

VŠB – TU OSTRAVA

Fakulta strojní

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LANOVKA S RUČNÍM POHONEM PRO DĚTSKÉ CENTRUM

FUNICULAR RAILWAY WITH A MANUAL DRIVE
FOR CHILDREN'S CENTER

Autor: Libor Galetka

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

2015

Zadání bakalářské práce

Student: **Libor Galetka**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Lanovka s ručním pohonem pro dětské centrum**
Funicular Railway with a Manual Drive for a Children's Center

Zásady pro vypracování:

Zpracujte konstrukční návrh zábavné atrakce pro děti ve věku 3-10 let - podvěsné lanovky pro přepravu jednoho dítěte vlastními silami po kolejové dráze 5 m.

Proveďte rešerši možných řešení, vlastní návrh doplněný o návrhové a kontrolní výpočty. Vytvořte sestavný výkres a vybraný výrobní výkres dílu.

Specifikace zadání:

- pohyb vozíku lanovky po nosníku průřezu typu I je odvozen od ručního pohonu dítětem (nekovové lano, svařovaný řetěz, apod.)
- délka dráhy cca 5 m
- nosnost konstrukce dle věku dítěte (do 10-ti let)
- bezpečná konstrukce
- umístění podvěsného vozíku lanovky ve výšce cca 1,5 m nad zemí.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.

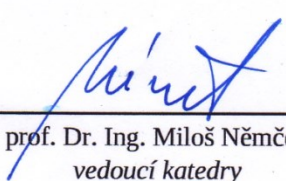
KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny citace a prameny řádně vyznačil v textu. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu zdrojů. Současně souhlasím s tím, aby tato práce byla zpřístupněna a používána ke studijním účelům v souladu s autorským právem.

V Ostravě dne 13.5.2015

Galina Zibr

.....

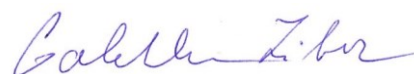
Poděkování

Za odbornou pomoc při zpracování předkládané práce chci na tomto místě poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Danielu Pišťačkovi, Ph.D.

Prohlašuji že :

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 SB. – autorský zákon, zejména § 35 + užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití školního díla a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst.3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, které je oprávněna v takovém případě ode mne přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 SB. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18.5.2015



.....

Galetka Libor

Anotace

GALETKA, L. Lanovka s ručním pohonem pro dětské centrum: Bakalářská práce. Ostrava : VŠB- Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2015, 48s. Vedou práce: Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

Cílem této práce je návrh a konstrukce podvěsné lanovky pro dětské centrum, kterou děti pohání vlastní silou. Toto zařízení může být použito na jakémkoliv venkovním hřišti. Práce je tedy zaměřena na průzkum trhu, rozebrání jednotlivých částí, výpočet kritických prvků a kompletní konstrukce, včetně ostatních okrajových prvků. Zařízení je navrženo jednoduše, jako levný a bezpečný způsob dětské zábavy.

Annotation

GALETKA, L. Funicular railway with a manual drive for children's center : Bachelor Thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanism, 2015, 48 p. Thesis head: Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

The aim of this work is the design and construction of overhead cable car for a children's center that propels kids under its own power. This device can be used on any outdoor playground. Work is focused on market research, the dismantling of individual parts, calculate the critical elements of a complete structure, including other peripheral elements. The device is designed simply as a cheap and safe way of children's entertainment.

OBSAH

1	Úvod.....	11
2	Rešerše.....	12
	2.1 Rešerše ve světě.....	12
	2.2 Rešerše v ČR.....	14
3	Návrh možného řešení.....	16
	3.1 Svařená konstrukce.....	17
4	Teoretická část.....	18
	4.1 Pojezd.....	18
	4.2 Kabina.....	21
	4.3 Střecha.....	23
	4.4 Rampa.....	24
	4.5 Použité profily.....	25
5	Výpočtová část.....	26
	5.1 Výpočet zatížení.....	26
	5.2 Výpočet čepu.....	27
	5.3 Kontrola vidlice a tyče.....	30
	5.4 Výpočet svaru pro uchycení kabiny.....	31
	5.5 Kontrola IPE profilu.....	35
	5.6 Kontrola U profilu nesoucí IPE profil.....	37
	5.7 Kontrola nosného profilu na vzpěr.....	38
6	Detailová část.....	41
	6.1 Rozloha dopadové plochy.....	41
	6.2 Základy.....	42
	6.3 Povrchové úpravy.....	43
	6.4 Kontroly a povinné značení.....	44
7	Závěr.....	45
8	Seznam zdrojů.....	46
9	Seznam příloh.....	47

Seznam symbolů

a	délkový rozměr	[mm]
C_{dyn}	dynamický součinitel	[/]
d	průměr čepu	[mm]
d'	předběžný průměr čepu	[mm]
d_t	průměr tyče	[mm]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
F	síla působící na čep	[N]
F_I	síla působící na IPE profil	[N]
F_{krit}	kritická síla	[N]
F_S	síla působící na svar	[N]
F_t	síla působící na tyč	[N]
$F_{tot,v}$	úhrnné vertikální zatížení uživatelem	[N]
F_U	síla působící na U profil	[N]
F_V	síla působící na vidlici	[N]
F_{ZN}	síla zatěžující nosný profil	[N]
G_I	tíha IPE profilu	[N]
G_K	tíha kabiny	[N]
G_{KS}	tíha krycí střechy	[N]
G_n	tíha n dětí	[N]
G_{NS}	tíha nosné střechy	[N]
G_P	tíha pojezdu	[N]
G_S	tíha sněhu	[N]
G_U	tíha U profilu	[N]
G_{v+t}	tíha vidlice a tyče	[N]
I_x	kvadratický moment v ose x	[mm ⁴]
I_y	kvadratický moment v ose y	[mm ⁴]

k	bezpečnost	[/]
k_s	bezpečnost ve svaru	[/]
l_1	délkový rozměr	[mm]
m	střední hmotnost dítěte	[kg]
m_I	hmotnost IPE profilu	[kg]
m_k	hmotnost kabiny	[kg]
m_P	hmotnost pojezdu	[kg]
m_{v+t}	hmotnost vidlice a tyče	[kg]
M_O	ohybový moment	[N·mm]
n	počet dětí na zařízení	[/]
n_1	konstanta závislá na uložení konců	[/]
p	měrný tlak	[MPa]
p_D	dovolený tlak	[MPa]
R_e	mez kluzu materiálu	[MPa]
S_1	plocha	[mm ²]
S_{SV}	plocha svaru	[mm ²]
W_O	modul průřezu v ohybu	[mm ³]
α	úhel	[°]
β	úhel	[°]
λ	štíhlost	[/]
λ_m	mezní štíhlost	[/]
σ	směrodatná odchylka věkové skupiny	[kg]
σ_{DO}	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
σ_{Dt}	dovolené napětí v tahu	[MPa]
σ_{krit}	kritické napětí	[MPa]
σ_O	ohybové napětí	[MPa]
σ_t	tahové napětí	[MPa]
τ_D	dovolené napětí ve smyku	[MPa]
τ_{DSV}	dovolené napětí ve svaru	[MPa]

τ_{max}	maximální smykové napětí	[MPa]
τ_V	výsledné smykové napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{//}$	smykové napětí ve svaru	[MPa]
τ_{\perp}	ohybové napětí ve svaru	[MPa]

1 Úvod

Cílem této práce je vypracování konstrukčního návrhu zábavné atrakce pro děti ve věku 3-10 let. Atrakce má podobu podvěsné lanovky pro přepravu jednoho dítěte. Dítě se za pomoci vlastní síly přepraví z jedné nástupní rampy na druhou po kolejové dráze o délce 5 metrů.

Po výstupu na rampu a následném vstupu do kabiny, dítě uchopí řetěz a tahá za něj. Tento tah vyvolá pohyb kabiny na druhou stranu. Pohon atrakce je realizován pomocí pojezdové kočky tak, aby jej utáhli i malé děti. Zavěšení kabiny nízko nad zemí cca 1,5 m od vrchního okraje kabiny dopomůže rodičům tahat za řetěz v případě těch nejmenších dětí.

Jelikož je tato atrakce určena poměrně malým dětem je nutno přihlídnout k normě ČSN EN 1176 – 1, která se zabývá konstrukcí a bezpečnostními prvky na dětských hřištích. Tato norma obsahuje výpočty, údaje o doporučených materiálech, rozměrové charakteristiky a praktické rady pro konstruktéra i údržbu.

Při tvorbě této práce bylo čerpáno převážně z internetových stránek a strojnických tabulek, dále pak ze školních studijních materiálů, normy a nejméně z psané literatury.

2 Rešerše

Podvěsné lanovky neslouží pouze pro zábavu dětí, ale také jako přepravní prostředek.

2.1 Rešerše ve světě

Jelikož v dětských centrech ve světě není tento druh lanovek příliš častý, je zde uvedeno pár příkladů, které vychází z tématu. Avšak neslouží pro zábavu dětí.

Lanovka ve vesnici Decun v Čínské provincii Guizhou



Obr. 2.1 – Lanovka při přepravě dětí do školy

Na obrázku 2.1 [8], je vidět jak se chudé děti v čínské provincii Guizhou přepravují přes obrovský kaňon za vzděláním. Riskují takto každý den život, jelikož cesta pěšky zabere čtyři až pět hodin. Lanovka je prakticky po domácku vyrobená. Je zhotovena ze svařených tyčí a zavěšena na kladce. Podlahu tvoří dřevěná deska. K pohybu na druhou stranu musí dětem dopomáhat kamarádi, kteří je pomocí zavěšeného provazu prakticky přitáhnou k sobě. Výroba celé lanovky trvala přibližně měsíc.

