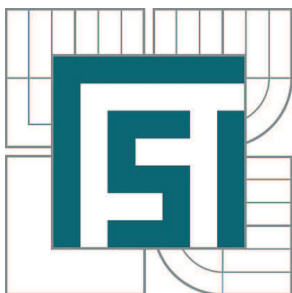


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKČNÍ NÁVRH NOSNÉHO RÁMU VÝTAHOVÉ KABINY

DESIGN OF THE SUPPORTING FRAME OF LIFT CAGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ ZAPLETAL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ DVOŘÁČEK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Zapletal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukční návrh nosného rámu výtahové kabiny

v anglickém jazyce:

Design of the supporting frame of lift cage

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh nosného rámu, nesoucího výtahovou kabinu s těmito parametry: nosnost kabiny s příslušenstvím 1800 kg, rychlost pojezdu 2,5 m/s.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Návrh konstrukčních řešení
5. Výsledné konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení

Typ práce: konstrukční; Účel práce: výzkum a vývoj

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2014.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. Konstruování strojních součástí. Vyd. 1. Brno : Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2010. 1300 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 22.11.2013

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ANOTACE

Tato práce se zabývá konstrukčním návrhem nosného rámu výtahové kabiny osobního výtahu o nosnosti 1000kg (13 osob) a nominální rychlosti 2,5m/s. První část je zaměřena na návrh konstrukce nosného rámu. Rám je vyroben z ocelových ohýbaných dílů, navzájem spojených pomocí šroubů. Další část je zaměřena na kontrolu rámu a pevnostní výpočet pomocí programu Autodesk Inventor.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výtah, Autodesk Inventor, rám, kabina, konstrukce, pevnostní analýza

ANNOTATION

This thesis is focused in design of supporting frame of lift cage. Working load of frame is 1000 kg (13 people). Nominal speed is 2,5 m/s. First part is focused in design of car frame. Car frame is made from steel bent profiles, connected each other with bolts. This work also contains final element analysis of frame. Structure is analyzed by software Autodesk Inventor.

KEY WORDS

Lift, Autodesk Inventor, frame, car, construction, stress control

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZAPLETAL, T. *Konstrukční návrh nosného rámu výtahové kabiny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 57s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci jsem vypracoval a napsal samostatně pod vedením pana Ing. Jiřího Dvořáčka, Ph.D. a veškerou použitou literaturu jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Brně, dne 22.5.2014

.....
Tomáš Zapletal

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Dvořáčkovi, Ph.D. za jeho trpělivost a ochotu mi poradit. Dále chci poděkovat panu Ing. Lud'ku Šebestovi za poskytnutí materiálů a vstřícnost při spolupráci. V neposlední řadě chci poděkovat svým rodičům za jejich podporu po celou dobu studia.

OBSAH

1 ÚVOD	15
1.1 Charakteristika výtahu.	15
1.2 Historie výtahů ve světě	15
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	18
2.1 Současný stav a směr budoucího vývoje	18
2.2 Bezpečnostní předpisy a norma ČSN EN 81-1	18
2.3 Rozdělení výtahů	19
2.4 Hlavní části výtahu	19
2.5 Stávající (nejpoužívanější) nosné rámy výtahové kabiny	21
2.5.1 MED-FRAME	21
2.5.2 MOD-FRAME	22
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	23
4 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ	24
4.1 Volba konstrukčního řešení	24
4.2 Volba materiálů	24
4.2.1 Nejčastěji používané materiály	24
4.2.2 Volba materiálu jednotlivých komponent	24
4.2.3 Volba spojovacího materiálu	25
4.2.4 Volba vodících čelistí	25
4.2.5 Volba zachycovačů	25
4.3 Rozbor a návrh jednotlivých částí rámu	26
4.3.1 Horní nosný rám	26
4.3.2 Volba a konstrukce jednotlivých částí horního nosného rámu	27
4.3.3 Spodní nosný rám	30
5 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	33
5.1 Kontrola konstrukčního řešení	34
5.1.1 Rozměry kabiny a počet přepravovaných osob	34
5.1.2 Způsoby zatěžování rámu	35
5.1.3 Výpočet sil působících na rám při jednotlivých zatěžujících stavech	36
5.1.4 Spojení svislého nosníku s horním nosným rámem	37
5.1.5 Kontrola šroubu ve stříhu	38
5.1.6 Kontrola na otlačení	39
5.1.7 Spojení horního nosného rámu a vytahovacího zařízení	40
5.2 Pevnostní analýza	42
5.2.1 Popis programu Autodesk Inventor	42
5.2.2 Výpočtový model	42
5.2.3 Řešení vazeb	43
5.3 Zatěžovací stavy	44
5.3.1 Zatěžovací stav VYTAHOVÁNÍ	44
5.3.2 Zatěžovací stav JÍZDA 100%DL	45
5.3.3 Zatěžovací stav JÍZDA 50% DL NA PŘEDNÍ ČÁSTI	46
5.3.4 Zatěžovací stav JÍZDA 50% DL V ZADNÍ ČÁSTI	47
5.3.5 Zatěžovací stav JÍZDA 50% DL NA BOKU	48
5.3.6 Zatěžovací stav BRZDA 125% DL	49
5.3.7 Zatěžovací stav ZACHYCENÍ	50
6 DISKUSE	51

7 ZÁVĚR	52
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	55
SEZNAM TABULEK	56
SEZNAM PŘÍLOH	57

1 ÚVOD

1

1.1 Charakteristika výtahu.

1.1

Pod pojmem výtah si můžeme představit strojní zařízení, sloužící převážně k dopravě osob a břemen svislým (vertikálním), nebo šikmým směrem s maximálním sklonem 15° po pevné dráze mezi dvěma či více stanovišti. Zvedané osoby případně břemena jsou umístěna na plošině, která je součástí výtahové kabiny. Kabina je připevněna k nosnému rámu, tzv. kleci. Celá klec je ve výtahové šachtě vedena pomocí pevně ukotvených vodiček. Vodička zajišťují přesný pohyb klece při posuvu dolů i nahoru. Klec může být zavěšena na jednom, ale i několika nosných orgánech. Nosnými orgány rozumíme především nosná lana. V dnešní době už spíše používané pásy. Úkolem nosných orgánů je spojení klece s výtahovým strojem umístěným ve strojovně zajišťující pohon výtahu. Toto spojení nám umožňuje pohyb výtahu.

Práci výtahu lze považovat za přerušovanou, neboť nakládání břemen či nástup a výstup osob je prováděn v poloze, kdy se kabina nachází v jedné ze stanic. Tedy za předpokladu, že je kabina v klidu. Existují samozřejmě výjimky, takové výtahy pracují nepřetržitě, tzn., nedochází k zastavení v jednotlivých stanicích. Výstup a nástup se provádí za provozu. Takové výtahy nazýváme oběžné, nebo také známějším názvem páternostery.

Jedním z hlavních parametrů charakterizující typ výtahu je jeho jmenovitá nosnost. Dále pak druh pohonu, zvedací rychlost, způsob uspořádání jednotlivých částí, umístění vyvažovacího závaží, rozměry výtahové šachty a kabiny [1].

1.2 Historie výtahů ve světě

1.2

Již ve 3. století př. n. l. začali lidé pociťovat potřebu ulehčit si namáhavou práci při zvedání do výšky. První pokusy o konstrukci zdvihadel, tedy zařízení podobná dnešním výtahům můžeme najít v řeckých dějinách. Konkrétně v roce 236 př. n. l. sestrojil řecký matematik Archimédes z Pergy zařízení, podobající se výtahu jak jej známe dnes. Dřevěná klec výtahu byla spojena pomocí konopných lan s vrátkem, který byl poháněn lidskou silou a umožňoval dopravu ve svislém směru.

Archeologové také potvrdili, že zařízení podobné výtahu měl ve svém paláci i římský císař Nero (37-68 n. l.). Takové zařízení bylo dokonce opatřeno bezpečnostním prvkem, kterým byl nafukovací kožený vak. Ten měl za úkol zmírnit náraz při případném pádu.

U všech předchůdců dnešních výtahů byla k pohonu používána lidská, nebo zvířecí síla. Dlouho dobu byly výtahy výsadou pouze králů, kteří tak ukazovali světu svou dominanci. První výtah se o obytném domě objevil až v roce 1670.

Rozvoji výtahů dlouhou dobu bránily z větší části společenské poměry. Další překážkou byly i technické nedostatky, tedy absence vhodného zařízení pro pohon. Důležitým milníkem pro rozvoj nejen výtahů byla průmyslová revoluce, za jejíž symbol je považován především vynález parního stroje. Ten přispěl k obrovskému rozvoji tehdejší techniky. Téměř okamžitě se objevila snaha využít parní stroj k pohonu výtahu [1].

Podle dochovaných pramenů byl první výtah poháněný parním strojem sestaven v roce 1830, o jeho konstrukci se zasloužili pánové Frost a Strutt.

Nejdříve byly stavěny malé výtahy pro dopravu nákladu, zejména uhlí, strusky a jiného materiálu. Taková zařízení se konstrukčně nijak nelišili od ostatních druhů zdvihadel. Vše se ovšem muselo změnit v momentě, kdy se začalo uvažovat o dopravě osob. Výtahy se musely podřídít bezpečnostním předpisům dbajícím na bezpečnost lidí. Díky tomu se začaly výtahy do značné míry odlišovat od ostatních zdvihadel, pro která tak přísné bezpečnostní prvky neplatí.

Výtah podobající se dnešnímu, tzn. vybavený plošinou opatřenou bezpečnostními prvky, které měly zabránit případnému pádu při porušení nosných orgánů (lan) a vedenou pomocí pevně ukotvených vodítek, byl představen až v roce 1853. Jednalo se o výtah nákladní určen pro dopravu břemen a obsluhy, vybavený předchůdcem dnešního zachycovacího ústrojí. Vynálezcem byl Elisha Graves Otis. Ten při jeho prezentaci vystoupil na plošinu a pokynul svému pomocníkovi, aby přetřal nosné lano. Plošina poklesla o několik centimetrů a zastavila se [1],[2].



Obr. 1 Elisha Graves Otis [3]

První osobní výtah vybavený těmito bezpečnostními prvky byl nainstalován v obchodním domě v New Yorku.

Nástup výtahů s hydraulickým pohonem přichází v druhé polovině 19. století. Médiem pro přenos síly byla voda. Výhodou bylo, že takové výtahy byly konstruovány pro vyšší rychlosti a zdvihy, než tomu bylo doposud.

Další důležitý mezník přináší vynález elektrického pohonu. Roku 1883 představuje Anton Freissler prototyp elektrického výtahu se zdvihem 24 m a pro dopravu čtyř osob. Roku 1890 se představuje první kolejový výtah s trakčním (třecím) pohonem.

Dominantou prvních elektrických výtahů bylo nedokonalé a obtížné řízení. Vše roku 1894 změnila firma OTIS, které se podařilo vytvořit výtah ovládaný univerzálním tlačítkovým řízením. Rozmach řídicích systémů můžeme pozorovat až v následujícím století [2].

Markantní rozvoj zaznamenal vývoj výtahů po skončení druhé světové války. Nejrozšířenější jsou výtahy s třecím pohonem a převodovkou umístěnou mezi hnacím kotoučem a elektromotorem. Vývoj se posunul kupředu také v oblasti řízení. Původní pákové a prosté tlačítkové řízení bylo postupně nahrazováno řízením sběrným. Výhodou sběrného řízení byly paměťové prvky. Ty sloužily ke sbírání informací a dopravě osob do žádaných podlaží co nejrychleji a to bez ohledu na pořadí, v jakém byly jednotlivé povely zadány [1].

Směr vývoje se uchyluje k typizaci výtahů a jejich jednotlivých částí. Objevuje se snaha montovat co nejvíce součástí v továrnách a na stavbu dopravovat jednotlivé části v co možná největším stupni smontovatelnosti. Důvodem byla potřeba omezit počet montážních operací přímo na stavbě a také provádět operace podléhající přísné kontrole při ideálních podmínkách přímo v továrnách [1].

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Současný stav a směr budoucího vývoje

V dnešní době se firmy snaží nabídnout zákazníkovi dle jeho požadavků to nejlepší, co se týká ceny, designu a provedení. Uspokojení individuálních potřeb každého zákazníka je prioritou, pokud chtějí firmy obstát v konkurenčním boji.

Celkový vývoj se dnes zaměřuje spíše na design, ekologii, poskytnutí komfortu při jízdě a bezpečnost. Převládá snaha snížit náklady na výrobu a to hledáním nových cest v oblasti použitých materiálů z důvodu odlehčení celé konstrukce při zachování tuhosti a bezpečnosti. Důraz je kladen také na technologii výroby jednotlivých součástí. Dále je snaha minimalizovat prostory strojoven, případně je zcela odstranit.

Můžeme se jen domnívat, jakým směrem se bude vývoj dále ubírat. Při dnešním prudkém rozvoji techniky je prakticky nemožné cokoliv předvídat.

2.2 Bezpečnostní předpisy a norma ČSN EN 81-1

Bezpečnostní předpisy začaly vznikat, jakmile se začaly používat výtahy určené k dopravě osob, nebo nákladu s dovoleným doprovodem osob. Výtahy se postupem času začaly do značné míry odlišovat od ostatních zdvihadel. S tím byla spojena i nutnost podléhat stále přísnějším předpisům dbajícím na bezpečnost lidí. Bezpečnostní předpisy se formovaly postupně tak, jak pokračoval vývoj, a stoupalo použití výtahů. Jelikož nebyl pokrok ve všech zemích stejně rychlý, v různých zemích platily předpisy různé. Snaha byla tyto předpisy co nejvíce sjednotit, aby se výtahy vyráběly pokud možno zcela jednotně a tím i úsporně. Vývoj předpisů u nás vyvrcholil normou ČSN [1].

Při provozu výtahů je největší prioritou zajistit bezpečnost přepravovaných osob i obsluhy. Z tohoto důvodu byla vydána řada norem, týkající se především konstrukce výtahů, jejich výrobou a provozem.

V této práci se budu zabývat normou ČSN EN 81-1 – Konstrukce a montáž elektrických (hydraulických) výtahů. Evropská norma vešla v platnost 21. února 1998 a členové CEN (Evropská komise pro normalizaci) jsou povinni splnit požadavky předpisů CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých je třeba této evropské normě bez jakýchkoli změn, dát statut národní normy.

Tato norma určuje bezpečnostní zásady konstrukce a instalace trvale namontovaných nových elektrických výtahů s trakčním nebo kinematicky vázaným pohonem, které obsluhují určené stanice a mají klec pro dopravu pouze osob nebo osob a nákladů. Klec je zavěšena na laněch nebo řetězech a vedena vodítky, která nesmí být odkloněna od svislé roviny o více než 15°.

Je potřeba také brát zřetel na chybějící požadavky na hluk a vibrace, které zde uvedeny nejsou, protože z hlediska bezpečného provozu výtahu nejsou důležité [4].

2.3 Rozdělení výtahů

Podle [1] je možno výtahy dělit do několika skupin. Jedním ze základních rozdělení je podle druhu pohonu. Od něj se poté odvíjí celková koncepce výtahu.

Proto je můžeme rozdělit na:

- výtahy s elektrickým pohonem (trakční, bubnové, řetězové)
- výtahy s hydraulickým pohonem
- výtahy s pneumatickým pohonem

Ve své práci se budu zabývat koncepcí výtahu s elektrickým pohonem, proto se spíše zaměřím na výtahy využívající tento typ pohonu.

Výtahy s elektrickým pohonem můžeme rozdělit do těchto skupin:

- výtahy pro dopravu osob nebo nákladu (s řidičem)
 - a) bez řidiče (řízené jezdící osobou) do nosnosti 1000 kg
 - b) pro provoz s řidičem
 - c) lůžkové výtahy (doprava nemocných s obsluhou)
- výtahy nákladní (se zakázanou dopravou osob)
 - a) se zákazem vstupu osob do klece i při manipulaci
 - b) s povoleným vstupem osob do klece při nakládání
- malé nákladní výtahy s maximální nosností 100 kg, s průřezem výtahové šachty nejvýše 1m², a s nákladištěm minimálně 40 cm nad podlahou.
- výtahy zvláštní konstrukce
 - a) chodníkové (stolové)
 - b) vyklápěcí (kolmá vodítka přecházejí v oblouková nebo šikmá)
- výtahy oběžné pro přepravu osob (páternostery)
- stavební výtahy (výsypané)

2.4 Hlavní části výtahu

Při rozdělení a popisu jednotlivých částí rámu vychází z literatury [1] a [2].

- 1) Strojovna – prostor, kde je umístěn výtahový stroj a prvky sloužící k ovládní výtahu a řízení stroje. Novější výtahy se dokážou obejít bez místnosti strojovny, zejména při nedostatku místa. Výtahový stroj je pak umístěn na stropu výtahové šachty a ovládací zařízení třeba na chodbě domu.
- 2) Výtahový stroj (pohon) – je motorické zdvihací ústrojí. Nachází se ve strojovně a je složen z hnacího elektromotoru, mechanického převodového ústrojí, stavicí brzdy, hnacího lanového kotouče (případně navíjecího bubnu), spojky a rámu stroje.

