

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N0715A270017 Konstruování strojů  
a technických zařízení  
Studijní obor: N0715A270017S03 Konstruování zdravotnické  
a kooperativní techniky

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Konstrukční návrh invalidního vozíku pro aktivního uživatele

Autor: **BcA. Markéta Urešová**  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**

Akademický rok 2020/2021

## ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **BcA. Markéta UREŠOVÁ**  
Osobní číslo: **S19N0160P**  
Studijní program: **N0715A270017 Konstruování strojů a technických zařízení**  
Studijní obor: **Konstruování zdravotnické a kooperativní techniky**  
Téma práce: **Konstrukční návrh invalidního vozíku pro aktivního uživatele**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

## Zásady pro vypracování

### Základní požadavky:

Cílem práce je konstrukční návrh vzpřimovacího invalidního vozíku s ohledem na zajištění maximální mobility. Konstrukční část bude věnována především mechanismům, které zajišťují polohování a transportovatelnost. Návrh by měl být jednoduchý, funkční a zajistit snadnou a bezpečnou manipulaci. Při řešení bude zohledněn zdravotní handicap jedince a ergonomické požadavky. Bude navrženo několik možných řešení a u výsledného pak bude provedeno komplexní zhodnocení navržených technických parametrů.

### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

### Osnova diplomové práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematického popisu funkce.
2. Vypracování souboru technických parametrů.
3. Vypracování vybrané varianty včetně výpočtového hodnocení.
4. Zhodnocení vybraného konstrukčního návrhu.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- [1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra*. Brno: Computer Press, 1999.  
[2] LEINVEBER, J., VÁVRA, J. *Strojnické tabulky: Pomocná učebnice pro školy technického zařízení*. Úvaly: Albra, 2003.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant diplomové práce: **Ing. Jan Prokeš**  
Strkan s.r.o.  
Datum zadání diplomové práce: **16. října 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2021**

L.S.

---

**Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
děkan

---

**Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## **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**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Martinovi Hynkovi, Ph.D. za velikou ochotu a pomoc při zpracování práce. Zároveň bych chtěla poděkovat za jeho odborné rady získané mnohými zkušenostmi a znalostmi. Děkuji za skvělý přístup, rychlou komunikaci a spoustu nápadů, které byly pro práci velmi přínosné.

**ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE**

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Uřešová	<b>Jméno</b> Markéta	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	N0715A270017S03 „Konstruování zdravotnické a kooperativní techniky“		
<b>VEDOUČÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> doc. Ing. Hynek, Ph.D.	<b>Jméno</b> Martin	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del><b>BAKALÁŘSKÁ</b></del>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Konstrukční návrh invalidního vozíku pro aktivního uživatele		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	89	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	64	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	25
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce obsahuje návrh invalidního vozíku pro aktivního uživatele s možností změny polohy díky vertikalizačnímu mechanismu. Vozík je navrhován tak, aby ulehčil a umožnil běžný život aktivnímu člověku s určitým zdravotním postižením dolních končetin.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	invalidní vozík, vertikalizační systém, design, handicap, CAD, počítačová simulace

**SUMMARY OF DIPLOMA SHEET**

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Uřešová	<b>Name</b> Markéta	
<b>FIELD OF STUDY</b>	N0715A270017S03 „Design of medical and cooperative technology“		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> doc. Ing. Hynek, Ph.D.	<b>Name</b> Martin	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design of a wheelchair for an active user		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2021
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

**NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)**

<b>TOTALLY</b>	89	<b>TEXT PART</b>	64	<b>GRAPHICAL PART</b>	25
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The diploma thesis includes a design of a wheelchair with the ability to stand - up with help by a special mechanism. The wheelchair was designed for easier daily using by active person with reduced mobility.
<b>KEY WORDS</b>	wheelchair, stand –up system, design, handicap, CAD, computer simulation

## Obsah

Úvod .....	5
1 Invalidní vozíky .....	6
1.1 Mechanické invalidní vozíky .....	6
1.1.1 Standardní vozíky .....	6
1.1.2 Odlehčené vozíky .....	6
1.1.3 Aktivní vozíky .....	7
1.2 Elektrické invalidní vozíky .....	7
1.2.1 Exteriérové vozíky .....	8
1.2.2 Interiérové vozíky .....	8
2 Vzpřimovací invalidní vozíky .....	10
2.1 Mechanické vzpřimovací zařízení .....	11
2.2 Elektrické vzpřimovací zařízení .....	12
2.3 Výhody stání .....	13
3 Zdravotní handicap uživatele .....	15
3.1 Poškození míchy .....	16
3.1.1 Paraplegie .....	16
3.1.2 Kvadruplegie .....	16
3.1.3 Pentaplegie .....	16
4 Ergonomická analýza .....	17
4.1 Podpěrná místa .....	17
4.2 Nastavení vozíku .....	18
5 Vlastní návrh .....	20
5.1 Vertikalizace .....	20
5.1.1 Těžiště lidského těla .....	21
5.2 Návrh vhodného uložení pohonu .....	24
5.3 Možné řešení pohonu .....	25
5.3.1 Elektrické systémy .....	25
5.3.2 Hydraulické systémy .....	27
5.3.3 Pneumatické systémy .....	27
5.3.4 Mechanické systémy .....	28
5.4 Požadavky na vozík pro aktivního uživatele .....	28
5.5 Výběr typu pohonu .....	29



5.5.1	Výpočet pro vybraný typ pohonu .....	30
5.5.2	Výběr pohonu .....	36
5.6	Konstrukční návrhy jednotlivých částí vozíku .....	37
6	Zvolené řešení návrhu .....	39
6.1	Základní parametry vozíku .....	39
6.2	Komponenty vozíku .....	39
6.3	MKP analýza zvoleného řešení .....	45
6.3.1	Nastavení okrajových podmínek .....	45
6.3.2	Výpočet .....	47
6.3.3	Shrnutí výsledků .....	55
	Závěr .....	56
	Seznam použitých zdrojů .....	58
	Seznam obrázků.....	61
	Seznam tabulek.....	64
	Seznam grafů .....	64
	Seznam příloh .....	64

## Úvod

Každý den je možné se setkat na ulici, v práci, nebo v obchodě s lidmi, kteří mají určitý handicap. Takový handicap může mít třeba jen malý vliv na kvalitu života. Může být již vrozený, zapříčiněný nehodou či nemocí. Dané problémy mají za cíl kompenzovat tzv. kompenzační pomůcky. Pomůcky zjednodušují denní činnosti, tak aby lidé s handicapem mohli být co nejvíce samostatní.

