí na nejbližší 0,1 %.

Zkouška pádem

Zařízení pro zkoušku pádem

Zkušební zařízení musí být provedeno podle obrázků 13, 15, 16, 17 a 18 a musí se v zásadě skládat z upevňovacího bodu, svorky, desky s otvorem, padacího závaží a vodících kolejnic, zařízení k měření rázové síly v laně a zařízení k měření rázového prodloužení lana. Navíc tam musí být zařízení pro měření doby pádu závaží, aby byla kontrola, že volný pád závaží není ovlivňován systémem vedení závaží. Zkušební zařízení musí být dostatečně přesné a pevné, aby bylo možno dosáhnout požadované přesnosti a reprodukovatelnosti výsledků.

Zařízení k měření rázové síly v laně

Zařízení pro měření rázové síly v laně a jeho umístění nejsou blíže předepsány. Výsledky měření se musí rovnat síle, kterou působí lano (lana) na padací závaží.

Vloží-li se měřicí zařízení mezi padací závaží a zařízení pro upevnění lana, musí být dostatečně pevné, aby byly splněny požadavky podle zařízení pro zkoušku pádu b).

Zkušební zařízení k měření a záznamu síly v laně musí odpovídat ISO 6487, třída kanálového kmitočtu (CFC) 30 (viz obrázek 20). Vzorkovací kmitočet musí být aspoň 1 kHz.

Použitý snímač síly nesmí ve své pracovní poloze vykazovat rezonanční kmitočty pod 150 Hz.

Třída kanálové amplitudy (CAC) podle ISO 6487 musí být nejméně 20 kN.

Chyba měření a záznamu síly v laně musí být podle ISO 6487 menší než 1 %.

Zařízení pro měření dynamického prodloužení lana

Zařízení pro měření dynamického prodloužení lana nejsou blíže popsána. Výsledky měření se musí rovnat maximálnímu posunu libovolnému referenčního bodu na padacím závaží během pádu vůči počátečnímu umístění. Počátečním bodem musí být umístěna referenčního bodu v okamžiku, kdy padací závaží visí na konci zkušební vzorku, který je nominálně 2500 mm pod nejnižším bodem otvoru v desce. Maximální prodloužení se musí měřit s přesností ± 5 mm.

Zařízení pro měření času klesání padacího závaží

Musí se zajistit zařízení pro měření času pádu mezi dvěma měřicími body, jež označujeme horní a dolní měřící bod. Umístění horního měřícího bodu musí odpovídat poloze padacího závaží okamžiku, kdy kleslo ze své původní polohy před uvolněním o $(3\,000 \pm 2)$ mm. Umístění dolního měřícího bodu musí být o $(1\,000 \pm 2)$ mm svisle pod horním měřícím bodem. Měřící zařízení není popsáno podrobněji, přesnost však musí být taková, aby bylo možno časový interval mezi minutím horního a dolního měřícího bodu určit v rozsahu $\pm 0,25$ ms.

Postup

- a) Zkušební vzorek se při zkoušce jednoho pramene upevní k padacímu závaží pomocí osmičkového uzlu (viz obrázek 11). Střídavým taháním za oba prameny se uzel ručně dotáhne, vnitřní délka smyčky má rozměr (50 ± 10) mm.
- b) Zkušební vzorek se zatíží statickou silou padacího závaží na dobu (60^{+15}_0) s, pak se nastaví svorka (svorky) tak, aby volná délka lana (lan) od nejnižšího bodu otvoru v desce k bodu upevnění byla (2500 ± 10) mm (viz obrázek 12). Při zkoušce dvou pramenů se hmatem vyzkouší, zda je napětí obou pramenů lana stejné.
- c) Zkušební vzorek se u svěrky označí.
- d) Zkouška pádem se provádí až do splnění podmínek podle 3.2.13, kdy dojde k přetržení lana.

Při prvním pádu se zaznamená rázová síla v laně (lanech) připevněném k padajícímu závaží. Zaznamená se rovněž maximální prodloužení lana během pádu.

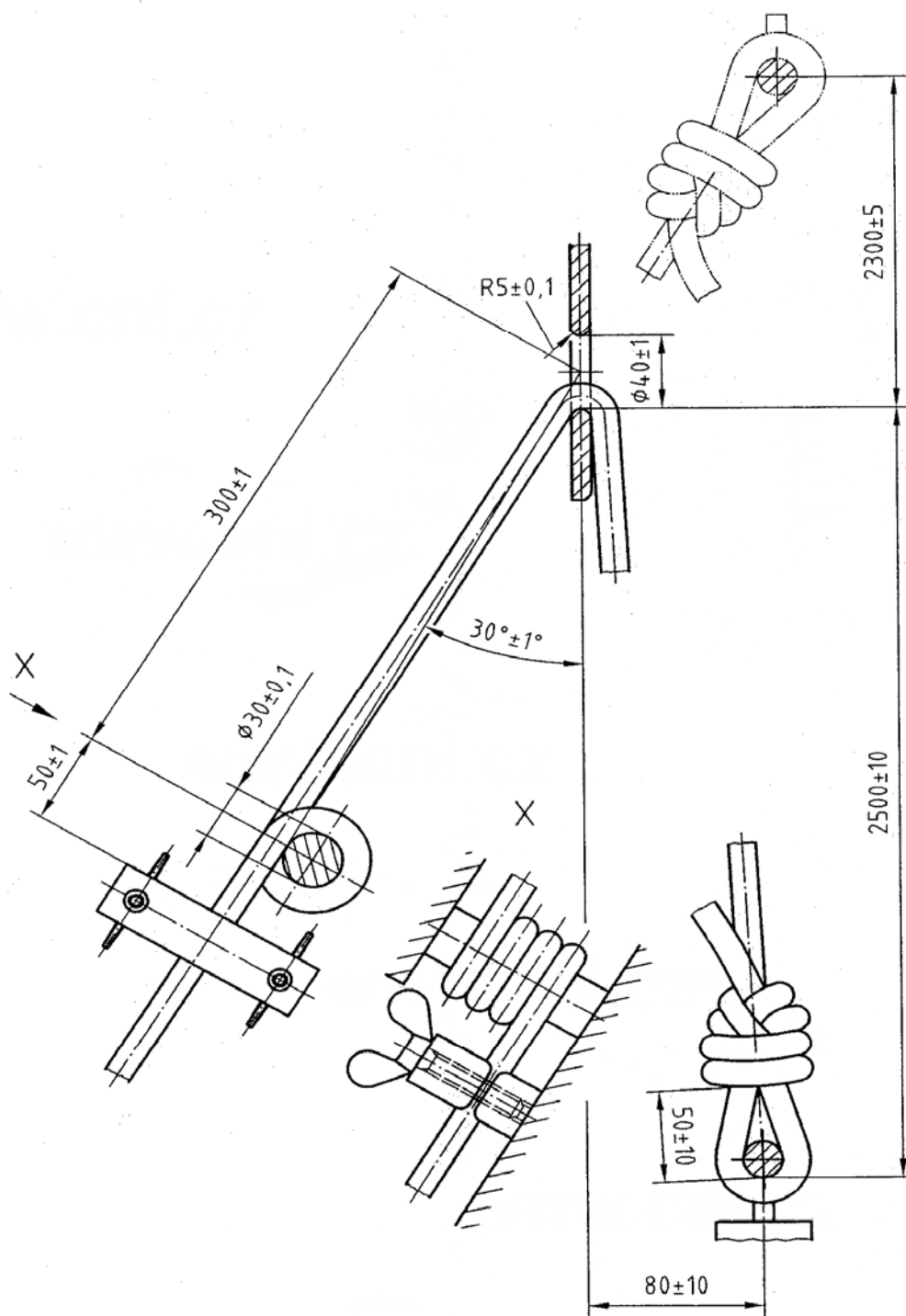
Při každém pádu se zkontroluje, zda se padací závaží nedotklo žádného předmětu, který by mohl absorbovat náraz (kromě případu, kdy se lano přetrhne)

Vyjádření výsledků

Pro každý ověřený zkušební vzorek se zaznamená maximální rázová síla při prvním pádu s přesností 0,1 kN. Pro každý ověřený zkušební vzorek se vypočítá dynamický průtah tak, že maximální prodloužení lana při prvním pádu se vyjádří jako procentuální část z 2800 mm s přesností 1 %. Pro každý ověřený zkušební vzorek se uvede počet pádů bez přetržení.



