

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh vakuového toaletního
systému pro kolejové vozidlo

Design of Vacuum Toilet System for Trains

Student:

Bc. Jan Hrubý

Vedoucí Diplomové práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Hrubý**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Konstrukční návrh vakuového toaletního systému pro kolejové vozidlo**
Design of Vacuum Toilet System for Trains
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhnete konstrukční řešení uspořádání WC buňky v souladu s předpisy a normami platnými pro kolejová vozidla. Zpracujte rešerši současného stavu toaletních systémů v kolejových vozidlech. Více se zaměřte na přehled současných řešení vakuových toaletních systémů a jejich hlavních částí.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh řešení a uspořádání WC.
3. Upevnění vakuového toaletního systému.
4. Pevnostní výpočet uchycení vybraného komponentu toaletního systému.
5. 2D výkresovou dokumentaci vybrané součásti.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
Literární rešerše zpracovaná v rámci Diplomového projektu.
Podklady firmy Siemens, s.r.o. divize Mobility.

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

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



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

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.05.2018.....


.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou 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 díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat 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^{21.05.2018}

.....

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jan Hrubý

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Okolnice 538
725 26 Ostrava

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Oldřichu Učňovi, Ph.D z Katedry výrobních strojů a konstruování VŠB-TU Ostrava za trpělivost a důvěru při řešení práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Ondřeji Thiemelovi ze společnosti Siemens s.r.o. za odborné rady při řešení diplomové práce.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HRUBÝ, J. *Návrh vakuového systému toalety pro kolejová vozidla* : Diplomová práce. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a zařízení, 2018, Vedoucí práce: Učeň, O.

Tématem této diplomové práce je konstrukční návrh vakuového systému toalety pro kolejová vozidla. Při řešení byly zohledněny požadavky dle normy 1685-1 na prostorové uspořádání toalety. Výsledkem práce je návrh uspořádání WC buňky včetně variantního návrhu upevnění toalety k nosné konstrukci doplněného pevnostními výpočty.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

HRUBÝ, J. *Design of vacuum system for trains*: Diploma Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018. Thesis head: Učeň, O.

Theme of this diploma thesis is design proposal of vacuum toilet system for trains. During solution was taken into account requirement of norm ČSN EN - 16 585-1 for space arrangement of toilet inside train. Result of work is proposal of toilet arrangement including variation of toilet fixation to the framework and necessary calculations

OBSAH

| | |
|--|----|
| Úvod..... | 12 |
| 1 TOALETNÍ SYSTÉMY..... | 13 |
| 1.1 Rešerše výrobců vakuových toalet..... | 13 |
| 1.2 Zhodnocení rešerše..... | 17 |
| 1.3 Požadavkový list | 17 |
| 2 Návrh uspořádání WC buňky | 19 |
| 2.1 Konstrukční úpravy dle normy 16585-1 -standardní toalety | 19 |
| 2.2 Konstrukční úpravy dle normy 16585-1 - univerzální toalety | 20 |
| 2.3 Techniky přístupů k toaletě z invalidního vozíku:..... | 24 |
| 2.3.1 Metoda A | 25 |
| 2.3.2 Metoda B..... | 26 |
| 2.4 Varianty uspořádání WC buňky:..... | 27 |
| 3 Návrh upevnění toalety..... | 29 |
| 3.1 Morfologická matice: | 30 |
| 3.2 Varianta č.1. | 31 |
| 3.3 Varianta č.2. | 33 |
| 3.4 Varianta č.3. | 34 |
| 3.5 Výsledné konstrukční řešení | 35 |
| 4 Pevnostní výpočty. | 36 |
| 4.1 Návrh šroubů:..... | 37 |
| 4.1.1 Výpočet zatěžujících sil | 37 |
| 4.1.2 Volba závitového šroubu | 38 |
| 4.1.3 Volba lícovaného šroubu | 40 |
| 4.2 Návrh naklápěcího madla..... | 41 |
| 5 MKP analýza | 43 |
| 5.1 Závěsu toalety | 44 |
| 5.2 Madla..... | 46 |

| | | |
|-----|---|----|
| 6 | Vlastní návrh uspořádání WC buňky | 48 |
| 6.1 | Uspořádání buňky | 58 |
| | Závěr | 60 |

Seznam použitých značek a symbolů

| | | |
|-----------------|-----------------------------------|----------------------|
| F | Provozní síla | [N] |
| m | Celková hmotnost | [kg] |
| g | Tíhové zrychlení | [m.s ⁻²] |
| F_T | Třecí síla | [N] |
| F_N | Normálová síla | [N] |
| k | Součinitel bezpečnosti prokluzu | [1] |
| f | Součinitel smykového tření | [1] |
| i | Počet šroubů | [1] |
| F_M | Přídavná tahová síla | [N] |
| b | Vzdálenost klopného bodu | [m] |
| L | Vzdálenost působení provozní síly | [m] |
| F_o | Předepjatá síla | [N] |
| σ_{dovt} | Dovolené napětí v tahu | [MPa] |
| R_e | Mez kluzu | [MPa] |
| k_s | Součinitel statické bezpečnosti | [1] |
| σ_t | Namáhání v tahu | [MPa] |
| d_3 | Minimální průměr šroubu | [mm] |
| γ | Úhel stoupání závitu | [rad] |
| φ' | Úhel tření na závitu | [rad] |
| f_z | Součinitel tření materiálu šroubu | [1] |
| τ | Namáhání v krutu | [MPa] |
| M_z | Krouticí moment | [Nm] |
| W_z | Modul průřezu v krutu | [mm ⁻³] |
| σ_{red} | Redukované napětí | [MPa] |
| τ_s | Napětí ve střihu | [MPa] |
| τ_{Ds} | Dovolené napětí ve střihu | [MPa] |

| | | |
|-------|--------------------------------|------|
| d_s | Průměr dříku lícovaného šroubu | [mm] |
| F_c | Síla působící na madlo | [N] |

ÚVOD

Vlaková doprava tvoří významnou část veřejné dopravy, jak v logistickém průmyslu, tak v přepravě osob. Železnice v 19. století významně zkrátila cestování v Evropě a Severní Americe. Působila jako katalyzátor průmyslové revoluce, vytvořila potřebu vzniku těžkého průmyslu a díky svému rozvoji také předpoklad pro velkou poptávku po železe, oceli a strojích. V dnešní době tvoří přeprava vlakem nejlevnější způsob dopravy a to hlavně díky husté železniční infrastruktuře. Vývoj vlakových souprav jde neustále dopředu a s tím i nároky na potřeby zákazníku. Mezi tyto nároky patří bezbariérové vstupy na toaletu pro osoby se sníženou pohyblivostí. Převážná většina vlakových souprav v České Republice nedisponuje toaletou pro osoby se sníženou pohyblivostí. Této skutečnosti jsou si dopravci vědomí a snaží se vlakové soupravy modernizovat. Pro usnadnění modernizace, popřípadě návrhu toalety do nových vlakových souprav byly vydány normy popisující požadavky pro návrh těchto toalet.

Předmětem této diplomové práce je zpracovat konstrukční návrh vakuového toaletního systému pro vlakovou soupravu. Ve spolupráci se společností Siemens s.r.o. zabývající se touto problematikou, bude navržena varianta uspořádání WC buňky pro osobu se sníženou pohyblivostí dle normy 16 585-1. V teoretické části práce jsou popsány společnosti zabývající se výrobou vakuových systémů. Pro názornost jsou dále uvedeny konstrukční úpravy WC buňky vycházející z normy 16 585-1. Praktická část se zabývá návrhem nosného systému toalety doplněným o potřebné výpočty. Součástí návrhu je design sklopného madla a jeho kontrola na zatížení. Nosný systém a madlo jsou dále kontrolovány pomocí MKP analýzy na zatížení a průhyb. V závěru práce je zpracován celkový návrh uspořádání WC buňky včetně uchycení jednotlivých komponentů.

1 TOALETNÍ SYSTÉMY

Toalety tvoří nedílnou součást lidské populace. Každá bytost na této planetě produkuje biologický odpad. Technologický růst, vývoje a růst populace vedl ke zvýšení množství nežádoucího biologického odpadů. Na počátcích železnic se toalety konstruovaly bez nádrží a odpad byl z vlakových souprav vyhazován na železnici. Rozvojem civilizace se od tohoto řešení začalo ustupovat a v dnešní době se můžeme setkat s několika druhy toalet. Mezi nejúčinnější toalety dnešní doby patří vakuové toalety, jejichž nejlepší předností je jejich spotřeba vody, která se pohybuje okolo 0,5 l na spláchnutí. To přináší menší náklady na množství vody potřebné ve vlakových soupravách, a tím menší provozní náklady kolejových vozidel.

1.1 Rešerše výrobců vakuových toalet

Společnost EvactrainGmbH

Jedná se o německou dceřinou společnost Zodiac Aerospace, která od roku 1969 poskytuje a instaluje integrované systémy pro kolejová vozidla. Celkem už instalovala okolo 70 000 vakuových systémů po celém světě. Zaměřuje se převážně na integrované toaletní kabinové moduly, interiéry kabin, jako jsou dveřní kola, pisoáry, dveřní zámky, přebalovací pulty, dávkovače a hlavně vakuové toaletní systémy pro jedno a dvoupatrové vlakové soupravy, spací a luxusní vlaky. Dále se zabývají odpadními systémy, systémy pitné a šedé vody, nádrže, ohřívače vody, řídicí a komunikační systémy toalet, ovládací panely, senzory atd... [1]

Společnost nabízí několik variant řešení vakuových toalet.

Evac Compact

Jedná se o mikroprocesorem řízený kompaktní vakuový systém, který šetří místo a spotřebu vody. Systém je vybaven posuvným mechanismem a škrťícím ventilem.

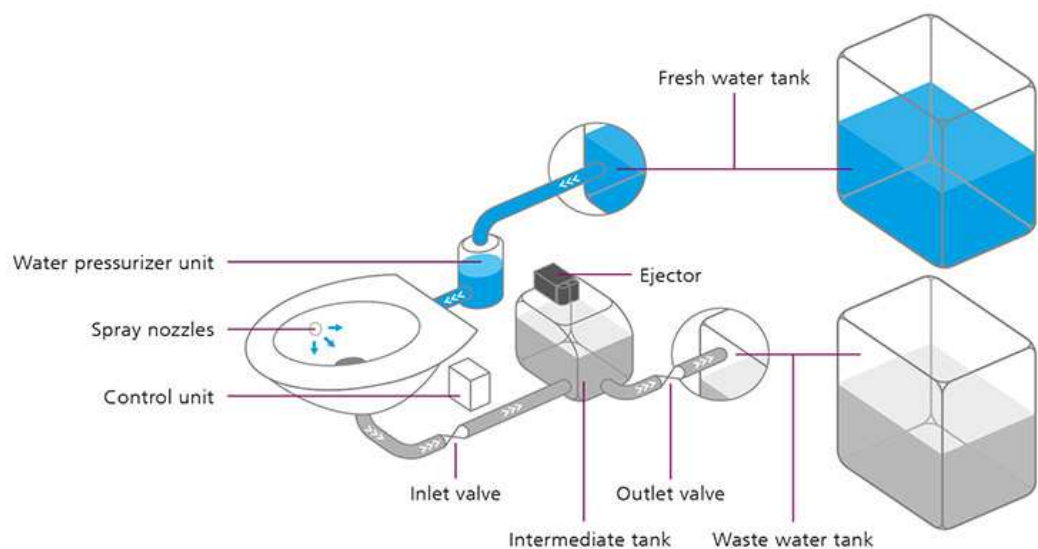
Spotřeba se pohybuje okolo 0,5 l vody na spláchnutí. Celý systém je vybaven integrovanou detekcí závad a systémem odstraňování závad. Celková váha toalety je 18 [kg] a spotřeba energie je 12 [W] při provozním napětí 24 DVC +/- 30%. Toaleta je snadná na údržbu a celá jednotka může být vyměněna během 15 min. [1]



Obr. 1. Vakuová toaleta Evac-Compact.[1]

Princip:

- Po aktivaci splachování dojde k vytvoření podtlaku v mezinádře.
- Mísa se opláchne a naplní vodou.
- Z mezinádře se odsaje vzduch, vznikne podtlak a po uvolnění uzavíracího ventilu se obsah mísy přesune do mezinádře.
- Zvýšením tlaku v mezinádři se obsah přesune do odpadní nádře.

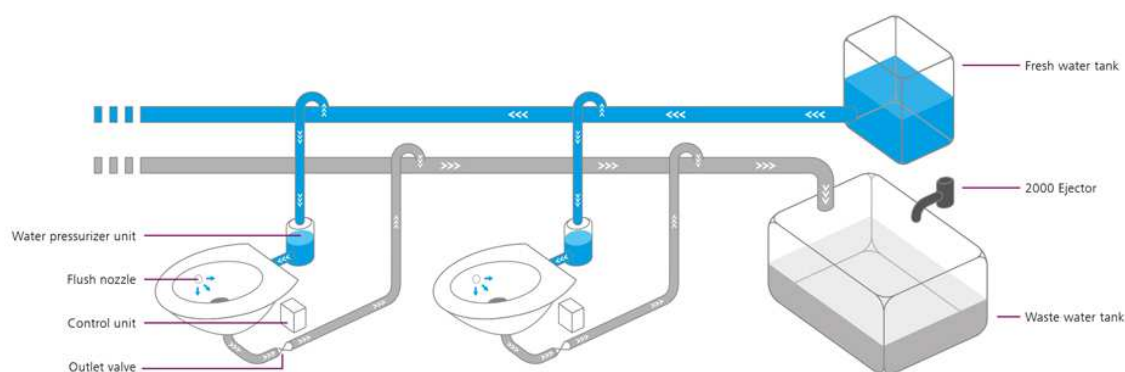


Obr. 2. Princip toalety Evac-Compact.[1]

Evac 2000

Tento systém obsahuje jednu centrální odpadní nádrž pro více toalet. I při zvýšení dopravní vzdálenosti obsahu toalet od odpadní nádrže nedochází k zablokování potrubí. Toto řešení je použito při úspoře místa a pro snížení počtu udržovaných nádrží. Tato varianta je schopná generovat vákuum kontinuálně nebo pouze při spláchnutí. [1]

Princip:



Obr. 3. Princip toalety Evac 2000.[1]

Společnost DowaldWerke

Německá společnost DowaldWerke vznikla spojením dvou sesterských společností Pneumatik/Hydraulik GmbH a Dowaldwerke GmbH. Společnost zaměstnává přibližně 300 zaměstnanců a zabývá se výrobou vakuových toalet, interiérových dveří, příček a vstupních systému do kolejových vozidel. Po sloučení v roce 2015, také navrhuje a vyrábí kompletní sortiment pneumatických a hydraulických dílů do zemědělského průmyslu, lékařství a stavebních strojů.

Vakuové toalety Dowald jsou odolné proti vandalismu, splňují náročné požadavky železničních aplikací a zároveň splňují ekonomické nároky díky nízké spotřebě vody. Celkový systém poskytuje provozní servisní režimy jako splachování, zpětné proplachování a odvodnění mrazem. V případě poruch je spuštěn automatický systém oprav poruchy, který vyžaduje minimální zásah personálu.

Dowald nabízí zařízení pro snížení spotřeby vody recyklací tzv. šedé vody. Toto zařízení využívá šedou vodu z mycí nádoby jako splachovací vodu pro toaletu. Tím dojde ke snížení spotřeby čerstvé vody až o 35%, což vede ke snížení hmotnosti nádoby.

Společnost také nabízí pisoáry pro kolejová vozidla, která spotřebují pouze 0,3 l vody na splachovací provoz. Přeprava odpadní vody je řešena gravitací, jestliže je nádrž v podlaze nebo pomocí stlačeného vzduchu jedná-li se o nádrž vnitřní.

[2]

Parametry vakuové toalety:

Důležitým parametrem toalet DowaldWerkeGmbH je přítomnost robustních ventilových pouzder, které nepoškodí ostré předměty nasáté toaletou. Celá toaleta je poháněna pneumatickým škrťicím ventilem. Tlak vzduchu se pohybuje v rozmezí 5,5 až 10 Barů. Spotřeba vody se pohybuje okolo 0,5 l a provozní napětí je 24 DVC+/- 30%. [2]

Výhody toalety:

- Vypnutí toalety.
- Vysoká odolnost.
- Vysoká spolehlivost.
- Modulární design.
- Detekce úrovně sedátka.
- Diagnostika na vakuové jednotce.
- Textové zobrazení diagnostiky.
- Nízká hmotnost.
- Malé množství opotřebujících se dílů.



Obr. 4. Vakuová toaleta DowaldWerke. [2]

1.2 Zhodnocení řešerše

Z výčtu výše uvedených společností je patrné, že výrobců vakuových toalet je mnoho. Společnosti volí různá řešení vakuových systémů, implementují vlastní kontrolní systémy a systémy nakládání s odpadní vodou. Tímto jsou vytvořeny vhodné podmínky ve volbě toalet pro vlakové dopravnice.

1.3 Požadavkový list

Pro správné navržení zařízení je vhodné připravit požadavkový list tzv. specifikovat zadání úkolu. Hlavním úkolem je specifikace požadavků dané problematiky a rozdělení priorit zákazníka nebo v našem případě požadované konstrukce. Tyto specifikace by měly být prioritou a napomáhat při řešení daného problému. Základní požadavky jsou uvedeny v Tab. Specifické požadavky řídicí se legislativou jsou uvedeny v Kapitole 2.

Tab. 1 Specifikace požadavků

| Specifikace požadavků: Toaletní buňky | | Požadavek | přání |
|---------------------------------------|--|-----------|-------|
| FUNKCE: | Přístup pro osoby se sníženou pohyblivostí | x | |
| PŘENOS ENERGIE: | Ekonomické a spolehlivé | x | |
| PROSTŘEDÍ: | mírně znečištěné | x | |
| | Provozní teplota -10°C až 120°C | x | |
| | Místo použití – Vlakové soupravy | x | |
| | Míra používání – střední až vysoká | x | |
| | Minimální údržba | x | |
| | Žádná údržba | | x |
| BEZPEČNOST: | Při manipulaci | x | |
| | Proti poranění | x | |
| | Proti přetížení | x | |
| | Maximální hmotnost | x | |
| PŘEDPISY A NORMY: | Neporušení patentu | x | |
| | Držet se norem | x | |
| MANIPULACE: | Jednoduchá | | x |
| | Jednoduchá výměna po opotřebení | x | |
| | Dobrý přístup pro servis | x | |
| | Nejmenší prostorové řešení | | x |
| VÝROBA: | Malá až střední série | x | |
| EKONOMIE: | Nízká výrobní cena | x | |
| | Nízké náklady na údržbu | x | |
| EKOLOGIČNOST: | Šetrné k životnímu prostředí | x | |
| ŽIVOTNOST: | Minimálně 5 let | x | |
| VZHLED: | Uspokojivé tvary | x | |
| | Stabilita a pevnost rámu | x | |
| | Prostorové uspořádání | x | x |
| | Povrch necitlivý k prostředí, čištění | x | |
| DISTRIBUCE: | Jednoduché skládání a rozebírání | x | |
| | Minimální skladovací prostory | | x |
| RECYKLACE: | Jednoduchá montáž, demontáž | x | |

2 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ WC BUŇKY

Jedním z cílů této diplomové práce je konstrukční řešení uspořádání WC buňky ve vlakových soupravách v souladu s předpisy a normami platnými pro kolejová vozidla. V této práci bude návrh v souladu s normou ČSN EN 16585-1 - Konstrukční úpravy pro osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace - Vybavení a komponenty v kolejových vozidlech - Část 1: Toalety. V této normě jsou uvedeny min. požadavky pro návrh standardních toaletních systémů pro kolejová vozidla a návrh univerzálních toalet pro osoby s omezenou pohyblivostí nebo orientací. Níže budou uvedeny požadavky pro návrh toalety.