Převravník přes řeku Niers v Německu



Obr. 2.2- Německý přepravník přes řeku

Obrázek 2.2 [5] zachycuje zařízení, které je schopno přepravit i skupinku lidí na druhou stranu. Není problémem vzít si sebou například kolo. Opět je pohyb odvozen od vlastní síly, při tahání za ocelové lano. Zařízení je vytvořeno z celé řady spojených profilů, ať už svařených, nebo snýtovaných. Obsahuje bezpečnostní zábradlí, kladky umožňující snadný pohyb ocelového lana. Dále pak pomocné lana, na horní straně I profilu pomáhající nést ohybový moment způsobený kabinou a lidmi v ní. Betonová základna je nutnost spojená s bezpečností. Kabina je navíc vybavena dvířkami, zavírajícími se směrem dovnitř. Toto slouží jako bezpečnostní prvek v případě plného naložení kabiny.

2.2 Rešerše v ČR

Na území České Republiky se vyskytuje pár druhů lanovek, které slouží jako zábavné atrakce pro děti.

Klasická lanovka



Obr. 2.3 – jednoduchá lanovka

Tento typ lanovky je asi nejčastější, který se v dětských centrech vyskytuje. Připomíná spíše lyžařský vlek, než lanovku. Konstrukce bývá jednoduchá. Lanovka pro ty nejmenší je zavěšená v malých výškách a je vytvořena tak, aby se dítě mohlo posadit. Verze pro starší děti, může být zavěšena na stromech, nebo jinak ve větší výšce. Samozřejmě je pak nutné zajištění, aby dítě nemohlo spadnout.

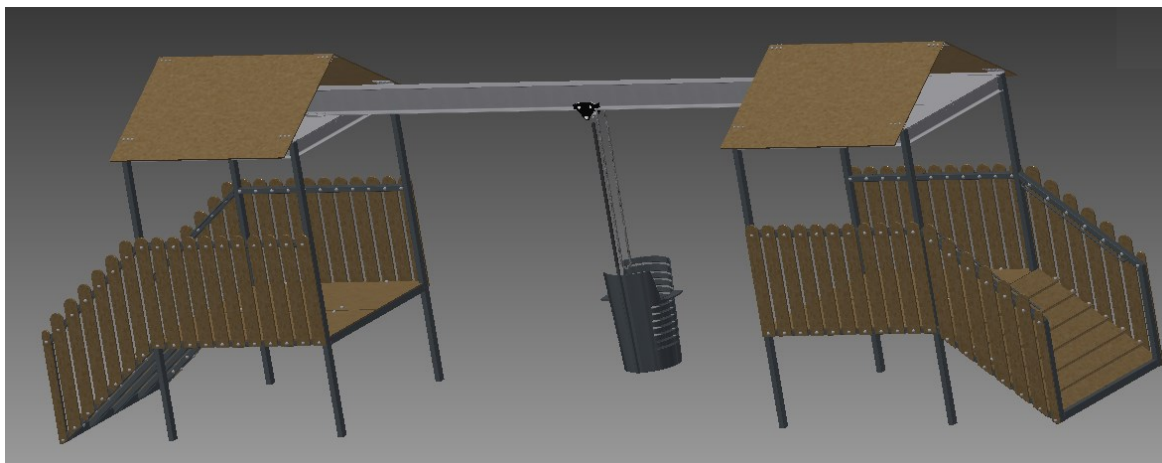
Lanovka Dětský ráj Ostrava



Obr. 2.4 – již neexistující podvěsná lanovka v dětském ráji

Na obrázku 2.4 [12] je zachycena již neexistující podvěsná dětská lanovka. Pro její konstrukci bylo zvoleno převážně dřevo a je napojena na další zábavné prvky jako například klouzačka. Dále je opatřena střechou proti dešti a zábradlím pro bezpečnost. Děti se mohou přesouvat z jedné strany na druhou, za pomoci řetězu pohánějící pojezdovou kočku, jezdící po I profilu. Jednoduchá svařená kabina zajišťuje jak vizuální dohled rodičů, tak případnou pomoc při tahání za řetěz. Tento druh lanovky posloužil jako předloha pro tuto bakalářskou práci.

3 Návrh možného řešení



Obr. 3.1 – Kompletní zobrazení práce

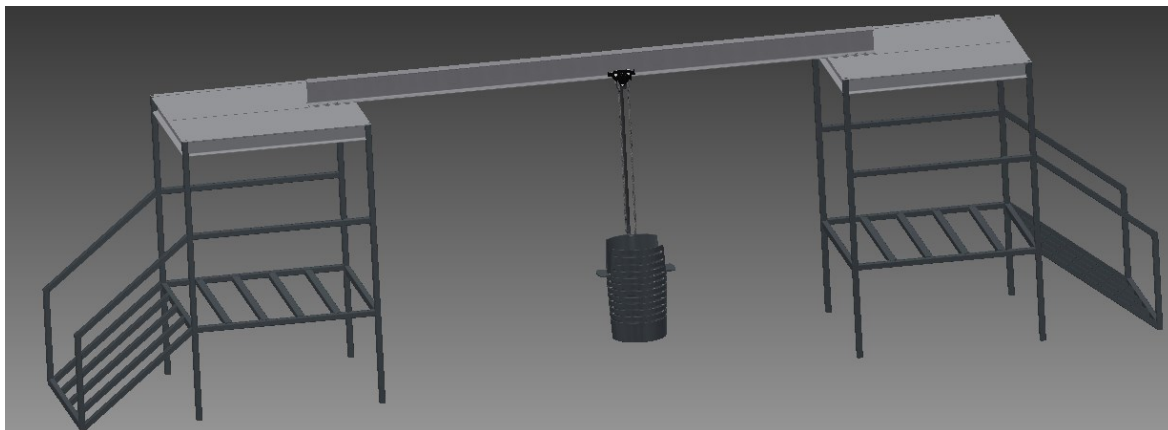
Při tvorbě mého řešení jsem vycházel ze školního zadání a také z normy ČSN EN 1176-1 viz níže. Pro tvorbu svařené konstrukce byly použity převážně uzavřené tenkostěnné profily tzv. „jekly“. Řešení je opatřeno dvěma střechami. Jedna z nich je střecha nosná, na kterou působí zátěž. Druhou z nich je střecha krycí, z důvodu ochrany proti dešti a podobně. Kabina je zavěšena pouze na jedné straně, po vzoru lyžařských lanovek. Toto uchycení dále pomáhá rodičům tahat za řetěz. Popis dalších prvků je rozebrán v následujících kapitolách.

ČSN EN 1176-1

Tato norma předepisuje následující prvky:

- Kritická výška pádu (čím vyšší výška pádu, tím měkčí dopadová plocha)
- Výška zábradlí (minimálně 600 mm)
- Přednostní použití dřevěných materiálů
- Nerozebíratelné spojení (děti nesmí být schopny konstrukci rozmontovat)
- Všechny hrany zaobleny (nebezpečí poranění)
- Konstrukce nesmí obsahovat mezery, do kterých by se děti mohli jakýmkoliv způsobem zaklínit.

3.1 Svařená konstrukce



Obr. 3.2 – Zobrazení svařené konstrukce

Svařování je nejčastější způsob nerozebíratelného spojení tenkostěnných profilů. Jak je vidět na obrázku 3.2, tenkostěnné profily jsou použity na konstrukci rampy, úchytu pro zábradlí, i jako podpěrné nosné části. Pouze přední dvě „nohy“, které nesou největší zatížení, jsou nahrazeny plnými profily. Dále jsou přivařeny U profily, nesoucí nosnou střechu. Kabina se závěsnou tyčí je spojena obdobně. Jako poslední je přivařena samotná střecha.

Doporučená technologie svařování [7]

- Typ svařování : Obalenou elektrodou
- Druh elektrody : Obalená elektroda s rutilovým obalem, nebo s rutil - basickým obalem. Např. Elektrody ER 117 3.2
- Velikost proudu : 60 – 80 A, dle výrobce elektrody
- Příprava ploch : Obrousit ruční úhlovou bruskou, odmastit. Po svaření očistit strusku, kuličky apod.

4 Teoretická část

Tato část rozebírá jednotlivé díly.

4.1 Pojezd



Obr. 4.1 – model pojezdu

Obrázek 4.1 zachycuje pojezd, na kterém je zavěšena kabina s dítětem. Dítě tahem za řetěz a pohání ozubený pastorek. Tento pastorek současně pohání, dvě ozubená kola viz obr. 4.2, která jsou vyrobena s v jednom kusu s pojezdovými koly. Kolečka s kuličkovými ložisky jsou zapouzdřena s trvalým mazáním pro optimální chod. Pojezd obsahuje ochranný kryt proti spadnutí řetězu.



