

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T040 Konstrukce zdravotnické techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukční návrh multifunkčního invalidního vozíku

Autor: **Bc. Kateřina CACHOVÁ**
Vedoucí práce: **Doc.Ing. Josef FORMÁNEK, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina CACHOVÁ**

Osobní číslo: **S15N0079P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Konstrukce zdravotnické techniky**

Název tématu: **Konstrukční návrh multifunkčního invalidního vozíku**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Cílem diplomové práce je vytvořit konstrukční návrh invalidního vozíku pro multifunkční využitelnost v celodenních aktivitách vozíčkáře. Dále provést specifikaci požadavků s ohledem na správnou funkčnost, bezpečnost a technickou jednoduchost navrhovaného vozíku. U výsledného navrženého konstrukčního řešení tohoto inv. vozíku provést komplexní hodnocení mechanických vlastností.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematické specifikace požadavků.
2. Vypracování rozboru technických parametrů.
3. Vypracování konstrukčního řešení.
4. Zhodnocení navržené koncepce řešení.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

REKTOR, I. A kol. *Centrální poruchy hybnosti v praxi.* Triton, Praha, 2003

KOLEKTIV AUTORŮ. *Pohybový systém a zátěž.* Praha: Grada Publishing, 1997

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

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

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant diplomové práce: **Ing. Martin Gorschenek**

Strkan, s.r.o., Plzeň

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **2. června 2017**

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2016

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Doc.Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

Velké poděkování patří také zaměstnancům katedry materiálů a strojírenské metalurgie, kteří mi poskytli odborné rady v oblasti materiálů. Poděkování patří také lidem z externích firem, kteří mi pomohli s návrhem cen pro ekonomické hodnocení

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Cachová	Jméno Kateřina	
STUDIJNÍ OBOR	2302T040 „Konstrukce zdravotnické techniky“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc.Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh multifunkčního invalidního vozíku		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2017
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	85	TEXTVÁ ČÁST	81	GRAFICKÁ ČÁST	4
---------------	----	--------------------	----	--------------------------	---

<p>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tato diplomová práce se zaměřuje na problematiku invalidních vozíků. Obsahuje rešerši historie a současného stavu. Hlavní kapitolou je návrh univerzálního invalidního vozíku pro použití po celý den. Dále jsou provedeny výpočty pomocí MKP, technické hodnocení a ekonomické hodnocení navrženého invalidního vozíku.</p>
<p>KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Invalidní vozík, osoby s omezenou možností pohybu, univerzální invalidní vozík, hliníková slitina</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Cachová	Name Kateřina	
FIELD OF STUDY	2302T040 “Design of medical equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc.Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Engineering design of multifunctional wheelchair		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	85	TEXT PART	81	GRAPHICAL PART	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis is focused on the issue of the wheelchairs. This diploma thesis presents a search of a history and current state of wheelchairs. The design of the universal wheelchair, which can be used throughout the day is described in the main chapter of this thesis. There are also described the FEM analysis, technical assessments and likewise the economic assessments if the designed wheelchair.
KEY WORDS	wheelchair, handicapped people, universal wheelchair, aluminium alloy

Obsah

1.	Úvod	14
1.1	Cíle diplomové práce	15
1.2	Rozdělení vozíčkářů	15
1.2.1	Paraparéza.....	17
1.2.2	Paraplegie	17
1.2.3	Kvadruplegie.....	17
1.2.4	Kvadruparéza	17
2.	Historie invalidních vozíků.....	18
2.1	Počátky vzniku invalidního vozíku	18
3.	Analýza současného stavu	21
3.1	Mechanické invalidní vozíky	21
3.1.1	Standardní invalidní vozík.....	21
3.1.2	Přepavní vozík	21
3.1.3	Toaletní vozík	22
3.1.4	Odlehčený invalidní vozík.....	22
3.2	Elektrické invalidní vozíky	23
3.3	Moderní trendy v konstrukci.....	24
3.3.1	Aktivní invalidní vozík.....	24
3.4	Moderní trendy v příslušenství.....	27
3.4.1	Přídavný adaptér	27
3.5	Moderní trendy v materiálech	28
3.5.1	Ocelové invalidní vozíky.....	29
3.5.2	Hliníkové invalidní vozíky	31
3.5.3	Uhlíkové vlákno a invalidní vozíky z titanu.....	39
3.5.4	Ochrana povrchu	41

4.	Návrh vlastního řešení.....	44
4.1	Požadavky na invalidní vozík.....	46
4.2	Konstrukční řešení jednotlivých částí.....	46
4.2.1	Rám	46
4.2.2	Sedák	48
4.2.3	Podnožky	50
4.2.4	Zádová opěrka.....	52
4.2.5	Návrh orgánové struktury technického systému.....	53
4.3	Výběr materiálů jednotlivých částí.....	56
4.3.1	Materiál rámu.....	56
4.3.2	Materiál sedáku a zádové opěrky.....	56
4.3.3	Materiál podnožek.....	57
4.4	Výpočty.....	57
4.5	FEM analýza.....	61
4.6	Výsledný model.....	69
5.	Technické hodnocení.....	74
6.	Ekonomické hodnocení	75
7.	Závěr.....	77

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Umístění míchy mezi obratli [4].....	16
Obrázek 2 - Vliv místa poškození míchy na následné ochrnutí.....	16
Obrázek 3 - Řecké křeslo [5].....	18
Obrázek 4 - Dětské lůžko [6].....	18
Obrázek 5 - "Invalidní židle" [5]	19
Obrázek 6 - První samostatně ovládaný vozík [5].....	19
Obrázek 7 - Odlehčení vozíku pomocí rákosu [8].....	20
Obrázek 8 – Systém skládání v kříži [8]	20
Obrázek 9 - Standardní invalidní vozík [9].....	22
Obrázek 10 - Převážný invalidní vozík [10].....	22
Obrázek 11 – Toaletní vozík [12].....	23
Obrázek 12 - Odlehčený invalidní vozík [11]	23
Obrázek 13 - Interiérový invalidní vozík [15].....	24
Obrázek 14 - Exteriérový elektrický vozík [14].....	24
Obrázek 15 - Aktivní invalidní vozík se skládacím rámem[17].....	25
Obrázek 16 - Aktivní invalidní vozík s pevným rámem [16].....	25
Obrázek 17 - Sportovní invalidní vozíky - shora zleva: handbike, basketbalový, sledge (hokejový), lyžařský [20], [21], [22], [23]	26
Obrázek 18 - Speciální elektrické invalidní vozíky – zleva: pásový, golfový, fotbalový, plážový[24],[25],[26],[27].....	27
Obrázek 19 - Přídavný adaptér [28].....	28
Obrázek 20 - Rozdíl korozní odolnosti ocelí třídy 11 a 17	30
Obrázek 21 - Mezikrystalická koroze hliníkové slitiny řady 6000 [34]	32
Obrázek 22 - Proces šíření vrstvené koroze po hranicích tvářením prodloužených zrn a následným jevem vystupování materiálu z povrchu [36].....	33
Obrázek 23 - Výsledný povrch způsobený vystupováním bloků zrn z povrchu [38]...33	
Obrázek 24 - Korozní praskání pod napětím hliníkové slitiny [38]	34

Obrázek 25 - Ukázka elektrických potenciálů tepelně ovlivněné oblasti hliníkové slitiny (vpravo – pouze pro svařování, vlevo – po procesu žhání svaru) [38].....	35
Obrázek 26 – varianty polohy elektrody[44].....	36
Obrázek 27 - Drát od firmy Esab s označením 5036 [40].....	37
Obrázek 28 - Princip svařování metodou TIG/WIG[47]	41
Obrázek 29 - Ukázka eloxovaných povrchů v různých barvách [49].....	42
Obrázek 30 - Ukázku povrchu po práškovém lakování [50].....	43
Obrázek 31 - Varianty přesezení z invalidního vozíku na toaletu[51]	44
Obrázek 32 - Přesezení z vozíku na toaletu za asistence druhé osoby[52].....	45
Obrázek 33 - Návrh možnosti najíždění na toaletu.....	45
Obrázek 34 - Skládání pomocí nůžkového mechanismu	47
Obrázek 35 - Skládání pomocí kloubového mechanismu	47
Obrázek 36 - Teleskopická varianta skládání.....	48
Obrázek 37 - Sklápěcí víko sedáku.....	49
Obrázek 38 - Kloubové otevírání sedačky	49
Obrázek 39 - Vysouvací víko	50
Obrázek 40 - Běžné řešení podnožek.....	51
Obrázek 41 - Podnožka řešená pomocí pantů	51
Obrázek 42 - Řešení plastové zádové opěrky.....	52
Obrázek 43 - Rozepsání variant pro lepší přehlednost.....	54
Obrázek 44 - Konečný návrh invalidního vozíku.....	55
Obrázek 45 - Řešení sedáku, který musí být odklápěcí z důvodu pojištění rámu vozíku pod sedákem	55
Obrázek 46 - Reakce v kolech.....	57
Obrázek 47 - Nosník zatížený osamělou silou uprostřed.....	58
Obrázek 48 - Průběh ohybového momentu od zatížení silou F.....	58
Obrázek 49 - Průběh momentu od zatížení jednotkovou silou.....	59
Obrázek 50 - Znázornění zatížení rámu invalidního vozíku	61
Obrázek 51 - Nastavení zatížení	62

Obrázek 52 - Vetknutí v místech spojení s koly.....	62
Obrázek 53 - Zadání podmínek svarů - modré čáry znázorňují umístění svaru, červené značky znázorňují vazbu svaru, se kterou program dále počítá.	63
Obrázek 54 - Ukázka zadaných plošných vazeb - dotyků.....	63
Obrázek 55 - Ukázka sítě	64
Obrázek 56 - Ukázka podmínky zákazu posuvu "No sliding"	64
Obrázek 57 - Rozložení napětí	64
Obrázek 58 – napětí na rozmezí horizontální a vertikální trubky.....	65
Obrázek 59 - Napětí ve svarovém spoji pod sedákem	66
Obrázek 60 - Výsledná deformace rámu; Největší deformace je v místě volných konců, tedy rukojetí a zádové opěrky. Tato deformace je 1,17 mm.....	67
Obrázek 61 - Příklady konkrétních posunutí.....	68
Obrázek 62 - Sestava invalidního vozíku.....	69
Obrázek 63 - Zádová opěrka	70
Obrázek 64 - Sedák - na levém obrázku jsou ukázány panty, jimiž je sedák připevněn k rámu vozíku a lze díky nim odklápět, vpravo je ukázáno vysouvání víka a na pravé straně tvarová plocha pro lepší dosednutí na trubku rámu	70
Obrázek 65 - Podnožky jsou spojeny panty k rámu a navíc je pant mezi nimi - lépe vidět na obrázku složeného vozíku	71
Obrázek 66 – Pojistný kolík pro zajištění rozloženého rámu.....	71
Obrázek 67 - Složený invalidní vozík - odklopením sedačky je uvolněn prostor pro odjištění a následné složení rámu, navíc lze odepnout zadní kola jednoduchým systémem	71
Obrázek 68 – Hliníkový rám	72
Obrázek 69 - Veškeré otvory jsou zaslepeny, aby nedocházelo ke vtékání vody do rámu během sprchování.....	72
Obrázek 70 - Osoba sedící na vozíku.....	73
Obrázek 71 - Umístění vozíku na toaletě	73
Obrázek 72 – Navrhovaný univerzální invalidní vozík	76
Obrázek 73 - Aktivní invalidní vozík firmy Meyra Cena od 38 841 Kč [17].....	76

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přídavné materiály pro hliníkové slitiny při použití technologie TIG/WIG[39].....	35
Tabulka 2 - Parametry pro svařování hliníkových slitin pomocí metody TIG/WIG (PA – svislá poloha elektrody směrem dolů, PC – vodorovná poloha elektrody, PE – svislá poloha elektrody směrem nahoru[39],[44].....	36
Tabulka 3 - Ukázka meze pevnosti svarových spojů u některých druhů hliníkových slitin[39]	37
Tabulka 4 - Porovnání slitin 6061-T6 a 7075 vzhledem ke korozní odolnosti (Excelentní > Dobrá > Uspokojivá > Imunní > Citlivá > Velmi citlivá)[39].....	39
Tabulka 5 - Morfologická matice	53
Tabulka 6 - Ekonomické hodnocení	76

1. Úvod

V České republice přibývá každoročně více než 300 hendikepovaných lidí vlivem vážných pracovních, sportovních či jiných úrazů. Tito lidé bývají ve většině případů na celý život nebo jeho velkou část odkázáni na invalidní vozík, který je pro ně v nastalé situaci pomocníkem, díky němuž jsou schopni i nadále žít do určité míry podobný život jako před úrazem. Pro hendikepovaného člověka je tedy invalidní vozík kromě lidské pomoci jedinou možností, jak se pohybovat a navrátit se zpátky do aktivního života. Jelikož je hendikepovaný člověk odkázán na invalidní vozík ve většině případů na dlouhou dobu či dokonce na celý zbytek života, je důležité, aby vozík splňoval základní požadavky zraněného či postiženého člověka.[1],[2]

V dnešní době má postižený člověk velké spektrum možností výběru invalidního vozíku a je nutno říci, že od roku 1932, kdy Harry Jennings a Herbert Everest vymysleli první lehký skládací kovový invalidní vozík, udělala oblast konstrukce invalidních vozíků velký pokrok. Dnes je možné pořídit invalidní vozík od konstrukčně jednoduchých invalidních vozíků pro běžný pohyb v interiéru domácnosti až po speciální invalidní vozíky sloužící k překonávání těžkých venkovních překážek, kterými mohou být písčité, kamenité či horské cesty. [1],[2]

V současnosti jsou kladeny vysoké požadavky, co se týče univerzálnosti jednotlivých invalidních vozíků, tak aby byla zajištěna použitelnost pro aktivní činnost hendikepovaných lidí, kteří tak mohou i po úrazu aktivně trávit volný čas, čímž se výrazně změní, respektive zvýší kvalita jejich života. Je tedy důležité, aby konstruktér při návrhu a konstrukci invalidního vozíku přemýšlel nad tím, že právě on může přispět k pohodlnějšímu prožití dne hendikepovaného pacienta. Proto by měl při svém návrhu invalidního vozíku přemítat jednak nad správnou funkcí, ale také nad ergonomickými aspekty jednotlivých částí invalidního vozíku.

V tomto úvodu je třeba také vzpomenout charakter lidí, neboť všichni lidé by se měli snažit vozíčkářům ulehčit jejich běžné dny hezkým chováním k nim samotným, neboť je důležité, aby člověk neztratil svou důstojnost, protože nemůžeme nikdy vědět, jestli se nám samotným nestane vážný úraz a neskončíme na invalidním vozíku.

1.1 Cíle diplomové práce

Hlavním cílem této diplomové práce je zpracovat návrh konstrukce univerzálního invalidního vozíku pro použití v interiérech domácností, tak aby bylo umožněno hendikepované osobě strávit na vozíku celý den, a to i při používání toalety a provádění hygieny – sprchování. Součástí tohoto cíle je také navrhnout optimální materiály jednotlivých částí invalidního vozíku, tak aby byla zajištěna dostatečná pevnost a tuhost vozíku, při zachování co nejnižší hmotnosti.

Dílčím cílem je provedení technického a ekonomického hodnocení konstrukce navrženého vozíku a následné porovnání vzhledem k vozíkům dostupných na trhu současných výrobců.

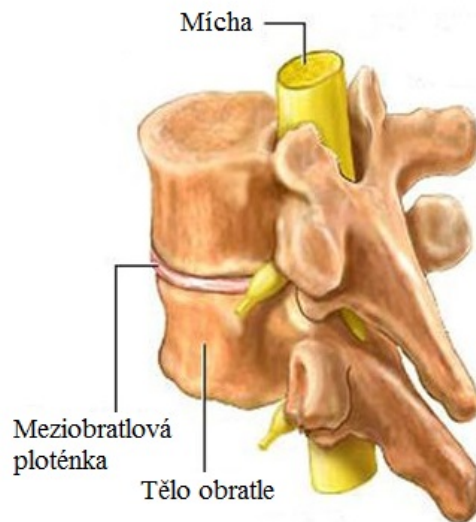
1.2 Rozdělení vozíčkářů

Vozíčkářem se rozumí osoba, která se není schopná samostatně pohybovat, a k pohybu používá různé druhy kompenzačních pomůcek, nejčastěji invalidní vozík. Důvody upoutání na vozík mohou být různé:

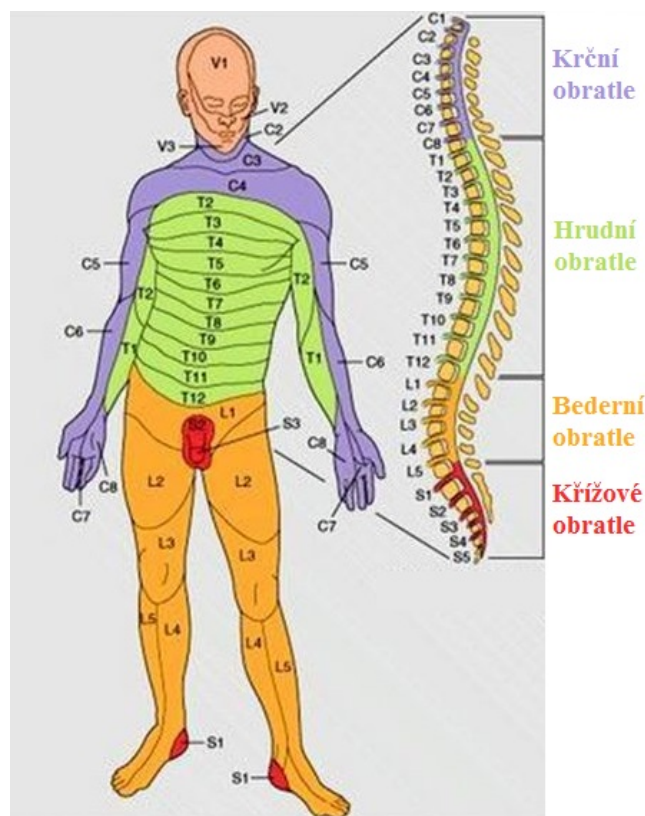
- 1) Vrozené onemocnění páteře
- 2) Poškození páteře při úrazu
- 3) Omezení pohybových možností z důvodu stáří. [1]

Nejčastějším důvodem upoutání na vozík je ochrnutí části těla. To je způsobeno poraněním míchy ať už vrozeného charakteru, poraněním po úrazu (nejčastější poranění s následkem ochrnutí se stávají při pádu z velké výšky a při autonehodách a dalších nehodách na silnicích, například u motocyklistů či cyklistů – rozdrčený obratel tlačí na míchu atd.) nebo z důvodu nádoru tlačícího na míchu. Uložení míchy mezi obratli je ukázáno na obrázku 1. [1],[3]

O konkrétním typu ochrnutí rozhoduje místo, ve kterém je mícha poškozená. Na obr. 2 je ukázáno rozdělení obratlů do skupin. Barevně jsou označeny oblasti míchy a totožnou barvou ochrnutá část lidského těla v případě poškození míchy v daném místě. Samotné poškození míchy se dělí na dvě základní skupiny, paréza (částečné ochrnutí) a plegie (úplné ochrnutí). [1],[3]



Obrázek 1 - Umístění míchy mezi obratli [4]



Obrázek 2 - Vliv místa poškození míchy na následné ochrnutí

1.2.1 Paraparéza

Při poškození míchy v oblasti dolní bederní páteře dochází k paréze (částečnému ochrnutí) dolních končetin. Takto postižené osoby se většinou dokážou pohybovat pomocí francouzských holí a invalidní vozík potřebují pouze na zdolávání delších tras. [1],[3]

1.2.2 Paraplegie

Paraplegií se rozumí plegie neboli ochrnutí poloviny těla, obvykle se jedná o dolní polovinu těla, někdy je zasažen i trup. Mícha je v tomto případě poraněná v oblasti hrudní a horní bederní páteře. Hendikepované osoby postižené paraplegií jsou upoutány na invalidní vozík celodenně, nic jim však díky plné pohyblivosti rukou nebrání v samostatné obsluze mechanických invalidních vozíků. [1],[3]

1.2.3 Kvadruplegie

Tento druh ochrnutí vzniká při poškození míchy v oblasti krční páteře. Dolní končetiny jsou většinou ochrnuté v plném rozsahu, horní končetiny mohou být postižené v různých stupních od paréz až po celkové plegie. Při kvadruplegii bývá postižený i trup, tedy břišní a zádové svalstvo. Hendikepované osoby trpící kvadruplegií většinou používají elektrické invalidní vozíky, jelikož většinou dokážou ovládat vozík joystickem. [1],[3]

1.2.4 Kvadruparéza

Nejméně se vyskytujícím případem je kvadruparéza. Jde o částečné ochrnutí dolních i horních končetin současně. Mohou nastat různé stupně kvadruparézy, někdy je postižený člověk dokonce schopen chůze. [1],[3]

2. Historie invalidních vozíků

Invalidní vozík slouží jako pomocník, respektive jako přepravní prostředek pro přemísťování a pohyb hendikepovaných osob. Pro hendikepované a dlouhodobě nemocné osoby s postižením pohybového aparátu, ať už s vrozeným postižením, či postižením vzniklým po úrazu, je tento přepravní prostředek mnohdy věc, na které tráví celý den, proto by měl být co nejpohodlnější a nejpraktičtější, tak aby hendikepovaným osobám co nejvíce ulehčil běžné dny a nezpůsobil další zdravotní problémy např. onemocnění karpálních tunelů či bolesti jiných částí těla vlivem špatné ergonomie některých částí vozíku. [1],[3]

2.1 Počátky vzniku invalidního vozíku

Ani na základě historických zápisů není přesně známo, kdy byl vynalezen první invalidní vozík, respektive první přepravní pomocník pro hendikepované lidi. Avšak první záznamy o nábytku na kolech byly nalezeny v Řecku, a to obrázek křesla a rytina dětského lůžka na kolečkách z 6. století před naším letopočtem. Tyto první záznamy o náznamu invalidního vozíku je možno vidět na obrázku 3, respektive na obrázku 4. [6],[7]



Obrázek 3 - Řecké křeslo [5]



Obrázek 4 - Dětské lůžko [6]

Co se týče prvního nábytku na kolečkách, nesloužil pouze pro přesun nemocných osob, ale také jako dopravní prostředek stavebního materiálu do měst. V použití se nedělaly rozdíly až do 6. století našeho letopočtu. Od této doby se v čínském umění objevovaly obrazy kolečkových křesel speciálně pro přepravu lidí. [5],[6]

První invalidní vozík, jehož záznamy se vztahují k Evropě a který byl účelně vyroben pro člověka, se nazýval „invalidní židle“. Tato židle na kolech byla vyrobena v 16. století pro španělského krále Filipa II. a byla vybavena kolečky, podnožkami a područkami. Tato židle však ještě neobsahovala pohonný mechanismus, který by obsluhoval sám člověk sedící na této „invalidní židli“. Proto měla tato „invalidní židle“ madla pro obsluhu (tlačení) druhou osobou.[7]



Obrázek 5 - "Invalidní židle" [5]

První vozík, který bylo možné obsluhovat bez pomoci další osoby, si vynalezl v 17. století sám německý hodinář trpící paraplegií (ochrnutí dolních končetin vlivem poškození míchy). V tomto případě se jednalo o pevnou židli namontovanou na tříkolový podvozek. Židle byla poháněna klikami umístěnými na obou stranách předního kola, a to pomocí soustavy ozubených kol viz obrázek 6.[5]



Obrázek 6 - První samostatně ovládaný vozík [5]

Od 18. století byly vyvinuty invalidní vozíky, které se více a více podobaly modelům, které známe dnes. Tyto invalidní vozíky začínaly být méně objemné, problém ale byl v nesnadném přepravování vozíků a jejich vysoké hmotnosti. Proto se vozíky začaly odlehčovat buď dřevěnými prvky v jinak těžké ocelové konstrukci, či rákosovými sedačkami. [5],[6]

Problém skládání rámu vyřešil v roce 1932 Harry Jennings společně s Herbertem Everestem, kteří vynalezli první invalidní vozík s ocelovým skládacím rámem – tzv. skládání v kříži. Patent této funkce skládání se používá i v současné době. [5],[6]



Obrázek 7 - Odlehčení vozíku pomocí rákosu [8]



Obrázek 8 - Systém skládání v kříži [8]

3. Analýza současného stavu

Jak již bylo řečeno v kapitole 1. „Úvod“, existuje v současnosti na trhu bohatá škála vozíků, které jsou určeny téměř ke všem činnostem. Základním dělením těchto kompenzačních pomůcek- invalidních vozíků je typ pohonu – dělí se na vozíky s pohonem mechanickým a vozíky s pohonem elektrickým.