Cílem této práce je navrhnout invalidní vozík pro aktivního uživatele, který by dokázal kompenzovat problémy spojené s neustálým sezením. Mezi cílovou kategorií patří lidé, kteří jsou svým zdravotním stavem a způsobem života aktivní, chodí do práce, do školy a ve svém volném čase se věnují rodině, přátelům a sportům. Při výběru invalidního vozíku je velmi důležité myslet na to, aby byl produkt vhodný pro jeho uživatele. Produkt by měl umožňovat denní činnosti, disponovat vhodnými parametry a měly by být brány na zřetel požadavky dané handicapem. Nesprávný výběr či nastavení může mít za příčinu vznik nebo prohloubení druhotných zdravotních problémů. Tyto druhotné problémy můžou často vést k mnohem závažnějším zdravotním komplikacím, než na jaké byla v počátku kompenzační pomůcka zvolena. Mezi druhotné zdravotní komplikace patří například vznik proleženin, bolesti rukou a zad vzniklé při špatném nastavení vozíku, nebo dokonce i problémy psychické.

V první polovině práce budou představeny jednotlivé druhy invalidních vozíků, včetně vozíků, které jsou schopny měnit polohu uživatele. Dále by měly být popsány výhody možnosti změny polohy a vysvětlena možná příčina zdravotního handicapu uživatele. Ergonomická analýza se bude zabývat základními rozměry vozíků a správným nastavením jednotlivých částí.

Druhá část práce bude řešit vlastní návrh mechanismu sloužícího ke vzpřímení uživatele, ověřovat jeho funkčnost a vybírat způsob pohonu, který bude vhodný pro daný návrh a cílového uživatele. Návrh pohonu bude závislý na zatížení invalidního vozíku. Z tohoto důvodu bude v této práci hledán způsob, jak definovat zatížení, které se mění v průběhu vertikalizace uživatele. Ze znalosti tohoto zatížení bude stanovena síla, kterou by měl navrhovaný pohon disponovat. Dále bude navržena konstrukce rámu vozíku navazující na vybraný vertikalizační mechanismus. V závěru práce bude ověření pevnosti tohoto rámu a zhodnocení výsledků.

## 1 Invalidní vozíky

Invalidní vozík je zdravotnický prostředek umožňující pohyb osob se sníženou mobilitou. Uživatelem může být osoba s pohybovým postižením, staří lidé, lidé po úrazech a operacích. Invalidní vozíky lze dělit dle použitého pohonu:

- Mechanické vozíky
  - Standardní vozíky
  - Odlehčené vozíky
  - Nadměrné vozíky
  - Dětské vozíky
  - Aktivní vozíky
  - Multifunkční, polohovací vozíky a další
- Elektrické vozíky
  - Elektrické exteriérové vozíky
  - Elektrické interiérové vozíky
- Skútry

### 1.1 Mechanické invalidní vozíky

První skupinou invalidních vozíků jsou vozíky mechanické. Tyto vozíky jsou poháněny buď přímo silou uživatele vozíku, nebo druhé osoby, která vozík tlačí. Uživatel vozík ovládá pomocí obručí, které se nacházejí na velkých kolech vozíku. Mechanické vozíky jsou složeny především z trubkové konstrukce, na kterou je připevněna sedačka, područky, podnožky, velká a malá kola. Mechanické vozíky jsou typické větší velikostí zadních kol nežli předních. Vozík je konstruován tak, aby bylo možné jej jednoduše složit. V této kapitole bude představeno několik druhů mechanických invalidních vozíků.

#### 1.1.1 Standardní vozíky

Prvním zástupcem mechanických vozíků jsou vozíky standardní. Jejich nosnost je maximálně 120 kg. Podnožky je možné sklopit a kola vozíku mohou být odnímatelná. Díky tomu je možné vozík složit do menšího rozměru. Standardní vozík od společnosti Meyra (Obrázek 1), je vyroben z tenkostěnných ocelových trubek, váží 17 kg a lze využít v interiéru i exteriéru [1].



Obrázek 1 Standardní vozík Meyra – Budget [2]

#### 1.1.2 Odlehčené vozíky

Vozíky odlehčené mají nosnost maximálně 100 kg. Konstrukce vozíku je především z lehkých slitin. Schopnost odejmutí součástí mají stejnou jako vozíky standardní, hmotnost je ale nižší.

Výrobek z duralového rámu váží 14,3 kg (Obrázek 2). Jeho součástí jsou brzdy, měnitelné uchycení zadního kola, nastavitelný sklon podnožek a další [3].



Obrázek 2 Odlehčený invalidní vozík DMA PRIMEO [3]

### 1.1.3 Aktivní vozíky

Tyto vozíky jsou určeny pro aktivní využití. Jsou velmi lehké, zpravidla do 12 kg. Uživatel si může zvolit výšku, hloubku sedu a úhel zádové opěrky. Také lze upravit polohu těžiště. Na obrázku 3 lze vidět produkt od rodinné firmy KURA, která působí na českém trhu již od roku 1991. Zabývá se individuální výrobou vozíků dle přání klientů.



Obrázek 3 Mechanický aktivní vozík AKTIV X1 [4]

## 1.2 Elektrické invalidní vozíky

Druhou skupinou invalidních vozíků jsou vozíky elektrické. Tyto vozíky mají vlastní pohon, který je ovládán uživatelem. Vozíky jsou využívány především osobami s těžkým handicapem, např. s postižením dolních končetin, horních končetin nebo s chronickým onemocněním. K ovládní vozíku slouží buď joystick (Obrázek 6) nebo tlačítka na područkách. V případě závažnějšího handicapu horních končetin, může být vozík řízen ústy či bradou [5].

Vozík má stejné konstrukční části jako vozík mechanický - nosný rám, sedadlo, kola, područky a opěrky nohou. Nicméně je tato skupina invalidních vozíků obohacena o elektromechanické prvky sloužící k pohybu některých jeho částí. Elektrická energie nemusí být použita pouze pro pohon kol, ale také pro nastavení úhlu sklopení sedačky, její výsuv nebo naklopení podnožek.