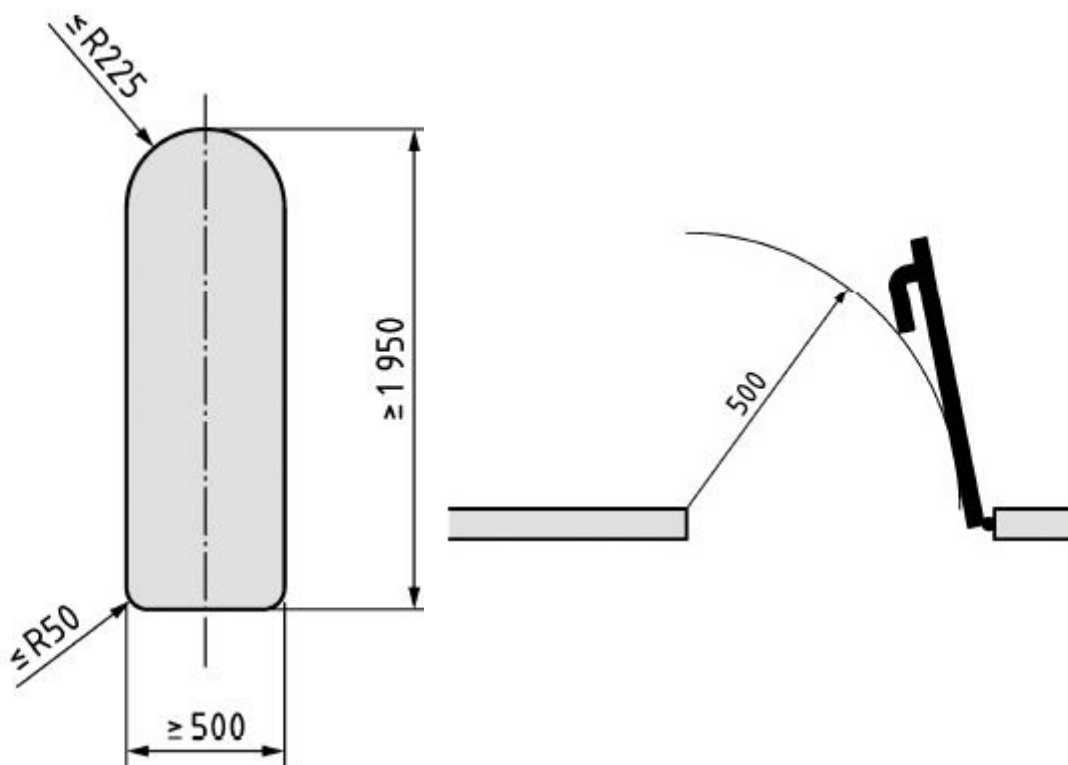
Společné požadavky dle normy 16 585 -1:

- Pokud je vlak vybaven toaletami, musí být k dispozici univerzální toaleta, která je přístupná z prostoru pro invalidní vozík a zároveň ze spacího oddílu, taktéž přístupného pro invalidní vozík.
- Středky všech zámků, klik nebo ovládacích zařízení dveří musí být z obou stran kabiny toalety umístěny 800-1100 [mm] nad prahem dveří.
- Na vnější a vnitřní straně kabiny musí být vizuální a hmatové označení oznamující uzamčení dveří.
- Všechna ovládací zařízení musí kontrastovat s pozadím a musí být zjištělná pomocí hmatu.

[3]

2.1 Konstrukční úpravy dle normy 16585-1 -standardní toalety

Standardní toaleta není dimenzovaná pro použití osobami se sníženou schopností pohybu, jako jsou vozíčkáři. Hlavní charakteristikou jsou rozměry vstupních dveří do kabiny, jejichž min. šířka je 500 [mm] a tedy pro vozíčkáře nepřístupná. Základní rozměry vstupních dveří do kabiny jsou uvedeny viz (Obr. 5.). Při otevření dveří je nutné zajistit volný prostor pro vstup bez jakýchkoliv překážejících klik nebo madel. [3]

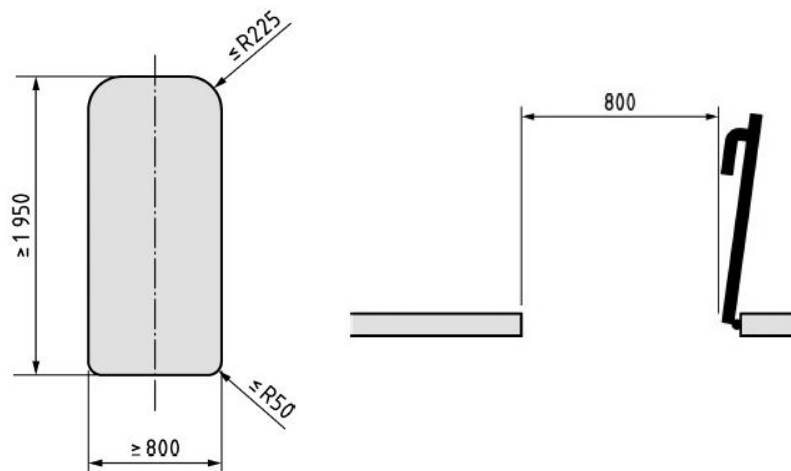


Obr. 5. Světlá užitečná šířka dveří toalety(standardní). [3]

2.2 Konstrukční úpravy dle normy 16585-1 - univerzální toalety

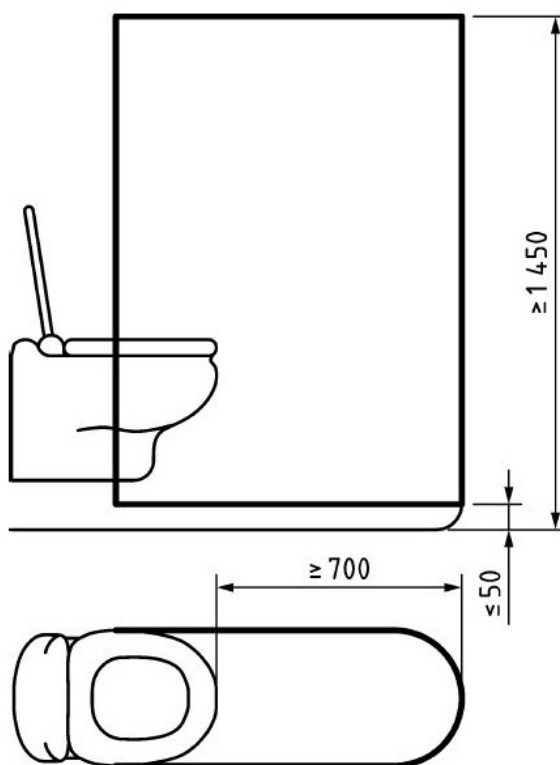
Tato toaleta je určena pro všechny cestující včetně osob se zdravotním postižením a osob se sníženou pohyblivostí. Při návrhu toalety pro osoby se sníženou pohyblivostí je třeba dodržet mnoho požadavků kladených na jejich omezenou schopnost pohybu. Tyto požadavky jsou popsány v normě 16 585-1 a pro naše potřeby jsou uvedeny v této práci níže. Z těchto požadavků budou následně navrhnut vlastní řešení toalety.

Vstupní dveře musí mít minimální světlou užitečnou šířku 800 [mm] pro možnost vjezdu vozíčkáře. V otevřené poloze nesmí zasahovat kliky ani další výčnělky do prostoru dveří od podlahy až po výšku dveří viz (Obr. 6.). [3]



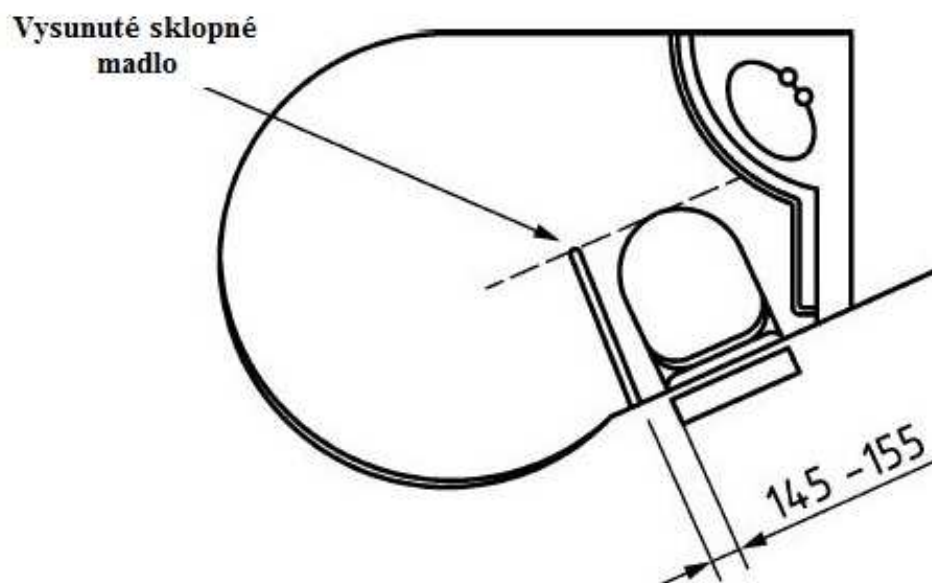
Obr. 6. Světla užitečná šířka dveří toalety (univerzální). [3]

Uvnitř kabiny musí být dostatečný prostor umožňující invalidnímu vozíku vjezd a manévrovatelnost do polohy umožňující přístup k toaletě. Zpravidla má vozíčkář několik možností přemístění z vozíčku na toaletu. Jedná se o přístup boční, diagonální nebo čelní. Tyto přístupy jsou dále popsány v kapitole techniky posuzování přístupů k toaletě. Před sedátkem toalety musí být vyčleněn volný prostor o minimální délce 700 [mm]. Prostor se měří vodorovně od předního okraje sedátka toalety a kopíruje profil sedátka viz (Obr. 7.). [3]



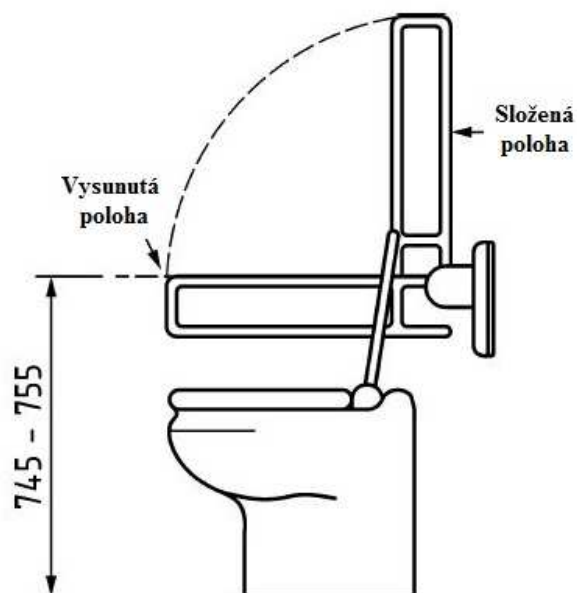
Obr. 7. Minimální volný prostor před toaletou. [3]

Je nutné, aby na každé straně toalety byly instalovány vodorovné madla dosahující k přednímu okraji toalety. Madlo musí být sklopné tak, aby vozíčkáři umožnilo přemístění bez překážek. Rozměry jsou patrné na (Obr. 8. a Obr. 9.) [3]



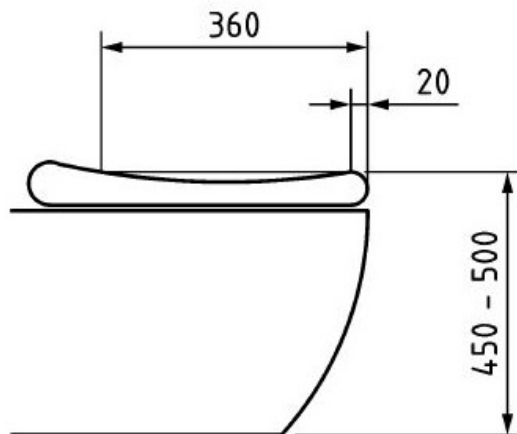
Obr. 8. Vysunutí sklopného madlo. [3]

Požadavky na výšku sklopného madla jsou znázorněny na (Obr. 9.) Sklopné madlo je potřeba dimenzovat v této výšce pro usnadnění přesunu vozíčkáře.



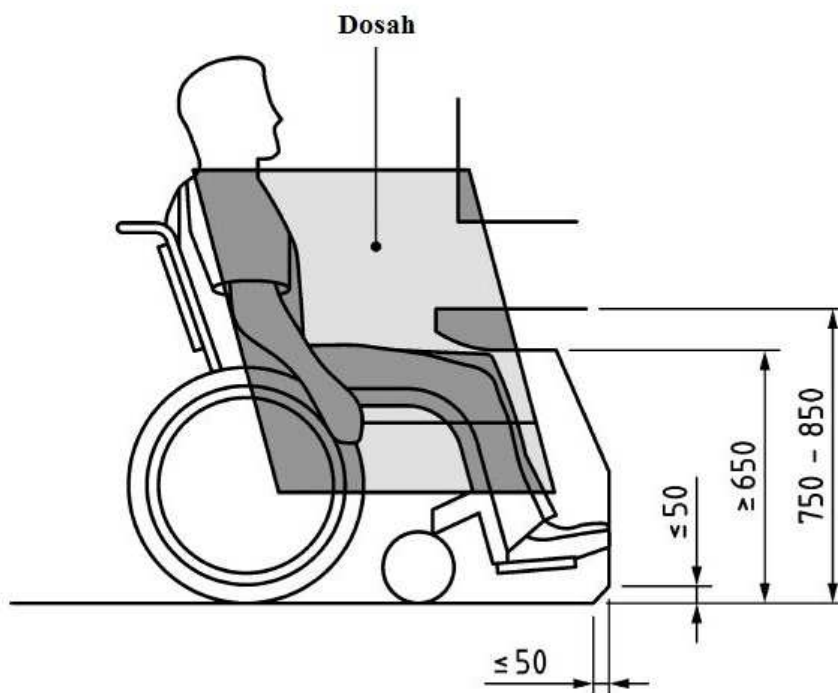
Obr. 9. Požadavky na výšku sklopného madla. [3]

Sedátko toalety musí být ve výšce 450 až 500 [mm] nad úrovní podlahy dle (Obr. 9.) [3]



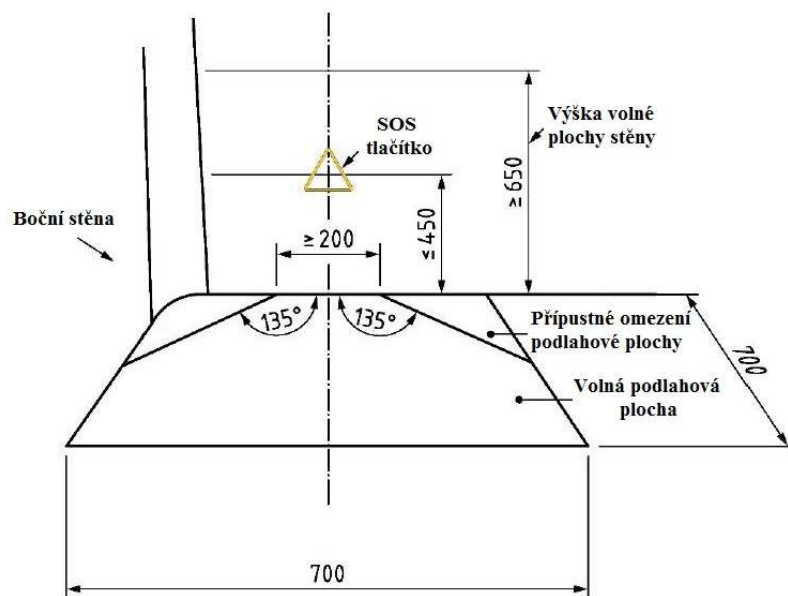
Obr. 10. Výška sedátka toalety. [3]

Veškeré vybavení jako je umyvadlo, zásobník vody, vysoušeč rukou, zásobník papírových ručníků, dávkovač mýdla nebo ovládací zařízení dveří musí být snadno přístupné. Přístupy k těmto zařízením se hodnotí dle antropometrických dat, nebo zjednodušeného dosahu dle (Obr. 11.) [3]



Obr. 11. Posuzování dosahu na vybavení. [3]

Dalším nezbytným požadavkem je přítomnost dvou zařízení pro nouzové volání, která v případě uvedení do činnosti vyšlou signál osobě, která může učinit příslušná opatření nebo zahájit komunikaci s osobou v nouzi. Jedno z těchto tlačítek musí být umístěno nejvýše 450 [mm] nad úroveň podlahy a musí být umístěno tak, aby na ovládací prvek dosáhla osoba ležící na podlaze. Parametry tlačítka jsou uvedeny na (Obr. 12.). [3]



Obr. 12. Rozměry umístění SOS tlačítka. [3]

Druhé nouzové zařízení (SOS) musí být v minimální ve výšce v rozmezí 800 až 1100 [mm] nad podlahou. Obě tlačítka musí být umístěna na různých svislých plochách kabiny pro dosažení z více poloh. Zařízení musí kontrastovat s okolím a být barevně odlišné než je zbytek kabiny. [3]

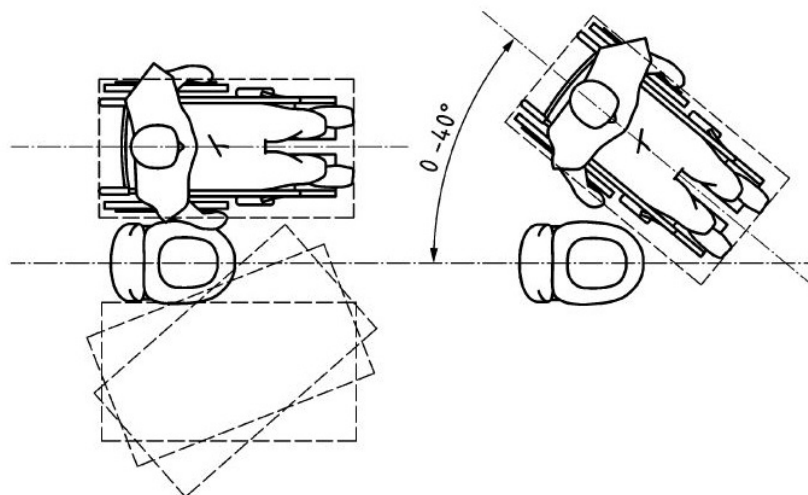
2.3 Techniky přístupů k toaletě z invalidního vozíku:

V této kapitole je popsán způsob přístupu k toaletě z invalidního vozíku. Při návrhu toalet je nutné zamyslet se nad potížemi, kterým mohou čelit osoby se sníženou pohyblivostí a které musí konstruktéři zohlednit již ve fázi návrhu těchto zařízení. Na základě normy musíme zohlednit dva přístupy k realizaci toalet. Metoda A popisuje přístupy k toaletě v prostoru dostatečném pro otáčení vozíku. S touto metodou se setkáváme u nových moderních vlakových souprav. Metoda B je použita v případě renovovaných nebo modernizovaných kolejových vozidel s podlahou menší než 2400 mm. Obě tyto metody popisují přístup boční, diagonální a čelní. [3]

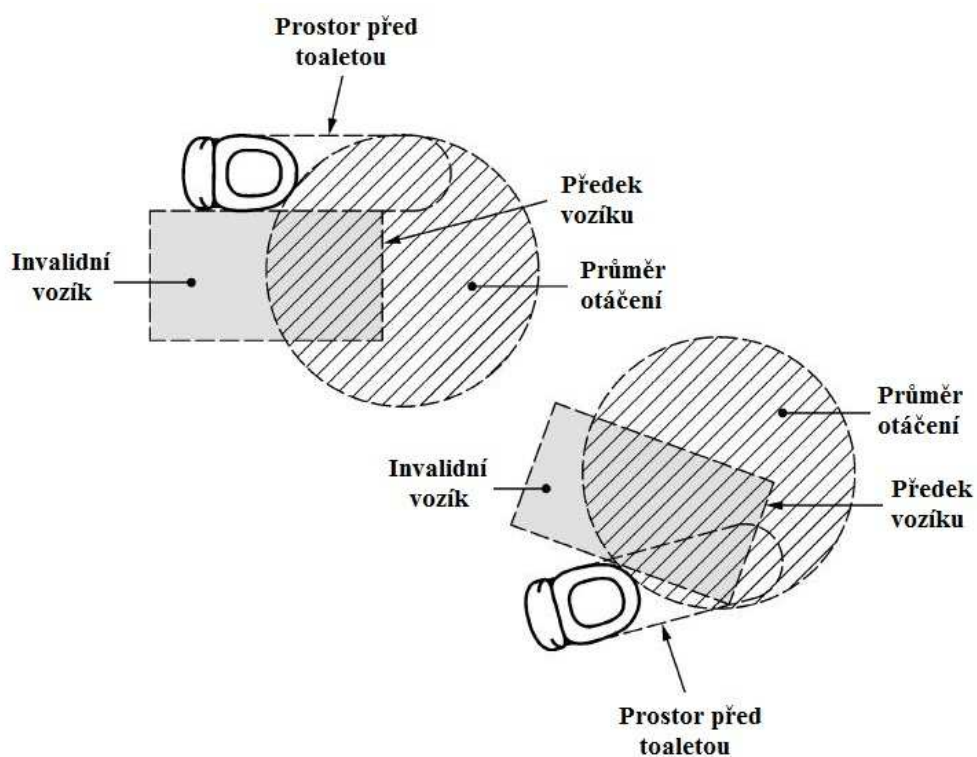
2.3.1 Metoda A

Boční přístup

Při bočním přístupu uvažujeme polohu vozíku od 0° až 40° rovnoběžně s mísou s průměrem otáčení 1500 [mm] dle (Obr. 13.) [3]



Obr. 13. Boční přístup pro přesun metoda A. [3]

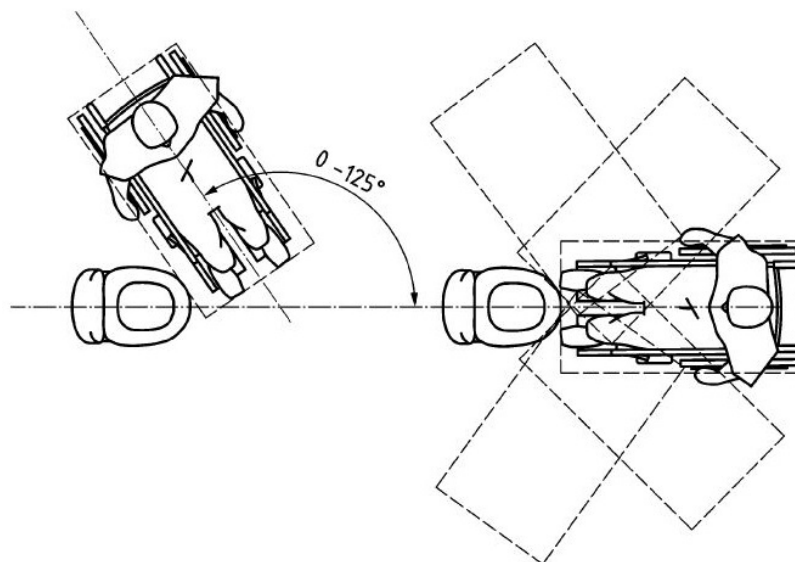


Obr. 14. Posuzování bočního přístupu metoda A. [3]

Čelní nebo diagonální přístup

Přístup k toaletě uvažujeme pod úhlem od 0° až 125° viz (Obr. 15.).