3.1 Mechanické invalidní vozíky

Mechanické invalidní vozíky se vyznačují tím, že se k jejich pohonu využívá lidská síla. Mechanický vozík může být poháněn hendikepovaným člověkem pomocí hnacích obručí velkých zadních kol, nebo tlačěn druhou osobou.

3.1.1 Standardní invalidní vozík

Tento typ vozíku je nejpoužívanější vozík pro postižené osoby a je určen pro běžné užívání. Konstrukce je řešena jednoduše, ocelový rám lze také lehce složit. Má dvě malá kolečka a dvě velká zadní kola, na kterých jsou obruče, které umožňují hendikepovanému člověku samostatný pohyb bez obsluhy druhé osoby. Vozík však může být tlačěn i druhou osobou.[9]

3.1.2 Převravní vozík

Konstrukce převravního neboli transportního vozíku se skládá zpravidla ze 4 menších koleček a jednoduchého svařovaného ocelového rámu. Tento vozík slouží k převážení invalidních osob za pomoci osoby druhé. Díky snadné manipulaci a malým rozměrům nachází využití především v nemocničních zařízeních k přepravě pacientů nemocničním personálem, např. při přemísťování hendikepovaných osob, osob s poraněním dolních končetin či starších osob. [10]



Obrázek 9 - Standardní invalidní vozík [9]



Obrázek 10 - Přepravní invalidní vozík [10]

3.1.3 Toaletní vozík

Toaletní vozíky nachází uplatnění hlavně v nemocnicích, kde je například pro člověka po operaci velice náročné přeseďat na toaletu z důvodu vykonání potřeby. Hlavním znakem těchto vozíků je otvor v sedačce, pod kterým je umístěna lehce vyjmutelná nádoba pro vykonání potřeby. Tyto vozíky jsou velice často vyrobené v kombinaci se sprchovacími vozíky, které umožňují sprchování pacienta bez sestupování z vozíku. U této skupiny invalidních vozíků je kladen velký důraz na použití antibakteriálních materiálů a použití materiálů, jež nepodléhají korozi, popřípadě použití materiálů s povrchovými úpravami, jež nám zaručují lepší odolnost povrchu vůči korozi.[11]

3.1.4 Odlehčený invalidní vozík

Jak už z názvu vyplývá, tento druh vozíku má oproti vozíku standardnímu nižší hmotnost a tudíž hendikepovaná osoba není nucena vynaložit tolik energie při samostatné obsluze invalidního vozíku. Odlehčení vozíku spočívá ve vhodném výběru materiálů konstruktérem. Druhy používaných materiálů pro tento typ invalidního vozíku jsou podrobněji popsány v kapitole 3.5 „Moderní trendy v materiálech“. [12]



Obrázek 11 - Toaletní vozík [11]



Obrázek 12 – Odlehčený invalidní vozík [12]

3.2 Elektrické invalidní vozíky

Elektrické invalidní vozíky se vyrábí, stejně jako invalidní vozíky mechanické, v mnoha různých konstrukčních provedeních. Tyto vozíky jsou využívány především kvadruplegiky (osoby s úplným nebo částečným ochrnutím všech čtyř končetin a trupu, způsobené poškozením míchy v dolní krční oblasti) a osobami s ochrnutím pouze horních končetin. Elektrické vozíky jsou vybaveny bateriemi, které pohánějí celý systém. Hlavní nevýhodou elektrických vozíků je jejich vysoká hmotnost, která je způsobena právě baterií určenou pro pohon. Hmotnost těchto baterií může dosahovat až desítek kilogramů (v závislosti na velikosti, jež je dána potřebnou délkou dojezdu), což se negativně projevuje na celkové váze těchto invalidních vozíků. Další nevýhodou je nutnost dobíjení a také vysoká pořizovací cena. Většina těchto invalidních vozíků je přibližně 5 x dražší než invalidní vozíky s pohonem mechanickým.[13]

Interiérový invalidní elektrický vozík

Interiérový vozík je oproti exteriérovému výrazně lehčí, k čemuž přispívá i velikost baterie. Interiérové vozíky jsou totiž konstruovány na kratší dojezd, než exteriérové. Vozík je vyráběn v menších rozměrech, díky čemuž se pacient může snadněji pohybovat po bytových a interiérových prostorách. [13]

Exteriérový invalidní elektrický vozík

Exteriérové vozíky slouží především k pohybu ve venkovních prostorech. Tyto vozíky se vyznačují větší hmotností a většími rozměry než vozíky interiérové a také konstrukce těchto vozíků musí být uzpůsobena jízdě v těžších přírodních podmínkách, jakými mohou být například kamenité či písčité cesty. Tyto podmínky musí konstruktér uvažovat i při výběru vhodných kol. Při konstrukci těchto vozíků musí konstruktér více přemýšlet také o tlumících systémech a možnosti použití materiálů s lepšími tlumícími schopnostmi (např. různé druhy kompozitů). Oproti nim mají interiérové vozíky možnost ujet kratší vzdálenost, což je ovlivněno menší kapacitou baterie.[13]



Obrázek 13 - Interiérový elektrický vozík [14]



Obrázek 14- Exteriérový invalidní vozík [15]

3.3 Moderní trendy v konstrukci

Pro možnost důstojného života hendikepovaných lidí se stále vyvíjí nové typy kompenzačních pomůcek – invalidních vozíků, jež vedou k jednoduššímu vykonávání každodenních činností, které jsou pro zdravé jedince naprosto automatické.

3.3.1 Aktivní invalidní vozík

Aktivní invalidní vozíky jsou v podstatě vylepšené odlehčené vozíky. Jsou vyráběny z velice lehkých materiálů a slouží k lepší pohyblivosti hendikepované osoby a díky tomu k

lepšimu začlenění do běžného života a sportovních aktivit. K lepšímu ovládní těchto vozíků napomáhá také posunutí těžiště. U aktivních vozíků bývá samozřejmě lepší vybavenost oproti standardním vozíků. Lehčí provedení a jednodušší ovládní těchto invalidních vozíků se pochopitelně odráží na ceně. Tyto vozíky jsou poměrně drahé a hendikepovaný člověk si musí značnou část ceny dopláct, neboť pojišťovna nehradí celou cenu těchto invalidních vozíků. [18]

Aktivní invalidní vozík se skládacím rámem

Tyto Aktivní skládací vozíky jsou lehké a vhodné k přepravě (například v autě), protože mohou být složeny a tím zabírají menší úložný prostor. Skládací aktivní vozíky však nemají takovou tuhost, jako aktivní vozíky s pevným rámem. [18]

Aktivní invalidní vozík s pevným rámem

Aktivní vozíky s pevným rámem se řadí mezi nejlehčí ze všech typů invalidních vozíků. Protože mají tyto invalidní vozíky pevný rám, tak mají daleko větší pevnost, tuhost a schopnost odolávat rázům a vibracím, než aktivní invalidní vozíky s rámem skládacím. Naopak velkou nevýhodou je fakt, že aktivní vozíky s pevným rámem nejsou díky omezeným možnostem rozložení a složení zcela vhodné pro přepravu. [18]



Obrázek 15 - Aktivní invalidní vozík se skládacím rámem [16]



Obrázek 16 - Aktivní invalidní vozík s pevným rámem [17]

Sportovní invalidní vozík

Sportovní invalidní vozíky jsou výbornou alternativou pro aktivní sportovce, kteří chtějí být i dále přes svůj poúrazový hendikep sportovně aktivní. Avšak nevýhoda těchto invalidních vozíků spočívá v tom, že nejsou dostatečně univerzální a lze je tedy využít ve většině případů pouze pro jeden specifický sport, nikoliv pro více sportů najednou či dokonce k běžnému dennímu užívání. Mezi často používané sportovní vozíky patří tzv. „handbike“, kde postižený člověk používá k pohonu ruční kliky. Podobně jako na kole zde hendikepovaná osoba může volit převody, tak aby si usnadnila jízdu při změnách terénu. Dalšími rozšířenými sportovními vozíky, které jsou určeny pro sport, jsou speciální sportovní vozíky vyvinuté na hraní tenisu, basketbalu, hokeje či vozík lyžařský. Některé typy těchto sportovních invalidních vozíků můžete vidět na obrázcích níže, respektive na obrázku 17.[19]



Obrázek 17 - Sportovní invalidní vozíky - shora zleva: handbike, basketbalový, sledge (hokejový), lyžařský [20], [21], [22], [23]

Speciální elektrický invalidní vozík

Stejně jako mechanické invalidní vozíky, jsou i invalidní vozíky s elektrickým pohonem vyráběny pro různé účely. Možností těchto invalidních vozíků je spousta – od terénních vozíků opatřenými pásy pro překonávání terénních nerovností, přes vozíky, které dokážou zdolávat schodiště až po invalidní vozíky na hraní fotbalu. Jednotlivé typy speciálních invalidních vozíků s elektrickým pohonem můžete vidět na obrázcích níže, respektive na obrázku 18. [13], [19]



Obrázek 18 - Speciální elektrické invalidní vozíky – zleva: pásový, golfový, fotbalový, plážový[24],[25],[26],[27]

3.4 Moderní trendy v příslušenství

Snahou společnosti je hendikepovaným osobám ulehčovat život, proto existují různé druhy příslušenství, jako například přídavný adaptér.

3.4.1 Přídavný adaptér

Jako mezistupeň mezi mechanickými a elektrickými vozíky byl vyvinut tak zvaný přídavný modul neboli přídavný adaptér. Hendikepovaný člověk, který netrpí ochrnutím horních končetin nebo jiným onemocněním znemožňujícím pohyb pomocí rukou si může pořídit přídavný modul (adaptér), který se připojí ke klasickému invalidnímu vozíku. Modul je možné použít na delší vzdálenosti a tam, kde by překážel, lze odejmout a dále používat jen klasický invalidní vozík s mechanickým pohonem.[28]



Obrázek 19 - Přídavný adaptér [28]

3.5 Moderní trendy v materiálech

Vývoj invalidních vozíků šel v posledních deseti letech rychle nahoru. Před deseti lety dosahovaly invalidní vozíky na světě hmotnosti jen kolem 10 kg, v dnešní době lze najít tzv. ultralehké invalidní vozíky, jejichž hmotnost je pouze kolem 5 kg, v některých případech dokonce i méně, a to včetně kol (netýká se invalidních vozíků s elektrickým pohonem, kde ve výsledné hmotnosti, hraje velkou roli hmotnost samotného akumulátoru). Snížení hmotnosti u těchto nových ultralehkých invalidních vozíků je umožněno díky pokrokům v konstrukci, technologiích a především ve využití nových moderních (progresivních) materiálů.[26], [29]

Samotná volba materiálu pro invalidní vozík konstruktérem závisí na mnoha aspektech. Hlavní roli hrají cena a hmotnost celé konstrukce. Pro co nejsnadnější obsluhu invalidních vozíků je kromě samotného řešení konstrukce důležitá také jeho hmotnost. Čím nižší hmotnost, tím samozřejmě lepší obslužnost a menší fyzická náročnost u invalidních vozíků s mechanickým pohonem. Je běžné, že hendikepovaný člověk sám přisedne do auta a vozík si složí a následně naloží do vozidla. Při takto složitém manévru hraje hmotnost vozíku obrovskou roli. V dnešní době rozšířených možností hraje při výběru invalidního vozíku velkou roli i celkový design vozíku, což je důležité zohlednit při konstruktérském a technologickém návrhu povrchových úprav konkrétních materiálů. [26], [29]

Co se týče konstrukce nosného rámu invalidních vozíků, nejčastěji jsou tyto rámy vozíků konstruovány z oceli či z hliníkových slitin. Dalo by se říci, že se stoupající cenou klesá hmotnost rámu v závislosti na použitém materiálu. Mezi dražší materiály se řadí titan nebo kompozitní materiály.[26], [29]

3.5.1 Ocelové invalidní vozíky

Nejstarším používaným materiálem pro rám invalidního vozíku je dozajista obyčejná uhlíková konstrukční ocel. Kvůli své nízké ceně se však používá dodnes pro lepší dostupnost invalidních vozíků. Největší nevýhodou ocelových invalidních vozíků je však jejich hmotnost (měrná hmotnost oceli je 7850 kg/m^3). Nejen že se při mechanickém pohonu mnohem hůře ovládají, ale problém je i s náročnějším skládáním invalidního vozíku. Tento materiál se běžně používá na standardní invalidní vozíky a vozíky nemocniční. Invalidní ocelové vozíky jsou dnes však označovány za zastaralé, neboť je na trhu mnoho jiných výhodnějších alternativ rámu invalidních vozíků, co se materiálu týče. Nejdostupnější možností z těchto alternativ jsou rámy hliníkové, podrobněji v kapitole 3.5.2 „Hliníkové invalidní vozíky“. [30]

Na běžné nemocniční invalidní vozíky se používá zpravidla ocel 11373. Tato ocel se vyznačuje zaručenou svařitelností, mezi pevností 350 MPa a mezi kluzu 220 MPa. Obrovskou nevýhodou je však již zmíněná vysoká měrná hmotnost a také velmi nízká odolnost proti korozi. Tato ocel se tedy kvůli nízké korozní odolnosti nehodí do sprchy a vlhkého prostředí. Je proto při jejím použití nutnost povrchové úpravy – většinou chromování či niklování. [30]

Další variantou ocelového rámu je zvolení korozivzdorné oceli. Jako vhodná se jeví korozivzdorná ocel 17240 (X12CrNi 18-8), kde korozivzdornost zaručuje pasivační vrstva chromu. Problémy ale nastávají při složitém procesu svařování. Tyto problémy jsou popsány níže. [31]

Na obrázku 20 je ukázán rozdíl ocelí třídy 11 (vlevo) a třídy 17 (vpravo), které byly vystaveny koroznímu prostředí, konkrétně obyčejné vodě, a to po dobu dvou dnů. Na první pohled je vidět rozdíl mezi jejich korozní odolností.



Obrázek 20 - Rozdíl korozní odolnosti ocelí třídy 11 a 17

Problémy při svařování korozivzdorných ocelí

- Feritické korozivzdorné oceli

Při teplotě kolem 1000°C dochází k hrubnutí zrna v místě svaru a TOO (tepelně ovlivněná oblast), což se projevuje následnou křehkostí. Při ohřevu nad 1000°C jsou tyto oceli charakteristické mezikrystalickou korozi, což může být problém u invalidních vozíků – je tedy nutné použít předehřev, aby se místo svaru dostalo do oblasti houževnatého lomu.[31]

- Martenzitické korozivzdorné oceli

U martenzitických ocelí nedochází při běžných rychlostech ochlazování k transformaci austenitu na ferit, a tedy dochází při ochlazování k martenzitické přeměně. Tento jev způsobuje, že ve výsledném svaru a TOO se objevují zbytkové napětí, která mohou způsobit trhliny. Aby se zabránilo tomuto jevu, je zapotřebí při svařování používat přídavný materiál austenitické nebo austeniticko feritické oceli, nikoliv tedy materiál o přesném chemickém složení, jako je materiál základní.[31]

- Austenitické korozivzdorné oceli

Při svařování austenitických ocelí nedochází k problémům způsobeným zvýšenou křehkostí v TOO a v místě svaru, proto jsou tyto oceli nejvýhodnější ke svařování (ze skupiny korozivzdorných ocelí). Avšak tyto oceli mají své specifické problémy. Jedním z nich je možnost vzniku mezikristalické koroze, která nastává v krátkém rozmezí teplot, neboť při teplotách v tomto rozmezí dochází k vylučování karbidů chromu.[31]

- Austeniticko–feritické korozivzdorné oceli

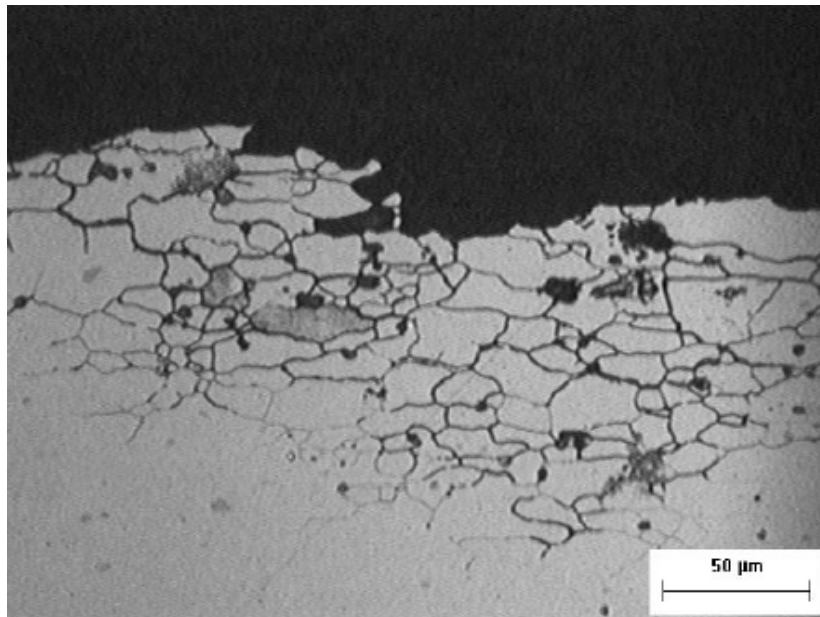
U těchto tak zvaných „duplexních ocelí“ nastává problém při teplotě větší než 1050°C, jelikož při těchto teplotách dochází k hrubnutí zrna (austenitického) a také nastává vylučování feritu z austenitu. Následkem tohoto jevu dochází ke zvyšování množství feritu v TOO a v místě svaru, což vede ke snížení vrubové houževnatosti v těchto oblastech. Tento jev však lze ovlivnit, a to použitím přídatného materiálu se složením podobným základnímu materiálu, avšak se zvýšeným obsahem dusíku, neboť přísada dusíku slouží ke snížení obsahu feritu na hodnotu podobnou v místě svaru a TOO.[31]

3.5.2 Hliníkové invalidní vozíky

Hliník je dalším možnou volbou materiálu používaného na samotný rám invalidního vozíku. Díky podstatně nižší hmotnosti (měrná hmotnost čistého hliníku je 2700kg/m³, což je přibližně třikrát méně než u klasické konstrukční oceli), než je tomu u ocelových vozíků, je tento druh materiálu velice oblíbený. Ve většině případů se pro rám invalidního vozíku nepoužívá čistý hliník ale jeho slitiny s dalšími kovovými prvky. V závislosti na kvalitě a jakosti hliníkové slitiny mohou být tyto invalidní vozíky vyrobeny pro každodenní použití. [32]

Koroze a svařitelnost hliníkových slitin

V případě hliníkových slitin dochází při vystavení koroznímu prostředí nejčastěji ke dvěma základním mechanismům vzniku koroze. Prvním případem je vznik tzv. koroze mezikristalické. K tomuto typu koroze dochází převážně u hliníkových slitin, jejichž mechanické vlastnosti lze zlepšovat tepelným zpracováním, respektive tzv. procesem stárnutí. Neboť při tomto procesu dochází ke vzniku koherentních precipitátů, jež sice zvyšují hodnoty mechanických vlastností (například pevnosti, tvrdosti), ale také vyvolávají rozdíly elektrických potenciálů na hranicích, respektive mezi precipitátem a samotným zrnem a tím pádem dochází k vytvoření korozního článku.[33], [34],[35],[36]

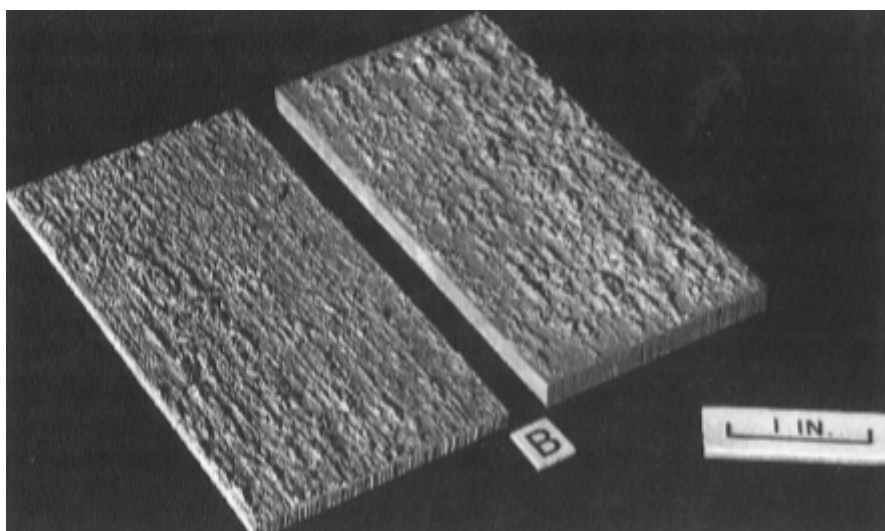


Obrázek 21 - Mezikrystalická koroze hliníkové slitiny řady 6000 [34]

Druhým typem korozního mechanismu u hliníkových slitin je tzv. vrstvená koroze. Tento případ koroze nastává u protvářených součástí (např. u válcovaných trubek), přičemž zárodkem této koroze je mezikrystalická povrchová koroze, která se následně šíří pod povrchem součásti podél hranic deformovaných zrn, respektive po hranicích tvářením prodloužených zrn ve směru, v kterém byla součást tvářena. V některých případech se může tato koroze šířit nejen podél hranic deformovaných zrn, ale také uvnitř samotných deformovaných zrn neboli transkrystalicky. Samotná vrstvená koroze má ve výsledku větší objem než samotný základní materiál součásti v blízkosti povrchu, což vede k vystupování celých bloků zrn z povrchu základního materiálu. Proces a výsledek tohoto jevu způsobeného vrstvenou korozí je možno vidět na obrázku 22, respektive na obrázku 23.[35],[38]



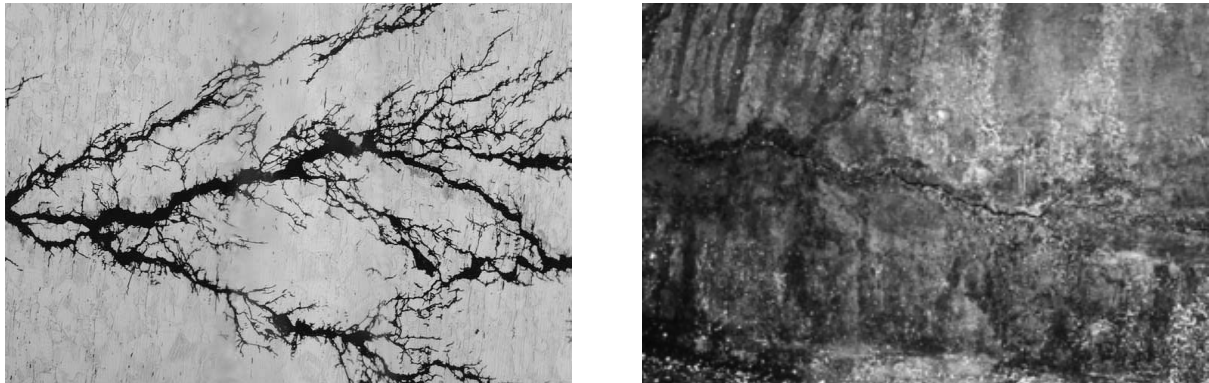
Obrázek 22 - Proces šíření vrstvené koroze po hranicích tvářením prodloužených zrn a následným jevem vystupování materiálu z povrchu [36]



Obrázek 23 - Výsledný povrch způsobený vystupováním bloků zrn z povrchu [38]