- 3) Nosné orgány – jedná se o ocelová lana nebo kloubové řetězy. U modernějších výtahů se můžeme setkat i s plochými nosnými pásy. Tento typ média zavedla jako první firma OTIS. Pásy mají oproti ocelovým lanům spoustu výhod. Jsou ohebnější, není potřeba je mazat, dosahují vyšší trvanlivosti, umožňují větší plynulost jízdy a snižují hlučnost [5].
- 4) Klec – nebo kabina je ta část výtahu, na jejíž plošině (podlaze), ležící na závěsné konstrukci (rámu), je přepravováno břemeno. Klec je tvořena ocelovou kostrou z válcovaných profilů, ke které jsou připevněny vodící čelisti sloužící k vedení klece po vodičkách, zachycovače, závěsy a pohon kabinových dveří.
- 5) Vyvažovací závaží (protizávaží) – slouží k vyvážení váhy klece s příslušenstvím a také části (zpravidla 50%) tíhy břemene. Bývá složeno z jednoho, nejčastěji však z několika vzájemně spojených kusů. Pohybovat se může ve stejné šachtě jako klec, nebo v odděleném prostoru. Vše záleží na uspořádání prostor a typu výtahu. Vedení v šachtě je zajištěno vodičkou.
- 6) Výtahová šachta – je ohraničený prostor, ve kterém se pohybuje klec a obvykle i protizávaží. V šachtě jsou umístěna vodička, která bývají uložena v konzolách (kotvách) pevně ukotvených ve stěně šachty. Vodička slouží k vedení klece a protizávaží. Dalším úkolem je přenos brzdící síly při spuštění zachycovacího zařízení (zachycovačů).
- 7) Šachetní dveře – křídlové nebo posuvné, jsou části výtahové šachty, které uzavírají vstupy do šachty v jednotlivých stanicích, které slouží ke vstupu do klece.
- 8) Zachycovače – jsou mechanické bezpečnostní prvky upevněné na ocelové konstrukci klece nebo protizávaží, sloužící k zachycení klece v případě porušení nosných orgánů, nebo dojde-li k překročení předem stanovené dopravní rychlosti při pohybu směrem dolů. Zachycovači musí být vybaven každý výtah, do jehož klece smějí vstupovat osoby.
- 9) Omezovač rychlosti – je samočinné zařízení, mající za úkol spustit zachycovače, je-li překročena stanovená hodnota dopravní rychlosti při pohybu dolů. Mez je stanovena jako 140% dopravní rychlosti.
- 10) Nárazníky – jsou umístěny na dně šachty. Jejich úkolem je zmírnit plynule až do zastavení rychlost klece, případně protizávaží při překročení spodní mezní polohy. Zpravidla je pod klecí i protizávažím umístěn pouze jeden nárazník rovnoběžně se směrem pohybu.
- 11) Další bezpečnostní prvky – moderní výtahy jsou vybaveny celou řadou bezpečnostních prvků, jako jsou závěsové spínače, uzávěrka šachetních a kabinových dveří aj.

2.5 Stávající (nejpoužívanější) nosné rámy výtahové kabiny

2.5

Rozbor stávajících konstrukcí firmy OTIS a.s, Břeclav.

2.5.1 MED-FRAME

2.5.1

MED-FRAME je modernizační rám kabiny, určen pro instalaci společně s dalšími modernizačními prvky, které zajišťují jeho dokonalé vedení a spojení s výtahovým strojem. Dále je vybaven bezpečnostními komponenty.

Kostra rámu je tvořena z ocelových nosníků L profilu, navzájem spojených pomocí šroubů. Horní nosník je vybaven vedením a závěsným zařízením sloužící pro spojení rámu s výtahovým strojem. Výška rámu je odvozena od vnější výšky kabiny. Spodní část je tvořena z nosníků L profilů. Na spodní příčné nosníky jsou umístěny bezpečnostní bloky, vodící a vyrovnávací desky [6].



Obr. 2 MED-FRAME [6]

Parametry nosného rámu MED-FRAME

Tab. 1 Parametry nosného rámu MED-FRAME [6]

PARAMETR	LIMIT
Nominální zatížení DL ($P+Q$ = hmotnost rámu + nosnost)	max. 5000 kg
Nominální rychlost	max. 2,5 m/s
Vestavěná výška rámu	min. 2345 mm max. 3354mm
Vzdálenost mezi vodítky	min. 1224 mm max. 2550 mm
Hloubka rámu	min. 1400 mm max. 3000 mm

2.5.2 MOD-FRAME

MOD-FRAME je modernizační nosný rám kabiny, určen pro instalaci společně s dalšími modernizačními prvky, které zajišťují jeho dokonalé vedení a spojení s výtahovým strojem.

Horní rám je tvořen ze dvou nosníků Z profilu. K hornímu rámu je připevněno vedení, zachycovače a komponenty sloužící ke spojení s výtahovým strojem. Dolní rám je spojen s horním pomocí dvou párů nosníků tvaru U, jejichž délka je závislá na vnější výšce výtahové kabiny. Základem spodního rámu jsou taktéž dva rovnoběžné nosníky tvaru Z. Dále je vybaven výztuhami, dolními vodítky a dosedací deskou pro hydraulické nárazníky [7].

Možnosti provedení vedení:

- kluzné vedení (Obr. 3)
- valivé vedení (Obr. 4)



Obr. 3 MOD-FRAME 1 [7]



Obr. 4 MOD-FRAME 2 [7]

Tab. 2 Parametry nosného rámu MOD-FRAME [7]

PARAMETR	LIMIT
Nominální zatížení DL ($P+Q$ = hmotnost rámu + nosnost)	max. 1800 kg
Nominální rychlost	max. 2,5 m/s
Vestavěná výška rámu	min. 2200 mm max. 2500 mm
Vzdálenost mezi vodítky	min. 700 mm max. 2000 mm

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce je návrh konstrukce a pevnostní analýza nosného rámu výtahové kabiny. Firma OTIS a.s, Břeclav mi dala za úkol navrhnout konstrukci nosného rámu výtahové kabiny tak, aby splňovala bezpečnostní požadavky dané normou. Dále musí vyhovovat z hlediska zatěžování, které odpovídá provozním stavům běžného rámu. Zatěžovací stavy jsou simulovány v programu Autodesk Inventor 2013.

Prvním krokem je pomocí stávajících a nepoužívanějších konstrukcí návrh konstrukčního řešení a tvorba modelu. To vše s ohledem na zadané zatížení a provozní parametry, používané materiály a maximální využití stávajících součástí firmy OTIS a.s, Břeclav.

V další fázi je navržená konstrukce podrobena pevnostní analýze v programu Autodesk Inventor, kde jsou na modelu simulovány zatěžovací stavy odpovídající běžnému provozu. Výstupem této analýzy je grafické znázornění nebezpečných míst na konstrukci a jejich rozbor.

Zadané parametry:

- rychlost pojezdu max. 2,5 m/s
- maximální zrychlení kabiny 1,2 m/s²
- váha kabiny i s příslušenstvím DL = max. 1800 kg
- rozměry kabiny: šířka 1150 mm, výška 2000 mm, hloubka 2000 mm

4 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

4.1 Volba konstrukčního řešení

S ohledem na zadanou maximální nosnost 1000 kg a maximální rychlost pojezdu 2,5 m/s, je volena jako výchozí koncepce pro rám konstrukce s označením MOD-FRAME. Zadané hodnoty jsou pro tento typ limitní, neboť po jejich překročení by z důvodu bezpečnosti konstrukce byla příliš těžká a náročná na zástavbu. V praxi je však konstrukce MOD-FRAME pro takové případy upřednostňována. Je tvořena jednoduššími komponenty méně náročných na výrobu. Váha celého rámu je menší než u koncepce MED-FRAME.

4.2 Volba materiálů

Většina součástí pro rám výtahové kabiny se vyrábí z tabulí plechu tloušťky 1-12mm, požadovaných tvarů se dosahuje řezáním pomocí laserové technologie a následným ohýbáním, případně svařováním.

Návrh jednotlivých součástí rámu se z velké části opírá o tyto fakty a zohledňuje dostupnou technologii, již vytvořené části, jednoduchost výroby a úsporu materiálu při hromadné výrobě.

4.2.1 Nejpoužívanější materiály

S235 – Je konstrukční ocel, tavná se zaručenou svařitelností. Je určena pro jednoduché mírně namáhané, kované, lisované a za studena ohýbané součásti. Používá se také pro plechy na strojní konstrukce, páky, šrouby, zděře, nýty a součásti do provozní teploty 300 °C. Dále pak pro mostní, jeřábové a stropní konstrukce namáhané staticky a mírně dynamicky [8].

S355 – Je konstrukční ocel, tavná se zaručenou svařitelností do tl. 25 mm. Tato ocel je vhodná pro mostní a jiné svařované konstrukce, pásy na ohýbané profily, trubky a součásti strojů. Používá se také pro součásti namáhané staticky a mírně dynamicky [8].

Tab. 3 Vlastnosti konstrukčních materiálů [8]

Materiál	S235	S355
R_m [MPa]	340 až 440	520 až 628
R_{emin} [MPa]	186	333

4.2.2 Volba materiálu jednotlivých komponent

Rám musí splňovat důležité pevnostní podmínky, které nesmí být překročeny při žádném provozním stavu. Z důvodu bezpečnosti a faktu, že zvedací zařízení přepravující osoby podléhají přísným bezpečnostním předpisům, je pro jednotlivé komponenty konstrukce zvolen materiál S355.

4.2.3 Volba spojovacího materiálu

4.2.3

Ke spojení jednotlivých součástí rámu jsou použity šroubové spoje. Jde o snahu se vyhnout svařování a to z důvodu vzniku pnutí v konstrukci, nemožnosti spoje později rozebírat a nahrazovat. Dále z důvodu montáže větší části konstrukce přímo na staveništi a snížení hmotnosti. Jako spojovací materiál jsou voleny šrouby z uhlíkové oceli s metrickým závitem M12 podle ISO, pevnostní třídy 8.8. Pro více namáhané spoje a nebezpečná místa jsou průměry šroubů zkontrolovány v další kapitole [9].

4.2.4 Volba vodících čelistí

4.2.4

Vodící čelisti slouží ke správnému vedení kabiny po vodítkách. Plní funkci vazby kabiny vzhledem k okolní šachtě, kdy je povolen pohyb pouze ve směru svislém. Na každé konstrukci se montují po čtyřech, dvě jsou pomocí šroubů uchycena k hornímu rámu a zbylé dvě k rámu spodnímu. Vodítka dodává firma ETN. Dle zátěže kabiny jsou zvoleny vodící čelisti HSMK 100 (100x75x35mm) pro vložky EK 5-16mm [10].



Obr. 5 Vodící čelist HSMK 100 [10]

4.2.5 Volba zachycovačů

4.2.5

Při překročení určité rychlosti, která je nastavena na omezovači rychlosti a přezkouší se na revizních jízdách, se zachycovač vybaví. Musí zastavit kabinu dle předepsané normy ČSN EN 81-1.

S ohledem na zadané provozní a provozní parametry, hmotnost kabiny 1800kg a pro tloušťku vodítek 8-16mm jsou zvoleny zachycovače typu ASG-100 UD od firmy Dynatech [11].

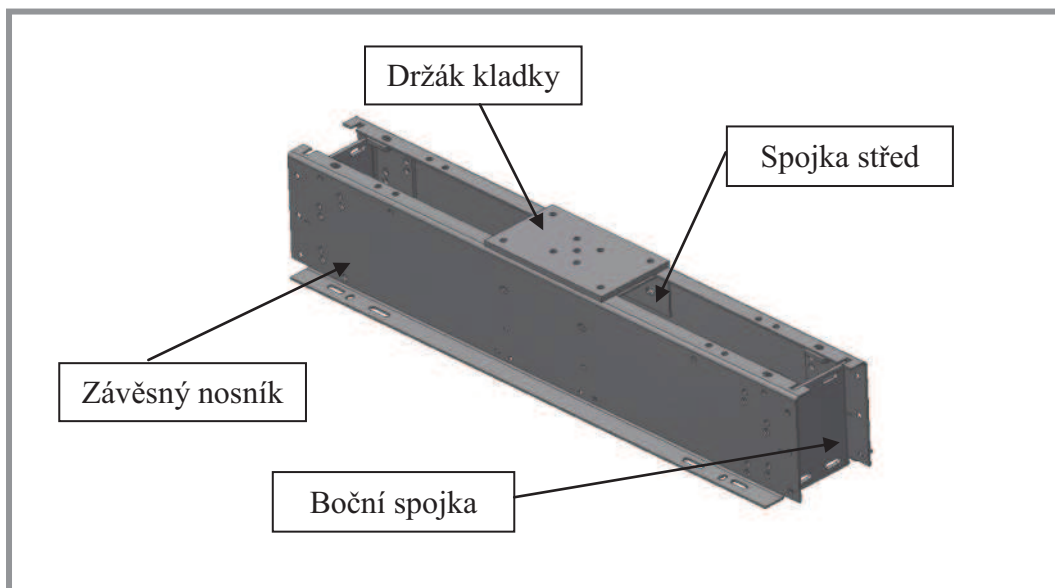


Obr. 6 Zachycovače ASG-100 UD [11]

4.3 Rozbor a návrh jednotlivých částí rámu

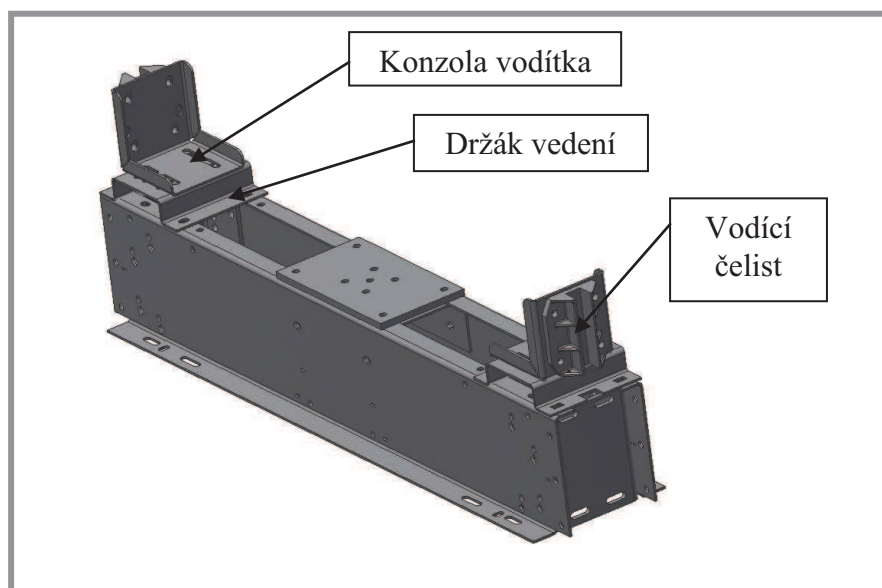
4.3.1 Horní nosný rám

Základem horního nosného rámu jsou dva závěsné nosníky Z profilu. Jejich vzájemná poloha je zajištěna na obou koncích bočními spojkami a uprostřed spojkou střední. Uprostřed rámu na horní části je umístěn držák kladky, jako jediný je vyroben z materiálu větší tloušťky, pro zvýšení tuhosti a umístění zvedacího zařízení (Obr. 7). Všechny části jsou vzájemně spojeny šrouby, které z důvodu názornosti a přehlednosti na obrázcích nejsou.



Obr. 7 Základ horního nosného rámu

K hornímu nosnému rámu jsou připojeny další komponenty. Držák vedení slouží k zvýšení tuhosti celého rámu a primárně k uchycení a ustavení konzoly společně s vodícími čelistmi při montáži. Všechny tyto součásti jsou navrženy tak, aby bylo možno korigovat jejich polohu přímo na místě a tím kompenzovat případné výrobní nepřesnosti. Toto ustavení je důležité protože úkolem vodících čelistí je zajistit správný pohyb celé konstrukce ve vedení (Obr. 8). Vzájemná poloha je zajištěna pomocí šroubů.

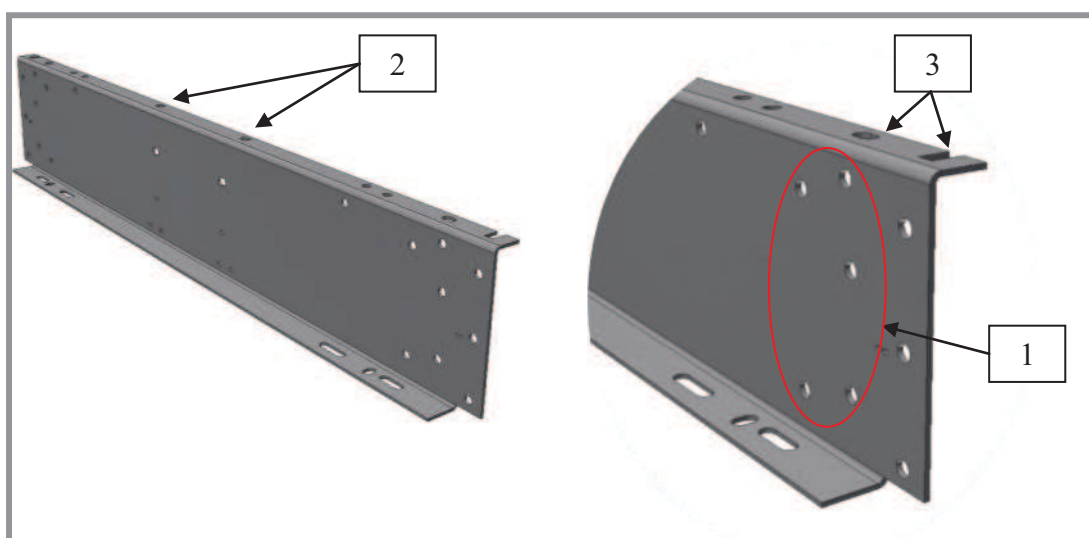


Obr. 8 Horní nosný rám

4.3.2 Volba a konstrukce jednotlivých částí horního nosného rámu

4.3.2

Závěsný nosník je tvořen z materiálu S355 tloušťky 4mm (Obr. 9). Firma OTIS a.s, Břeclav disponuje technologií laserového obrábění, proto je nosník zhotoven z tabule plechu a obvod i jednotlivé otvory řezány. Následuje ohnutí do požadovaného tvaru Z. Toto řešení je výhodnější, než volba válcovaných Z profilů, ty jsou pro takové použití nevhodné z hlediska hmotnosti a náročného obrábění otvorů pro spojovací části. (Pozice 1) označuje díry pro bezpečné umístění bočních spojek. (Pozice 2) ukazuje otvory sloužící k uchycení držáku kladky, z důvodu ustavení jsou místo klasických kruhových děr použity díry oválné. Místo pro uchycení držáku vedení je opatřeno oválnou dírkou 13x20mm a obdélníkovým výřezem opět z důvodu zajištění přesné polohy při montáži (Pozice 3).



Obr. 9 Závěsný nosník

Ke spojení dvou závěsných nosníků slouží spojka střed (Obr. 10) a na obou stranách boční spojky (Obr. 11). Spojka střed je zhotovena z pásu plechu ze stejného materiálu jako závěsný nosník, stejně tak spojka boční, ta je však primárním komponentem zajišťující tuhost a soudržnost po sestavení, proto je zhotovena z materiálu tloušťky 8mm.

