

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Design průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Designová studie kabiny lanové dráhy

Autor: **Markéta TOMŠÍKOVÁ**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jiří STANĚK, CSc.**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta TOMŠÍKOVÁ**
Osobní číslo: **S10B0370P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Design průmyslové techniky**
Název tématu: **Designová studie kabiny lanové dráhy**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Cílem bakalářské práce je provést designový návrh kabiny pro lanovou dráhu s ohledem na ergonomii a maximální pohodlí cestujících. Vypracovat přehled současného stavu a trendů ve vývoji lanových drah. Návrh vlastní varianty, vyhodnocení optimální varianty. Konstrukční návrh vybraného uzlu a 3D model.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Historický vývoj
2. Přehled současného stavu
3. Vypracování vlastní designové studie
4. Zhotovení 3D modelu
5. Zhodnocení a závěr práce

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra 1.* Brno: Computer Press, 1999

CHUNDELA, L. *Ergonomie.* Praha: ČVUT Fakulta strojní, 1993

ZEITHAMMER, K. *Vývoj techniky.* Praha: ČVUT, 1994

KOLESÁR, Z. *Kapitoly z dějin designu.* Praha: Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2009

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.**

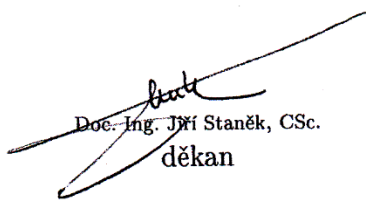
Katedra konstruování strojů

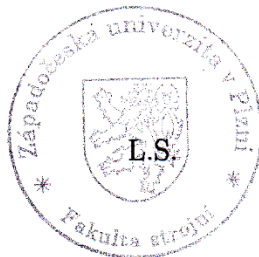
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.**

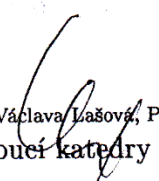
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **23. září 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto odstavcem bych velmi ráda poděkovala všem lidem, kteří mi po celou dobu mého studia a po dobu zpracování této bakalářské práce podporovali. Poděkování patří především vedoucímu mé bakalářské práce Doc. Ing. Jiřímu Staňkovi, CSc. za poskytnutí cenných a odborných rad, trpělivost a ochotu.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Václavě Pokorné, která mi byla nápomocna při řešení ergonomické části bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Tomšíková	Jméno Markéta	
STUDIJNÍ OBOR	B 2341 „Design průmyslové techniky“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Jméno Jiří	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Designová studie kabiny lanové dráhy		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	61	TEXTOVÁ ČÁST	51	GRAFICKÁ ČÁST	10
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce je zaměřená na designový návrh kabiny pro lanovou dráhu s ohledem na ergonomii a maximální pohodlí cestujících při přepravě. Navržená varianta umožňuje zpřístupnění lanové dráhy pro širokou veřejnost. Cílem práce je moderní kabina lanové dráhy přinášející nové zlepšení.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Lanová dráha, kabina, interiér, exteriér, 3D model, CATIA V5R20</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Tomšíková	Name Markéta	
FIELD OF STUDY	B 2341 "Industrial desing"		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Staněk,CSc.	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design study of cableway cabine		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	61	TEXT PART	51	GRAPHICAL PART	10
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis is focused on the design of cableway cabine with regard to ergonomics and maximum passenger comfort during transport. The proposed option allows access to the cableway to the general public. The aim of this work is a modern cabin cableway brings new improvements.
KEY WORDS	Cableway, cabin, interior, exterior, 3D model, CATIA V5R20

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Historický vývoj lanových drah	9
3	Přehled současného stavu	12
3.1	Rešerše výrobců	14
3.2	Základní rozdělení lanových drah	17
3.2.1	Pozemní lanová dráha.....	17
3.2.2	Visutá lanová dráha	18
3.2.3	Lyžařský vlek	19
3.3	Rozdělení kabinových lanových drah	21
3.3.1	Oběžná lanová dráha	21
3.3.2	Kyvadlová lanová dráha	22
4	Technický popis lanové dráhy.....	23
4.1	Uzavřená kabina	24
4.2	Závěs	24
4.3	Uchycení.....	24
4.4	Běhoun.....	24
4.5	Lano.....	25
5	Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy	26
5.1	Všeobecné bezpečnostní zásady.....	26
5.2	Nebezpečné případy	26
5.3	Úrazy osob.....	26
5.4	Bezpečnostní studie	26
5.5	Profil lanové dráhy	27
5.6	Průjezd tratě.....	27
5.7	Dovolená výška nad zemí.....	27
5.8	Dopravní rychlost a vzdálenosti vozů	27
5.9	Napínání a vedení lan	28
6	Návrh vlastní designové studie.....	29
6.1	Požadavky na kabinu lanové dráhy	29
6.2	Varianta A	29
6.3	Varianta B.....	31
6.4	Varianta C.....	33

6.5	Výběr nejvhodnější varianty.....	34
6.6	Rozpracování vybrané varianty.....	36
6.6.1	Ověřování kabiny oběžné dvou lanové dráhy	36
6.6.2	Navrhované materiály	37
6.6.3	Úložný prostor na vybavení.....	38
6.6.4	Navržení sedadel, madel a prostoru pro cestující	38
6.6.5	Volba závěsu	40
6.6.6	Design pláště kabiny lanové dráhy.....	42
7	Konstrukční návrh vybraného uzlu	43
7.1	Výsledky analýzy	43
8	Popis částí kabiny lanové dráhy	47
8.1	Základní rozměry	47
8.2	Základní popis	47
9	Závěr.....	50
10	Použité zdroje	51
11	Seznam příloh.....	52

1 Úvod

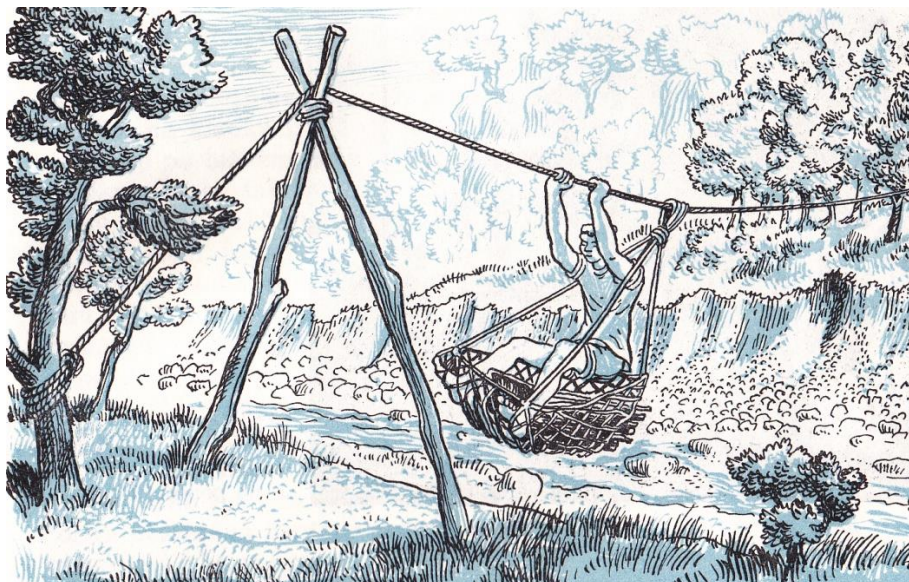
Lanové dráhy již po několik tisíc let pomáhají a usnadňují život lidem. Jedná se o velice jednoduchou dopravu, která byla z počátku zajištěna pouze lidskou silou. Až s vývojem dosáhla dnešních, někdy i fascinujících rozměrů.

Cílem této bakalářské práce je designová studie kabiny lanové dráhy, určené na přepravu osob na větší vzdálenost, ve velkých lyžařských střediscích. Hlavní prioritou je maximální pohodlí cestujících při přepravě. Práce obsahuje historický vývoj, nejnovější trendy ve výrobě a základní technický popis lanových drah. Dále se zaměřuje na bezpečnostní požadavky při navrhování kabiny lanové dráhy a konstrukční návrh vybraného uzlu.

Výsledkem této práce je 3D model kabiny lanové dráhy zpracovaný na základě všech požadavků uvedených v této bakalářské práci.

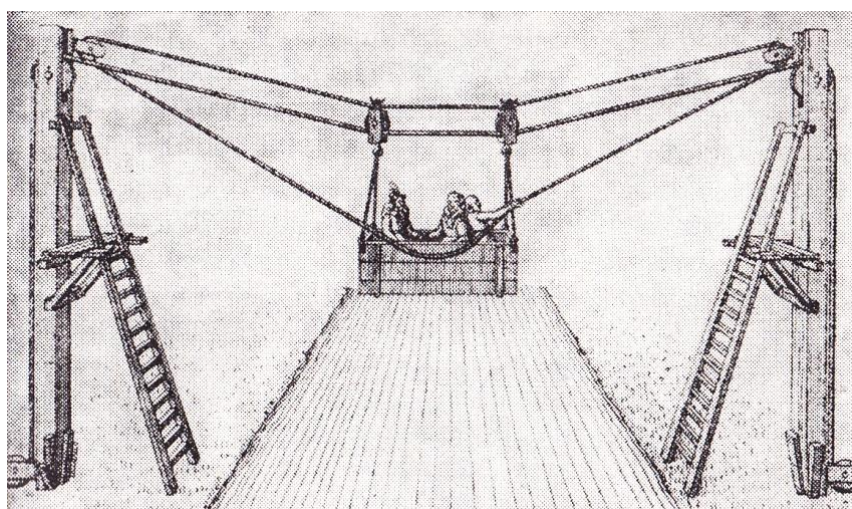
2 Historický vývoj lanových drah

Je tomu už několik tisíc let, kdy člověk řešil otázku, jak se dostat přes přírodní překážky jako například: potok, strž, řeku nebo údolí. V džungli k této přepravě používali lidé pružných a pevných lián. Tam, kde se nenacházely liány, se splétávaly různá vlákna z rostlin a vyráběly se lana. V zemích starověku byla poprvé použita primitivní lanovka. Jednalo se o jednoduchý vozík, který byl zavěšen na laně. Tato lanovka byla poháněna lidskou silou ručkováním.



Obr. 1 - První dopravník pomocí lana [1]

Ze starověku se nám však dochovaly kresby a plány těchto prvních pokusů o dopravu. Jeden z prvních náčrtů lanové dráhy pochází z roku 1411. Nalezen byl ve Vídeňském kodexu a zobrazuje košovou lanovou přepravu přes řeku do hradu. O několik let později vzniklo vyobrazení složitějšího zařízení, které bylo poháněno zvířaty. V roce 1617 byla Faustusem Verantiem navržena visutá lanovka překonávající vodní tok. Postupem času bylo zjištěno, že konopná lana nejsou dostatečně pevná a zvířecí pohon je málo účinný.



Obr. 2 - Náčrt primitivní lanové dráhy [1]

Velký průlom nastal až s průmyslovou revolucí. Konopná lana byla nahrazena železnými dráty o průměru osm milimetrů. Díky těmto odolnějším lanům mohly být dopravovány těžší náklady na větší vzdálenosti. Lanové dráhy byly zpočátku používány spíše jako nákladní. V případě osobních lanových drah bylo bezpečí cestujících velmi malé. Vozíky nebyly vůbec zajištěné a člověk mohl lehce vypadnout. Jednou z prvních modernějších lanovek na přepravu nákladu, která byla vystavěna v roce 1907 jako atrakce, byla lanovka ve španělském San Sebastianu u Biskajského zálivu. Vzdálenost mezi horní a dolní stanicí byla 280 metrů. V témže roce zahájila provoz první kabinová lanová dráha ve švýcarských Alpách na Wetterhornu. Tato horská lanová dráha si díky svému vzhledu vysloužila přezdívku „Wetterhorn Aerial Railway“ (vzdušná tramvaj). První kabinovou lanovou dráhou postavenou na území Česko Slovenské republiky byla lanová dráha na Černou horu, která měla za úkol spojit údolí s nejvyššími hřebeny hor a umožnit pohodlnou a rychlou dopravu. Stavba byla zahájena v roce 1927. O půl roku později již stály základy. Čtyřboké podpěry byly montovány v chrudimské strojírně. Uzavřená nosná lana z westfálských oceláren bylo velice obtížné dopravit. Trvalo celý měsíc, než se lana z dolní stanice povedlo dopravit až na vrchol. Dalším problémem bylo zavěšení lan. Továrna v České Lípě dodala velice lehké kabiny, jejichž závěsy se montovaly v Lipsku. Zkušební jízda byla zahájena 31. října 1928. Délka tratě byla vyměřena na 3,2 km a zdolávala převýšení 644 metrů. Jednalo se o kyvadlovou kabinovou lanovou dráhu se dvěma kabinami pro třicet osob a se dvěma nosnými lany. Bohužel naše první kabinová lanová dráha byla v roce 1980 zrušena a zlikvidována. Svého úkolu však dostála na výbornou. Dnes na jejím místě stojí moderní kabinová gondolová dráha s odpojitelným systémem.

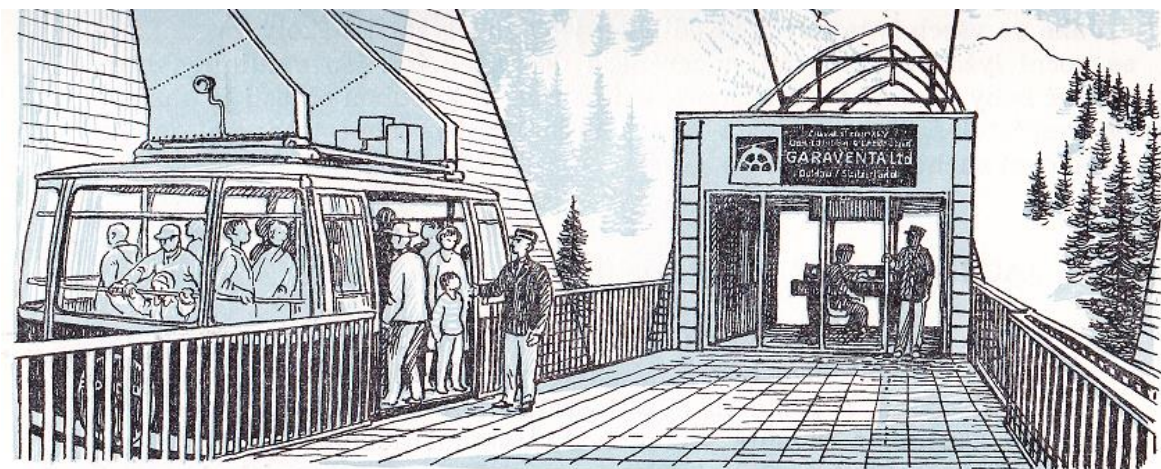
Česká republika se může pyšnit i dalším prvenstvím. Sedačková lanová dráha, která byla postavena v roce 1940 v Beskydech na Pustevnách je podle dostupných informací historicky první sedačkovou lanovou dráhou na světě, která přepravovala pouze osoby. Tato historická lanová dráha měří 1637 metrů. Její rychlost dosahuje dvou metrů za sekundu. Lanová dráha byla postavena z dubových prken a byla velmi nebezpečná. Nápad postavit v Beskydech lanovou dráhu pro dopravu osob vznikl v době obsazení republiky Německem 15. března 1939. Česká země přišla o většinu hor. Jediné hory, které v této době Česko mělo byly Beskydy, se svou nadmořskou výškou více než 1000 metrů. Aby se tyto hory mohly zpřístupnit turistům a lyžařům musel se vybudovat systém, který bude dopravovat pasažéry na vrcholky hor. Svaz lyžařů v Praze se koncem roku 1939 rozhodl zadat vypracování projektu na přepravu osob firmě Wiesner. Tato firma zpracovala studii sedačkové lanové dráhy, která byla jednak levnější a také rychleji realizovatelná. Tato jednoduchá stavba měla v horní stanici strojovnu a ovládací zařízení. V dolní stanici se nacházel napínací vrátek s kladkostrojem. Sedačky byly opatřeny košem na lyže a bočním hákem. Lano, jehož hmotnost byla 4576 kg, nebylo vůbec jednoduché dopravit. Dopravovalo se ve dvou cívkách. Cívka byla vždy na saních a táhly ji dva páry koní. Počátkem roku 1940 došlo k založení horní stanice a kácení stromů pro trať. 3. března 1940 proběhla zkušební jízda již dostavěné lanové dráhy a o den později byl zahájen provoz. Za celé své více než sedmdesátileté existence prodělala lanová dráha v Pustevnách již dvě rekonstrukce a je funkční dodnes. Po druhé světové válce došlo k výraznému rozvoji lanových drah.