Poznámka: Obdobné jako u metody B



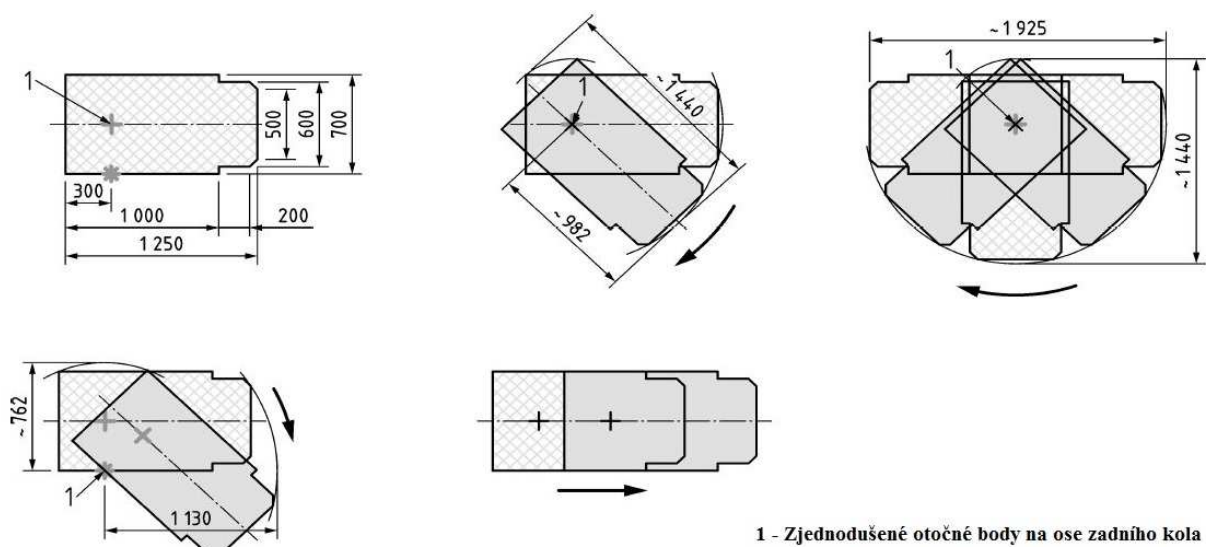
Obr. 15. Čelní nebo diagonální přesun. [3]

2.3.2 Metoda B

Boční přístup

Při bočním přístupu uvažujeme polohu vozíku od 0° až 40° rovnoběžně s mísou.

Na (Obr. 16.) jsou znázorněny příklady manévru v kabině. [3]



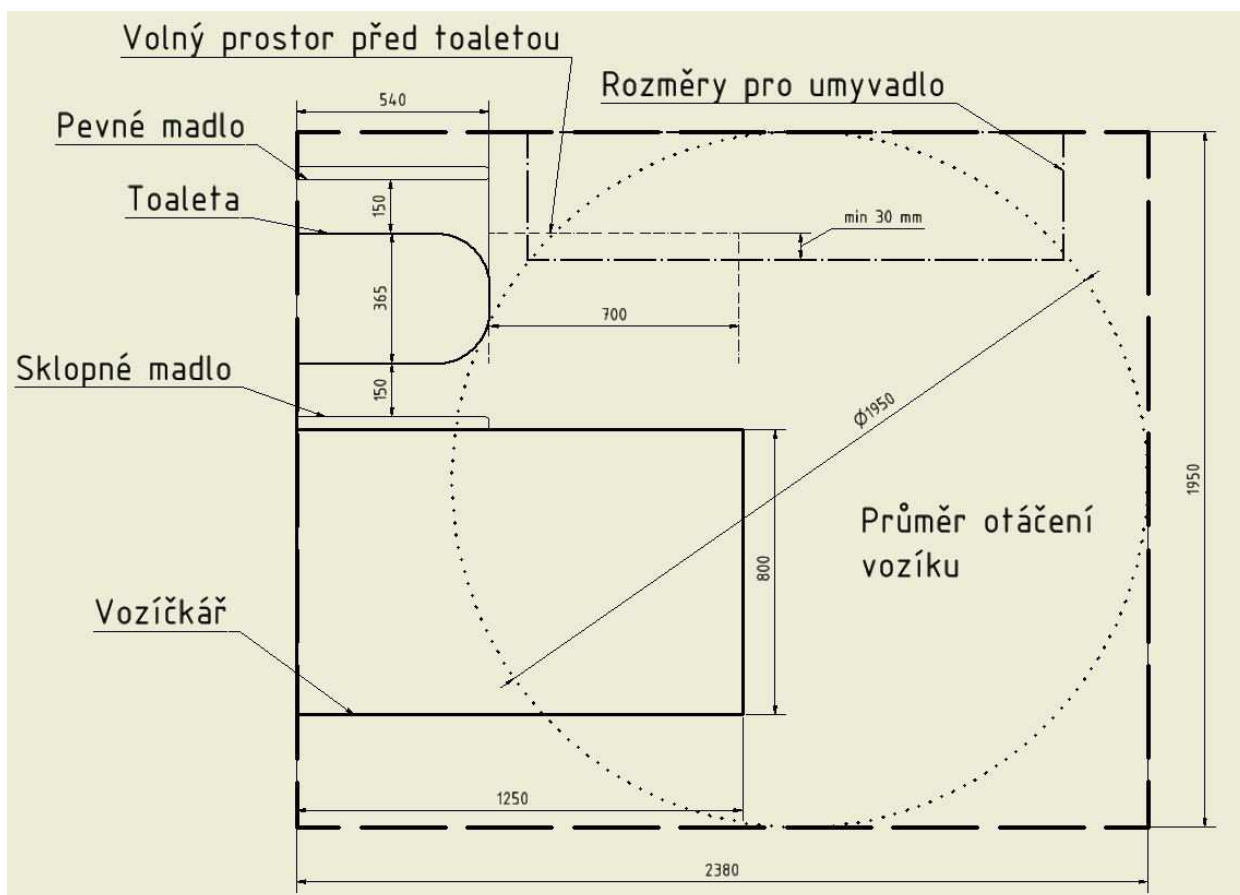
Obr. 16. Boční přístup metoda B. [3]

2.4 Varianty uspořádání WC buňky:

Podle požadavků normy bylo zvoleno optimální uspořádání toalety. Jedná se o uspořádání podle metody A, tedy o rozměrné řešení vhodné pro otáčení invalidního vozíku uvnitř toalety. Návrh prostoru buňky závisí na požadavcích výrobce vlakové soupravy. Při návrhu je nutné informovat zákazníka o možnostech uspořádání buňky a konzultovat postupy návrhu. Vzhledem k individuálnímu řešení jednotlivých buněk jsou zde uvedeny uspořádání pouze informativní a v případě zakázky by byly použity jako předloha návrhu pro zákazníka. Z těchto návrhů je možné předem určit požadovanou velikost buňky.

Návrh uspořádání - metoda A

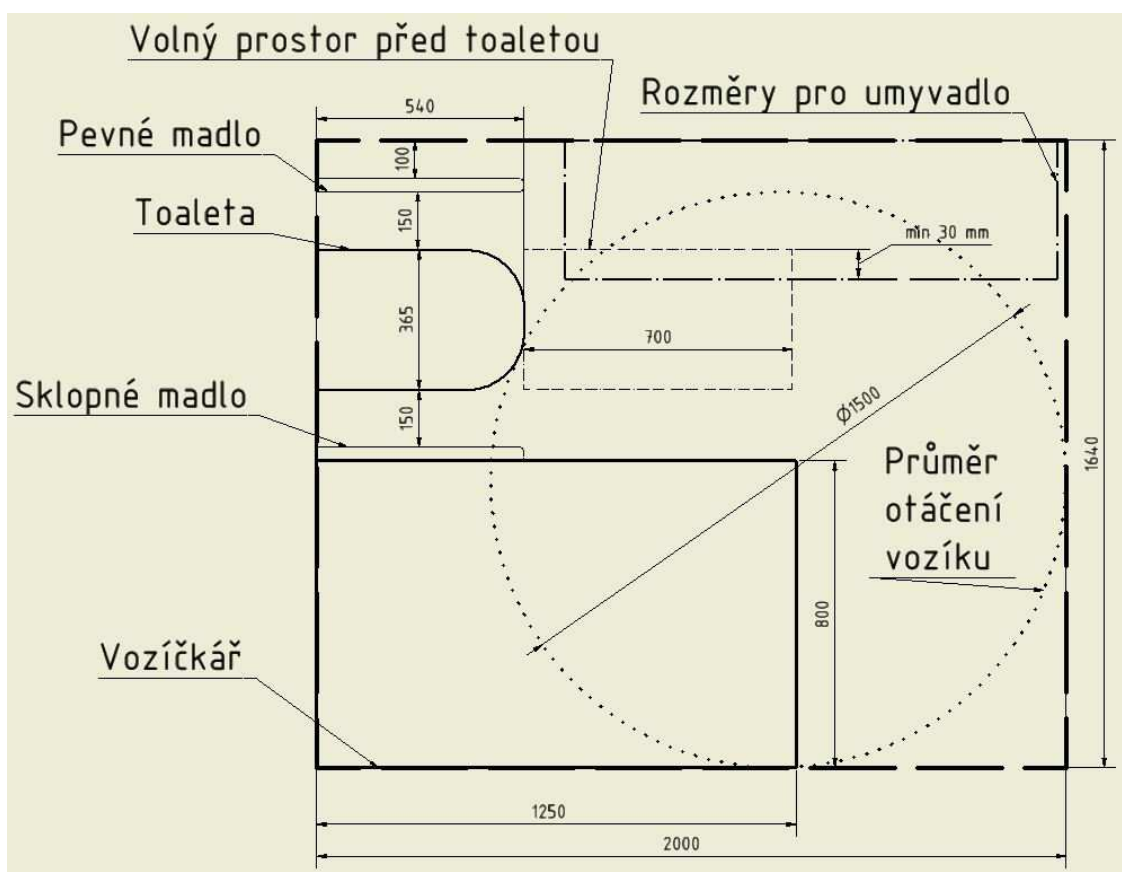
Na (Obr. 19.) je znázorněn návrh uspořádání podle metody A při průměru otáčení 1950 [mm]. Při tomto řešení je možné volné otáčení s vozíkem uvnitř buňky. Nevýhodou jsou větší rozměry buňky s vnitřní velikostí 2380x1950 [mm]. Přístup do buňky je možné umístit na průměru otáčení vozíku. Toto řešení není příliš ekonomické, jelikož zmenšuje prostor pro pasažéry.



Obr. 17. Návrh uspořádání metoda A.

Návrh uspořádání - metoda B

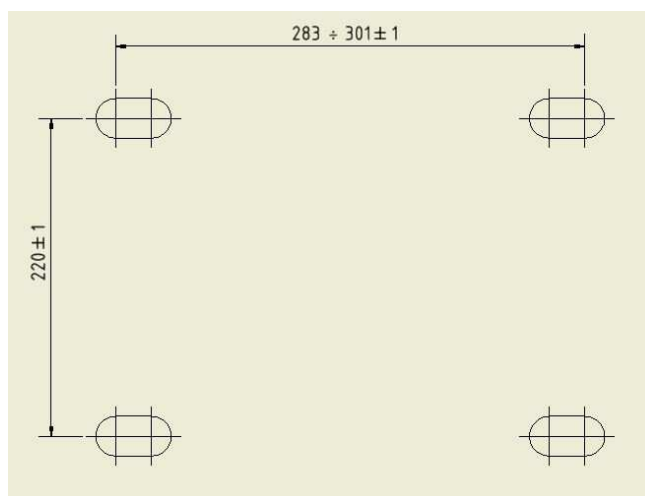
(Obr. 18.) znázorňuje uspořádání podle metody B s max. průměrem otáčení vozíku. Průměr 1500 [mm] zajišťuje omezené otáčení vozíku s několika manévry uvnitř buňky. Výhodou jsou menší rozměry 2000x1640 [mm] oproti předchozímu řešení. Do buňky je potřeba zacouvat, protože neumožňuje plné otočení vozíku. Toto řešení je ekonomičtější, avšak omezuje vozíčkáře v pohybu.



Obr. 18. Návrh uspořádání metoda B.

3 NÁVRH UPEVNĚNÍ TOALETY.

Při návrhu upevnění je potřeba zjistit rozložení upevňovacích bodů na toaletě. Pro návrh upevnění byla zvolena toaleta Evac - Compact, která má rozložení upevňovacích bodů dle (Obr. 19.). Při návrhu vycházíme z roztečí děr, které byly poskytnuty společností Siemens s.r.o. a výsledkem bude několik variant upevnění. Dále bude proveden výpočet minimálního průměru nosných šroubů. Vzhledem k tomu, že výrobce Evac Train neposkytl model toalety byl proveden vlastní návrh modelu. Rozměry vlastního modelu vychází z rozměrů uvedených na stránkách výrobce.



Obr. 19. Rozložení upevňovacích otvorů toalety Evac - Compact.



Obr. 20. Toaleta Evac-Compact. [1]

3.1 Morfologická matice:

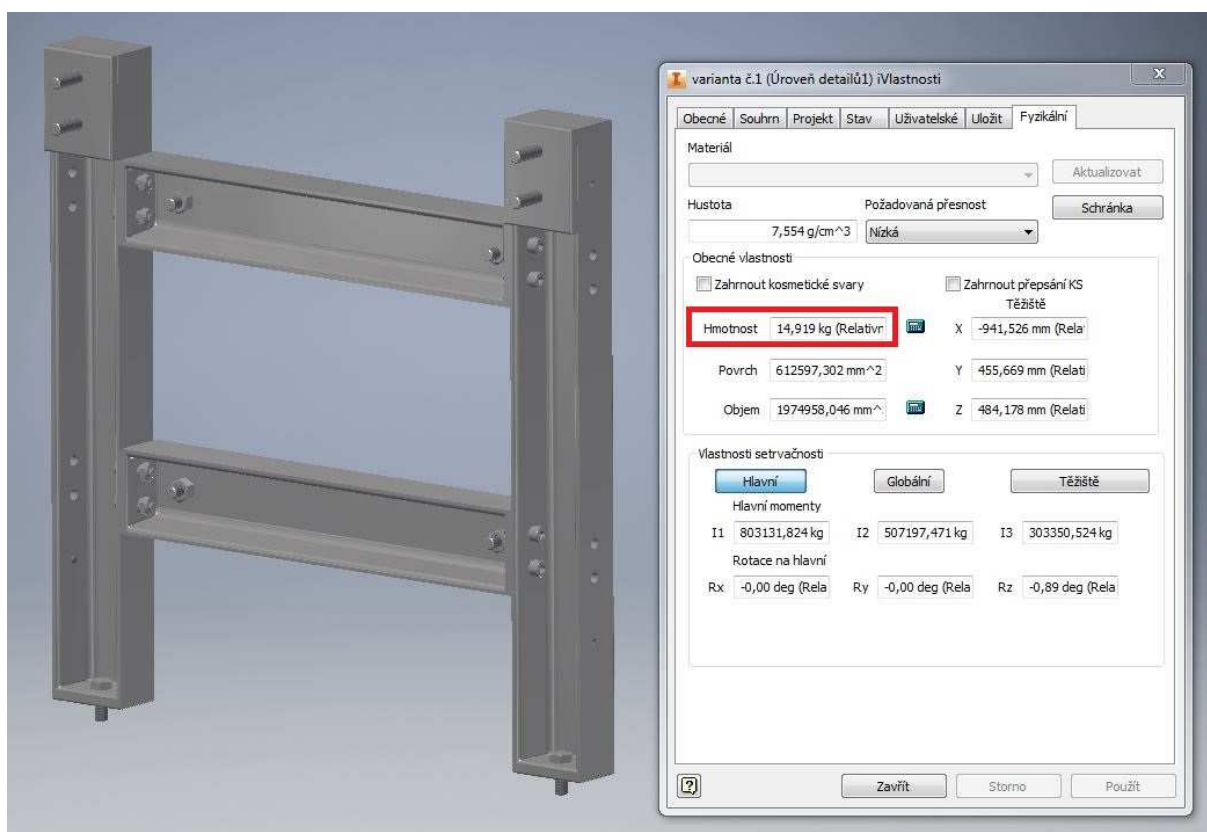
Tab. 2 Kritéria volby nosníku toalety

| Hodnotící kritéria | Typy upevnění | | | |
|--------------------------------|--------------------------|----------------|------------------------------|-------------------|
| | U | I | □ | L |
| Profil | | | | Vlastní |
| Uchycení konzole | Svar | | Šroub | Nýtování |
| Hmotnost | Nízká (10 kg) | | Střední (20 kg) | Velká (Nad 30 kg) |
| Demontáž | Ano | | Ne | - |
| Složitost konstrukce | Nízká | | Střední | Vysoká |
| Materiál | Hliník | | Ocel | Nerezová ocel |
| Povrchová ochrana | Žádná | | Žárové zinkování | Práškové lakování |
| Náchylnost na vlhkost (koroze) | Malá | | Střední | Velká |
| Svar | Koutový | | | - |
| Uchycení | Šrouby s válcovou hlavou | | Šrouby s šestihrannou hlavou | Nýty |
| Podložky | Pružné | | Pojistné | Jiné |
| Matice | Šestihranné | | Kruhové | Zvláštních tvarů |
| Údržba | Bezúdržbové | | Malá | Střední |
| Náklady | Malé | | Střední | Velké |
| Shrnutí | Varianta č. 1. | Varianta č. 2. | | Varianta č. 3. |