Elektronická část vozíku je složena ze tří hlavních částí - pohonná jednotka, řídicí systém a baterie. Pohonná soustava je často tvořena dvěma stejnosměrnými motory o provozním napětí 24V, viz Obrázek 4. Baterii lze definovat jako soustavu dvou a více propojených

elektrochemických článků, které tvoří ucelený zdroj stejnosměrné elektrické energie. Řídicí systém slouží jako ovládací centrum pro pohyb elektrického vozíku [5].



Obrázek 4 Elektromotor 24V [6]



Obrázek 5 Baterie [7]



Obrázek 6 Řídicí systém [8]

### 1.2.1 Exteriérové vozíky

Exteriérový vozík slouží k využití ve venkovním prostředí. Tyto vozíky mají na rozdíl od vozíků interiérových větší hmotnost a rozměry. Je to především z toho důvodu, že jsou uzpůsobeny k jízdě ve vnějších podmínkách, ve kterých se vyskytuje např. bláto, hlína a kamínky. Podvozek vozíku je robustní, odpružený a baterie má větší kapacitu, než je tomu tak u vozíků interiérových. Níže lze vidět exteriérový vozík (Obrázek 7) od společnosti Ottobock.



Obrázek 7 Elektrický exteriérový invalidní vozík Ottobock C2000 [11]

### 1.2.2 Interiérové vozíky

Vozíky interiérové jsou určeny k využití ve vnitřním prostředí. Z důvodu, že nemusí překonávat velké překážky a není nutné využívat velkou kapacitu baterie, jsou tyto vozíky lehčí a mají menší rozměry. Kola nejsou odpružena. Příklad interiérového vozíku od společnosti Patron je možné vidět níže.



Obrázek 8 Elektrický interiérový invalidní vozík Patron A200 [12]

Některé vozíky je možné využívat jako exteriérové i interiérové (Obrázek 9). Vozík je odpružený a má integrovaná stabilizační kolečka, která usnadňují využití v těsných prostorech [8].



Obrázek 9 Elektrický invalidní vozík Meyra iChair MC2 [8]

Vozíky využívající elektrický pohon mohou být také podrobněji děleny dle svého využití na vozíky dětské, které se liší od běžných nejen velikostí, ale především barevným provedením či bezpečnostními pásy. Dále existují také vozíky multifunkční, vertikalizační a speciální. Mohou být také vyráběny uživateli na míru dle typu postižení např. amputace, hemiparéza<sup>1</sup> nebo kvadruparéza<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Hemiparéza – částečné ochrnutí jedné poloviny těla, způsobené neurologickými nemocemi, např. krvácením do mozku nebo nádorem [9]

<sup>2</sup> Kvadruparéza – částečné ochrnutí všech čtyř končetin, vzniklé při poškození míchy v oblasti přechodu krčního úseku do úseku hrudního [10]

## 2 Vzpřimovací invalidní vozíky

Vzpřimovací vozíky jsou jedinečné v tom, že jsou schopné člověka ze sedu dostat do polohy vestoje. Existují dva možné principy, kterými toho lze dosáhnout. První princip je mechanický, kdy změna polohy závisí na vynaložené energii uživatele, druhý princip spočívá ve využití elektrického pohonu. Uživatel může pomocí příkazu vozík uvést do potřebné polohy.

Stání může pro uživatele být velkým přínosem. Například z běžného invalidního vozíku není možné dosáhnout na tyč s ramínky ve skříni, nebo na horní police v kuchyni. Pro případ, kdy není možné zajistit vzpřímenou polohu uživatele, musí být jeho okolí modifikováno, tak aby mohl uživatel být soběstačný v aktivitách denní potřeby. Prostory kolem uživatele jsou upraveny různými způsoby. Mohou být vytvořeny pomocné vyklápěcí prvky, pomocí kterých je člověk schopen tyč s oblečením nebo polici v kuchyni přiblížit tak, aby na ni dosáhl (Obrázek 10, Obrázek 11). Sociální zařízení pro invalidní osoby je upravené pro snazší využití. Umyvadlo je umístěno níže, má speciální tvar a součástí umyvadla je také baterie s dlouhou pákou. Nad umyvadlem je zrcadlo, nakloněné do vhodné polohy tak, aby na něj dobře viděl člověk, který sedí (Obrázek 12). Tyto všechny technologické úpravy však nejsou zapotřebí, pokud by handicapovaný člověk mohl vstát.



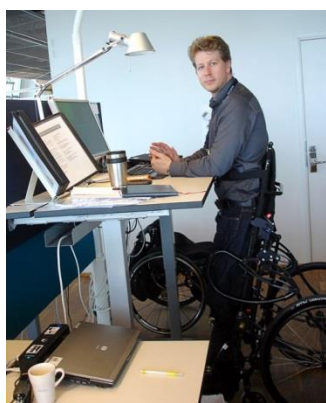
Obrázek 10 Úprava skříně na oděv [13]



Obrázek 11 Úprava skříně kuchyňské linky [14]



Obrázek 12 Upravená koupelna pro invalidy [15]



Obrázek 13 Využití vzpřimovacího invalidního vozíku v práci u pracovního stolu [16]



Obrázek 14 Využití vzpřimovacího invalidního vozíku v práci, v kuchyni [16]

## 2.1 Mechanické vzpřimovací zařízení

Vzpřimovací vozíky ovládané mechanicky jsou vhodné pro zdatnějšího jedince. Do vzpřimené polohy se dostane pomocí své vlastní síly. Značná výhoda těchto vozíků je, že jsou mnohem levnější nežli elektrické vzpřimovací vozíky, protože není potřeba elektrických pohonů. Jsou mnohem lehčí, lze je složit a díky tomu i snadněji převážet v kufru osobního automobilu.

Švýcarská firma LEVO vyrábí vozíky umožňující aktivnímu uživateli vzpřimovaný postoj. Tento vozík (Obrázek 15) má jednoduchý funkční tvar, vyrobený z lehké hliníkové slitiny. Vzpřimovací zařízení funguje za asistence plynových vzpěr, které kompenzují uživateli nedostatek sil pro samostatné pobývání ve stoje. Vozík je vyráběn ve dvou velikostech, přičemž ten s většími rozměry váží 26 kg [17].