Obr. 3 - První kabinová dráha v ČR [1]

V roce 1970 byla v Izraelském Masade dokončena stavba lanové dráhy pod úrovní moře. Hlavním záměrem výstavby této lanové dráhy bylo velké naleziště archeologických vykopávek, při nichž byla odkryta pevnost Masade. K vykopávkám byl velmi nebezpečný přístup po tři sta metrové stezce. Stavba visuté lanové dráhy probíhala ve čtyřiceti stupňových vedrech a často za písečné bouře. Horní stanice je položena deset metrů pod úrovní Mrtvého moře. Kabina, s kapacitou čtyřicet osob, klesá o 265 metrů pod hladinu.

Jackson Hole ve Wyomingu (USA) je velkým zimním střediskem, díky výborným sněhovým podmínkám a lanové dráze Snowbird. Dráha byla postavena v roce 1974. Měří čtyři kilometry a má šest podpěr, z nichž jsou dvě padesátimetrové. V půlce cesty na vrchol byla zřízena mezistanice.



Obr. 4 - Dolní stanice lanovky Snowbird, vpravo je prosklený prostor s ovládacím panelem. [1]

3 Přehled současného stavu

V dnešní době, je ve většině středně velkých až velkých zimních středisek používána kabinová gondolová dráha s odpojitelným systémem. Tento systém umožňuje bezpečnější nástup a výstup osob, protože se ve stanicích kabina odpojí od unášecího lana. Tím kabina výrazně sníží rychlost. Jedná se o oběžnou lanovou dráhu, kdy je na jednom unášecím laně uchyceno několik desítek kabin. Výhodou této lanové dráhy je rychlost dopravy, vysoká kapacita přepravy osob a jejich ochrana před nepříznivým počasím. Gondoly jsou vyráběny v různých provedení. Na obr. 5 můžeme vidět gondolu s maximální kapacitou šest míst. Dveře jsou u tohoto typu gondoly dvoudílné.



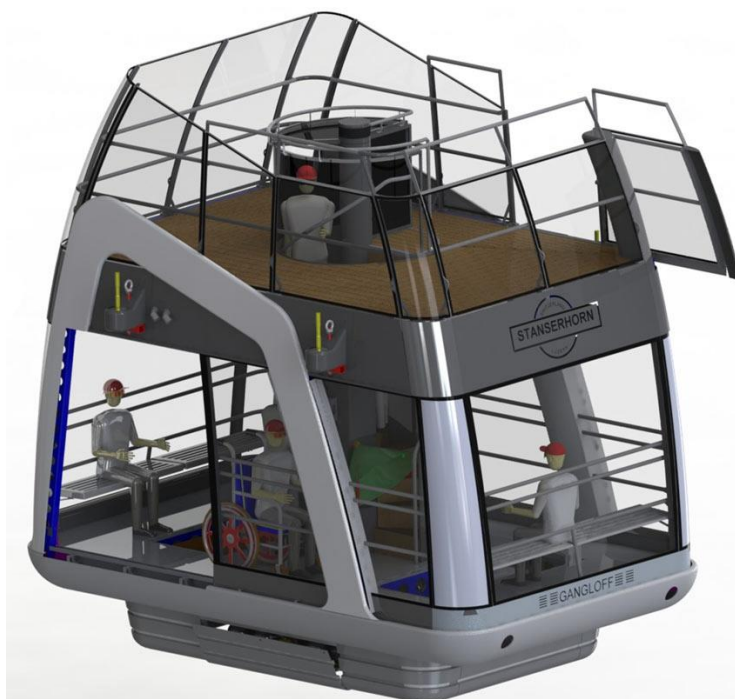
Obr. 5 - Kabinová gondolová lanová dráha na Německém Javoru (Arber) [6]

Dalším typem lanových drah jsou kabinové lanové dráhy s kapacitou vyšší než dvanáct osob, které se nejvíce vyskytují v největších horských střediscích. Ukázkovým příkladem je kabinová lanová dráha ve Francouzském Val d'Isère. Lanová dráha zde překonává převýšení jednoho kilometru. Nejvyšší kapacitou se však mohou pyšnit kyvadlové lanové dráhy, zde už se nejedná o kabiny na společném oběžném laně. Tento obří kolos dokáže uvést až čtyřicet osob najednou. V případě takto vysoké kapacity je kabina uzpůsobena pouze na stání. Jednou z nejmodernějších variant lanových drah je bez pochyby lanová dráha postavená v roce 2007 na vrchol Kitzsteinhorn v Salcburku. Jde o dokonale vybavenou kabinu, která cestujícím nabízí vestavěnou klimatizaci, vyhřívaná sedadla a moderní interiér. Trendem posledních let se však stává dvoupatrová kabinová dráha. První dráha tohoto typu na světě stoupá na vrchol Alp Trida Sattel ve švýcarských Alpách. Za jednu hodinu dokáže tato lanovka přepravit na vrchol až 1620 osob. Do obou pater se nastupuje současně ze dvou nad sebou umístěných plošin. Rozložení cestujících je na horní patro 65 a na spodní patro neuvěřitelných 114 osob, jedná se tak o další typ z vysokokapacitních lanových drah. Světovou novinkou visuté kabinové lanovky je lanová dráha s názvem Cabrio ve švýcarském Stanserhornu. S touto novinkou nedávno přišli výrobci světoznámé firmy Doppelmayr/ Garaventa.



Obr. 6 - Dvoupatrová kabina – pohled na horní stanici [7]

Varianta CabriO, jak už z názvu jde odhadnout, je obdobou dvoupatrové lanové dráhy v Apl Trida Sattel s tím rozdílem, že horní patro kabiny nemá zastřešení. Celá kabina tak působí, jako domek s terasou. Tato lanovka je turisticky velice oblíbená. Na terasu má kapacitu maximálně třicet osob a je na ní umožněn přístup pouze za příznivého počasí po točivém schodišti uprostřed dolního patra kabiny. Tato kabina je vybavena celou řadou nových technologií, například kabina není zavěšena pod lany, ale mezi ně. Lana jsou extrémně silná a jejich rozchod je pět metrů. Další novou technologií je hydraulické zařízení, to umožňuje držet kabinu stále ve vodorovné poloze. Tato technologie byla označena jako převratná světová novinka v oboru lanových drah.



Obr. 7 - Dvoupatrová kabinová lanová dráha CabriO [8]



Obr. 8 - Cabrio [9]

3.1 Rešerše výrobců

Výrobou lanových drah se z počátku zabývaly společnosti, které byly původně zaměřené na úplně jiné odvětví. Postupem času a rozvojem lanových drah se jejich výroba osamostatnila a v dnešní době jsou na její výrobu specializované společnosti. V této práci uvádím pouze nejvýznamnější výrobce na trhu.

Leitner

Tato firma vyrábí nejen lanové dráhy, ale i různé vybavení v zimních střediscích. Mezi jejími produkty nalezneme sněžná děla, rolby a lanové dráhy všech možných typů.



Obr. 9 - Sedačková lanová dráha od výrobce Leitner [10]

Doppelmayr/ Garaventa Group

Špičkový výrobce lanových drah se sídlem v Rakouském Wolfurtu. Je to původně rodinná společnost založená roku 1892 Konradem Doppelmayrem, která realizuje široké spektrum lanových drah v největších lyžařských střediscích po celém světě. V roce 2002 se společnost spojila do koncernu s dalším špičkovým výrobcem lanových drah Garaventa. Doppelmayr/ Garaventa Group vyrábí nejmodernější lanové dráhy. Jednou z posledních nejmodernějších lanových drah je například dvoupatrová kabinová lanová dráha CabriO nebo lanová dráha Funitel se dvěma závěsy o rozchodu 3,2 metru.



Obr. 10 - Kabinová lanová Funitel od výrobce Doppelmayr/ Garaventa Group [11]

Bartholed

Firma založená Anthonem Bartholetem v roce 1962, která dnes sídlí ve Švýcarsku. Jednou z jejich posledních realizovaných lanovek je moderní kabinová lanová dráha Funitel ve Val Thorens, vystavená v roce 2011.

Steurer

Jedná se o prvního komerčního výrobce sedačkových lanových drah v Rakousku. V roce 1955 přechází společnost od výroby sedačkových lanovek ke kyvadlové dopravě. Mezi nynější produkty společnosti patří kyvadlové, pozemní a sedačkové lanové dráhy.

Tatralift

Tatralift, původní název společnosti Tatrapoma, je společnost založená ve městě Kežmarok (Slovensko). Její založení se datuje k roku 1975. Specialisté na výrobu horských dopravních zařízení v období čtrnácti let od založení společnosti vyrobili 816 lyžařských vleků a lanových drah. Mezi produkty společnosti Tatralift patří lyžařské vleky s pevným a odpojitelným teleskopickým závěsem, sedačkové, pulzační a kabinové lanové dráhy s odpojitelným systémem.



Obr. 11 - Sedačková lanová dráha od výrobce Tatrailift [12]

Z České republiky nemohu opomenout výrobce z Chrudimi:

Transporta

Česká společnost založená v roce 1855 se sídlem v Chrudimi. Transporta je výrobce technologických produktů v oblasti ocelových a jeřábových konstrukcí a dynamicky namáhaných konstrukcí. Tato společnost se podílela na realizaci lanovek například na Lomnický štít nebo Ještěd.

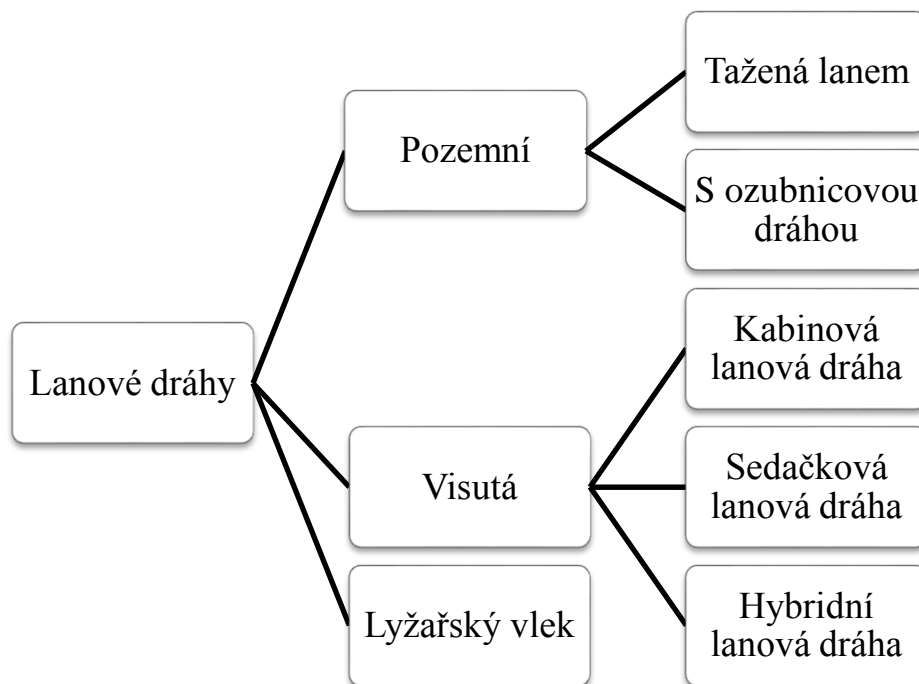
Michálek, s. r. o.

Chrudimská firma založená v roce 1995, která se od roku 1997 zabývá výrobou lyžařských vleků. Od roku 2003 firma vyrábí i lanové dráhy.

3.2 Základní rozdělení lanových drah

Za základní dělení lanových drah je považováno rozdělení na osobní a nákladní přepravu. Nákladní lanovou přepravou se dopravuje nejčastěji uhlí, dřevo, kameny a potraviny. Tato bakalářská práce je zaměřena na osobní dopravu, proto jsou dále rozdělovány pouze osobní lanové dráhy.

Existuje několik hledisek, podle kterých lze ostatní lanové dráhy dělit. Nejzákladnější rozdělení naleznete je na obrázku Obr. 12.



Obr. 12 - Základní rozdělení lanových drah

3.2.1 Pozemní lanová dráha

Pozemní lanovou dráhou lze označit kolejové vozidlo, které je přizpůsobeno k velkému úhlu stoupání. Tento úhel bývá větší než 45° . V některých případech dosahuje úhel stoupání takových vysokých hodnot, že bývá lanová dráha označena jako výtah. Vlak, který je speciálně navržen pro tuto přepravu, zdolává i skalní tunely. U pozemních drah se jedná o kyvadlovou dopravu, to znamená, že se jeden vlak pohybuje po kolejnici stále tam a zpět. Tyto dráhy nemají žádnou otočnou stanici. Jejich interiér je řešen velmi netradičním způsobem. Vagón pozemní lanové dráhy má v sobě schodiště. Je to proto, aby cestující stáli vždy na vodorovné podlaze i při překonávání vysokého stoupání. Pozemní lanová dráha je velice rychlou a vysokokapacitní dopravou. Jeden vagón ve Francouzském středisku Tignes dokáže dopravit na vrchol hory až dvě stě cestujících.



Obr. 13 - Ozubnicová dráha v Tignes [13]

Rozdělení pozemních lanových drah:

- **Dráha tažená lanem**

Vozidlo je taženo jedním nebo více lany po kolejnici, která v tomto případě funguje jako nosník. Pozemní lanové dráhy mají stejně jako ostatní lanové dráhy dvě stanice. Může se vyskytovat i třetí stanice, která je většinou přestupní. Kolejnice je jedno nebo dvojkolejná. Pozemní lanová dráha tažená lanem je řízena kyvadlovým způsobem. Vozidlo se pohybuje stále tam a zpět po jedné trati. V případě, že se na trati pohybuje více vozidel, dochází k vyhnutí uprostřed trati pomocí Abtovy výhybky, která je bez pohyblivých částí.

- **S ozubnicovou dráhou**

V ose koleje je upevněn ozubený hřeben. Do hřebenu zapadá ozubené kolo, které je připevněno v nápravě mezi kola vlaku. Tento typ pozemní lanové dráhy můžeme vidět například v Harrachově, kde trať dosahuje délky dvanácti kilometrů. Ozubnicová dráha, česky nazývaná též jako „zubačka“, má největší uplatnění v alpských střediscích, kde její trať vede často skrz skálu až na vrcholky hor.

3.2.2 Visutá lanová dráha

Nekolejové vozidlo. Nejčastěji se jedná o kabiny nebo sedačky zavěšené na laně. Tyto lanové dráhy mají vždy minimálně dvě stanice. U visutých lanových drah nepřesahuje úhel stoupání více než 45°. Visuté lanové dráhy mají menší ekologický dopad na životní prostředí, protože jejich výstavba není tolik náročná jako u pozemních lanových drah. V České republice máme v drtivé většině pouze visuté lanové dráhy, a to nejčastěji sedačkového typu.

Druhy visutých lanových drah:

- **Sedačková lanová dráha**

Jde o obdobnou variantu kabinové gondolové lanové dráhy s tím rozdílem, že dopravní vozidla jsou v tomto případě sedačky zavěšené na laně. V dnešní době dosahují kapacity i osmi míst a mohou na ně být připevněny kryty, které chrání cestující před nepříznivým počasím.

- **Hybridní lanová dráha**

Jedná se o kombinaci kabinové gondolové lanové dráhy a sedačkové lanové dráhy. Tato varianta je k vidění jen zřídka. Vozidla jsou vybavena uchycením k lanu s odpojitelným systémem.

- **Kabinová lanová dráha**

Nejčastěji se jedná o dvě kabiny, které se pohybují každá po svém laně vždy opačným směrem než druhá kabina. Tyto kabiny mají obvykle vysokou kapacitu míst a jsou používány ve velkých lyžařských střediscích. V této bakalářské práci se budu věnovat hlavně tomuto druhu lanových drah.