Obr. 4.2 – princip pohonu pojezdu

Pojezd HTG 1000



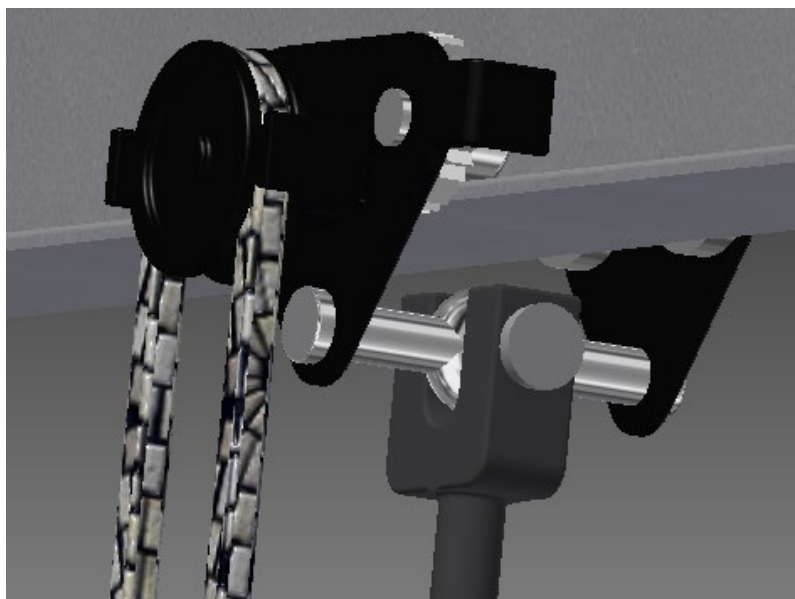
Obr. 4.3 – Pojezd HTG 1000

Tento pojezd je zakoupen od firmy YALE [14] a jeho cena na trhu se pohybuje okolo 7-8 tis. Korun. Výrobce garantuje ovládací sílu 60 N, při plném naložení 1000 kg. Každý kus je testován na přetížení, dle platných norem EU.

Výrobce garantuje tyto vlastnosti:

- Jednoduchá regulace šířky, možná přizpůsobit se různým šířkám nosníků.
- Konstrukce navržena pro sklon opěrných ploch na přírubě nosníku maximálně 14% .
- Pozinkované provedení pro aplikace s vyššími nároky na odolnost proti korozi.
- Řetěz ručního pohonu pojezdu jsou odolný vůči korozi a kyselinám.
- Přednastavení a jemné nastavení se provádí otáčením čepu s okem, který zajišťuje centrické zavěšení zvedacího zařízení a zabraňuje posun do strany nosníku.
- Výkyvné vedení ručního ovládacího řetězu.

Zavěšení kabiny na pojezdu



Obr. 4.4 – Uložení závěsné vidlice a čepu na pojezdu.

Jako spojovací element byl vybrán čep. Tento čep je navržen z ohybu, jelikož je uložen s vůlí. Tento element je kritickým prvkem celého zařízení, a proto byl dále kontrolován na stříh a otlačení. Na obrázku 4.4 je také vidět závěsná vidlice, která je vyrobena z jednoho kusu a dále přivařena ke kabině. Takto provedené spojení dovoluje mírné rozhoupání kabiny, které ale není pro děti příliš nebezpečné. Na obrázku 4.5 je zobrazen čep opatřený drážkou, pro zajištění hřídelovým kroužkem.



Obr. 4.5 – čep

4.2 Kabina



Obr. 4.6 – Kabina

Kabina je prvkem, u kterého je největší pravděpodobnost poranění dítěte. Jak při nástupu, výstupu, tak při samotném pobytu uvnitř. Děti jsou schopny prostrčit své končetiny kamkoliv a z tohoto důvodu je zde řada bezpečnostních vlastností. Kabina je opatřena nástupním a výstupním schodkem, který je v rovině rampy. Obsahuje výřezy, které jsou navrženy tak aby zajistili vizuální kontakt s rodičem, avšak nedovolují dítěti prostrčit končetiny, pouze prsty u kterých zaseknutí nehrozí. Jelikož je kabina vyrobena z tlustostěnného plechu, je největším nebezpečím riziko pořezání. Z toho důvodu, musí být při výrobě, všechny hrany důkladně zaobleny. Kabina obsahuje také několik děr, umístěných v podlaze. Díry slouží pro odvod nečistot a zároveň brání zadržování vody v kabině.

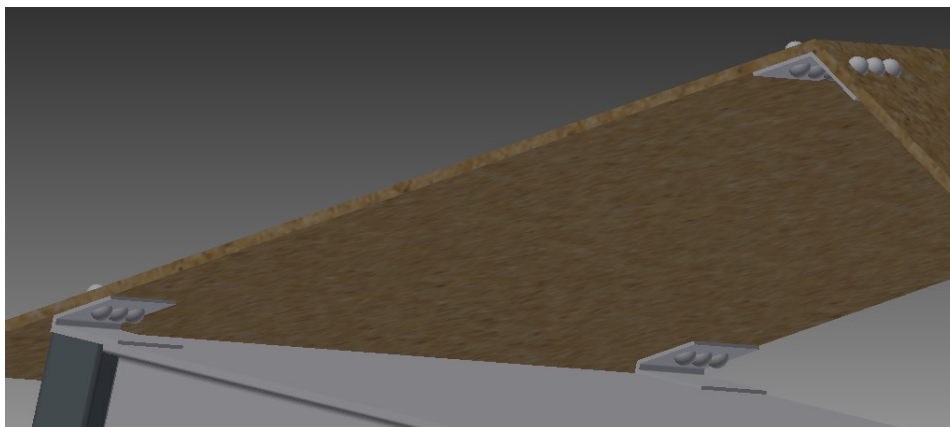
Přípevnění kabiny a nosné tyče



Obr. 4.7 – Přivařený spoj kabiny

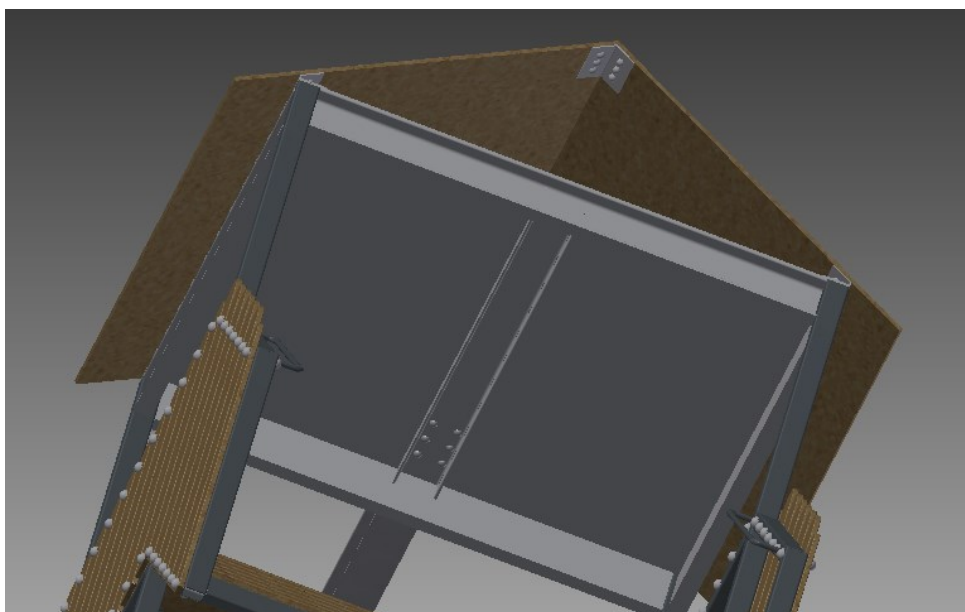
Kabina je zachycena pouze na jedné straně, jak je vidět z obrázku 4.7. Spojení provedeno oboustranným koutovým svarem o výpočtové šířce svaru 2 mm. Svar je zhotoven po celé délce. Proběhla kontrola svaru smykovým zatížením od vertikální síly způsobené dětmi, dále pro zatížení ohybovým momentem, pro ten nejhorší případ. Všechny výpočty byly uvažovány pro přetížení třemi dětmi. Dvě děti se postaví na stranu vytvářející největší ohybový moment a třetí dítě se na kabinu zavěsí. V poslední řadě svar prošel kontrolou na kombinované zatížení. Všemi výpočty prošel úspěšně. Je třeba také zmínit, že závěsná tyč byla kontrolována na tah a v místě přechodu, je o 3° ohnutá. Toto ohnutí, je ale tak malé, že bylo zanedbáno a ve výpočtu se postupovalo, jakoby tyč ohnuta nebyla.

4.3 Střecha



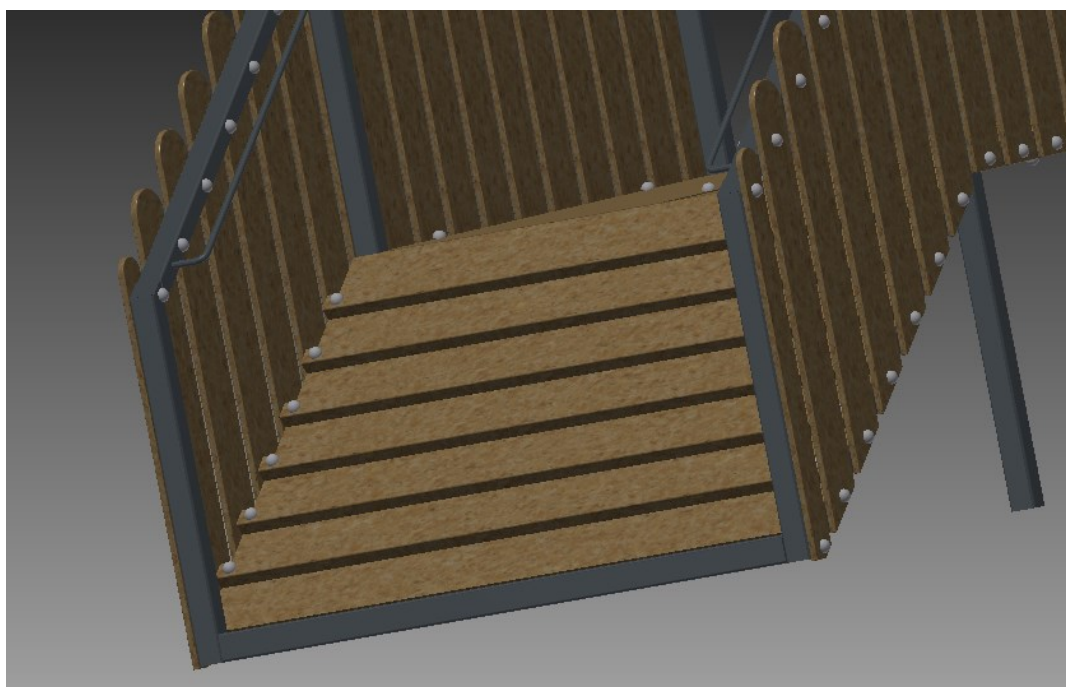
Obr. 4.8 – uchycení krycí střechy

Střecha jako okrajový prvek konstrukce chrání před deštěm, sněhem a z toho vyplývající korozi. Střecha krycí obr. 4.8, je složena ze dvou desek napuštěných konzervačním prostředkem, chránícím proti plísním, hnilobě a jiným nepříznivým vlivům. Tyto desky jsou spojeny za pomoci ohnutého plechu a nýtů. Obdobně jsou připojeny k nosné střеше, ke které jsou tyto plechy přivařeny. Nosná střecha je navíc vybavena přivařenou výtuhou obr. 4.9, která slouží i jako podpůrný prvek pro nýty držící IPE profil.