Zajímavý je návrh, který získal ocenění v roce 2004. Tento design vozíku se liší od produktu společnosti LEVO tím, že se uživatel může ve vzpřimované poloze i dopravovat. Mechanický vozík od společnosti LEVO takovou funkci neumožňuje, vozík slouží pouze ke vzpřímení uživatele v zabrzděném stavu.



Obrázek 15 LEVO active easy LAE [17]



Obrázek 16 Soutěžní návrh vzpřimovacího vozíku [18]



## 2.2 Elektrické vzpřimovací zařízení

Jako první představitel elektrických vzpřimovacích zařízení je opět produkt od firmy LEVO (Obrázek 17). Tento vozík má elektricky řízený pohon všech kol a mechanismus s funkcí plynulého přechodu z polohy sedu do polohy stání. Vyrábí se v jedné velikosti s hmotností 185 kg.



Obrázek 17 Levo C3 [19]

Mezi další výrobce vzpřimovacích vozíků patří švédský výrobce Permobil. Tento produkt (Obrázek 18) zajišťuje stabilitu ve vzpřímené poloze pomocí robustního podvozku. Všechna kola mohou být individuálně odpružena tak, aby vyhovovala rozložení hmotnosti uživatele.



Obrázek 18 Vertikalizační vozík PERMOBIL F5 VS [20]

Využití elektrických vzpřimovacích vozíků je i ve sportu. Společnost Ottobock specializující se především na protetiku, nabízí také invalidní vozíky. Tento typ vozíku určený pro hraní golfu je technicky uzpůsoben tak, aby zvládl především jízdu v terénu.



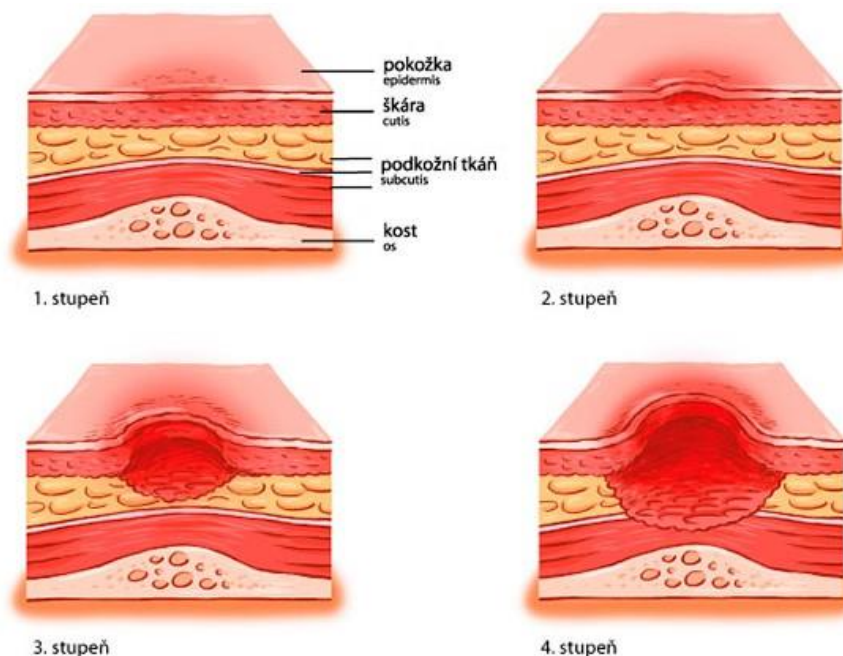
Obrázek 19 Paragolfer od firmy Ottobock [21]

## 2.3 Výhody stání

Lidé na invalidním vozíku se potýkají s druhotnými chorobami, které vznikají neustálým sezením. Tyto nemoci se poté stávají daleko závažnějšími problémy, nežli byl v počátku handicap. Podstatně snižují kvalitu jejich života a v některých případech vedou k předčasné smrti, vysvětluje fyzioterapeut Erik Bergh na semináři "Why stand when you can sit" na konferenci REHAB Scandinavia v roce 2005. Dále také uvedl: „Rozdíly v polohování a vstávání mohou těmto druhotným onemocněním předcházet nebo je zmírňovat a tím zvyšovat zdraví a kvalitu jejich života.“ Fyzioterapeuti motivují své klienty ke stání, aby udrželi své zdraví a kvalitu života [22].

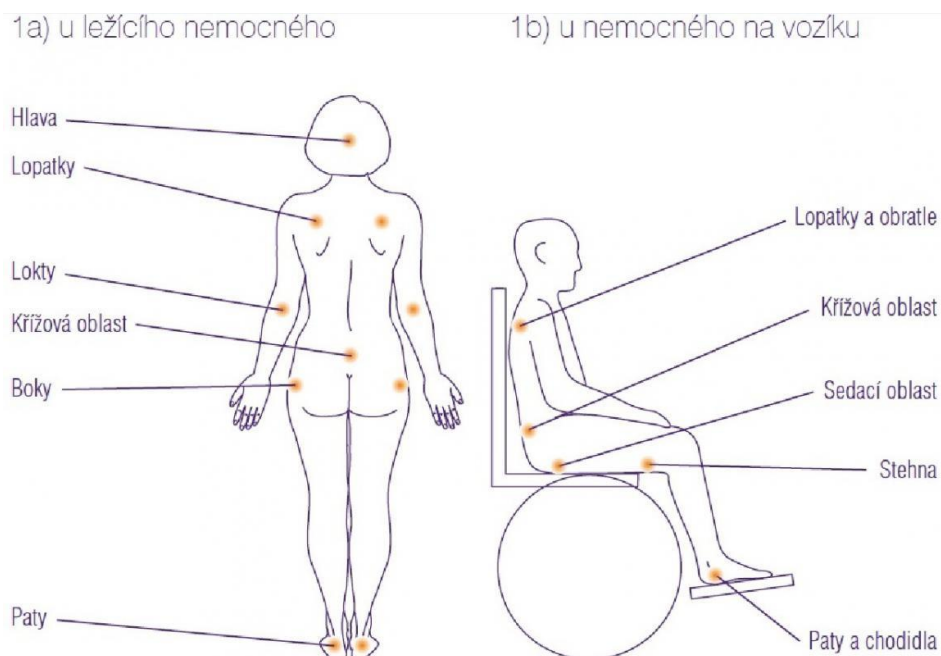
Jedním z vedlejších onemocnění je dekubit (proleženina, prosezenina, tlakový vřed či tlaková léze). Vzniká při nadměrném dlouhotrvajícím tlaku v místě kontaktu těla s podložkou. Dojde tak ke zpomalení až k zástavě cirkulace krve v kapilárách a buňky ve tkáních postupně odumírají. Je známo několik stupňů dekubitu lišící se velikostí a hloubkou. Zároveň jsou určeny vzájemným působením intenzity tlaku, dobou působení, celkovým stavem pacienta a vnějšími podmínkami. Tyto podmínky sehrávají při vzniku dekubitu významnou roli. Proleženiny jsou řazeny k sekundárně hojícím se ranám. To znamená, že i přes léčbu nemají tendenci rychlého zahojení. Tyto rány se hojí výstavbou nové tkáně s odpovídající anatomickou strukturou, proto je doba hojení velmi dlouhá.