3.2.3 Lyžařský vlek

U tohoto typu lanové dráhy dochází k přímému kontaktu cestujícího se zemí. Pomocí vlečných závěsů je cestující tažen po sněhu. Rozlišují se dva typy lyžařského vleku:

- **S nízkým vedením lana**

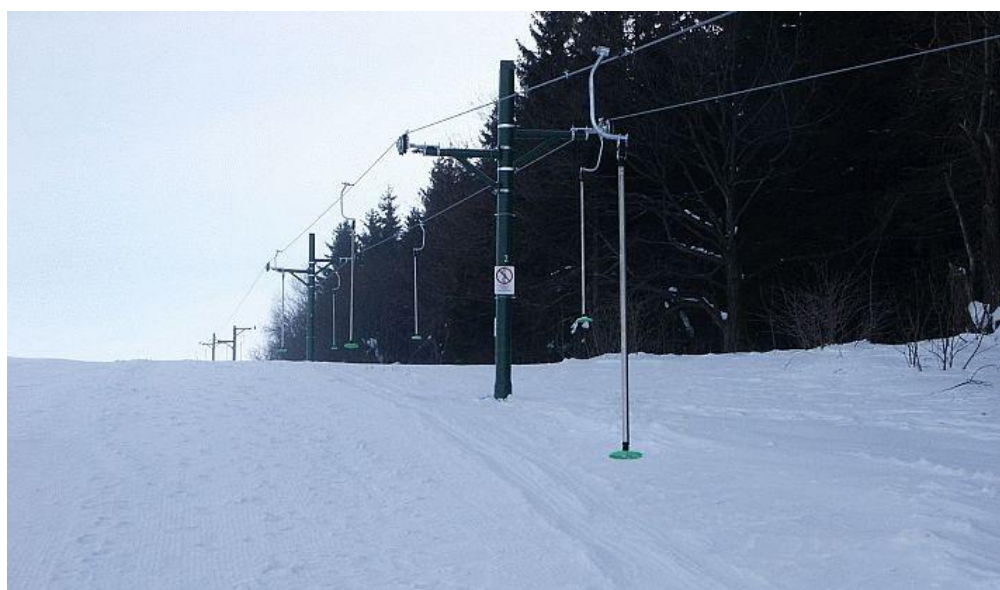
Tento způsob je často využíván pro nejmenší lyžaře, kteří se pouze chytou lana, jež je táhne. Nízké vedení je také používáno ve velkých zimních střediscích pouze k přejezdu z jedné lanové dráhy na druhou.

- **S vysokým vedením lana**

Typ vleku častěji nazývaný jako kotva nebo poma. Tažné lano je vedeno několik metrů nad zemí. Cestující je tažen vlečným závěsem, který je buď na pevno nebo odpojitelně zachycen na tažné lano.

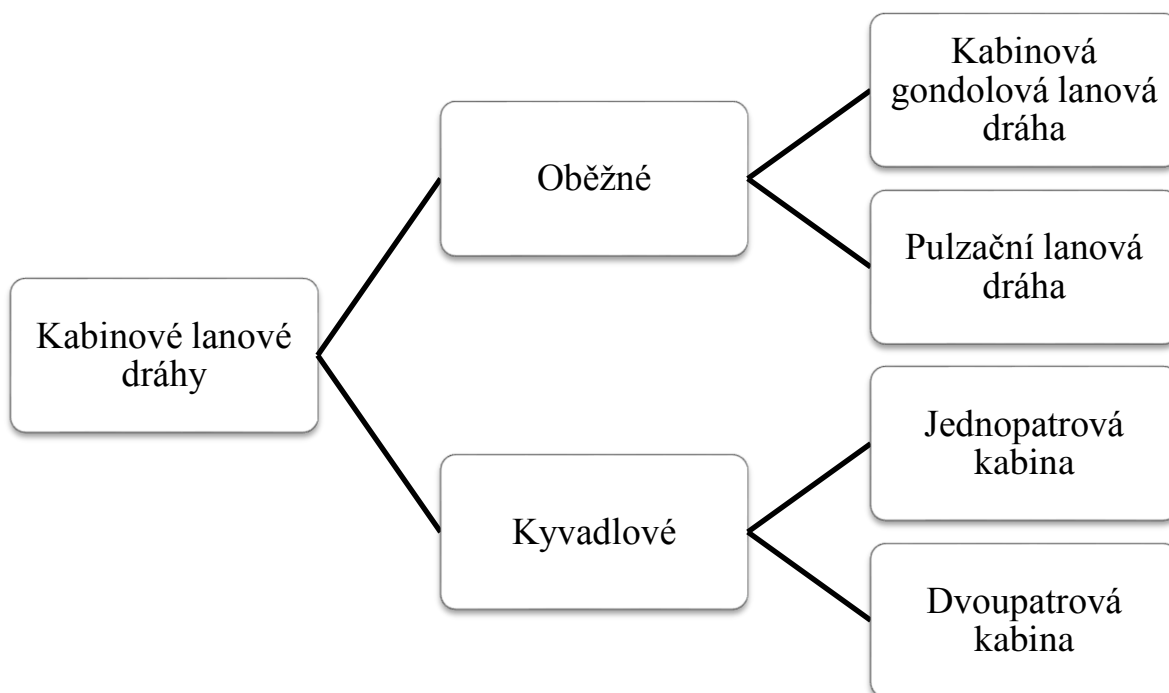


Obr. 14 - Lyžařský vlek s vysokým vedením lana – kotva [14]



Obr. 15 - Lyžařský vlek s vysokým vedením lana – poma [15]

3.3 Rozdělení kabinových lanových drah



Obr. 16 - Rozdělení kabinových lanových drah

3.3.1 Oběžná lanová dráha

Vozy se pohybují ve stejném směru na společném laně. Oběžná lanová dráha má vždy dvě konečné stanice, na kterých se vozidlo otočí a pokračuje v opačném směru. U tohoto způsobu jsou vozidla pouze uchyceny na laně, které zde vykonává pohyb.

- **Kabinová gondolová lanová dráha**

V tomto případě se jedná o několik desítek zavěšených kabin na tažném laně. Kabina nepřesahuje kapacitu dvanácti osob. Oproti sedačkové lanové dráze zajišťuje větší pohodlí cestujících. Kabiny jsou většinou vytápěné. K lanu jsou uchyceny pomocí odpojitelného systému uchycení.

- **Pulzační lanová dráha**

Kabina má tvar vajíčka a ve stanicích se rozevívá. Pulzační lanovou dráhou bývají označovány lanové dráhy, kde kabiny jsou uchyceny k lanu v těsné blízkosti a působí tak jako vlak. Kabiny jsou pevně uchyceny k lanu.



Obr. 17 - Pulzační lanová dráha [16]

3.3.2 Kyvadlová lanová dráha

Vozy kyvadlové lanové dráhy se pohybují stále tam a zpět po jednom nebo více lanech. Zpravidla má každá kabina svoje lano, po kterém se pohybuje.

- **Jednopatrová kabina**

Kabina má pouze jedno patro. Kapacita kabiny je vyšší než u oběžné lanové dráhy. Zpravidla je upevněna na více lan, každé z nich má svojí funkci. Některá lana slouží k tažení a na některých je kabina zavěšena.

- **Dvoupatrová kabina**

Kabina má dvě patra. Do každého patra je vstup zvlášť po plošinách nad sebou umístěných. Zpravidla je upevněna na více lan, každé z nich má svojí funkci. Některá lana slouží k tažení a na některých je kabina zavěšena.

- **Dvoupatrová uzavřená**

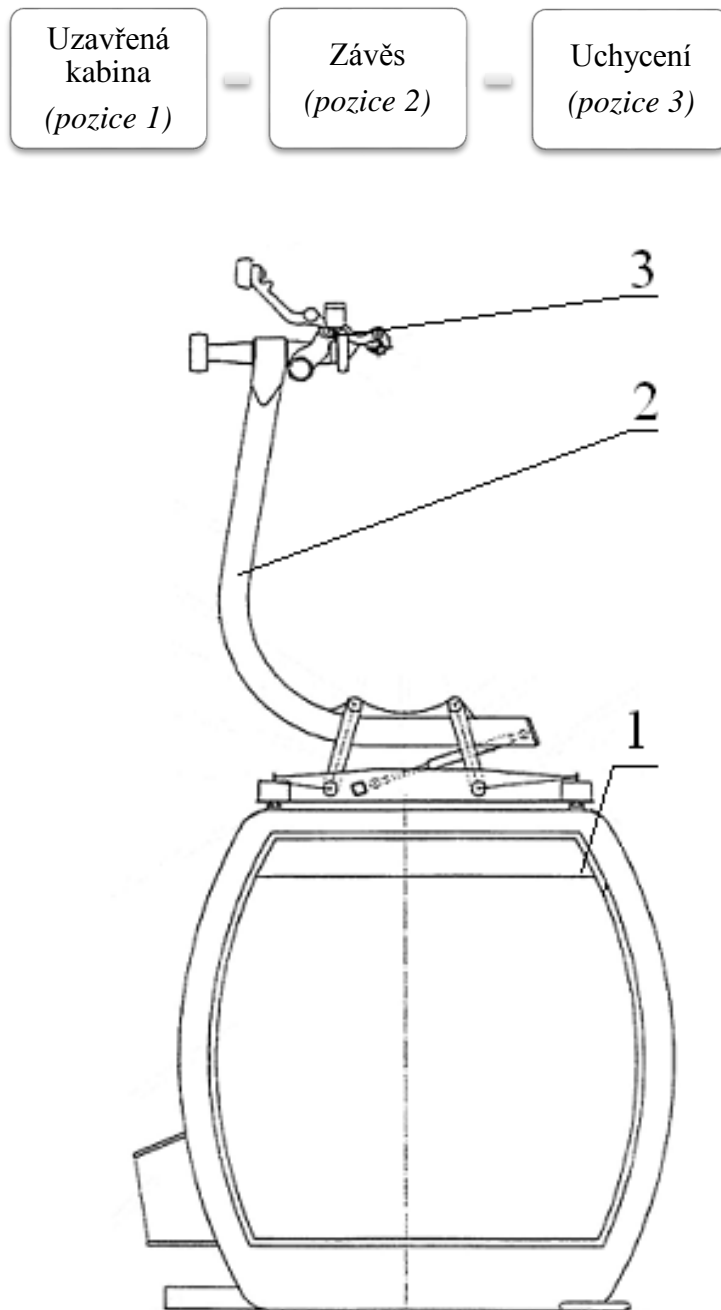
Obě patra jsou se zastřešením. Mezi patry se nedá pohybovat (bez schodiště). Kabina je zavěšena pod lany.

- **Dvoupatrová s terasou**

Z dolního patra je přístup po schodišti do horního patra. Horní patro nemá zastřešení a je řešeno jako vyhlídková terasa. Kabina je uchycena mezi lany. Rovnováhu a vodorovný stav kabiny udržuje hydraulické zařízení.

4 Technický popis lanové dráhy

Lanová dráha má celou řadu konstrukčních prvků. V této bakalářské práci uvádím pouze prvky, které souvisí s kabinou lanové dráhy. Na obrázku Obr. 18 můžete vidět schéma gondolové lanové dráhy s odpojitelným systémem. Konstrukční prvky lanové dráhy lze rozdělit do třech skupin:



Obr. 18 - Schéma gondolové lanové dráhy s odpojitelným systémem [17]

4.1 Uzavřená kabina

Kabina slouží k pohodlné přepravě osob. Zároveň se jedná o ochranu před nepříznivým počasím. Do kabiny, která je na Obr. 18 označení pozicí 1, je vstup přes automaticky ovládané dveře. Dveře mohou být jedno nebo dvoudílné a mají stahovací okénka. U gondolových typů kabinek jsou na venkovní straně dveří koše, které jsou používány na odkládání lyžařského vybavení (lyží, snowboardů). Součástí kabiny jsou sedačky pro cestující. Ve většině případech se jedná o polstrovanou lavici.

4.2 Závěs

Prvek nacházející se mezi kabinou a uchycením nebo běhounem. Závěs, na Obr. 18 označen pozicí 2, je robustní rameno, které nese celou kabinu. Jednou z jeho funkcí je také vyvažování kabiny do horizontální polohy.

4.3 Uchycení

Uchycení, na Obr. 18 označené pozicí 3, se nachází mezi lanem a závěsem. Funkcí uchycení je držet unášecí lano. Jak již bylo v této bakalářské práci zmíněno je několik typů uchycení. U nízkokapacitních kabin se používá uchycení s odpojitelným systémem. Opakem toho to uchycení je uchycení na pevně.

4.4 Běhoun

O běhounu nemůžeme mluvit jako o uchycení. Běhoun se skládá z dílu, ve kterém nalezneme kladky. Ty pojíždějí po více nosných lanech a tím se pohybuje celá kabina. Na rozdíl od uchycení, kde se pohybuje kabina společně s lanem, zde se pohybuje pouze běhoun, závěs a kabina.



Obr. 19 - Běhoun od firmy Dopplemayr [18]

4.5 Lano

Nosný prvek visutých lanových drah. Lana jsou vyrobena z ocelových pramenů, které se splétají. U kabinových lanových drah se používají dvě a více lan najednou, z nichž každé má svoji funkci.

Přehled lan používaných u lanových drah:

- **Nosné lano**
Pevně ukotvené nosné lano, které není pohyblivé. Vozy se po tomto laně pohybují pomocí běhounů. Aby se po něm mohl běhoun pohybovat, jsou u kabinových lanových drah používány minimálně dvě nosná lana.
- **Napínací lano**
Napínací lano pro připojení volného konce pevného nebo koncového lanového kotouče lanové smyčky k napínacímu závaží nebo k napínacímu zařízení. [20, str. 9]
- **Dopravní lano**
Lano, na kterém jsou připojené vozy. Jeho funkcí je přenášení pohybu na vozy.
- **Havarijní lano**
Důležité v případě krizové situace. Nahrazuje funkci tažného a nosného lana. Zajišťuje návrat vozů do stanice.
- **Signální lano**
Slouží k přenosu signálů, telefonních rozhovorů a video signálů.

5 Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy

Ohledně lanové dopravy se vždy kladl velký důraz na bezpečnost zařízení. Bezpečnostní požadavky jsou o to větší, jedná-li se o osobní lanovou dopravu. Pro navrhování osobních lanových drah jsou přísné bezpečnostní požadavky týkající se výroby, montáže, údržby a provozu. Při navrhování jsou používány nejen evropské normy, ale i příslušné evropské technické specifikace.

5.1 Všeobecné bezpečnostní zásady

Osobní lanové dráhy musejí být navrženy a provozovány podle popsaných zásad v tomto pořadí:

- vyhnout se nebo omezit rizika při navrhování a výstavbě,
- u rizik, kterým se při navrhování nelze vyhnout, provést ochranné opatření,
- realizovat ochranné opatření a snížit rizika, kterým není možno se úplně vyhnout předcházejícími a ochrannými opatřeními. [21, str. 11]

5.2 Nebezpečné případy

Rizikové situace, kterým je třeba se vyhnout. V případě nevyhnutelnosti rizik je nutno zajistit příslušná opatření dle normy ČSN EN 12929-1 Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy – Všeobecné požadavky.

- poruchy zařízení (výpadky, špatná funkce),
- porušení vzájemné funkční vazby mezi prvky,
- riziko vyvolané nesprávným chováním osob (provozních pracovníků, cestujících, atd.),
- vnější vlivy (laviny, bouře, sesuvy půdy).

5.3 Úrazy osob

Vyvolané nebezpečí může vést až k úrazu osob. V případě úrazu se posuzuje jeho vážnost:

- úraz v důsledku pádu z vozidla lanové dráhy, nebo způsobený pádem vozu,
- úraz způsobený sevřením osob (pohmoždění, rozdrcení),
- poškození zdravý z důvodu nepříznivých podmínek (velký mráz, silný vítr),
- ohrožení zdraví jiným způsobem než v předchozích případech.

5.4 Bezpečnostní studie

V případě navržení a zpracování projektu lanové dráhy je nutné dodat i bezpečnostní studii příslušné lanové dráhy. Jedná se o projekt, který popisuje do detailu chod zařízení. Bezpečnostní studie obsahuje: analýzu nebezpečných situací, závažnost rizika, popis opatření uvedených v projektu ke stanovení nebezpečných situací.

5.5 Profil lanové dráhy

Při výběru umístění lanové dráhy do terénu je nutné provést geologický a hydrologický rozbor podloží, přírodní nebezpečí dané oblasti a celkové vlastnosti terénu. U visutých lanových drah se určuje délka polí a jejich vzájemný poměr. Délka se určí tak, aby se zmírnilo nežádoucí dynamické chování lan.

Dalším zabezpečením je zabránění odjezdu špatně uchyceného vozidla k lanu. U některých typů lanových drah toto zabezpečení chybí, proto se k bezprostřední blízkosti stanice instalují ochranné sítě, které zmírní pád vozidla na zem.

5.6 Průjezd tratě

V případě provozu lanových drah se setkáváme s nepříznivým větrem, který vychyluje vozidla z průjezdného průřezu. Vychýlení může být:

- boční vychýlení lan,
- svislé vychýlení lan,
- boční kývání vozů,
- podélný výkyv vozů.

Všechny tyto vychýlení lze vypočítat ze vzorců uvedených v normách ČSN EN 12930 a ČSN EN 12929-1. [22]

5.7 Dovolená výška nad zemí

Maximální výška nad zemí se volí s ohledem na možnost evakuace. U visutých lanových drah s uzavřeným vozem nesmí přesáhnout výška 30 metrů. V některých případech, kdy je příznivější vést lano výše, dovolený limit přesahuje 60 metrů nad zemí. Tento limit je pouze pro lanové dráhy, které mají maximální počet kabin na jedné větvi pět. Nejčastěji se tato výška vyskytuje u kyvadlové dopravy. U lanovek s otevřenými vozy je tato výška značně omezena na pouhých 20 metrů. Ve výjimečných případech může dosáhnout 25 metrů.