Obr. 4.9 – Spodní zobrazení

4.4 Rampa



Obr. 4.10 – nástupní rampa

Dle normy [3] musí mít rampa sklon maximálně 38° , v tomto případě byl zvolen sklon 35° . Jak nástupní rampa pod sklonem, tak druhá část rampy umístěná ve vodorovné poloze se skládá ze dvou částí. Rozdělení těchto částí není z obrázku 4.10 patrné, avšak jedná se o rozříznutí desky v polovině z důvodu realizace montáže. Všechny tyto části jsou přinýtovány k tenkostěnným profilům. Na rampě pod sklonem jsou navíc přinýtovány a přilepeny úchytné trámky, sloužící jako opora nohou proti sklouznutí. Celou konstrukci rampy obklopují desky, zabraňující pádu dětí z bočního prostoru. Desky jsou umístěny tak, aby se mezi nimi dítě nemohlo žádným způsobem zaseknout. Jako přidržovací element při výstupu nahoru slouží tenká kruhová tyč, přivařena z boční části tenkostěnného profilu po obou stranách. Toto zábradlí je poměrně tenké, jelikož norma předepisuje, aby jej bylo schopno i malé dítě uchytit celou rukou. Všechny dřevěné části jsou napuštěny konzervačními prostředky a všechny kovové části ošetřeny nejedovatým nátěrem odolným proti vlivům a korozi.

4.5 Použité profily

Nosná konstrukce je složena z následujících profilů:

Tenkostěnný profil 80x60x6 ČSN 42 5720 [2]



Plochá tyč 80x60 ČSN 42 5522 [9]



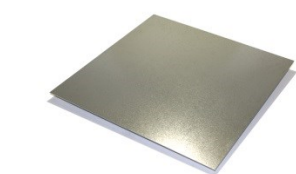
IPE 300 ČSN 42 5553 [2]



U 160 ČSN 42 5570 [2]



Ocelový plech 2000x2000x5 ČSN EN 10025-2 [4]



5 VÝPOČTOVÁ ČÁST

Výpočet zařízení byl proveden částečně dle normy ČSN EN 1176–1, dále dle skript a školních postupů. Většinu tvoří kontrolní výpočty.

5.1 Výpočet zatížení

Hmotnosti pro výpočet byly odečteny z programu INVENTOR po zadání příslušných materiálů, případně udány výrobcem. Přibližná hmotnost dětí je stanovena normou [3].

m_K	– 178 [kg]
m_{v+t}	– 27 [kg]
m_P	– 19 [kg]
m	– 41,5 [kg]
σ	– 7,9 [kg]

Celková hmotnost dětí

Uvažováno přetížení třemi dětmi.

$$G_n = n \cdot m + 1,64 \cdot \sigma \cdot \sqrt{n} = 3 \cdot 41,5 + 1,64 \cdot 7,9 \cdot \sqrt{3} = 147 \text{ kg} \quad (5.1)$$

Dynamický součinitel

Součinitel představující zatížení vyvolané pohybem.

$$C_{dyn} = 1 + \frac{1}{n} = 1 + \frac{1}{3} = 1,33 \quad (5.2)$$

Úhrnné vertikální zatížení uživatelem

$$F_{tot,v} = g \cdot G_n \cdot C_{dyn} = 9,81 \cdot 147 \cdot 1,33 = 1918 \text{ N} \quad (5.3)$$

Tíhová síla kabiny

$$G_K = m_K \cdot g = 178 \cdot 9,81 = 1746 \text{ N} \quad (5.4)$$

Tíhová síla vidlice a závěsné tyče

$$G_{v+t} = m_{v+t} \cdot g = 27 \cdot 9,81 = 265 \text{ N} \quad (5.5)$$

Tíhová síla pojezdu HTG 1000

$$G_P = m_P \cdot g = 19 \cdot 9,81 = 186 \text{ N} \quad (5.6)$$

5.2 Výpočet čepu

Na čep působí zatížení dětmi, kabinou a vidlicí se závěsnou tyčí.

Materiál čepu zvolen 11 373 dle [1] :

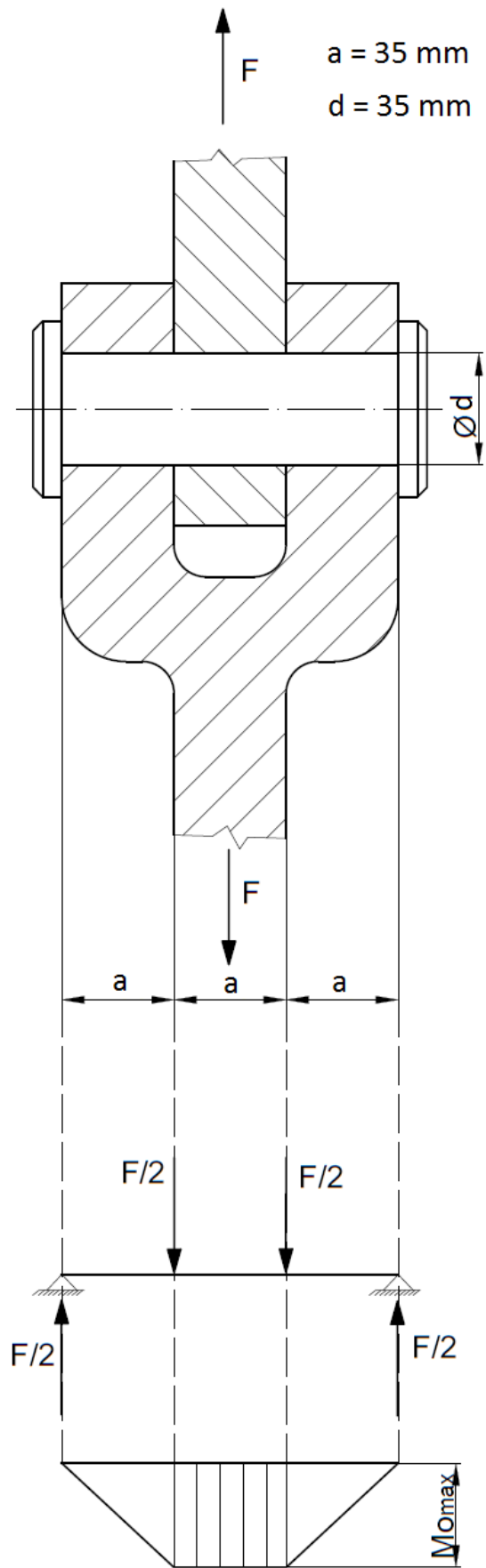
$$\sigma_{D0} = 70 \text{ MPa}, \quad \tau_D = 50 \text{ Mpa}, \quad p_D = 100 \text{ Mpa}$$

Jelikož je čep uložen s vůlí, navrhne průměr čepu z ohybu.

Celková síla působící na čep

$$F = F_{tot,v} + G_K + G_{v+t} = 1918 + 1746 + 265 = 3929 \text{ N} \quad (5.7)$$

Na obrázku 5.1 je zobrazeno spojení pojezdu a vidlice pomocí čepu. Pro názornost je tento případ převeden na nosník o dvou podporách. Zakreslen je také průběh ohybového momentu.



Obr. 5.1 – Zavěšení pomocí čepu

Napětí v ohybu

$$\sigma_0 = \frac{M_0}{W_0} = \frac{F \cdot \left(\frac{a}{2} + \frac{a}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d'^3} = \frac{16 \cdot F \cdot a}{\pi \cdot d'^3} \leq \sigma_{D0} \Rightarrow \quad (5.8)$$

Předběžný průměr čepu

$$d' = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F \cdot a}{\pi \cdot \sigma_{D0}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 3929 \cdot 35}{\pi \cdot 70}} = 21 \text{ mm} \quad (5.9)$$

Průměr čepu zvolen $d = 35 \text{ mm}$.

Kontrola měrného tlaku

$$p = \frac{F}{a \cdot d} = \frac{3929}{35 \cdot 35} = 3,2 \text{ Mpa} \quad (5.10)$$

$$p = 3,2 \text{ Mpa} < p_D = 100 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.11)$$

Kontrola na střih

$$\tau_{max} = \frac{4}{3} \cdot \frac{F}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{8 \cdot F}{3 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{8 \cdot 3929}{3 \cdot \pi \cdot 35^2} = 2,7 \text{ Mpa} \quad (5.12)$$

$$\tau_{max} = 2,7 \text{ Mpa} < \tau_D = 50 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.13)$$

5.3 Kontrola vidlice a tyče

Pro obě tyto součásti byl použit materiál 11 373 z důvodu nižší ceny a zaručené svařitelnosti. Dle [6] $R_{e11\ 373} = 250$ MPa.