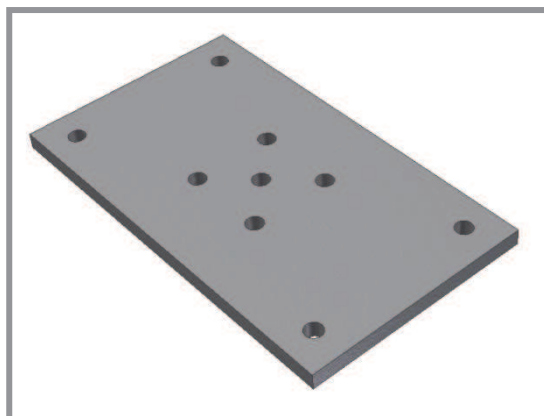


Obr. 10 Spojka střed



Obr. 11 Boční spojka

Ke spojení horního nosného rámu a zvedacího zařízení dochází pomocí držáku kladky, ten je kvůli zesílení a faktu, že v těchto místech je celý rám nejvíce namáhán zhotoven materiálu 12 mm (Obr. 12).



Obr. 12 Držák kladky

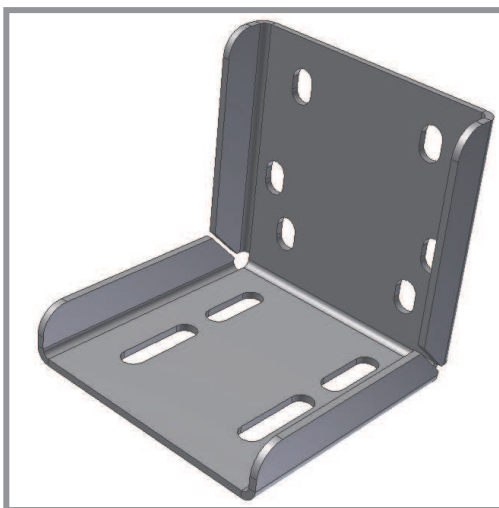
Správné umístění vodiček zajišťuje držák vedení (Obr. 13). Jeho konstrukce je navržena tak, aby bylo možno při montáži korigovat jeho polohu na závěsném nosníku, k čemuž slouží oválná díra 13x20mm na jedné straně a obdélníková díra 13x20mm na straně druhé. Dále je možno při montáži regulovat umístění konzoly vedení s vodící čelistí, díky šesti oválným dírám 13x55mm.

Konzola vedení (Obr. 14) je zhotovena z plechu tloušťky 4mm, její výroba je poněkud náročnější vzhledem k většímu počtu ohybů. Zde je však nutnost zvýšit tuhost, protože největší namáhání od vodících čelistí je přenášeno na tuto součást. Zvýšení tuhosti dosáhneme přidavnými křídélky, která po ohnutí a následném svaření zvýší celkovou tuhost součásti.

Konzola vedení je protikusem držáku vedení, proto na ploše styku bude také oválná díra tentokrát 13x40mm, umožňující správnou polohu při montáži.

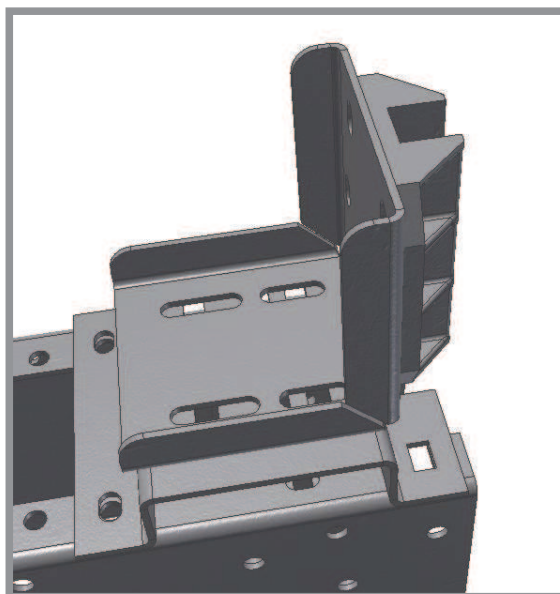


Obr. 13 Držák vedení



Obr. 14 Konzola vedení

Umístění jednotlivých komponent při sestavování je vidět na Obr. 15. Sestava pro přehlednost neobsahuje spojovací součásti.

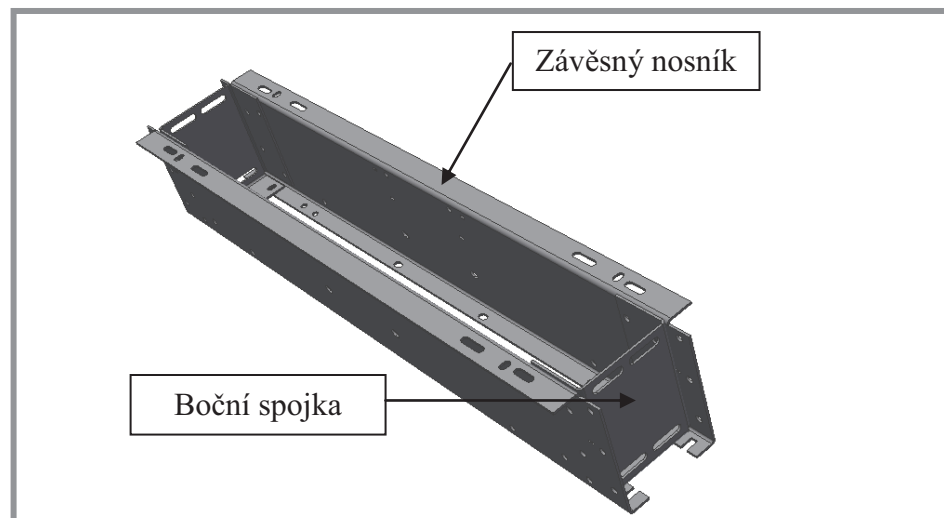


Obr. 15 Ukázka sestavení

4.3.3 Spodní nosný rám

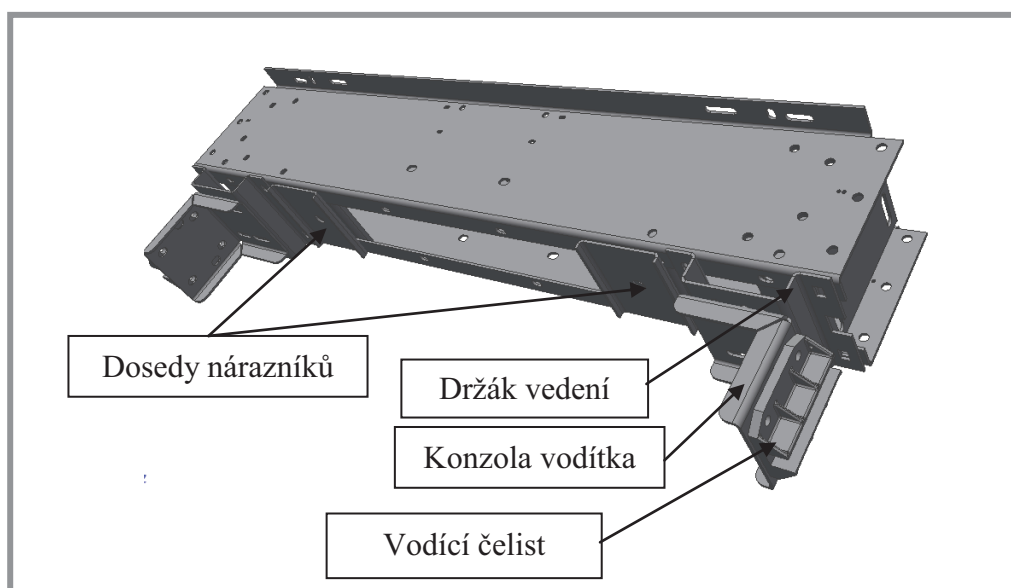
Konstrukce spodního rámu se téměř shoduje s rámem horním. Z důvodu snazší výroby a univerzálnosti jednotlivých komponent se přistupuje k tomuto řešení.

Základem konstrukce jsou dva závěsné nosníky, zrcadlově otočeny oproti nosníkům tvořící horní nosný rám. Jejich vzájemná poloha je zajištěna dvěma bočními spojkami (Obr. 16).



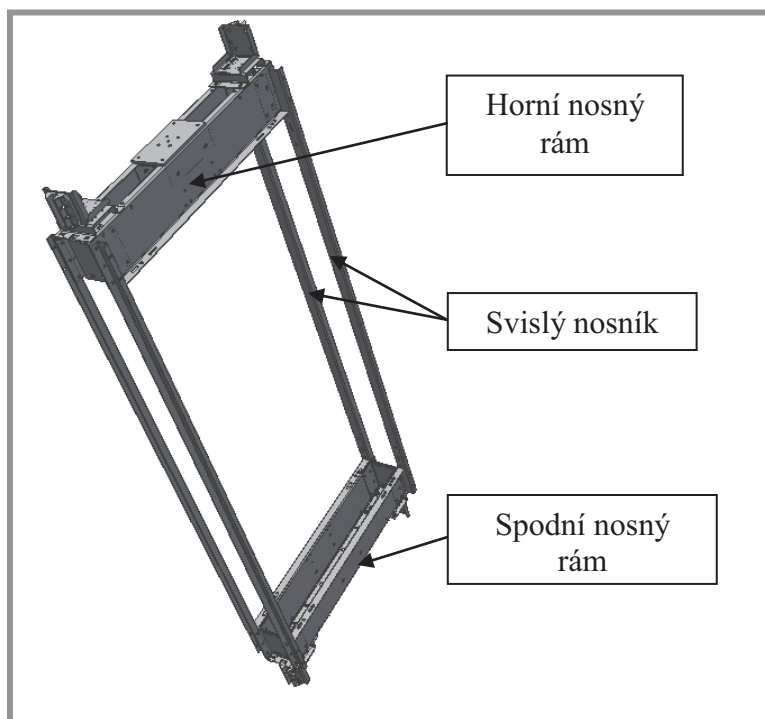
Obr. 16 Základ spodního nosného rámu

Další části konstrukce připojeny k základnímu nosnému rámu jsou součásti sloužící k správnému umístění spodního rámu ve vedení. Poloha konzoly vedení a držáku vedení je totožná s horním nosným rámem. Opět je zde brán zřetel na maximální využití již navržených komponent. Dolní rám je navíc opatřen dvěma dosedy nárazníků (Obr. 17).



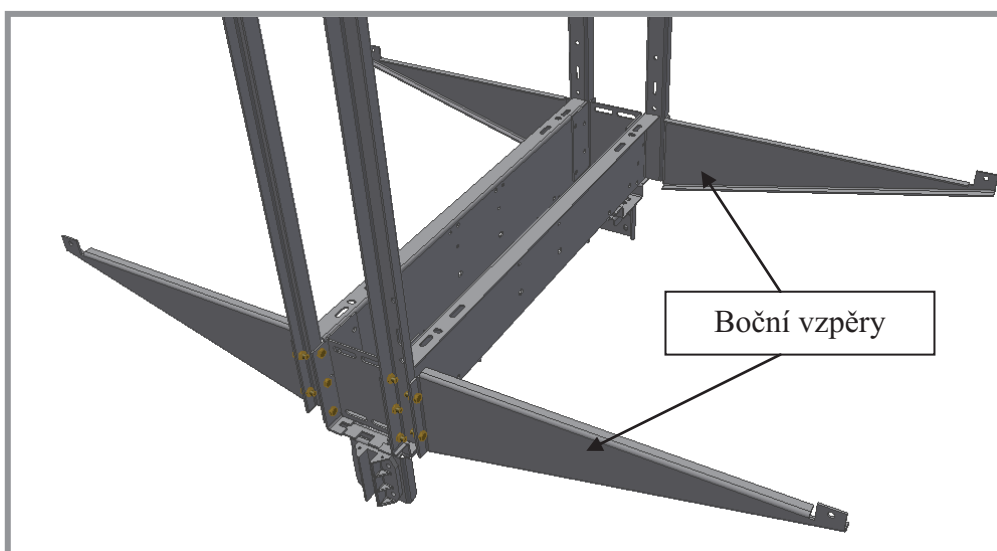
Obr. 17 Umístění vodící soustavy

Ke spojení spodního a horního nosného rámu dochází pomocí čtyř svislých nosníků. Nosníky jsou navrženy pro univerzálnost a snadnou montáž. Každý svislý nosník je uchycen k rámu dvěma šrouby (Obr. 18).



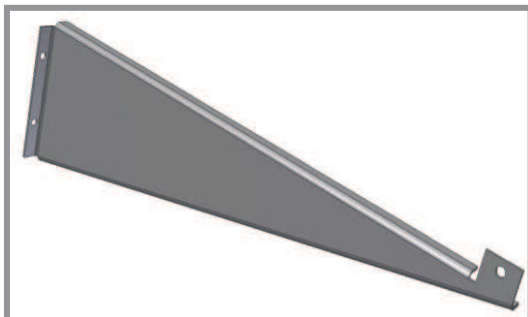
Obr. 18 Umístění svislých nosníků

Ke spodnímu nosnému rámu, respektive ke každému ze svislých nosníků jsou pomocí dvou šroubů M12 přišroubovány boční vzpěry (Obr. 19). Celá konstrukce je opatřena čtyřmi vzpěrami, dvěma na každé straně. Jejich úkolem je nést zatížení od kabiny a přenášet jej na celou konstrukci rámu.

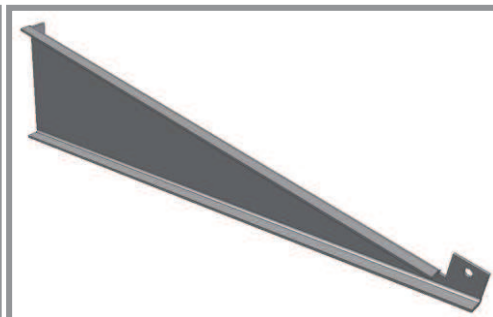


Obr. 19 Montáž bočních vzpěr

Každá ze vzpěr je vyrobena ze stejného materiálu jako předchozí součásti. Směr ohybu závisí na pozici, na kterou je daná vzpěra montována. Pro jednoduchost a univerzálnost jsou všechny boční vzpěry stejné konstrukce. Liší se pouze ve směru ohybu, jak je vidět na obrázcích.

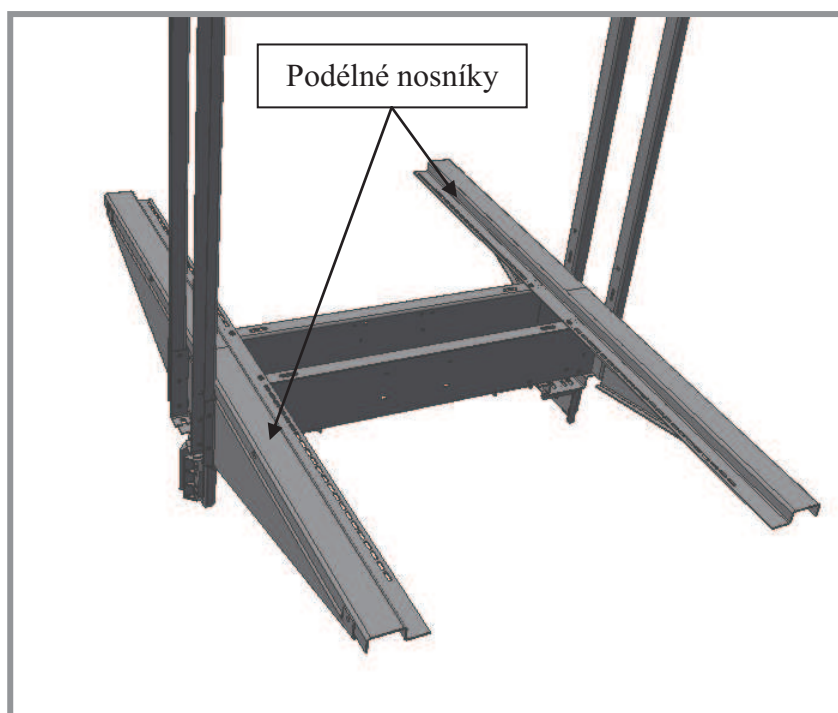


Obr. 20 Boční vzpěra provedení pravé



Obr. 21 Boční vzpěra provedení levé

Celá konstrukce je opatřena také podélnými nosníky. Na nosníky je ve finální fázi připevněna kabina výtahu. Její konstrukcí se tato práce nezabývá. Zatížení od kabiny a nákladu je přenášeno na rám pomocí podélných nosníků. Ty jsou s rámem spojeny pomocí šroubů. Dvěma šrouby se spodním nosným rámem, dvěma šrouby se svislými nosníky a na obou koncích s boční vzpěrou. Takové uchycení zajišťuje tuhost a co nejlepší rozložení zatížení (Obr. 22).



Obr. 22 Umístění podélných nosníků

5 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Rám je primárně konstruován tak, aby vyhovoval při běžném provozu. Konečný návrh vybavený zachycovači je na Obr. 23. Celá konstrukce vznikla na základě již osvědčených postupů a používaných prvků. Snahou je také co nejjednodušší výroba, tzn. univerzálnost a jednoduchost jednotlivých komponent. Pro všechny části je z důvodu bezpečnosti zvolen materiál S355. Tloušťky jednotlivých součástí se liší v závislosti na jejich umístění a přenášeném zatížení.

Hlavním nosným prvkem jsou v tomto případě čtyři svislé nosníky stejného tvaru. Vzájemná poloha je zajištěna spojením s horním a spodním nosným rámem.

Horní nosný rám obsahuje zachycovače a sestavu s vodítky po obou stranách. Je vybaven také držákem pro montáž zvedacího zařízení.

Spodní nosný rám je opět opatřen soustavou s vodítky po obou stranách, dosedy nárazníků, bočními vzpěrami a dvěma podélnými nosníky pro montáž výtahové kabiny. Poloha všech součástí je zajištěna šrouby M12 pevnostní třídy 8.8.



Obr. 23 Konečný návrh konstrukce

5.1 Kontrola konstrukčního řešení

5.1.1 Rozměry kabiny a počet přepravovaných osob

Z normy ČSN EN 81-1 vyplývá, že aby se zabránilo přetížení klece osobami, musí být užitná plocha klece omezena. K tomu účelu jsou v tabulce uvedeny závislosti mezi nosností a největší užitnou plochou. Pro nosnost kabiny 1000kg je největší užitná plocha klece 2,4m². Zadané rozměry kabiny výtahu jsou šířka 1,15m a hloubka 2m. Výpočty jsou převzaty z [4].

$$S = a \cdot b \quad (1)$$

$$S = 1,15m \cdot 2m = 2,3m^2$$

Tab. 4 Závislost nosnosti na užité ploše [4]

Nosnost [kg]	Největší užitná plocha klece [m ²]	Nosnost [kg]	Největší užitná plocha klece [m ²]
800	2,00	1200	2,80
825	2,05	1250	2,90
900	2,20	1275	2,95
975	2,35	1350	3,10
1000	2,40	1425	3,25
1050	2,50	1600	3,40
1125	2,65	2000	3,56

Dalším určujícím parametrem, který nám udává norma je počet osob. Ten určíme ze vztahu:

$$\frac{\text{nosnost}}{75\text{kg}} = \frac{1000\text{kg}}{75\text{kg}} = 13,34\text{osob} \quad (2)$$

Výsledek zaokrouhlíme na nejbližší nižší celé číslo. Tedy maximální počet přepravovaných osob je 13.