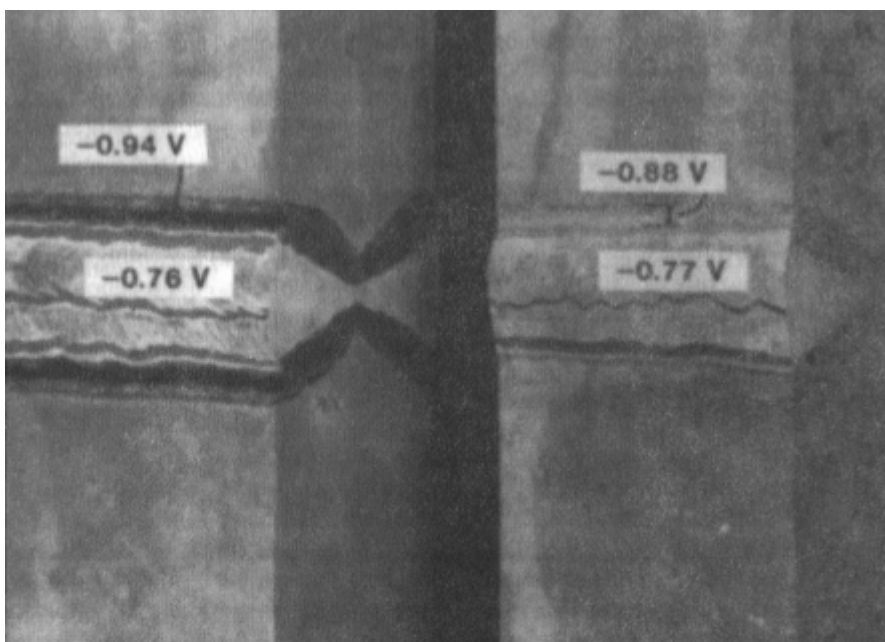
V případě působení elektrolytu, kterým může být v případě hliníkových slitin například atmosféra, mořská či pitná kohoutková voda, v kombinaci s působením tlakového napětí může docházet k takzvanému jevu korozního praskání pod napětím. Korozní praskání pod napětím je obecně definováno snížením deformační práce nutné k vyvolání poruchy materiálu oproti namáhání v inertním prostředí, přičemž hliníkové slitiny jsou zvláště citlivé na tento typ korozního poškození při napětí rovném mezi pevností dané hliníkové slitiny. Při tahovém napětí nižším než jsou meze pevnosti daných slitin, jsou tyto slitiny vůči tomuto poškození poměrně odolné. Největší problém při působení tahového napětí v kombinaci

s korozním prostředím je pro danou hliníkovou slitinu příčný směr, respektive směr kolmý na směr tváření polotovaru, neboť v tomto kolmém směru je odolnost vůči koroznímu praskání pod napětím prakticky nulová, přičemž šíření trhliny je u hliníkových slitin téměř výhradně mezikrystalické.[35],[38]



Obrázek 24 - Korozní praskání pod napětím hliníkové slitiny [38]

Jelikož samotná konstrukce rámu invalidního vozíku je svařenec, je nutné brát zřetel na korozi související právě s technologií svařování, jelikož galvanické reakce v místě samotného svaru a v tepelně ovlivněné oblasti představují hlavní problém vzhledem k odolnosti svařitelných hliníkových slitin vůči korozi. Při technologii svařování je důležité, aby nerovnováha mezi chemickým složením základního materiálu hliníkové slitiny a chemickým složením samotného svaru byla co možná nejmenší, což lze ovlivnit výběrem vhodné metody svařování, případně správným výběrem přídavného materiálu. V případě výrazné nerovnováhy může docházet ke galvanické korozi v místě svaru a k možnému poškození a prasknutí samotného svaru. Potenciální nerovnováhu po technologii svařování lze zlepšit žiháním, které lze začlenit do technologického postupu po procesu svařování, tak aby došlo k snížení potenciálních odlišností v chemickém složení základního materiálu a svaru a tím pádem ke snížení rozdílů elektrických potenciálů. Obrázek 25 poukazuje na rozdíl elektrických potenciálů v případě procesu se začleněným žiháním a procesu bez žihání.[35],[38],[39]



Obrázek 25 - Ukázka elektrických potenciálů tepelně ovlivněné oblasti hliníkové slitiny (vpravo – pouze pro svařování, vlevo – po procesu žhání hotového svaru) [38]

Obecně lze říci, že nejpoužívanější technologií pro svařování rámu invalidního vozíku z hliníkových trubek je metoda svařování TIG/WIG. Tento druh svařovací technologie se využívá především pro trubky o tloušťce stěny v rozmezí 1- 10 mm. Při použití větší tloušťky trubek je vhodné využití metody MIG. V případě využití metody TIG/WIG je ochranným prvkem Argon (Ar) s minimální čistotou 99,998 %. Ve výjimečných případech může být ochranným prvkem Helium (He), popřípadě směs 50% Helia (He) a 50% Argonu (Ar). Jak již bylo zmíněno výše, je důležité, aby chemické složení přídatného materiálu bylo co nejvíce shodně chemickému složení základní hliníkové slitiny. Konkrétní přídatné materiály v závislosti na určitém druhu základní hliníkové slitiny je možno vidět v tabulce 1.[39],[45]

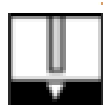
Tabulka 1 - Přídatné materiály pro hliníkové slitiny při použití technologie TIG/WIG[39]

Druh hliníkové slitiny	Stav hliníkové slitiny	Přídatný materiál
AlMn	Žíhaný	AlMn
AlMg3	Žíhaný	AlMg5
AlMg5	Žíhaný	AlMg5
AlMgSi	Vytvrzený	AlMg5
AlZn4Mg1	Vytvrzený	AlMg5; AlSi5
AlCu4Mg	Vytvrzený	AlSi5

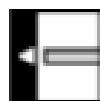
Samotný proces svařování při použití metody TIG/WIG probíhá při střídavém svařovacím proudu. U hliníkových slitin typu Al – Mg – Si (řada 6000) a Al – Zn – Mg (řada 7000) ve vytvrzeném stavu nastává po procesu svařování vážný problém, neboť dochází k výraznému poklesu pevnosti v oblasti svaru a v tepelně ovlivněné oblasti. Proto je důležité, aby při samotné technologii svařování docházelo k co nejmenšímu vstupu tepla do oblasti svaru, což je možno ovlivnit rychlostmi svařování a velikostí svařovacího proudu. Problém s výsledným poklesem pevnosti lze také částečně řešit po samotném procesu svařování a to pomocí dodatečného tepelného zpracování vytvrzováním samotného svaru, což však vede k rozdílné homogenitě v místě svarového spoje a v místě tepelně neovlivněné oblasti materiálu. Další nevýhodou tohoto dodatečného lokálního vytvrzení samotného svaru jsou vyšší náklady výroby. Tabulka 2 poukazuje na hodnoty velikosti střídavého proudu a další parametry důležité k svařovací metodě TIG/WIG v závislosti na tloušťce stěny hliníkových trubek.[39],[44],[45]

Tabulka 2 - Parametry pro svařování hliníkových slitin pomocí metody TIG/WIG (PA – svislá poloha elektrody směrem dolů, PC – vodorovná poloha elektrody, PE – svislá poloha elektrody směrem nahoru)[39],[44]

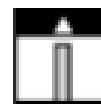
Tloušťka stěny trubky [mm]	Počet vrstev	Průměr přídatný materiálu [mm]	Průtok argonu (Ar) [$l \cdot min^{-1}$]	Svařovací proud pro polohu svařování [A]			Předehřev [°C]
				Poloha PA	Poloha PC	Poloha PE	
1	1	2	7	60	50	40	-----
2	1	2 – 3	7	80	80	75	-----
3	1	3	8	140	135	130	-----
4	1 – 2	3 – 4	9	180	170	160	-----
5	1 – 2	3 – 4	10	200	190	170	-----
6	2	3 – 4	10	280	240	230	-----
8	2	4 – 5	12	320	270	260	150
10	2 – 3	5	14	360	280	270	200



Poloha PA



Poloha PC



Poloha PE

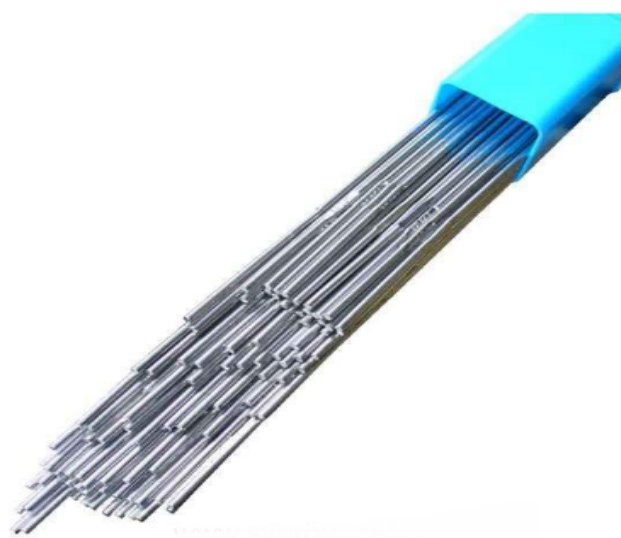
Obrázek 26 - varianty polohy elektrody[44]

Informace o hodnotách, na které klesne pevnost v samotném svaru, jsou vyjádřeny v tabulce 3.

Tabulka 3 - Ukázka meze pevnosti svarových spojů u některých druhů hliníkových slitin[39]

Druh hliníkové slitiny	Meze pevnosti v svarovém spoji
AlMn	100
AlMg3	180
AlMg5	240
AlMgSi	110 – 120
AlZn4Mg1	250 – 280
AlCu4Mg	170 - 180

Kromě dodatečného lokálního vytvrzení samotného svarového spoje je další možností k eliminaci poklesu pevnosti v oblasti svaru svařování v přírodním stavu materiálu (stav T0) a teprve poté jeho následné vytvrzení. Poslední možností, jak se vyhnout potenciálnímu poklesu pevnosti po procesu svařování, je využití přídavného materiálu ve formě speciálního drátu, což vede k minimálnímu poklesu pevnosti svarového spoje u vytvrzeného materiálu a dodatečné lokální vytvrzení již tedy není nutné. Příklad tohoto drátu pro svařování slitiny EN AW 6061-T6 je možno vidět na obrázku 27.[40]



Obrázek 27 - Drát od firmy Esab s označením 5036 [40]

Hliníkové slitiny pro rámy invalidních vozíků

Nejčastěji používanou slitinou na rámy invalidních vozíků je slitina s označením EN AW 6061-T6, která je dobře známá pod označením „letadlový hliník“. Tento materiál kromě nízké hmotnosti disponuje dalšími skvělými mechanickými vlastnostmi jako je výborná odolnost proti korozi a poměrně vysoká pevnost, jejíž hodnota je 290MPa. Jak již samotné číselné značení materiálu naznačuje, jedná se o slitinu, kterou je možno vytvrzovat a tím pádem zlepšovat mechanické vlastnosti této slitiny. Samotné tepelné zpracování vedoucí k vytvrzení této hliníkové slitiny se skládá z těchto tři technologických činností:[36], [37]

- Rozpouštěcí žíhání při teplotě 525 – 535°C (překročení teploty vede k natavení hranic zrn a tím pádem k zhrubnutí samotných zrn)
- Ochlazení ve vodě o teplotě přibližně 20 °C
- Umělé stárnutí při teplotě 170° - 180°C

Během samotného procesu stárnutí dochází k rozpadu přesyceného tuhého roztoku, při čemž při dílčím procesu precipitace dochází k vytvoření precipitačních fází Mg_2Si , přičemž elektrochemický potenciál těchto fází se moc neliší od potenciálu samotné hliníkové matrice, což vede k již výše zmíněné výborné odolnosti vůči korozi.[41]

Mezi další klady patří nízká cena a velmi dobrá svařitelnost, což je u rámu požadovaná vlastnost. Dále je tato slitina hliníku třídy 6 snadno tvářitelná a je vhodná k povrchové úpravě ve formě eloxování (chemicko-tepelná povrchová úprava, při které dochází k vytvoření ochranné vrstvy oxidů hliníku na předem upraveném povrchu).[41]

Další alternativou hliníkového materiálu pro rám invalidního vozíku je tzv. „letecký dural“ s označením EN AW 7075. Jako každá hliníková slitina se i tato slitina vyznačuje nízkou hmotností. Oproti čistému hliníku má však až pětkrát vyšší pevnost a za přítomnosti hořčíku je nejpevnější hliníkovou slitinou, přičemž hodnota meze pevnosti dosahuje po procesu vytvrzení hodnoty až 530 MPa. Tento letecký dural má však vcelku špatné technologické vlastnosti. Je velmi těžce svařitelný, což je způsobeno legurou mědi (Cu) a při špatně zvolené metodě může dojít k snížení mechanických vlastností, respektive ke snížení pevnosti. Optimální metodou pro svařování této slitiny je metoda TIG, přičemž princip této svařovací metody je spojován s ochrannou atmosférou. Jako ochranný plyn se využívá argon (Ar), přičemž jeho čistota by pokud možno měla být i vzhledem k vyšší ceně 100% (tedy argon s označením Ar 5.0 - čistota 99,999% . Před samotným svařováním je vhodné také provádět předehřátí této slitiny, což zajistí, že výsledný svar bude vizuálně lepší a bude dosaženo i vyšší kvality svaru. Další negativní vlastností této slitiny je její netvárnost, tudíž se nehodí pro konstrukce s ohýbanými trubkami. Dural snadno oxiduje, z čehož plyne nízká

odolnost proti korozi – ta se zvyšuje povlakováním. V této souvislosti je však nutno zmínit, že eloxování je problematické, jelikož při anodizaci povrch flekatí[36],[37],[39]

V tabulce 5 je možno vidět porovnání slitiny EN AW 6061-T6 a slitiny EN AW 7075 z pohledu odolnosti vůči jednotlivým korozním mechanismům.

Tabulka 4 - Porovnání slitin 6061-T6 a 7075 vzhledem ke korozní odolnosti (Excelentní > Dobrá > Uspokojivá > Imunní > Citlivá > Velmi citlivá)[39]

Označení slitiny	Legující prvky	Pitting	Mezikrystalická koroze	Vrstvená koroze	Korozní praskání pod napětím
EN AW 6061-T6	Mg, Si	Excelentní	Dobrá	Excelentní	Imunní
EN AW 7075	Zn, Mg, Cu	Dobrá	Uspokojivá	Dobrá	Citlivá, velmi citlivá

Na základě informací uvedených v tabulce je možno vidět, že slitina EN AW 6061-T6 vykazuje vzhledem k jednotlivým mechanismům koroze lepší odolnost než slitina AN EW 7075. Vzhledem k faktu, že slitina EN AW 6065-T6 je slitina, již je možno precipitačně zpevňovat až na mez pevnosti přibližně okolo 290 MPa a vzhledem k dobré svařitelnosti této slitiny pomocí metody TIG/WIG je možno tuto slitinu považovat za vhodný materiál na konstrukci rámu invalidního vozíku a to i z důvodu nízké měrné hmotnosti této slitiny.[37]

3.5.3 Uhlíkové vlákno a invalidní vozíky z titanu

Invalidní vozíky z těchto materiálů se řadí mezi velmi drahé a zřídka se používají ke konstrukci invalidních vozíků určených ke každodennímu použití. Je to proto, že většina těchto invalidních vozíků je obvykle používána pro specifické potřeby, jako je basketbal na vozíku či jiný druh sportovních aktivit – příklady speciálních vozíků byly ukázány výše v kapitole 3.3.1. Není pochyb o tom, že jde o velmi kvalitní invalidní vozíky, ale jsou vyvinuty pouze pro určitou činnost, nikoliv pro běžného uživatele.[46]

Kompozity s uhlíkovými vlákny

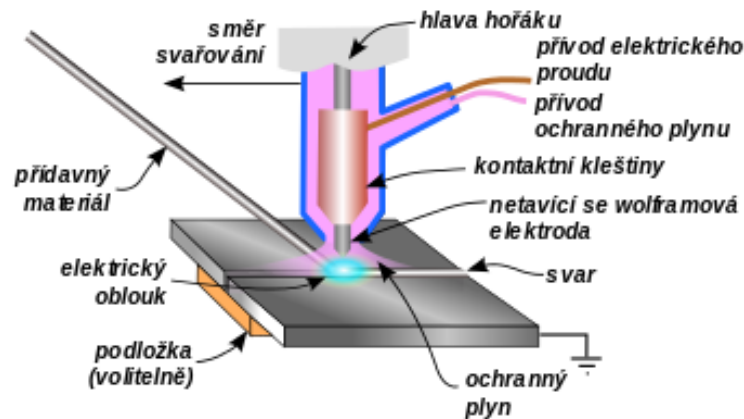
Jedná se o kompozity, jejichž vlákna jsou složena převážně z atomů uhlíku (C) o průměru 5 až 8 μm . K největším výhodám těchto uhlíkových kompozitů patří charakteristiky, jako je nízká měrná hmotnost, vysoká tuhost a pevnost, vysoký modul pružnosti – pro uhlíková vlákna s označením HS je tato hodnota 235 GPa při mezi pevnosti 3530 MPa (tato vlastnost je však velmi anizotropní, neboť ve směru kolmém na osu vlákna je modul pružnosti

výrazně menší, a to přibližně 10 GPa. Další pozitivní vlastnost kompozitů s uhlíkovými vlákny je dobré tlumení rázů. Vlastnosti kompozitních materiálů lze přizpůsobit přesným požadavkům zákazníka (hendikepovaného člověka), a to například změnou úhlu vláken, různými vrstvami, různými tloušťkami vrstev a různými kombinacemi materiálů (matrič a vláken). To znamená, že konečný produkt může být přizpůsoben přesným specifikacím a přizpůsoben pro různé stupně tuhosti, což je u jiných materiálů prakticky nemožné.[41],[46]

Rámy z kompozitních materiálů obsahující matrič a uhlíková vlákna dosahují přibližně pouze čtvrtinové hmotnosti naproti oceli, a to při zachování stejné tuhosti. Nevýhodou je však křehkost a velmi vysoká cena. [41],[46]

Titan

Dalším používaným materiálem pro konstrukci rámu invalidního vozíku je titan a jeho slitiny. Je velmi lehký, pevný, a je dobře odolný proti únavovým opotřebením. Titanové slitiny nepodléhají korozi, jsou dokonce o mnoho odolnější než austenitické korozivzdorné oceli s označením 18/8 (ČSN 17 240, AISI 304), a to i proti mořské vodě a soli a má celkově výborné mechanické vlastnosti. Háček je však v tom, že ačkoliv je jako kov sám o sobě vcelku levný, nastává problém s jeho opracováním. Titan se velmi špatně obrábí, neboť dochází vlivem nízké tepelné vodivosti (21,9W.m-1.K-1 – pro porovnání hliník má tepelnou vodivost 221 W.m-1.K-1) ke vzniku velkého množství tepla v místě řezu, což vede k potřebě snižovat řeznou rychlost. Dalším problémem je nutnost stroje s vyšší tuhostí a výkonem, jelikož titan a jeho slitiny vykazují vyšší řezný odpor. Nevýhodou titanu je také jeho obtížná svařitelnost. Svařování se nejčastěji provádí pomocí metody TIG/WIG při (metoda 141 dle ČSN ISO15608), tedy pouze v ochranné atmosféře při použití wolframové katody a z pomoci stejnosměrného proudu. Ochranným prvkem je podobně jako u svařování leteckých duralů (slitina 7075) argon (Ar) a to v kvalitě 4.8 a vyšší (čistota argonu 99,998%). Využití argonu jako ochranného prvku je velmi důležité, neboť při teplotě nad 400°C dochází k oxidaci povrchu. Nad touto teplotou dochází také k silné difúzi kyslíku a k vzniku trhlin v samotném svaru, což by následně při zatížení mohlo vést k destrukci svaru. Jako zcela nevhodné a problematické se při svařování titanu a jeho slitin jeví svary orientované na směr (tváření) válcování, neboť tyto svary vykazují velké množství trhlin. Na základě studií prováděných v ČR bylo zjištěno, že nejvyšší kvality svarů se dosahuje při svařovacím napětí 15 V, svařovacím proudem 27 A průtokem argonu (Ar) 9 l/min. Výše zmíněné problémy s technologiemi zpracování vedou k vysoké ceně titanových rámu invalidních vozíků. Titan se také velmi těžko povrchově upravuje, což vede k tomu, že titanové rámy nejsou nabízeny v různých barevných variantách a když už ano, cena těchto invalidních vozíků rapidně stoupá, kupující si tedy velmi připlatí. Tmavě šedý vozík pro někoho není problém, jinému se to ale nelíbí a raději volí jiný materiál se zvolenou barevnou úpravou.[42],[43]



Obrázek 28 - Princip svařování metodou TIG/WIG[47]

Není možné jednoznačně říci, který typ materiálu je pro rám invalidního vozíku ten nejlepší. Ultralehké invalidní vozíky se vyrábí ze tří typických materiálů, a to z hliníkových slitin, slitin titanu a kompozitních materiálů. Srovnání těchto materiálů je však nemožné, jelikož každý druh materiálu má odlišné výhody a nevýhody. Trendy v materiálech pro invalidní vozíky se však téměř neliší od trendů v leteckém průmyslu. Je to jednoduché – čím lehčí letadlo, tím lepší – tento fakt platí i u vozíků pro hendikepované osoby. V dnešní době se velmi často kombinují různé druhy materiálů, aby se využilo co nejvíce jejich pozitivních vlastností.

3.5.4 Ochrana povrchu

Nedílným faktorem ovlivňujícím životnost kovových produktů a tedy i rámu invalidních vozíků je kromě jakosti materiálu samotného i kvalita povrchů základních materiálů. Právě odolná povrchová vrstva může prodloužit životnost produktu až o několik let. Zabraňuje korozi, což je fyzikálně chemický jev vedoucí ke změně mechanických vlastností kovů. Při působení vody a solí, například v případě posypu soli na silnici v zimním období, je povrchová úprava nutná.[48]

Ve většině případů je jasným požadavkem korozivzdornost celého vozíku. Má to mnoho logických důvodů. Hendikepovaný člověk, který je na invalidní vozík upoután po celou aktivní část dne, může přijít do styku s nepříznivými povětrnostními vlivy jako je déšť, sníh a podobně. Dalším důvodem povrchových úprav je zrakový vjem, i díky designu se vozíčkář může cítit příjemněji.

Eloxování

Tento typ povrchové úpravy je nejpoužívanější při zpracování hliníkových slitin. Eloxování je anodická oxidace, která probíhá pomocí elektrochemické reakce.

Při tomto procesu je povlakovaný výrobek (rám invalidního vozíku) zapojený jako anoda a je ponořen v elektrolytu. Na výrobek je vylučován tenký film, jehož složení a kvalita je závislá na složení a teplotě elektrolytu.

Eloxací vznikne ochranná rovnoměrná vrstva, která zabraňuje korozi a zvyšuje odolnost proti mechanickému opotřebení a současně se také zvyšuje ořezavzdornost. Výsledný povlak je pórovitý, což je výhodné zejména při následném lakování, jelikož se nátěrová hmota lépe zakotví v nerovnostech eloxační vrstvy a bariéra mezi prostředím a materiálem je kvalitnější.