Výpočet dovolené v tahu

$$\sigma_{Dt} = \frac{R_{e\ 11\ 373}}{k} = \frac{250}{2,5} = 100 \text{ Mpa} \quad (5.14)$$

Kontrola vidlice na tah

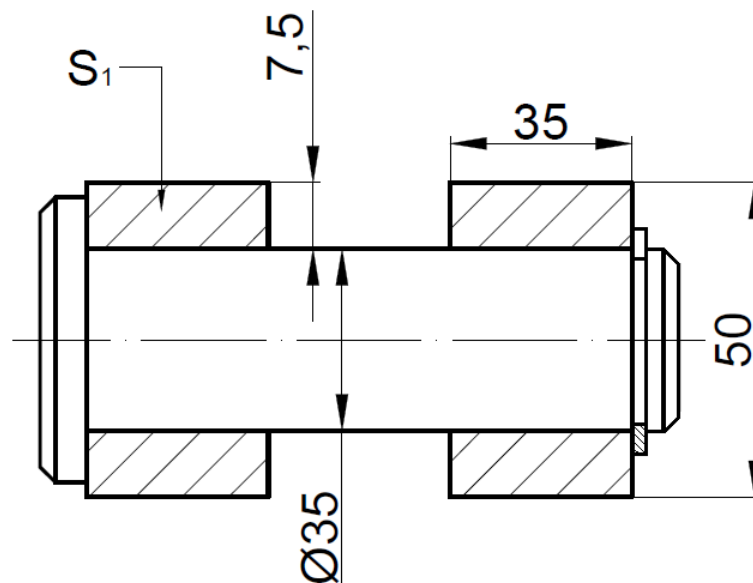
Uvažujeme stejnou zátěžnou sílu, která působí na čep viz. (6.7).

$$F_v = F_{\check{c}} = 3929 \text{ N}$$

Na obrázku 6.2 jsou patrné rozměry nejslabšího místa závěsné vidlice, která je namáhána tahem.

$$\sigma_t = \frac{F_v}{S} = \frac{F_v}{4 \cdot S_1} = \frac{3929}{4 \cdot 7,5 \cdot 35} = 3,7 \text{ Mpa} \quad (5.15)$$

$$\sigma_t = 3,7 \text{ Mpa} < \sigma_{Dt} = 100 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.16)$$



Obr. 5.2 – Pohled na závěsnou vidlici a čep shora, v řezu.

Kontrola tyče na tah

Uvažujeme stejnou zátěžnou sílu, která působí na čep viz. (5.7).

$$F_t = F_{\zeta} = 3929 \text{ N}$$

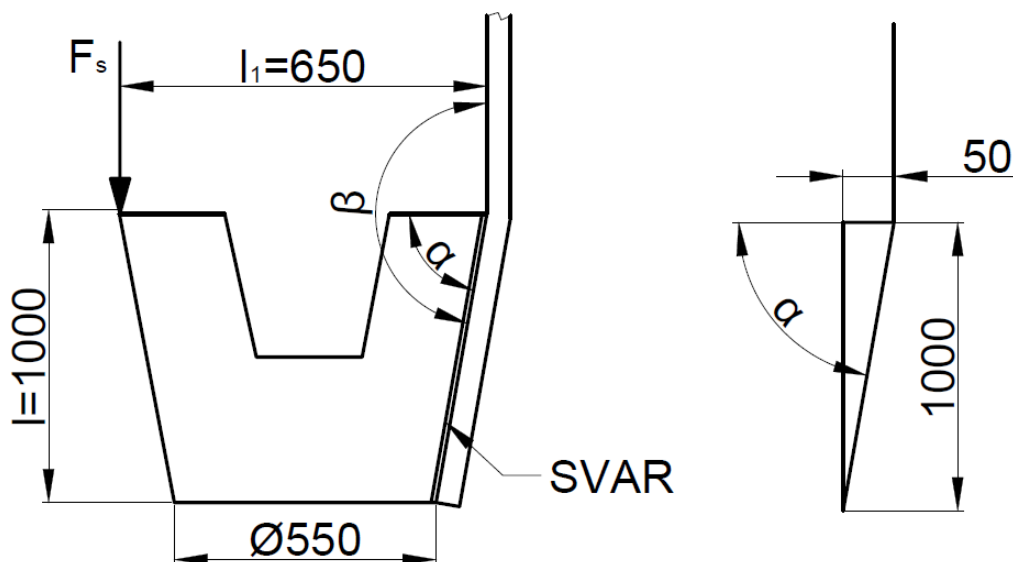
Průměr tyče zvolen $d_t = 35 \text{ mm}$.

$$\sigma_t = \frac{F_t}{S} = \frac{F_t}{\frac{\pi \cdot d_t^2}{4}} = \frac{4 \cdot F_t}{\pi \cdot d_t^2} = \frac{4 \cdot 3929}{\pi \cdot 35^2} = 4,1 \text{ Mpa} \quad (5.17)$$

$$\sigma_t = 4,1 \text{ Mpa} < \sigma_{Dt} = 100 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.18)$$

5.4 Výpočet svaru pro uchycení kabiny

Svar je proveden jako oboustranný koutový svar po celé délce. Na obrázku 5.3 je vidět kabina a přivařená nosná tyč. Obrázek slouží pro ilustraci rozměrů a největšího možného ramena pro ohybový moment. Část obrázku vpravo je zde pro výpočet úhlu α . Následný výpočet ukáže, zda je naklopení příliš velké a je nutno síly rozložit, či nikoliv.



Obr. 5.3 – Schéma pro výpočet oboustranného koutového svaru

Výpočet sklonu přivařené tyče

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1000}{50} \Rightarrow \quad (5.19)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{1000}{50} \right) = 87^\circ \quad (5.20)$$

$$\beta = \alpha + 90^\circ = 87^\circ + 90^\circ = 177^\circ \quad (5.21)$$

Sklon tyče je pouhé 3° , z tohoto důvodu proveden výpočet sil v rovině. Rozklad sil zanedbán.

Zátěžná síla

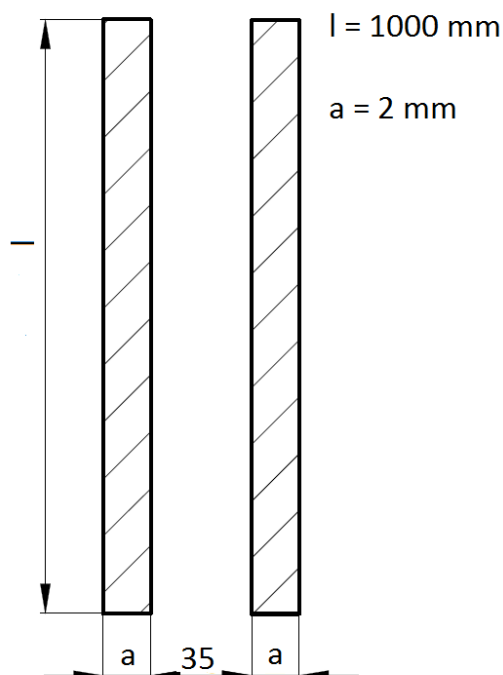
Na svar působí síla tíhy 3 dětí a vlastní tíha kabiny.

$$F_S = F_{tot;v} + G_K = 1918 + 1746 = 3664 \text{ N} \quad (5.22)$$

Dovolené napětí ve svaru

Bezpečnost svaru zvolena $k_S = 2,5$.

$$\tau_{DSV} = \frac{\sigma_{Dt}}{k_S} = \frac{100}{2,5} = 40 \text{ Mpa} \quad (5.23)$$



Obr. 5.4 – Kolmý průmět výpočtové plochy svaru

Ohybový moment působící na svar

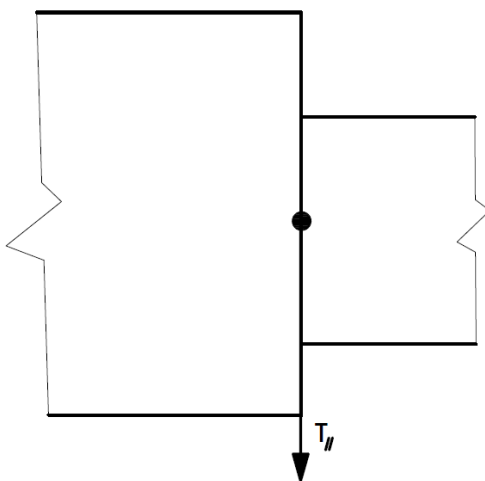
Rameno ohybového momentu l_1 reprezentuje nejhorší případ, který může nastat. Všechny tři děti přesunou svou váhu na nejbližší konec kabiny, vzhledem ke svaru. Toto může nastat při zavěšení za ruce, případně náklonem dítěte ven z kabiny. Samozřejmě také kombinací obou těchto způsobů. Výpočtové vztahy dle [1].

$$M_o = F_S \cdot l_1 = 3664 \cdot 650 = 2\,381\,600 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.24)$$

Kontrola svaru na smyk

$$\tau_{//} = \frac{F_S}{2 \cdot S_{SV}} = \frac{F_S}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{3664}{2 \cdot 2 \cdot 1000} = 0,9 \text{ Mpa} \quad (5.25)$$

$$\tau_{//} = 0,9 \text{ Mpa} < \tau_{DSV} = 40 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.26)$$