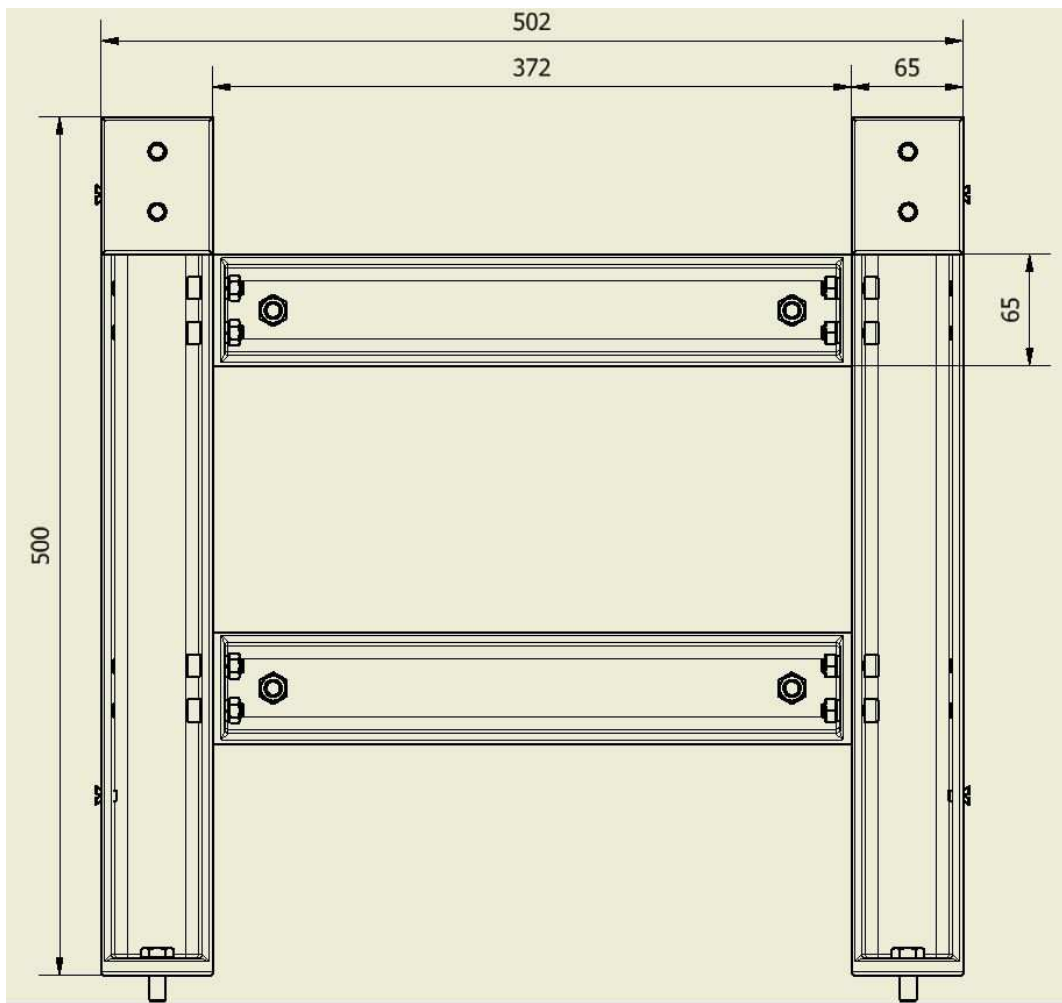
Výsledkem morfologické matice jsou návrhy variant dle hodnotících kritérií. Hodnotící kritéria reprezentují variabilitu při návrhu.

3.2 Varianta č.1.

Varianta č. 1 se skládá z profilů U 65/A ČSN 42 5570 - 17 240. Mezi svislými profily délky 500 [mm] jsou přišroubovány vodorovné profily s roztečí 372 [mm]. Všechny části jsou z nerezové oceli, jelikož se mohou součástí dostat do kontaktu s vodou. Síla od zatížení toalety se přenáší přes 4 šrouby do vodorovných profilů, kde je dále přenášena do svislých profilů 8 šrouby. Svislé profily stojí na nosné podlaze, ke které jsou přišroubované dvěma šrouby. Na svislých profilech jsou navařeny destičky pro zachycení klopných sil od toalety. Klopné síly zachycují 4 šrouby, které jsou zašroubovány do nosné stěny. Výhodou této varianty je demontovatelnost, jednoduchost konstrukce, nízké pořizovací náklady a nízká hmotnost. Nevýhodou je náročnější způsob sestavení tepelné namáhání od svařování destiček.



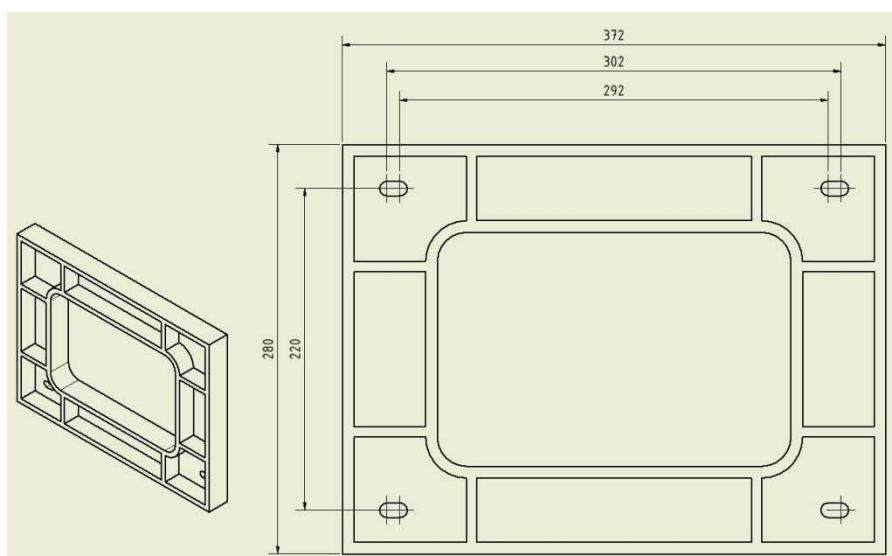
Obr. 21. Hmotnost varianty č.1.



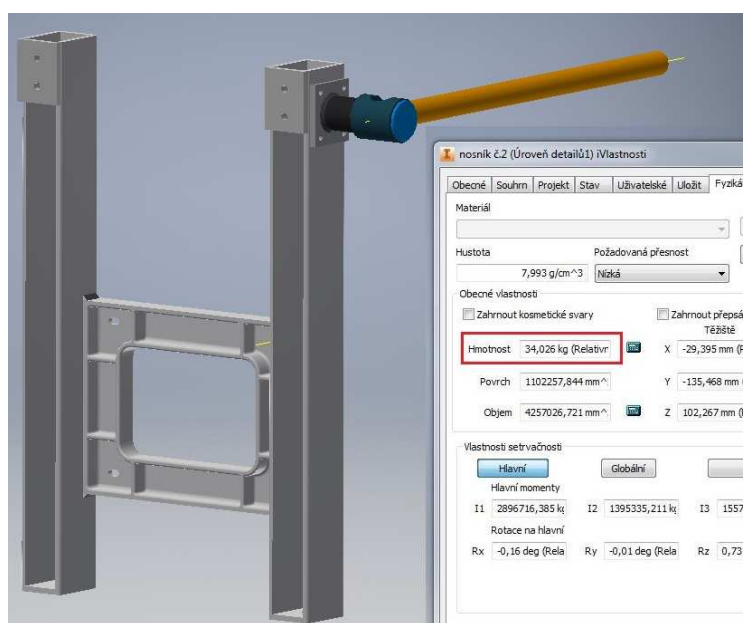
Obr. 22. Rozměry varianty č.1.

3.3 Varianta č.2.

Varianta č. 2. se skládá ze dvou vertikálních profilů U 80/A ČSN 42 5570 - 17 240. Mezi profily je navařen odlitek pro uchycení toalety. Zatěžující síla je přenášena čtyřmi šrouby do odlitku a dále svary do vertikálních profilů. Svislé profily stojí na nosné podlaze, do které jsou zašroubovány dvěma šrouby. Klopné síly zachycují čtyři šrouby přes navařené destičky na konci svislých profilů. Výhodou je minimální počet dílů a spojovacích součástí, možnost na nosník upevnit madlo. Nevýhodou je nemožnost demontáže, tepelné namáhání od svařování, větší hmotnost, velikost nosníku, vlivem větší hmotnosti větší náklady na materiál.



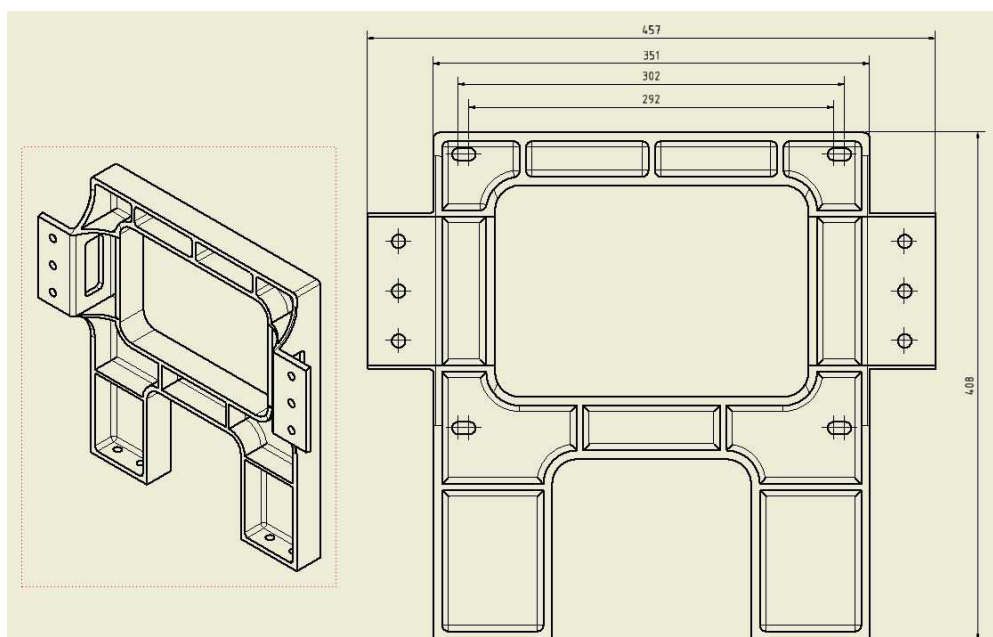
Obr. 23. Rozměry varianta č.2.



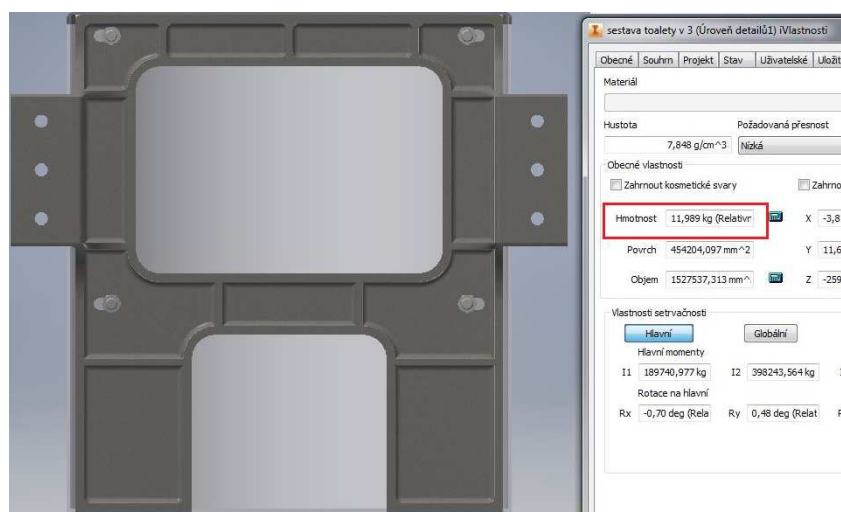
Obr. 24. Hmotnost varianty č.2.

3.4 Varianta č.3.

Varianta č. 3. se skládá z odlitku a svařovaných součástí. U této varianty je nosná konzole z jednoho kusu z nerezové oceli. Konzole má na stranách navařeny destičky s třemi děrami pro uchycení do nosné stěny buňky. Konzole stojí na nosné podlaze, do které je našroubovaná čtyřmi šrouby. Klopné síly zachycuje nosná stěna přes navařené destičky s šesti děrami. Výhodou je jednotná konstrukce s malými rozměry, jednoduché uchycení k nosné stěně a malá hmotnost. Nevýhodou je složitost odlitku a tepelné namáhání od svařování.



Obr. 25. Rozměry varianty č.3.



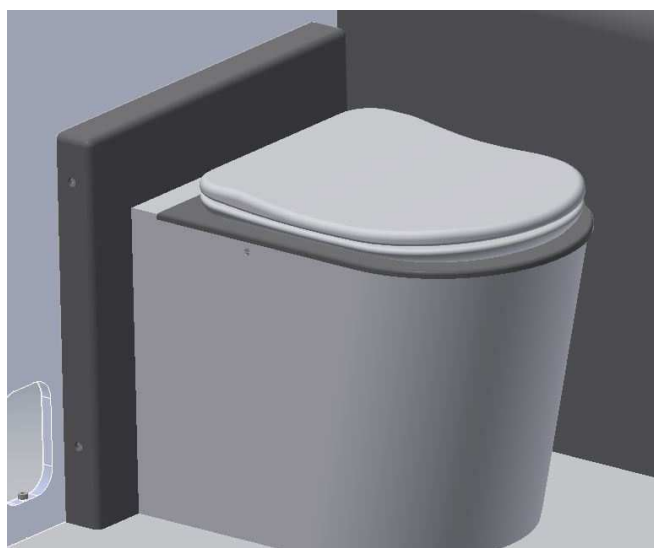
Obr. 26. Hmotnost varianty č.3.

3.5 Výsledné konstrukční řešení

Z vybraných variant je nejvhodnější **varianta č. 1**. Všechny součásti jsou normalizovány a není potřeba vytvářet složité odlitky, které by zvyšovaly náklady. Další výhodou je demontovatelnost v případě výměny toalety nebo poškození jejich částí. Materiál konstrukce je austenitická chrom-niklová nerezová ocel ČSN 17 240. [4]



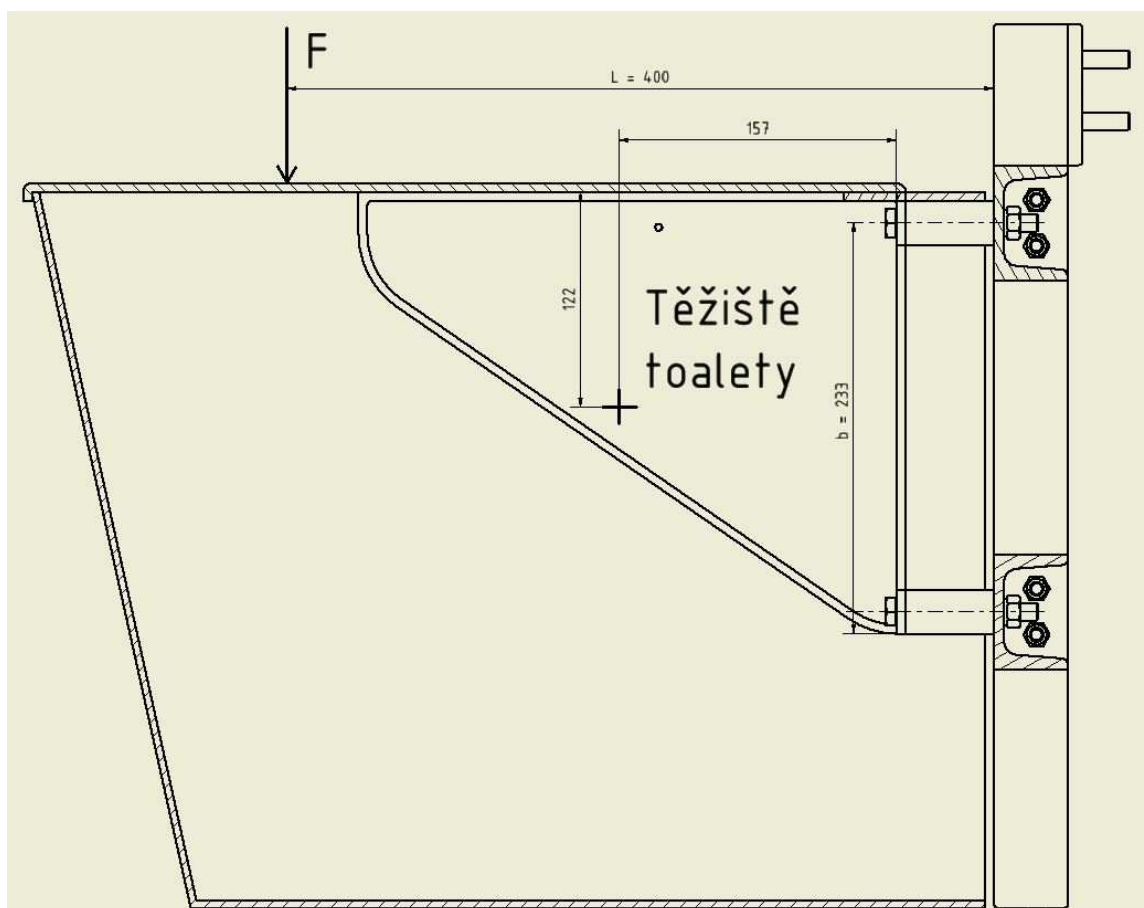
Obr. 27. Výsledná varianta.



Obr. 28. Vizualizace toalety.

4 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY.

Při návrhu konzole je potřeba provést pevnostní výpočty. Spojení toalety s nosnou konstrukcí bude provedeno šroubovým spojením. Bude proveden výpočet minimálního potřebného průměru šroubů a jeho bezpečnost proti zatížení. Společnosti Siemens byly poskytnuty údaje o poloze těžiště, kde působí vlastní váha toalety 18 [kg]. V našem případě budu počítat s váhou toalety 20 [kg]. Zatížení od sedící osoby bylo zvoleno ve vzdálenosti $L = 400$ [mm] od nosníku, tato vzdálenost by měla odpovídat těžišti sedící osoby. Pro zjednodušení výpočtu je zvoleno celkové zatížení od toalety a sedící osoby ve vzdálenosti L provozní silou F . Při návrhu šroubu bude síla F odpovídat zatížení 400 [kg] od sedící osoby a 20 [kg] od toalety. Zatížení 400 [kg] je zvoleno z důvodu nepředvídatelného zatížení od pohybu osob na toaletě.



Obr. 29. Zatížení toalety.

4.1 Návrh šroubů:

4.1.1 Výpočet zatěžujících sil

Provozní síla:

$$F = m \cdot g = 420 \cdot 9,81 = 4120,2 \text{ [N]} \quad (1)$$

kde: F Provozní síla [N]

m Celková hmotnost [kg]

g Tíhové zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]

Tahová síla:

$$F < F_T$$

$$k \cdot F = i \cdot F_N \cdot f$$

$$F_N = \frac{k \cdot F}{i \cdot f} = \frac{1,3 \cdot 4120,2}{4 \cdot 0,20} = 6\,695,33 \text{ [N]} \quad (2)$$

kde: F_T Třecí síla [N]

k Součinitel bezpečnosti proti prokluzu spojovaných částí [1]

F_N Normálová síla [N]

f Součinitel smykového tření [1]

i Počet šroubů [1]

Pro součinitel k platí $k \geq 1,3$ v našem případě volím 1,3. Součinitel smykového tření pro nemazaný šroub volím $f = 0,20$.

Přídavná tahová síla:

Síla působí momentem od naklonění spojované součástí kolem bodu b. Výpočet bude proveden pro šroub, který je nejbližší provozní síle F a je tedy zatížen největší silou klopení.

$$F_M \cdot b = F \cdot L$$

$$F_M = \frac{F \cdot L}{b} = \frac{4120,2 \cdot 0,4}{0,233} = 7\,073,3 \text{ [N]} \quad (3)$$

kde: F_M Přídavná tahová síla [N]

b vzdálenost klopného bodu [m]

L vzdálenost působení provozní síly [m]

Předejzatá síla:

$$F_o = F_N + F_M = 6\,695,33 + 7\,073,3 = 13\,768,63 \text{ [N]} \quad (4)$$

4.1.2 Volba závitového šroubu

Průměr šroubu určím z rovnice namáhání šroubu v tahu. Volím nerezový šroub s pevnosti šroubu 8.8 s $R_e = 640 \text{ [MPa]}$. Předběžný součinitel statické bezpečnosti k_s volím 2.