5.8 Dopravní rychlost a vzdálenosti vozů

Rychlost lanové dráhy se volí s ohledem na použitý systém. Důležité je zvážit okolnosti:

- vedení pohyblivých lan, kladky,
- uchycení pevné nebo odpojitelné,
- kývání vozů,
- výstup a nástup cestujících,
- typ lanové dráhy,
- zajištění vypadnutí lana.

Vypočítaná dopravní rychlost, by měla tyto okolnosti splnit. U visutých lanových drah se dopravní rychlost volí tak, aby dostředivé zrychlení při průjezdu okolo podpěr nepřesáhlo $2,5 \text{ m/s}^2$. [22]

Interval závisí na typu lanové dráhy a na zatížení lana. U lanové dráhy s odpojitelným systémem uchycení se bere v úvahu zpomalování a zrychlování vozů v otočných stanicích. U tohoto typu lanové dráhy je ve stanicích samočinné sledování vozů.

5.9 Napínání a vedení lan

Podpírání lana je na trati zajištěno kladkami a lanovými kotouči. Velkým rizikem je vypadnutí lana. Tento problém lze vyřešit bezpečnostním opatřením. Podpěry lana jsou navrženy a rozmístěny tak, aby zaručily bezpečné vedení lana. Pro zhotovení podpěr platí norma EN 13223 Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy - Poháněcí a další mechanická zařízení. U dvou lanových drah jsou instalovány sledovací zařízení, která v rizikové situaci zastaví celou lanovou dráhu. Rizikovou situací se zde považuje:

- dojde-li ke kontaktu nosného a tažného lana,
- tažné lano se dostane do nesprávné polohy.

6 Návrh vlastní designové studie

6.1 Požadavky na kabinu lanové dráhy

Pro návrh vlastní studie kabiny lanové dráhy jsem vymezila několik požadavků, které by měla nově navržená kabina splňovat. Hlavní požadavek, na který jsem se zaměřila, je maximální pohodlí cestujících. Tento požadavek jsem se ve všech navržených variantách pokoušela co nejvíce splnit. Pro zajištění maximálního pohodlí cestujících jsem kladla důraz na dostatečný prostor, který ve dnešních typech kabinových lanových drah zcela chybí. Mým záměrem bylo navrhnout kabinu pro širokou veřejnost a zpřístupnit nejen pro děti, ale i pro osoby se sníženou pohyblivostí nebo s nadměrnou velikostí.

Dalším hlavním požadavkem bylo vymezení prostoru pro ukládání lyžařského vybavení. Ve většině dnešních kabin je zvykem držet před sebou lyžařskou výbavu, po celou dobu jízdy v kabině lanové dráhy. Tento způsob se však nezdá být příliš vhodný hlavně kvůli úrazům, které jsou způsobeny právě lyžařským vybavením.

V následujících bodech jsou stručně popsány požadavky:

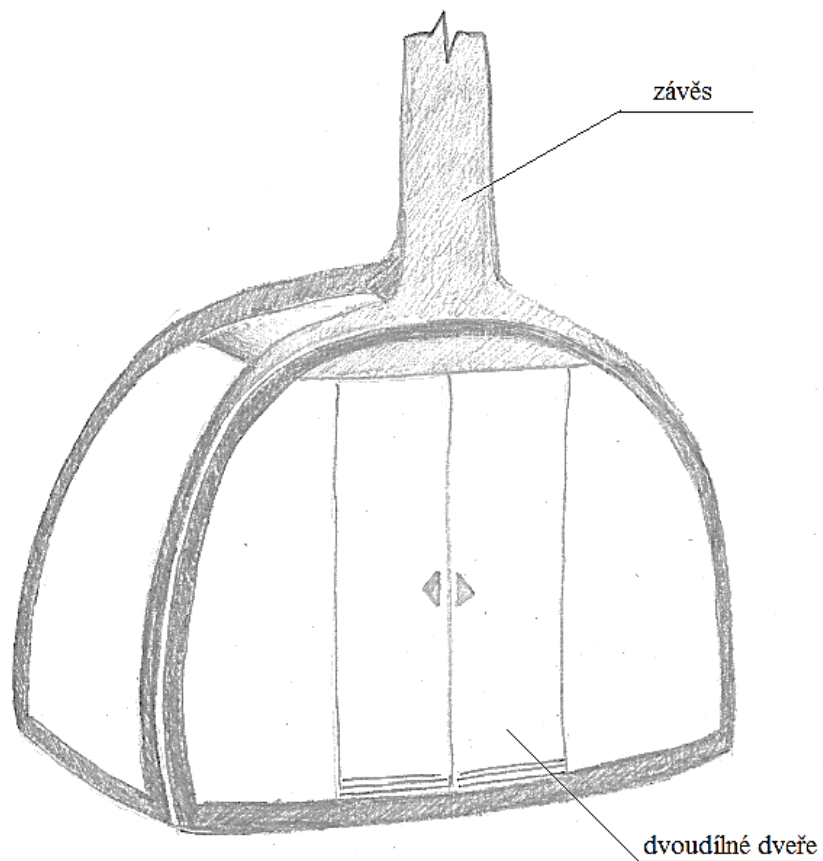
- jednoduchost uspořádání sedadel,
- bezpečnost cestujících při přepravě,
- ergonomická sedadla pro zajištění pohodlí cestujících,
- vymezení prostoru na odkládání lyžařského a snowboardového vybavení – tento prostor oddělit od prostoru pro cestující,
- umístění informačního panelu do kabiny lanové dráhy,
- vložení protiskluzných gumových desek na podlahu kabiny,
- zajištění dobrého výhledu z kabiny.

Pro zpracování vlastní designové studie jsem navrhla tři varianty kabin lanových drah.

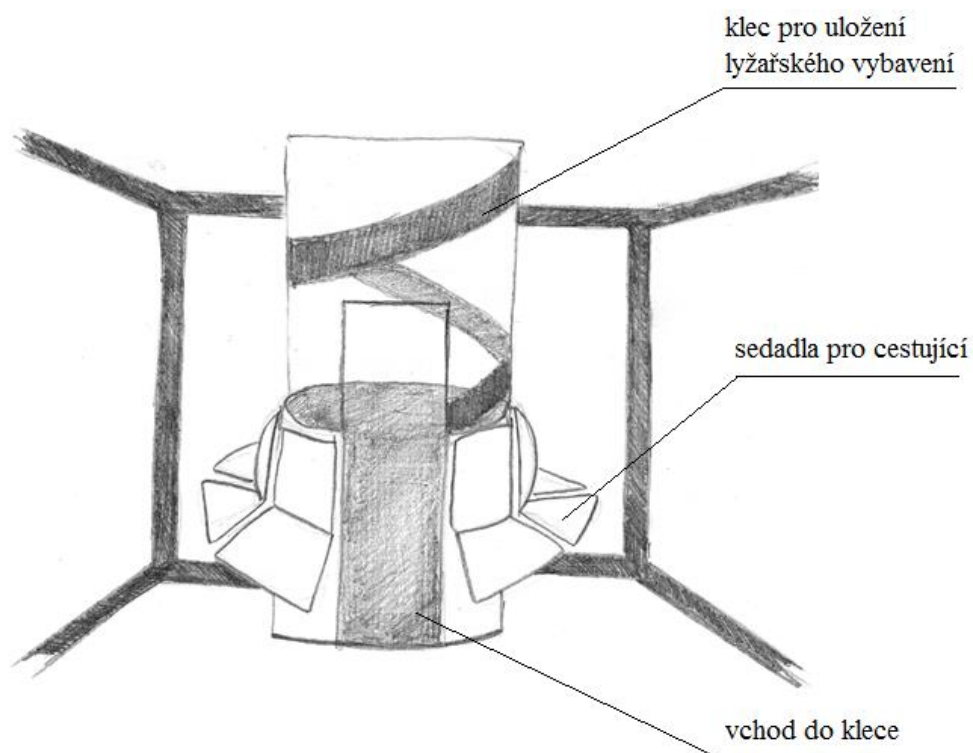
6.2 Varianta A

První variantou je kabina lanové dráhy čtvercového typu s obloukovým stropem. Na náčrtu BP KKS 06/1 je exteriér kabiny. Vstup do kabiny je zajištěn výklopnými dveřmi, které lze často spatřit i u tramvají. Spojení kabiny se závěsem je navrženo tak, aby nerušilo celkový ladný vzhled kabiny.

Interiér kabiny je řešen netradičním způsobem. Umístění sedadel je situováno do středu kabiny. Takovéto rozvržení sedadel zajistí větší prostor cestujícím a také mnohem lepší výhled z kabiny. Sedadla jsou rozmístěna do kruhu kolem klece, která se nachází v úplném středu kabiny. Klec je prosklená a slouží k odložení lyžařského i snowboardového vybavení. Velkou výhodou této varianty je, že nedochází k úrazům způsobeným kontaktem přepravovaných osob a lyžařského vybavení. Klec je dostatečně velká i na přepravování saní nebo bobů, které se do klasických nízkokapacitních kabin nevejdou.



BP KKS 06/1

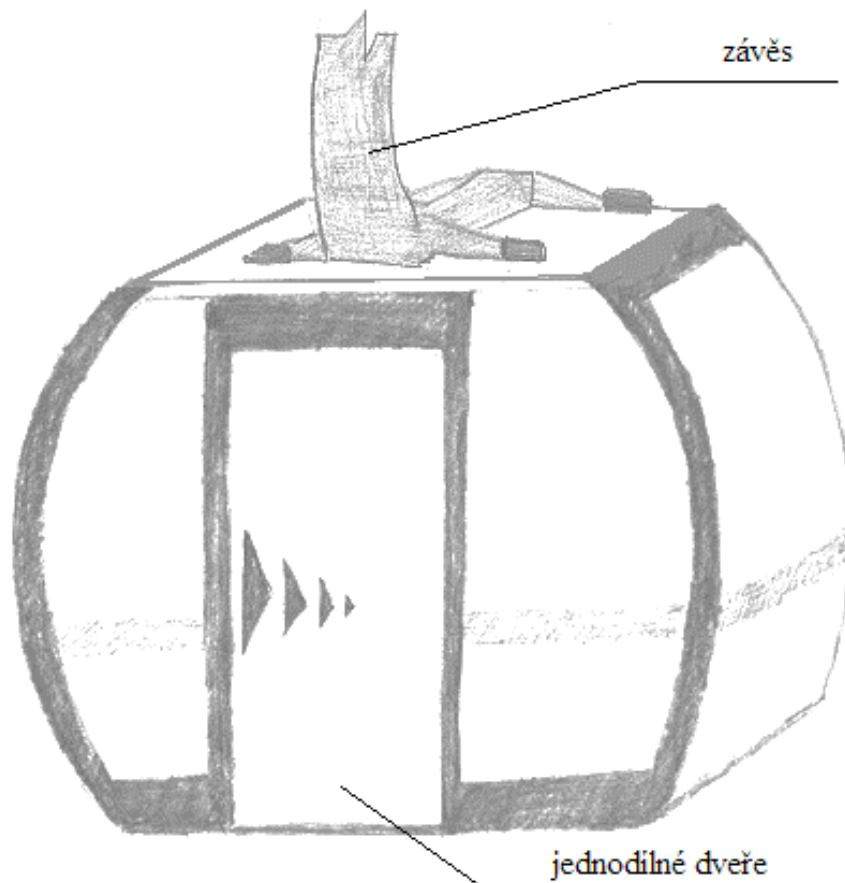


BP KKS 06/2

Klec, která je uprostřed kabiny, má rozdělení na menší přihrádky. Toto rozdělení zabraňuje smíchání cizího lyžařského vybavení. Kabina je nízkokapacitního typu.

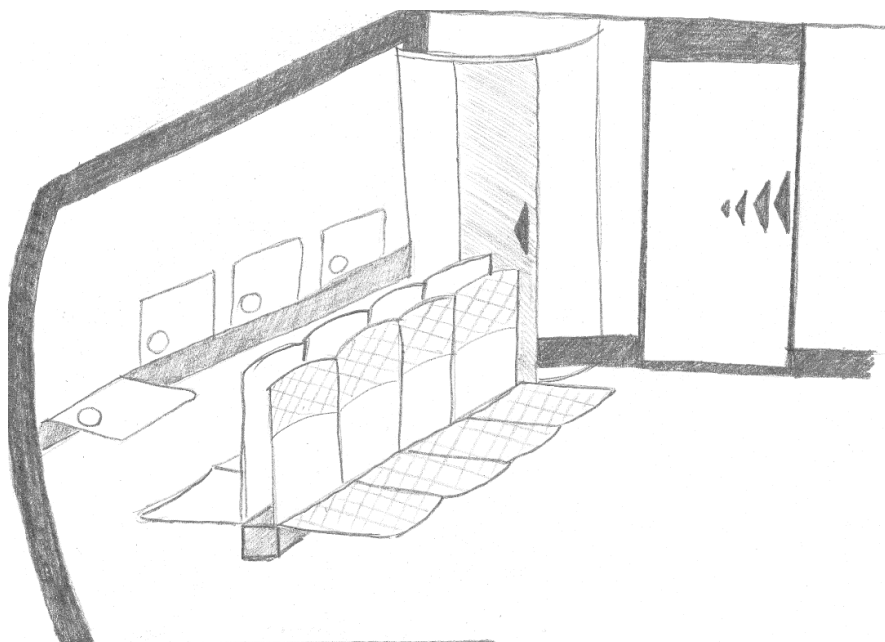
6.3 Varianta B

Druhou variantu, kterou jsem zpracovala, je kabina čtvercového tvaru. Tato kabina nepatří mezi vysokokapacitní. Mým záměrem u této varianty bylo především pohodlí a dostatečný prostor pro cestující.



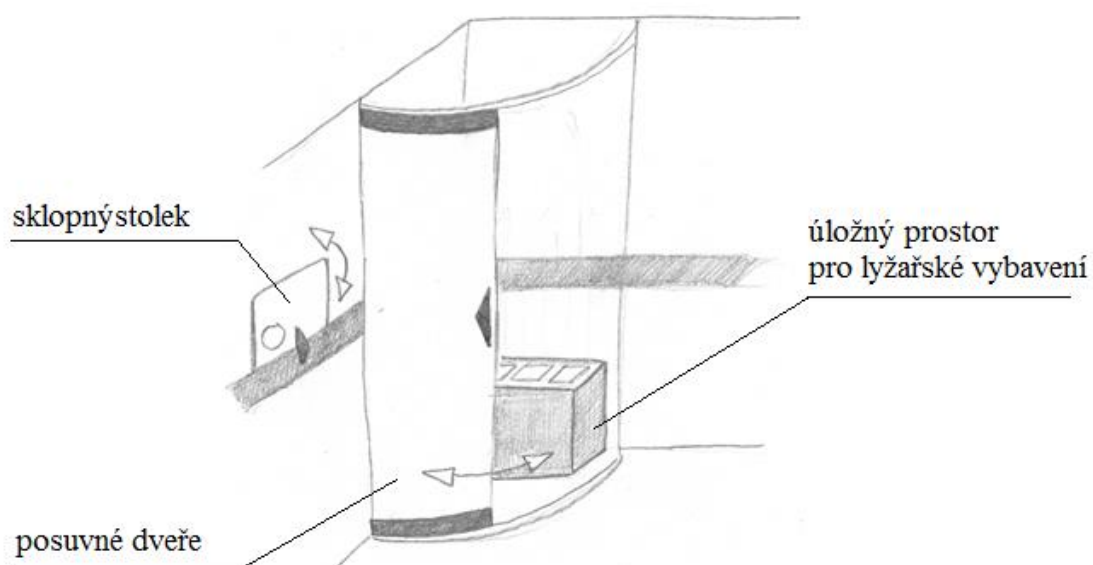
BP KKS 06/3

Jak je vidět na náčrtu BP KKS 06/3 má kabina pouze jeden díl dveří oproti variantě A. Dveře jsou zasazeny do horní a dolní lišty, ve které se pohybují při otevírání a zavírání. Na dveře jsem navrhla trojúhelníky, které symbolizují cestujícím, jakým směrem se budou dveře pohybovat. V dolní části kabiny je navržen nárazník, který chrání kabinu proti nárazům do nástupní plošiny ve stanicích.