5.1.2 Způsoby zatěžování rámu

Zatěžování kabiny je možno rozdělit do několika kategorií



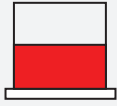
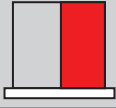
- a) **Rovnoměrné zatížení** – toto zatížení odpovídá plnému naložení kabiny, tedy 13 osob a předpokládá jejich rovnoměrné rozmístění po užité ploše.
- b) **Zatížení na boční straně** – tento druh odpovídá 50% zatížení rámu. Předpokládá zatížení 6-7 osobami, které budou stát pouze na jedné straně.
- c) **Zatížení u dveří** – předpokládáme 50% zatížení u dveří.
- d) **Zatížení v zadní části kabiny** – předpokládáme 50% zatížení, tj. 6-7 lidí stojí v zadní části kabiny.

Tyto zatěžující stavy představují zatížení, kdy je kabina v klidu, případně dochází k vytahování kabiny konstantní rychlostí, zatěžující stav budeme nazývat JÍZDA. Tento zatěžující stav je nebezpečný zejména z pohledu horního nosného rámu. Je tedy nutno věnovat pozornost konstrukci jako celku, ale také se zaměřit na horní nosný rám.

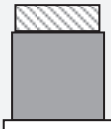
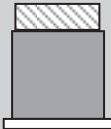
Dále je nutno zkontrolovat konstrukci z hlediska mezních, případně havarijních stavů. Jako nebezpečný stav pro konstrukci je uvažován stav brzdění při zastavování kabiny a při dojezdech, tento stav je nazván BRZDA.

Nejnebezpečnější zatěžující stav z hlediska konstrukce je v případě pádu, kdy dojde ke vzniku závady na vytahovacím ústrojí, následnému pádu a zachycení zachycovači. Tento mezní stav je nazýván ZACHYCENÍ. Popsané zatěžující stavy jsou znázorněny v tabulce [12].

Tab. 5 Statické druhy zatížení kabiny [12]

Druh zatížení	Rozložení zatížení	Faktor zatížení [m/s^2]
Statické 1	100% DL 	$\gamma = 0$
Statické 2	50% DL v zadní části 	$\gamma = 0$
Statické 3	50% DL u dveří 	$\gamma = 0$
Statické 4	50% DL na straně 	$\gamma = 0$

Tab. 6 Dynamické druhy zatížení kabiny [12]

Druh zatížení	Rozložení zatížení	Faktor zatížení [m/s ²]
Dynamické 1 (BRZDA)	125% DL 	$\gamma = 1,25 \cdot a$
Dynamické 2 (ZACHYCENÍ)	100% DL 	$\gamma = 9,81 = g$

5.1.3 Výpočet sil působících na rám při jednotlivých zatěžujících stavech

Postup výpočtu vychází z [12].

Statické zatížení

Nejprve je nutno určit hmotnost celé konstrukce, ze vztahu

$$DL = P + Q \quad (3)$$

$$DL = 1000\text{kg} + 800\text{kg} = 1800\text{kg}$$

P[kg]... maximální nosnost rámu

Q[kg]... hmotnost rámu kabiny

Zatěžující faktor se odvíjí dle daného druh zatížení.

$$LF = \left(1 + \frac{\gamma}{g}\right) \quad (4)$$

g [m/s²] ... gravitační zrychlení

γ [m/s²] ... faktor zatížení

Síla působící na konstrukci při daném zatěžujícím stavu se vypočítá ze vztahu.

$$F = DL \cdot g \cdot LF \quad (5)$$

F [N]... síla působící na konstrukci

Statické 1

$$\gamma = 0 \Rightarrow F = DL \cdot g \cdot 1$$

$$F = 1800\text{kg} \cdot 9,81\text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1 = 17658\text{N}$$

Statické 2

$$\gamma = 0 \Rightarrow F = 0,5 \cdot DL \cdot g \cdot 1$$

$$F = 0,5 \cdot 1800\text{kg} \cdot 9,81\text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1 = 8829\text{N}$$

Statické 3

$$\gamma = 0 \Rightarrow F = 0,5 \cdot DL \cdot g \cdot 1$$

$$F = 0,5 \cdot 1800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1 = 8829 \text{ N}$$

Statické 4

$$\gamma = 0 \Rightarrow F = 0,5 \cdot DL \cdot g \cdot 1$$

$$F = 0,5 \cdot 1800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1 = 8829 \text{ N}$$

Dynamické 1 (BRZDA)

Faktor zatížení.

$$\gamma = 1,25 \cdot a$$

$$\gamma = 1,25 \cdot 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Zatěžující faktor

$$LF = \left(1 + \frac{\gamma}{g}\right)$$

$$LF = \left(1 + \frac{1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}\right) = 1,15$$

Síla působící na rám při daném zatížení

$$F = 1,25 \cdot DL \cdot g \cdot LF$$

$$F = 1,25 \cdot 1800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1,15 = 25383,4 \text{ N}$$

Dynamické 2 (ZACHYCENÍ)

Faktor zatížení.

$$\gamma = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Zatěžující faktor

$$LF = \left(1 + \frac{\gamma}{g}\right)$$

$$LF = \left(1 + \frac{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}\right) = 2$$

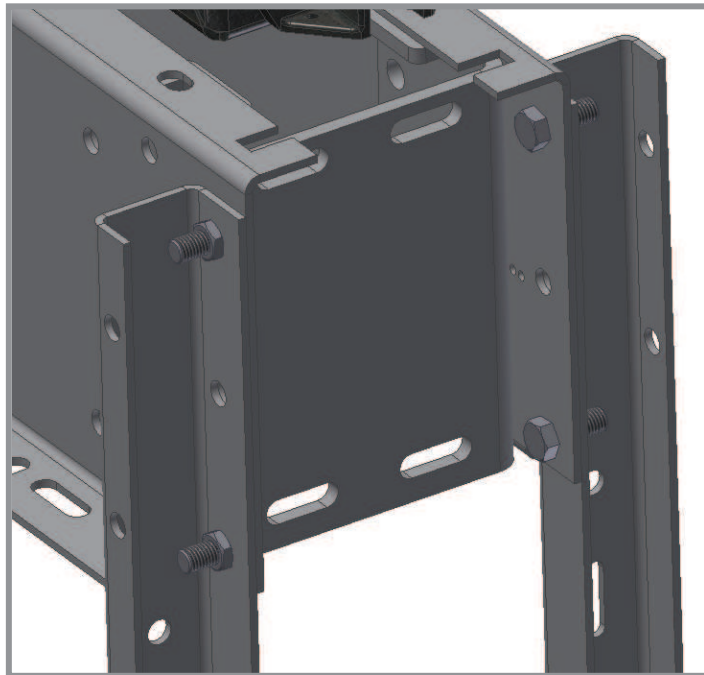
Síla působící na rám při daném zatížení

$$F = DL \cdot g \cdot LF$$

$$F = 1800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 2 = 35316 \text{ N}$$

5.1.4 Spojení svislého nosníku s horním nosným rámem5.1.4

V této kapitole je hlavním řešeným tématem spojení jednotlivých částí rámu pomocí šroubů. Jedno z hlavních spojení, které přenáší největší síly je právě v místě spojení svislého nosníku s horním nosným rámem (Obr. 24). Jako standardní spojovací součást je zvolen šroub M12 pevnostní třídy 8.8. Nyní je nutno tuto volbu ověřit výpočtem, zda skutečně zvládne takové zatížení. Při výpočtu se uvažuje nejkritičtější zatěžující stav rámu kabiny, působení zachycovačů, tedy na rám působí síla 35136N.

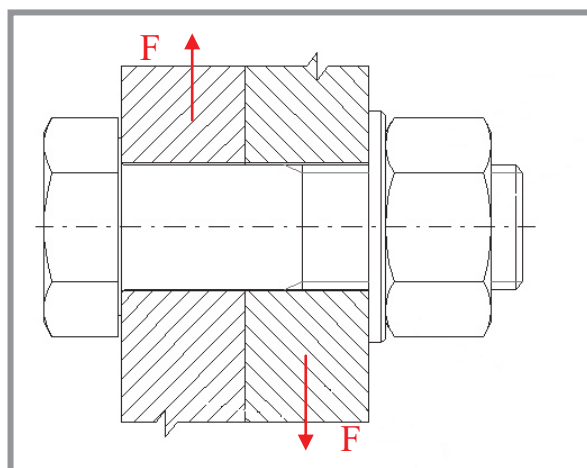


Obr. 24 Umístění šroubů

5.1.5 Kontrola šroubu ve stříhu

Postup výpočtu je převzat z [9], kde:

- Součinitel spolehlivosti materiálu pro únosnost šroubů $\gamma_{M2} = 1,25$
- Součinitel charakterizující rovinu stříhu $\alpha_V = 0,6$ pro šrouby pevnostní třídy 8.8
- Minimální pevnost pro šroub 8.8 v tahu/ tlaku $R_m = 800MPa$



Obr. 25 Namáhání šroubu na stříh (upraveno z [13])

Určení minimálního průměru šroubu

$$F_Z = \frac{\alpha_V \cdot R_m \cdot A_S \cdot i}{\gamma_{M2}} \quad (6)$$

$$F_Z = \frac{\alpha_V \cdot R_m \cdot \frac{\pi \cdot d_{s\min}^2}{4} \cdot i}{\gamma_{M2}}$$

Z upravené rovnice vyjádříme průměr d a vypočítáme minimální průměr šroubu.

$$d_{s\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_Z \cdot \gamma_{M2}}{\alpha_V \cdot R_m \cdot i \cdot \pi}}$$

$$d_{s\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 35136 \text{ N} \cdot 1,25}{0,6 \cdot 800 \text{ MPa} \cdot 8 \cdot \pi}}$$

$$d_{s\min} = 3,82 \text{ mm}$$

Kde:

F_Z [N] ... zatěžující síla

i [-] ... počet šroubů

Standardním šroubem pro tuto konstrukci je šroub M12, který těmto podmínkám provozu zcela vyhovuje. S ohledem na bezpečnost přepravovaných osob, zjednodušení výroby i montáže byl vybrán šroub ČSN EN ISO 4018 – M12x40 – 8.8. [8]

5.1.6 Kontrola na otláčení

5.1.6

Otláčení spojovaných součástí je jedním z možných způsobů porušení spojení. Přesný výpočet v otláčení je však složitý, neboť nyní neznáme přesné rozložení plošného zatížení působícího na válcový povrch šroubu. Proto v tomto výpočtu budu uvažovat rovnoměrné rozložení do průmětu kontaktní plochy šroubu. Výpočet převzat z [9].

- Tloušťka nejtenčí spojované součásti ve spoji $\gamma_{M2} = 1,25$
- Průměr válcové části šroubu $d_d = 12 \text{ mm}$
- Tloušťka nejmenší otláčované plochy $s = 4 \text{ mm}$

Spojované součásti jsou vyrobeny z materiálu S355, který má pevnost v tahu/tlaku $R_{mP} = 520 \text{ MPa}$. Další součinitelé, které je nutno znát jsou:

- $\alpha_b = 1$ Odpovídající otláčení plechu
- $k_1 = 2,5$
- $dt = d_d \cdot s \cdot i_s$ Průmět otláčované plochy

Výpočet síly potřebné k otláčení součástí

$$F_V = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot R_{mP} \cdot dt}{\gamma_{M2}} \quad (7)$$

$$F_V = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot R_{mP} \cdot d_d \cdot s \cdot i_s}{\gamma_{M2}}$$

$$F_V = \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 520 \text{ MPa} \cdot 12 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} \cdot 8}{1,25}$$

$$F_V = 399360 \text{ N}$$

Zhodnocení výsledku

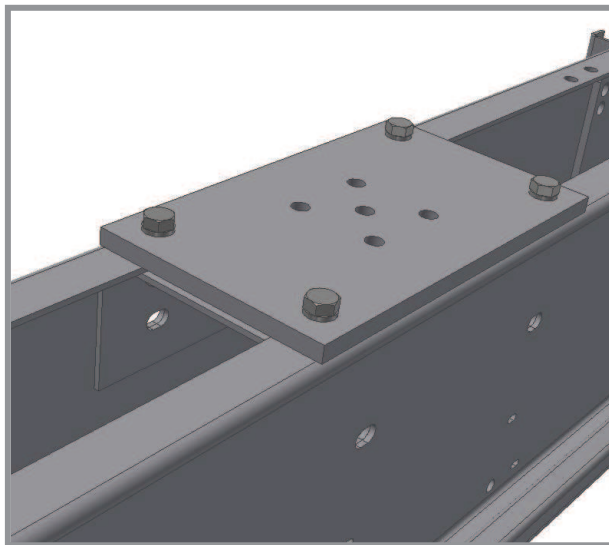
$$F_Z < F_V$$

$$35136 \text{ N} < 399360 \text{ N} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Síla působící na spoj při působení zachycovačů je mnohem menší, než síla potřebná k otláčení, tedy kontrola na otláčení potvrdila, že navržený spoj vyhovuje.

5.1.7 Spojení horního nosného rámu a vytahovacího zařízení

Při vytahování kabiny je nejvíce namáhán šroubový spoj, spojující horní nosný rám a vytahovací zařízení, jak je možno vidět na obrázku, zde jsou šrouby namáhány na tah. Je tedy nutno volbu šroubů M12 pevnostní třídy 8.8 zkontrolovat. Zatěžující síla odpovídá zatížení při vytahování kabiny, zde je předpokládán stav, kdy je kabina plně naložena, tedy zatížení odpovídá 17658N. Postup výpočtu je převzat z [9].



Obr. 26 Místo namáháno na tah

Postup výpočtu je převzat z [9], kde:

- Součinitel spolehlivosti materiálu pro únosnost šroubů $\gamma_{M2} = 1,25$
- Minimální pevnost pro šroub 8.8 v tahu/ tlaku $R_m = 800MPa$

Určení minimálního průměru šroubu

$$F_{t,Rn} = \frac{0,9 \cdot R_m \cdot A_S \cdot i_2}{\gamma_{M2}} \quad (8)$$

$$F_{t,Rn} = \frac{0,9 \cdot R_m \cdot \frac{\pi \cdot d_{s2min}^2}{4} \cdot i_2}{\gamma_{M2}}$$

Z takto upravené rovnice vyjádříme průměr d a vypočítáme minimální průměr šroubu.

$$d_{s2min} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{t,Rn} \cdot \gamma_{M2}}{0,9 \cdot R_m \cdot i_2 \cdot \pi}}$$

$$d_{s2min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17658N \cdot 1,25}{0,9 \cdot 800MPa \cdot 4 \cdot \pi}}$$

$$d_{s2min} = 3,12mm$$

Kde:

$F_{t,Rn}$ [N] zatěžující síla
 i_2 [-] počet šroubů

Standardním šroubem pro tuto konstrukci je šroub M12, který těmto podmínkám provozu zcela vyhovuje. S ohledem na bezpečnost přepravovaných osob, zjednodušení výroby i montáže byl vybrán šroub ČSN EN ISO 4018 – M12x40 – 8.8 [8].

5.2 Pevnostní analýza

Pevnostní analýza provedena v programu Autodesk Inventor 2013.

5.2.1 Popis programu Autodesk Inventor

Autodesk Inventor je adaptivní 3D modelář a softwarová CAD (Computer aided design) aplikace firmy Autodesk. Nejméně 10 let je Inventor světově nejprodávanější strojírenskou 3D aplikací.

Inventor obsahuje funkce pro adaptivní, parametrické 3D navrhování, modelování, tvorbu 2D výkresové dokumentace, fotorealistické vizualizace a animace. Základ konstruování tvoří součásti IPT, jejichž geometrie může být odvozena od 2D náčrtů. Tyto součásti pak mohou být kombinovány a vázány různým druhem vazeb do sestav IAM. Výhodou je, že při změně kóty se automaticky změní celá součást, dále pak případně celá sestava. Další funkce Inventoru dovolují provádět dynamické simulace, vykreslovat průběhy sil a zatížení. Jednou z funkcí, kterou budu ve své práci využívat je PEVNOSTNÍ ANALÝZA. Ta dovoluje vystavit konstrukci vybranému zatížení a následně pomocí grafického znázornění vykreslit napětí v jednotlivých místech, určit posunutí a koeficienty bezpečnosti [14].

5.2.2 Výpočtový model

Pro pevnostní výpočet rámu je nejprve nutno vytvořit výpočtový model. Ten musí být oproti skutečnosti co nejvíce zjednodušený, ale zároveň musí co nejpřesněji vystihovat model skutečný, aby byly zajištěny co nejpřesnější výsledky.

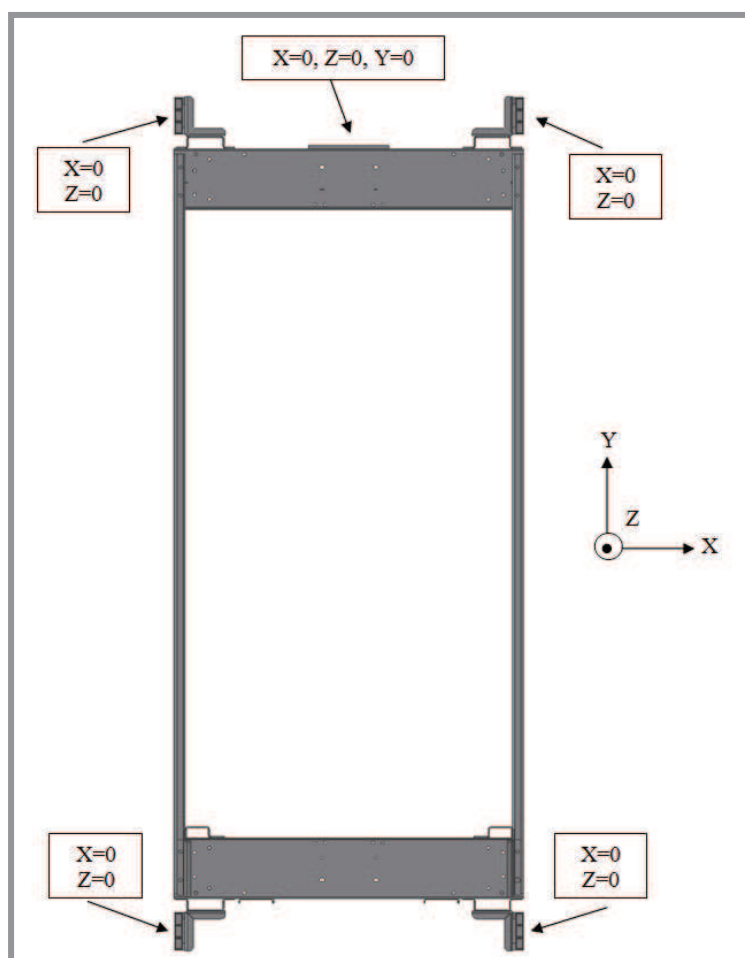
Zjednodušení spočívá především v nahrazení spojovacích součástí příslušnými vazbami, zanedbáním prvků, které nepřispívají k tuhosti dané sestavy. Jednotlivým komponentům je poté nutno přiřadit mechanické vlastnosti odpovídající skutečnosti.