Obrázek 11: Zobrazení osmičkového uzlu



Obrázek 12: Sestava zařízení pro zkoušení jednoho pramene (poloviční lana, jednoduchá lana)

3.2.15 Informace dodávané výrobcem

Informace musí obsahovat přinejmenším:

- název nebo značku výrobce, dovozce nebo prodejce,
- číslo tohoto dokumentu: EN 892,
- délku lana v metrech,
- průměr lana podle 3.2.14,
- model a typ (jednoduché, poloviční nebo dvojité lano), jak je definované v kapitole 3.2.12,
- hmotnost na jednotku délky lana podle 3.2.14,
- hodnotu statického průtahu ne menší než každá hodnota obdržená v kapitole 3.2.14, a kterou výrobce zaručuje k datu výroby,
- hodnotu dynamického průtahu ne menší než největší hodnota obdržená podle 3.2.14, a kterou výrobce zaručuje k datu výroby,
- hodnotu maximální rázové síly ne menší než největší hodnota obdržená podle 3.2.14, a kterou výrobce zaručuje k datu výroby,
- počet pádů, které lano vydrží bez přetržení, ne větší než největší počet zjištěný podle 3.2.14, a kterou výrobce zaručuje k datu výroby,
- velikost posunu opletu spolu s tolerancí, zaručovanou výrobcem k datu výroby, vyjádřenou v milimetrech na délku 2000 mm,
- význam všech značek na výrobku,
- způsob použití výrobku,
- úroveň ochrany různých tříd výzbroje (např. jednoduché, poloviční, dvojité lano),
- jak vybrat další součásti pro použití v systému,
- jak pečovat o výrobek, o vlivu chemikálií na výrobek, jak dezinfikovat výrobek bez negativního účinku,
- životnost výrobku nebo návod jak ji odhadnout včetně informace, že po tvrdém pádu musí být lano bezodkladně staženo z používání,
- vliv vlhka a zledovatění,
- nebezpečí ostré hrany,
- vliv skladování a stáhnutí podmíněné používáním.

3.2.16 Legislativa pro uvádění osobních ochranných prostředků na trh v EU

I. Účel a obsah

Tento rozbor byl zpracován k datu 1. 5. 2004 za účelem informovat odbornou veřejnost o povinnostech a odpovědnosti výrobců, dovozců a ostatních osob, které uvádějí Osobní Ochranné Prostředky (dále jen OOP) proti pádům z výšky na trh.

II. Seznam zkratk a termínů

- OOP – osobní ochranné prostředky – v našem případě OOP proti pádům z výšky
- EN – evropská norma
- EU, EEG – Evropská Unie
- ISO 9001 – norma složená z požadavků na systém řízení firmy, jejíž dodržování zaručuje splnění požadavků na kvalitu výrobků a spokojenost zákazníků z hlediska kvality a funkčnosti výrobků, dodacích termínů.
- Směrnice Rady 89/686/EEC – směrnice evropské unie upravující uvádění OOP na trh
- Nařízení vlády 21/2003 – nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na OOP (toto nařízení vlády zavádí směrnici 89/686/EEC do českého práva)
- NO (notifikovaná osoba) – instituce oprávněná národním akreditačním ústavem k provádění certifikačních zkoušek a odborného dohledu nad OOP uváděnými na trh.

III. Druhy Osobních Ochranných Prostředků (OOP) proti pádům z výšky

OOP proti pádu lze rozdělit na dvě skupiny:

- a) OOP pro profesionální použití (OOP používané zaměstnanci při práci ve výšce jako pracovní osobní ochranný prostředek)
- b) OOP pro sportovní vyžití (např. horolezectví, speleologie, canyoning...)

Obě skupiny výrobků jsou shodně zařazeny do kategorie OOP proti pádům z výšky, a tedy se na ně vztahuje zákon č. 22/1997 Sb. a k němu vydané Nařízení vlády 21/2003 Sb., které do Českého práva zapracovaly směrnici Rady ES 89/686/EEC.

Přitom je nutno vzít na vědomí, že OOP proti pádům z výšky (úvazy, lana, karabiny, vklíněnce, tlumiče pádu, skoby, cepíny, helmy, kladky, šplhadla, mačky) apod. patří v rámci OOP mezi tzv. "stanovené výrobky 3. kategorie", což znamená, že chrání před nebezpečím smrti.

IV. Zkoušení a ověřování OOP – 3. kategorie

V souvislosti s naším vstupem do EU je naše právní úprava plně harmonizovaná s úpravou EU a proto se uplatňuje jednotný certifikační postup, nezávisle na tom, ve kterém z členských států je výrobek certifikován.

Jelikož nařízení vlády 21/2003 v podstatě kopíruje požadavky směrnice 89/686/EEC, budeme dále pracovat pouze se směrnicí. Před uvedením výrobku na trh je výrobce povinen podrobit OOP následujícímu zkoušení a testování.

Přezkoušení typu notifikovanou osobou

Postup před uvedením na trh probíhá v těchto krocích: ES certifikace (notifikovanou osobou) > vydání ES prohlášení o shodě > umístění CE značky na výrobek.

a) certifikace typu notifikovanou osobou (NO)

Zkoušky typu OOP musí provést v EU oprávněná instituce, tzv. notifikovaná osoba. V souvislosti se vstupem ČR do EU byly české zkušebny (autorizované osoby) zahrnuty mezi evropské NO a bylo jim přiděleno notifikační číslo v rámci EU. NO přezkoumá výrobek z hlediska splnění požadavků směrnice 89/686EEC.

Jako společný rámec požadavků pro posouzení shody se směrnicí slouží EN resp. ČSN EN normy. Zde je nutno upozornit na fakt, že EN normy nejsou na rozdíl od směrnice závazné. Pokud výrobce předloží notifikované osobě relevantní testovací metodu, která lépe odpovídá např. nějakému speciálnímu použití, může NO pro ověření shody s požadavky směrnice použít testovací metodu předloženou výrobcem. V tomto případě nesmí výrobce označit výrobek číslem EN normy. Pozn. Normy EN popisují vlastnosti OOP např. požadavky na pevnost, pružnost, atd. Stanovují zkušební metody, povinný obsah návodu na použití a povinné označování OOP. V procesu tzv. harmonizace právních předpisů jsou EN normy překládány a vydávány pod stejným číslem v jednotlivých členských státech (v ČR jako ČSN EN.).

b) vydání prohlášení o shodě

Po provedení stanovených zkoušek a ověření splnění požadavků směrnice resp. nařízení vlády vystaví zkušebna ES certifikát typu spolu s protokolem o zkoušce. Na jeho základě vydá výrobce ES prohlášení o shodě, určené především pro potřeby inspekčních orgánů.

Pozn. Prohlášení o shodě vydává výrobce pro účely inspekce inspekčními orgány (např. ČOI). Prohlášením o shodě výrobce prohlašuje, že určitý typ výrobku byl před uvedením na trh certifikován příslušnou notifikovanou osobou, splňuje požadavky směrnice 89/686/EEC resp. nařízení vlády 21/2003 a jeho výroba je pod dohledem nezávislého orgánu (bod 2).

c) Umístění značky CE na výrobek

Zároveň s vydáním prohlášení o shodě umístí výrobce na výrobek značku CEXXXX, která je umístěná přímo na výrobku a svým obsahem v podstatě doplňuje ES prohlášení o shodě v papírové formě. Číslo XXXX je identifikačním číslem notifikované osoby, která provádí následný dohled nad kontinuální kvalitou výroby (bod 4.2). Pozn. Pokud tedy na výrobku je umístěna značka, je tento výrobek certifikován a jeho výroba probíhá v kontrolovaném systému. Umístí-li výrobce nebo dovozce na výrobek CE značku neoprávněně, vystavuje se taková osoba sankcím uvedeným v zákoně 71/2000 Sb. §19, tedy pokutě do výše 20 mil Kč. Stejně sankce se vystavují i v případě, že uvede některý ze stanovených výrobků na trh nebo do používání, aniž by před tím vydal ES prohlášení o shodě, nebo je-li ES prohlášení o shodě neúplné, obsahuje-li klamavé údaje atd.