Dle mezinárodní NPUAP (NPUAP systém kvalifikace dekubitů) se dekubity rozdělují do několika stupňů (Obrázek 20). Dekubit prvního stupně je zarudnutí kůže, obvykle nad kostním výčnělkem. Dekubit druhého stupně se projevuje jako částečná ztráta kožního krytu, jako mělký vřed. Dekubit třetího stupně znamená, již úplnou ztrátu kožního krytu je možné vidět podkožní tuk, kosti a šlachy. Dekubit čtvrtého stupně je úplná ztráta tkání s obnaženou kostí, šlachou i svaem [23].



Obrázek 20 Stupně dekubitů [24]

Dekubity se projevují poměrně rychle. Zvýšené riziko pro jejich vznik mají lidé inkontinentní, s onemocněním centrálního nebo periferního nervového systému, po úrazech a ve vyšším věku. Místa náchylnější k jejich vzniku se nacházejí v oblastech, kde je malá vrstva tukové tkáně a kde tlak působí přímo proti kosti (Obrázek 21).



Obrázek 21 Vyznačení místa, kde často dochází ke vzniku dekubitů [25]

Proleženiny se projevují zprvu zarudnutím, citlivostí na dotek a otokem. Následuje puchýř nebo vřed zasahující do pokožky a v okolí se projevuje zánět. Posledním stádiem je odumření tkání (nekróza). Infekce ve vředech ohrožuje postiženého celkovou infekcí organismu.

Proleženinám lze předcházet pomocí používání antidekubitních polštářů uvolňující tlak v náchylných oblastech. Nejlepším způsobem, jak předcházet dekubitům, je předejít právě tlaku. Jediná pozice, ve které lze vyrovnat tlak a zajistit správnou funkci krevního oběhu, je poloha vestoje. Mezi další výhody změny polohy patří správná funkce vylučovací soustavy. Také existují důkazy o pozitivních účincích na prevenci spasticity<sup>3</sup> a posílení kostí, které vznikají z pravidelného pobývání vestoje [23].

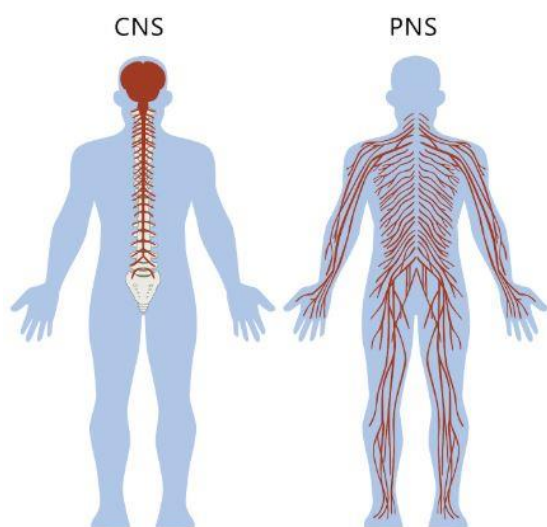
<sup>3</sup> Spasticita- komplexní porucha svalového napětí příčně pruhovaného svalstva, např. po cévní mozkové příhodě může nastat spasticita horní či dolní končetiny [26]

### 3 Zdravotní handicap uživatele

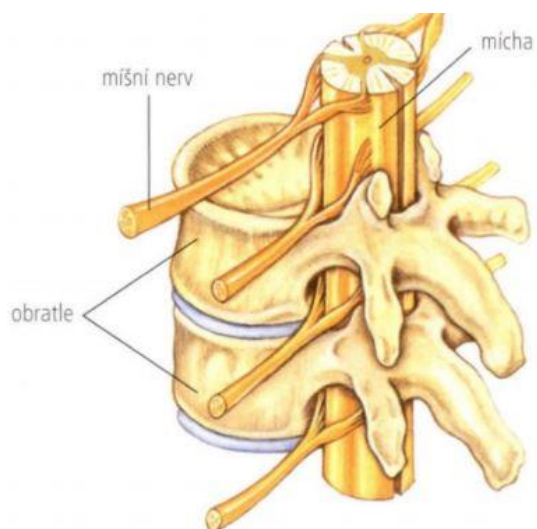
Lidské tělo je komplikovaný systém, ve kterém se během jedné sekundy odehraje velké množství dějů. Tyto děje zodpovídají za správnou funkci těla a jsou ovlivňovány mnoha aspekty. Stačí nepatrně narušit jeden z aspektů a tato změna může vést k nenávratné poruše celého systému. Poškození, například funkce subsystému nervové soustavy, může mít za následek ochrnutí těla. Tato kapitola se bude zabývat příčinami, které vedou ke vzniku handicapů.

Nervová soustava je dělena na centrální (CNS) a periferní (PNS) nervový systém (Obrázek 22). Mozek, uložený v dutině lebeční, a mícha hřbetní, uložená v kosterním kanálu páteřním, jsou části centrálního nervstva. Periferní nervstvo je tvořeno nervovými vlákny různých délek a tlouštěk. Periferní nervy se dále dělí na nervy míšní, mozkové a vegetativní. Mícha je válcovitý podélný útvar, uložen v kanálu páteřním (Obrázek 23). Nervové dráhy začínají v mozku, pokračují do míchy a odtud jsou vedeny nervovými vlákny ke svalům.