5.2.3 Řešení vazeb

Důležitou součástí simulace je ukotvení modelu v prostoru, tzn. nastavit podmínky simulace tak, aby se co nejvíce přiblížily skutečným provozním podmínkám. Prvním úkolem je ošetřit to, že je kabina vedena ve čtyřech vodících čelistech. V každém z nich je nepatrná vůle, tudíž nelze s jistotou říci, zda bude kabina opřena ve všech čtyřech čelistech. Pro výpočet je uvazování, že se kabina při zatížení opře ve všech čelistech. Vodící čelisti umožňují pohyb kabiny směrem vzhůru, případně její spouštění, omezují tedy pohyb do stran. To je vyřešeno pomocí vazeb ve vodičkách, které omezují posuv kabiny v osách X a Z, tak jako je tomu reálné konstrukce. Omezení pohybu je znázorněno obrázkem.

Dále při se zatěžovacím stavu JÍZDA uvažuje nulový posuv ve všech osách v místě pro uchycení zvedacího zařízení. Zde je jasné, že při nástupu do kabiny je veškeré zatížení přenášeno do tohoto místa.

Takové uspořádání bude platit pro všechny zatěžující stavy s výjimkou zatěžovacího stavu při působení zachycovačů. Při tomto stavu dojde k zastavení kabiny pomocí zachycovačů, tudíž bude posuv modelu omezen v tomto místě.



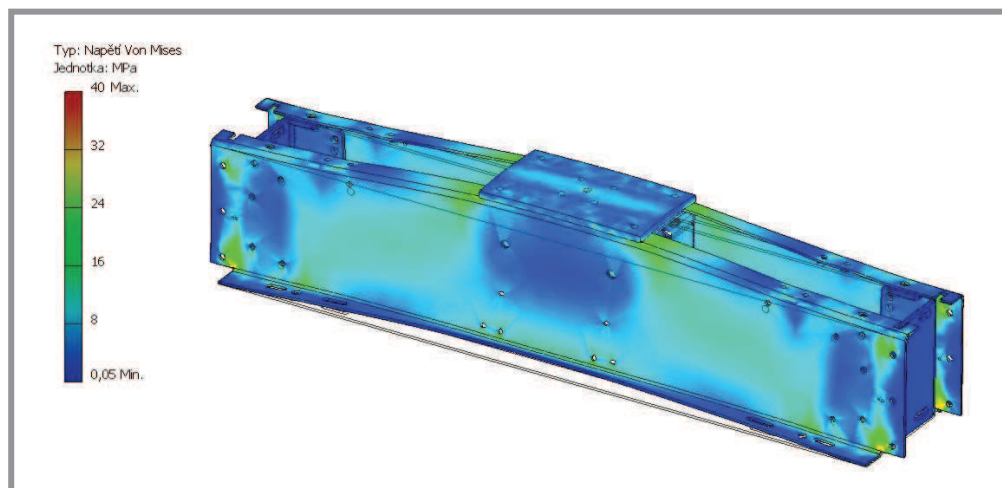
Obr. 27 Omezení pohybu kabiny

5.3 Zatěžovací stavy

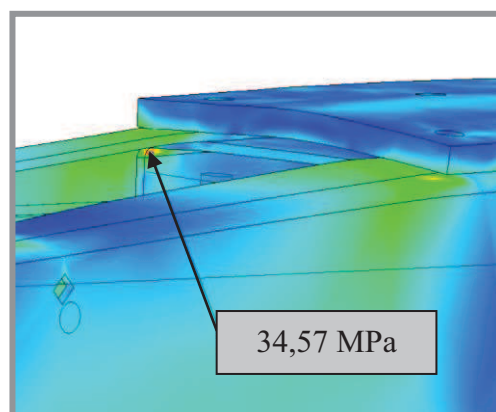
Vykreslení deformací získaných z pevnostní analýzy je pro názornost v měřítku 2:1. Z důvodu přehlednosti jsou zde graficky znázorněny pouze průběhy napětí. Pro jednotlivé zatěžovací stavy jsou grafická znázornění posuvů a bezpečností uvedeny v příloze 1-7.

5.3.1 Zatěžovací stav VYTAHOVÁNÍ

Vytahování je realizováno pomocí zvedacího zařízení, které je uchyceno uprostřed horního nosného rámu. Toto zatížení je realizováno pomocí síly uprostřed rámu, jejíž velikost odpovídá zatížení při vytahování. V místech uchycení svislých nosníků jsou umístěny vazby omezující pohyb v osách kolmých na směr působení síly.



Obr. 28 Napětí v horním nosném rámu při VYTAHOVÁNÍ



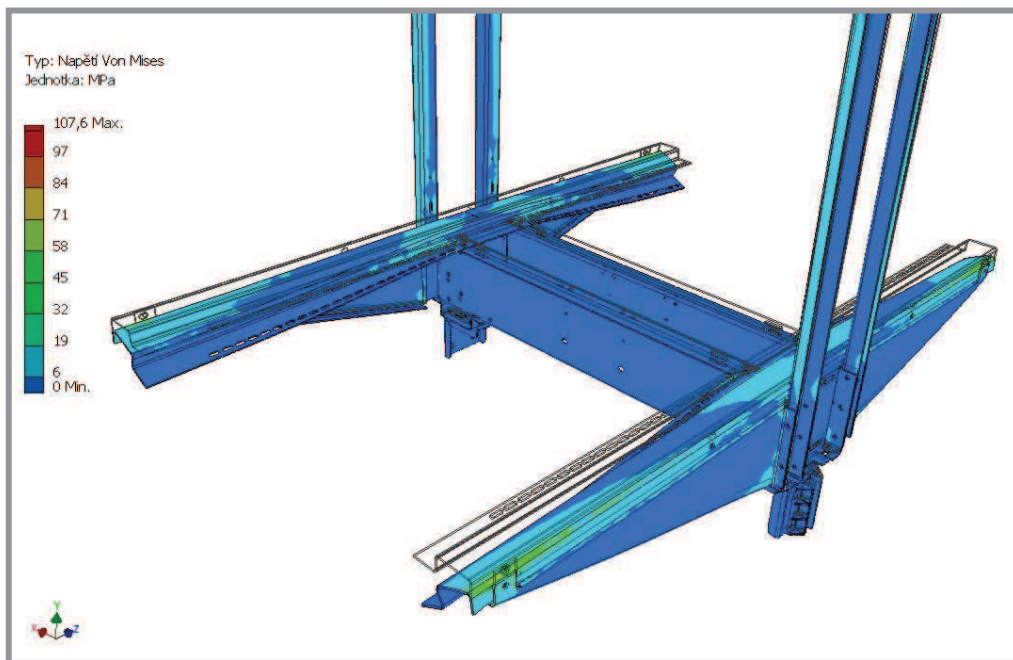
Obr. 29 Nebezpečné místo při VYTAHOVÁNÍ

Při vytahování celé konstrukce bude na horním nosném rámu maximální napětí 34,75 MPa. Toto napětí je dostatečně malé, takže v tomto místě nemůže dojít k ohrožení konstrukce. Maximální posunutí v tomto místě je 0,157mm.

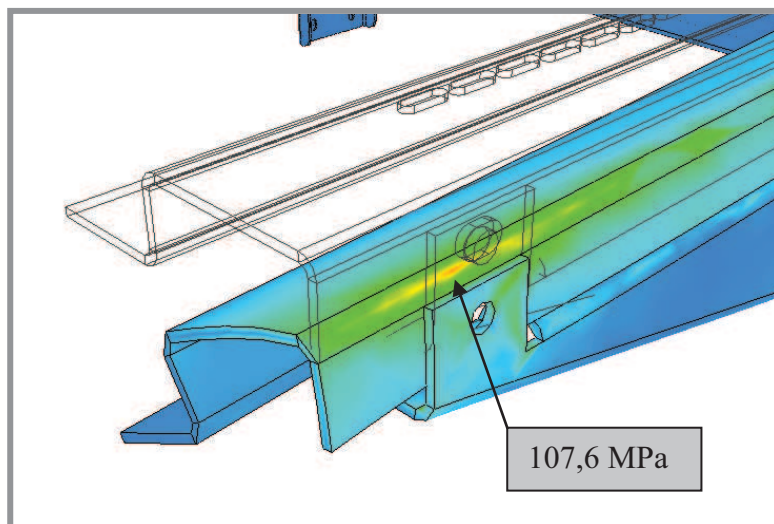
5.3.2 Zatěžovací stav JÍZDA 100%DL

5.3.2

Při tomto zatěžovacím stavu předpokládáme rovnoměrné rozložení nákladu (1000kg) po celé užité ploše. Toto rozložení je reprezentováno liniovým zatížením působícím na rám. Výsledek analýzy i nebezpečné místo jsou znázorněny na obrázcích.



Obr. 30 Napětí v rámu při stavu JÍZDA 100%DL

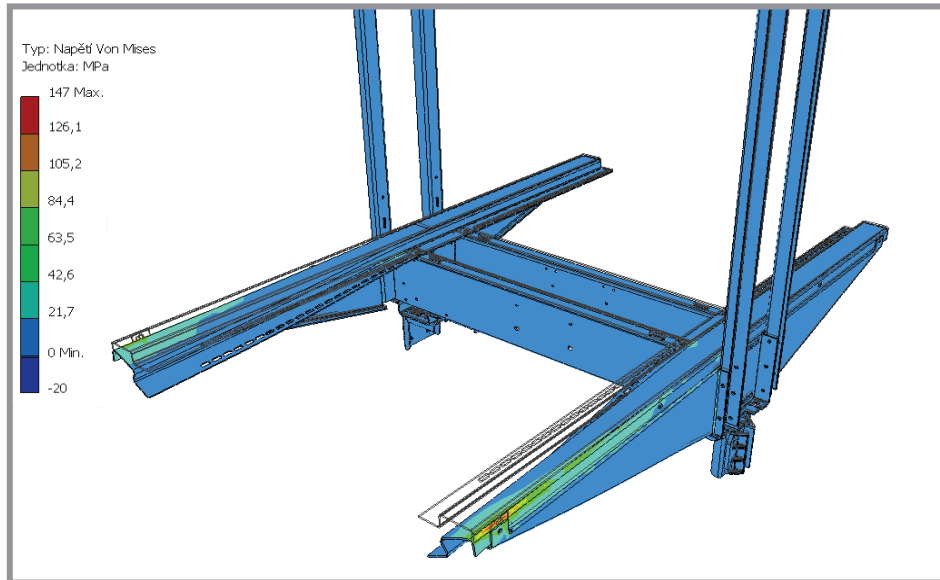


Obr. 31 Nebezpečné místo při stavu JÍZDA 100%DL

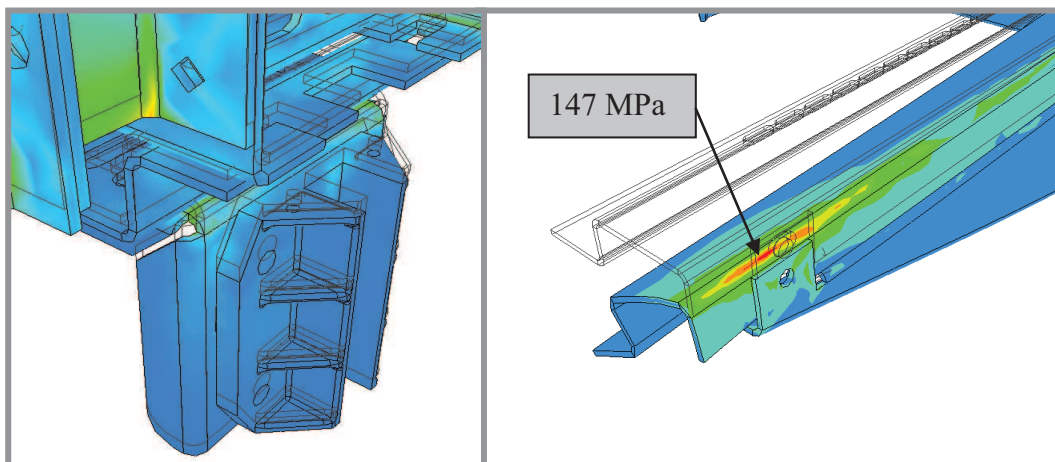
Na obrázcích je vidět, že největší napětí působí v místě, kde dochází ke spojení podélného nosníku a boční vzpěry pomocí šroubu. Maximální napětí v konstrukci při tomto zatěžovacím stavu je 107,6 MPa. Maximální posunutí je 0,8215mm.

5.3.3 Zatěžovací stav JÍZDA 50% DL NA PŘEDNÍ ČÁSTI

Zatěžovací stav JÍZDA 50% představuje stav, při němž je rám kabiny zatížen pouze na přední polovině, tedy na straně šachetních dveří. Zatížení je realizováno líniovým zatížením, které odpovídá 50% DL.



Obr. 32 Napětí v rámu při stavu JÍZDA 50%DL NA PŘEDNÍ ČÁSTI

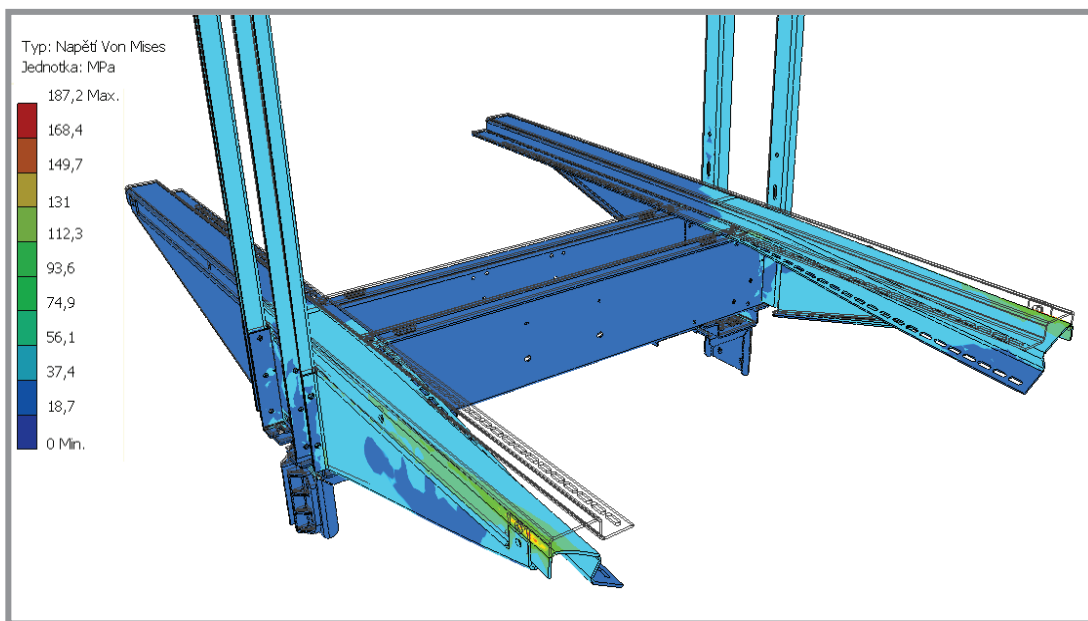


Obr. 33 Nebezpečná místa při stavu JÍZDA 50%DL na přední části

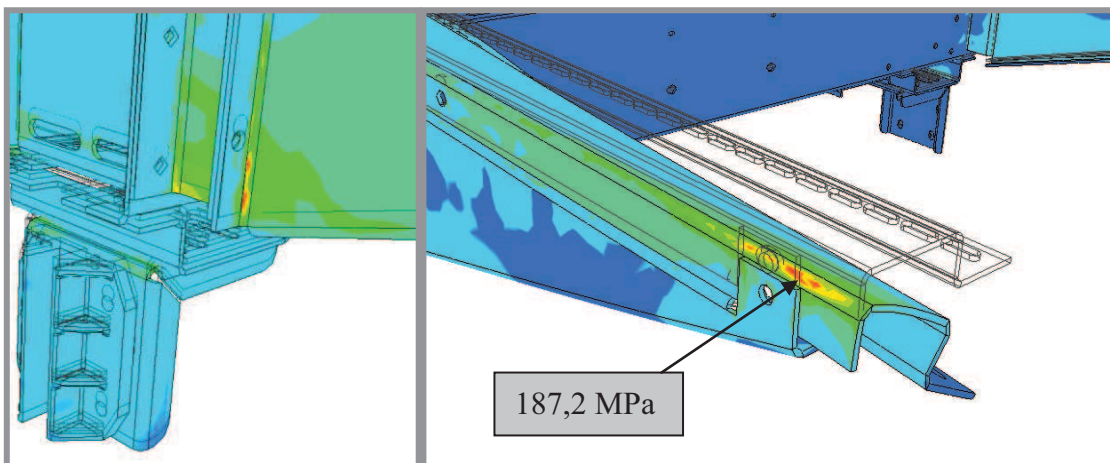
Na obrázcích je vidět, že největší napětí působí v místě, kde dochází ke spojení podélného nosníku a boční vzpěry pomocí šroubu. Nyní už tomu tak není na obou stranách konstrukce, nýbrž pouze na straně kde zatížení působí. Dále je nutno zmínit, že se zde objevují další špičky napětí a to v místech ohybu konzoly vedení a místě spojení dolního rámu a svislého nosníku. Maximální napětí v konstrukci, při tomto zatěžovacím stavu je 147 MPa. Maximální posunutí 1,286 mm. Grafické znázornění posunutí a bezpečností v jednotlivých místech jsou obsaženy v příloze.