BP KKS 06/4

Interiér kabiny tvoří několik zcela nových prvků. Jednou z prvních novinek je umístění informačního panelu. Tento panel poskytuje cestujícím informace například o: venkovní a vnitřní teplotě, nadmořské výšce, ve které se momentálně kabina nachází, počasí na horní stanici, dostupnost sjezdových tratí a v neposlední řadě výstražné a evakuační informace. Další novinkou jsou sklopné stolky na odkládání nápojů, jídla nebo také lyžařského vybavení. Sedadla jsou situována do středu kabiny.

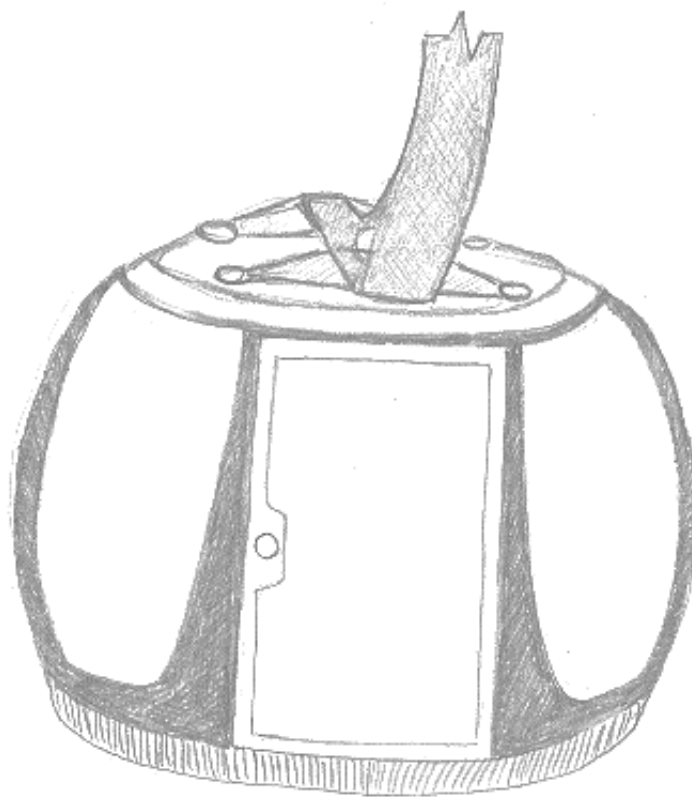


BP KKS 06/5

Umístění sedadel uprostřed kabiny umožní cestujícím volný výhled do krajiny. Každé sedadlo má vlastní sklápěcí stolek, který je umístěn přímo naproti němu. Na náčrtu BP KKS 06/5 je pohled na odkládací prostor, ten může být buď jen z části nebo úplně uzavíratelný. Na obrázku je pomocí šipek znázorněno sklápění stolku a otevírání úložného prostoru. Tento prostor může být umístěn v obou rozích kabiny blíže ke dveřím.

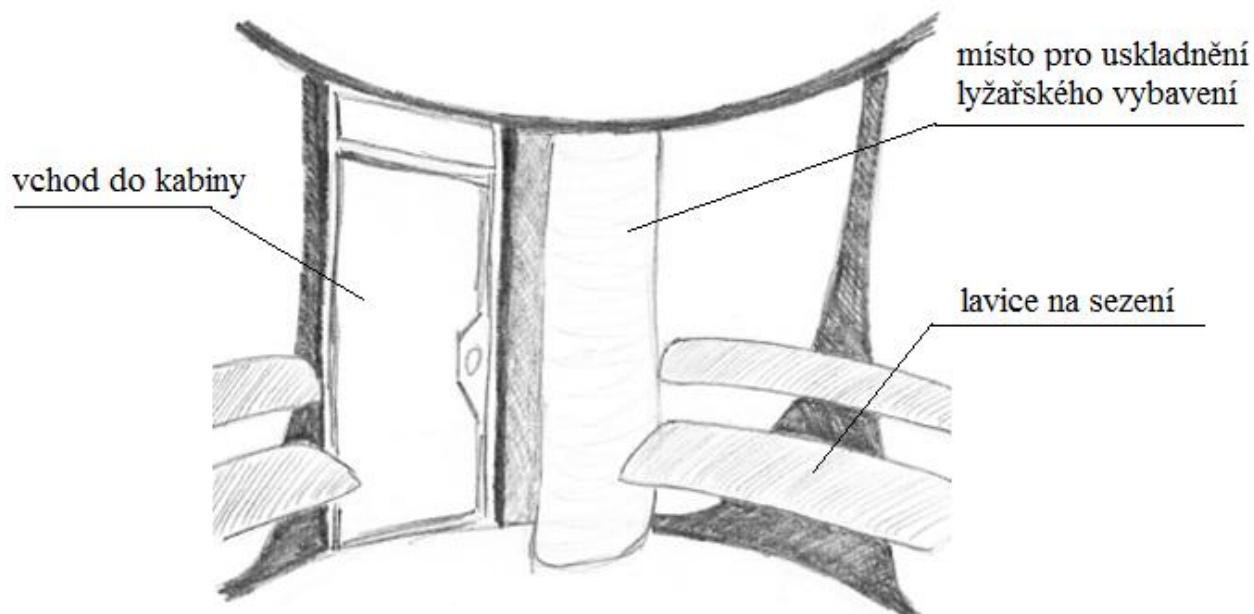
6.4 Varianta C

Třetí variantou je kabina lanové dráhy kulatého tvaru. V této variantě jsem se snažila navrhnout konstrukci kabiny, aby nejen splnila svůj účel, ale aby také působila ladným dojmem. Okna kabiny jsou inspirována listy květů. Dveře jsou pouze jednodílné a pohybují se po kolejnici.



BP KKS 06/6

Při vstupu do kabiny je po levé straně průhledný kout na odkládání lyžařského a snowboardového vybavení. Opět zde při jízdě nedochází ke kontaktu cestujících s lyžařským vybavením. Na místo jednotlivých sedaček je po obvodu kabiny umístěná polstrovaná lavice. Do této varianty jsem umístila informační panel nad posuvné dveře.



BP KKS 06/7

6.5 Výběr nejvhodnější varianty

Pro výběr nejvhodnější varianty jsem použila metodu přímého stanovení vah kritérií. Metoda je založená na přiřazení určitého počtu bodů ze zvolené stupnice každému kritériu. Bodovací stupnici jsem nastavila desetibodovou. Významnější kritérium má nejvíce bodů. [5]

Stanovení kritérií:

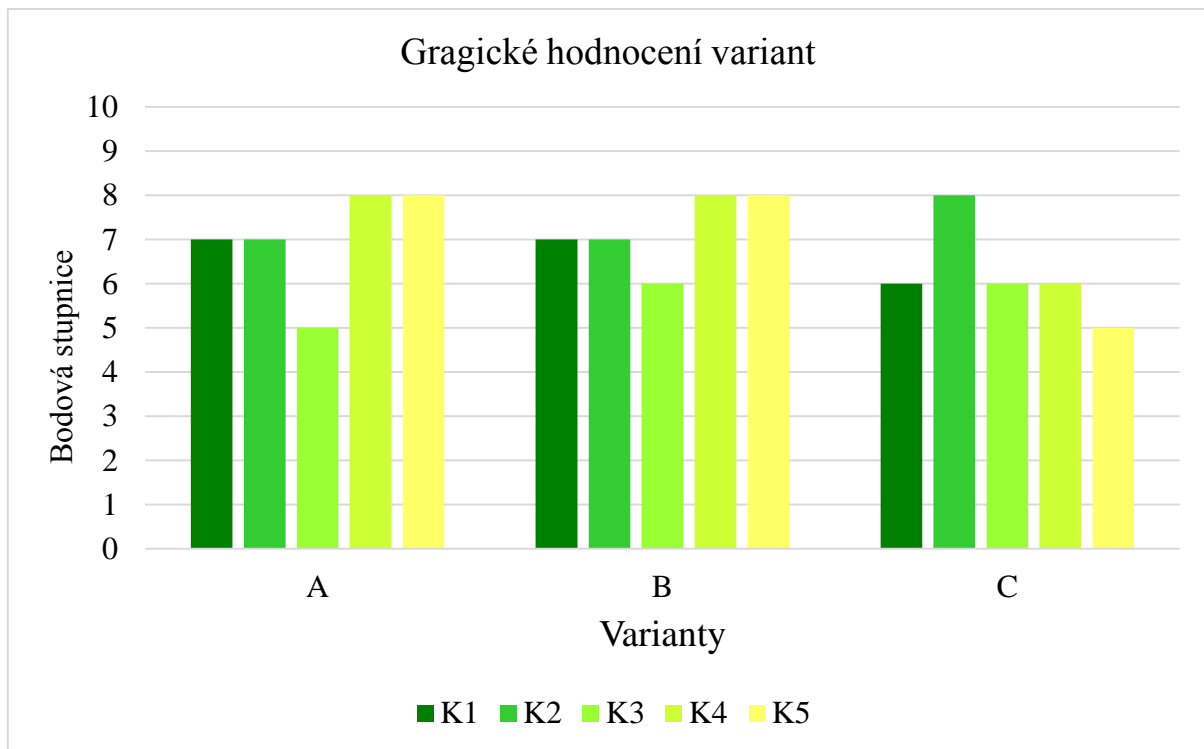
Bezpečnost cestujících při přepravě	K ₁
Jednoduchost uspořádání sedadel	K ₂
Jednoduchost řešení odkládacího prostoru	K ₃
Prostor kolem cestujících	K ₄
Výhled z kabiny	K ₅

Kritérium	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Součet
Počet bodů	10	7	7	6	4	34
Normová váha	0,28	0,21	0,21	0,18	0,12	1

Tab. 1 - Stanovení vah kritérií pomocí bodovací stupnice

Varianta	Kritéria					Celkem bodů
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	
A	7	7	5	8	8	35
B	8	7	6	8	8	37
C	6	8	6	6	5	31

Tab. 2 - Ohodnocení variant



Obr. 20 - Grafické hodnocení variant

Z grafického hodnocení vyplývá, že nejvhodnější variantou se jeví varianta B. Tato varianta nejlépe splňuje hlavní kritérium: bezpečnost cestujících při přepravě.

6.6 Rozpracování vybrané varianty

Při navrhování kabiny lanové dráhy se nejprve provádí ověření vozu.

6.6.1 Ověřování kabiny oběžné dvou lanové dráhy

Zatěžovací případ	Trat' a stanice	Na trati	Stanice	Na trati
	11	12	13	14
Vlastní tíha	G	G	G	G
Užitečné zatížení	Q	Q	Q	Q
Působení větru		F_W		
Síla vyvolaná cestujícím			H_{Xl}, H_{Yl}	
Reakční síla při vjezdu do stanice		R		
Součinitel bezpečnosti	3	2	1,6	1,2

Tab. 3 - Ověřování kabiny oběžné dvou lanové dráhy

Vlastní tíha (G)

Vlastní tíha kabiny lanové dráhy je tíha celé kabiny v konečném provedení. Tato tíha zahrnuje i všechny doplňující prvky, jako jsou ovládání, vnitřní vybavení atd.

Užitečné zatížení (Q)

Je zatížení, které zahrnuje veškeré přepravované pohyblivé elementy. V této bakalářské práci jsou elementy osoby a jejich příslušenství. Při dopravě osob je brána hmotnost jedné osoby 80 kg, z toho 5 kg je vybavení.

Působení větru (F_W)

Vítr se zde uvádí jako celková síla. Pro výpočet této síly se bere v úvahu působení větru v obzvlášť větrných místech. Působení větru se stanovuje na prázdnou kabinu. Výsledná síla větru se obecně stanoví z ENV 1991-2-4 podle rovnice:

$$F_W = q_{ref} \times C_e(Z_e) \times C_d \times C_f \times A_{ref} \quad [kN]$$

kde

q_{ref} referenční střední dynamický tlak;

$C_e(Z_e)$	součinitel stanoviště;
C_d	dynamický součinitel;
C_f	součinitel síly;
A_{ref}	příslušná plocha pro C_f .

Síla vyvolaná cestujícími (H_{X1} , H_{Y1})

- Podélná síla způsobená cestujícími (H_{X1})
Jedná se o dynamickou sílu vyvolanou cestujícími na vnější a vnitřní stěny vozů, dveře, sedadla nebo zábradlí ve směru pohybu. Pro vozy s kapacitou do 40 osob se tato síla stanovuje:

$$H_{X1} = 5000 - 100 \times (40 - n) \quad [N/m]$$

kde

n počet cestujících dopravovaných v kabině.

- Příčná síla způsobená cestujícími (H_{Y1})

Dynamická síla působící kolmo ke směru pohybu cestujících na stěny vozu, dveře, sedadla nebo zábradlí. Pro vozy s kapacitou do 40 osob se hodnota vypočítává podle vzorce:

$$H_{Y1} = 2500 - 30 \times (40 - n) \quad [N/m]$$

kde

n počet cestujících dopravovaných v kabině.

Reakční síla při vjezdu do stanice (R)

I zde se jedná o dynamickou sílu, která je v tomto případě vyvolaná vedením vozu oběžných lanových drah při vjezdu do stanice.

6.6.2 Navrhované materiály

Všechny používané materiály musí odpovídat EN 12929-1. Konstrukce kabiny lanové dráhy musí být odolná vůči korozi. Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím volbu materiálu je podnebí (teplota), ve které bude lanová dráha provozována. Na konstrukci lanové dráhy se používá ocel. Při výběru oceli se bere v úvahu nejnižší pracovní teplota, tloušťka součástí a zatěžovací podmínky. Těmto parametrům plně vyhovuje ušlechtilá konstrukční ocel třídy 12 050. V případě svařovaných prvků musí být jejich svařitelnost zaručena. Samotný plášť kabiny lanové dráhy je vyráběn z PMMA (polymethylmetakrylát). PMMA je v tomto případě nejvýhodnějším materiálem, díky jeho nízké hmotnosti a dobré odolnosti.

6.6.3 Úložný prostor na vybavení

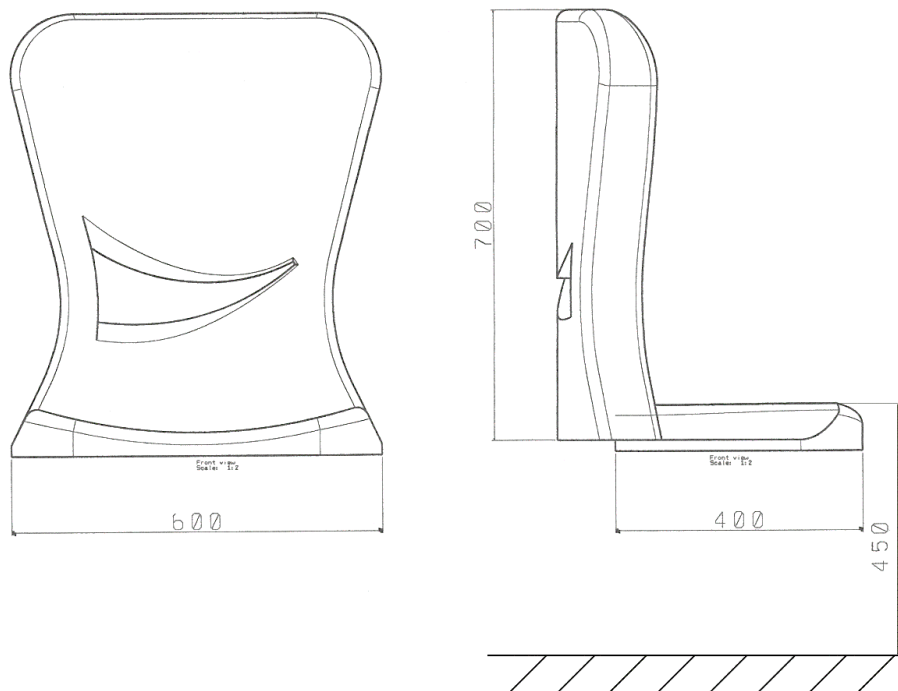
Úložný prostor slouží k ukládání lyžařského a snowboardového vybavení. Úložný prostor bude umístěn za vstupní posuvné dveře. Jeho maximální kapacita je počet tří snowboardů a šesti párů lyží a hůlek. Rozměry úložného prostoru jsem navrhovala podle vlastních zkušeností s tímto zařízením. Rozměry by měly být dostačující k tomu, aby se vybavení do sebe nezamotávalo a nedocházelo tak ke vzájemnému poškození.

6.6.4 Navržení sedadel, madel a prostoru pro cestující

Sedadla kabiny lanové dráhy jsou podobná, jako pro tramvajové vozy. V kabině lanové dráhy budou všechny sedáky sedadel vytápěné. Sedadla jsem situovala do středu kabiny.