Porušení míchy může být vrozené, může vzniknout při úrazu (autonehoda, pád z kola, skok do mělké vody, sportovní úraz), při zánětu, nádoru nebo ve stáří. Porucha vede k přerušení nervových vláken a velmi často i k poškození těl nervových buněk. Pokud dojde k poškození vláken vycházejících z míchy, zatímco těla nervových buněk zůstanou v pořádku, mohou vlákna dorůst. Narušení vláken přímo v míše je nevratné [27], [28].



Obrázek 22 Centrální a periferní nervový systém [30]



Obrázek 23 Poloha míchy v páteřním kanálu [31]

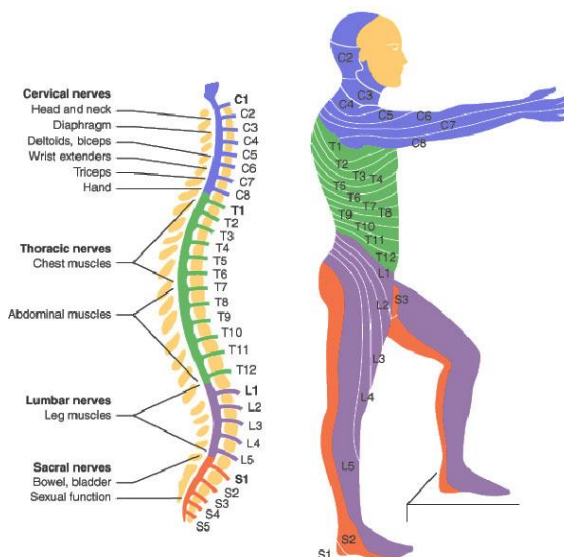
### 3.1 Poškození míchy

Všeobecně se mluví o „paraplegii“, když je poškození míchy v kterémkoliv z níže popsaných úseků. Jsou poškozeny jak motorické, tak senzitivní funkce. Vegetativní dráhy míchy jsou poškozeny úplně či částečně. Senzitivní výpadky vedou ke ztrátě nebo omezení kvality citu – dotek, bolest, teplota, nebo hluboké cítění – pohyb, vibrace, vnímání polohy, zatímco motorické výpadky vedou k ochrnutí.

Páteř je tvořena celkem z 34 obratlů a z míchy vychází 31 párů míšních nervů (C1 – S5):

- 7 krčních (C1–C8);
- 12 hrudních (T1–T12);
- 5 bederních (L1–L5);
- 5 obratlů křížových (S1–S5);
- 4–5 obratlů kostrčních (Co).

V každém úseku páteře mají obratle charakteristický tvar a velikost. Křížové obratle srůstají v křížovou kost a obratle kostrční v kostrč [33].



Obrázek 24 Vliv místa poškození míchy k následnému ochrnutí [33]

#### 3.1.1 Paraplegie

Poškození míchy v oblasti zad je nazývána paraplegie. Dle velikosti postižení je dělena na nízkou a vysokou paraplegii. Nízká paraplegie je poškození míchy v oblasti T7-L3. Pacient postižený nízkou paraplegií ztrácí pohyblivost dolních končetin, od břicha nahoru cit neztrácí. Může částečně cítit dolní končetiny. Poškození míchy v místě T1-T6 se nazývá vysoká paraplegie. Na rozdíl od nízké paraplegie je ztráta citlivosti dolních končetin vždy úplná. Záda jsou poraněna v horní části, přidává se občasná ztráta pohyblivosti těla. Cit pacient neztrácí od hrudi nahoru, ale postižení omezuje dýchání a kašláni [32], [33].

#### 3.1.2 Kvadruplegie

Kvadruplegie, nebo také tetraplegie, je poškození míchy v krčním segmentu. Existuje několik druhů, které jsou děleny dle míry postižení. Nízkou tetraplegií nazýváme postižení míchy v oblasti C6-C8. Při nízké tetraplegii je pacient schopen unést tíhu vlastní ruky, je zachována síla ramenních kloubů, lokte a zápěstí. Postižení C4-C5 je vysoká tetraplegie. Poškození míchy v krčním segmentu znamená necitlivost horních končetin a úplná ztráta pohyblivosti dolních končetin. Dýchání a kašláni je obtížné, zůstává citlivost v obličeji, ramenou a rukou [32], [33].

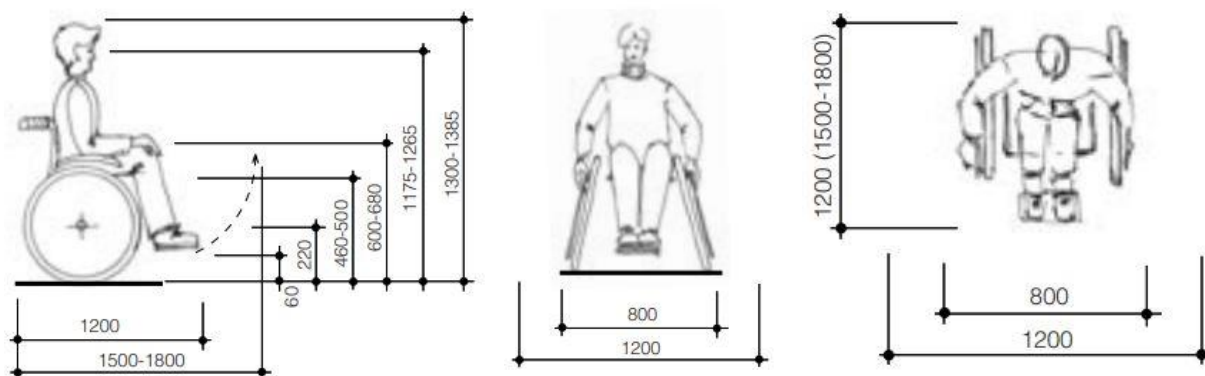
#### 3.1.3 Pentaplegie

Pentaplegie (oblast C1-C3) znamená ochrnutí všech končetin, bránice a břišního svalstva, pacienti jsou odkázáni na umělou plicní ventilaci [32], [33].