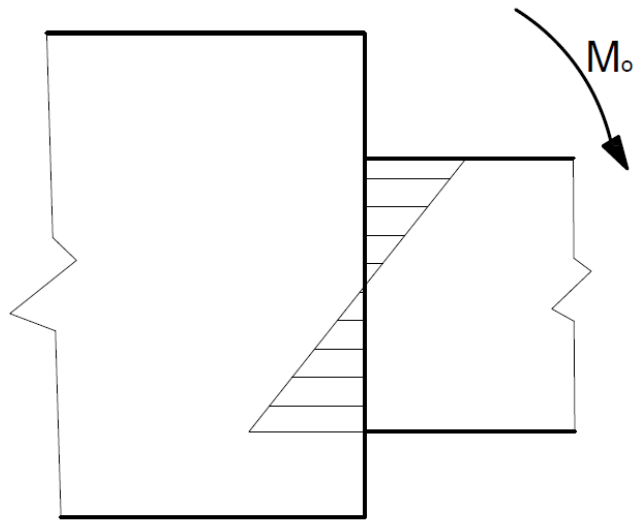


Obr. 5.5 – Ilustrace působení smykového napětí

Kontrola svaru na ohyb

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_{OSVX}} = \frac{M_o}{2 \cdot \frac{a \cdot l^2}{6}} = \frac{3 \cdot M_o}{a \cdot l^2} = \frac{3 \cdot 2\,381\,600}{2 \cdot 1000^2} = 3,6 \text{ Mpa} \quad (5.27)$$

$$\tau_{\perp} = 3,6 \text{ Mpa} < \tau_{DSV} = 40 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.28)$$



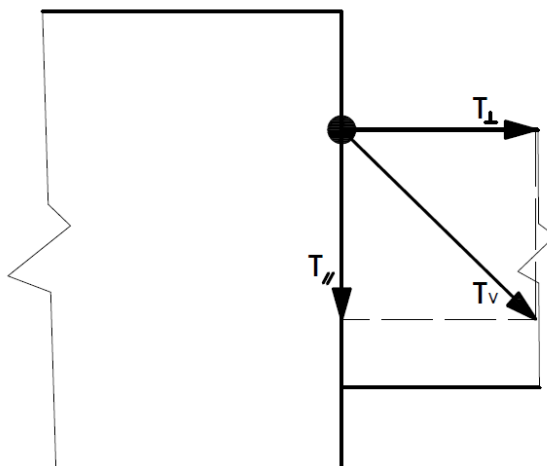
Obr. 5.6 – Ilustrace působení ohybového napětí

Kontrola svaru kombinovaným namáháním

Jedná se o kombinaci zatížení tvořenou tahem, ohybem a smykem.

$$\tau_V = \sqrt{\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2} = \sqrt{3,6^2 + 0,9^2} = 3,7 \text{ Mpa} \quad (5.29)$$

$$\tau_V = 3,7 \text{ Mpa} < \tau_{DSV} = 40 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.30)$$



Obr. 5.7 – Ilustrace působení kombinovaného namáhání

5.5 Kontrola IPE profilu

IPE profil je zatížen ohybem, který způsobuje váha dětí, tíha kabiny, tíha vidlice, tyče a pojezdu. Délka I profilu je 6 m, z toho 5 m slouží jako dráha pojezdu. Ve výpočtu ohybového momentu bylo uvažováno rameno ohybu 2,5 m. Materiál zvolen 11 373.

Zátěžná síla

$$F_I = F_{tot,v} + G_K + G_{v+t} + G_P = 1918 + 1746 + 265 + 186 = 4\,115 \text{ N} \quad (5.31)$$

Pro konstrukci byly zvoleny následující rozměry :

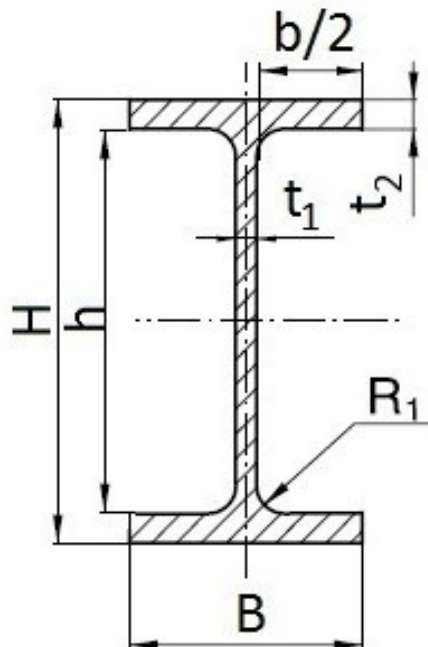
$$H = 300 \text{ mm}$$

$$B = 150 \text{ mm}$$

$$t_1 = 7,1 \text{ mm}$$

$$t_2 = 10,7 \text{ mm}$$

$$R_1 = 15 \text{ mm}$$



Obr. 5.8 – Ukázka IPE profilu

Ohybový moment

$$M_o = F_I \cdot \left(\frac{l}{2}\right) = 4\,115 \cdot \left(\frac{5000}{2}\right) = 10\,287\,500 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.32)$$

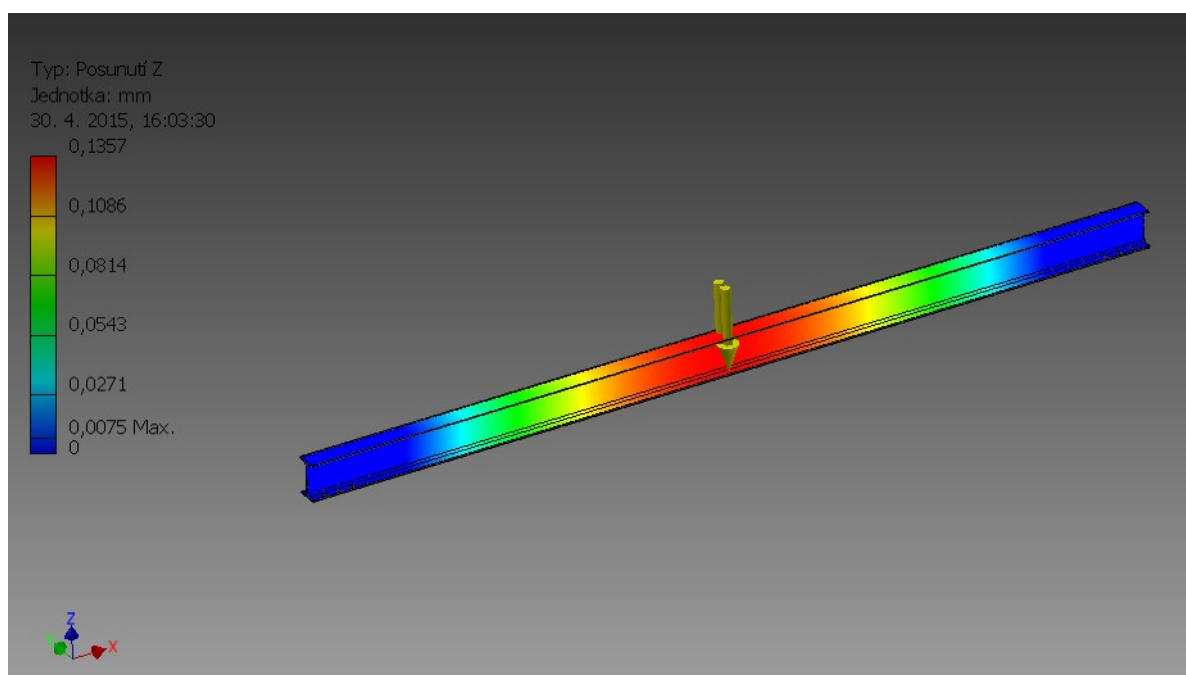
Modul průřezu v ohybu pro I profil

$$W_o = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{150 \cdot 300^3 - 142,9 \cdot 278,6^3}{6 \cdot 300} = 533\,265 \text{ mm}^3 \quad (5.33)$$

Ohybové napětí

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{10\,287\,500}{533\,265} = 19,3 \text{ MPa} \quad (5.34)$$

$$\sigma_o = 19,3 \text{ Mpa} < \sigma_{Do} = 70 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.35)$$



Obr. 5.9 – Průhyb IPE profilu

Na obrázku 5.9 je zobrazena pevnostní analýza z programu Inventor. Tato analýza byla provedena zjednodušeně. Pevné uchycení bylo nastaveno v šesti dírách na každé straně, kde jsou ve skutečnosti nýty. Zátěžná síla působící na IPE profil (4 115 N), byla rozdělena na 2 samostatné síly o velikosti 2 057 N a tyto síly byly umístěny ve středu I profilu. Z této analýzy vyplývá, že největší průhyb při přetížení 3 dětmi bude mít hodnotu řádově 1/10 mm, tento průhyb je zanedbatelný.

5.6 Kontrola U profilu nesoucí IPE profil

Při kontrole U profilu uvažujeme polovinu hmotnosti IPE profilu na každou stranu, což jsou z celkové délky 6 metrů 3 metry. Jeden metr profilu U 160 váží 42,2 kg [2]. Materiál zvolen 11 373.