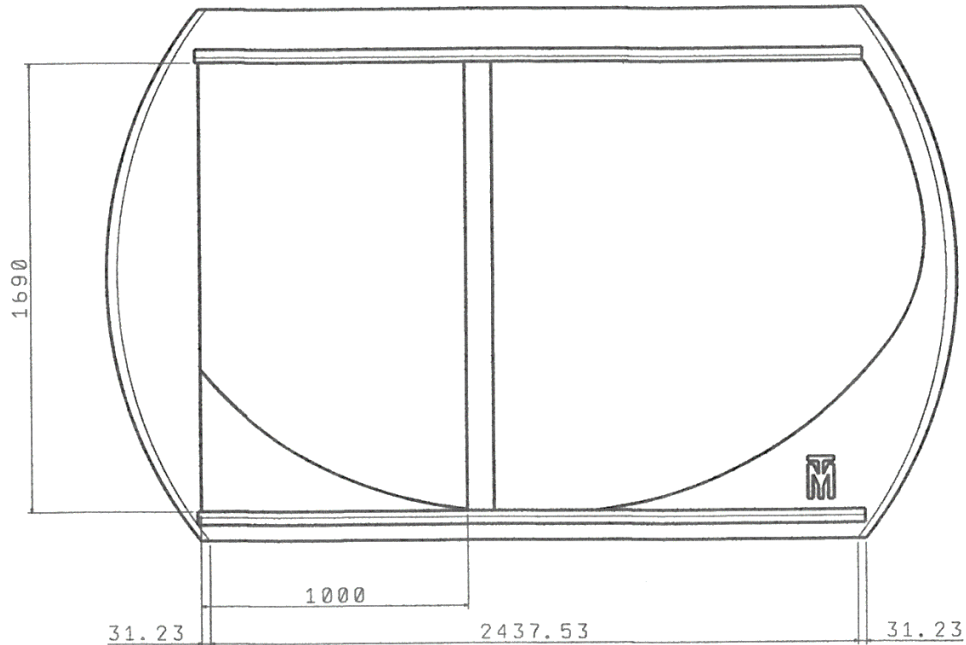
Rozměry sedadla:

- minimální povolená hloubka sedáku je předepsaná na 400 mm,
- výška, ve které je sedadlo umístěno je předepsaná na 400 mm až 500 mm k sedací ploše,
- šířka sedadla je dána počtem sedadel vedle sebe, minimální šířka je však 450 mm. Pro větší komfort cestujících jsem však zvolila šířku sedáku 600 mm.

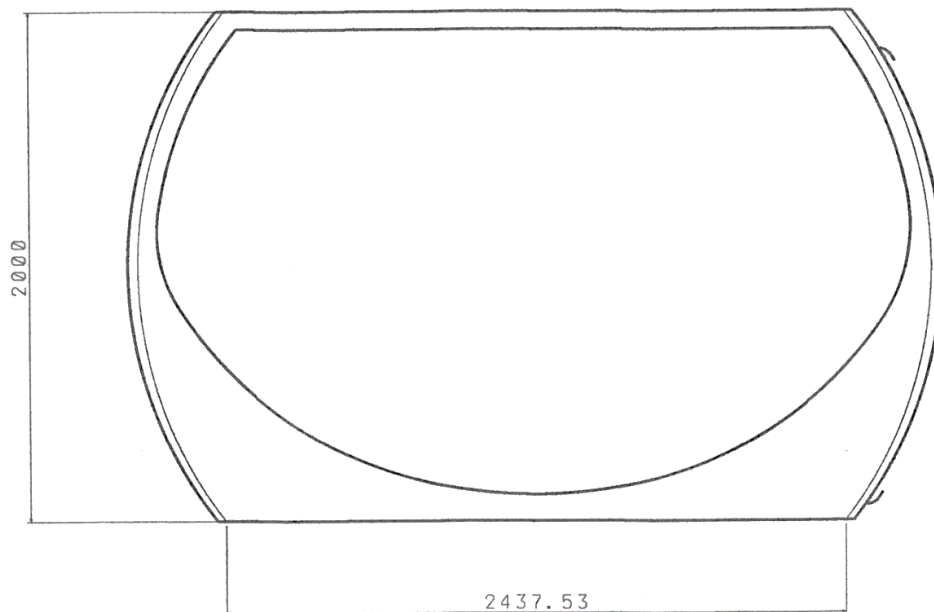


Obr. 21 - Narys a bokorys sedadla s hlavními rozměry

Kabina je navržena pouze pro sedící cestující. Pro určení mezního počtu cestujících v kabině, vztažený na plochu podlahy, pak můžeme vzít jako závazný předpis nejbližší normu ČSN 281300 - Tramvajová vozidla - technické požadavky a zkoušky. Podle této normy je maximální počet cestujících 8 osob / m². Předpokládá se hmotnost cestujícího 70 kg, bez zavazadel. Údaj 8 osob / m² je nutno brát jako limitní a krátkodobý v době dopravní špičky. Jedná – li se o lanovou dopravu je předpokládána hmotnost cestujícího 80 kg, z toho je 5 kg hmotnost vybavení (lyže, snowboard). [24]



Obr. 22 - Rozměry kabiny a dveří do kabiny



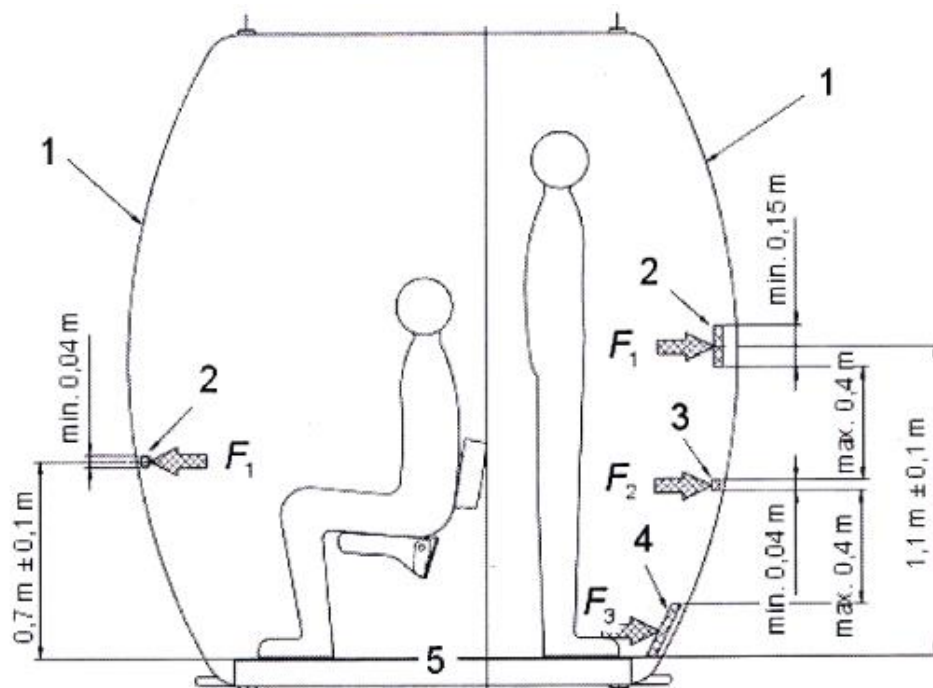
Obr. 23 - Boční pohled na kabinu lanové dráhy

Celkový obsah kabiny:

$$a = 2500 \text{ mm} = 2,5 \text{ m}$$

$$S = a^2 = 2,5^2 = 6,25 \text{ m}^2$$

V případě přepravy osob v kabině lanové dráhy je nutné kabinu vybavit madly. U cestujících, kteří sedí tváří ke stěně je madlo dle normy ČSN EN 13796-1 umístěno do výšky $0,70 \text{ m} \pm 0,10 \text{ m}$. Toto madlo o výšce 4 cm je dimenzováno na sílu F_1 rovnou $2/3$ sil F_{X1} a F_{Y1} (tyto síly jsou stanoveny v kapitole 6.6.1 - Síla vyvolaná cestujícím (H_{X1} , H_{Y1})). Mezi madlem a podlahou je potom rozložena zbytková síla F_2 . Kabina musí být dále vybavena okopávací zábranou. Je důležité, aby tato zábrana nebyla využívána jako stupadlo. Okopávací zábrana je dimenzována s uvážením jednotlivé díly $F_1 = 2000 \text{ N}$ působící na jakémkoliv místě na plochu 10 cm^2 . [23, str. 43]



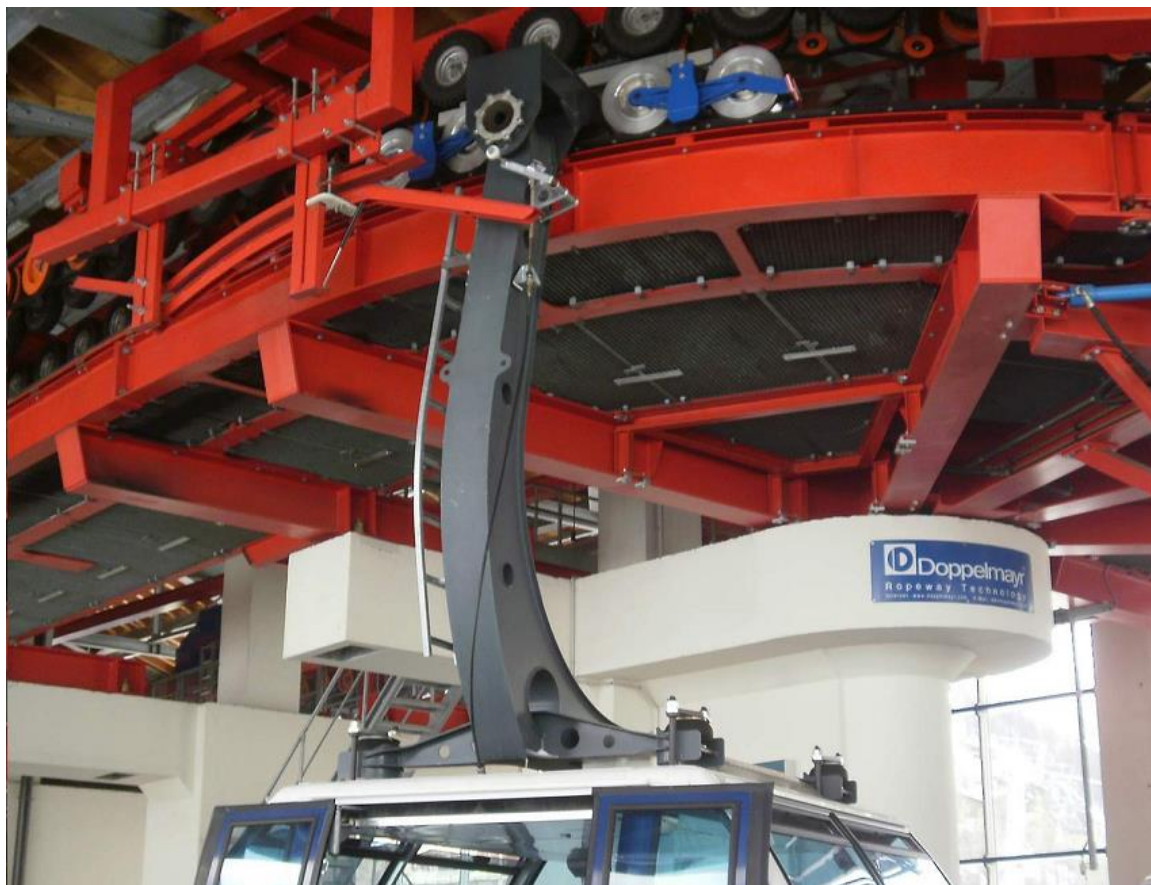
Legenda

- 1 stěna
- 2 madlo
- 3 spodní madlo
- 4 okopová zábrana
- 5 podlaha

Obr. 24 - Schéma umístění madel a okopových zábran [23]

6.6.5 Volba závěsu

Pro navrhovanou kabinu lanové dráhy jsem zvolila podobný závěs od firmy Doppelmayr, který jsem měla možnost na vlastní oči spatřit ve Francouzském Val d'Isère. Díky vstřícné obsluze jsem se mohla dostat do bezprostřední blízkosti a zapsat si hlavní rozměry tohoto závěsu, které jsou jen přibližné. Na následujících fotkách je závěs vyfocen.



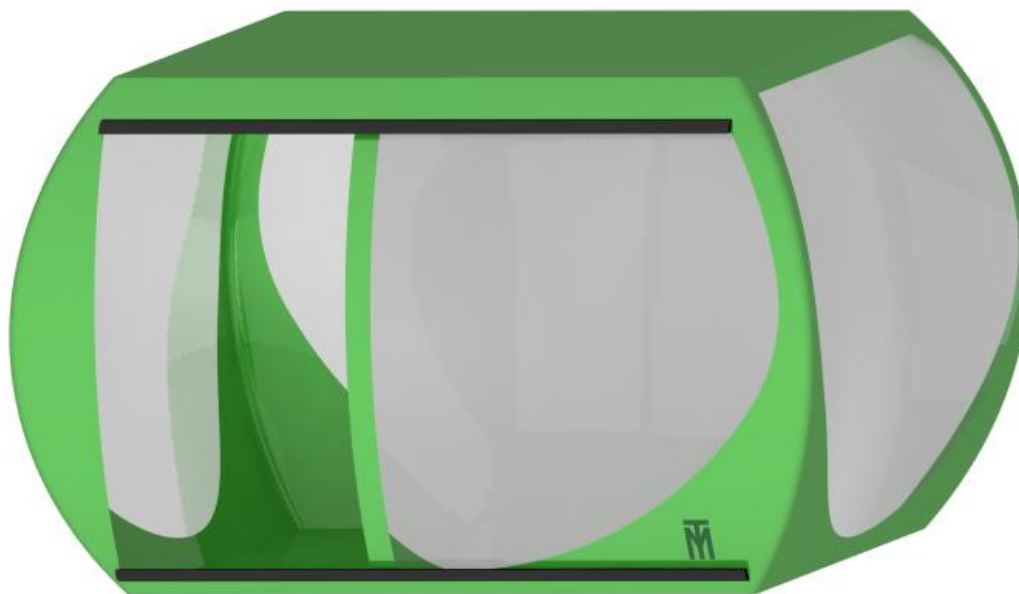
Obr. 25 - Dolní stanice ve Val d'Isère, pohled na závěs od firmy Doppelmayr



Obr. 26 - Přední pohled na závěs

6.6.6 Design pláště kabiny lanové dráhy

Na Obr. 27 je návrh tvaru kabiny. V popředí je vchod s polovičním oknem. Tvar oken je řešen tak, aby zajistil co možná největší výhled. Plášť ve tvaru bubliny je organickým základním tvarem představující měkkou linii. Působí tedy ladným dojmem na okolí. Záměrem bylo zvolit takový vzhled, aby kabina co nejlépe zapadla do krajiny, proto barevnost pláště nebude výrazná. V tomto případě se spoléhám na všemi známe rčení, že v jednoduchosti je krása.



Obr. 27 - Návrh tvaru a oken kabiny



Obr. 28 - Pohled na logo kabiny lanové dráhy

7 Konstrukční návrh vybraného uzlu

Na výkresu BP KKS 14-01 jsou pouze hlavní rozměry závěsu v sestavě s běhounem. Pomocí programu NX 8.5 byl závěs vymodelován a zatížen silou, která se rovná váze kabiny se všemi zařízeními a s plně obsazeným prostorem cestujícími.

Závěs je svařenec z plechů o stejných tloušťkách, který je hlavní nosnou konstrukcí pro kabinu lanové dráhy. Použity byly plechy o tloušťce 10 mm. Požadována je především kontrola tuhosti navržené konstrukce a napětí v kritických místech. Navržený závěs je ve skutečnosti zatížen nejen statickými ale i dynamickými silami, které v této práci zvažovány nejsou. Jeho návrh musí odpovídat tak, aby bylo schopno udržet ve vodorovné poloze hmotnost kabiny, hmotnost přepravovaných pasažérů a přídatných zařízení v kabině.