5.3.4 Zatěžovací stav JÍZDA 50% DL V ZADNÍ ČÁSTI

Zatěžovací stav JÍZDA 50% představuje stav, při němž je rám kabiny zatížen pouze v zadní polovině. Zatížení je realizováno lineiovým zatížením, které odpovídá 50% DL.



Obr. 34 Napětí v rámu při stavu JÍZDA 50%DL V ZADNÍ ČÁSTI

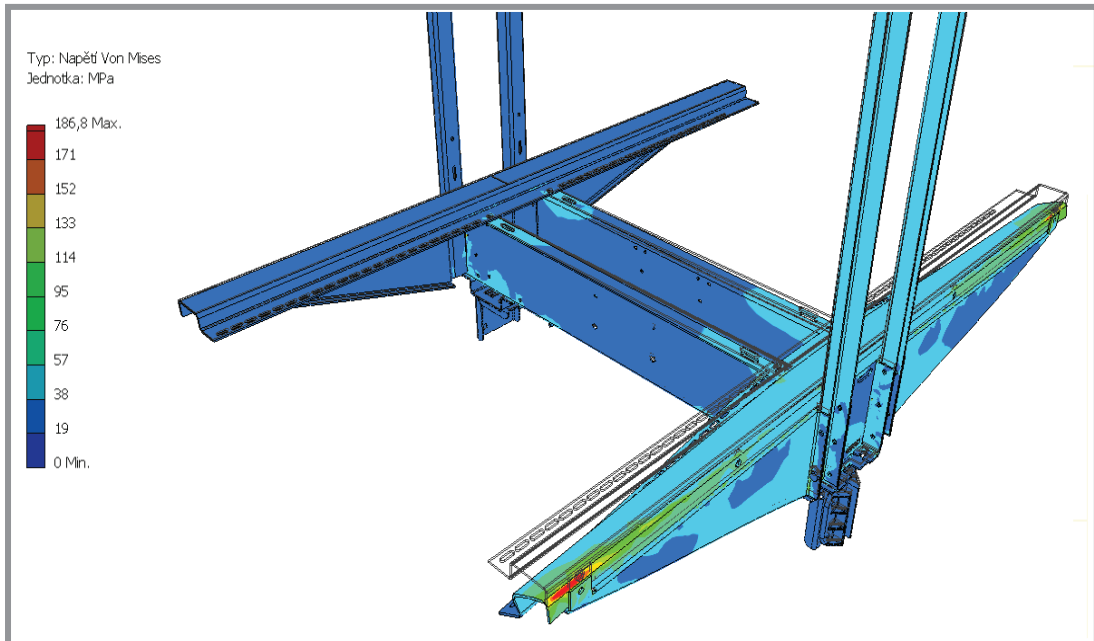


Obr. 35 Nebezpečná místa při stavu JÍZDA 50%DL V ZADNÍ ČÁSTI

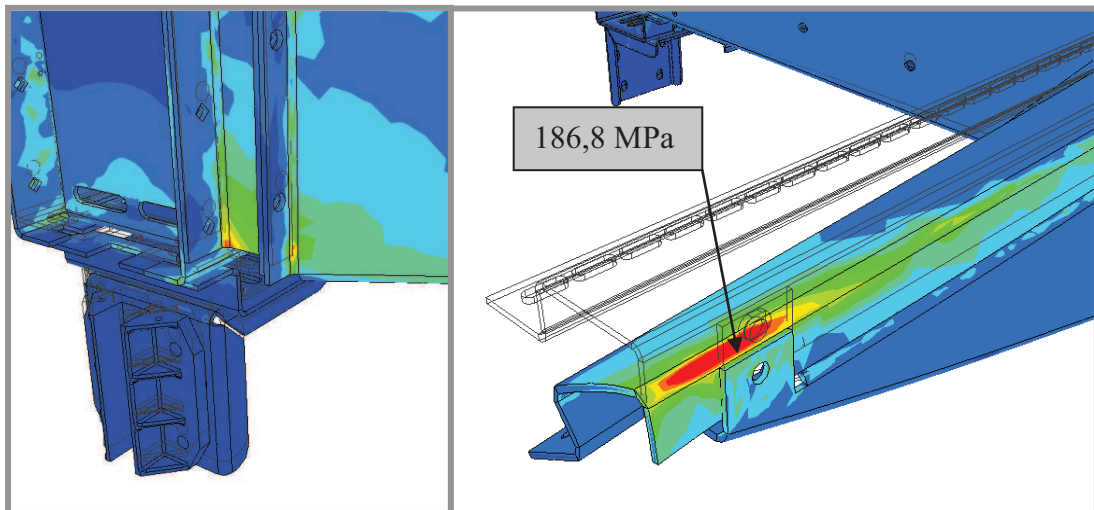
Opět je vidět, že největší napětí působí v místě, kde dochází ke spojení podélného nosníku a boční vzpěry pomocí šroubu. Další nebezpečné místo je v blízkosti spoje boční vzpěry a svislého nosníku. Maximální napětí v konstrukci, při tomto zatěžovacím stavu je 187,2 MPa. Maximální posunutí 1,2 mm.

5.3.5 Zatěžovací stav JÍZDA 50% DL NA BOKU

Zatěžovací stav JÍZDA 50% naboku předpokládá, zatížení pouze na jedné polovině kabiny. Toto zatížení je realizováno liniovým zatížením, které odpovídá 50% DL.



Obr. 31 Napětí v rámu při stavu JÍZDA 50%DL NA BOKU

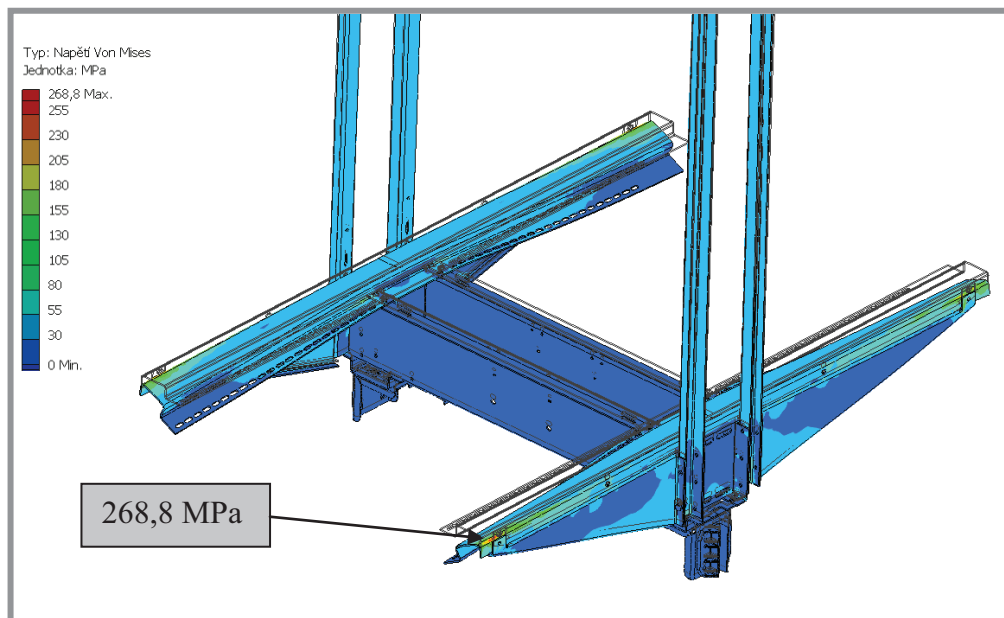


Obr. 32 Nebezpečná místa při stavu JÍZDA 50%DL NA BOKU

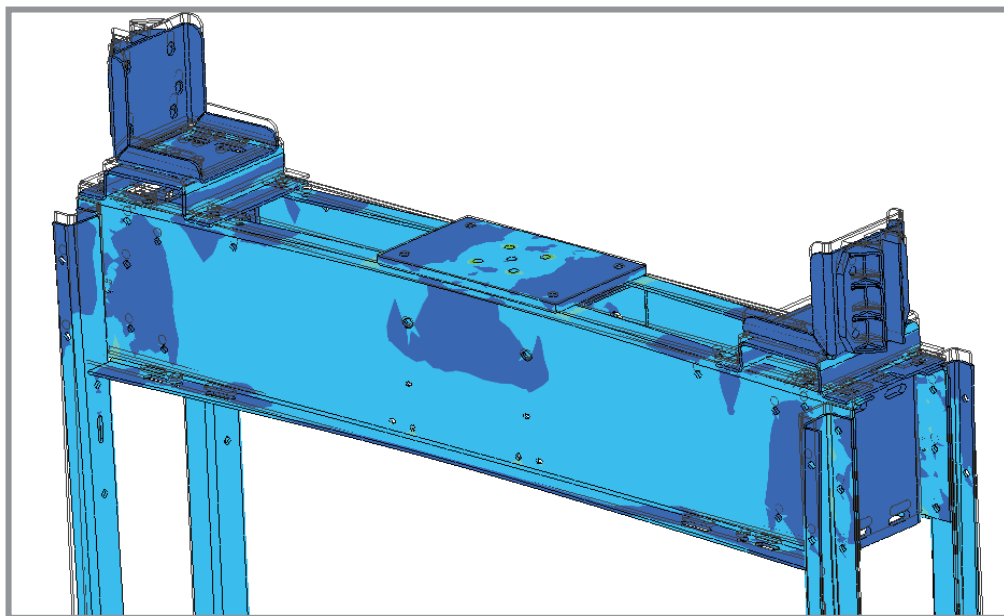
Největší napětí působí jako v předchozích případech v místě, kde dochází ke spojení podélného nosníku a boční vzpěry pomocí šroubu. Další nebezpečné místo je v spodní části boční vzpěry a svislého nosníku. Maximální napětí v konstrukci, při tomto zatěžovacím stavu je 186,8 MPa. Maximální posunutí 1,326 mm.

5.3.6 Zatěžovací stav BRZDA 125% DL

K tomuto stavu dojde při brzdění kabiny.



Obr. 33 Napětí v dolním rámu při stavu BRZDA 125%DL

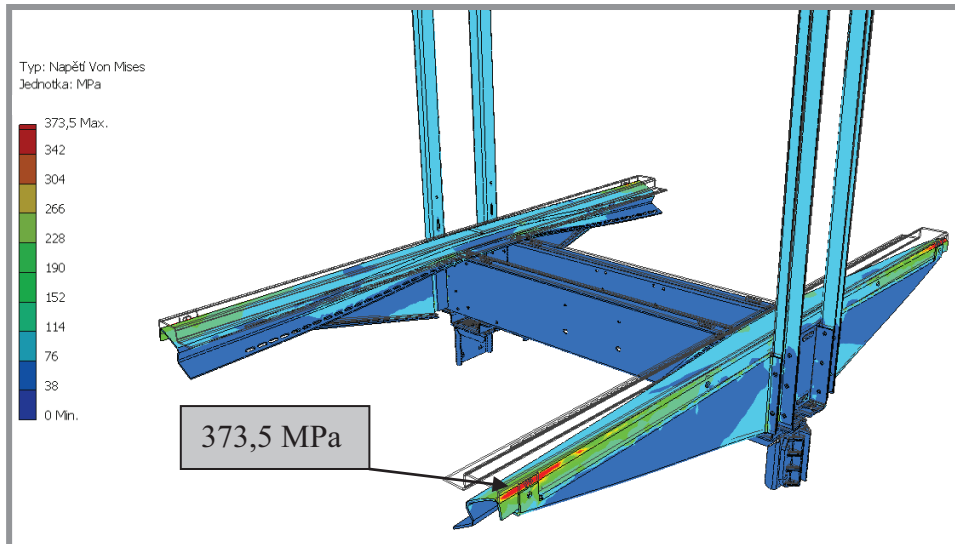


Obr. 34 Napětí v horním rámu při stavu BRZDA 125%DL

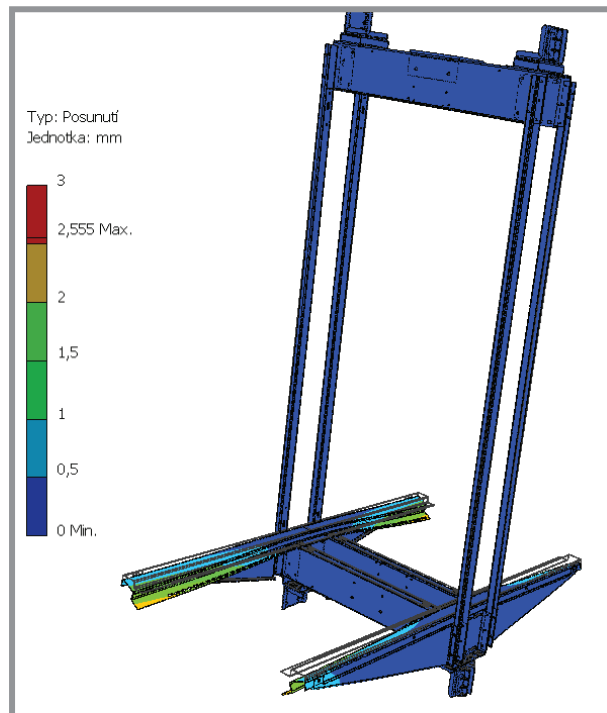
Na obrázcích je možné vidět, že maximální napětí dosáhne hodnoty 268,8 MPa. Maximální hodnota posunutí je při tomto zatěžujícím stavu 1,978 mm.

5.3.7 Zatěžovací stav ZACHYCENÍ

ZACHYCENÍ nastane v případě poruchy zvedacího zařízení. Tento stav je brán jak stav havarijní.



Obr. 35 Napětí v rámu při stavu ZACHYCENÍ



Obr. 36 Posunutí při stavu ZACHYCENÍ

Na obrázcích je možné vidět, že maximální napětí dosáhne hodnoty 373,5 MPa. Maximální hodnota posunutí je při tomto zatěžujícím stavu 2,555 mm.

Výpočet rámu je proveden v programu Autodesk Inventor 2013. Pevnostní analýza odhalila nebezpečná místa na konstrukci. Aby mohla být pevnostní analýza provedena, muselo být zavedeno mnoho předpokladů a zjednodušení. Snahou však je přiblížit se co nejvíce reálným podmínkám, které můžou při provozu nastat. Z důvodu toho, že je výtah určen pro přepravu osob, se předpokládá, že některé provozní stavy v praxi nenastanou a také, že výtah nebude zatěžován maximální hmotností. Avšak je nezbytné jednotlivé zatěžující stavy prověřit, aby došlo k odhalení nebezpečných míst na konstrukci. Na rám bude přimontována ještě kabina, se kterou se při výpočtech počítá pouze jako se závažím. Podlaha kabiny do jisté míry také zabrání deformacím a přispěje k zvýšení celkové tuhosti konstrukce.

Základním zatěžujícím stavem byla JÍZDA, zde počítá s několika druhy rozložení zatížení. Prvním bylo rovnoměrné rozložení zatížení po celé užtkové ploše. Z pevnostních výpočtů vyplývá, že při tomto zatížení jsou nejvíce namáhány spoje bočních výztuh s podélnými nosníky. Napětí v těchto místech dosahuje hodnot 107,6 MPa. Tento stav je možné vysvětlit tím, že podélní nosníky mají tendenci se na koncích pod tíhou břemene ohýbat. Avšak v tom jim brání spojení s bočními výztuhami. Toto napětí však konstrukci nijak neohrožuje, protože materiál zvolený pro tuto konstrukci má mez kluzu $R_e = 333$ MPa a mez pevnosti $R_m = 520$ MPa.

Další zatěžující stavy předpokládaly pouze padesáti procentní zatížení a to buď po stranách, v zadní části, nebo na straně vstupních dveří. Zde je možné pozorovat nejen vznik špiček napětí v místech spojení podélných nosníků a bočních výztuh, ale i v místech uchycení vodících čelistí. Takové napětí je důsledkem vzniku klopného momentu, díky nesymetrickému rozložení zatížení. Proto je konstrukce konzoly navržena tak, aby tento druh zatížení vydržela a pokud možno se co největší část energie spotřebovala právě zde.

Nakonec je konstrukce testována na stav ZACHYCENÍ. Zde se opět uvažuje plné zatížení rámu a jeho rovnoměrné rozložení. Při tomto stavu byla zjištěna hodnota napětí 373,5 MPa v okolí spoje boční výztuhy a podélných nosníků. Tak vysoké hodnoty napětí se daly předpokládat, protože tento stav byl brán jako havarijní. Je tedy snahou se při provozu tomuto stavu úplně vyhnout. Dojde-li však k tomuto stavu, jedná se o velmi prudký ráz. Tedy je lepší, když se část energie spotřebuje na částečnou deformaci rámu, než když je veškerá energie přenesena na posádku. Navíc se při výpočtu neuvažuje s podlahou kabiny, která nezanedbatelně zvýší celkovou tuhost konstrukce.

Z výpočtů vyplývá, že při tomto zatížení bude na relativně malé oblasti překročena mez kluzu a dojde k trvalé deformaci. Ostatní části však zůstanou bez poškození. Po tomto stavu bude nutno konstrukci zkontrolovat. Celá konstrukce je spojena pomocí šroubových spojů, to umožňuje v případě poruchy snadnější výměnu, než při konstrukci svařované.

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vytvořit konstrukci nosného rámu výtahové kabiny tak, aby vyhovovala po konstrukční stránce zadaným provozním hodnotám. Dále bylo nutno ověřit, zda návrh vyhovuje z hlediska bezpečnosti při běžném provozu.

Po zhodnocení stávajících konstrukcí byla navržena konstrukce rámu, a to tak, aby vyhovovala normě ČSN EN 81-1. Snahou bylo využít co nejvíce již používaných dílů firmou OTIS a.s, Břeclav. Ohled byl brán i při volbě materiálu a spojovacích součástí. Rám je složen z univerzálních součástí, aby byla montáž a případná výměna co nejjednodušší.

V dalším kroku bylo nutno zkontrolovat navržený rám z hlediska bezpečnosti, při zvolených provozních stavech. Jsou vybrány tři provozní stavy, které mohou při klasickém provozu nastat.