Eloxovaný povrch vypadá velice esteticky a je prováděn ve všech barvách. Lze si také vybrat mezi matným a lesklým provedením.[49]



Obrázek 29 - Ukázka eloxovaných povrchů v různých barvách [49]

Práškové lakování

Další velmi častou technologií úpravy povrchu materiálu je práškové vypalování barev, neboli komaxit. Práškové lakování je ekologická forma povrchové úpravy kovů. Příteto úpravě vzniká tenká souvislá vrstva. Základní vlastnosti vzniklé vrstvy jsou:

- výborná adheze
- vysoká kvalita povrchové úpravy
- rovnoměrnost nánosu povrchové úpravy
- šetrnost vůči životnímu prostředí
- vysoká životnost
- odolnost proti korozi
- barevné provedení v závislosti na barvě prášku [50]

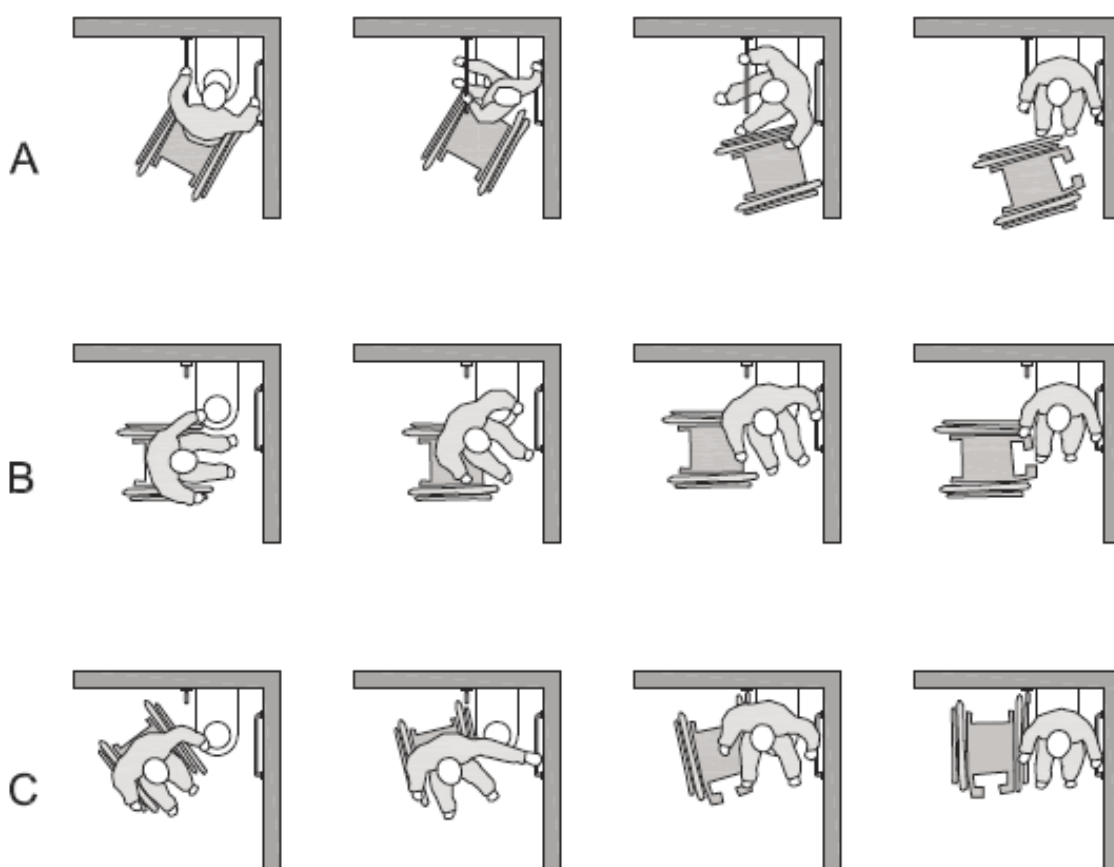


Obrázek 30 - Ukázku povrchu po práškovém lakování [50]

4. Návrh vlastního řešení

Cílem návrhu a konstrukce invalidního vozíku v této diplomové práci je co největší usnadnění života postižené (hendikepované) osoby. Univerzálnost invalidního vozíku by měla spočívat v možnosti používání jednoho a toho samého invalidního vozíku přes den k vykonávání běžných činností a zároveň k možnosti používání při vykonávání potřeby na toaletě a při sprchování. Jak je ukázáno na obrázku 31, proces přesezení z invalidního vozíku na toaletu je pro hendikepovanou osobu fyzicky velmi náročný a při provádění několikrát za den velmi nepraktický. Na tomto obrázku jsou ukázány tři způsoby přesezení. Na obrázku 32 je zobrazen další případ, kdy je k přesezení dokonce nutná asistence druhé osoby.

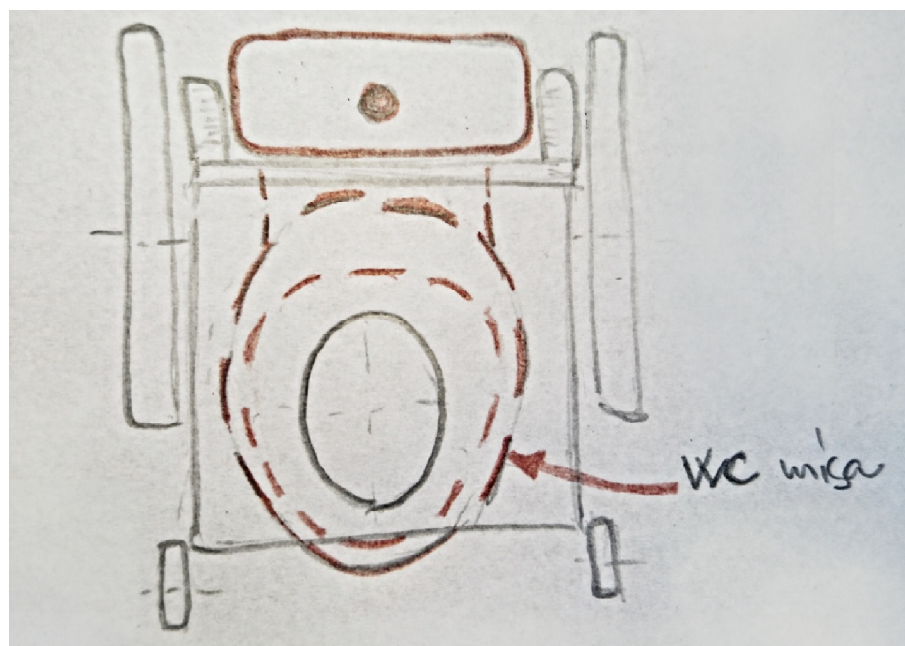
Jedním z hlavních požadavků na konstrukci univerzálního invalidního vozíku v této diplomové práci je jeho nízká hmotnost kvůli možnosti snadné manipulace uživatelem. Dalším požadavkem je možnost částečného složení rámu pro snazší přepravování vozíku. Nedílnou součástí je také ergonomické hledisko, jelikož hendikepovaný člověk tráví na vozíku celý den a je tedy nutné, aby byla zajištěna pokud možno co největší pohodlnost. Tyto požadavky by měly být splněny za co možná nejnižší cenu.



Obrázek 31 - Varianty přesezení z invalidního vozíku na toaletu[51]



Obrázek 32 - Přesedání z vozíku na toaletu za asistence druhé osoby[52]



Obrázek 33 - Návrh možnosti najíždění na toaletu

4.1 Požadavky na invalidní vozík

Invalidní vozík bude využíván po celý den ve vnitřních a vnějších prostorách to výhradně na zpevněných cestách. Proto musí být veškeré materiály součástí invalidního vozíku odolné vůči vnějším přírodním podmínkám, jako je déšť či sůl na cestách v zimním období. Samozřejmým požadavkem je dostatečná pevnost rámu. Jak již bylo řečeno výše, hmotnost vozíku hraje velkou roli v obtížnosti manipulace. Snahou je tedy zvolit co nejlehčí varianty. Jelikož bude vozík používán také při sprchování, je nutnou vlastností korozivzdornost celé konstrukce. Invalidní vozík bude zároveň používán i během vykonávání potřeby na toaletě, tudíž je nezbytným požadavkem hygienická odolnost, které se docílí použitím antibakteriálních materiálů. Pro snadnější cestování například autem je požadována možnost částečného složení invalidního vozíku. Posledním a neméně důležitým požadavkem je ergonomické hledisko, jelikož je hendikepovaný člověk připoután na vozíku celý den a je tedy nutné zajištění maximální možné pohodlnosti.

4.2 Konstrukční řešení jednotlivých částí

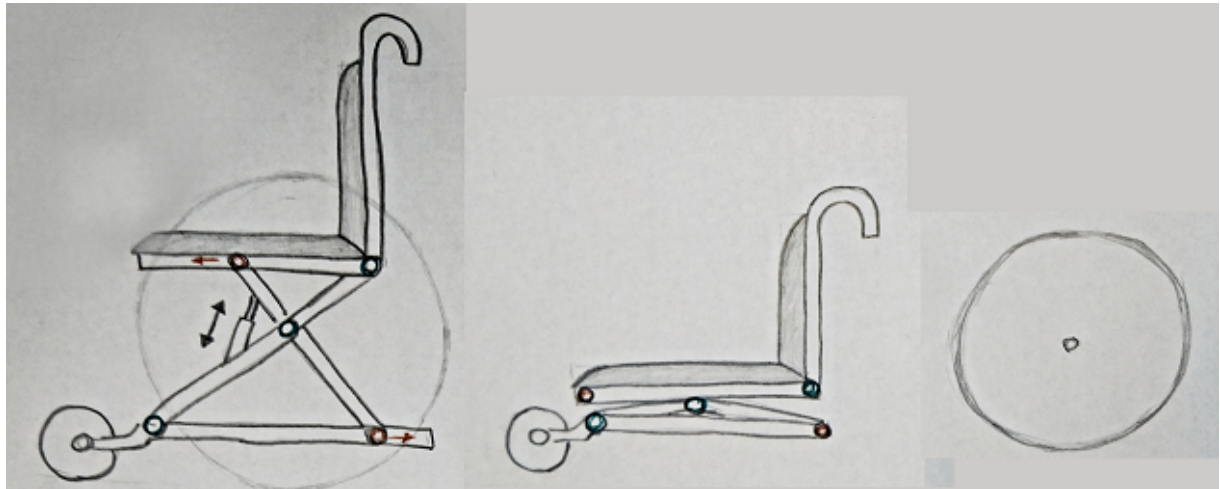
V této části diplomové práce jsou rozebrány a popsány různé varianty pro řešené části a mechanismy invalidního vozíku, a to samotný rám invalidního vozíku, sedák, podpěrky nohou (podnožky) a zádová opěrka.

4.2.1 Rám

Jelikož základní požadavek je umožnění používání toalety bez sesednutí ze samotného vozíku, nastává problém s řešením konstrukce, protože pod sedadlem nesmí překážet žádné jeho součásti. Proto byly navrženy následující tři možnosti řešení rámu invalidního vozíku.

Varianta A

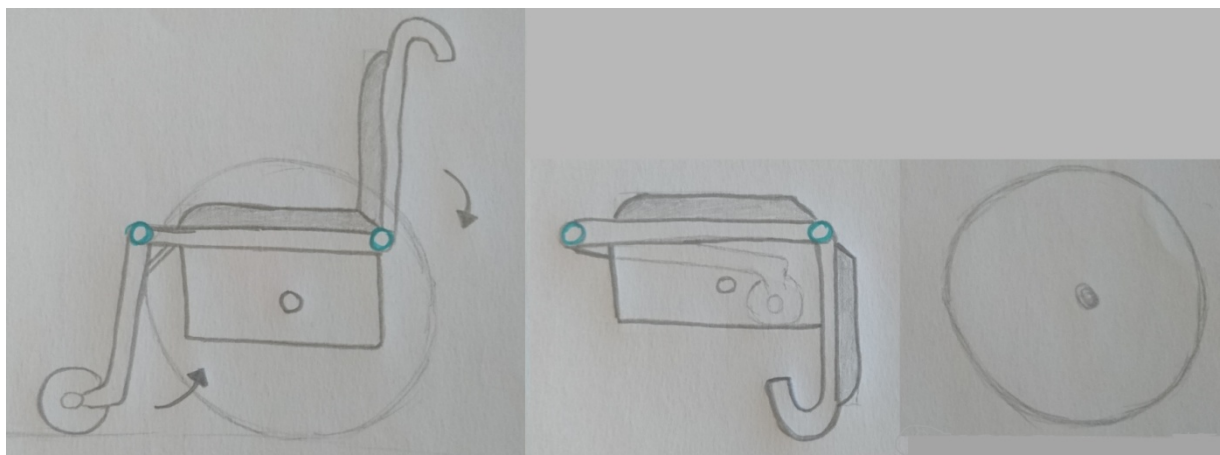
Rám vozíku u této varianty je řešen na principu nůžkového mechanismu, kdy je na každé straně rámu umístěn vzduchový píst, který určuje polohu vozíku. Tato varianta se zdá velmi elegantní, ale má také své nevýhody. Kvůli přidavným komponentám (písty) se zvýší hmotnost vozíku, navíc je nutné řešit natlakování a vypuštění pístů. Další zápornou vlastností je fakt, že po čase může dojít k poškození pístu například prosoupáním těsnění a následně tedy bude docházet k ztrátě tlaku, což by mohlo způsobit složení vozíku během užívání, což by byl značný problém. Skládání se provádí vypuštěním pístů a odepnutím zadního kola. Tato varianta je zobrazena na obrázku 34.



Obrázek 34 - Skládání pomocí nůžkového mechanismu

Varianta B

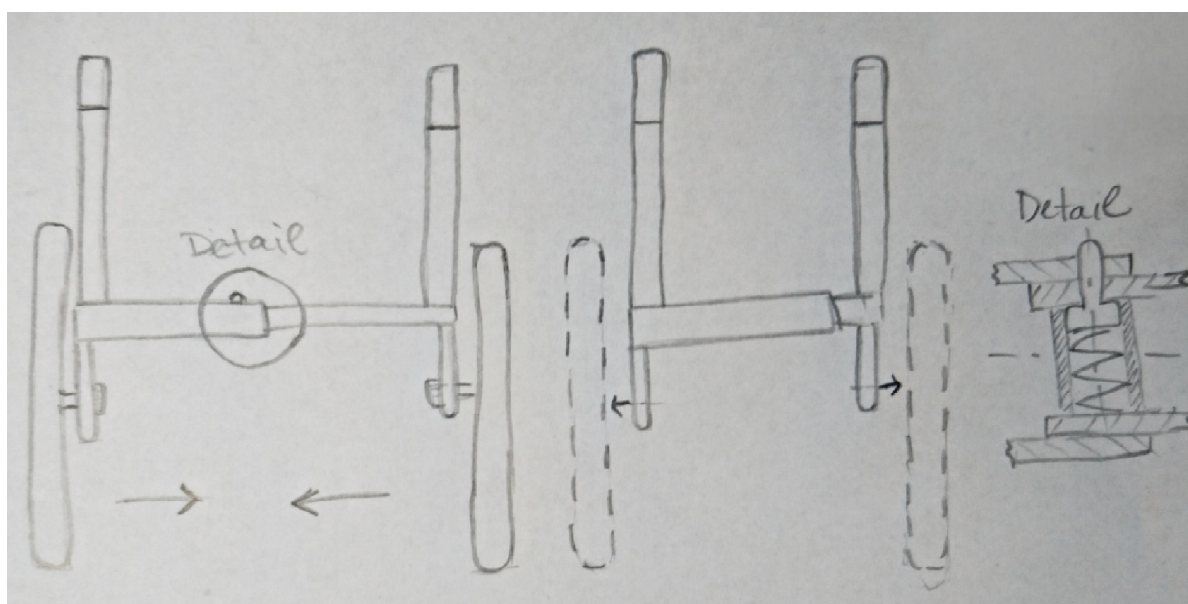
Jak je možno vidět na obrázku 35, druhá varianta je řešena pomocí kloubových mechanismů. Tento typ konstrukce má nižší hmotnost než předchozí typ, jelikož zde nejsou další přídatné prvky. Skládání je prováděno odjištěním kloubových částí a odepnutím kola pomocí rychloupínacího systému.



Obrázek 35 - Skládání pomocí kloubového mechanismu

Varianta C

Třetí varianta je založena na principu teleskopického zasouvání tyčí. Rám je rozdělen na 2 poloviny, které lze do sebe po odjištění zasunout. Tato konstrukce má nízkou hmotnost, jednoduchý způsob skládání a při odejmutí kol je i celkem skladná. Výhodou této varianty je bezporuchovost a prakticky minimální nutnost údržby. Nevýhoda je, že pokud bude mít tento vozík jinou zádovou opěrku než nylonovou, bude muset být sundavací, aby bylo umožněno složení. Složení se provádí odklopením sedačky, která odkryje skládací mechanismus. Po odjištění tohoto mechanismu je umožněno zasunutí jednotlivých polovin rámu do sebe. Dalším krokem je odepnutí zadních kol jako u předchozích variant.



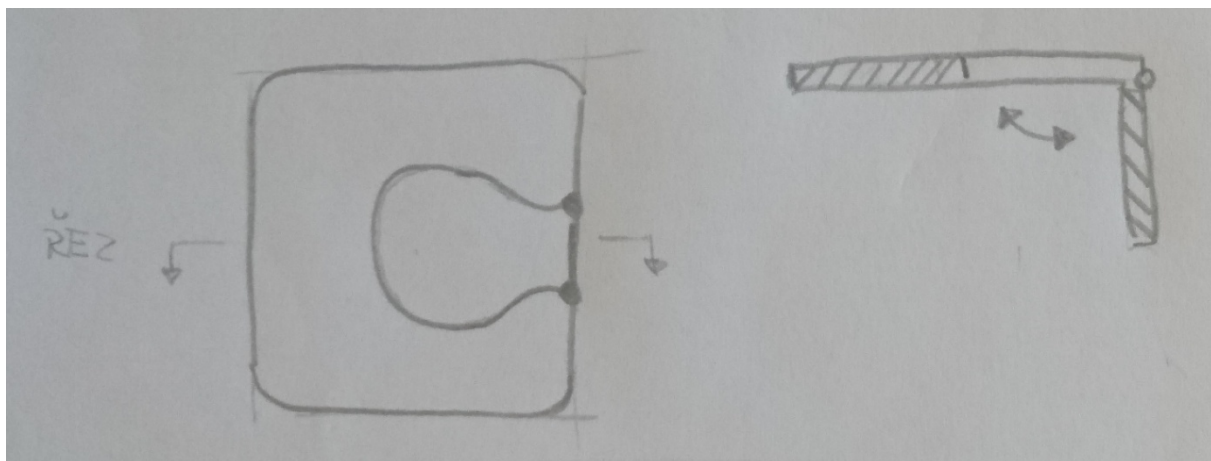
Obrázek 36 - Teleskopická varianta skládání

4.2.2 Sedák

Jak již bylo několikrát zmíněno, kvůli složitému mechanismu přisedání na toaletu je vozík navržen tak, aby bylo možné využívat toaletu bez nutnosti přisedání na WC. Proto je nezbytné přizpůsobit tomuto faktu sedák vozíku a zajistit pohodlné otvírání otvoru pro účel vykonání potřeby. Opět je možné vybrat z několika variant. Nezbytnou nutností sedáku je zvolení vhodného a pohodlného materiálu včetně správného ergonomického tvarování tak, aby dlouhodobé sezení nevedlo k dekubitům – otláčeninám zabraňujícím správnému proudění krve v těle. Pobyť na vozíku bude tím pádem pro hendikepovaného člověka pohodlnější.

Varianta A

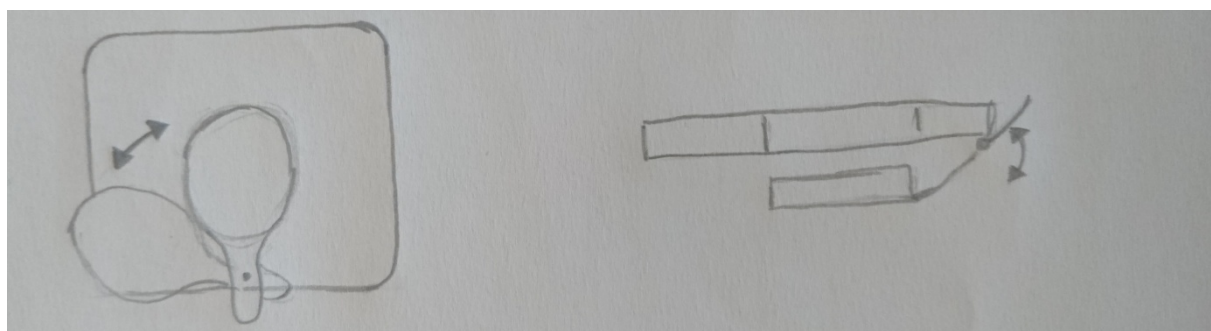
Principem této metody je vyklápěcí víko upevněné pomocí pantu a zajištěné pomocí tyčky. Po vytáhnutí tyčky se víko sklopí a vozíčkář může zacouvat na toaletu. Nevýhodou tohoto řešení je fakt, že při zapomenutí včasného odklopení by hendikepovaná osoba musela odjet z WC, odklopit víko a znovu zacouvat.



Obrázek 37 - Sklápěcí víko sedáku

Varianta B

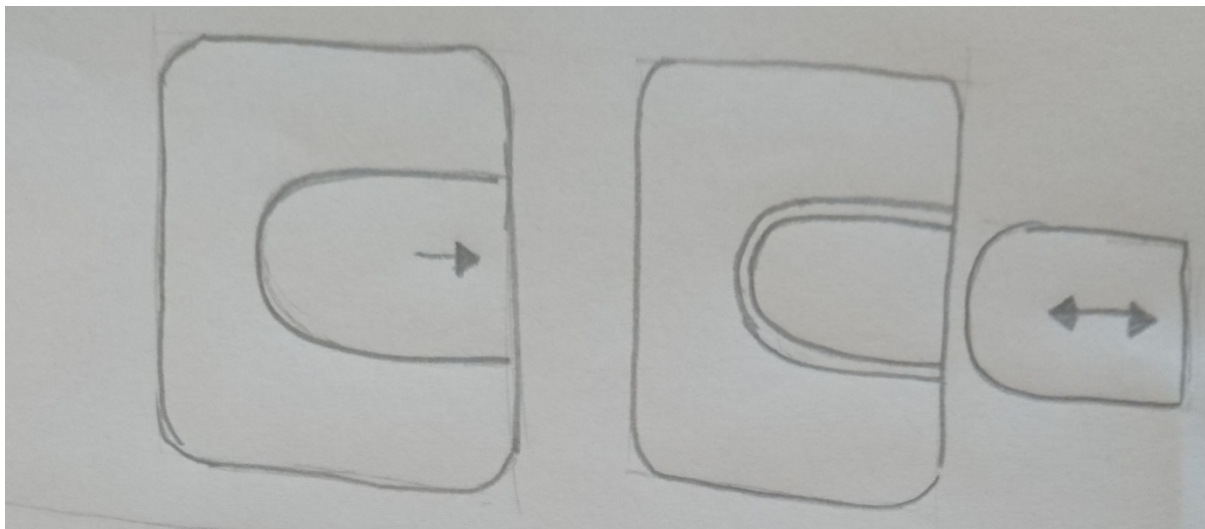
V této variantě je možnost zajištění otvoru pro vykonání potřeby řešena pomocí kloubu, který umožňuje vyklopení a následné otočení části sedačky do strany. Postup uvolnění otvoru se skládá ze dvou kroků. V prvním kroku dojde ke sklopení páky směrem dolů, v kroku druhém dojde k následnému otočení sklopené páky do strany. Na rozdíl od předchozí varianty lze otvor uvolnit i přímo na toaletě. Nevýhodou této varianty je velikost výklopné části, neboť by při jejím vytočení směrem do strany docházelo ke kolizi s rámem invalidního vozíku.



Obrázek 38 - Kloubové otevírání sedačky

Varianta C

Poslední varianta vedoucí k uvolnění otvoru je založená na vysouvání přední části sedáku. Výsuvná část je uložena v drážce a zajištěna tvarovou plochou, aby nedocházelo k vypadávání výsuvné části při běžném užívání vozíku. Vysunutí této části je velmi jednoduché a rychlé



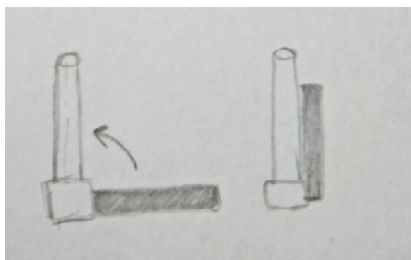
Obrázek 39 - Vysouvací víko

4.2.3 Podnožky

Nedílnou součástí invalidního vozíku je pohodlné podepření nohou a to pomocí podnožek. Ideálním a zároveň estetickým řešením je podnožka z jednoho kusu – je na ní dostatek místa a zároveň zpevňuje rám vozíku. Tato varianta se ale objevuje jen u invalidních vozíků s pevným rámem, nikoliv u vozíků s rámem skládacím. Samozřejmostí je nastavitelnost výšky podnožek, jelikož každý pacient má dolní končetiny jinak dlouhé. Při nesprávném položení nohou by mohlo docházet ke stlačování stehenního svalstva a špatnému prokrvování (v případě podnožek příliš nízko), v opačném případě by docházelo k nesprávnému rozložení hmotnosti vozíčkáře na sedačce.