Dovolené napětí:

$$\sigma_{dovt} = \frac{R_e}{k_s}$$

$$\sigma_{dovt} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 10}{2} = 320 \text{ [MPa]} \quad (5)$$

kde: σ_{dovt} dovolené napětí v tahu [MPa]

R_e mez kluzu [MPa]

k_s součinitel statické bezpečnosti [1]

Průměr šroubu:

$$\sigma_t \leq \sigma_{dovt}$$

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}}$$

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{max}}{\pi \cdot \sigma_{dovt}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13\,768,3}{\pi \cdot 320}} = 7,40 \text{ [mm]} \quad (6)$$

kde: σ_t namáhání v tahu [MPa]

d_3 minimální průměr šroubu [mm]

Dle vypočteného minimálního průměru šroubu volím šroub M10x1,5

Tab. 3 Parametry metrického závitu šroubu M10x1,5 [6]:

| Význam | Označení | Velikost | Rozměr |
|--|----------|----------|--------|
| Velký průměr závitu – jmenovitá velikost | d | 10 | [mm] |
| Střední průměr závitu | d_2 | 9,026 | [mm] |
| Malý průměr závitu | d_3 | 8,16 | [mm] |
| Rozteč | P | 1,5 | [mm] |
| Stoupání | P_h | 1,5 | [mm] |
| Úhel profilu | α | 60 | [°] |

Úhel stoupání závitu:

$$\gamma = \arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{1,5}{\pi \cdot 9,026}\right) = 3,03 \text{ [rad]} \quad (7)$$

kde: γ úhel stoupání závitu [rad]

Úhel tření v závitu:

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f_z}{\cos\frac{\beta}{2}}\right) = \arctg\left(\frac{0,13}{\cos\frac{60}{2}}\right) = 8,53 \text{ [rad]} \quad (8)$$

kde: φ' úhel tření na závitu [rad]

f_z součinitel tření materiálu šroubu (0,10÷0,30) [1]

Součinitel f_z volím pro neupravený povrch 0,13

Namáhání v tahu:

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{13\,768,3}{\frac{\pi \cdot 8,16^2}{4}} = 263,27 \text{ [MPa]} \quad (9)$$

kde: σ_t namáhání v tahu [MPa]

Namáhání v krutu:

$$\tau = \frac{M_z}{W_z} = \frac{F_{max} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{13\,768,3 \cdot \frac{9,026}{2} \cdot \operatorname{tg}(3,03 + 8,53)}{\frac{\pi \cdot 8,16^3}{16}} = 119,21 \text{ [MPa]} \quad (10)$$

kde: τ namáhání v krutu [MPa]

M_z kroutící moment [Nm]

W_z modul průřezu v krutu [mm⁻³]

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{263,27^2 + 4 \cdot 119,21^2} = 355,195 \text{ [MPa]} \quad (11)$$

Pevnostní kontrola šroubu podle Gesta:

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{640}{355,195} = 1,80 \text{ [1]} \quad (12)$$

Součinitel statické bezpečnosti $k_s = 1,80 > 1,5$. Volím šroub M10x1,5 - 8.8 ČSN EN ISO 4762, materiál šroubu volím nerez A2.

Imbusové šrouby DIN 912 Nerez A2

- Výrobce: [Pematex](#)
- Kategorie: [Šrouby s válcovou hlavou](#)
- Dostupnost: ihned k odeslání
- Materiál: Nerez A2
- Povrch: Nerez A2
- ISO: [4762](#)
- ČSN: [021143](#)
- DIN: [912](#)
- Typ drážky: Imbus



Obr. 30. Imbusový nerezový šroub. [7]

4.1.3 Volba lícovaného šroubu

Lícované šrouby s tvarovým stykem se volí při přenosu velkých, dynamických provozních sil doprovázenými rázy. Z kontroly na stříh bude navržen průměr dříku šroubu.

Kontrola na stříh:

$$\tau_s \leq \tau_{Ds}$$

$$\frac{F_{max}}{\pi \cdot \left(\frac{d_s}{2}\right)^2} \leq \tau_{Ds}$$

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{max}}{\pi \cdot \tau_{Ds}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12\,188,93}{\pi \cdot 60}} = 16,08 \text{ [mm]} \quad (13)$$

kde: τ_s napětí ve střihu [MPa]

τ_{Ds} dovolené napětí ve střihu (50÷70), volím 60 [MPa]

d_s průměr dřívku lícovaného šroubu [mm]

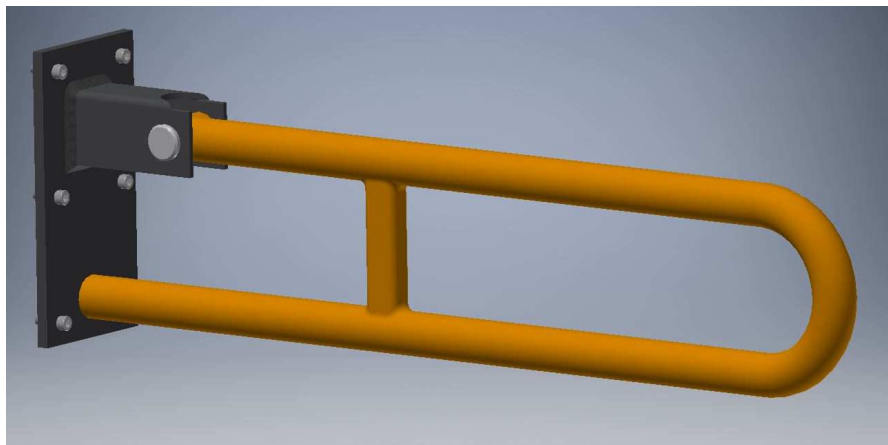
Vzhledem k velikosti průměru dřívku lícovaného šroubu je vhodnější zvolit závitový šroub s válcovou hlavou ČSN EN ISO 4762.

[5]

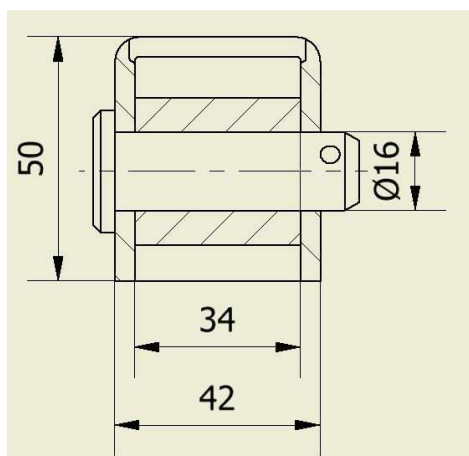
4.2 Návrh naklápěcího madla

Naklápěcí madlo slouží k přesunu osoby se sníženou pohyblivostí na toaletu. Návrh madla musí podléhat požadavkům uvedených v normě 16585-2. Průměr madla se pohybuje v rozmezí 30 ÷ 40 [mm] a musí kontrastovat s pozadím dle EN 16 584-1. Pro toaletní buňku byl proveden návrh madla s potřebnými výpočty. Madlo bude dále podrobena MKP analýze.

Návrh madla:



Obr. 31. Sklopné madlo.



Obr. 32. Rozměry pro výpočet čepu.

Síla od zatížení madla je vyvolána přesouvající se osobou, pro naše potřeby volím $F_c = 2\,000$ [N] tato síla odpovídá přibližnému zatížení 200 [kg]. Materiál čepu byl zvolen 11 373. Madlo je pomocí čepu spojeno s nosnou částí, která je se šroubovou nosnou deskou svařena. Bude proveden výpočet potřebné velikosti svaru.

Výpočet čepu ze stříhu:

$$\tau_s \leq \tau_{DS}$$

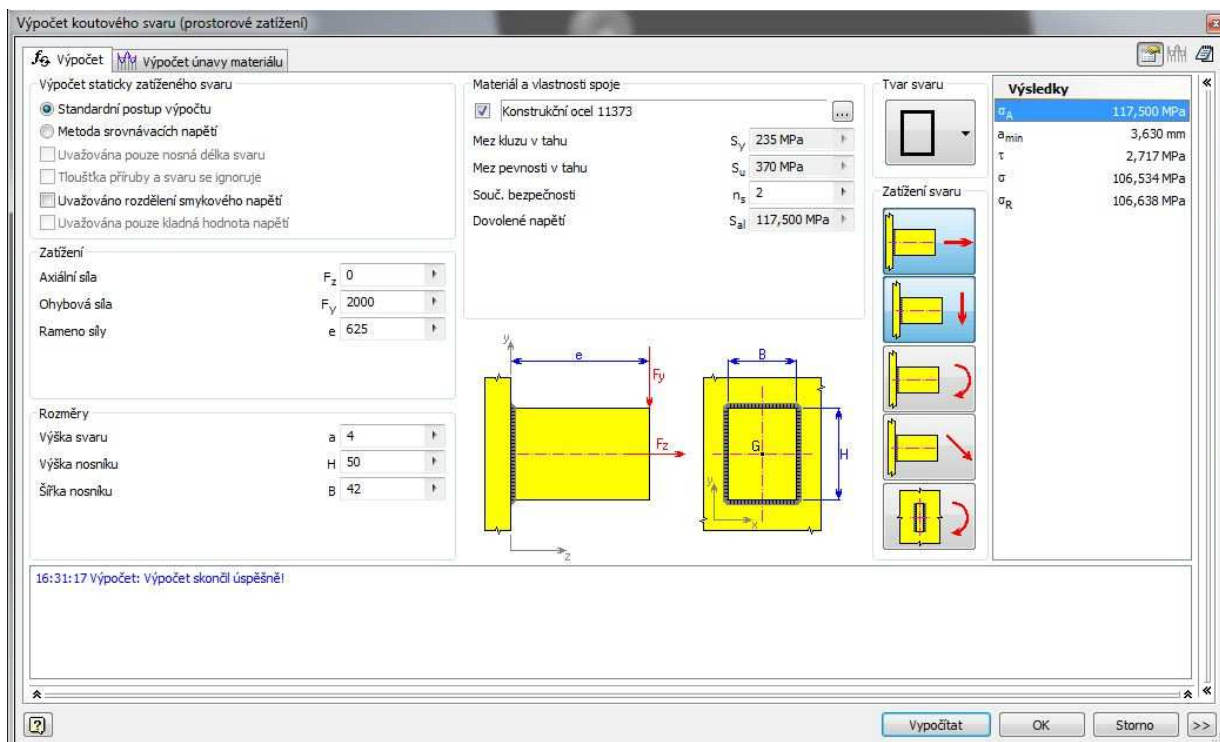
$$\tau_s = \frac{F_c}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{2000}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 16^2}{4}} = 4,97 \text{ [MPa]} \quad (14)$$

$$5 \leq 70$$

Zvolený čep 16 [mm] vyhovuje na stříh.

[5]

Výpočet svaru madla



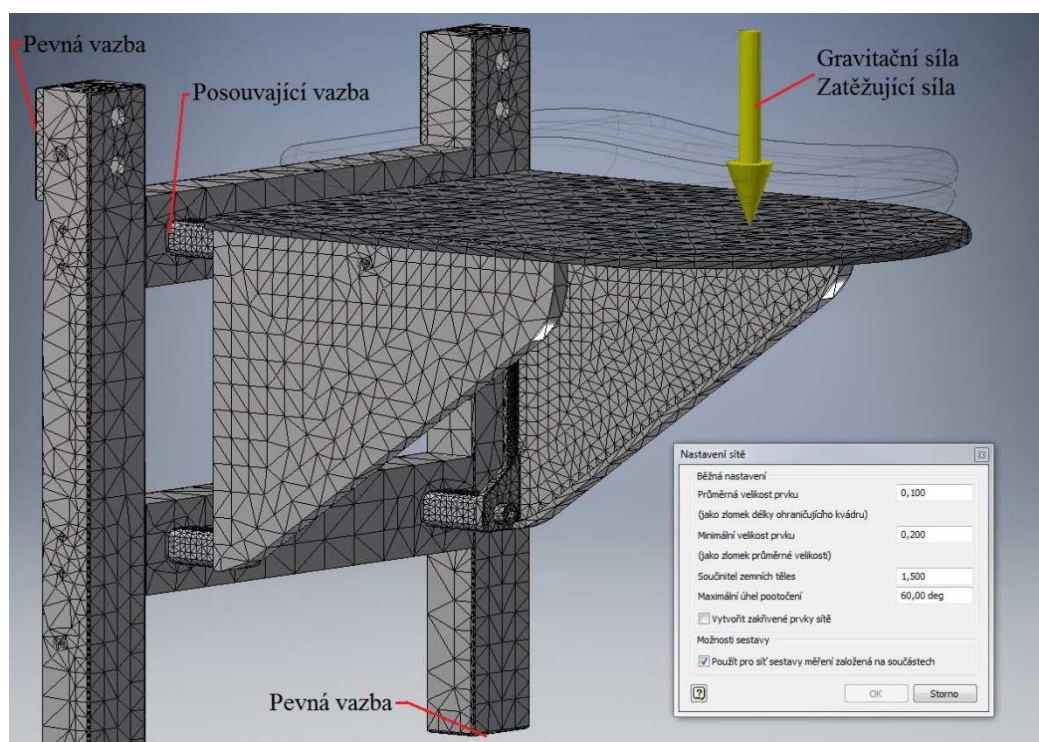
Obr. 33. Výpočet svaru madla.

Výpočet byl proveden v programu Autodesk Inventor 2016. Výsledná velikost svaru je průřezu $a = 4$ [mm] při bezpečnosti 2.

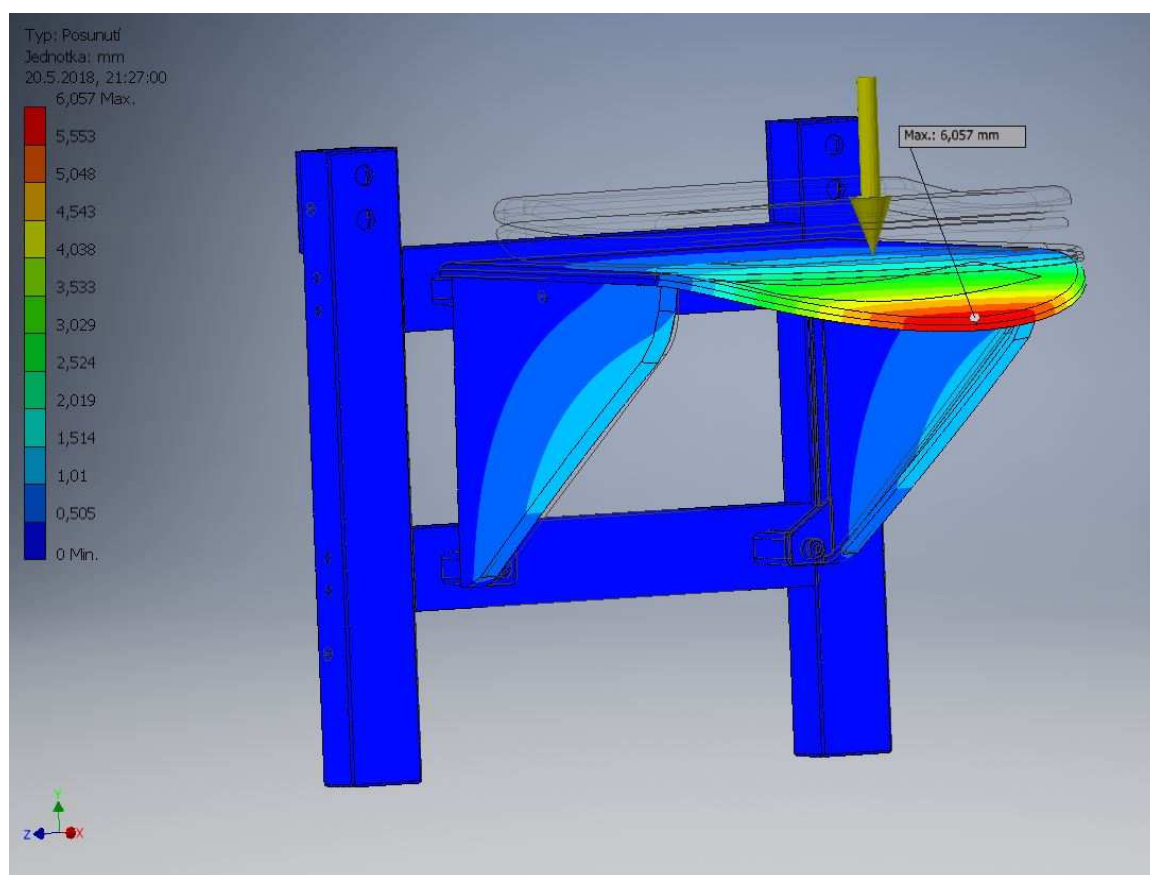
5 MKP ANALÝZA

Pomocí MKP analýzy byla provedena kontrola napětí a posunutí výsledné varianty. Nosná konstrukce toalety je spojena čtyřmi šrouby s rámem konzoly. Celková váha toalety a osoby je převedena na hmotnostní sílu o velikosti 4 200 [N] působící ve vzdálenosti 400 [mm] od nosníku. Gravitační síla je umístěna do stejného místa. Všechny vazby jsou vázané, kromě vazby pevné, která je umístěna v místě dotyku nosné konzoly s podlahou a v místě spojení s nosnou stěnou. Dále jsou zvoleny posouvající vazby bez oddělení na mezikusech nosníku a rámu toalety. Nastavení sítě je patrné na (Obr. 34.). Celá soustava je řešena při statickém namáhání.

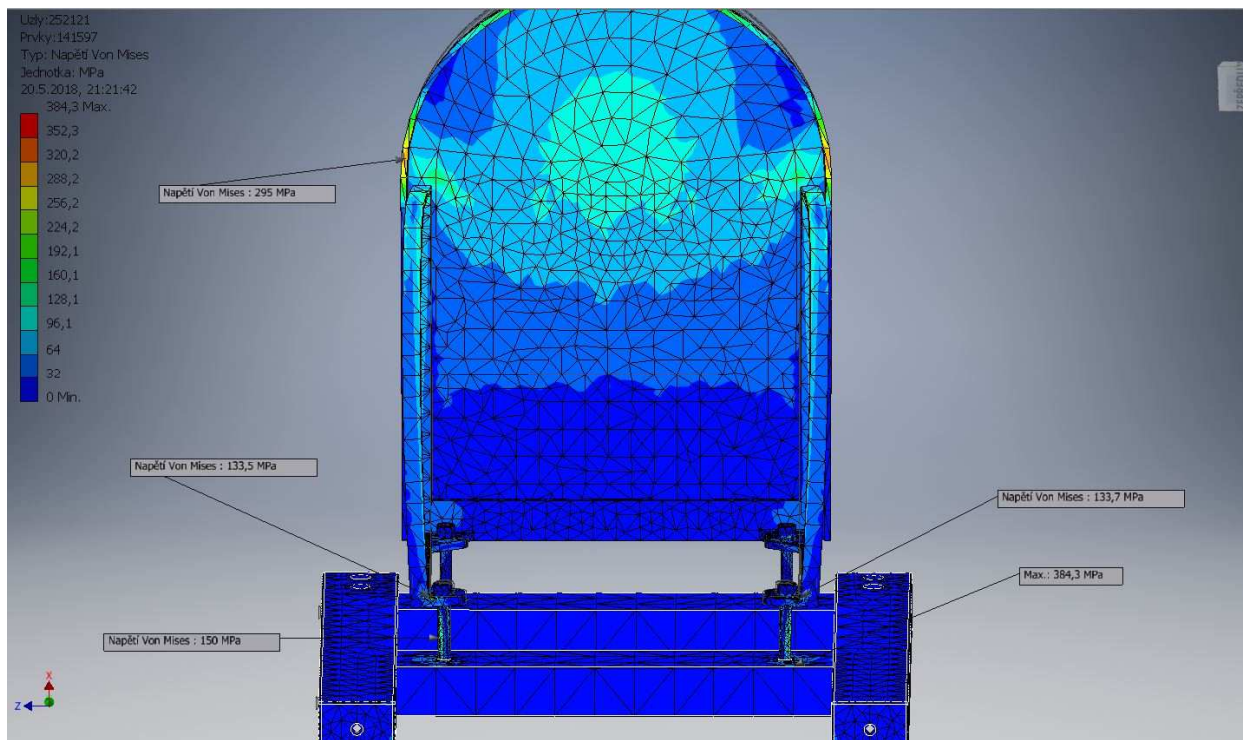
5.1 Závěsu toalety



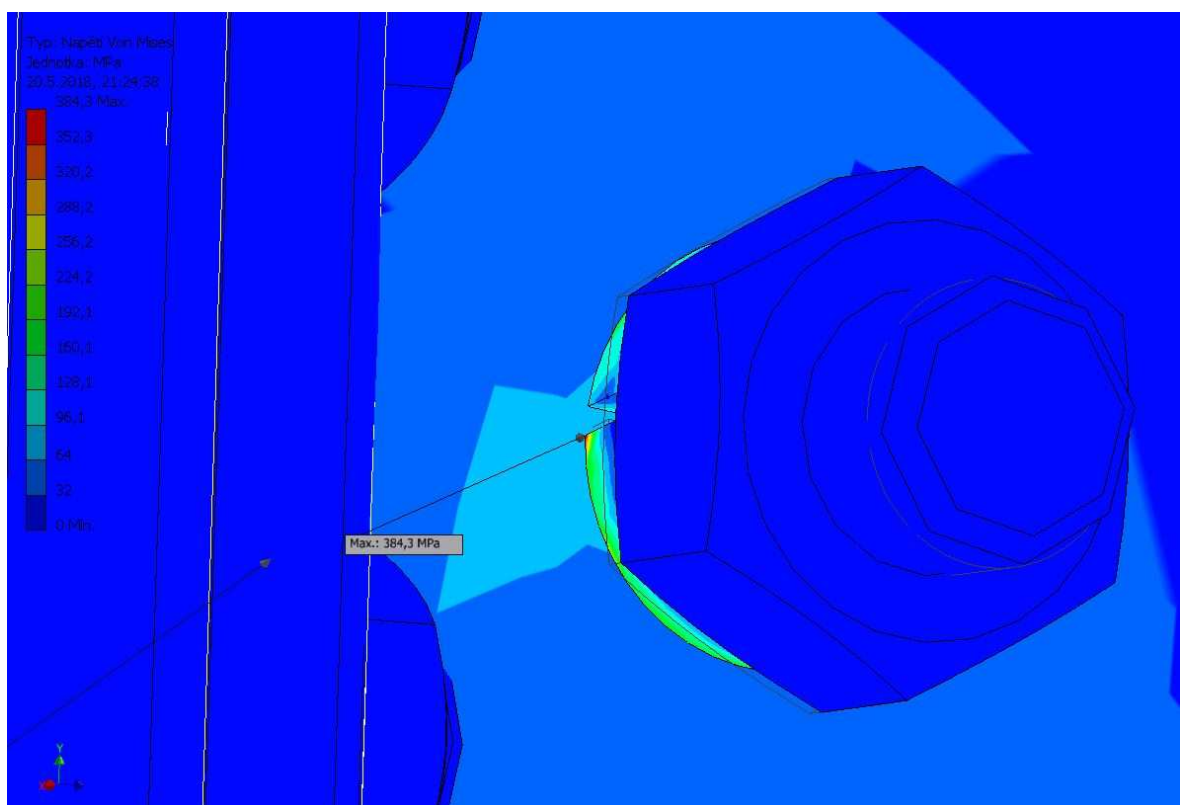
Obr. 34. Nastavení zatížení toalety.