Pro konstrukci byly zvoleny následující rozměry:

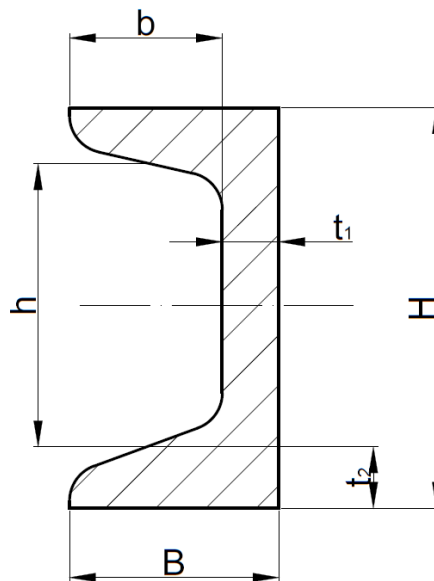
$$B = 65 \text{ mm}$$

$$H = 160 \text{ mm}$$

$$t_1 = 7,5 \text{ mm}$$

$$t_2 = 10,5 \text{ mm}$$

$$l_U = 1840 \text{ mm}$$



Obr. 5.10 – Ukázka U profilu

Hmotnost I profilu

$$m_I = 3 \cdot 42,2 = 126,6 \text{ kg} \quad (5.36)$$

$$G_I = m_I \cdot g = 126,6 \cdot 9,81 = 1242 \text{ N} \quad (5.37)$$

Zátěžná síla

$$F_U = F_{tot,v} + G_K + G_{v+t} + G_P + G_I = \quad (5.38)$$

$$= 1918 + 1746 + 265 + 186 + 1242 = 5357 \text{ N}$$

Modul průřezu v ohybu pro U profil

$$W_o = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{65 \cdot 160^3 - 57,5 \cdot 139^3}{6 \cdot 160} = 116\,476 \text{ mm}^3 \quad (5.39)$$

Ohybový moment

$$M_o = F_U \cdot \frac{l_U}{2} = 5357 \cdot \frac{1840}{2} = 4\,928\,348 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.40)$$

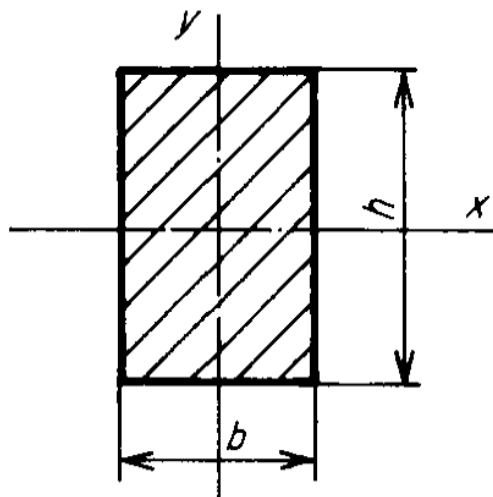
Ohybové napětí

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{4\,928\,348}{116\,476} = 42,3 \text{ MPa} \quad (5.41)$$

$$\sigma_o = 42,3 \text{ Mpa} < \sigma_{Do} = 70 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.42)$$

5.7 Kontrola nosného profilu na vzpěr

Jedná se o jednu z předních dvou tyčí nástupní rampy, která nese největší zatížení. Při kontrole byla uvažována poloha kabiny s dětmi ihned po nastoupení, kdy je zatížení na jedné straně největší. Většina konstrukce je svařena z uzavřených tenkostěnných profilů o rozměru 80x60x6 mm, avšak tento profil na vzpěr nevyhověl. Byl tedy nahrazen plochou tyčí o rozměrech 80x60 mm, celkové délky 3 m.



Obr. 5.11 – Zobrazení ploché tyče

Výpočet kvadratického momentu v ose x

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{60 \cdot 80^3}{12} = 2\,560\,000 \text{ mm}^4 \quad (5.43)$$

Výpočet kvadratického momentu v ose y

$$I_y = \frac{b^3 \cdot h}{12} = \frac{60^3 \cdot 80}{12} = 1\,440\,000 \text{ mm}^4 \quad (5.44)$$

Výpočet plochy obdélníkového průřezu

$$S = b \cdot h = 60 \cdot 80 = 4\,800 \text{ mm}^2 \quad (5.45)$$

Výpočet zatížení působící na nosný profil

Jednotlivé prvky jsou vyjmenovány tak, jak jsou v součtu zapsány: Síla způsobená dětmi, tíha kabiny, tíha vidlice a tyče, tíha pojezdu, tíha poloviny IPE profilu, tíha 4 metrů U profilu, tíha nosné střechy, tíha krycí střechy, 10 kg sněhu. Jelikož tuto zátěž nesou 2 profily, je uvažována polovina síly. Hmotnostní údaje odečteny z programu Inventor, popřípadě [2].

$$\begin{aligned} F_{ZN} &= \frac{F_{tot;v} + G_K + G_{v+t} + G_P + G_I + G_U + G_{NS} + G_{KS} + G_S}{2} = \\ &= \frac{1918 + 1746 + 265 + 186 + 1242 + 1656 + 1540 + 824 + 98,1}{2} = 4\,738 \text{ N} \end{aligned} \quad (5.46)$$

Výpočet kritické síly

$$F_{krit} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{(n_1 \cdot l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1\,440\,000}{(0,65 \cdot 3000)^2} = 784\,896 \text{ N} \quad (5.47)$$

$$F_{ZN} = 4\,738 \text{ N} < F_{krit} = 784\,896 \text{ N} \Rightarrow \text{Nedojde k vybočení} \quad (5.48)$$

Výpočet štíhlosti

$$\lambda = \sqrt{\frac{S \cdot (n_1 \cdot l)^2}{I_{min}}} = \sqrt{\frac{4\,800 \cdot (0,65 \cdot 3000)^2}{1\,440\,000}} = 112,6 \quad (5.49)$$

Výpočet mezní štíhlosti

$$\lambda_m = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{R_e}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{225}} = 96 \quad (5.50)$$

$$\lambda = 112,6 > \lambda_m = 96 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Výpočet kritického napětí pro pružný rozsah

$$\sigma_{krit} = \frac{F_{krit}}{S} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\frac{S \cdot (n_1 \cdot l)^2}{I_{min}}} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{112,6^2} = 163,5 \text{ Mpa} \quad (5.51)$$

$$\sigma_{krit} = 163,5 \text{ Mpa} < R_e = 225 \text{ Mpa} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (5.52)$$

6 Detailová část

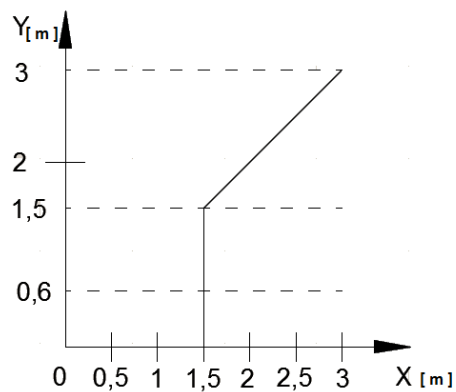
Detailová část informuje o ostatních náležitostech, které nebyly zmíněny.

6.1 Rozloha dopadové plochy

Norma [3] stanovuje závislost mezi výškou pádu a rozlohou dopadové plochy. Z výšky možného pádu je dále stanoven druh dopadové plochy.

X – Nejmenší rozměr dopadové plochy.

Y – Výška volného pádu

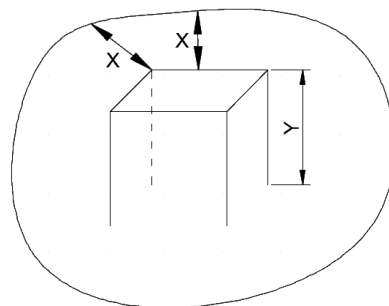


Obr. 6.1 – rozloha dopadové plochy

Výška volného pádu zvolena $Y = 1$ m.

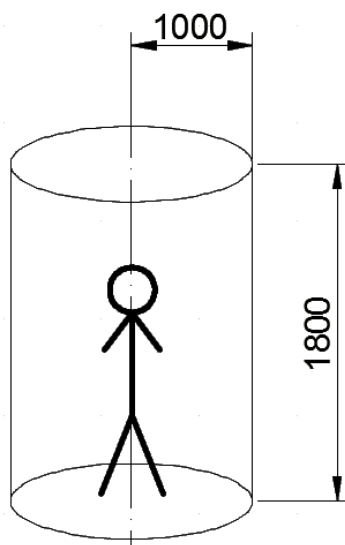
Pro $0,6 \leq Y \leq 1,5$ platí $X = 1,5$ m

Rozsah volného prostoru se měří, od vertikálního průmětu roviny pod zařízením viz obr. 6.2. Účelem prostoru pádu není ochrana uživatele před menším úderem, nebo nárazem, které může vést k modřině, nebo vyvrtnutí, protože tyto typy zranění jsou možné ve všech situacích. Dopadová plocha musí být pokryta povrchem tlumícím dopad. Pro kritickou výšku ≤ 1000 mm, je jako dopadová plocha zvolen trávník.



Obr. 6.2 – Vertikální průměr roviny

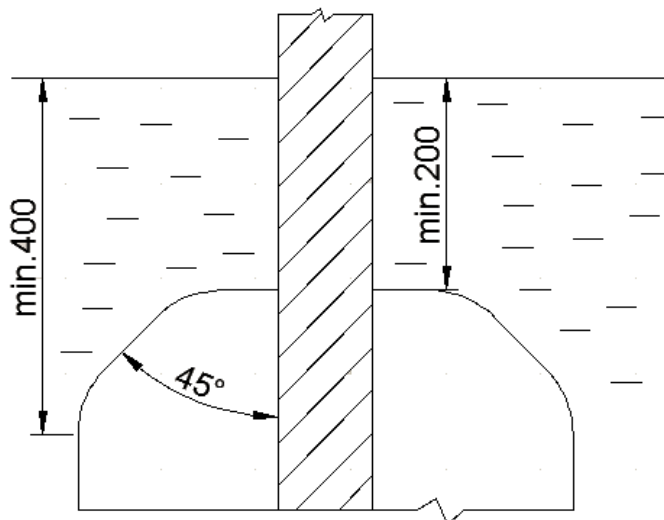
Zařízení je konstruováno tak, aby dospělí měli přístup pro případnou pomoc dětem. Minimální prostor okolo stojícího uživatele zobrazuje obrázek 6.3.