Dohled nad systémem řízení jakosti výroby

U OOP 3. kategorie stanoví směrnice 89/686/EEC následný dohled NO nad dodržováním kontinuální kvality výroby. Zde má výrobce možnost zvolit si mezi: 4.2.1 procedurou označenou jako "11A" – alespoň jednou za rok se provede testování OOP notifikovanou osobou nebo 4.2.2 procedurou "11B" – NO provede nezávislý audit systému řízení jakosti a kontrolu začlenění požadavků Směrnice 89/686/EEC do systému řízení jakosti (dále SŘJ). Pozn. Často bývá považováno za dostatečné, když je systém řízení jakosti výrobce OOP prověřen a certifikován podle normy ISO 9001. K tomu je třeba dodat, že to nestačí. Výrobce musí být prověřen notifikovanou osobou z hlediska začlenění požadavků směrnice 89/686/EEC. ISO certifikát samozřejmě není na škodu, ale v žádném případě není dostatečný pro uplatnění procedury 11B.

V. Odpovědnost za uvádění OOP na trh.

Odpovědnost za uvádění OOP na trh má výrobce nebo dovozce, který uvedl výrobek na trh v EU.

VI. Značka UIAA na výrobku.

UIAA (union internationale des associattes d' alpinisme) je mezinárodní organizace sdružující, jak název napovídá, horolezecké svazy jednotlivých členských zemí. Jedna z jejích tzv. komisí – UIAA Safety Commission vydává soubor UIAA norem. Tyto normy v sobě zahrnují požadavky příslušné EN normy a další nadstavbové požadavky. Jedná se zde o prestižní záležitost, získání UIAA známky není předepsáno žádnou směrnicí či zákonem.

3.3 Cíl, úkoly a hypotézy práce

3.3.1 Cíle práce

Hlavním cílem práce je zjistit vliv různého typu opotřebení na kvalitu lan. Vybraná lana otestovat na přístrojích, které splňují normy UIAA, EN a CE. Výsledné hodnoty porovnat s údaji, které udává výrobce daného typu lana, jež bylo použito k otestování.

Výsledky této práce mohou pomoci výrobcům lan zlepšit a zkvalitnit přípravu horolezeckých lan. Tato práce by měla pomoci pedagogickým pracovníkům a jedincům se zájmem o využití lan, na lanových překážkových drahách, slaňování a jiných aktivitách s lany. Měla by vytvořit náhled na možné poškození lana při lezení a slaňování.

3.3.2 Hlavní úkoly práce

- I. vybrat různé typy lan k testování
- II. seznámit se s mezinárodní normou pro testování dynamických lan a zajistit vhodnou laboratoř, která splňuje podmínky mezinárodní normy UIAA a lana v této laboratoři otestovat
- III. výsledky vyhodnotit a sestavit příslušné závěry

3.3.3 Hypotéza

Při dlouhodobém působení zátěže na lana, dojde ke změně vlastností lan a to především díky opotřebení vlivem tření. Největší vliv na tření bude mít použitá jistící pomůcka, průběžné postupové jištění a vratný bod. Použitím různých druhů lan by mělo docházet k rozdílným velikostem opotřebení lan. Lana by měla být zkoušena na trhacím zařízení. Zde by mělo dojít ke snížení hodnot počtu pádů, které uvádí výrobce k novému lanu.

Dále mezi sebou budeme porovnávat lezení v pozici prvolezce oproti slaňování. Zde očekáváme shodné výsledky, které budou ustanoveny opět na základě snížení počtu normovaných pádů, které udává výrobce k novému lanu

3.3.4 Rozsah platnosti

Výsledky této práce lze aplikovat pouze na konkrétní typy lan s konkrétní jistící pomůckou, která byla použita k testování, proto nelze zobecňovat výsledky pro ostatní typy lan a jistící pomůcky. Dále lze vztahovat výsledky práce pouze na vnitřní prostory horolezecké stěny, kde můžeme vyloučit vliv opotřebení vzhledem k povětrnostním podmínkám.

4 VÝZKUMNÁ METODOLOGIE

4.1 Metodologie výzkumu

Jako výzkumnou metodu jsme použili experiment. Podstatným znakem experimentu je, že výzkumník záměrně volí různé podmínky a zkoumá, jaké změny nastaly u jedné nebo více skupin pokusných jednotek. Změna podmínek spočívá např. v provedení určité intervence nebo ošetření. Výzkumník sleduje různé hodnoty nezávisle proměnných, jejichž hodnoty záměrně volí, ovlivňují cílovou sledovanou proměnnou (závisle proměnnou). Statistickými metodami posuzujeme, zda odchylky mezi skupinami vznikly v důsledky náhody, nebo ne. (Hendl, 1999)

V experimentu se podle Průchy (1995) můžeme setkat:

- nezávisle proměnná, tj. faktor, který je dán vlastnostmi zkoumaného objektu samého (různé druhy lan – rozdílné průměry, odlišnost povrchové úpravy lan),
- závisle proměnná, tj. důsledek působení daného faktoru (snížení počtu normovaných pádů),
- intervenující proměnná, tj., podmínka (podmínky), které mění jednoznačný kauzální vztah mezi nezávisle a závisle proměnnou. Aby bylo možné výsledky experimentu vyhodnocovat, provádí se srovnání dvou skupin subjektů:
- experimentální skupina, tj. skupina subjektů, která je ovlivněna záměrně zavedeným experimentem

kontrolní skupina, tj. skupina subjektů, která není ovlivněna experimentem (data udávaná výrobcem k novému lanu). Výkony experimentální a kontrolní skupiny se porovnávají a s rozdíly mezi výkony se usuzuje na efekty experimentu.

4.2 Zkoumaný výběr

K testování bylo použito 13 vzorků lan, která byla poskytnuta od českých i zahraničních výrobců lan. Z jejich aktuální nabídky lan, proběhlo vybrání konkrétních vzorků.

Lana byla vybrána podle těchto kritérií:

- nejpoužívanějších průměrů lan
- nejpoužívanějších typů lan

- srovnatelných typů lan
- Účelu použití

Obecně se tedy jednalo o nejpoužívanější typy a průměry lan, které jsou převážně určeny do prostoru umělých horolezeckých stěn a jejich typy jsou srovnatelné. Lana nebyla podrobena povrchové úpravě opletu, proti vnikání vody a vlhkosti. Výrobce lan, který poskytl své vzorky a opotřebená lana opět otestoval, si vyhrazuje právo rozhodnout o zveřejnění výsledných dat ke konkrétním vzorkům. K tomuto rozhodnutí bohužel nedošlo, proto jsou výsledky testovaných lan pojaty velmi obecně.

Lana tedy můžeme rozdělit do skupin pouze podle průměru, konkrétně podle počtu duší z kterého je jádro stáčeno, kdy 2 lana (vzorek č.1 a 2) byly průměru 9,7 mm (9 duší v jádru), 3 lana (vzorky č. 3, 4, 5) byly průměru 10 mm (11 duší v jádru), 5 lan (vzorky č. 6-10) bylo průměru 10,5 mm (12duší v jádru) a 2 lana (vzorky č. 11 a 12) byly průměru 10,7 mm (13 duší v jádru). Samostatným vzorkem č. 13 bylo lano s jádrem pleteným o průměru 10, 3 mm.

4.3 Měřicí procedury a metody sběru dat

Vzorky lan byly rozděleny na dvě hlavní skupiny podle způsobu testování, první skupinu tvořily vzorky číslo 1-10, která byla testována lezením v pozici prvolezce. Druhou skupinu lan, tvořily vzorky s číslem 11-13 a toto lana byla testována při slaňování. Výška horolezecké stěny byla 12m (horolezecká stěna Ruzyně, Cibulka).

Při lezení v pozici prvolezce se lano provlékalo průběžným postupovým jištěním, na konci každé cesty byla oválná karabina, která zde tvořila vratný bod. Lezec se snažil lézt bez pádu a odsednutí do lana. Po vylezení cesty byl lezec spuštěn zpět na zem. Spouštění probíhalo plynulým pohybem s přiměřenou rychlostí, aby nedocházelo k nadměrnému opotřebení lana. K jištění se používal kyblík, nazývaný též ATC (Air Traffic Controller) podle prvního výrobku tohoto druhu na trhu, nebo ATC Guide založený na stejném principu (obrázek 22). Lano bylo podrobno testování pouze na jednom konci, druhý konec lana byl jasně označen, aby nemohlo dojít k záměně.