Celková hmotnost, kterou musí závěs splňovat je:

$$m_c = m_k + m_p + m_z$$

kde

m_c	celková hmotnost
m_k	hmotnost kabiny
m_p	hmotnost cestujících
m_z	hmotnost přídatných zařízení

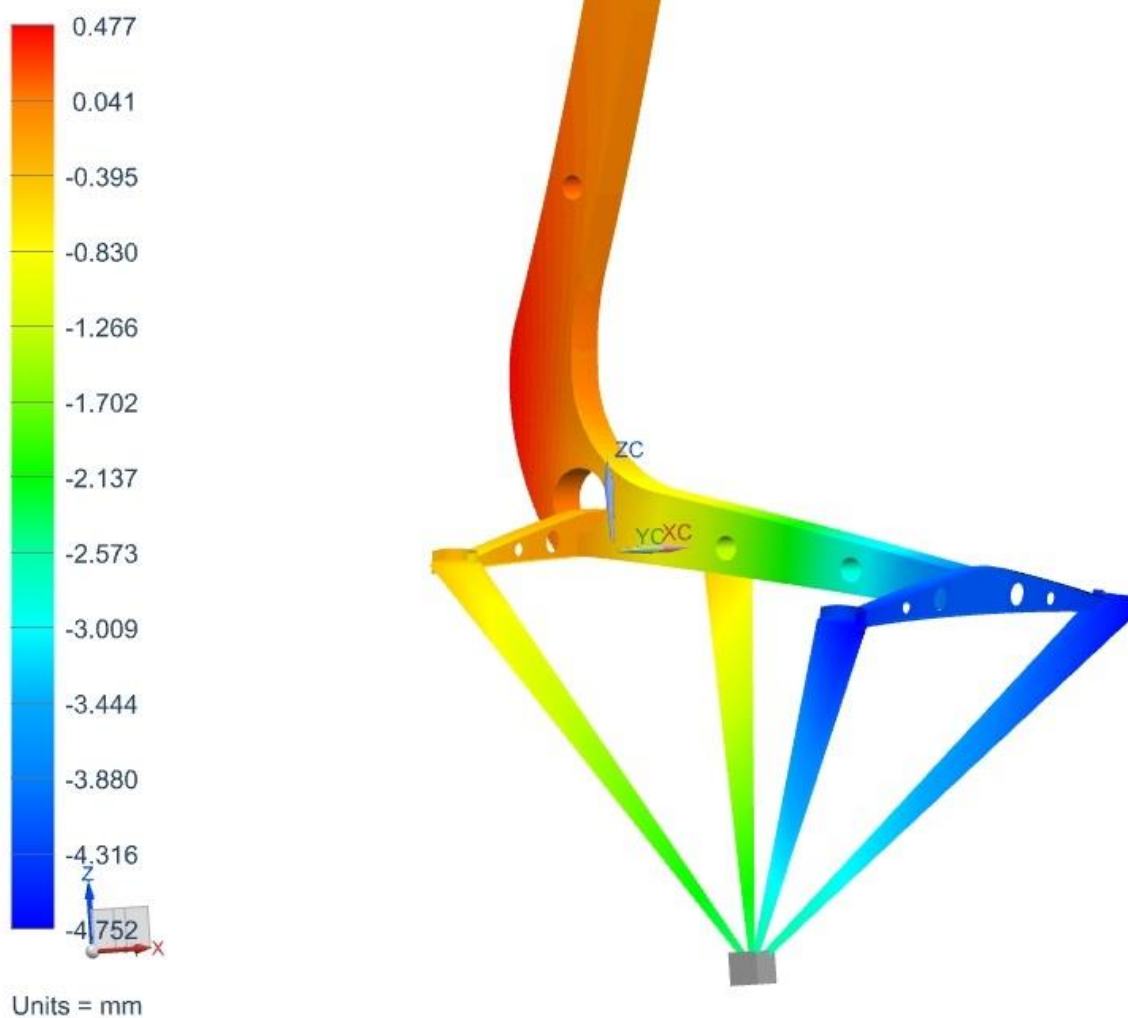
Závěs, který je ve skutečnosti 3D svařenec, byl pomocí výpočtového programu idealizován na 2D plochy. To znamená, že každý plech o příslušné tloušťce byl zjednodušen do střednice své plochy. Pomocí vazeb byla zajištěna návaznost 2D elementů.

Poté byl model rozřezán na pomocné části. Každá část byla síťována 2D sítí zvlášť. Výsledný idealizovaný a síťovaný model byl vetknut v horní části do posunutého těžištního bodu závěsu. Tento posunutý těžištní bod ve skutečnosti nahrazuje běhoun, ke kterému je závěs otočně uchycen. Ve spodní části je závěs zatížen hmotným bodem s hmotností m_c .

7.1 Výsledky analýzy

Obr. 29 znázorňuje posunutí závěsu v ose Z. Je patrné, že maximální posunutí je takřka na zanedbatelných 0,477 mm. Na Obr. 30 je znázorněné napětí. Nejkritičtější místem s nejvyšším napětím je záhyb závěsu a místo k uchycení. V místě uchycení dosahuje napětí 50,65 Mpa.

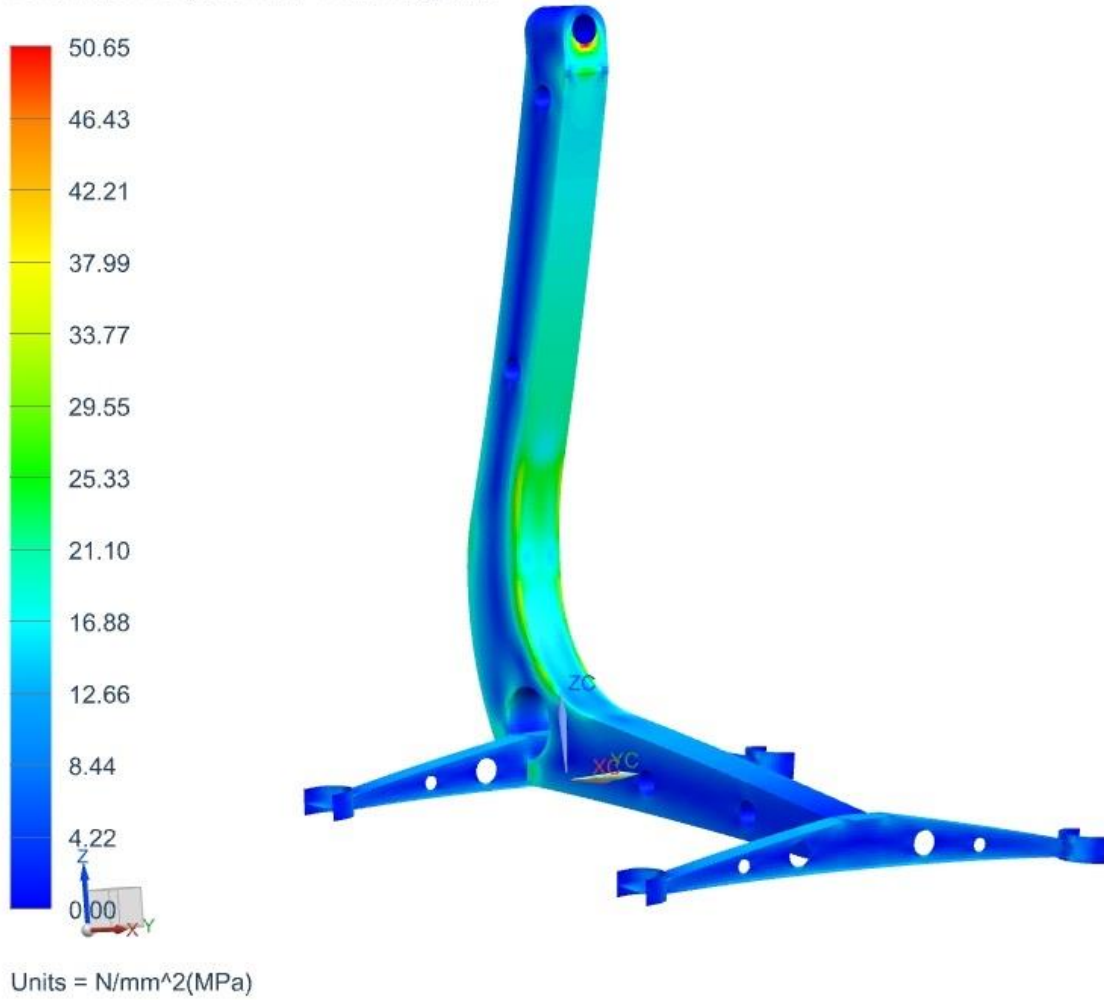
zaves_s : zaves Result
Subcase - Loads, Constraints 1, Static Step 1
Displacement - Nodal, Z
Min : -4.752, Max : 0.477, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



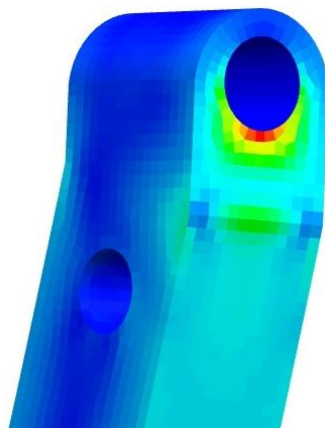
Obr. 29 - Posun v ose Z

Minimální posun v ose Z: - 4,752 mm, Maximální posun v ose Z: 0,477 mm

zaves_s : zaves Result
Subcase - Loads, Constraints 1, Static Step 1
Stress - Elemental, Von-Mises
Shell Section : Top
Min : 0.00, Max : 50.65, Units = N/mm²(MPa)
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obr. 30 - Maximální napětí: 50,65 Mpa



Obr. 31 - Detailní pohled na místo s maximálním napětím

Výpočet dovoleného napětí σ_D :

$$\sigma_D = \frac{Re}{k}$$

kde Re ...mez kluzu materiálu

k ...míra bezpečnosti

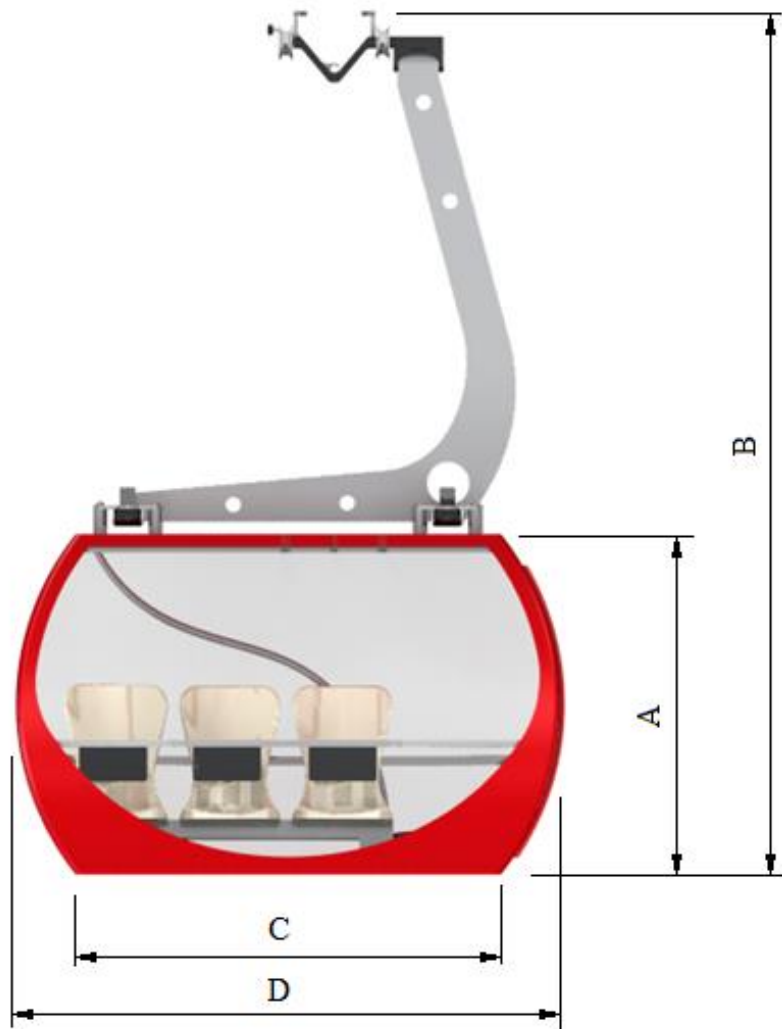
Pro materiál 12 050 je mez kluzu $Re = 325 \text{ Mpa}$. Volba koeficientu bezpečnosti pro konstrukci lanové dráhy byla konzultována s obsluhou lanové dráhy. Vzhledem k použití závěsu pro dopravu cestujících je zvolena míra bezpečnosti $k = 5$. Pro porovnání s normou ČSN EN 12927-2 má být součinitel bezpečnosti pro lano namáhané na tah více než 4. I z tohoto předpokladu volím bezpečnost konstrukce vyšší. [25]

$$\sigma_D = \frac{Re}{k} = \frac{325}{5} = 65 \text{ Mpa} \quad 65 \text{ Mpa} > 50,65 \text{ Mpa} \rightarrow \text{podmínka je splněna}$$

Výpočet využití:

$$\frac{\sigma_{skut}}{\sigma_D} 100 = \frac{50,65}{65} 100 \doteq 78 \%$$

8 Popis částí kabiny lanové dráhy



Obr. 32 - Boční pohled

8.1 Základní rozměry

A	Výška kabiny	2 000	[mm]
B	Celková výška kabiny se závěsem a běhounem	5 020	[mm]
C	Šířka kabiny	2 500	[mm]
D	Šířka kabiny v nejširší části	3 200	[mm]

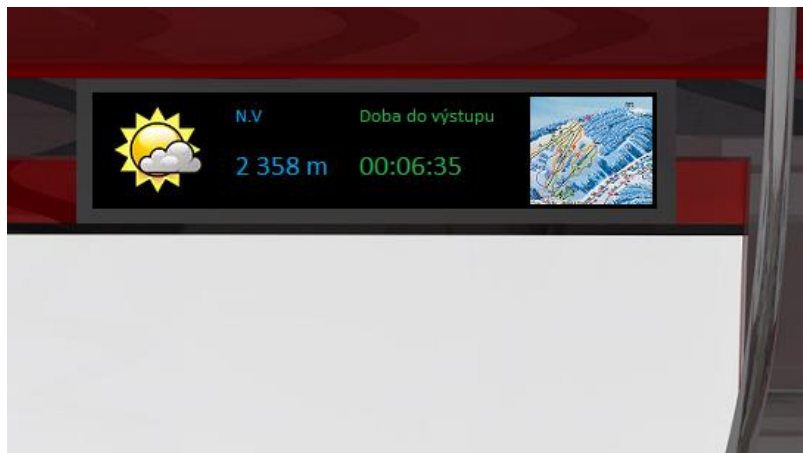
8.2 Základní popis

Hlavním zásadním rozdílem ve srovnání dnešních lanových drah je množství prostoru, která nově navržená kabina nabízí. Kapacita je pouze šest sedících osob. Jedná se tak o nízkokapacitní kabinu lanové dráhy. Široké posuvné dveře umožňují nástup do vozu i pro cestující se sníženou pohyblivostí. Tato varianta je především zaměřena na dopravu lyžařů a snowboardistů na vrcholky hor. Základním vybavením kabiny je úložný prostor nacházející se za posuvnými dveřmi, který je detailněji popsán v kapitole 6. Samozřejmostí jsou vyhřívaná

sedadla, která jsou opatřena přídatnými sklopnými stolky na protější stěně. Uspořádání sedadel je navrženo tak, aby cestujícím nepřekáželo nic ve výhledu z oken. Okna zaujímají většinu plochy stěn.



Obr. 33 - Pohled na sedadla a stolky ve sklopené poloze



Obr. 34 - Informační panel

Informační panel, který poskytuje cestujícím základní informace je umístěn do interiéru kabiny nad posuvné dveře. Na obrázku Obr. 34 panel znázorňuje:

- aktuální předpověď počasí,
- nadmořskou výšku, ve které se momentálně kabina nachází,
- dobu do výstupu v horní stanici,
- sjízdnost a sněhové podmínky tratí.

Tyto informace mohou být doplněny i o bezpečnostní informace a varovné signály.



Obr. 35 - Podlaha v kabině

Podlaha v kabině je vybavena protiskluznými pásy, které jsou umístěny pouze na místech určených k pohybování osob. Materiál pásů je guma, která je střižená do designově uspořádaných vln.

9 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat designovou studii lanové dráhy, která přináší velký komfort cestujícím a řadí se mezi nejmodernější trendy v dnešní výrobě lanových drah.

V první části se bakalářská práce zabývá historií lanových drah. Průletem chronologicky seřazených významných dat, které byly zásadní pro lanovou dopravu, se dostáváme až k přehledu současného stavu. Součástí této kapitoly je přehled nejmodernějších kabin a řešerše stávajících výrobců. Nechybí ani přehled druhů lanových drah. V dalším kroku jsou popsány hlavní bezpečnostní požadavky na navrhování kabiny. Nedílnou součástí bezpečnosti je přehled lan od tažných až po havarijní. Po přehledu a popisu lanových drah, bylo přistoupeno k návrhu vlastní varianty. Prvním krokem bylo vymezení několika požadavků, které by měla nově navržená varianta kabiny lanové dráhy splňovat. Pro navržení nejoptimálnější kabiny byly vypracovány tři varianty, které se následně posuzovaly již zmíněnými požadavky. Jedním z hlavních kritérií pro posuzování byla bezpečnost cestujících při přepravě a jednoduchost uspořádání sedadel v kabině. Důležitým požadavkem se také stalo vymezení prostoru pro ukládání lyžařského a snowboardového vybavení. S pomocí vyhodnocovací analýzy byla vybrána optimální varianta, která hlavní požadavky splnila nejlépe, a dále následovalo její rozpracování. Zde byly také vymezeny způsoby ověřování kabiny lanové dráhy. Navržení interiéru a exteriéru probíhalo již s určenými hlavními rozměry kabiny. Kabina byla vybavena informačním panelem, sklopnými stolky a vyhřívanými sedadly. Další výhodou jsou široké vstupní dveře, které umožňují vstup do kabiny i pro cestující se sníženou pohyblivostí.