## 4 Ergonomická analýza

Invalidní vozík je pro handicapované uživatele nezbytná součást jejich života. Potřebují ho většinu dne, a proto je třeba aby byl správně vybrán a nastaven. Takto správně nastavený vozík přispívá k fyzické a psychické pohodě daného uživatele. Správný vozík může zajistit velkou nezávislost uživatele. Pohyb na mechanickém invalidním vozíku je vhodný pro cvičení horních končetin, správnou funkci krevního oběhu a dýchacího systému.

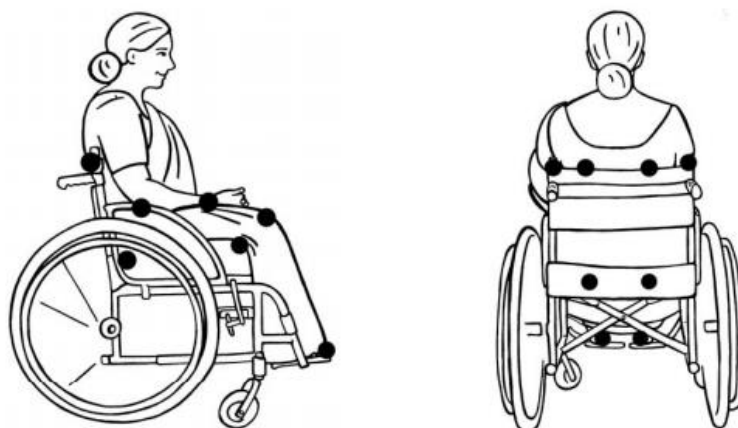
Z obrázku 25 je patrné, že člověk s handicapem potřebuje mít okolo sebe větší prostor pro pohyb. Tento prostor je o velikosti obdélníku 800 x 1200 cm. Zároveň je třeba handicapovanému umožnit zorné pole v rozmezí 1175 - 1265 cm [35].



Obrázek 25 Rozměry uživatele na invalidním vozíku [35]

### 4.1 Podpěrná místa

Všechny typy invalidních vozíků poskytují podporu při sezení, snaží se o správné držení těla a zajišťují mobilitu. Dobrá posturální<sup>4</sup> podpora je důležitá pro každého uživatele. Primárně ale pro lidi s nestabilní páteří. Význam kvalitního sezení a posturální podpory může znamenat rozdíl mezi aktivním uživatelem, nezávislým členem společnosti a uživatelem závislým na druhé osobě. Všechny plochy invalidního vozíku, které jsou v kontaktu s tělem uživatele, poskytují oporu při sezení a držení těla.

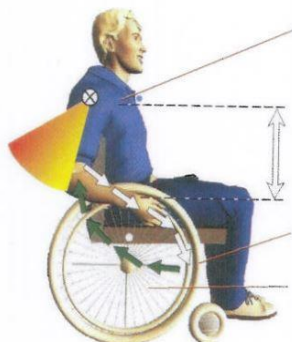


Obrázek 26 Podpěrná místa na invalidním vozíku [36]

<sup>4</sup> Posturální podpora - schopnost zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nezamýšlenému nebo neřízenému pádu [35]

## 4.2 Nastavení vozíku

Pohyb mechanického invalidního vozíku je zajišťován otáčením obručí připevněných k hlavnímu hnacímu kolu. K tomu, aby se uživatel snadno pohyboval s vozíkem, je nezbytné zajistit správné ergonomické nastavení posedu. Osoba nesmí být omezena v pohybu lokty dozadu za trup. K uskutečnění pohybu vozíku uživatel opisuje rukama kružnice (Obrázek 27). Správné ovládání vozíku je dáno nastavením polohy, velikostí kol, průměrem obručí, šířkou zádové opěrky, posedem uživatele a rozsahem pohybů kloubů, které se na tom podílejí.



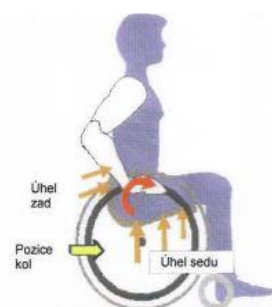
Obrázek 27 Správný posed uživatele, dynamický pohyb rukou [37]

Nastavení sedadla je velmi důležité, uživatel by měl mít stabilní posed a nesklouzávat vpřed. Pevná pánev ovlivňuje stálou polohu páteře a ramenního kloubu. Ustálený sed lze zajistit mírným sklonem sedací plochy. Tím se dostanou kolena výše. Sklon působí preventivně proti zaseknutí stupačky v nerovném terénu. Tato úprava ale zapříčiní posun těžiště člověka směrem dozadu k zádové opěrce, čímž dojde ke zvýšení tlaku na části pánve a zvyšování tlaku sedu oproti sedacím kostem. Další komplikací při nastavení příliš velkého sklonu mohou být problémy s vystupováním z vozíku.

Zádová opěrka je volena kratší, přibližně do poloviny zad. Správně nastavená opěrka (Obrázek 29) je v mírném předklonu to znamená, že úhel mezi sedadlem a zádovou opěrkou je menší než  $90^\circ$  (může být až  $70^\circ$ ). Tato poloha uživateli zajišťuje stabilitu pánve, spodní části trupu a dovoluje tak pohybu horní části trupu. Ke správně nastavené zádové opěrce je nutné mimo úhlu, který svírá se sedákem, také upravit její šířku, výšku a tvar. Nesprávné nastavení zádové opěrky (větší úhel než  $90^\circ$ ) je zobrazeno na obrázku 28. Tato volba způsobuje záklon pánve, v důsledku toho borcení zad a zvyšující se tlak proti pánvi. Zvyšuje se riziko zdravotních komplikací způsobeným tlakem [37], [38].