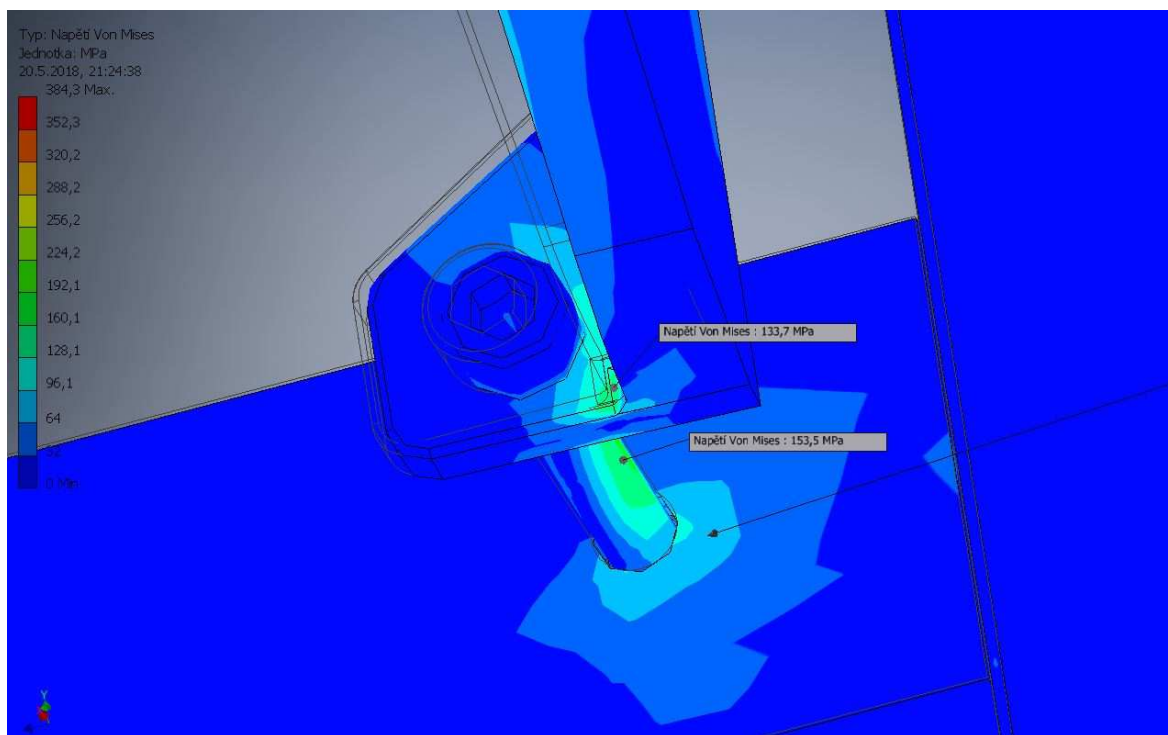
Obr. 35. Posunutí toalety.



Obr. 36. Napětí Von Misses - pohled zespodu.



Obr. 37. Napětí Von Misses - kritické místo.



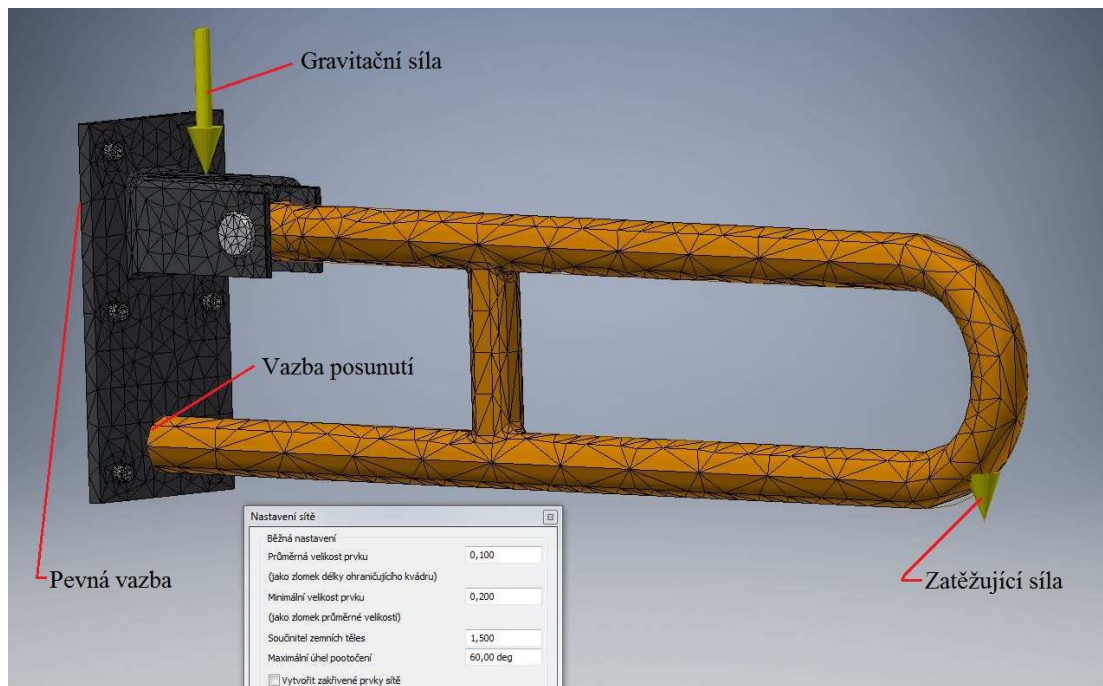
Obr. 38. Napětí Von Misses - napětí na šroubu.

Vyhodnocení výsledků:

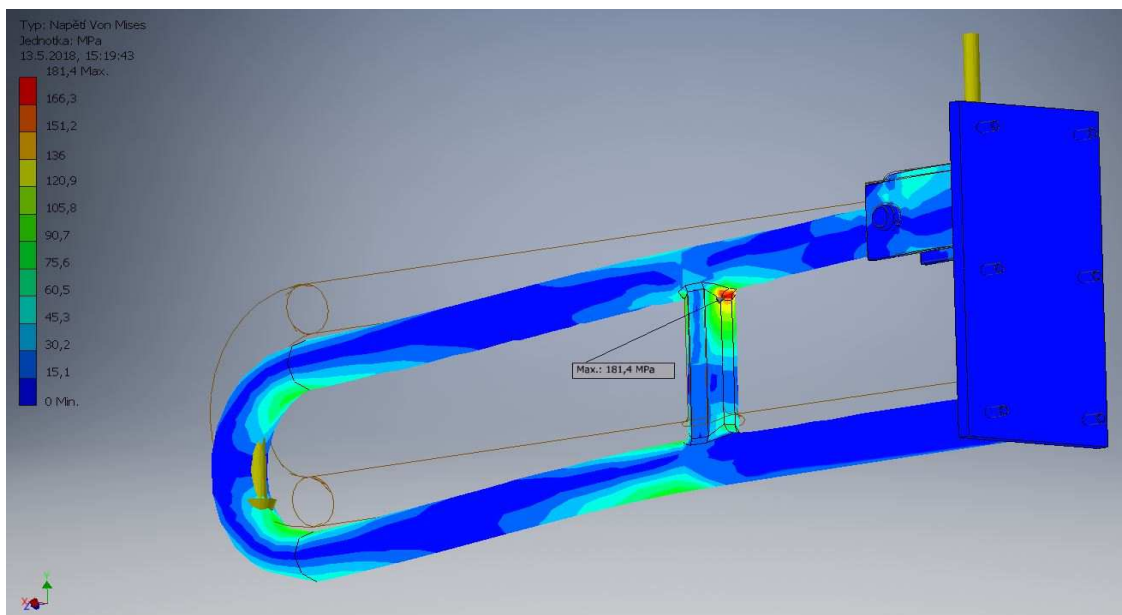
Maximální napětí působí na hraně pružné podložky. Velikost tohoto napětí 384,3 [MPa] vzhledem k místě působení je toto napětí vyhovující. Na šroubu je zjištěno napětí okolo 150 [MPa] tedy vyhovující. Deska toalety se vlivem síly posune o 6,057 [mm] ve směru působení síly, jelikož nejde o přesnou mísu toalety a celá deska je odlišně tvarovaná lze předpokládat, že posunutí nebude ve skutečnosti tak značné.

5.2 Madla

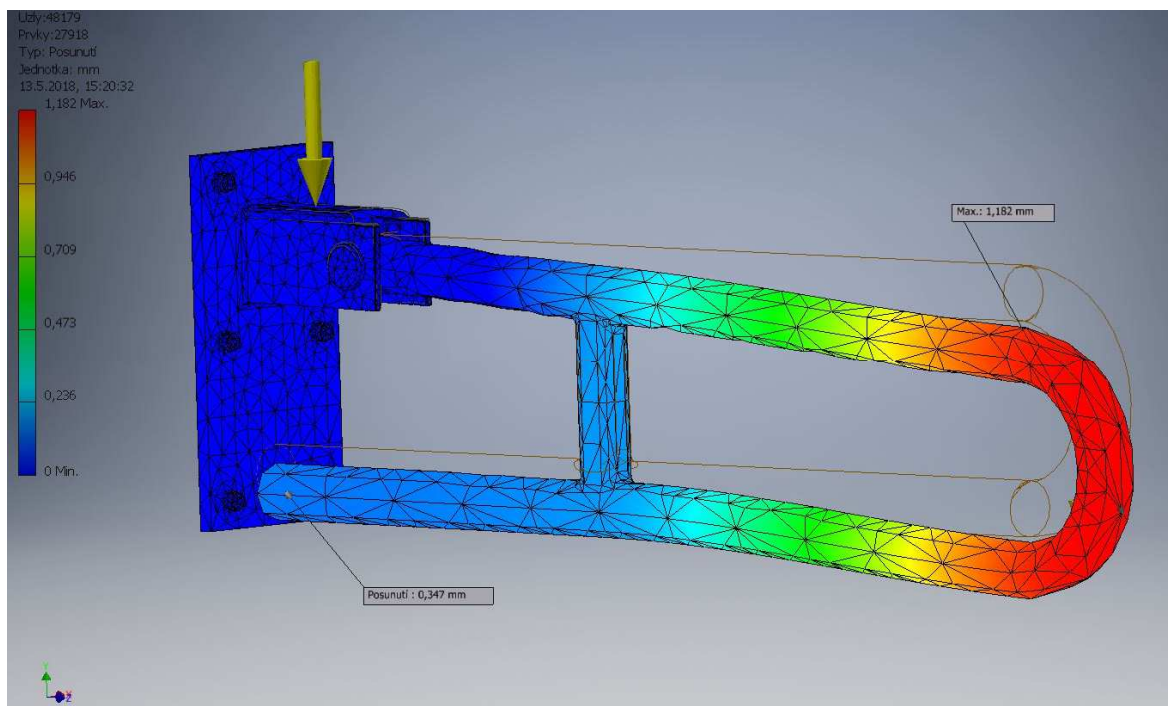
Pomocí MKP analýzy byla provedena kontrola madla na napětí. Pevná vazba je mezi nosnou stěnou a deskou madla. Vazba posunutí je umístěna mezi spodním koncem madla a opěrnou deskou. Ostatní vazby jsou vázané. Síla působí na konec madla silou 2000 [N]. Nastavení sítě je patrné z (Obr. 39.).



Obr. 39. Nastavení zatížení madla.



Obr. 40. Napětí Von Misses - zatížení madla.



Obr. 41. Posunutí madla.

Vyhodnocení výsledků:


Maximální napětí působí na zaoblení vnitřní výztuže madla. Velikost tohoto napětí 181,4 [MPa] nepřesahuje velikost dovoleného napětí v tahu daného materiálu, madlo tedy vyhovuje. Maximální posunutí je 1,182 [mm]. Posunutí dolní části madla po desce je 0,347 [mm].

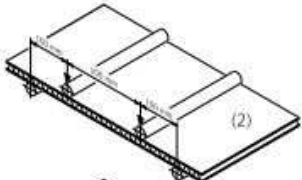
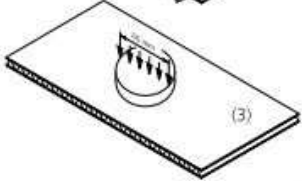
6 VLASTNÍ NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ WC BUŇKY

Při návrhu uspořádání WC buňky se vychází z požadavků normy 16 585-1. Bude proveden návrh buňky podle metody B. Při této metodě je pohyb vozíčkáře omezen a není umožněno plné otočení vozíku. Výhodou jsou menší rozměry buňky. Návrhem buňky bude volba podlahy a nosných zdí. Pro vizualizaci uspořádání byly provedeny návrhy částí, jako je odpadkový koš, držák toaletního papíru, umyvadla, zrcadla a krycích prvků. Součástí návrhu je způsob uchycení těchto částí k nosným zdím a vizualizace řešení. Návrh buňky je čistě individuální a existuje mnoho způsobu jak toaletu navrhnout. Při návrhu by se vycházelo z požadavků zákazníka a rozměrech vlakové soupravy. Vlastním výsledkem bude popis jednotlivých částí a sestavný výkres bude přiložen v příloze.

Materiál podlahy:

Materiál podlahy byl zvolen z hliníkových desek společnosti Metawell. Deska Metawell se skládá ze dvou desek, mezi nimiž je vlnité jádro. Toto uspořádání má vysokou pevnost při nízkých hmotnostech a pro volbu podlahy toalety je tento materiál vhodný. V našem případě se bude podlaha skládat ze dvou plechů každý o tloušťce 10 [mm]. Plechy se budou překrývat a vůči sobě budou osově otočeny o 90°.

| Metawell metal sandwich technology | |
|--|--|
| Data sheet | |
| <i>Rigid panel primered</i> | |
|  | |
| Panel type | Alu hl 10-03-05 hl / H10 |
| Top cover sheet | |
| Thickness of sheet | 1.0 mm (US: 0.039 in) |
| Surface | primered |
| Alloy / Condition | EN AW-5754 H48 |
| Proof stress $R_{p0.2}$ [N/mm ²] | ≥ 220 |
| Tensile stress R_m [N/mm ²] | ≥ 280 |
| Back cover sheet | |
| Thickness of sheet | 0.5 mm (US: 0.020 in) |
| Surface | primered |
| Alloy / Condition | EN AW-5182 H48 |
| Proof stress $R_{p0.2}$ [N/mm ²] | ≥ 300 |
| Tensile stress R_m [N/mm ²] | ≥ 330 |
| Dimensions | |
| Overall thickness [mm]* | 10.0 ± 0.2 (US: 0.394 in ± 0.008 in) |
| Standard width [mm]* | 1,500 -0/+6 ⁽⁴⁾ (US: 4.92 ft -0/+0.236 in) ⁽⁴⁾ |
| Standard length [mm]* | 3,000 -0/+6 (US: 9.84 ft -0/+0.236 in) |
| * other dimensions on request | |
| Mechanical and physical properties ⁽⁷⁾ | |
| Weight [kg/m ²] | 5.7 |
| Rigidity [Nmm ² /mm] ⁽²⁾ EI/b, longitudinal / transverse | 3.0 E+6 / 2.1 E+6 |
| Bending moment [Nmm/mm] ⁽²⁾ Limit of elasticity M_{el} , längs / quer Max. bending moment M_{max} , longitudinal / transverse | ≥ 1,550 / ≥ 850 ≥ 2,000 / ≥ 1,000 |
| Compressive strength [N/mm ²] ⁽³⁾ | ≥ 3.5 |
| Temperature stability ⁽⁸⁾ | -40 to 100 °C (US: -40 to 212 °F) |
| Approvals / Certificates | on request |

Alu hl 10-03-05 hl / H10

Obr. 42. Parametry podlahy Metawell. [8]

Materiál nosných stěn:

Materiál stěn volím hliníkové kompozitní panely ALUCORE. Deska ALUCORE se skládá ze dvou desek mezi nimiž je jádro tvořeno šestiúhelníky jako včelí plástev. Toto uspořádání má vysokou pevnost a zajišťuje nízkou hmotnost. Tloušťku stěny volím 15 [mm].