Lana určená pro slaňování (vzorky č. 11-13) byla testována opět s jističí pomůckou kyblík (ATC). Slaňování probíhalo na dvojitém laně. Slaňující byl jištěn jističem ze země , který případným zatažením za volný konec lana slaňujícího zastavil.

Slaňování probíhalo přiměřenou rychlostí, aby se omezilo nadměrné zahřívání slaňovací pomůcky.

Všechna lana byla po lezení či slaňování „vyzvoněna“ a smotána do panenky (obrázek 21). Zacházení s lanem se řídilo pokyny od výrobce k novému lanu. Ke každému lanu byl veden deník lana (obrázek 23), do kterého se uvádělo: datum lezení či slaňování, nalezené či naslaňované metry, počet pádů do lana a případné mimořádné situace, které mohly mít vliv na výsledek experimentu. Na lezení a slaňování se podílelo 8 lezců, jejichž průměrná hmotnost činila 78 kg.

Po ukončení testování byla lana odeslána do laboratorní zkušebny Lanex v Bolaticích. Vzorky zde byly testovány na trhacím zařízení interní laboratorní zkušebny Lanex. Testování proběhlo podle EN 892. (viz Česká technická norma ČSN EN 892)

4.4 Analýza dat

Analýza dokumentů pracuje jak s dokumenty, tak i s veškerým předmětným svědectvím. Typickým znakem interpretačního procesu je intenzivní, osobní zpracování dokumentů, které se hodnotí, interpretuje v jeho úplnosti a jedinečnosti (Hendl, 1999).

Pro analýzu dat jsme zvolili deskriptivní statistiku, která zaručuje podle Ferjenčík (2000) dvě základní roviny:

- systematické a přehledné utřídění dat,
- slouží k vyvozování smysluplných zveřejnění.

Popisná (deskriptivní) statistika se zabývá uspořádáním souborů, jejich popisem a účelnou sumarizací (Zvárová, 1998).

Pro přehlednost a jednoduchou interpretaci dat jsme zvolili numerickou charakteristiku souborů dat, což zaručuje jednoduchý náhled na všechny zkoumané komponenty jak v celku, tak jednotlivě. Interpretaci doplňujeme grafickou charakteristikou souborů dat, spíše pro přehlednost a získání obecnějšího rozhledu v dané problematice.

Pro výzkum budou důležité veličiny, jejichž definice jsou notoricky známé, a proto se jim nebudeme dále věnovat. Jedná se o tyto konkrétní veličiny: maximum, minimum, aritmetický průměr, medián a směrodatná odchylka, kterým se shodně věnují autoři Ferjenčík (2000) i Zvárová (1998)

5 VÝSLEDKY

5.1 Plán výzkumu

Základem bylo navázání kontaktu s českými i zahraničními výrobci lan, kteří patří mezi hlavní prodejce lan v České republice. Oslovení byli seznámeni s cíli práce požádání o materiální podporu. Z jejich aktuální nabídky proběhlo vybrání konkrétních vzorků.

Vzorky lan byly testovány pouze na jednom konci, druhý konec lana byl zřetelně označen páskou se symbolem, který označoval číslo vzorku a způsob jakým bude lano testováno.

Zahájení experimentu začalo 15.2. 2008, kdy byla lana rozdělena mezi lezce, kteří se na testování podíleli. Experiment byl ukončen po otestování na požadovanou úroveň 8.5. 2008, tedy po necelých 3 měsících od zahájení testování lan. Poté byla lana poslána do firmy Lanex se sídlem v Bolaticích, kde byly vzorky testovány na trhacím zařízení laboratorní zkušebny, podle EN 892.

5.2 Popis dat

Vzhledem k rozhodnutí výrobce lan, který si nepřál zveřejnit konkrétní výsledky k danému typu lan, jsme nuceni vycházet z požadavků, dané normou (EN 892) pro nové lano, oproti údajům udávaným výrobcem ke svému konkrétnímu lanu.

Tabulka 12: Hodnoty naměřené pro vzorek č. 1

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
1.	0,5	1,2	7,3	2	hrana	9 duší	9,7

Vzorek č.1, bylo lano průměru 9,7 mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano.

Tabulka 13: Hodnoty naměřené pro vzorek č.2

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
2.	0,5	1,2	7,1	1	hrana	9 duší	9,7

Vzorek č. 2, bylo lano průměru 9,7 mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů se snížil o 4 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano.

Tabulka 14: Hodnoty naměřené pro vzorek č.3

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
3.	0,6	1,4	12,0	0	Hrana	11 duší	10

Vzorek č.3, bylo lano průměru 10mm testované při lezení v pozici prvolezce. Lano nezachytilo jediný normovaný pád a velikost rázové síly se rovnala hodnotě, kterou udává výrobce pro nové lano. Tento vzorek lana vykazoval největší známky opotřebení, proti hodnotám, které požaduje norma pro nové lano.

Tabulka 15: Hodnoty naměřené pro vzorek č.4

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
4.	0,6	1,4	7,7	2	Uzel	11 duší	10

Vzorek č.4, bylo lano průměru 10mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano. K přetrhnutí lana došlo v uzlu.

Tabulka 16: Hodnoty naměřené pro vzorek č.5

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
5.	0,6	1,3	8,0	2	Hrana	11 duší	10

Vzorek č. 5, bylo lano průměru 10mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano.

Tabulka 17: Hodnoty naměřené pro vzorek č.6

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
6.	0,6	1,4	8,4	2	Hrana	12 duší	10,5

Vzorek č. 6, bylo lano průměru 10,5 mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano.

Tabulka 18: Hodnoty naměřené pro vzorek č.7

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
7.	0,5	1,4	7,9	2	Hrana	12 duší	10,5

Vzorek č. 7, bylo lano průměru 10,5 mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano. Rozdíl v uzlovatelnosti zde dosahuje nejvyšší hodnoty 0,9 ze všech testovaných vzorků.

Tabulka 19: Hodnoty naměřené pro vzorek č.8

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
8.	0,7	1,2	8,2	2	Hrana	12 duší	10,5

Vzorek č. 8, bylo lano průměru 10,5 mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano.

Tabulka 20: Hodnoty naměřené pro vzorek č.9

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana
9.	0,8	1,4	7,9	4	Hrana	12 duší	10,5

Vzorek č. 9, bylo lano průměru 10,5 mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů se snížil o 1 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano.

Tabulka 21: Hodnoty naměřené pro vzorek č.10

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
10.	0,6	1,3	7,3	7	Hrana	Pl.duše	10,3

Vzorek č. 10, bylo lano průměru 10,3 mm testované při lezení v pozici prvolezce. Počet normovaných pádů převyšoval požadavky normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano. Toto lano vykazovalo nejmenší známky opotřebení. Od ostatních vzorků lan se liší konstrukcí jádra, které je pletené.

Tabulka 22: Hodnoty naměřené pro vzorek č.11

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
11.	0,6	0,9	8,2	2	Hrana	12 duší	10,5

Vzorek č. 11, bylo lano průměru 10,5 mm testované při slaňování. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano.

Tabulka 23: Hodnoty naměřené pro vzorek č.12

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
12.	0,8	1,4	8,0	2	Hrana	13 duší	10,7

Vzorek č. 12, bylo lano průměru 10,7 mm testované při slaňování. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové lano.

Tabulka 24: Hodnoty naměřené pro vzorek č.13

Číslo vzorku	Uzlovat. měkká	Uzlovat. tvrdá	Rázová síla(kN)	Počet zachycených pádů	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana(mm)
13.	0,7	1,3	7,6	3	Uzel	13 duší	10,7

Vzorek č. 13, bylo lano průměru 10,7 mm testované při slaňování. Počet normovaných pádů se snížil o 2 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové.

Vzorek č. 12, bylo lano průměru 10,7 mm testované při slaňování. Počet normovaných pádů se snížil o 3 proti požadavkům normy pro nové lano. Velikost rázové síly nepřekročila hodnotu, kterou udává norma pro nové.