V poslední části se bakalářská práce zabývá konstrukčním návrhem závěsu, který vyhovuje parametrům nové kabiny. Pro inspiraci byl zvolen podobný závěs konstruovaný firmou Doppelmayr. Modelování a následné zatížení závěsu bylo provedeno pomocí programu Siemens NX 8.5. Z konečné analýzy vyplývá, že konstrukční návrh závěsu vyhovuje zatížení, kterému má být závěs vystaven při běžných provozních podmínkách. Jednou z možných idealizací do budoucnosti je snížení napětí, které je vyvolané v uložení závěsu do běhounu.

Výsledný model kabiny lanové dráhy byl zpracován pomocí programu CATIA V5R20 v prostředí Generative Shape Design.

10 Použité zdroje

1. Knižní publikace

- [1] HONS, J. *Horské dráhy světa*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1985
- [2] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra I*. Brno: Computer Press, 1999
- [3] CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha: ČVUT, 1993
- [4] KOLESÁR, R. *Kapitoly z dějin designu*. Praha: Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2009
- [5] FOTR, J. ŠVECOVÁ, L. A KOLEKTIV *Manažerské rozhodování postupy, metody a nástroje*. Praha: Nakladatelství Ekopress, s. r. o., 2010

2. Internetové zdroje

- [6] [http:// www.arber.de](http://www.arber.de)
- [7] <http://www.panoramio.com>
- [8] <http://travel.spotcoolstuff.com>
- [9] <http://www.solidbau.at>
- [10] <http://www.lanove-drahy.cz>
- [11] <http://www.doppelmayr.cz>
- [12] <http://tatralift.eu>
- [13] <http://www.tignes.net>
- [14] <http://orlickehory.net>
- [15] <http://www.cenkovice.com>
- [16] <http://www.lanove-drahy.cz>
- [17] <http://www.strutpatent.com>
- [18] <http://www.doppelmayr.cz>
- [19] <http://ust.fme.vutbr.cz>

3. Ostatní zdroje

- [20] *Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy – Terminologie ČSN EN 1907*
- [21] *Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy – Všeobecné požadavky ČSN EN 12929-1*
- [22] *Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy – Výpočty ČSN EN 12930*
- [23] *Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy – Vozy ČSN EN 13796-1*
- [24] *Ing. Petr Pokorný – Škoda transportation, a. s.*
- [25] *Bezpečnostní požadavky na osobní lanové dráhy – Lana ČSN EN 12927-2*

4. Použitý software

Siemens NX 8.5
CATIA V5R20

11 Seznam příloh

- Příloha č. 1 Vlastnosti použité oceli
- Příloha č. 2 Rendery 3D modelu
- Příloha č. 3 Rendery 3D modelu v krajině

PŘÍLOHA č. 1

Vlastnosti použité oceli

Ocel 12 050

Materiál : **Uhlíková ocel k zušlechťování a povrchovému kalení**

Označení : ČSN 41 2050 (dále jen ocel 12 050)

Zahraniční ekvivalenty -označení

ISO	C60E4	ISO 683-1-87
EURO	C45	EN 10083-2-91
Německo	C45	DIN 17200-84 (1.1191)
Velká Británie	C45	BS EN 100083-2-91
USA	Gr.1043	ASTM A510

Polotovary: Tyč válcovaná za tepla ϕ 14 mm

Chemické složení v %:

	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
dle ČSN	0,42 0,50	0,50 0,80	0,17 0,37	max 0,25	max. 0,30	max 0,30	max 0,040	max. 0,040
aktuální stav	0,51	0,69	0,25	0,15	0,00	0,12	0,023	0,017

Výchozí stav : 12 050.1 - normalizačně žíhaný

Mechanické vlastnosti dle ČSN 41 20 50 ¹⁾

			12 050.1
Mez kluzu	Rp0,2	MPa	min. 325
Mez pevnosti	Rm	MPa	min. 540
Tažnost	A5	%	min 17
Tvrдость		HB	max 225
Kontrakce	Z	%	
Modul pružnosti v tahu	E	GPa	211
Modul pružnosti ve smyku	G	GPa	79

Poznámky: ¹⁾ Lexikon technických materiálů

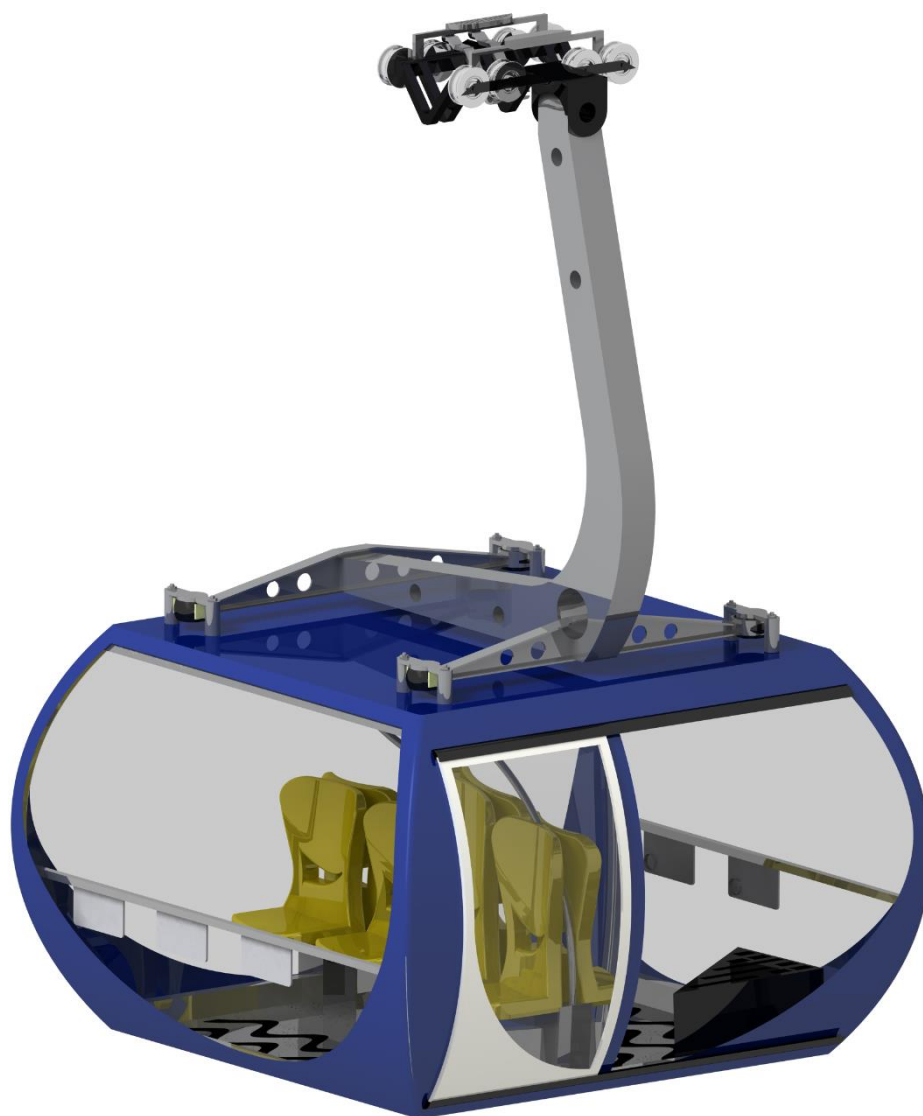
Aktuální stav: 12 050.3 - měkce žíhaný

Mechanické vlastnosti (zkušební tyče dle ČSN 42 03 15)

			12 050.3 700°C 24 hod
Mez kluzu	Rp0,2	MPa	281
Mez pevnosti	Rm	MPa	606
Tažnost	A5	%	29
Tvrдость		HV ₁₀	166
Kontrakce	Z	%	50,3
Modul pružnosti v tahu	E	GPa	204

PŘÍLOHA č. 2

Rendery 3D modelu



Obr. 36 - Exteriér kabiny lanové dráhy



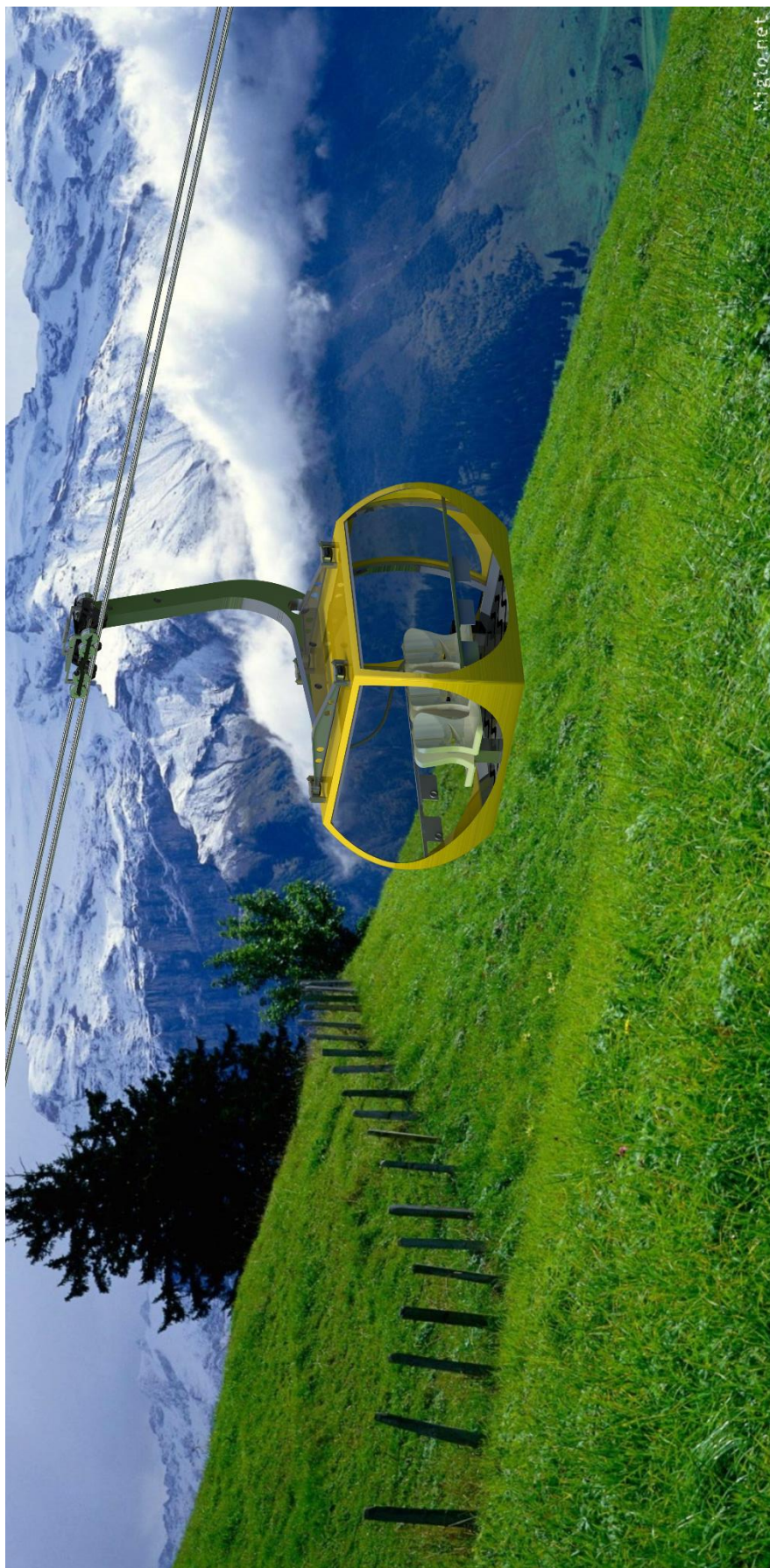
Obr. 37 - Interiér kabiny lanové dráhy



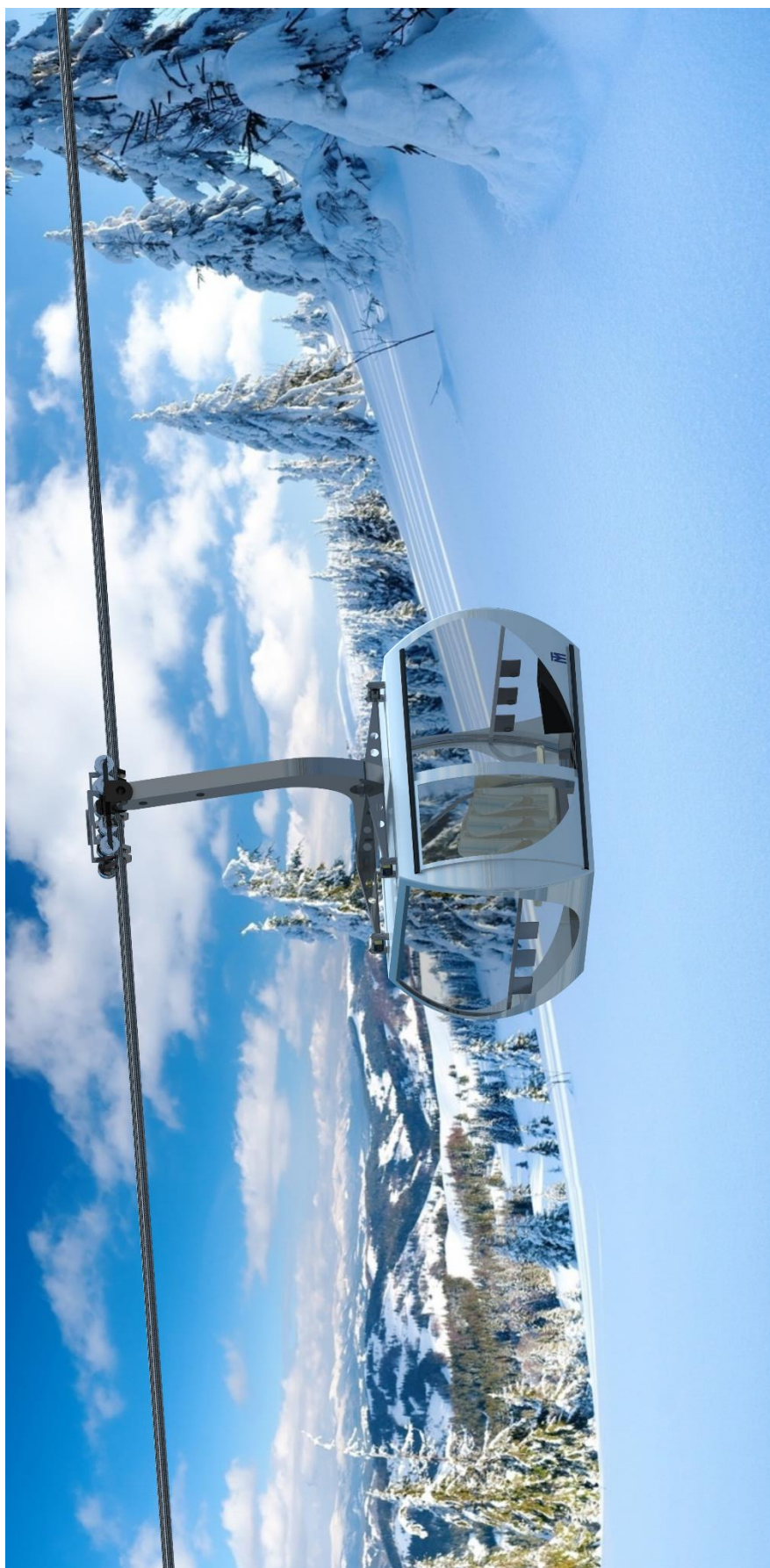
Obr. 38 - Návrh přírodní varianty

PŘÍLOHA č. 3

Rendery 3D modelu v krajině



Obr. 39 - Kabina lanové dráhy v jarní krajině



Obr. 40 - Kabina lanové dráhy v zimní krajině



Obr. 41 - Spodní pohled na kabinu lanové dráhy