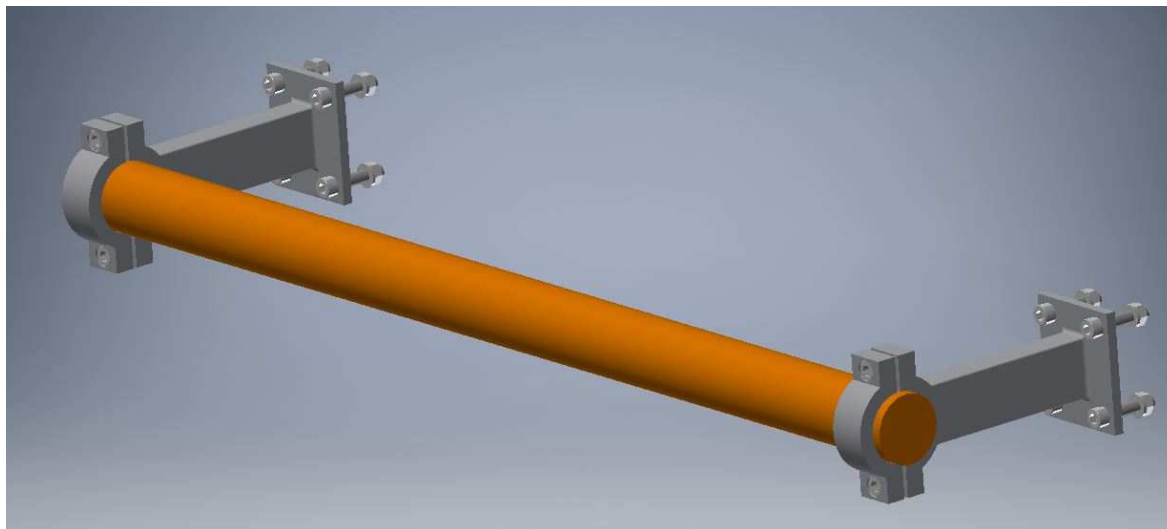
Obr. 43. Nosné stěny Alucore. [9]

| | Unit | ALUCORE® | | | | | ALUCORE® base | | |
|--|------------------|----------------|---|--------|---|---------|-------------------------------|---|--------|
| | | 6 | 10 | 15 | 20 | 25 | 9.5 | 14 | |
| Standard thickness [mm] | | | | | | | | | |
| Cover sheet thickness, front side | [mm] | | | 1.0 | | | 0.5 | | |
| Cover sheet thickness, rear side | [mm] | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.5 | | |
| Weight | [kg/m²] | 4.7 | 5.0 | 6.7 | 7.0 | 7.3 | 3.5 | 3.7 | |
| Technical properties | | | | | | | | | |
| Section modulus | W | [cm³/m] | 2.5 | 4.5 | 13.1 | 18.1 | 23.1 | 4.3 | 6.5 |
| Rigidity | EJ | [kNcm²/m] | 7 100 | 21 900 | 75 500 | 138 900 | 221 600 | 15 600 | 35 000 |
| Alloy of cover sheet (accord. to EN 485-2 / EN 1396:2007) | | | EN AW-5005A (AlMg1) H22/H42 | | EN AW-5005A (AlMg1) H28/H48 (H22 / H42) | | EN AW 5005A (AlMg1) H22 / H42 | | |
| Modulus of elasticity | E | [N/mm²] | 70 000 | | | 70 000 | | | |
| Tensile strength of cover sheets | R _m | [N/mm²] | ≥ 125 | | ≥ 185 (125) | | ≥ 125 | | |
| 0.2% Proof stress | R _{0.2} | [N/mm²] | ≥ 80 | | ≥ 160 (80) | | ≥ 80 | | |
| Elongation | A ₅₀ | [%] | ≥ 5 | | ≥ 2 (5) | | ≥ 5 | | |
| Linear thermal expansion | α | | 2.4 mm/m at 100° C temperature difference | | | | | 2.4 mm/m at 100° C temperature difference | |
| Core | | | | | | | | | |
| Bare compressive strength | | [N/mm²] | approx. 2.5 | | | | | approx. 1.5 | |
| Cell size | | [inch] [mm] | 3/8 (9.5) | | | | | 1/2 (12.7) | |
| Surface | | | | | | | | | |
| Lacquering | | | both sides polyester platinum white or fluoropolymer lacquer (e.g. PVDF), one or both sides | | | | | both sides mill finish | |
| Brilliance (standard) | | [%] | 25-40 | | | | | | |
| Hardness (pencil hardness) | | | HB-F | | | | | | |
| Acoustical properties | | | | | | | | | |
| Sound absorption factor | α _s | | 0.05 | | | | | 0.05 | |
| Air-borne sound insulation index (accord. to ISO 717-1, ISO 140-3) | R _w | [dB] | 21 | 21 | 22 | 23 | 25 | approx. 20 | |
| Thermal properties | | | | | | | | | |
| Thermal conductivity (depends on total panel thickness incl. cover sheets) | λ | [W/mK] | 0.95 | 1.35 | 1.78 | 2.25 | 2.70 | 1.01 | 1.30 |
| Thermal resistance | R | [m²K/W] | 0.0063 | 0.0074 | 0.0084 | 0.0089 | 0.0093 | 0.0094 | 0.0107 |
| Heat transition coefficient | U | [W/m²K] | 5.67 | 5.64 | 5.61 | 5.59 | 5.58 | | |
| Temperature resistance | | [°C] | -40 to +80 | | | | | -40 to +80 | |

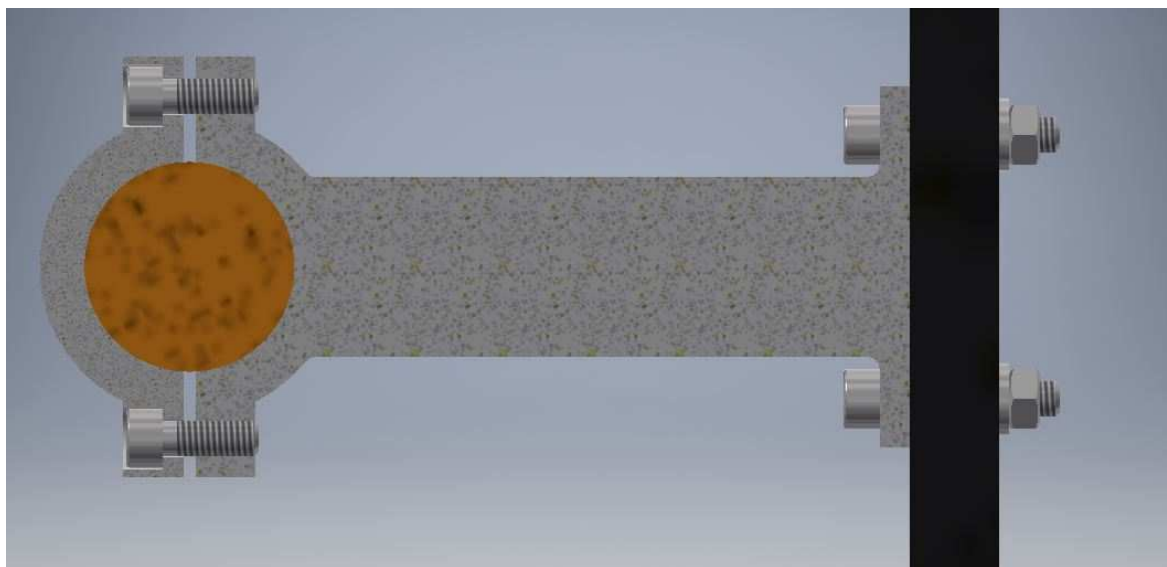
Obr. 44. Parametry stěny Alucore. [9]

Uchycení pevného madla:

Pevné madlo je uchyceno svěrným spojením šrouby M6x16 ČSN EN ISO 4762. K nosné stěně je přichyceno přes nosník celkem 8 šrouby M6x30 ČSN EN ISO 4762 s podložkou 6 ISO 7089 a maticí M6 ISO 4032.



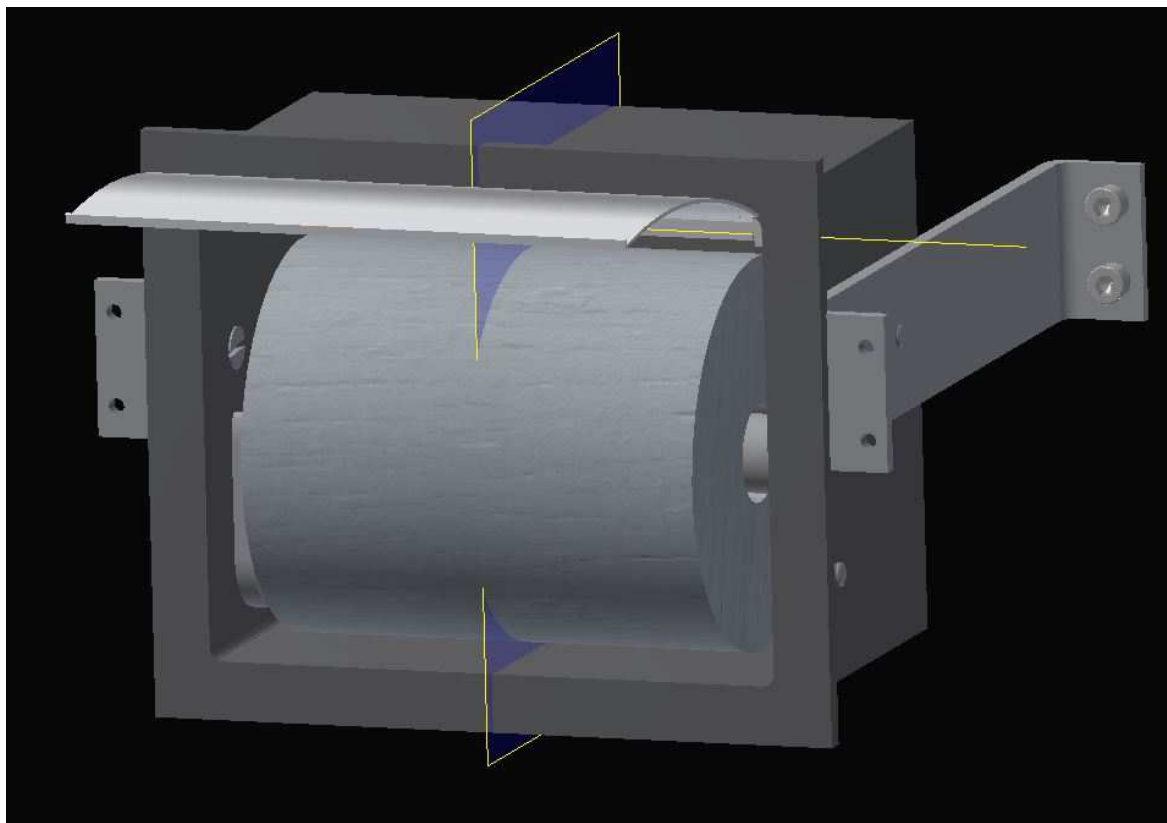
Obr. 44. Pevné madlo.



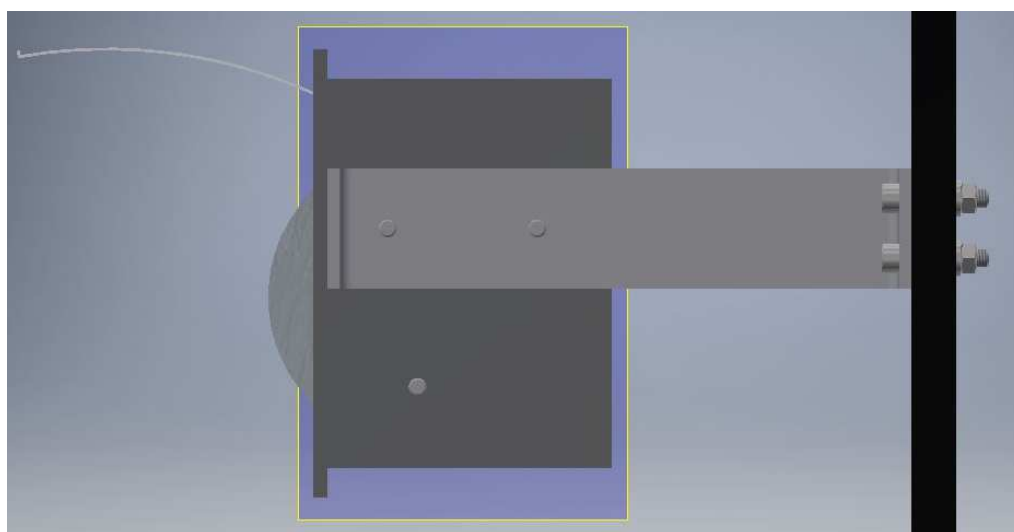
Obr. 45. Uchycení pevného madla.

Návrh držáku toaletního papíru:

Jedná se o box z tenkého hliníku s dvěma nosnými profily na stranách. K těmto profilům je přišroubován pomocí 4 šroubů M6x10 ČSN 02 1151. Profily jsou ke zdi přišroubovány šrouby M6x30 ČSN EN ISO 4762 z druhé strany je podložka 6 ISO 7089 a matice M6 ISO 4032. Profily disponují čtyřmi děrami pro uchycení krycího krytu.



Obr. 46. Držák toaletního papíru.



Obr. 47. Uchycení držáku toaletního papíru.

Návrh koše:

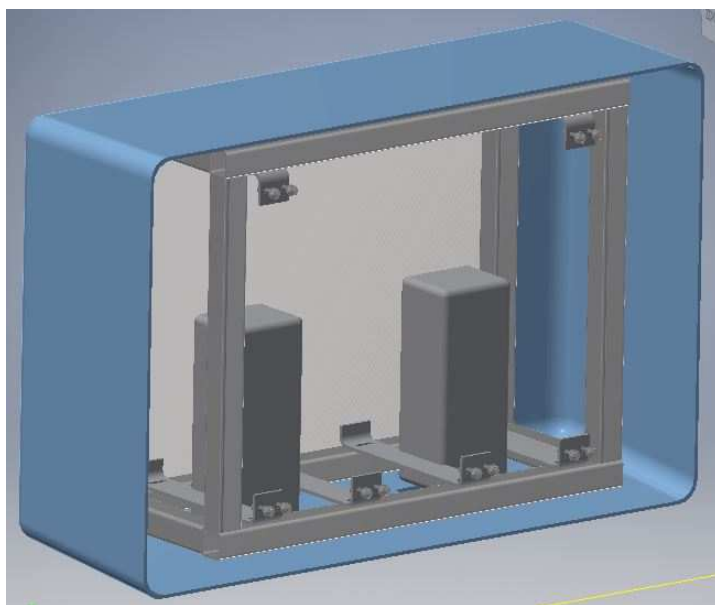
Hliníkový koš je přichycen k nosným profilům 10 šrouby M6x12 ČSN 02 1151. Naklápění koše je kolem dvou válečků přišroubovaných do profilu dvěma šrouby M6x22 ČSN 02 1151. Pro zabránění vyklopení koše je koš veden v drážce. Profily drží 8 šroubu M6x30 ČSN EN ISO 4762 a na opačném konci disponují dírami pro uchycení krycího krytu.



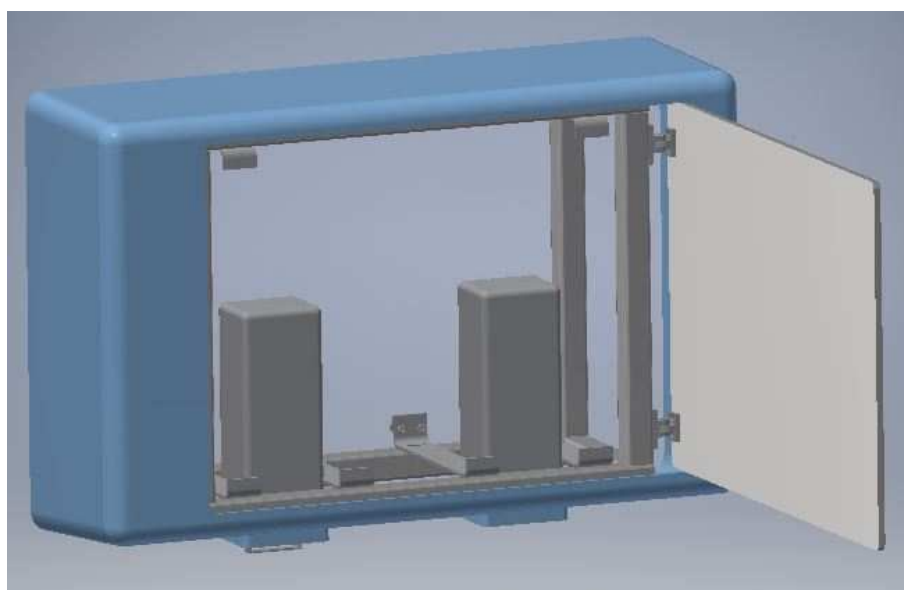
Obr. 48. Koš na odpadky.

Návrh zrcadla:

Nosný systém zrcadla, vysoušeče rukou a dávkovače mýdla se skládá ze svařovaných čtvercových profilů. Svařovaná konstrukce drží na šesti profilech přišroubovaných k nosné zdi. Zrcadlo lze použít i jako úložiště toaletního papíru, čistících prostředků apod. Profily drží na 12 šroubech M8x30 ČSN EN ISO 4762 opatřeny podložkami 8 ČSN EN ISO 7089 a maticemi M8 ČSN EN ISO 4032. Celou konstrukcí kryje vytvrzený plastový kryt PVC. Přední část tvoří zrcadlo, které je s konstrukcí spojeno pantem díky čemuž je vyklápěcí.



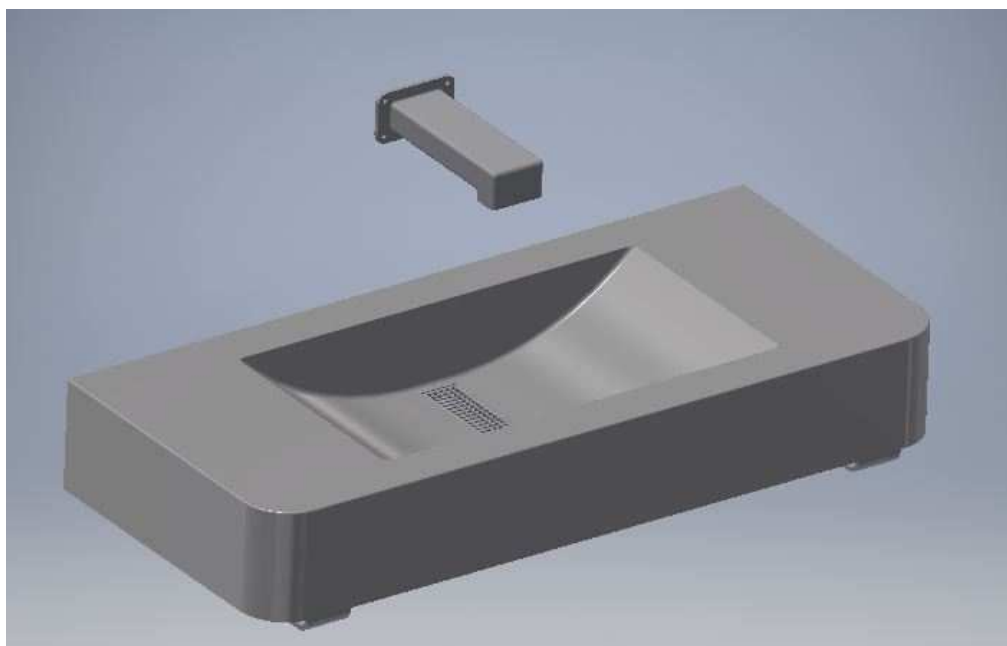
Obr. 49. Konstrukce zrcadla.



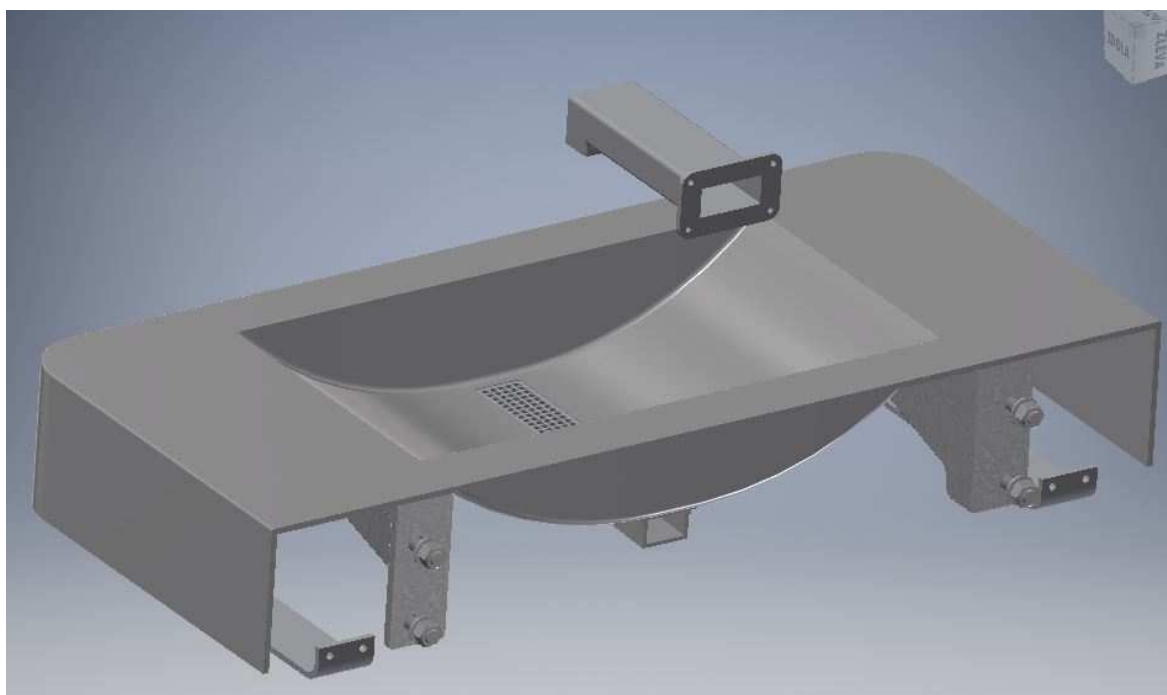
Obr. 50. Vizualizace zrcadla.