5.3 Souhrn

Při porovnání všech lan nastal největší pokles u vzorku č. 3, jehož průměr byl 10 mm a bylo používáno při lezení v pozici prvolezce. Lano nezachytilo jediný normovaný pád a velikost rázové síly se rovnala požadavkům normy pro nové lano. Nejlepších výsledků v porovnání s ostatními lany dosáhl vzorek č. 10, jehož průměr byl 10,3mm a který se lišil konstrukcí jádra. Počet zachycených pádů tohoto lana převyšoval hodnoty stanovené normou pro nové lano. Uzlovatelnost lana, vyjadřující míru jeho ohebnosti vyšla nejlépe na vzorku č. 11 průměru 10,5mm. Rozdíly v uzlovatelnosti, byly u ostatních vzorků zanedbatelné a dosahovaly podobné úrovně.

Při porovnávání lan stejných průměrů ve vztahu k počtu zachycených pádů, nelze vyjádřit výrazné rozdíly. Průměr lana nemá zásadní vliv na počet zachycených pádů. Vzhledem k tomu, že nevíme počet zachycených pádů ke konkrétnímu vzorku nového lana, jsou výsledky velmi obecné.

Celkový pokles počtu normovaných pádů všech 13 vzorků dosahoval 55%. Tento údaj, vychází z počtu zachycených normovaných pádů opotřebovaných lan, oproti hodnotám, které jsou požadovány normou pro nové lano. Výsledky nabývaly hodnot 0-100%. Požadavek normy pro nové lano činí 5 zachycených normovaných pádů.

Tabulka 25: Souhrnné hodnoty všech 13 testovaných vzorků

Č. vzorku.	Uzlovat. měkká *	Uzlovat. tvrdá **	Rázová síla (kN)	Počet pádů ***	Pokles pádů **** (%)	Místo přetrhu	poznámka	Průměr lana (mm)
1.	0,5	1,2	7,3	2	60	hrana	9 duší	9,7
2.	0,5	1,2	7,1	1	80	hrana	9 duší	9,7
3.	0,6	1,4	12,0	0	100	Hrana	11 duší	10
4.	0,6	1,4	7,7	2	60	Uzel	11 duší	10
5.	0,6	1,3	8,0	2	60	Hrana	11 duší	10
6.	0,6	1,4	8,4	2	60	Hrana	12 duší	10,5
7.	0,5	1,4	7,9	2	60	Hrana	12 duší	10,5
8.	0,7	1,2	8,2	2	60	Hrana	12 duší	10,5
9.	0,8	1,4	7,9	4	20	Hrana	12 duší	10,5
10.	0,6	1,3	7,3	7	0	Hrana	Pl.duše	10,3
11.	0,6	0,9	8,2	2	60	Hrana	12 duší	10,5
12.	0,8	1,4	8,0	2	60	Hrana	13 duší	10,7
13.	0,7	1,3	7,6	3	40	Uzel	13 duší	10,7

* hodnota naměřená na neopotřebovaném konci

**hodnota naměřená na opotřebovaném konci

***počet normovaných pádů zachycených lanem

****pokles pádů oproti normě, požadované pro nové lano vyjádřený v procentech (požadavek normy je 5 norm.pádů

6 DISKUZE

Vzhledem k respektování požadavku výrobce lan o nezveřejnění výsledků ke konkrétním vzorkům, nelze mezi sebou lana dostatečně porovnávat. Oproti původně zamýšlenému plánu, který byl porovnávat výsledky testovaných lan s údaji, které udává výrobce pro nové lano. Jsme nuceni vycházet z hodnot, které jsou požadovány normou pro nové lano. Tímto se pro nás staly výsledky více obecné.

Z výsledků je patrné, že rozdíl mezi testovanými lany v pozici prvolezce a při slaňování není výrazný. Tímto se potvrdily výsledky práce zabývající se vlivem různých druhů lezení na životnost lana (Kujínek, 2007). Při porovnání výsledků s touto prací, však došlo k výrazně většímu opotřebení, při stejném počtu odlezených metrů. Tyto závěry jsou ustanoveny na základě poklesu zachycených normovaných pádů. Ze změn dalších parametrů lan nelze usuzovat na míru opotřebení.

K největšímu poklesu zachycených normovaných pádů došlo u vzorku č. 3 s průměrem 10mm a to na minimální hodnotu, kdy lano po 1000 m lezení v pozici prvolezce nevydrželo ani jeden normovaný pád. Před testováním jsme neočekávali tak vysokou míru opotřebení. Další vzorky lan, vykazovaly také vysokou míru opotřebení a je velice pravděpodobné, že po odlezení dalších 1000m, by už většina lan nedokázala zachytit žádný normovaný pád.

Celkový pokles zachycených pádů všech 13 vzorků, dosahoval hodnoty 55%. Tento údaj, vychází z počtu zachycených pádů opotřebovaného lana, oproti počtu zachycených pádů, které jsou požadovány normou pro nové lano. Výsledky nabývaly hodnot 0-100%. Při sledování poklesu normovaných pádů, oproti hodnotám, které udává výrobce pro nové lano, by s největší pravděpodobností došlo k větší míře opotřebení než 55%. Pokud by lano zachytilo např. jenom jeden normovaný pád, nemůže se v praxi přetrhnout (kromě zatížení přes ostrou hranu). (Schubert, 2002). Podle tohoto tvrzení, nedošlo k lezení na hranici bezpečnosti.

Podle doporučené životnosti lan udávané výrobcem (Lanex), je při pravidelném, téměř denním používání, stanovena jeho životnost do jednoho roku. Tato hodnota je pouze orientační. V našem případě bylo lano testováno vysokou intenzitou po dobu 3 měsíců, při pokračování tohoto procesu, by bylo vhodné lano vyřadit do 9 měsíců. Je nutné podotknout, že v našem případě bylo lano testované pouze na jednom konci.

Z toho vyplývá, že při střídání konců lan při lezení, dojde k rozložení opotřebenění na celé lano a tím i zvýšení životnosti lana.

Firma Elderid udávala poměr v opotřebenění lan 1 : 5 : 10 (klasické lezení : slaňování : lezení v pozici top rope) Při porovnání pouze klasického lezení proti slaňování se naše výsledky neshodují – v našem případě se velikost lezení v pozici prvolezce rovnala opotřebenění při slaňování.

Neshodnost výsledků je zde odůvodněna tím, že firma Elderit při klasickém způsobu lezení v pozici prvolezce, nespouští lezce zpět na zem. Lezec vybuduje fixní stanoviště a odjistí lezce, který následuje. V našem experimentu, při lezení v pozici prvolezce, byl lezec spuštěn opět na zem, to je charakteristické pro lezení na umělé horolezecké stěně. Došlo tedy oproti klasickému lezení, jak ho použila firma Elderit, k opotřebenění vlivem vratné karabiny. Díky tomu došlo k velice výraznému opotřebenění lana.

Opotřebenění slaňováním nebylo zdaleka tak výrazné, jak uvádí firma Elderit. Výsledek opotřebenění se přibližoval výsledkům z šetření P. Schuberta (Schubert, 2002) a T. Kujínka (Kujínek, 2007) na laně o stejných naslňovaných metrech.

Bezpečnostní sekce DAV zkoumala opotřebenění lan při slaňování. Při tomto testu došla k závěru, že míru opotřebenění lana lze snížit pozvolným slaňováním přiměřenou rychlostí a rychlým vyjímáním slaňovací pomůcky z lana.

Jako nejvíce kritická místa, která způsobují největší pokles zachycených normovaných pádů, jsou jistící pomůcky typu „kyblík“, kde dochází k největšímu ohybu a k nahromadění opletu. Také ohyb na vratné karabině je další kritické místo. Na pokles zachycených normovaných pádů může mít také vliv rozmístění postupového jištění a profil horolezecké stěny.

7 ZÁVĚR

Záměrem diplomové práce bylo vytvořit náhled na opotřebení různých průměrů lan vlivem jisticí pomůcky a dále porovnat opotřebení lan při lezení v pozici prvolezce a slaňování. Rozdíl v opotřebení lan při lezení v pozici prvolezce a při slaňování byl zanedbatelný a tím se potvrdily naše hypotézy. Tyto závěry jsou ustanoveny na základě poklesu zachycených normovaných pádů. Ze změn dalších parametrů lan nelze usuzovat na míru opotřebení.