Varianta A

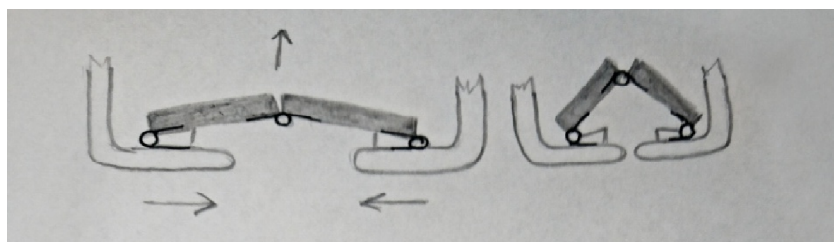
První variantou je klasická verze podnožek, kdy je k dispozici pro každou nohu samostatná podnožka. Tento typ podnožek se při skládání vozíku sklopí do vertikální polohy, a tudíž nezasahují samotnému složení rámu.



Obrázek 40 - Běžné řešení podnožek

Varianta B

Druhá varianta se snaží přiblížit ideálu, tedy podnožce z jednoho dílu pro obě nohy. Aby bylo zároveň umožněno skládání vozíku, je podnožka rozdělena na poloviny, mezi kterými je přimontovaný jednoduchý pant. Panty se nachází také na rámu vozíku. Při skládání se podnožka zlomí do tvaru písmene A, jak je ukázáno na obrázku 41. Je nutné předpokládat, že kdyby byly podnožky v úhlu 180°, mohlo by dojít při skládání k jejich zapříčení. Proto jsou na rámu vozíku uloženy pod mírným úhlem.



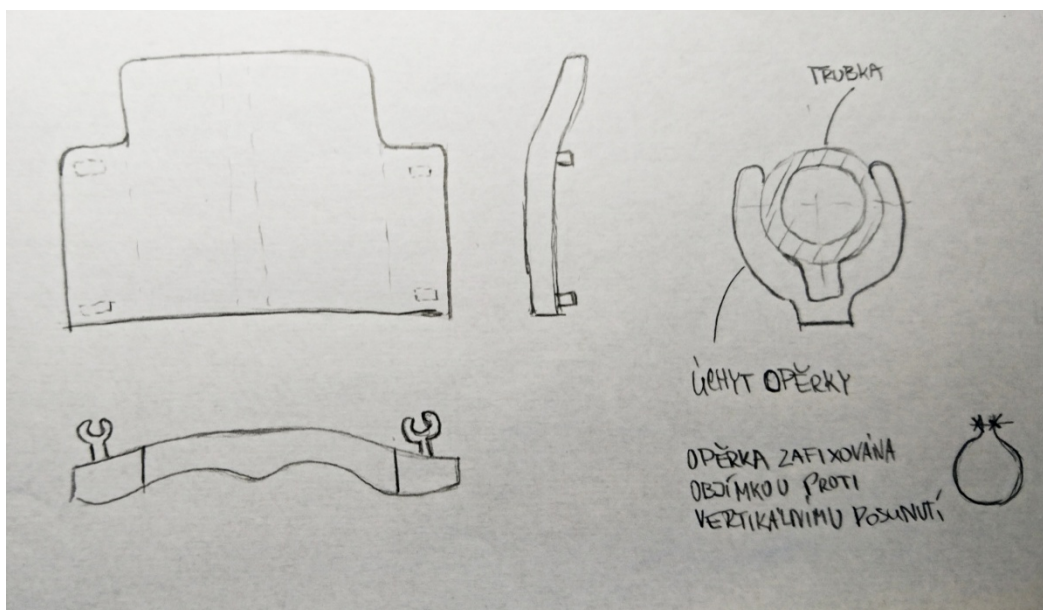
Obrázek 41 - Podnožka řešená pomocí pantů

4.2.4 Zádová opěrka

Při návrhu zádové opěrky je nutné mít na paměti, že tato nedílná součást invalidního vozíku určuje polohu páteře a celého sedu uživatele, tudíž je při jejím návrhu nutnou brát v potaz ergonomické hledisko. Páteř by měla být v přirozené poloze, tedy neměla by se vychylovat z osy a v bokorysu by měla opěrka kopírovat přirozené zakřivení páteře. Jelikož se jedná o aktivní invalidní vozík, měla by opěrka končit pod lopatkami uživatele, aby ho neomezovala v pohybu.

Varianta A

První variantou je plastová zádová opěrka. Tato opěrka je ergonomicky tvarovaná a tím kopíruje páteř a udržuje pacienta ve zdravé poloze sedu. Na rámu vozíku je uchycena pomocí úchytů, které jsou zobrazeny na skice i se samotnou opěrkou. Opěrka je zacvaknutá na zadních trubkách a pojištěna objímkou proti sklouznutí.



Obrázek 42 - Řešení plastové zádové opěrky

V

Varianta B

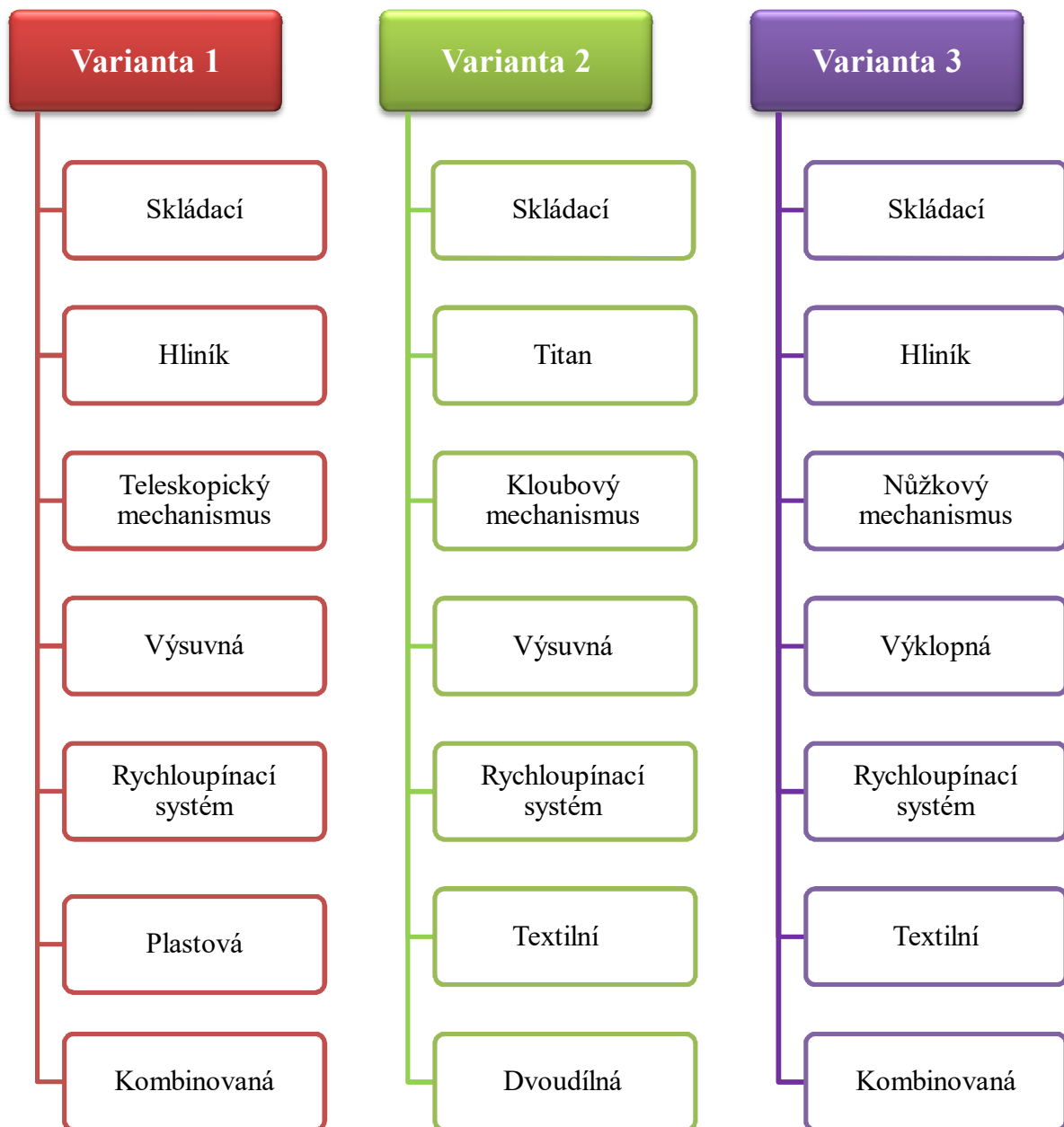
Druhou variantou je polstrovaná ergonomicky tvarovaná zádová opěrka vyrobená z nenasákavých materiálů, a tedy je vhodná i pro použití ve sprše. Výhodou této varianty je pohodlnější sezení, než u předchozí varianty.

4.2.5 Návrh orgánové struktury technického systému

Návrh orgánové struktury technického systému, v tomto případě invalidního vozíku, byl zpracován pomocí morfologické matice – tabulka 5. Byly vytvořeny 3 varianty konstrukce, jejichž přehlednější zobrazení můžete vidět na obrázku 43.

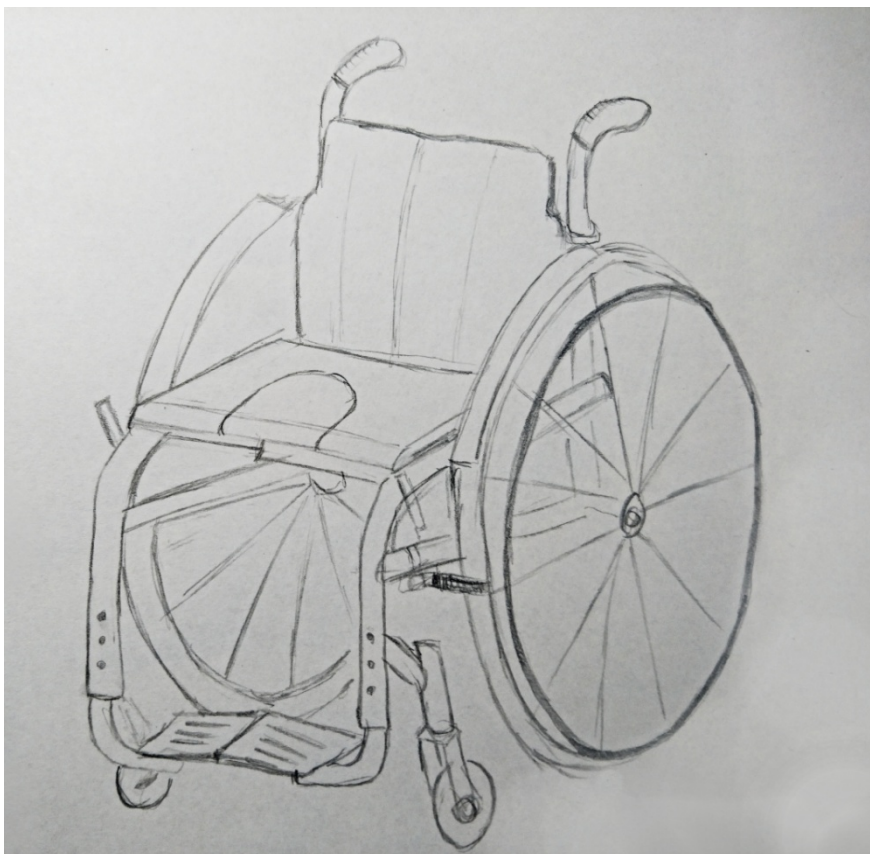
Tabulka 5 - Morfologická matice

Funkce	1	2	3	4
Variabilita rámu	Pevný	Skládací		
Materiál rámu	Ocel	Titan	Hliník	
Skládání rámu	Nůžkový mechanismus	Kloubový mechanismus	Teleskopický mechanismus	Žádné
Sedačka	Výsuvná	Výklopná	Vytáčečí	
Uchycení zadních kol	Rychloupínací systém	Pevné přišroubování		
Zádová opěrka	Plastová	Textilní	Nylonová	
Podnožka	Jednodílná	Dvoudílná	Kombinovaná	

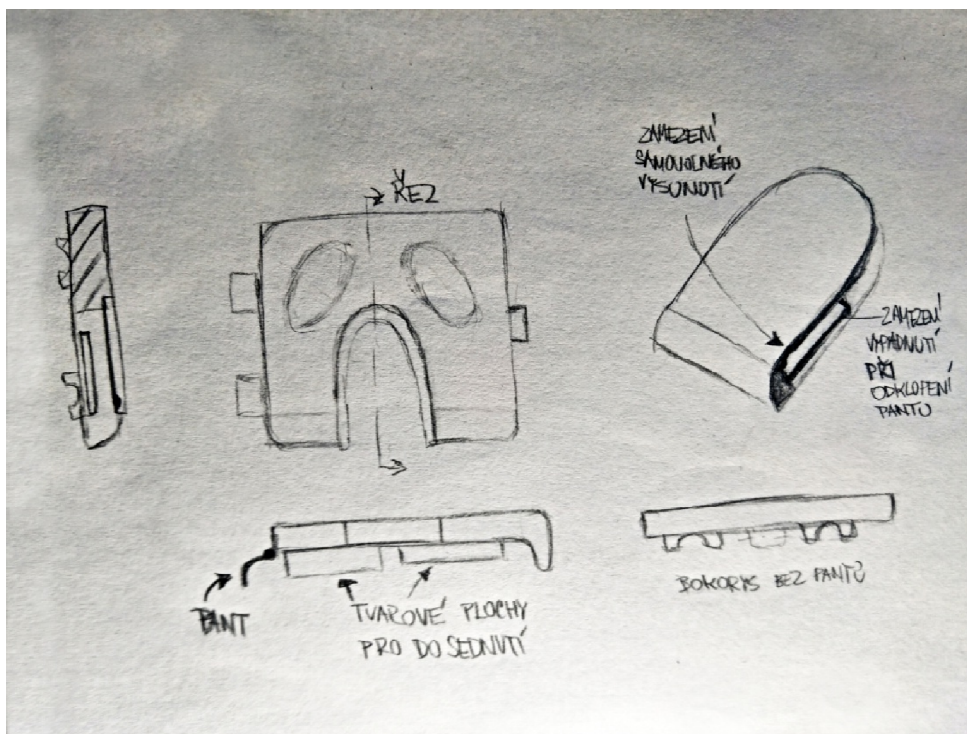


Obrázek 43 - Rozepsání variant pro lepší přehlednost

Jako nejlepší varianta, která bude řešena v následujících kapitolách, byla zvolena varianta 1. Tato varianta se jeví jako nejvhodnější z ekonomického hlediska, což je jeden z hlavních požadavků. Zároveň vyniká jednoduchou konstrukcí a praktičností.



Obrázek 44 - Konečný návrh invalidního vozíku



Obrázek 45 - Řešení sedáku, který musí být odklápěcí z důvodu pojištění rámu vozíku pod sedákem

4.3 Výběr materiálů jednotlivých částí

Tato kapitola se zabývá výběrem nejvhodnějších materiálů pro jednotlivé části univerzálního vozíku vzhledem ke správné funkci a k ekonomické stránce.

4.3.1 Materiál rámu

Jelikož je od prototypu univerzálního vozíku požadována co nejnižší hmotnost avšak vzhledem k dostatečné tuhosti a zároveň co nejnižší cena, byla pro rám zvolena hliníková slitina EN AW 6061, kde se poměr těchto dvou sledovaných kritérií zdá být nejvýhodnější. Aby byla zajištěna dostatečná odolnost povrchu, byla zároveň zvolena konečná povrchová úprava – práškové lakování. Díky tomu se může navíc vozík vyrábět ve více barevných variantách, což zlepší celkový estetický dojem.

4.3.2 Materiál sedáku a zádové opěrky

Hlavním požadavkem materiálu sedáku je to, aby byl antibakteriální a omyvatelný z důvodu používání vozíku ve sprše a na toaletě.

Antibakteriální úpravy materiálů spočívají v přidání antibakteriálního činidla do základního materiálu nebo na jeho povrch. Tyto aditiva mohou být organického či anorganického charakteru. K organickým se řadí různé chemikálie určené k léčbě infekcí, alkoholy a antibiotika. Tato organická činidla jsou většinou aplikována pouze povrchově. Jejich nevýhodou je, že většinou dokážou zabránit přežití či množení pouze malého spektra druhů bakterií, proto se dává přednost dražším, ale účinnějším anorganickým činidlům (částčkám různých kovů).

Co se týče anorganických antibakteriálních činidel, spadají sem zejména mikro a nanočástice kovů, konkrétně jejich ionty a sloučeniny. Nejvíce používané jsou ionty stříbra (Ag^+), zinku (Zn^{2+}), titanu (Ti^4) a platiny (Pt^{2+}). Nejvíce používané je stříbro, jehož ionty se přidávají do velkého množství pomůcek ve zdravotnictví, jelikož stříbro dokáže zneškodnit obsáhlou škálu bakterií a chrání povrch před bakteriálním osídlením a vytvoření biofilmu. Hlavní výhodou oproti antibiotikům je skutečnost, že zde nemůže vzniknout tak zvaná mikrobiální rezistence (bakterie si zvyknou na daný typ antibiotik a po čase mu již odolávají), která běžně nastává u antibiotických činidel.[53]

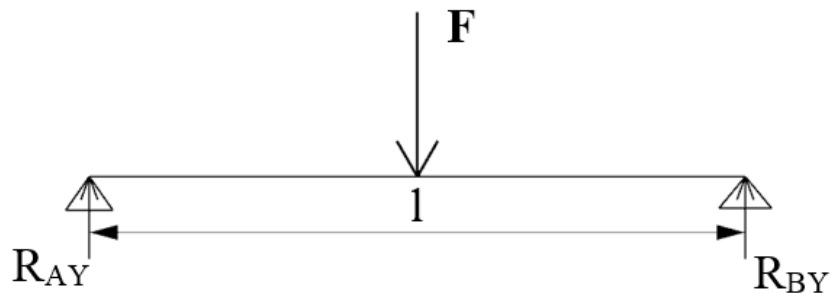
Sedák a zádové opěrka mohou být vyrobeny technologií rapid prototyping neboli 3D tiskem. Jako materiál byl zvolen antibakteriální plast, konkrétně filament smartfillmedical. Tento plast je používán ve zdravotnictví a splňuje podmínky biokompatibility podle normy ISO 10993-1.

4.3.3 Materiál podnožek

Samotné podnožky budou vyrobené z plastu PETG (Polyethylentereftalát) pomocí technologie rapid prototyping. Tento materiál byl vybrán po konzultaci s firmou Prusa Research s.r.o.. PETG je druh materiálu, který je odolný vůči chemickým sloučeninám, jako například kyselinám a rozpouštědlům a také je nenavlhavý.

4.4 Výpočty

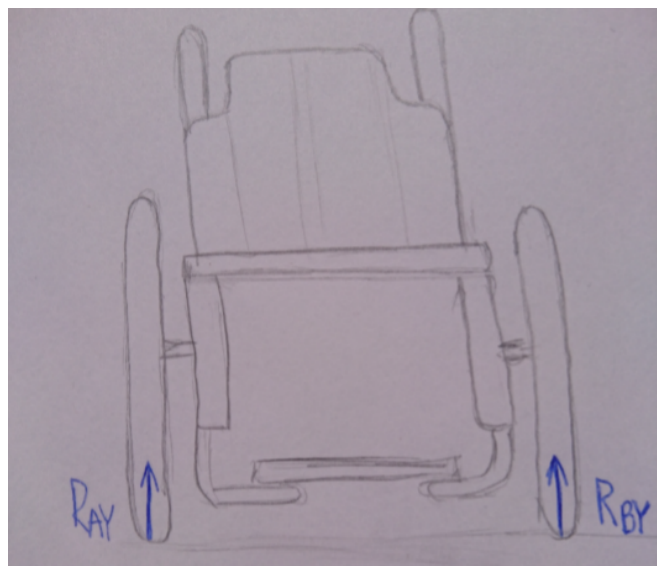
Invalidní vozík je navrhován pro uživatele o hmotnosti 120 kg, proto se počítá s přibližným zatížením 1 200N. Síla na kola je rozložena rovnoměrně a reakce v zadních kolech, které pojmají většinu zatížení, lze zjednodušeně počítat jako nosník na dvou podporách.



$$F=1200N$$

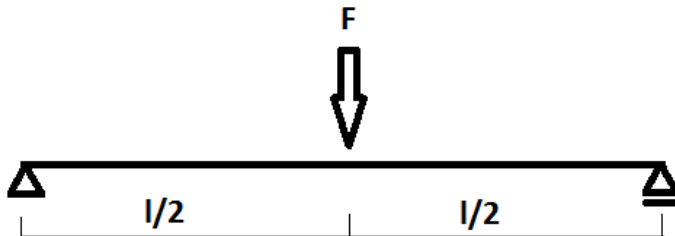
$$M_A : F \cdot \frac{l}{2} - R_{BY} \cdot l = 0$$

$$R_{BY} = \frac{1200}{2} = 600N = R_{AY}$$



Obrázek 46 - Reakce v kolech

Dále byl počítán průhyb užší trubky, která je zasouvána do druhé poloviny rámu. Průhyb nosníku zatíženého osamělou silou uprostřed (obrázek 47) lze vypočítat pomocí principu virtuálních sil.



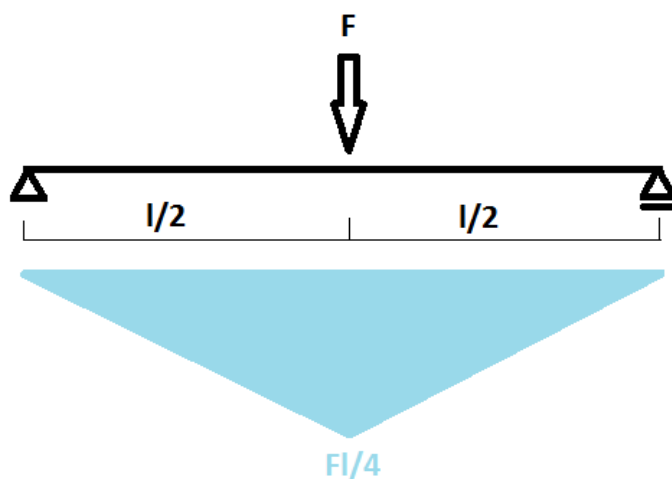
Obrázek 47 - Nosník zatížený osamělou silou uprostřed

V místě, kde chceme určit průhyb, uvažujeme zatížení jednotkovou silou. Za předpokladu, že posouvající a normálové síly mají zanedbatelný vliv na deformaci nosníku, lze průhyb vyjádřit vztahem:

$$w = \frac{\int_0^l M(x)\delta M(x)dx}{EI_y},$$

Kde E je Youngův modul pružnosti, I_y je moment setrvačnosti k vodorovné ose, $M(x)$ představuje funkci ohybového momentu od zatížení silou F a $\delta M(x)$ je funkce virtuálního ohybového momentu od zatížení jednotkovou silou.

Průběh funkce ohybového momentu od zatížení silou F je předmětem obrázku 48.



Obrázek 48 - Průběh ohybového momentu od zatížení silou F

Funkci ohybového momentu od zatížení silou F lze pro úsek $\langle 0; l/2 \rangle$ určit jako:

$$M(x) = \frac{Fx}{2},$$

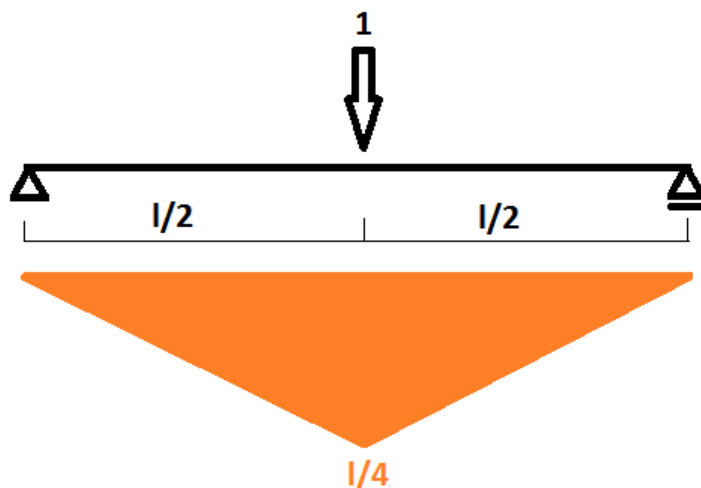
kde $x \in \langle 0; l/2 \rangle$. Pro $x=l/2$ tak získáme maximální hodnotu $M(l/2)=Fl/4$.