Zatěžující stav JÍZDA předpokládá čtyři možnosti rozložení zatížení:

- 100% DL (celkového zatížení)
- 50% DL NA PŘEDNÍ ČÁSTI
- 50% DL NA V ZADNÍ ČÁSTI
- 50% DL na boku

Další dva stavy předpokládají brzdění kabiny a vybavení zachycovačů. Tyto podmínky bylo nutno přepočítat na silové působení, pomocí kterého se provedla pevnostní analýza.

Před pevnostní analýzou byla provedena kontrola šroubových spojů v kritických místech. Původní návrh z hlediska bezpečnosti vyhovoval.

Nakonec je rám podroben pevnostní analýze v programu Autodesk Inventor 2013.

Při každém stavu je uvažována maximální hodnota zatížení, jaká v daném stavu může nastat. Výstupem pevnostní analýzy je grafické znázornění napětí, posuvů a deformací. Díky tomu je možno odhalit nebezpečná místa na konstrukci. Rám je složen z jednotlivých součástí z materiálu vyšší pevnosti (S355), což se při výpočtech ukázalo jako dobrá volba. Navržený rám z hlediska bezpečnosti vyhovuje všem zatěžovacím stavům.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] JANOVSKEÝ, L. *Výtahy a eskalátory 1*. Praha 1: České vysoké učení technické v Praze, 1971. 210s.
- [2] POKORNÝ K. *agartha.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-05-13]
Dostupné na internetu: <<http://agartha.cz/html/vytahy/historie/celkova.php>>
- [3] EDMUND'S COMMUNITY COURIER. *ecfanews.wordpress.com* [online]. [vid. 2014-05-13]. Dostupné na internetu: <<http://ecfanews.wordpress.com/2011/04/24/spring-2011-chandler-news-by-carol-may/>>
- [4] ČSN EN 81-1. *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – Část I: Elektrické výtahy*. Český normalizační institut 1999
- [5] OTIS UNITED TECHNOLOGIES. *otis.com* [online]. 2014 [cit. 2014-05-13]. Dostupné na internetu: <http://www.otis.com/site/cz/OT_DL_Documents/OT_DL_DownloadCenter/Ke%20sta%C5%BEn%C3%AD/Nov%C3%BD%20katalog%20Gen2.pdf>
- [6] OTIS PRODUCTION. *MED-FRAME STANDARD EQUIPMENT*. Břeclav, 2006. 16s.
- [7] OTIS PRODUCTION. *MOD-FRAME STANDARD EQUIPMENT*. Břeclav, 2011. 11s.
- [8] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky: Čtvrté doplněné vydání*. Úvaly: Albra, 2008. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7
- [9] SHIGLEY, J. E., a kol. *Konstruování strojních součástí*. Brno: Vutium, 2010. 1186 s. ISBN 978-80-214-2629-0
- [10] FRONTIER COMPONENTS. *frontier-east.com* [online]. 2014 [cit. 2014-05-13]. Dostupné na internetu: <<http://frontiereast.com/products/view/300008>>
- [11] DYNATECH. *Dynatech-elevation.com* [online]. 2014 [cit. 2014-05-13]. Dostupné na internetu: <<http://www.dynatech-elevation.com/index.php/mod.articulos/mem.detalle/idarticulo.66/relfamilia.22/chk.4111d8a18c8953bd191852372fd270.html>>
- [12] HUBBARD, J. *Worldwide Car frame and Platform Structural Analysis Standard*. 2010. 30s
- [13] STROJÍRENSTVÍ. *strojirenstvi.studentske.cz* [online]. [vid. 2014-05-13]. Dostupné na internetu: <<http://strojirenstvi.studentske.cz/>>
- [14] AUTODESK. *autodesk.com* [online]. 2014 [cit. 2014-05-13]. Dostupné na internetu: <<http://www.autodesk.com/products/autodesk-inventor-family/overview>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

S	[m ²]	- užitná plocha kabiny
a	[mm]	- šířka kabiny
b	[mm]	- hloubka kabiny
DL	[kg]	- hmotnost celé konstrukce
P	[kg]	- maximální nosnost výtahu
Q	[kg]	- hmotnost rámu kabiny s příslušenstvím
LF	[-]	- zatěžující faktor
γ	[-]	- faktor zatížení
g	[ms ⁻²]	- gravitační zrychlení
F	[N]	- síla působící na konstrukci
γ_{M2}	[-]	- součinitel spolehlivosti materiálu pro únosnost šroubů
α_v	[-]	- součinitel charakterizující rovinu stříhu
R_m	[MPa]	- mez pevnosti v tahu/tlaku
R_{emin}	[MPa]	- mez kluzu
F_z	[N]	- síla působící na šroub
i	[-]	- počet šroubů
A_s	[mm ²]	- namáhaný průřez
d_{smin}	[mm]	- minimální průměr šroubu
α_b	[-]	- součinitel otláčení plechu
k_1	[-]	- součinitel
dt	[mm ²]	- průmět otláčené plochy
F_v	[N]	- síla potřebná k otláčení
$F_{t,Rn}$	[N]	- tahová síla působící na šroub
d_{s2min}	[mm]	- minimální průměr šroubu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Elshia Graves Otis [3]	16
Obr. 2 MED-FRAME [6]	21
Obr. 4 MOD-FRAME 2 [7]	22
Obr. 3 MOD-FRAME 1 [7]	22
Obr. 5 Vodící čelist HSMK 100 [10]	25
Obr. 6 Zachycovače ASG-100 UD [11]	25
Obr. 7 Základ horního nosného rámu	26
Obr. 8 Horní nosný rám	27
Obr. 9 Závěsný nosník	27
Obr. 11 Boční spojka	28
Obr. 10 Spojka střed	28
Obr. 12 Držák kladky	28
Obr. 13 Držák vedení	29
Obr. 14 Konzola vedení	29
Obr. 15 Ukázka sestavení	29
Obr. 16 Základ spodního nosného rámu	30
Obr. 17 Umístění vodící soustavy	30
Obr. 18 Umístění svislých nosníků	31
Obr. 19 Montáž bočních vzpěr	31
Obr. 21 Boční vzpěra provedení levé	32
Obr. 20 Boční vzpěra provedení pravé	32
Obr. 22 Umístění podélných nosníků	32
Obr. 23 Konečný návrh konstrukce	33
Obr. 24 Umístění šroubů	38
Obr. 25 Namáhání šroubu na stříh (upraveno z [13])	38
Obr. 26 Místo namáháno na tah	40
Obr. 27 Omezení pohybu kabiny	43
Obr. 28 Napětí v horním nosném rámu při VYTAHOVÁNÍ	44
Obr. 29 Nebezpečné místo při VYTAHOVÁNÍ	44
Obr. 31 Nebezpečné místo při stavu JÍZDA 100%DL	45
Obr. 30 Napětí v rámu při stavu JÍZDA 100%DL	45
Obr. 33 Nebezpečná místa při stavu JÍZDA 50%DL na přední části	46
Obr. 32 Napětí v rámu při stavu JÍZDA 50%DL NA PŘEDNÍ ČÁSTI	46
Obr. 34 Napětí v rámu při stavu JÍZDA 50%DL V ZADNÍ ČÁSTI	47
Obr. 35 Nebezpečná místa při stavu JÍZDA 50%DL V ZADNÍ ČÁSTI	47
Obr. 32 Nebezpečná místa při stavu JÍZDA 50%DL NA BOKU	48
Obr. 31 Napětí v rámu při stavu JÍZDA 50%DL NA BOKU	48
Obr. 33 Napětí v dolním rámu při stavu BRZDA 125%DL	49
Obr. 34 Napětí v horním rámu při stavu BRZDA 125%DL	49
Obr. 35 Napětí v rámu při stavu ZACHYCENÍ	50
Obr. 36 Posunutí při stavu ZACHYCENÍ	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Parametry nosného rámu MED-FRAME [6]	21
Tab. 2 Parametry nosného rámu MOD-FRAME [7]	22
Tab. 3 Vlastnosti konstrukčních materiálů [8]	24
Tab. 4 Závislost nosnosti na užité ploše [4]	34
Tab. 5 Statické druhy zatížení kabiny [12]	35
Tab. 6 Dynamické druhy zatížení kabiny [12]	36

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1:** Průhyb a bezpečnost horního nosného rámu při zatížení 100%DL
- Příloha 2:** Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatížení 100%DL
- Příloha 3:** Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatížení 50%DL V PŘEDNÍ ČÁSTI RÁMU
- Příloha 4:** Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatížení 50%DL V ZADNÍ ČÁSTI RÁMU
- Příloha 5:** Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatížení 50%DL V BOČNÍ ČÁSTI RÁMU.
- Příloha 6:** Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatěžovacím stavu BRZDA 120%DL
- Příloha 7:** Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatěžovacím stavu ZACHYCENÍ

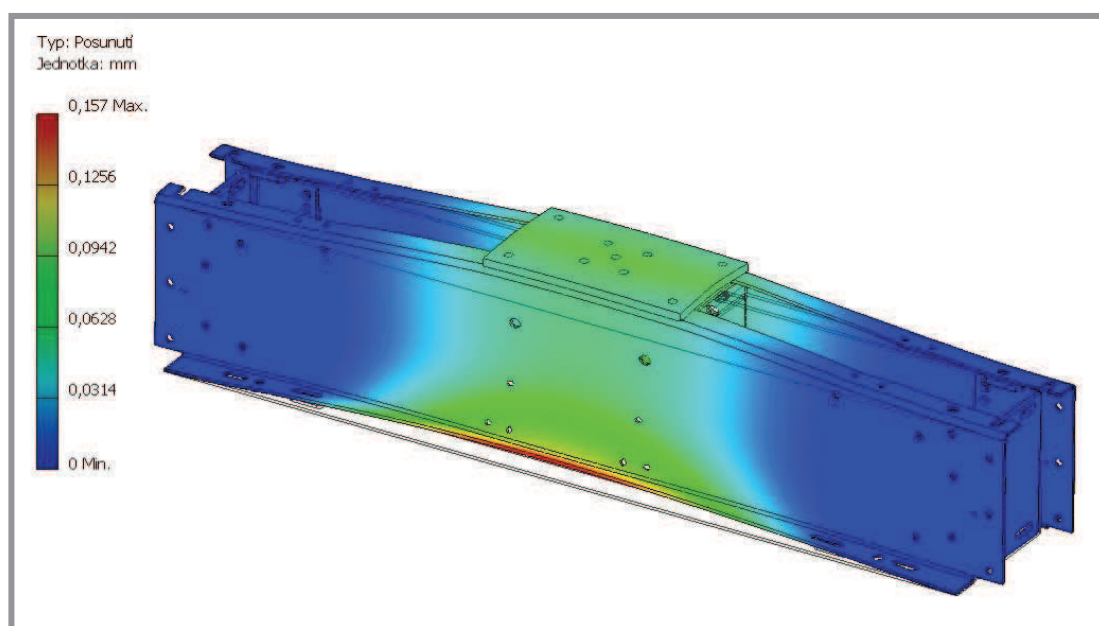
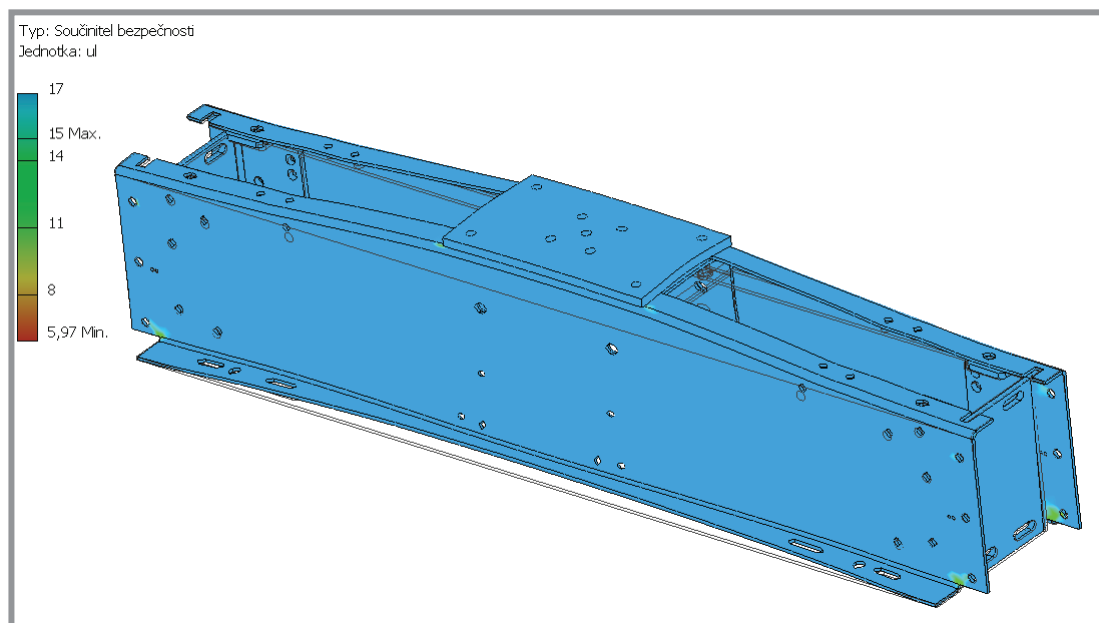
Výkresová dokumentace

Výkresy sestavení: A0-BP/14-01
A0-BP/14-02

Výkresy součástí: A2-BP/14-01
A2-BP/14-02
A2-BP/14-03
A2-BP/14-04
A2-BP/14-05
A2-BP/14-06
A2-BP/14-07
A3-BP/14-01
A3-BP/14-02
A3-BP/14-03
A3-BP/14-04
A4-BP/14-01
A4-BP/14-02

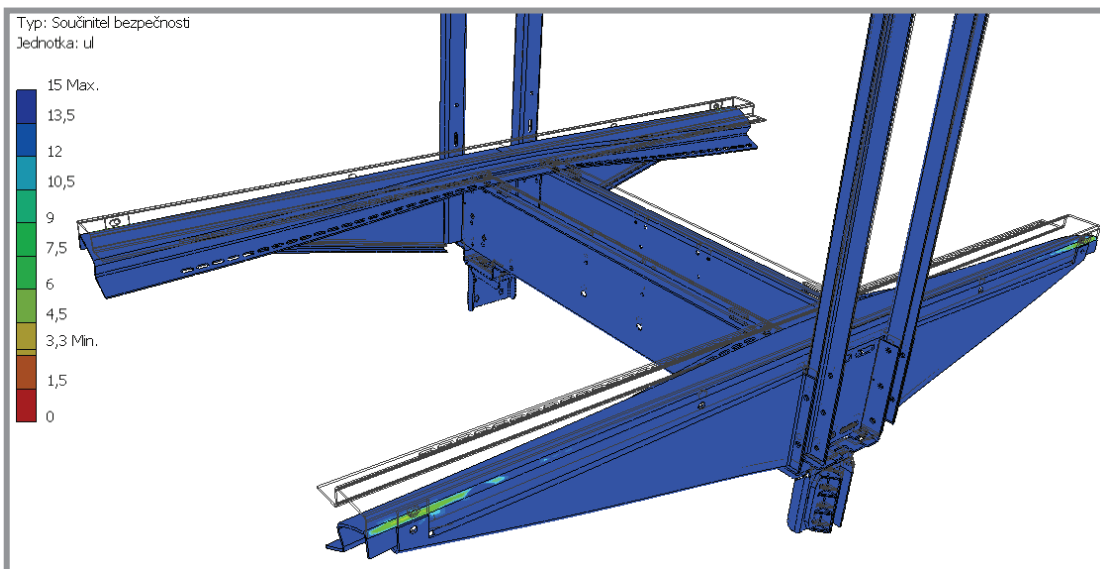
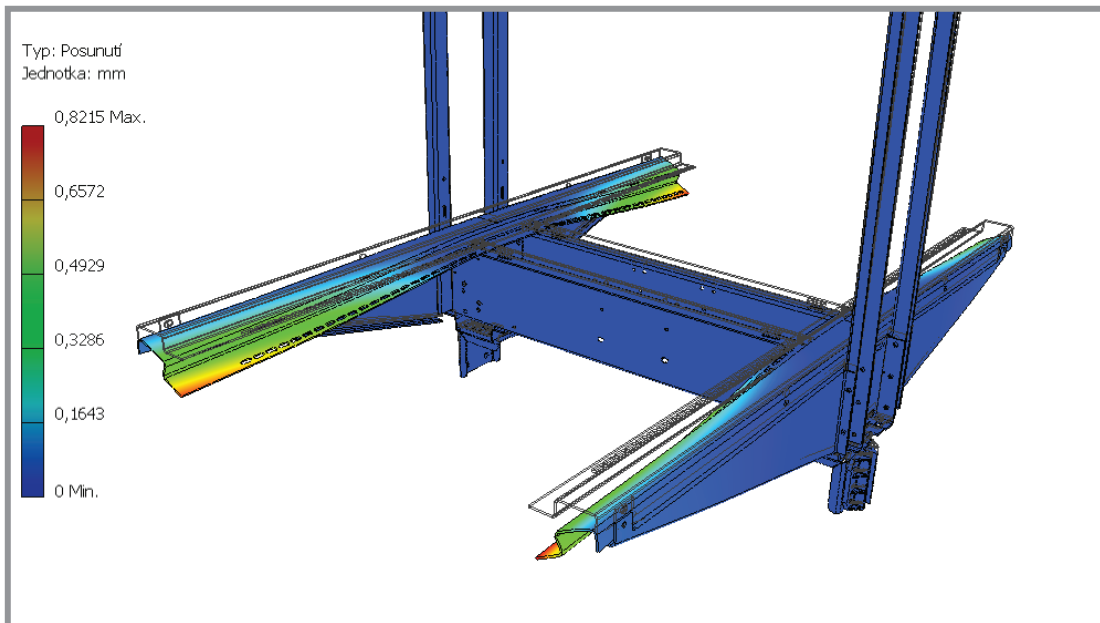
Příloha 1: Průhyb a bezpečnost horního nosného rámu při zatížení 100%DL