Vzhledem k požadavku výrobce nezveřejnit konkrétní vzorky testovaných lan, jsme byli nuceni vycházet pouze z hodnot požadovaných normou pro nové lano. Tímto jsou výsledné hodnoty velmi obecné a nelze porovnat jednotlivé výrobce lan mezi sebou. Původním cílem práce bylo, porovnat výsledné hodnoty s údaji výrobce pro nové lano. Testování lan proběhlo na interním trhacím zařízení firmy Lanex

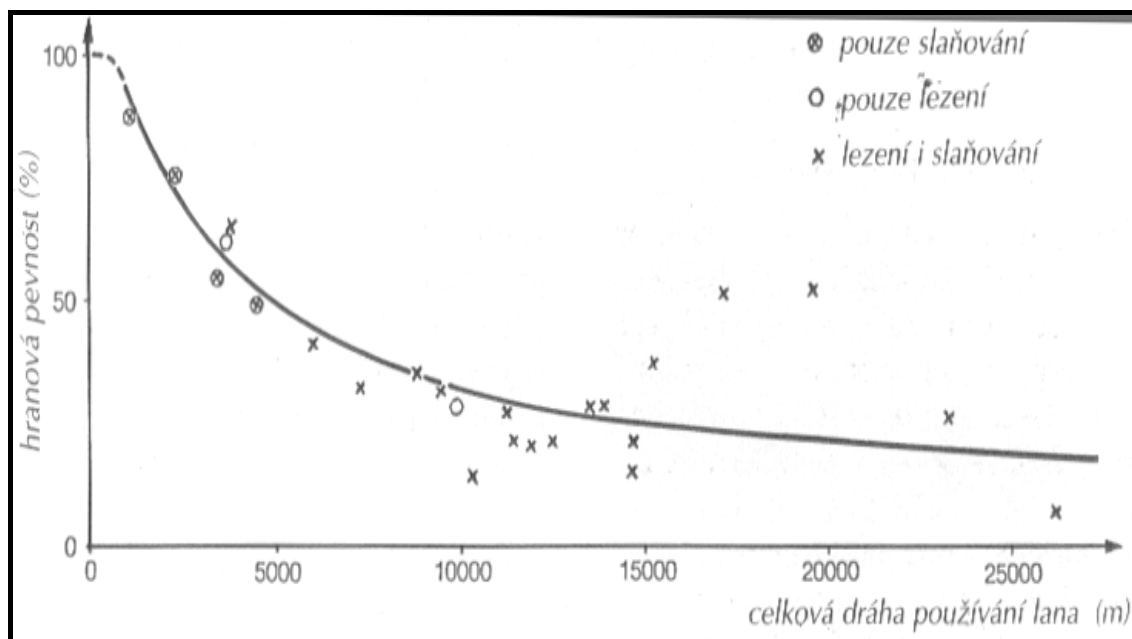
Celkový pokles zachycených pádů všech 13 vzorků, dosahoval hodnoty 55%. Tento údaj, vychází z počtu zachycených pádů opotřebovaného lana, oproti počtu zachycených pádů, které jsou požadovány normou pro nové lano. Celkově došlo k větší míře opotřebení, než jsme očekávali. Například vzorek č. 3, testovaný při lezení v pozici prvolezce průměru 10 mm, dokonce nezachytil ani jeden normovaný pád. Nejlepších výsledků, podle počtu zachycených pádů dosáhl vzorek č.10, testovaný při lezení v pozici prvolezce, který byl jako jediný s pleteným jádrem.

Při lezení nebo slaňování samozřejmě dochází k opotřebování lan. A to vlivem tření, ohybem lana, hromaděním opletu či působením tepla vznikajícího při tření. Je to způsobeno buď jisticí pomůckou, nebo vratným bodem používaným při lezení a jištění. K poškození lana může dojít celou řadou vlivů, které jsou popsány v textu.

Výsledky napomůžou uživatelům optimálně tyto lana používat a starat se o ně. Zanedbatelné není ani to, že si většina uživatelů uvědomí náchylnost lan a jejich lehkou zničitelnost.

Další směr, kterým bychom se mohli dále zabývat, je přiblížení testování k laboratorním podmínkám a jeho aplikování do praxe. Tímto bychom mohli dosáhnout více validní a objektivní výsledky. V průběhu našeho testování např. docházelo ke změnám profilu lezeckých cest, které mohou mít vliv na zatížení vratného bodu. Testováním všech vzorků na jediném profilu horolezecké stěny se stejným počtem postupových jištění, se mohou výsledky více konkretizovat.

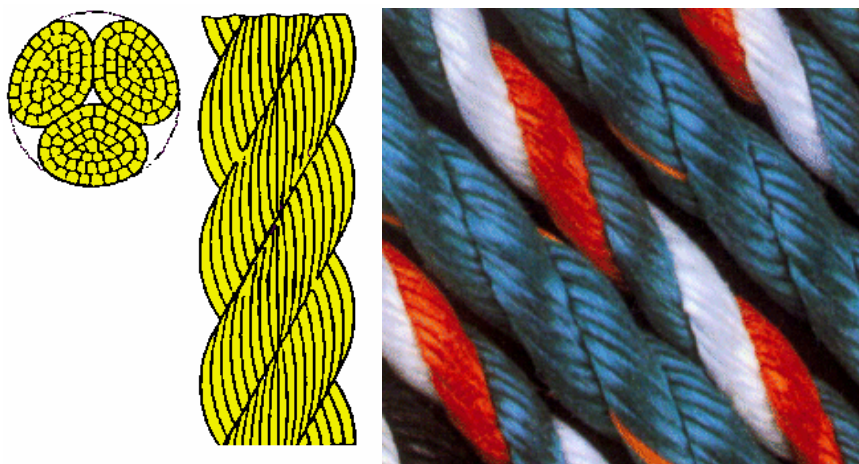
8 PŘÍLOHY



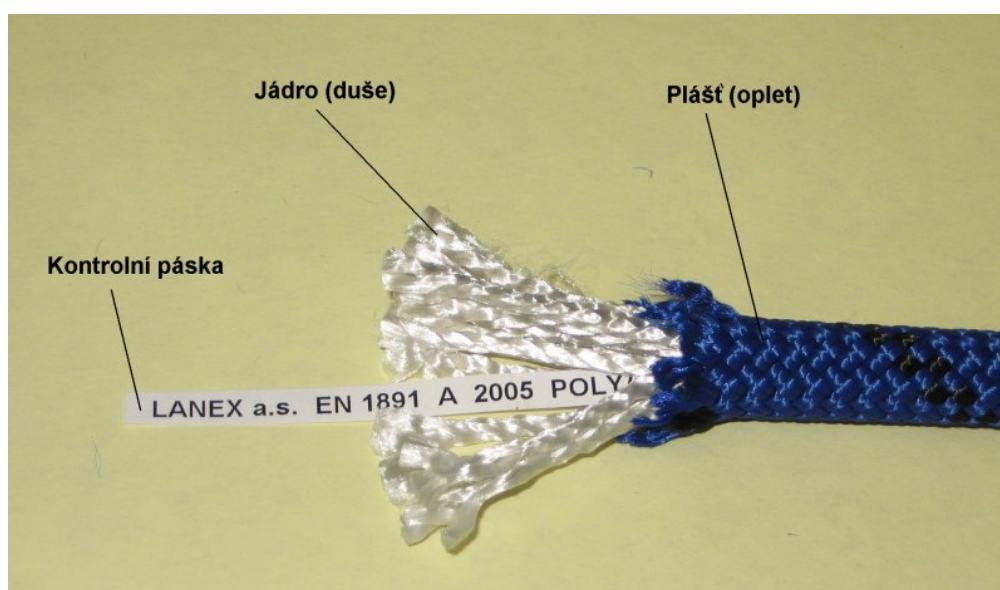
Obrázek 13: Zkoušky opotřebení horolezeckých lan (Schubert, 1997)