Obr.6.3 – Minimální prostor

6.2 Základy

Základy jsou navrženy tak, aby nepřestavovali zdroj nebezpečí. Podstavce, patky a upevňovací součásti na zařízení musí být umístěny aspoň 400 mm pod povrchem. Pro zabetonování je použitelný klasický pytlovaný beton, do kterého je možno přidat štěrk.



Obr. 6.4 – zabetonovaný tenkostěnný profil

6.3 Povrchové úpravy

Pro povrchové úpravy dřeva a kovových částí jsou doporučeny tyto prostředky:

Venkovní olej na dřevo MORAVIA BIO PREMIUM

Venkovní olej na dřevo premium [13] poskytuje prvotřídní ochranu dřeva vystaveného povětrnostním vlivům. Dřeviny ošetřené venkovním olejem premium jen minimálně žloutnou. Venkovní olej proniká hluboko do buněčné struktury dřeva a tím eliminuje kroucení a praskání dřevní hmoty. Zároveň brání prostupu srážkové vlhkosti do podpovrchových struktur dřeva. Takto upravený povrch však nezůstává úplně uzavřen. Dřevo může „dýchat“ a zbavovat se přebytečné vlhkosti, která se do hmoty dřeva dostala za vlhkého počasí na osmotickém principu. Venkovní olej premium je složen z rýze přírodních nepolymerizovaných rostlinných olejů.

Disperzní antikorozní nátěr – DAN

DAN [10] je nátěrová hmota pokrokového řešení, při jejíž výrobě ani používání není narušeno životní prostředí. Při nátěru nevznikají škodlivé výpary. Hmota je nehořlavá, nejedovatá, neobsahuje jedovaté sloučeniny olova a chromu. DAN se stáním nerozvrstvuje, ale mírně usazuje a netvoří škráloupy. Usazenina je rozmíchatelná a po promíchání je hmota viskózní, homogenní a tixotropní. Film vzniklý nanesením hmoty DAN je pružný a zachovává pružnost i při záporných teplotách, po zaschnutí je odolný proti působení vody. Hmota má výhodné vlastnosti, které jsou stejné a v některých parametrech předčí klasické nátěrové hmoty.



Obr. 6.5 – Antikorozní nátěr DAN

6.4 Kontrola a povinné označení

Předeepsané pokyny pro údržbu dle ČSN EN 1176/2009 [11]:

Roční hlavní kontrola

Provádí se v intervalech nepřesahujících 12 měsíců za účelem zjištění celkové úrovně bezpečnosti zařízení, základů a povrchů, např. povětrnostních vlivů, známek rozpadu nebo koroze a jakékoliv změny úrovně bezpečnosti zařízení, plynoucí z provedených oprav nebo dodatečně vestavěných nebo vyměněných částí. Tyto kontroly musí provádět pověřená osoba.

Provozní kontrola

Provozní kontrola je podrobnější prohlídka zaměřená na kontrolu funkce a stabilitu zařízení, zejména z hlediska jakéhokoliv opotřebení. Tu je nutno provádět v rozmezí od 1 do 3 měsíců. Zvláštní pozornost je třeba věnovat součástem utěsněným na celou dobu jejich životnosti.

Běžná vizuální kontrola

Běžná vizuální kontrola umožňuje rozeznat nápadné zdroje nebezpečí, které mohou být způsobeny vandalizmem, používáním nebo povětrnostními podmínkami, např. nebezpečí v podobě zlomených součástí nebo rozbitých lahví. Hřiště vystavená velmi častému používání nebo rizikům vandalizmu vyžadují denní kontrolu tohoto typu.

Značení

Zařízení musí být čitelně a trvale označeno v poloze, která je viditelná z terénu alespoň následujícím [3]:

- a) Jméno a adresa výrobce, nebo autorizovaného zástupce.
- b) Označení zařízení a rok výroby.
- c) Číslo a datum normy (EN 1176-1:2009)

7 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout bezpečnou podvěsnou lanovku na ruční pohon pro dětské centrum. Na začátku práce byla provedena rešerše možných řešení jak u nás, tak v zahraničí. Po představení mého řešení následuje teoretická část, věnující se jednotlivým prvkům konstrukce. Zejména pojezdu, kabině a nástupní rampě. Dále je uvedena výpočtová část, rozebírající jednotlivé zatížené prvky jako například zavěšení kabiny, kontrola IPE profilu na ohyb, nebo výpočet předních „nohou“ rampy na vzpěr. Doplňková část se zaměřuje zejména na dopadovou plochu, pravidelné kontroly a povrchové úpravy.

Ve výpočtech zařízení nevznikly žádné výrazné problémy. Původně byla nosná konstrukce rampy navržena pouze z tenkostěnných profilů, avšak v některých případech tento profil nevyhověl. Jako první nevyhověl kontrole na ohyb přímo pod nosnou střechou, tak byl nahrazen U profilem. Dále se ukázal jako nevhodný při kontrole na vzpěr u předních nosných „nohou“ rampy a tak byl nahrazen profilem plným. Největším problémem byl zpočátku návrh jednotlivých částí zařízení, jelikož se neshodovali s normou a tak museli být předělány.

Celá práce byla doplněna řadou obrázků, ukazujících jak jednotlivé díly, tak technické myšlenky. Hodně případů se odkazuje na normu, jelikož z ní vychází.

8 Seznam zdrojů

- [1] KALÁB, Květoslav. 2007. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [2] LEINVEBER, Jan, Pavel VÁVRA a Pavel VÁVRA. 2011. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, xiv, 927 s. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [3] ČSN EN 1176-1. *Kontrola dětských hřišť*. 2009. Brno: VELNOR spol. s.r.o.
- [4] Arcimpex.cz. 2011. *Arcimpex.cz* [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.arcimpex.cz/hutni-material/ocelove-plechy>
- [5] Cs.wikipedia.org. 2015. *Cs.wikipedia.org* [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Gondolový_most
- [6] Czferrosteel.cz. 2011. *Czferrosteel.cz* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/profily4-11373.pdf>
- [7] Czweld.cz. 2008. *Czweld.cz* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.czweld.cz/clanky/abeceda.htm>
- [8] Dailymail.co.uk. 2012. *Dailymail.co.uk* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2130540/Chinese-children-crouch-homemade-cable-car-chasm-reach-school-VIDEO.html#ixzz3YxxmkzNE>
- [9] Ferrum-mb.cz. 2015. *Ferrum-mb.cz* [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.ferrum-mb.cz/ocelove-tyce/tyce-ploche/>
- [10] Kessl.cz. 2014. *Kessl.cz* [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: http://www.kessl.cz/71-disperzni_antikorozni_nater#prettyPhoto
- [11] Kontrolahrist.cz. 2014. *Kontrolahrist.cz* [online]. [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.kontrolahrist.cz/co-mozna-nevite.php>
- [12] Moap.ostrava.cz. 2015. *Moap.ostrava.cz* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <https://moap.ostrava.cz/cs/o-moapu/aktualne/uzavreni-detskeho-raje-na-sadove-mezi-vanocnimi-svatky>
- [13] Moraviafinish.cz. 2013. *Moraviafinish.cz* [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.moraviafinish.cz/kategorie/oleje-na-sruby-roubenky-pergoly-ploty.aspx>
- [14] Vingu.cz. 2015. *Vingu.cz* [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.vingu.cz/katalog/zdvihaci-zvedaci-zarizeni/pojezdove-kocky/rucni-postrkovy-pojezd-htp-htg>

9 Seznam příloh

- Příloha A – Nastavení programu Inventor pro pevnostní analýzu
- Příloha B – Sestavný výkres
- Příloha C – Výrobní výkres svařované podsestavy

Příloha A – Nastavení programu Inventor pro pevnostní analýzu

☐ **Simulace:1**

Obecné cíle a nastavení:

Cíl návrhu	Jediný bod
Typ simulace	Statická analýza
Datum poslední úpravy	30. 4. 2015, 16:03
Zjistit a odstranit režimy tuhého tělesa	Ne

Nastavení sítě:

Prům. velikost prvku (zlomek průměru modelu)	0,1
Min. velikost prvku (zlomek prům. velikosti)	0,2
Součinitel zemních těles	1,5
Max. úhel pootočení	60 deg
Vytvořit zakřivené prvky sítě	Ano

☐ **Materiály**

Název	Ocel	
Obecné	Měrná hmotnost	7,85 g/cm ³
	Mez kluzu v tahu	207 MPa
	Mez pevnosti v tahu	345 MPa
Napětí	Youngův modul	210 GPa
	Poissonova konstanta	0,3 ul
	Modul pružnosti	80,7692 GPa
Názvy součástí	I profil	

☐ **Provozní podmínky**

☐ **Síla: 1**

Typ zatížení	Síla
Velikost	2057,000 N
Vektor X	0,000 N
Vektor Y	0,000 N
Vektor Z	-2057,000 N

☐ **Síla: 2**

Typ zatížení	Síla
Velikost	2057,000 N
Vektor X	0,000 N
Vektor Y	0,000 N
Vektor Z	-2057,000 N