Průběh funkce ohybového momentu od skutečného zatížení F na úseku $\langle l/2; l \rangle$ získáme vztahem:

$$M(x) = \frac{Fl}{4} - \frac{Fx}{2},$$

kde $x \in \langle 0; l/2 \rangle$.

Postup v případě určení funkce ohybového momentu pro zatížení jednotkovou silou je analogický. Průběh funkce ohybového momentu od zatížení jednotkovou silou je zobrazen na obrázku 49.



Obrázek 49 - Průběh momentu od zatížení jednotkovou silou

Funkci ohybového momentu od zatížení jednotkovou silou lze vyjádřit pro úsek $\langle 0; l/2 \rangle$ jako:

$$\delta M(x) = \frac{x}{2},$$

kde $x \in \langle 0; l/2 \rangle$,

a pro úsek $\langle l/2; l \rangle$ vztahem:

$$\delta M(x) = \frac{l}{4} - \frac{x}{2},$$

kde $x \in \langle 0; l/2 \rangle$.

V tomto případě, kdy průběh funkce ohybového momentu od zatížení skutečnou silou F i od zatížení jednotkovou silou je symetrický, lze psát:

$$\int_0^l M(x)\delta M(x)dx = 2 \int_0^{l/2} M(x)\delta M(x)dx.$$

Integrál lze tedy vyjádřit jako:

$$2 \int_0^{l/2} M(x)\delta M(x)dx = 2 \int_0^{l/2} \frac{Fx}{2} \frac{x}{2} dx,$$

Dosazením tohoto výrazu do vztahu pro vyjádření průhybu a vyřešením integrálu dostaneme obecný vztah:

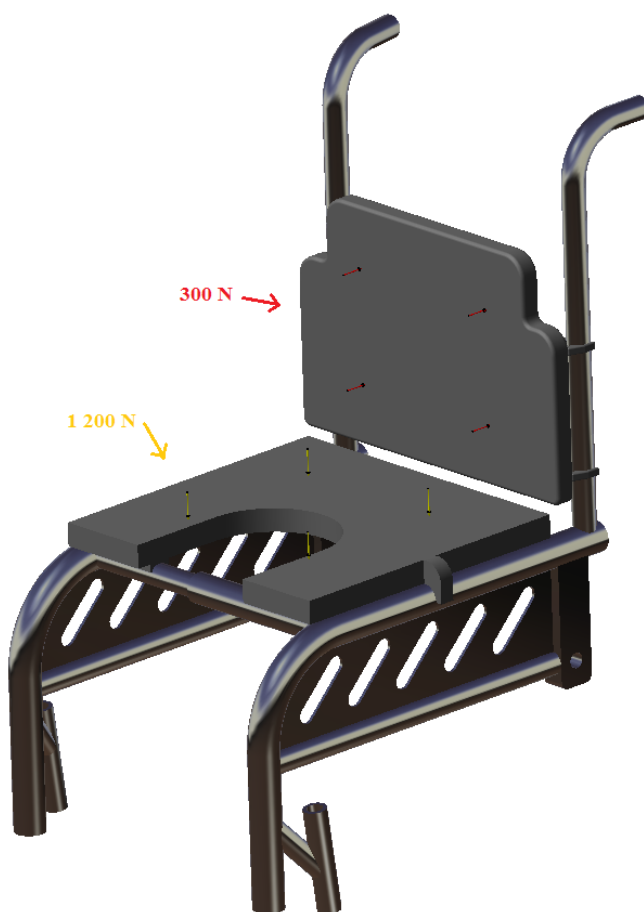
$$w = \frac{Fl^3}{48EI_y}.$$

Pro nosník s dutým kruhovým průřezem, kde $D = 30 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$, $E = 68,9 \text{ GPa}$ a $l = 0,41$ a zatížení silou 1200 N dostaneme průhyb $w = 0,000784 \text{ m} = \mathbf{0,784 \text{ mm}}$.

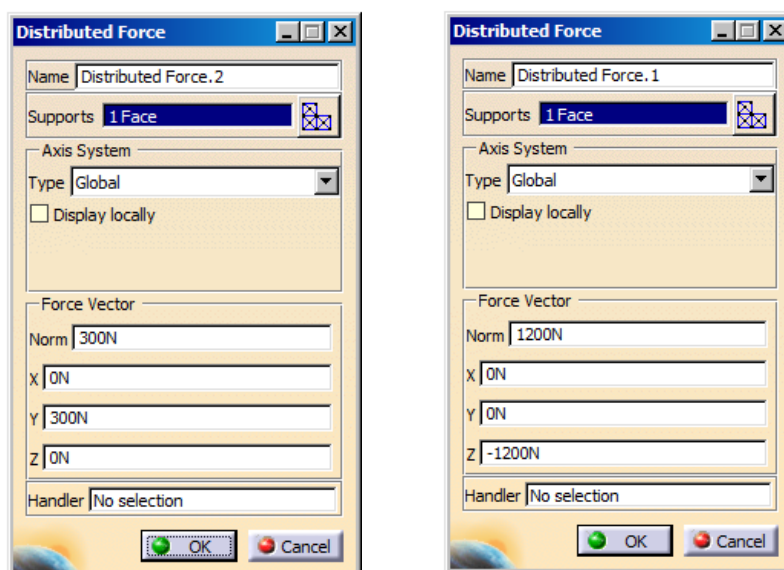
4.5 FEM analýza

Analýza rámu společně se sedákem a zádovou opěrkou byla provedena v softwaru Catia V5R21, kde byl současně vytvářen kompletní model.

Model byl zasíťován a zatížen silou 1 200 N ve směru kolmém na sedačku, jelikož je počítán pro osobu o hmotnosti 120 kg. Opěrka byla zatížena silou 300 N opět v kolmém směru.

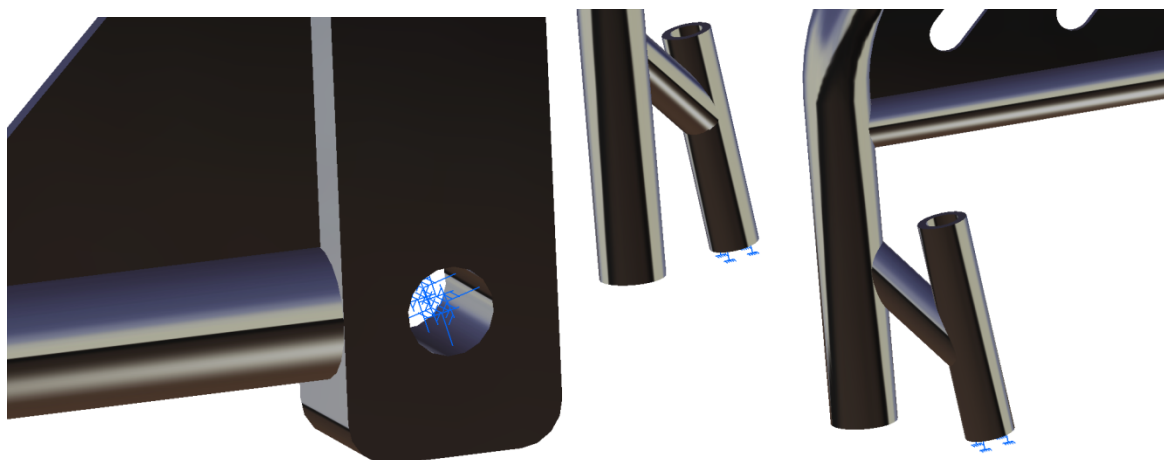


Obrázek 50 - Znáznornění zatížení rámu invalidního vozíku



Obrázek 51 - Nastavení zatížení

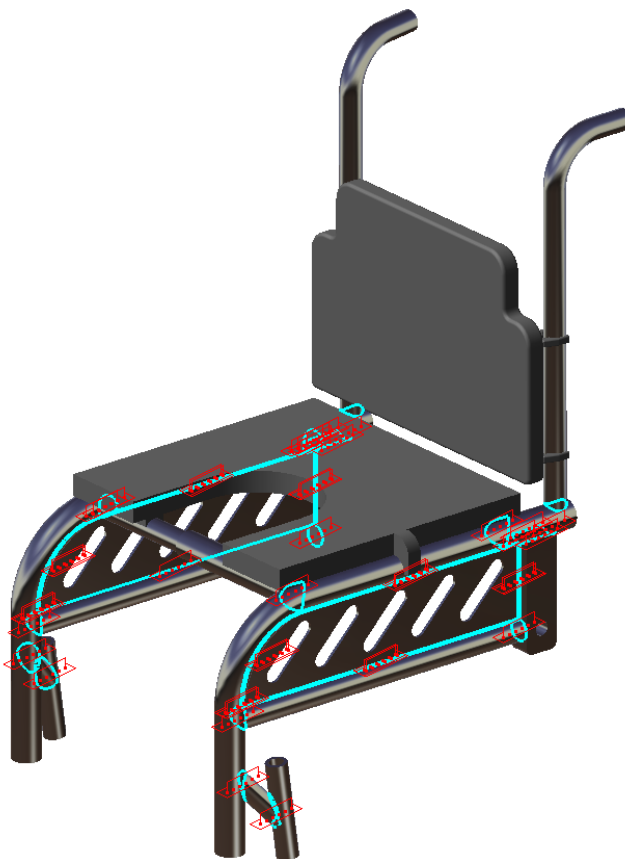
Model byl uchycen vetknutím v místě předních a zadních kol, jelikož v tomto místě nebude docházet k posuvu. Jinými slovy došlo pomocí těchto vetknutí k odebrání stupňů volnosti v místě kol.



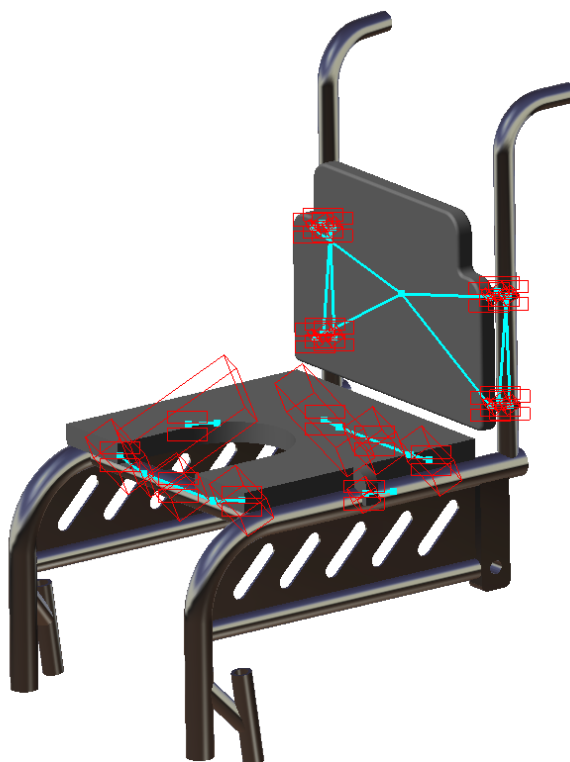
Obrázek 52 - Vetknutí v místech spojení s koly

Jelikož se jedná o svařovaný rám, bylo nutné při počítání analýza s těmito svary počítat a správně zvolit jejich vazbu. Zadání svarů je ukázáno na obrázku 53.

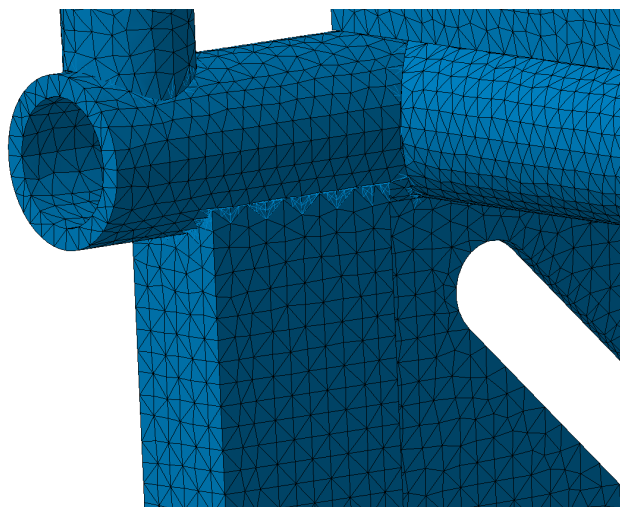
Dále bylo zadáno spojení kontaktních ploch a určení plošných vazeb v těchto kontaktních plochách, tedy v plochách dotyku sedáku a opěrky s rámem. Také byl nastaven zákaz posuvu teleskopických trubek vůči sobě. Zákaz posuvu byl také zadán v místě upevnění zádové opěrky, neboť zde dochází k zaražení o objímku.



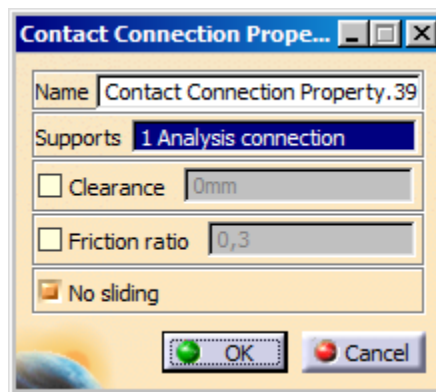
Obrázek 53 - Zadání podmínek svarů - modré čáry znázorňují umístění svaru, červené značky znázorňují vazbu svaru, se kterou program dále počítá.



Obrázek 54 - Ukázka zadaných plošných vazeb - dotyků

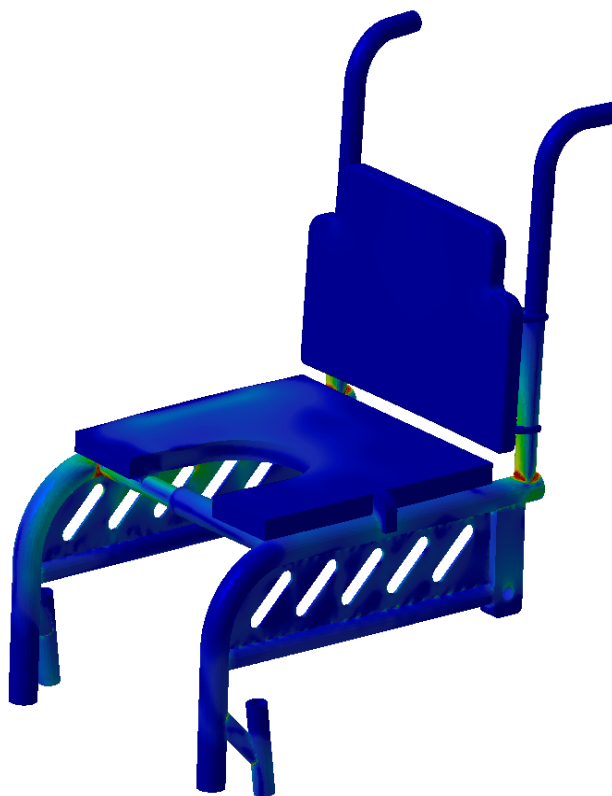


Obrázek 55 - Ukázka sítě



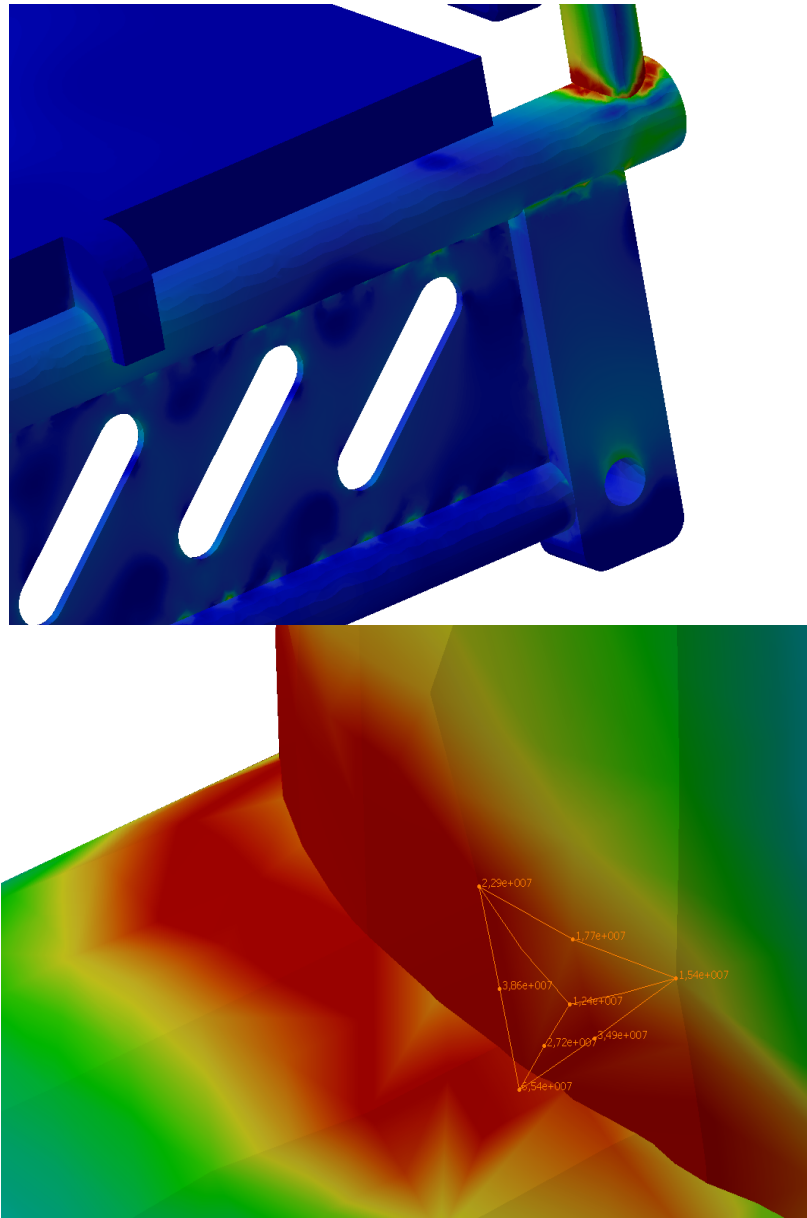
Obrázek 56 - Ukázka podmínky zákazu posuvu "No sliding"

Po zadání veškerých podmínek byla provedena deformační a napěťová analýza. Na základě výsledků těchto analýz bylo zjištěno, že největšího napětí je dosaženo v místě spoje sedáku s podélnou trubkou levé části rámu o průměru 40 mm. Napětí v tom místě dosahuje hodnoty přibližně 185 MPa, což odpovídá přibližně 60 procentům meze pevnosti navrženého materiálu (slitina EN AW 6061 – T6). Celkové napěťové zatížení je možno vidět na obrázku 57.



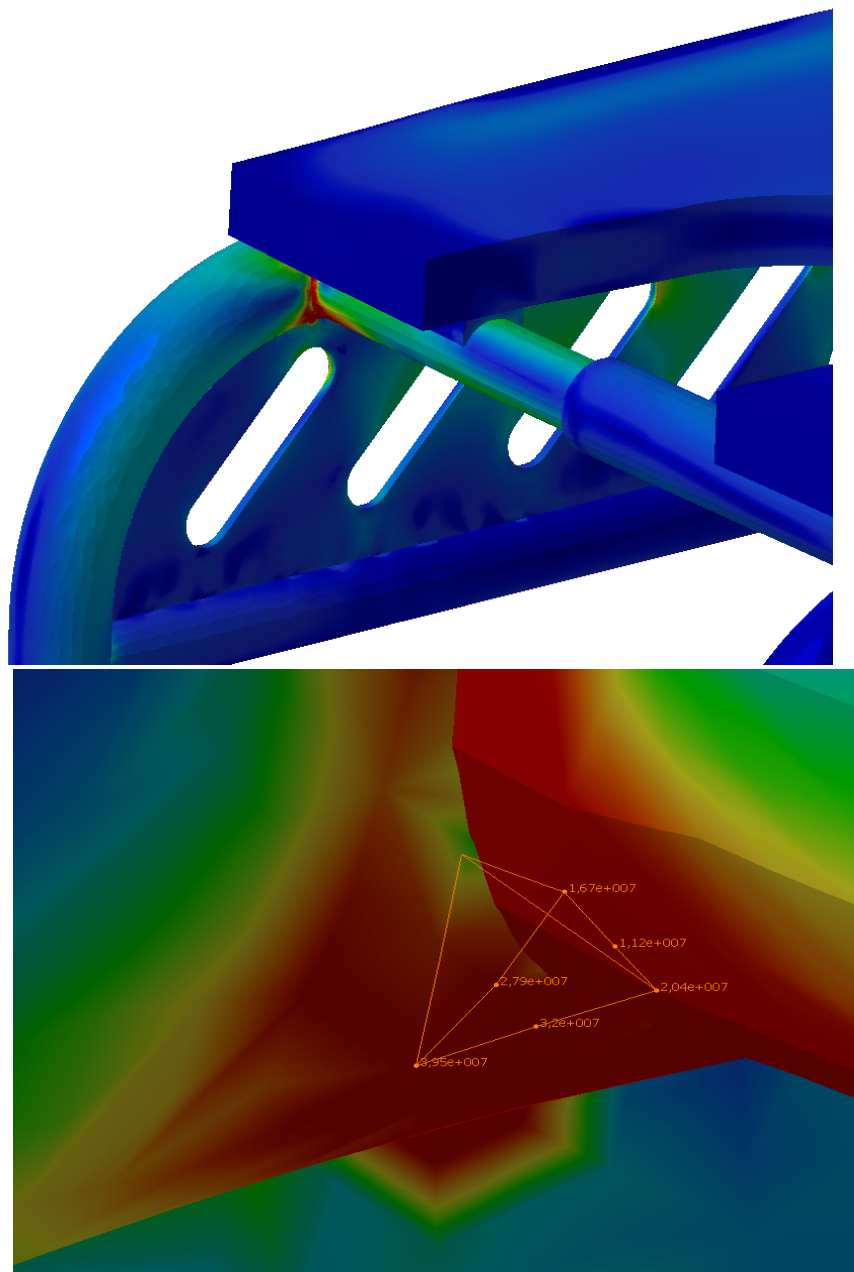
Obrázek 57 - Rozložení napětí

Z napěťové analýzy je možno také vidět napětí v jednotlivých místech svarových spojů. K největšímu napětí svarového spoje dochází v místě podélné trubky o průměru 40 mm s trubicou svislou vedoucí k rukojetím, přičemž maximální napětí v tomto svarovém spoji je 65,4 MPa. Ukázka napětí v tomto svarovém spoji včetně konkrétního detailu je možno vidět na obrázku 58.