Obrázek 14: SBS systém a Systém tandem



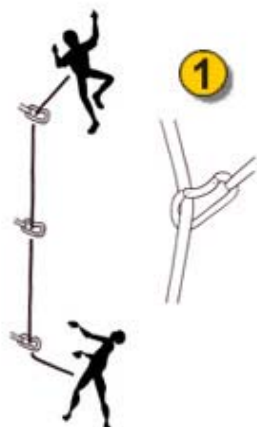
Obrázek 15: Stáčená lana



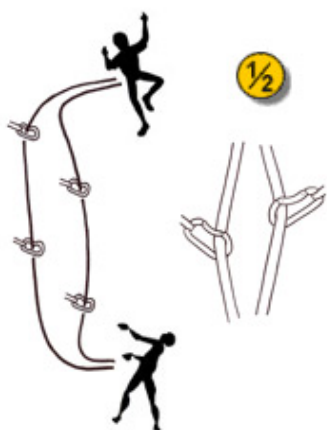
Obrázek 16: Kontrolní páska uvnitř lana



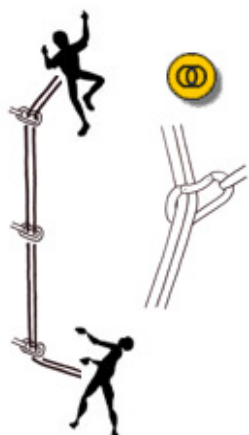
Obrázek 17: Kontrolní nit uvnitř lana



Obrázek 18: Příklad použití jednoduchého lana



Obrázek 19: Příklad použití polovičního lana



Obrázek 20: Příklad použití dvojitého lana



Obrázek 21: Jednoduché lano smotané do „panenky“



Obrázek 22: Jištění prvolezce s jistící pomůckou ATC Guide

Tabulka 26: Ukázka deníku lana (vzorek č.1)

Datum	Metry nastoupané	Metry slaněné	Pády do lana	Mimořádné události
30.3. 2008	140			
2.4. 2008	120			
5.4. 2008	140			
9.4. 2008	160			
12.4. 2008	90			
15.4. 2008	120			
17.4. 2008	100			
20.4. 2008	130			

Tabulka 27: Ukázka deníku lana (vzorek č.2)

Datum	Metry nastoupané	Metry slaněné	Pády do lana	Mimořádné události
4.4. 2008	120			
6.4. 2008	140			
9.4. 2008	100			
11.4. 2008	140			
13.4. 2008	130			
15.4. 2008	130			
17.4. 2008	100			
19.4. 2008	140			

Tabulka 28: Ukázka deníku lana (vzorek č.3)

Datum	Metry nastoupané	Metry slaněné	Pády do lana	Mimořádné události
10.4. 2008	100			
12.4. 2008	140			
16.4. 2008	120			
20.4. 2008	140			
25.4. 2008	130			
2.5. 2008	120			
5.5. 2008	140			
8.5. 2008	110			

Tabulka 29: Požadavky normy EN 892 (Dynamická horolezecká lana)

Sledovaný parametr	Předepsané hodnoty		
	Jednoduché lano	Poloviční lano	Dvojitě lano
Průměr lana	Není definován	Není definován	Není definován
Hmotnost lana	Není definována	Není definována	Není definována
Posuv opletu	±20 mm	±20 mm	±20 mm
Statický průtah	10 % *	12 % *	10 % **
Dynamický průtah	40 % ⁺	40 % ⁺⁺	40 % ⁺⁺⁺
F _{max} při prvním pádu	12 kN ⁺	8 kN ⁺⁺	12 kN ⁺⁺⁺
Počet pádů	Min. 5 ⁺	Min. 5 ⁺⁺	Min. 12 ⁺⁺⁺

* testován jeden pramen lana

** testovány dva prameny lana

⁺ testován jeden pramen lana, závaží 80 kg⁺⁺ testován jeden pramen lana, závaží 55 kg⁺⁺⁺ testovány dva prameny lana, závaží 80 kg**Tabulka 30:** Požadavky normy EN 1891 (Nízkoprůtažná textilní lana s opláštěným jádrem)

Sledovaný parametr	Předepsané hodnoty	
	Typ lana A	Typ lana B
Průměr lana	8,5 – 16,0 mm	
Koeficient uzlovatelnosti	Max. 1,2	Max. 1,2
Posuv opletu	Max. 40 mm	Max. 15 mm
Prodloužení	Max. 5 %	Max. 5 %
Srážlivost	Není definována	Není definována
Rázová síla	Max. 6 kN	Max. 6 kN
Počet pádu s f = 1	Min. 5	Min. 5
Pevnost bez uzlů	22 kN	18 kN
Pevnost s uzly	Min. 15 kN (3 minuty)	Min. 12 kN (3 minuty)

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BLACKFORD, J. R. *Materials in mountaineering*. In *Materials in sport equipment* (Ed. M. Jenkins) 2003, pp. 279–325 (Woodhead Publishing, Cambridge, UK) ISBN 1–85573-599–7.
2. BOLDIŠ, Petr. *Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ISO 690-2: Část 1 – Citace: metodika a obecná pravidla*. Verze 3.3. © 1999-2004, poslední aktualizace 11.11. 2004 [cit. 2009-01-10] URL: <<http://www.boldis.cz/citace/citace1.pdf>>.
3. CREASEY, M. *Horolezectví*. Přel. P. Homola. 1. vyd. Dobřejovice: REBO Production CZ, 2000, Přel. z: *The rock climber*. ISBN 80–7234-148–0.
4. ČSN EN 892 (94 2007). Praha: Český normalizační institut, 2005. 24 s.
5. DOSTÁLOVÁ, M., KŘIVÁNKOVÁ, M. *Základy textilní a oděvní výroby*. Liberec: TUL, 2001. ISBN 80–7083-504–4.
6. DIEŠKA, I., ŠIRL, V. *Horolezectví zblízka*. 1. vyd. Praha: Olympia, 1990.
7. FÁBORSKÝ, R. *Present and future in rope making technologies*. In *Nylon and ropes for mountaineering and dabinig, Italián Alpine Club Technical Committee*, Turin, 8 – 9 March 2002, [online]. [cit.2009-15-10]. URL: <<http://www.caimateriali.org>>
8. FERJENČÍK, J. *Úvod do metodologie psychologického výzkumu*. Praha: Portál, 2000. ISBN 80–7178–367–6.
9. GAVORA, P. *Úvod do pedagogického výzkumu*. 1. vyd. Brno: PAIDO, 2000. ISBN 80–85931-79–6.
10. GLOWACZ, S., POHL, W. *Volné lezení*. Přel. J. Vokálek. České Budějovice: KOPP, 1999. Přel. z *Richtig Freikletten*. ISBN 80–7232-067X.
11. HATTING, G. *Horolezectví*. Přel. D. Tomanová. 1. vyd. Praha: vyd. V. Svojtík CO CO, 1999. Přel. z: *The climbers handbook*. ISBN 80–7237-053–7. 14s.
12. HENDL, J. *Úvod do kvalitativního výzkumu*. Praha: Univerzita Karlova, 1999.
13. KOVÁŘ, R., BLAHUŠ, P. *Stručný úvod do metodologie*. Praha: Univerzita Karlova, 1971.
14. KUJÍNEK, T. *Vliv různých způsobů lezení na životnost lana*. Praha: Univerzita Karlova. Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2007. 90 s., 18 s. příloh. Vedoucí diplomové práce Mgr. S. Vomáčko Ph.D

15. KULICH, M. *Funkční a mechanické vlastnosti lana po zátěži v různých klimatických podmínkách*. Praha: Univerzita Karlova. Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2004. 68 s., 14 s. příloh. Vedoucí diplomové práce Doc. PaedDr. K. Jelen, CSc
16. KUTTA, F. *Horolezecká abeceda*. 2. vyd. Praha: Melantrich, 1945
17. LIŠKA, V. *Diplomová (seminární, bakalářská, absolventská) práce: zpracování a obhajoba*. 1. vyd. Praha: Ivo Ulrych – Růžičkův statek, 2003
18. MATÝSEK, R. *Speleoalpinismus I. A II. díl*. Ostrava, 2002 [CD-ROM]
19. McLAREN, A. J. *Design and performance of ropes for climbing and sailing* 2006
20. McCARTNEY, A. J., BROOK, D., TAYLOR, M. *The effect of heat glazing on the strength and extensibility properties of polyamide climbing ropes*. In Nylon and ropes for mountaineering and dabling, Italián Alpine Club Technical Committee, Turin, 8 – 9 March 2002 [online]. [cit.2009-12-10]. URL: <<http://www.caimateriali.org>>
21. NEUMAN, J. *Překážkové dráhy, lezecké stěny a výchova prožitkem*. 1. vyd. Praha: Portál, 1999. ISBN 80–7178-292–0.
22. PAVIER, M. J. *Experimental and theoretical simulations of climbing falls*. Sports Eng., 1998, 1, 79–91
23. PRŮCHA, J. *Pedagogický výzkum : uvedení do teorie a praxe*. Praha: Karolinum, 1995. ISBN 80–7184-132–3.
24. PROCHÁZKA, V. a kol. *Horolezectví*. 1. přep. vyd. Praha: Olympia, 1990. ISBN 80–7033-037–6.
25. Seznam norem OOP Proti pádům z výšky *Povinnosti pro uvádění OOP na trh v EU* [online]. Poslední revize 1. 5. 2004 [Citováno 15. 10. 2009]. Dostupné z <http://www.singingrock.cz/tech_net/legislativa/>
26. SCHUBERT, P. *Bezpečnost a riziko na skále, sněhu a ledu*. 1. díl. Přel. V. Klumpar. 1. vyd. Plzeň: Klettr, 1997. Přel. z Die anwendung des Seiles in Fels und Eis. ISBN 80–85822-27
27. SCHUBERT, P. *Bezpečnost a riziko na skále, sněhu a ledu*. 2. díl. Přel. T. Tlustý. 1. vyd. Praha: freytag&berndt, 2002. Přel. z Die anwendung des Seiles in Fels und Eis. ISBN 80–7316-064–1.
28. SIGNORETTI, G. *The influence of water, ice and sunlight on the dynamic performance of mountaineering ropes*. In Nylon and ropes for mountaineering and