Součinitel bezpečnosti je zde vztahován k mezi kluzu $R_{emin} = 333\text{MPa}$



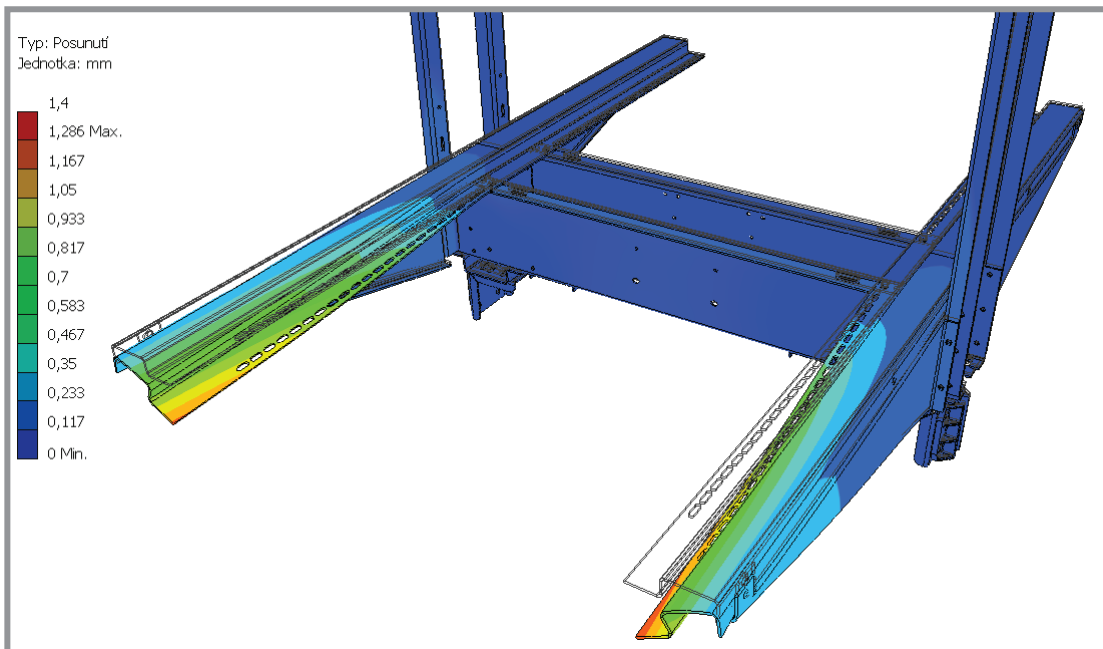
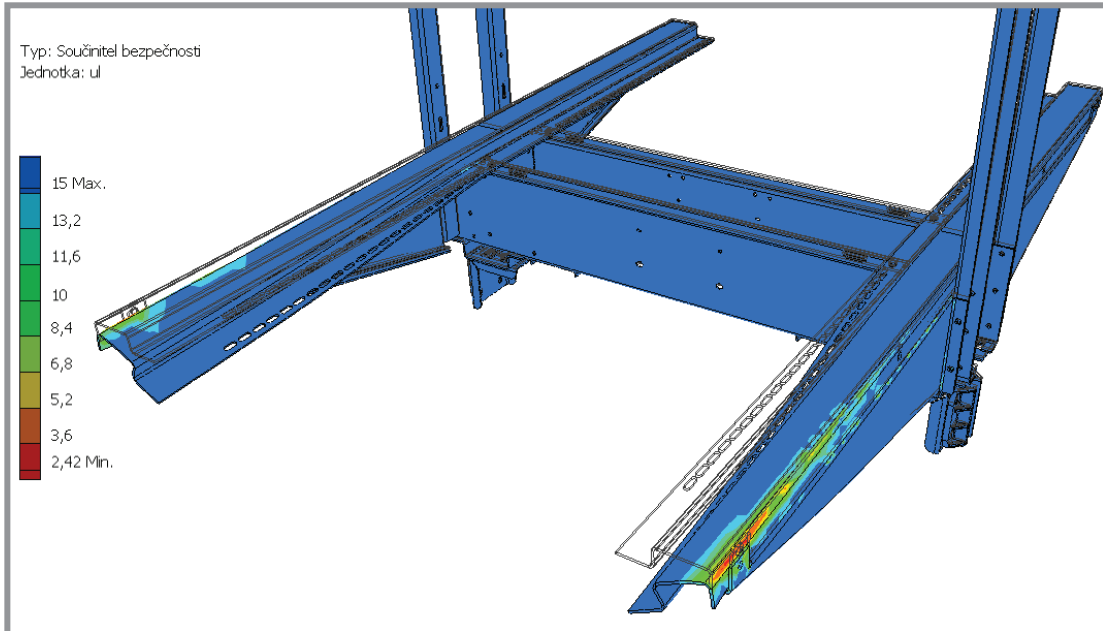
Příloha 2: Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatížení 100%DL

Součinitel bezpečnosti je zde vztahován k mezi kluzu $R_{emin} = 333\text{MPa}$



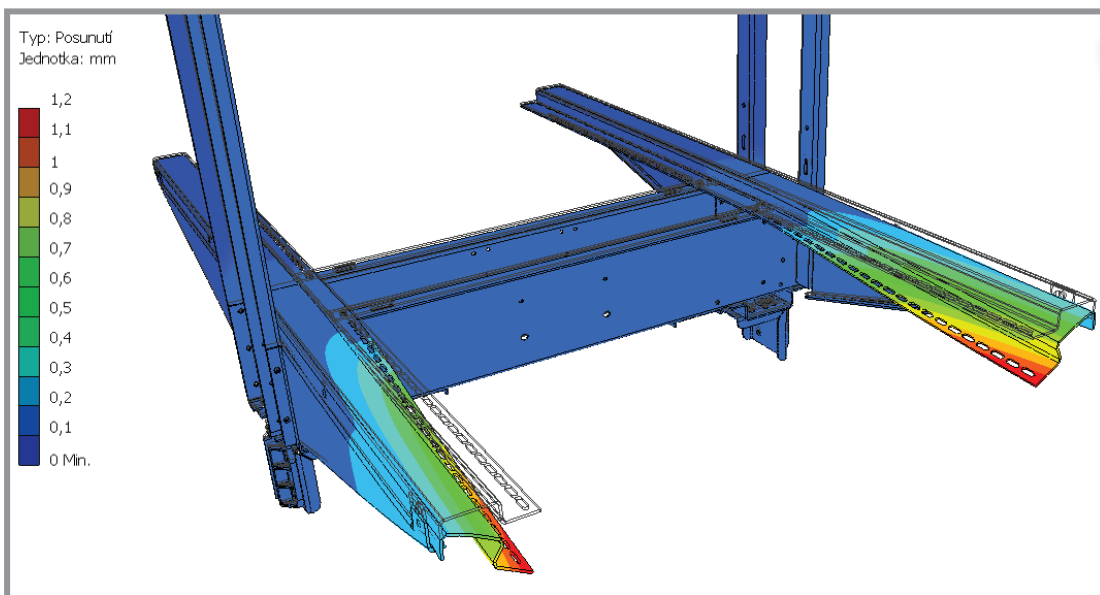
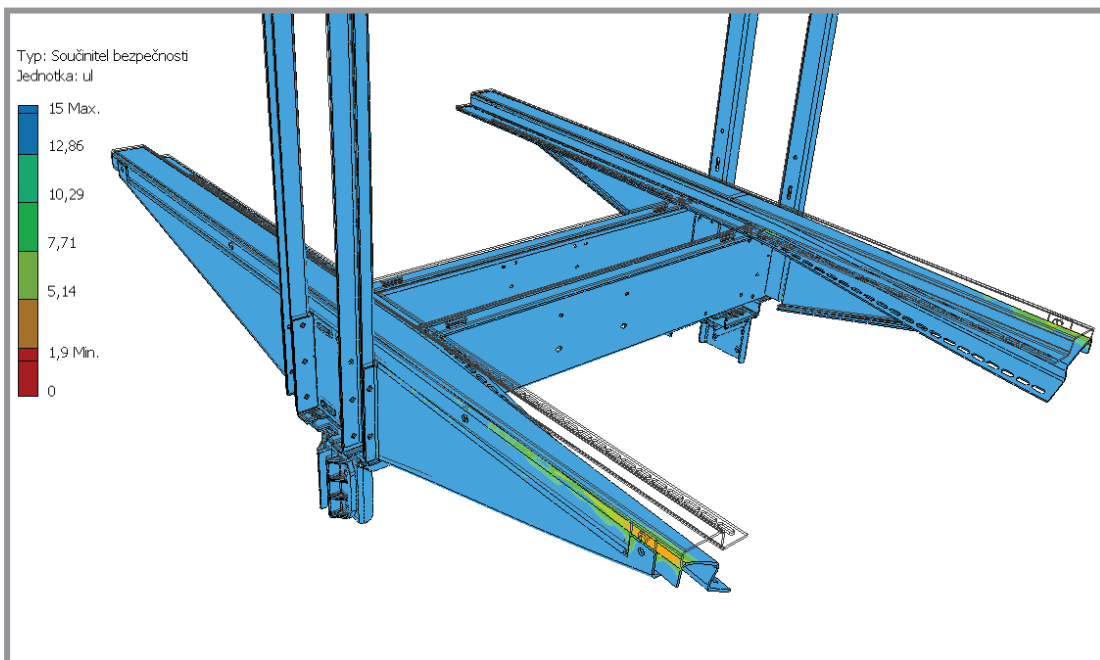
Příloha 3: Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatížení 50%DL V PŘEDNÍ ČÁSTI RÁMU

Součinitel bezpečnosti je zde vztahován k mezi kluzu $R_{emin} = 333\text{MPa}$



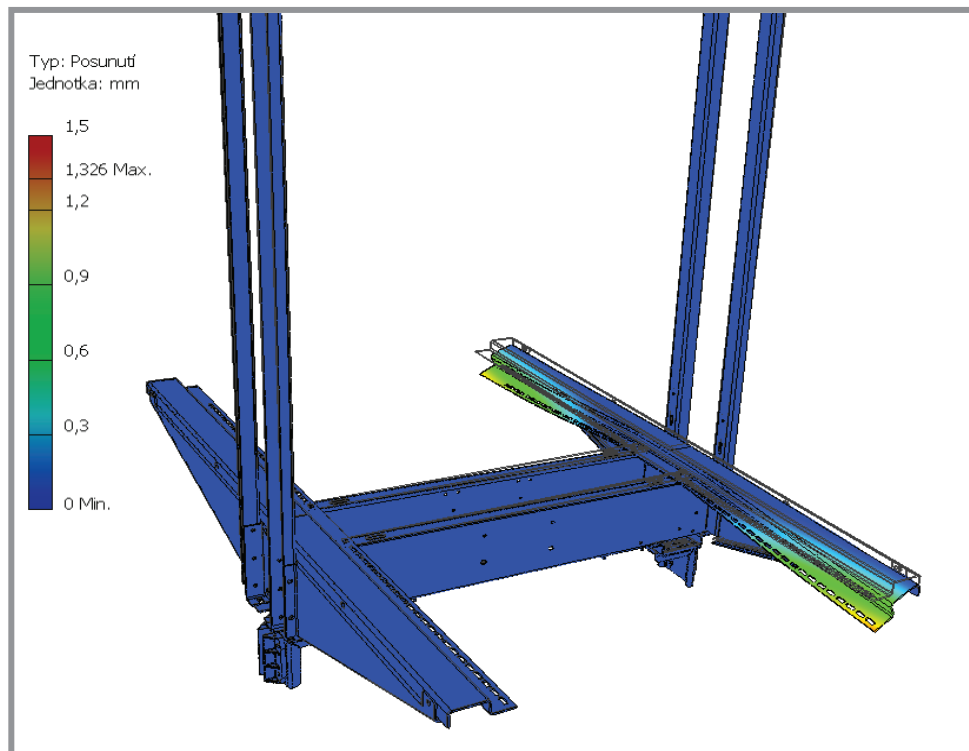
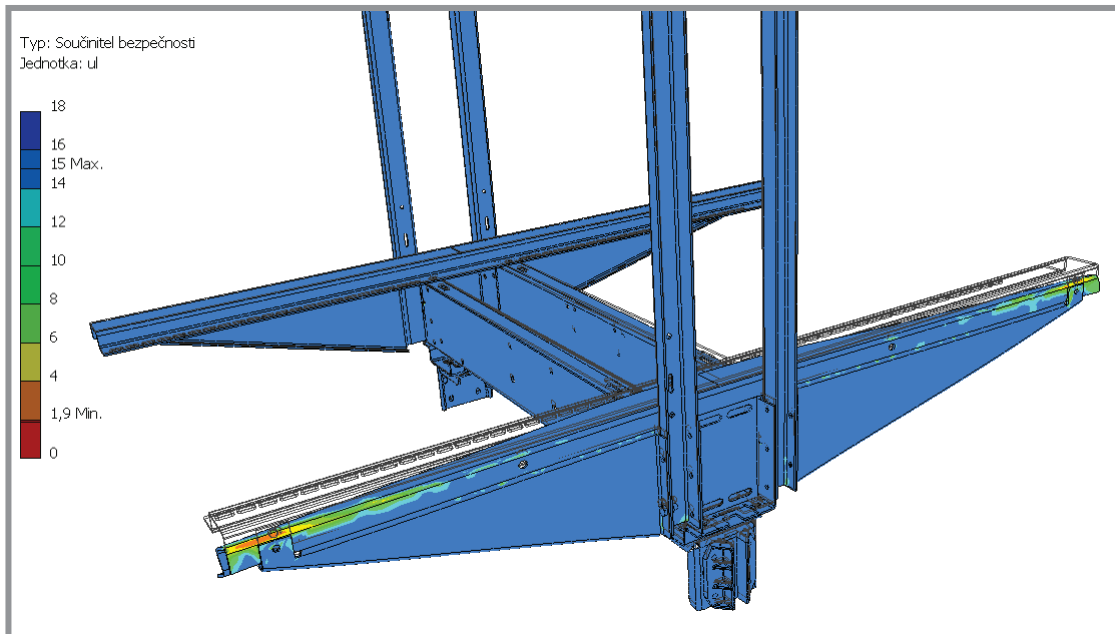
Příloha 4: Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatížení 50%DL V ZADNÍ ČÁSTI RÁMU.

Součinitel bezpečnosti je zde vztahován k mezi kluzu $R_{emin} = 333\text{MPa}$



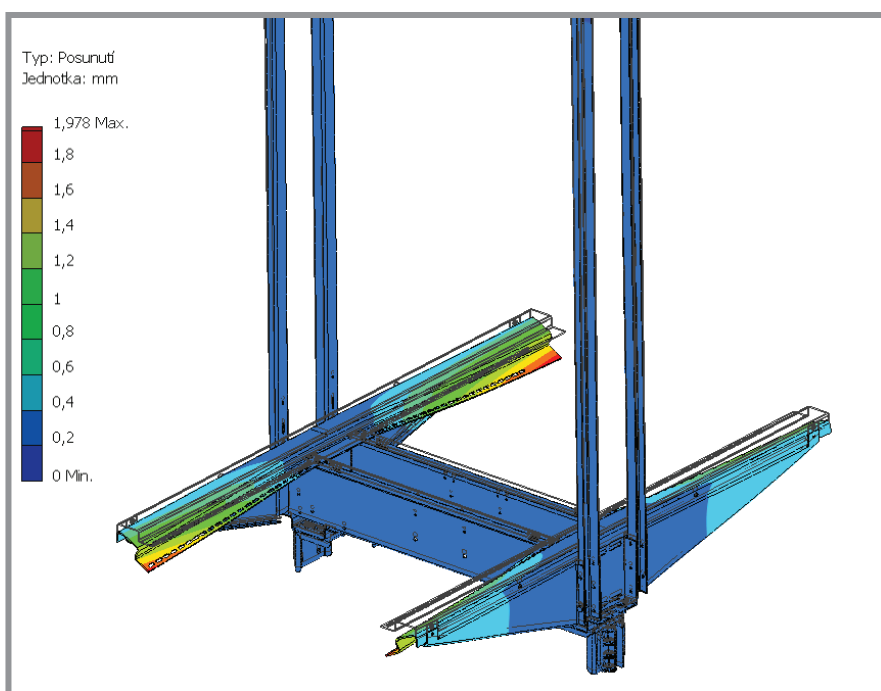
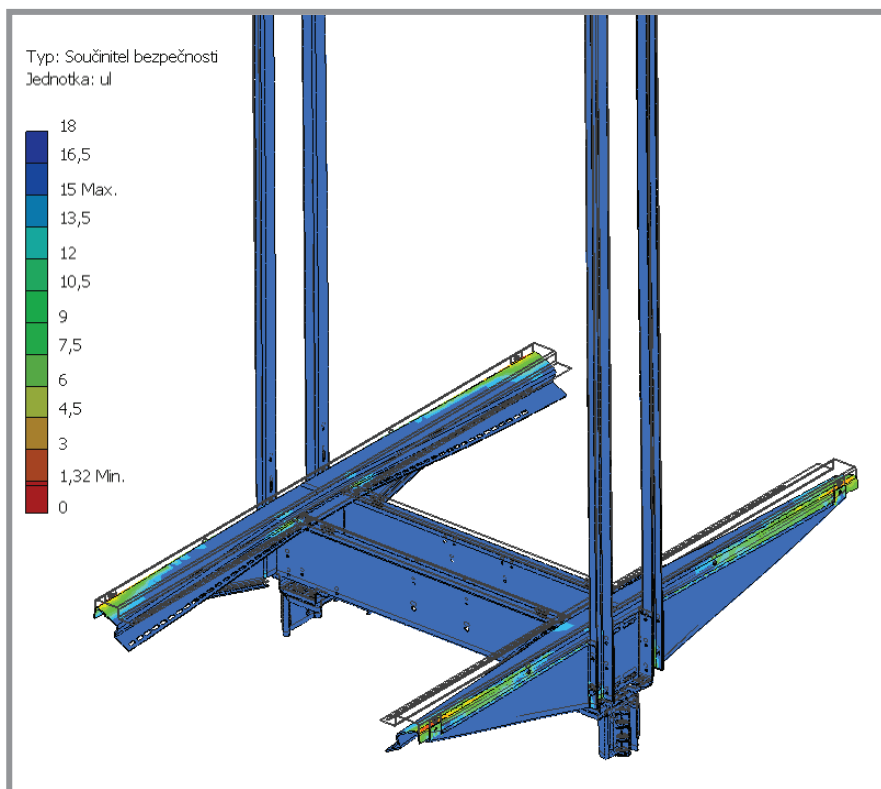
Příloha 5: Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatížení 50%DL V BOČNÍ ČÁSTI RÁMU.

Součinitel bezpečnosti je zde vztahován k mezi kluzu $R_{emin} = 333\text{MPa}$



Příloha 6: Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatěžovacím stavu BRZDA 120%DL

Součinitel bezpečnosti je zde vztahován k mezi kluzu $R_{emin} = 333\text{MPa}$



Příloha 7: Průhyb a bezpečnost dolní části rámu při zatěžovacím stavu ZACHYCENÍ

Součinitel bezpečnosti je zde vztahován k mezi kluzu $R_{emin} = 333\text{MPa}$