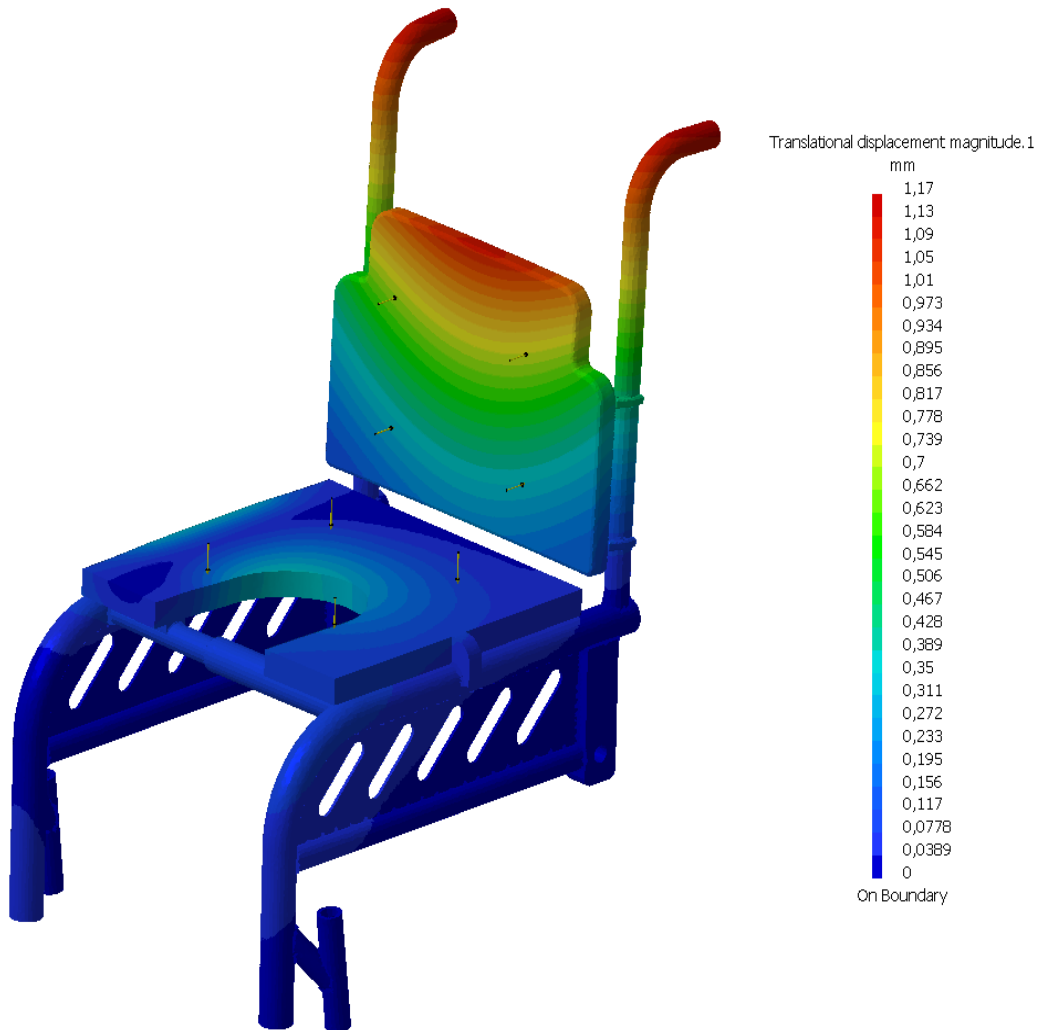
Obrázek 58 – napětí na rozmezí horizontální a vertikální trubky

Ve svarovém spoji mezi podélnou trubkou levé části rámu o průměru 40 mm s příčnou trubkou o průměru 30 mm dosahuje maximální napětí hodnoty 39,5 MPa. Toto místo a konkrétního detail je možno vidět na obrázku 59.



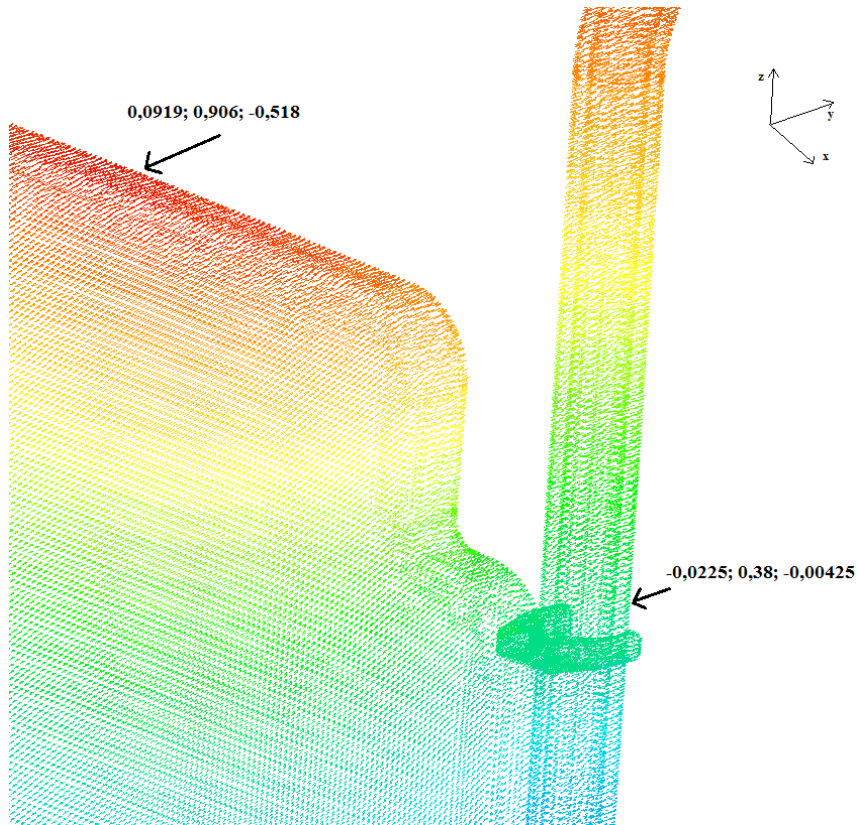
Obrázek 59 - Napětí ve svarovém spoji pod sedákem

Z deformační analýzy je možno vidět, že největšího posunutí je v místě konců svislých trubek sloužících k možnosti vedení vozíku druhou osobou, tedy v místě tzv. volných konců. Zároveň je na obrázku 60 vidět, že v místě vetknutí tedy v místě předních a zadních kol je hodnota posunutí nulová (tmavě modrá barva).



Obrázek 60 - Výsledná deformace rámu; Největší deformace je v místě volných konců, tedy rukojetí a záďové opěrky. Tato deformace je 1,17 mm

Na obrázku 61 je možno vidět posunutí konkrétních bodů v konkrétních místech



Obrázek 61 - Příklady konkrétních posunutí

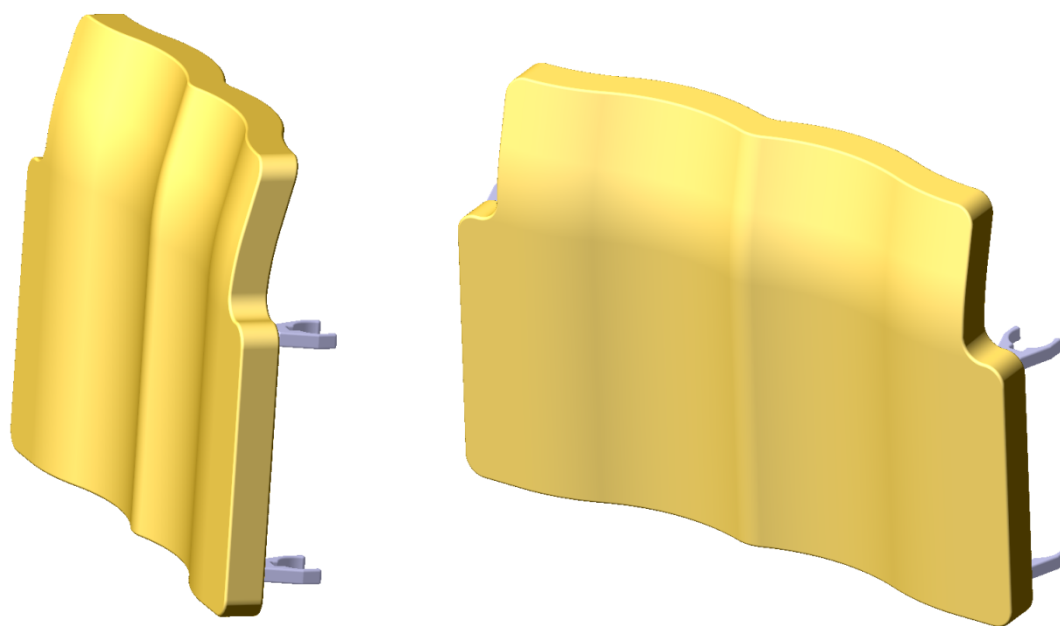
Při porovnání ručního výpočtu maximálního průhybu příčné trubky o průměru 30 mm a průhybem zjištěným pomocí FEM analýzy je možno vidět, že při rozložené zatěžující síle 1200 N na celý rám je hodnota maximálního průhybu této tyče přibližně 0,17 mm. Je tedy vidět výrazný rozdíl oproti ručnímu výpočtu, kde byla hodnota maximálního průhybu 0,718 mm. Hodnota zjištěná při ručním výpočtu sloužila k návrhu vhodného průřezu trubek, ale jak je vidět při porovnání s výsledkem FEM analýzy, může následně sloužit pouze jako orientační, neboť se jedná o zjednodušený výpočet při zatěžující síle pouze na příčnou trubku, nikoliv na celý rám, jako v případě výpočtu pomocí FEM analýzy.

4.6 Výsledný model

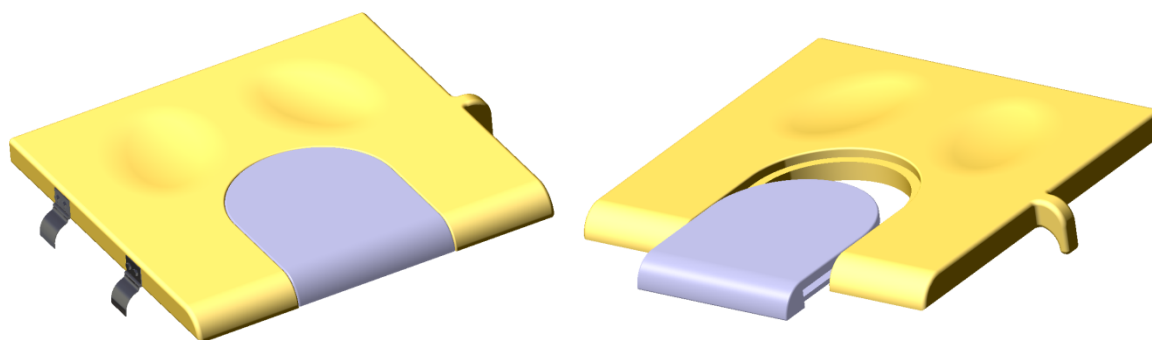
3D model invalidního vozíku byl vytvořen v softwaru Catia V5R21. Na obrázcích je ukázán výsledný celkový model a různé detaily jednotlivých součástí.



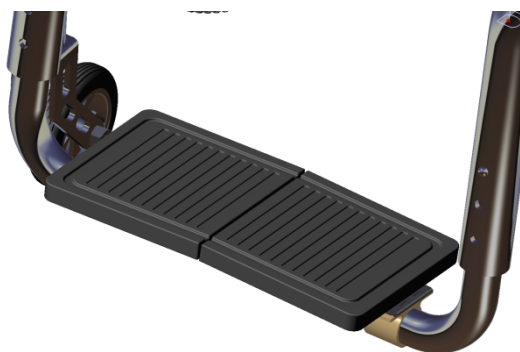
Obrázek 62 - Sestava invalidního vozíku



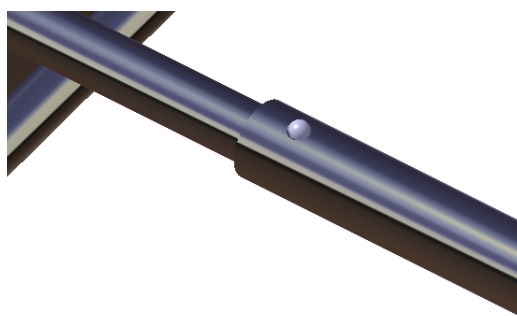
Obrázek 63 - Zádová opěrka



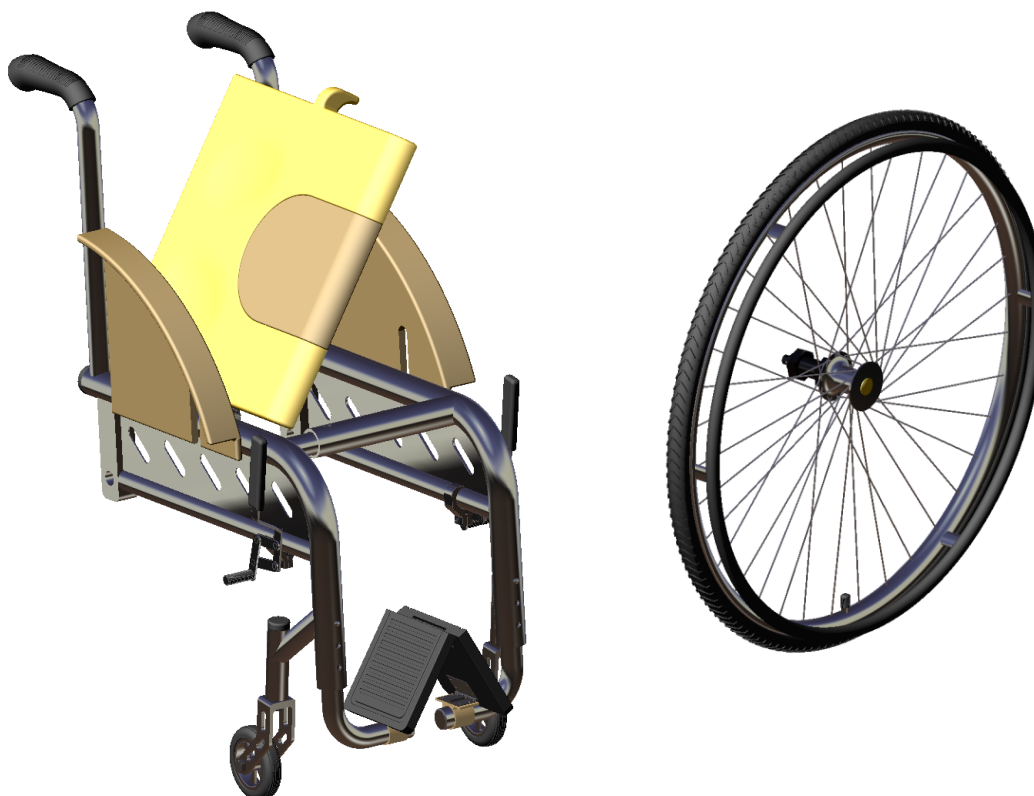
Obrázek 64 - Sedák – Vlevo na obrázku jsou ukázány panty, jimiž je sedák připevněn k rámu vozíku a lze díky nim odklápět, vpravo je ukázáno vysouvání víka a na pravé straně tvarová plocha pro lepší dosednutí na trubku rámu



Obrázek 65 - Podnožky jsou spojeny panty k rámu a navíc je pant mezi nimi - lépe vidět na obrázku složeného vozíku



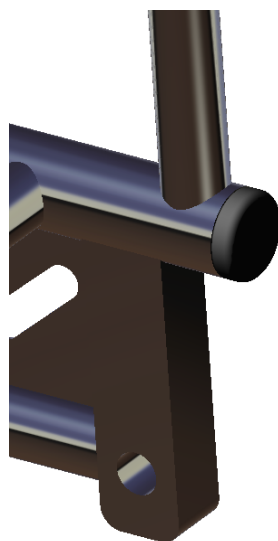
Obrázek 66 - Pojistný kolík pro zajištění rozloženého rámu



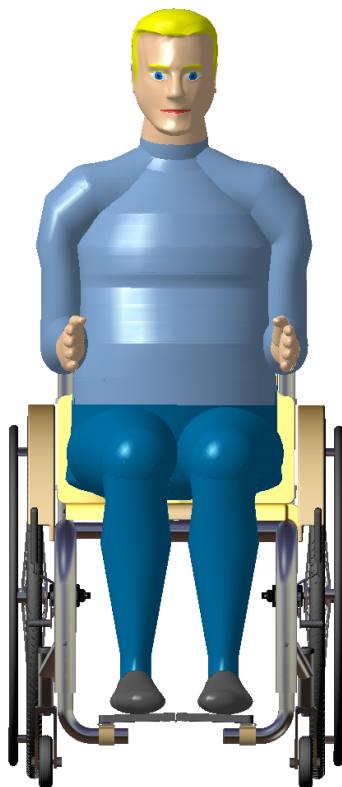
Obrázek 67 - Složený invalidní vozík - odklopením sedačky je uvolněn prostor pro odjištění a následné složení rámu, navíc lze odepnout zadní kola jednoduchým systémem



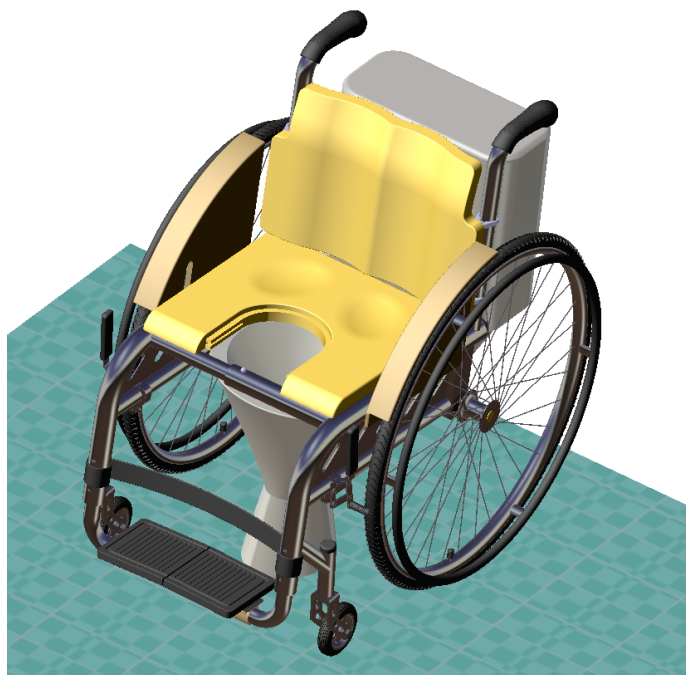
Obrázek 68 - Hliníkový rám



Obrázek 69 - Veškeré otvory jsou zaslepeny, aby nedocházelo ke vtékání vody do rámu během sprchování



Obrázek 70 - Osoba sedící na vozíku



Obrázek 71 - Umístění vozíku na toaletě

5. Technické hodnocení

Pro konstrukci rámu invalidního vozíku byl zvolen materiál EN AW6061-T6, tedy hliníková slitina, jejíž mechanické vlastnosti lze zlepšovat procesem vytvrzení. Při samotném procesu vytvrzování je důležité, aby při jeho třetím stádiu, tzv. procesu stárnutí nedošlo k překročení teploty 200°C, neboť nad touto teplotou by docházelo k rozpadu vytvořených precipitačních fází a k následnému poklesu mechanických vlastností. Optimální metodou pro svařování této slitiny je metoda TIG/WIG a to při střídavém elektrickém proudu. Jelikož byly jako polotovary konstrukce rámu zvoleny trubky kruhového průřezu, je vhodné při procesu svařování napustit válcovou dutinu argonem, což vede k dobrému provaření kořene svaru.

Samotná konstrukce svařeného rámu je z hlediska skládání řešena pomocí pravé a levé strany, přičemž pravá strana je zasunutá dvěma trubkami do protikusu (levé strany). Uvolňovacím mechanismem je zde pružina s kolíkem. Jelikož byla od vozíku požadována univerzálnost, je na rám uchycená dvoudílná sklopná sedačka, jejíž přední díl je možné při potřebě použití toalety vysunout směrem vpřed a poté opět zasunout do původní polohy. Materiálem sedačky je antibakteriální plast. Pro pohodlné užívání vozíku byla navržena ergonomicky tvarovaná opěrka. Jak již bylo řečeno výše, očekává se od vozíku celodenní univerzální využití, proto byly veškeré materiály pro rám, zádovou opěrku, sedák a veškeré další součásti voleny s ohledem na co nejlepší korozní odolnost. Pro samotný rám byla navržena navíc povrchová úprava pomocí práškového lakování. Hmotnost rámu vozíku je 7,9 kg, což je přijatelná hmotnost, která vede ke snadné manipulaci s vozíkem.

Konstrukce rámu invalidního vozíku byla navržena pro dospělého muže o hmotnosti 120 kilogramů, přibližně tedy na zatěžovací sílu 1200 N. Samotné pevnostní výpočty byly provedeny pomocí FEM analýzy v softwaru Catia V5R21. Na základě těchto výpočtů vyplývá, že mez pevnosti 290 MPa materiálu EN AW6061-T6 ve vytvrzeném stavu vyhovuje, neboť maximální napětí při daném zatížení je přibližně 180 MPa. FEM analýza poukazuje na fakt, že maximální deformační posunutí bylo dosaženo v místě volných konců, a to maximálně 1,17 mm.

6. Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení v této diplomové práci bylo provedeno na základě porovnání ceny navrženého prototypu invalidního vozíku s cenami podobných vozíků prodávaných na českém trhu. Jednotlivé ceny polotovarů či výrobních technologií potřebných k výrobě navrhovaného invalidního vozíku byly počítány na základě konzultací s jednatelem určitých firem a na základě zkušeností či dostupných informací.

Svařovaný hliníkový rám byl poptáván u firmy Tigmann, která se specializuje na svařování hliníku a nerezových ocelí. Nabídnutá cena zahrnuje nákup profilů rámu, jejich ohýbání, zhotovení AutoCad výkresů (DWG, DXF) pro výřez vodním paprskem, svařování metodou TIG, tepelné zpracování, rovnání a začištění. Cena za kompletní rám činí 11 460 Kč.

Povrchová úprava pro delší životnost rámu a jeho lepší odolnost proti korozi a povětrnostním podmínkám byla poptávána ve firmě HAUSER CZ s.r.o., která je zaměřená na metodu práškového lakování, které je oproti eloxaci výrazně ekonomicky výhodnější. Práškové lakování celého rámu včetně potřebných povrchových předúprav bylo naceněno na 680 Kč a zahrnuje základní barvu plus vrchní libovolný odstín, vytvořený samotným práškovým lakováním.

Poslední oslovenou firmou byla společnost PRUSA Research s.r.o., která se zabývá 3D tiskem. Byla poptávána zádová opěrka, sedák a podnožky. Zádová opěrka a sedák byly naceněny na 180 Kč/h kvůli dražšímu antibakteriálnímu filamentu. Odhad času výroby sedáku je 105 hodin a zádové opěrky 90 hodin. Co se týče podnožek, zde byl zvolen materiál PETG a hodinová sazba je 150 Kč/h kvůli levnějšímu materiálu. Délka jejich výroby byla odhadnuta na 20 hodin. Výsledná cena sedáku je tedy 18 900Kč, zádové opěrky 16 200 Kč a podnožek 3 000 Kč. Avšak při použití výkonnějších tiskáren s větším průměrem trysky může být výsledná cena snížena až o 40 – 50%, neboť bude nižší hodinová sazba 3D tiskárny

Ostatní položky sestavy jsou nakupované. Výslednou cenu produktu můžete vidět v tabulce 6 níže.

Tabulka 6 - Ekonomické hodnocení

<i>Položka</i>	<i>Cena (Kč)</i>
Kompletní svařený rám	11 460
Povrchová úprava	680
Sedák	18 900
Zádová opěrka	16 200
Podnožky	3 000
Zadní kola s obručí a rychloupínacím systémem	9 000
Přední kola	1 000
Ostatní drobné položky	3 000
Celková cena	63 240



Obrázek 72 – Navrhovaný univerzální invalidní vozík
Cena 63 240 Kč



Obrázek 73 - Aktivní invalidní vozík firmy Meyra
Cena od 38 841 Kč [17]

Univerzální vozík je oproti vozíku od firmy Meyra dražší, což je dáno především výrobou podnožek, dvojdílného sedáku a zádové opěrky, neboť byla pro tyto součásti zvolena technologie 3D tisku.

Hmotnost rámu navrhovaného vozíku a vozíku dostupného u firmy Meyra je téměř totožná, u navrhovaného univerzálního vozíku je to 7,9 kg, u aktivního vozíku je to 7,5 kg, tedy o 0,4 kg méně.

7. Závěr

Pro zadání této diplomové práce byla vypracována rešeršní činnost, jež obsahuje informace o začátcích a historii invalidních vozíků, přes rozdělení invalidních vozíků s mechanickým a elektrickým pohonem včetně výhod a nevýhod a možností jejich použití jednak pro osobní život tak pro sportovní činnosti. Dále jsou v rešeršní činnosti popsány jednotlivé materiály, ze kterých se vyrábí konstrukční rámy invalidních vozíků. Blíže jsou zde popsány hliníkové slitiny společně s možnostmi jejich technologického zpracování svařováním. U těchto slitin jsou dále vysvětleny možné problémy vzhledem ke korozní odolnosti a vzhledem k technologickému zpracování vytvrzením.

Vlastní řešení této diplomové práce bylo zkonstruovat invalidní vozík pro zátěžovou sílu 1200 N. Hlavními požadavky byla univerzálnost vzhledem k možnosti sprchování bez nutnosti přisedání a vzhledem k možnosti zajištění a vykonání potřeby na toaletě.