Návrh umyvadla:

Návrh umyvadla náleží požadavkům zákazníka a pro naše účely byl vymodelován přibližný návrh. Jako materiál umyvadla byla zvolena nerezová ocel. Váhu umyvadla a zatížení zachycují dva nosné profily. Tyto profily jsou k nosné stěně uchyceny 4 šrouby M12x40 ČSN EN ISO 4762 s podložkami 12 ČSN EN ISO 7089 a maticemi M12 ČSN EN ISO 4032.



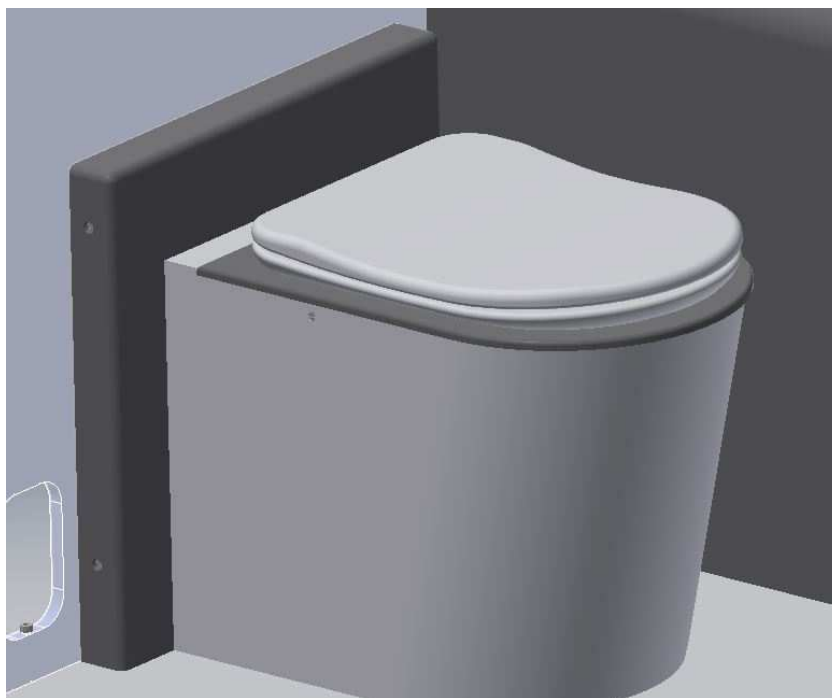
Obr. 51. Návrh umyvadla.



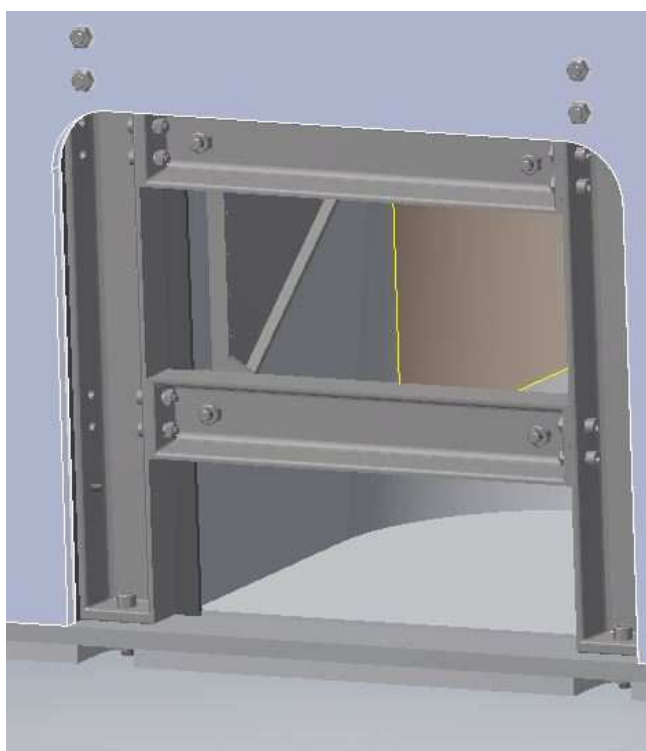
Obr. 52. Uchycení umyvadla.

Toaleta s nosníkem:

Vzhledem k nedostupnosti modelu toalety od výrobce je znázorněn model vlastního návrhu. Vnější rozměry odpovídají rozměrům udávajícím výrobce.



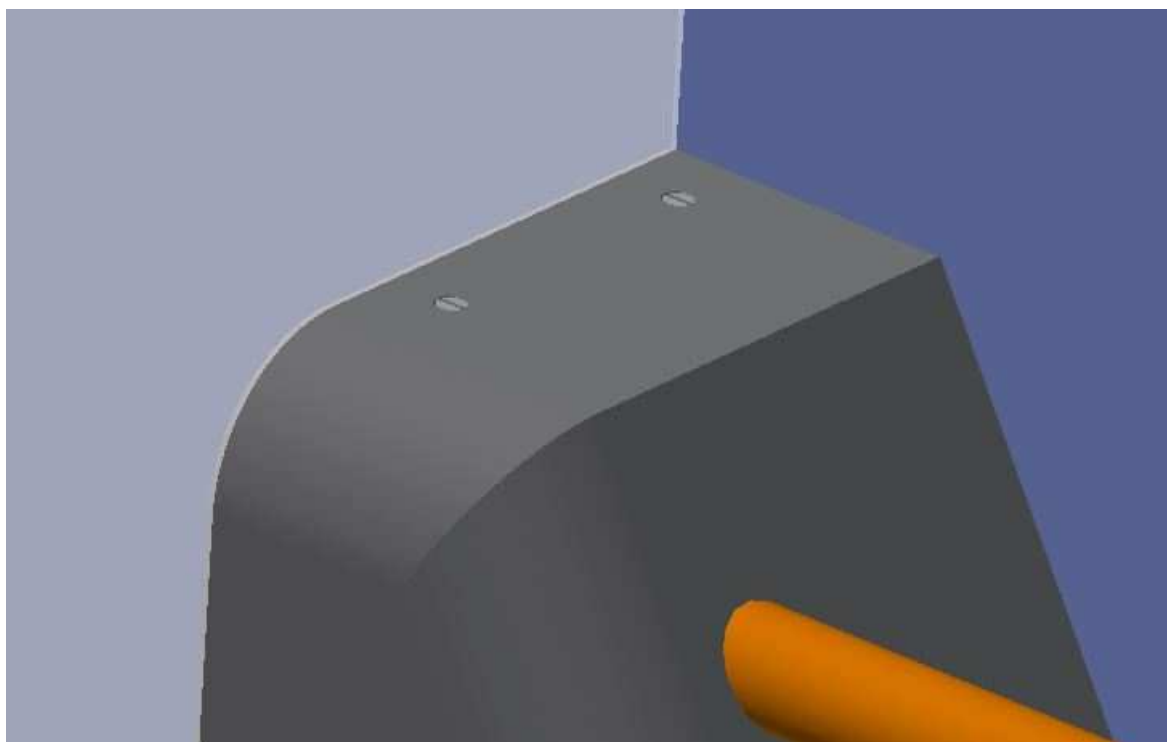
Obr. 53. Vizualizace sestavy toalety.



Obr. 54. Uchycení toalety s nosníkem.

Přípevnění krytů:

Kryty jsou z vytvrzeného plastu PVC. Tato práce neřeší veškeré upevnění krytů. Pro názornost je uveden způsob upevnění krytů. Kryty jsou přišroubovány do klecových maticí, které drží v nosných profilech. Šrouby jsou zvoleny zápusťné. Do hlav šroubů mohou být připevněny krytky, které zabraňují odšroubování šroubků a zároveň zlepšují estetický vzhled.



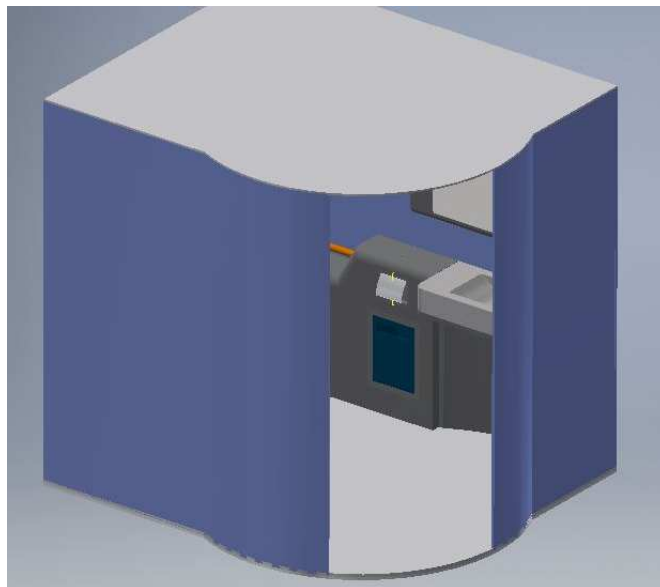
Obr. 55. Vizualizace šroubu v krytu.



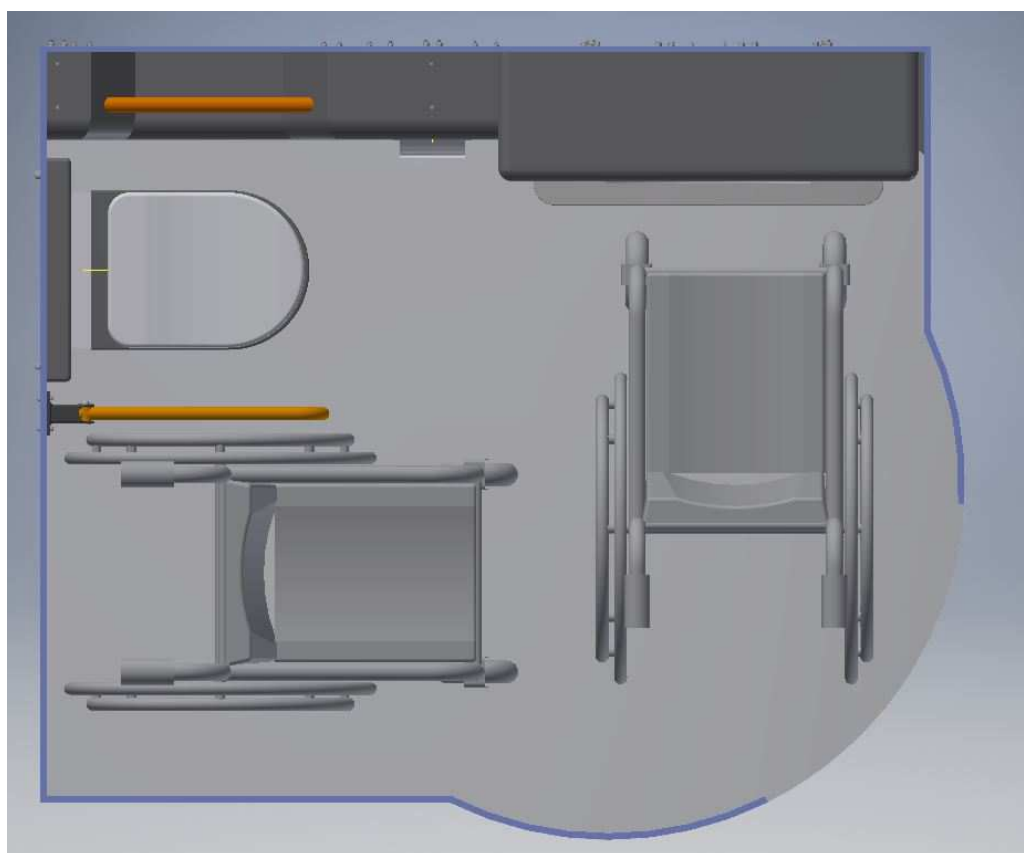
Obr. 56. Přišroubování krytu k profilu pomocí klecové matice.

6.1 Uspořádání buňky

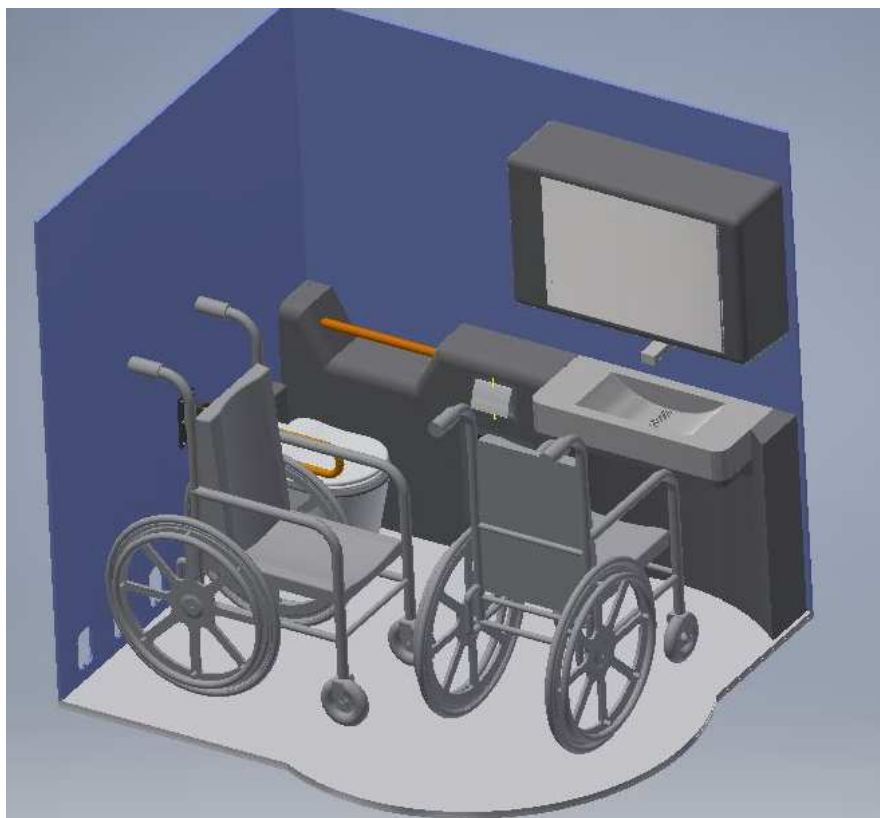
V této kapitole je znázorněná vizualizace celkové buňky. Na obrázcích je znázorněno uspořádání WC buňky s vizualizací místa pro vozík.



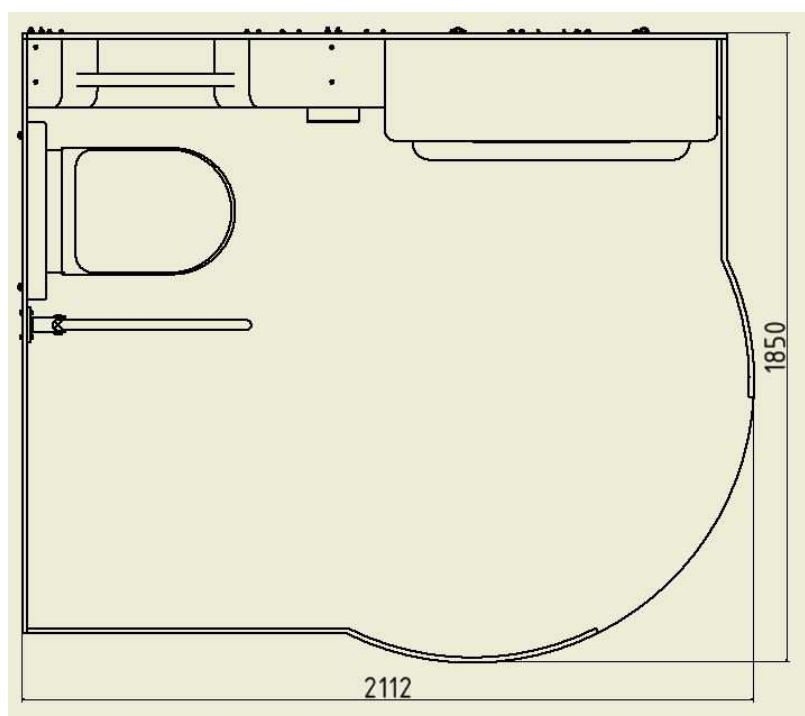
Obr. 57. Vizualizace buňky.



Obr. 58. Uspořádání buňky- pohled shora s invalidním vozíkem.



Obr. 59. Vizualizace buňky s rozmístěním invalidního vozíku.



Obr. 60. Rozměry buňky.

ZÁVĚR

Tato práce se zabývá problematikou řešení návrhu vakuového toaletního systému pro kolejová vozidla. Teoretická část se věnuje rešeršnímu zpracování výrobců vakuových toalet, ze kterých byla vybrána vakuová toaleta Evac - Compact. Pro tuto toaletu byl variantně navržen nosný systém pomocí morfologické matice. Byly navrženy varianty nosných systému s popsáním jejich výhod a nevýhod. Jako nejvhodnější byla vybrána varianta č.1. pro její jednoduchost konstrukce, nízkou hmotnost a možnost demontáže.

Pro upevnění toalety do nosníku byl vypočten potřebný minimální průměr šroubu, který byl zvolen M10x1,5 s délkou 80 [mm]. Materiál šroubu je zvolen nerez A2. Dále bylo navrženo naklápěcí madlo s výpočtem na zatížení nosného čepu na stříh a výpočet svaru. Pro nosník a madlo byla provedena MKP analýza s vyznačením kritických míst, maximálního napětí a posunutí od zatížení.

Dále je navrženo uspořádání WC buňky dle normy 16 585-1, pomocí metody B tzv. pro omezeny pohyb vozíčkáře na toaletě. Metoda B je zvolena z důvodu zmenšení rozměru buňky a tím úspory místa ve vlakové soupravě. Dle zjištěných poznatků bylo navrženo uspořádání a upevnění jednotlivých částí WC buňky do nosných zdí. Výsledné vnitřní rozměry buňky jsou 2112x1850 [mm]. Celková dosavadní hmotnost buňky je 1078,26 [kg], což představuje poměrně vysokou hmotnost. Hlavní část této vysoké hmotnosti v modelu způsobuje zjednodušení profilu stěn a podlahy plnou tloušťkou profilu. Pro určení reálné hmotnosti je třeba zjistit hustotu materiálu, nebo vymodelovat přesný profil. Výsledkem práce jsou sestavné výkresy nosníku, madla, a uspořádání WC buňky.

Tato práce se nezabývá návrhem dveřního systému a přebalovacího pultu. Tato skutečnost umožňuje dalším konstruktérům možnost vypracování jejich prací a pokračování v návrhu a inovaci toaletních buněk.

Seznam příloh

1. Výkres sestavy : Sestava toalety, číslo sestavy HRU0107-01-01
2. Výkres sestavy : Sestava madla, číslo sestavy HRU0107-01-02
3. Výkres sestavy : Sestava buňky, číslo sestavy HRU0107-01-03

Použité zdroje a literatura

- [1] EVAC TRAIN: *Vakuové toaletní systémy* [online]. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <<https://www.evac-train.com/products/vacuum-toilet-systems/evac-compact/>>
- [2] DOWALDWERKE: *Vakuové toalety* [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <<http://dowaldwerke.griessbach.de/wp-content/uploads/2016/09/Dowaldwerke-systems-for-rail-vehicles.pdf>>
- [3] ČSN EN 16 585-1. *Železniční aplikace - Konstrukční úpravy pro osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace - Vybavení a komponenty v kolejových vozidlech - Část 1. Toalety*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018. 40s.
- [4] PRONTON: *Nerezové oceli* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <<http://www.pronton.cz/nerez.html>>
- [5] NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: spoje*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1782-8.
- [6] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.
- [7] PEMATEX: *Imbusové šrouby* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <<https://www.pematex.cz/spojovací-material/srouby/srouby-s-valcovou-hlavou/din-912-nerez-a2>>
- [8] METAWELL: *Hliníkové panely* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <<https://www.metawell.com/en/content/light-weight-panels-aluminium-sandwich-panel-metawell/>>
- [9] ALUCORE: *Hliníkové profily* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <<https://www.transport-industry.com/alucore.html>>

Software:

Autodesk Inventor Professional 2016

Microsoft Excel 2007