- dabing, Italián Alpine Club Technical Committee, Turin, 8 – 9 March 2002, [online]. [cit.2009-12-10]. URL: <<http://www.caimateriali.org>>
29. SMITH, R. A. *The development of equipment to reduce risk in rock climbing*. Sports Eng., 1998, 1, 27–39
30. ŠAJNOHA, M. a kol. *Horolezectvo, učebnica pre školenie cvičiteľ'ov*. Bratislava: Šport, 1990. ISBN 80–7096-038–8.
31. VOMÁČKO, L., BOŠTIKOVÁ, S. *Lezení na umělých stěnách*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. ISBN 80–247-0406–4.
32. VOGEL, W., BOCKSCH, F. *Safety loss of mountaineering ropes by lowering cycles in toprope climbing*. In Nylon and ropes for mountaineering and dabing, Italián Alpine Club Technical Committee, Turin, 8 – 9 March 2002, [online]. [cit.2009-10-10]. URL: <http://www.caimateriali.org>
33. ZVÁROVÁ, J. *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 80–7184–786–0.

Katalog firmy Singing rock

Katalog firmy Lanex

Internet:

<<http://www.mytendon.cz/technologie>

<<http://www.climbingschool.cz/metodika.htm>

<<http://www.horosvaz.cz/metodika>

<<http://www.bealplanet.com>

<<http://www.edelrid.de>

<<http://www.edelweiss-ropes.com>

<<http://www.mammut.ch>

<<http://www.mytendon.cz/zivotnost-lan>

<<http://www.mytendon.cz/testovani>

<<http://www.mytendon.cz/dynamicka-lana-pouziti>

<<http://www.mytendon.cz/piktogramy>

<<http://www.mytendon.cz/stari-lan>

<<http://www.horolezeckametodika.cz/>

<<http://www.singingrock.cz/technet/legislativa>

<[http://www.singingrock.cz/metodika/kontrola lana](http://www.singingrock.cz/metodika/kontrola-lana)

<<http://www.singingrock.cz/technet/testy-vyroby/test-dynamicky-lan-sharp-edge-resistant-and-T-EDGE>

<<http://www.jamesak.sk>

<<http://metodika.horoklub.cz/>

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Značka	Popis značky
f	Pádový faktor [-]
h	Délka pádu lezce [m]
l	Aktivní délka lana ("živé lano") [m]
F_m	Rázová síla působící na lezce [N]
m	Hmotnost lezce [kg]
g	Tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]
k	Konstanta elasticity lana [N]
x	Elastický průtah lana [m]
l_1	Průtah lana [%]
R_{max}	Drsnost povrchu [m]
E_k	Kinetická (pohybová) energie [J]
E_p	Potenciální (polohová) energie [J]

11 Seznam vyobrazení

Obrázek 1: Chemická struktura PAD 6-6	17
Obrázek 2: Chemická struktura PAD 6	18
Obrázek 3: Jednoduché lano	42
Obrázek 4: Poloviční lano.....	42
Obrázek 5: Dvojité lano	42
Obrázek 6: Posun opletu	43
Obrázek 7: Zařízení ke zkoušení posunu opletu	47
Obrázek 8: Zkouška posunu opletu – Řezání délky zkušební vzorku	47
Obrázek 9: Řez jednou z destiček.....	48
Obrázek 10: Poloha zkušební vzorku před a po zkoušce posunu opletu	49
Obrázek 11: Zobrazení osmičkového uzlu	52
Obrázek 12: Sestava zařízení pro zkoušení jednoho pramene.....	53
Obrázek 13: Zkoušky opotřebení horolezeckých lan (Schubert, 1997).....	72
Obrázek 14: SBS systém a Systém tandem	72
Obrázek 15: Stáčená lana.....	73
Obrázek 16: Kontrolní páska uvnitř lana.....	73
Obrázek 17: Kontrolní nit uvnitř lana.....	73
Obrázek 18: Příklad použití jednoduchého lana	74
Obrázek 19: Příklad použití polovičního lana	74
Obrázek 20: Příklad použití dvojitého lana	74
Obrázek 21: Jednoduché lano smotané do „panenky“	75
Obrázek 22: Jištění prvolezce s jisticí pomůckou ATC Guide.....	75
Obrázek 23: Kontrola lana posouváním v oblouku	76
Obrázek 24: Deník lana firmy Lanex pro vzorek č.1	76

12 Seznam tabulek

Tabulka 1 : Orientační tabulka ke zjištění druhu materiálu (Matýsek, 2002).....	19
Tabulka 2: Barvy kontrolních nití (příže) lan firmy Lanex.....	21
Tabulka 3: Barvy kontrolních nití (příže) lan firmy Singing rock.....	22
Tabulka 4: Rozdělení lan a podmínky jejich testování	27
Tabulka 5: Závislost rázové síly F_m na pádovém faktoru f firmy Edelrid z 80. let.....	30
Tabulka 6: Životnost lana podle normovaných pádů UIAA (Procházka, 1990).....	32
Tabulka 7: Životnost lana podle četnosti a způsobu použití (Procházka, 1990).....	32
Tabulka 8: Životnost lana podle firmy Edelrit (Procházka, 1990).....	33
Tabulka 9: Vliv různých teplot způsobených leštěním (třením) na horolezecké lano	37
Tabulka 10: Uzly a jejich relativní pevnost	38
Tabulka 11: Jednotky jemnosti délkových textiliích v soustavě tex	46
Tabulka 12: Hodnoty naměřené pro vzorek č. 1	64
Tabulka 13: Hodnoty naměřené pro vzorek č.2	64
Tabulka 14: Hodnoty naměřené pro vzorek č.3	65
Tabulka 15: Hodnoty naměřené pro vzorek č.4	65
Tabulka 16: Hodnoty naměřené pro vzorek č.5	65
Tabulka 17: Hodnoty naměřené pro vzorek č.6	65
Tabulka 18: Hodnoty naměřené pro vzorek č.7	66
Tabulka 19: Hodnoty naměřené pro vzorek č.8	66
Tabulka 20: Hodnoty naměřené pro vzorek č.9	66
Tabulka 21: Hodnoty naměřené pro vzorek č.10	66
Tabulka 22: Hodnoty naměřené pro vzorek č.11	67
Tabulka 23: Hodnoty naměřené pro vzorek č.12	67
Tabulka 24: Hodnoty naměřené pro vzorek č.13	67
Tabulka 25: Souhrnné hodnoty všech 13 testovaných vzorků.....	68
Tabulka 26: Ukázka deníku lana (vzorek č.1)	77
Tabulka 27: Ukázka deníku lana (vzorek č.2).....	77
Tabulka 28: Ukázka deníku lana (vzorek č.3).....	77
Tabulka 29: Požadavky normy EN 892 (Dynamická horolezecká lana)	78
Tabulka 30: Požadavky normy EN 1891 (Nízkoprůtažná textilní lana)	78

Seznam rovnic

Rovnice 1 – Pádový faktor.....	28
Rovnice 2: Výpočet rázové síly F_m	30
Rovnice 3: Výpočet konstantní síly F	30