Rám invalidního vozíku byl navržen z hliníkové slitiny EN AW 6061-T6 dle EN ISO. Jednotlivé součásti a mechanismy byly konstruovány tak, aby zajišťovaly požadovanou univerzálnost, přičemž materiály těchto součástí a mechanismů byly voleny vzhledem k co možná nejlepší odolnosti vůči korozi a také v co nejnižší cenové relaci. Samotné výpočty potřebné ke správnému pevnostnímu návrhu konstruovaného rámu byly prováděny jednak ručně a jednak pomocí nástroje FEM analýzy v softwaru Catia V5R21. Provedení těchto výpočtů vedlo ke zjištění faktu, že navrhovaná slitina EN AW 6061-T6 (tedy po umělém vytvrzování) s mezí pevnosti 290 MPa vykazuje zatížení s poměrně velkou rezervou, neboť maximální napětí v rámu je přibližně 180MPa.

V závěru práce bylo provedeno ekonomické hodnocení, na základě porovnání přibližné ceny navrhovaného invalidního vozíku a ceny vozíku, který v současnosti nabízí trh hendikepovaným lidem.

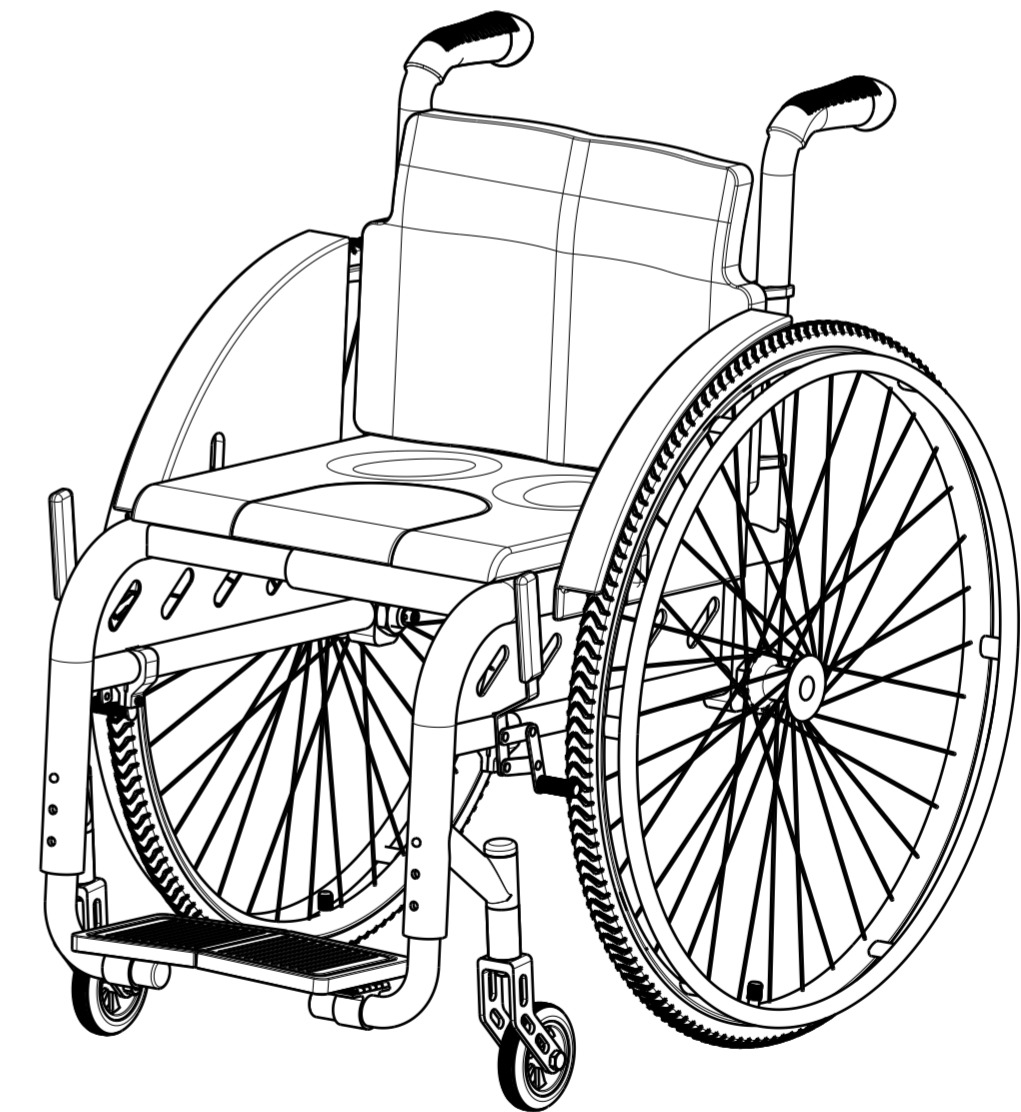
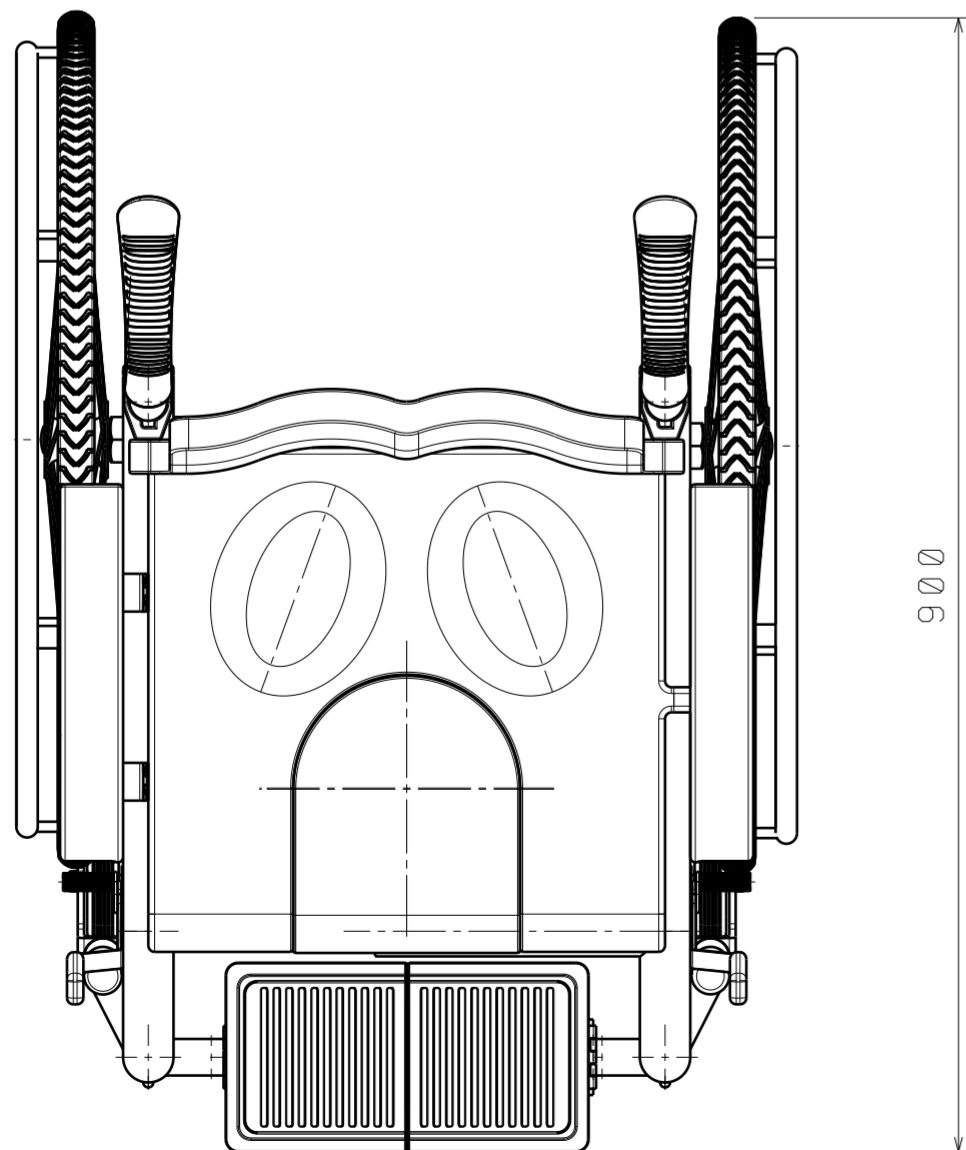
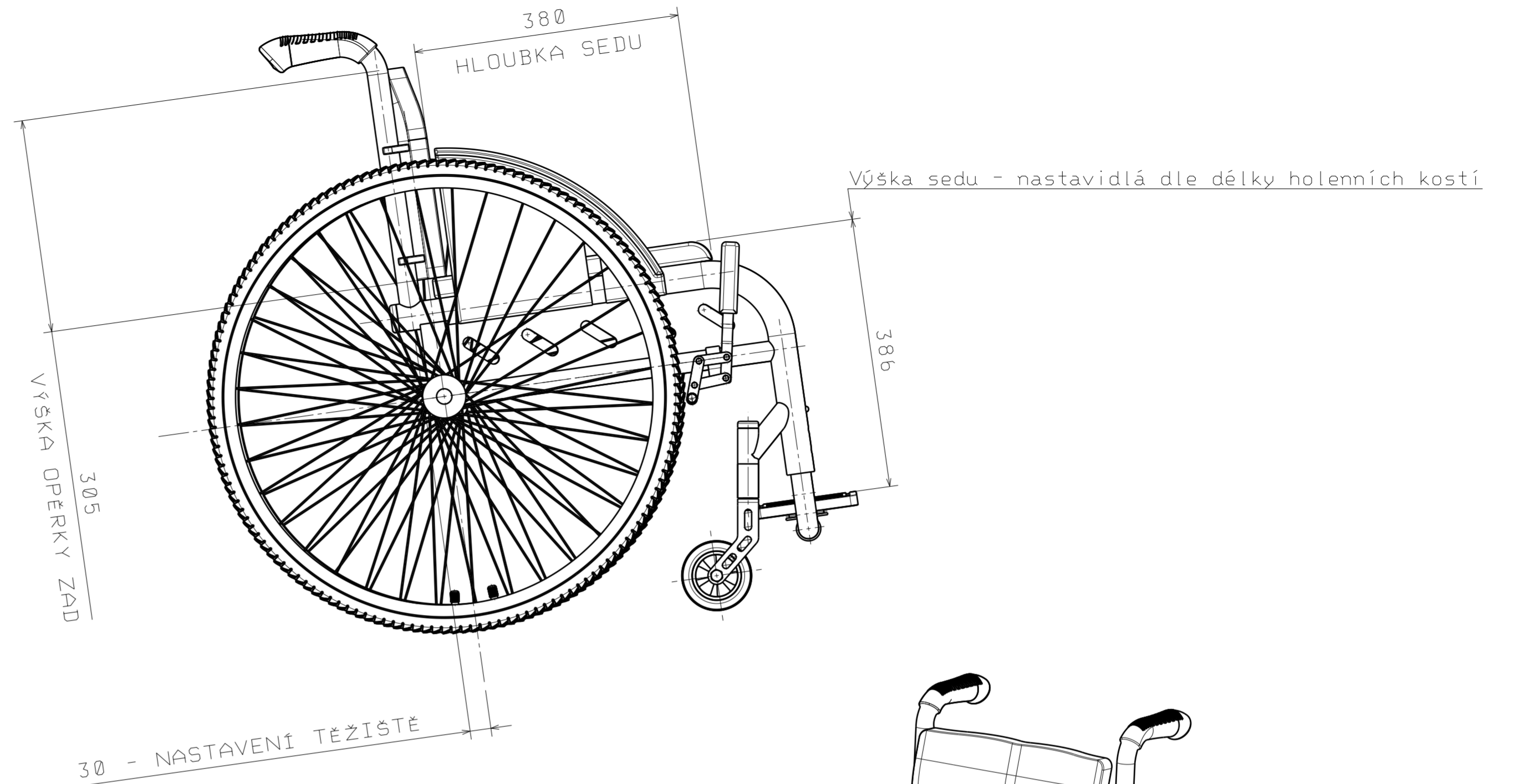
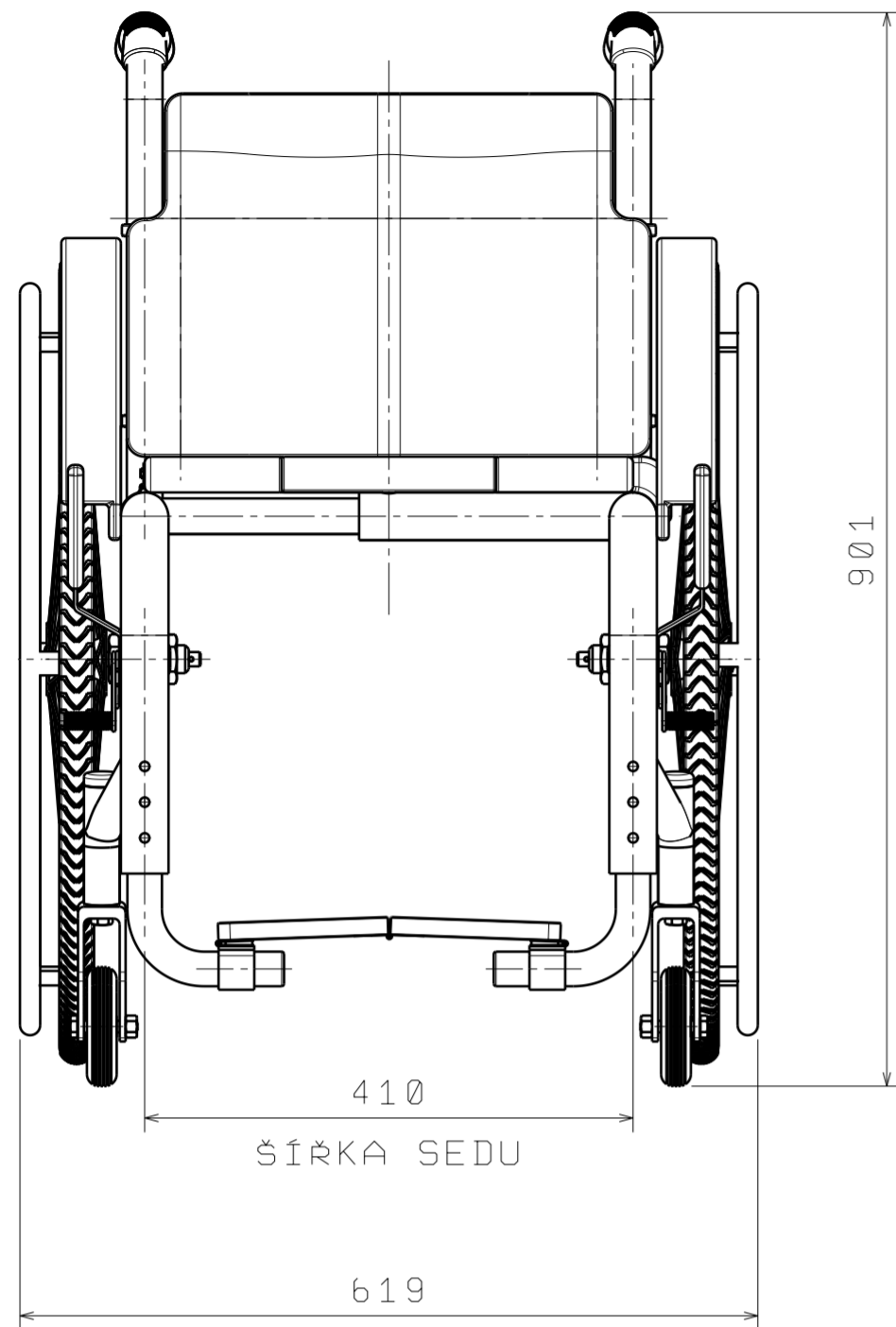
Použitá literatura

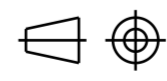
- [1] REKTOR, I. A kol. *Centrální poruchy hybnosti v praxi*. Triton, Praha, 2003 ISBN 80-7254-418-7
- [2] KOLEKTIV AUTORŮ. *Pohybový systém a zátěž*. Praha: GradaPublishing, 1997. ISBN 80-716-9258-1
- [3] ČESKÁ ASOCIACE PARAPLEGIKŮ. *Poškození páteře a míchy*. [online] [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://www.czepa.cz/poraneni-michy-/poskozeni-michy/?utm_source=copy&utm_medium=paste&utm_campaign=copypaste&utm_content=htp%3A%2F%2Fwww.czepa.cz%2Fporaneni-michy-%2Fposkozeni-michy%2F
- [4] SOUŠKOVÁ K. *Nervová soustava II*. [online] [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3633215//>
- [5] ANDERSON R. *History of Wheelchair*. [online] [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <https://abilitytools.org/blog/history-of-the-wheelchair/>
- [6] SPINAL NETWORK. *The wheelchair journey 1300 BC to present day. 2010* [online] [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.spinalnetwork.org.au/sci-perspectives/the-wheelchair-journey-1300-bc-to-present-day>
- [7] MENTAL FLOSS. *Who Invented the Wheelchair?*. [online] [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <http://mentalfloss.com/article/20768/who-invented-wheelchair>
- [8] WHEELCHAIRNET. *Wheeling in the New Millennium*. [online] [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: http://www.wheelchairnet.org/WCN_WCU/SlideLectures/Sawatzky/WC_history.html
- [9] DMA KOMPENZAČNÍ POMŮCKY. *Vozík invalidní standardní*. [online] [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.dmapraha.cz/katalog/standardni-3/0/355?norefresh=YES>
- [10] AUDY. *Vozík transportní AU-05*. [online] [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.audy.eu/vozik-transportni-au-05>
- [11] ORTOSERVIS. *Vozík toaletní..* [online] [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: http://ortoservis.cz/pages/toaletni_zidle_a_voziky/toaletni_zidle_a_voziky.php
- [12] MEYRA. *Odlehčený invalidní vozík*. [online] [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/eurochair-vario-1750.html>
- [13] WIKIPEDIA – THE FREE ENCYCLOPEDIA. *Motorized Wheelchair*. [online] [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Motorized_wheelchair
- [14] MUJVOZIK. *Elektrické vozíky*. [online] [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <https://mujvozik.cz/voziky/elektricke-voziky/a200-2/>

- [15] ZDRAVOTNÍ PROSTŘEDKY. Elektrický invalidní vozík . [online] [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.invalidni-voziky.websnadno.cz/elektricky-invalidni-vozik-pouzity.html>
- [16] MEYRA. *Aktivní vozík se skládacím rámem*. [online] [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/avanti-1736.html>
- [17] MEYRA. *Aktivní vozík s pevným rámem*. [online] [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/tornado.html>
- [18] MEYRA. *Aktivní mechanické invalidní vozíky*. [online] [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/aktivni-mechanicke-voziky.html>
- [19] SMARTCHAIR. *15 Most Popular Wheelchair Sports*. [online] [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <https://kdsmartchair.com/blogs/news/101265862-15-most-popular-wheelchair-sports>
- [20] CENTRUM ZDRAVOTNĚ POSTIŽENÝCH. *Handbike*. [online] [cit. 2017-04-22]. Dostupné z : <http://www.lczpjc.cz/sport/handbike>
- [21] SUNRISE MEDICAL. *Sports Wheelchair*. [online] [cit. 2017-04-22]. Dostupné z : <http://www.sunrisemedical.co.uk/wheelchairs/quicke/sports-wheelchairs/matchpoint>
- [22] WIKIPEDIA. *Sledgehockey*. [online] [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Sledge_hockey
- [23] LUCKY KOLEČKA. *Lyžování - monoski*. [online] [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://luckykolecka.cz/lyzovani-monoski/>
- [24] WIRED. *Here 'stheelectric tank-wheelchair hybrid you 'vebeenwaitingfor*. [online] [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2013/10/ziesel/>
- [25] AMS VANS. *ParaGolfer Wheelchair Designed for Golf*. [online] [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://www.amsvans.com/blog/paragolfer-wheelchair-designed-for-golf/>
- [26] ACTIVE MOBILITY CENTRE. *Wheelchairs and Scooters*. [online] [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: https://www.activemobility.co.uk/wheelchairs-scooters-c319_85/index.html
- [27] BEACH POWERED MOBILITY. *DEbUGPushChair*. [online] [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://beachpoweredmobility.com/our-blog/>
- [28] DMA KOMPENZAČNÍ POMŮCKY. *Přídavný elektropohon*. [online] [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://www.dmapraha.cz/katalog/sportovni/0/882?norefresh=YES>
- [29] WIKIPEDIA. *Wheelchair*. [online] [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wheelchair>

- [30] WIKIPEDIA. *Durable Wheelchairs: What is the best type of material to buy.* [online] [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <https://www.karmanhealthcare.com/blog/2013/07/30/durable-wheelchairs-best-material/>
- [31] ROSENBERG P. *Způsoby svařování korozivzdorných ocelí.* Brno, 2010. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně
- [32] EHLINIK. *Slitiny hliníku.* [online] [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.ehlinik.cz/prilohy/zakladni-technicke-informace.pdf>
- [33] SVARFORUM. *Hliník a jeho slitiny.* 2015. [online] [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: <https://www.svarforum.cz/forum/viewtopic.php?id=6614>
- [34] WIKIPEDIA. *Intergranular corrosion.* [online] [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Intergranular_corrosion
- [35] NOVÁK P. *Druhy koroze kovů.* Brno, 2005. Ústav kovových materiálů a korozní inženýrství VŠCHT Praha
- [36] WIKIPEDIA. *6061 aluminium alloy.* [online] [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/6061_aluminium_alloy
- [37] STROJMETAL. *Tabulka slitin.* [online] [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <http://www.strojmetal.cz/tabulka-slitin>
- [38] JONES D. *Principles and Prevention of CORROSION.* Reno, University of Nevada
- [39] KOLEKTIV AUTORŮ. *Materiály a jejich svařitelnost.* Zeross, 2001
- [40] ESAB. *Svařování hliníku a jeho slitin.* [online] [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: http://bcz.vamberk.eu/cd-dst-2013/PDF/1_pridavne_svarovaci/7_Svarovani_hliniku.pdf
- [41] HÁJEK J. *Hliník a jeho slitiny v DMT.*
- [42] SVARFORUM. *Hliník a jeho slitiny.* 2015. [online] [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: <https://www.svarforum.cz/forum/viewtopic.php?id=1156>
- [43] TRIANGL. *Svařování titanu a jeho slitin.* [online] [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: <http://www.trianglhrob.cz/cs/vyrobni-program/technologie/svarovani/titan-a-jeho-slitiny/>
- [45] HARTMAN T. *Svařování hliníkových slitin wolframovou elektrodou.* Brno, 2014. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně
- [46] PAŘOUR L. *Konstrukční návrh lokomoční pomůcky.* Zlín, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- [47] SVARECKY-ELEKTRODY. *Svařování TIG – základní seznámení.* [online] [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: <http://www.svarecky-elektrody.cz/svarovani-tig-zakladni-seznameni/t-124>

- [48] WIKIPEDIA. *Povrchová úprava*. [online] [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Povrchov%C3%A1_%C3%BAprava
- [49] FISCHER TECHNOLOGY Inc. *Anodizing*. [online] [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.fischer-technology.com/en/united-states/solutions/galvanization-and-anodization/anodization/>
- [50] WILSON F. *AllAboutPowderCoating*. 2017. [online] [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.awcindustries.com/all-about-powder-coating/>
- [51] VYHLÁŠKA 398/2009 Sb. *O obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb*. Praha: Vyhláška MMR, 2009.
- [52] PRVNÍ KROK. *na WC s asistentem přes "stoj"*. [online] [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: <http://www.prvnikrok.cz/rady-a-cviceni/rady-pro-nejblizsi/95-presuny-z-voziku-a-zpet/11629-na-wc-s-asistentem-pres-stoj>
- [53] ČÁŇOVÁ V. *Antibakteriální polymerní systémy*. Zlín, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně



 TOLEROVANI ISO 80015 ISO 2768mk		Zapadoceska univerzita v Plzni Vsechna prava vyhrazena/All rights reserved	
SCHVALIL		NAZEV	
DATUM		INVALIDNÍ VOZÍK - SESTAVA	
KONTROLOVAL		SOUBOR	
DATUM		INVALIDNÍ VOZÍK - SESTAVA, CATDrawing	
Kreslil		FORMA CÍSLO VÝKRESU	
20.5.2017		A2 200517-01-00	
CACHOVÁ		MERITKO 1:6 Hmotnost (kg)	
		LIST 1/1	