Obrázek 28 Nesprávné nastavení úhlu opěrky [37]

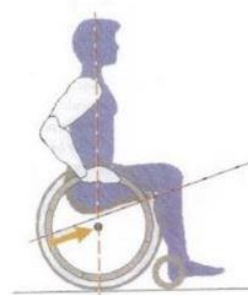


Obrázek 29 Správné nastavení zádové opěrky [37]

Také poloha osy hnaných kol a ramen uživatele je podstatná k zajištění snadné manipulace s vozíkem. Poloha osy hnaných kol, nacházející se mimo osu ramen uživatele, vede k náročnějšímu manévrování s vozíkem (Obrázek 30). Naopak pokud jsou ramena v ose kol (Obrázek 31), je umožněno mnohem většího rozsahu paží a pohyblivost paží je více dynamická. Vyvažování pomocí hnaných kol je v této pozici účinnější a snadněji se předchází příčinám pádu vzad [37], [38].

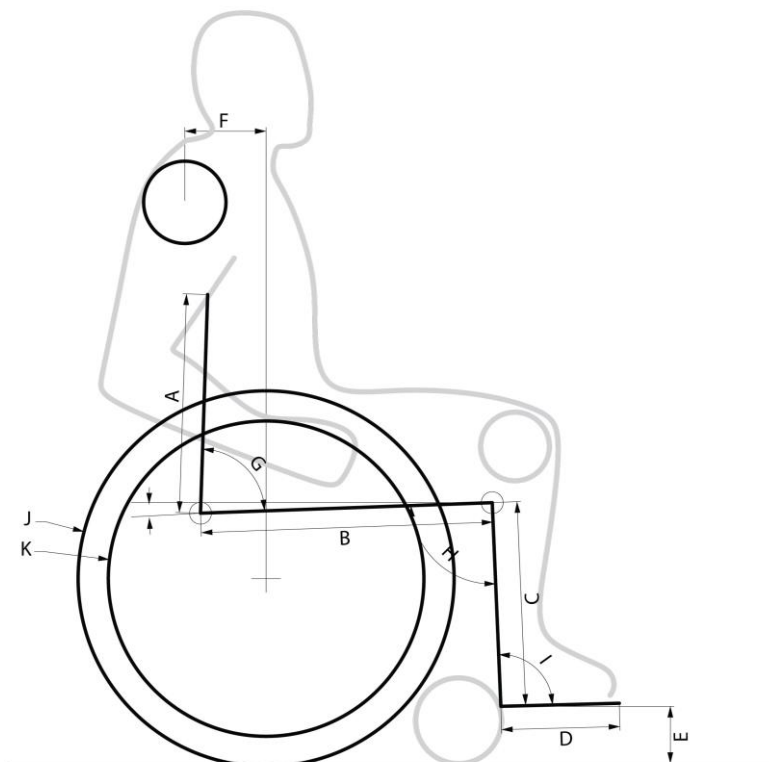


Obrázek 30 Nesprávné nastavení sedu [37]



Obrázek 31 Správné nastavení sedu [37]

Na obrázku níže jsou znázorněny důležité parametry mechanického invalidního vozíku. Písmena A – D představují délky opěrných částí, písmeno E výšku podnožky od země. Písmeno F pak důležitý parametr pro dynamiku pohybu rukou (vzdálenost ramenního kloubu k ose poháněného kola). Písmena G, H, a I představují úhly, které svírají opěrné části vozíku. J a K jsou pak průměry hnaného kola a obruče, pomocí které uživatel pohání vozík.



Obrázek 32 Parametry mechanického invalidního vozíku

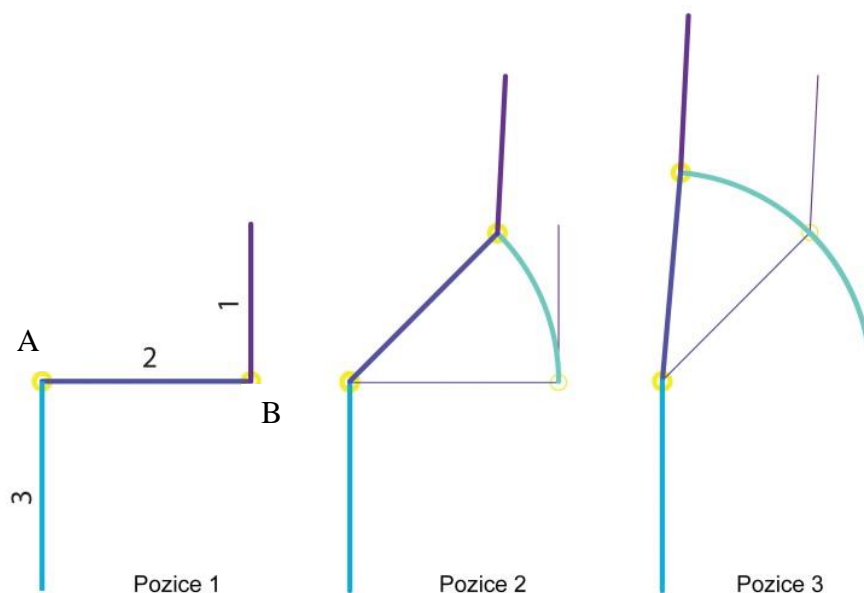


## 5 Vlastní návrh

V rešeršní části práce byly představeny jednotlivé druhy invalidních vozíků. Z této části vyplývá, že na trhu jsou dva způsoby zajišťující vzpřímení uživatele: elektrický a mechanický. Každý má své výhody a nevýhody. Úvodní část se také zabývala poruchami nervového systému, výhodami pobývání vestoje a ergonomickými požadavky na konstrukci invalidního vozíku. Tématem práce je návrh vozíku pro aktivního uživatele, který nemá vážné zdravotní problémy. Bude cíleno především na mladé lidi a pracující osoby, které žijí aktivní život. Tento typ vozíku by jim měl pomoci při běžných denních činnostech. Uživatel by měl mít možnost v průběhu dne při různých aktivitách měnit vzpřímenou polohu dle potřeby. Změnu polohy bude možné uskutečnit pomocí mechanismu pro vertikalizaci, kterému se bude podrobněji věnovat tato kapitola vlastního návrhu. Budou navrženy varianty mechanismů, odzkoušena jejich funkčnost a následně vybrán nejvhodnější. Pro mechanismus budou dále představeny možné druhy pohonů. Bude hledána ideální poloha pohonu. Síla nutná pro vertikalizaci, bude zjištěna pomocí kinematického modelu a vnější síly působící na pohyblivé části mechanismu, určované dle rozložení tíhy lidského těla v daných polohách.

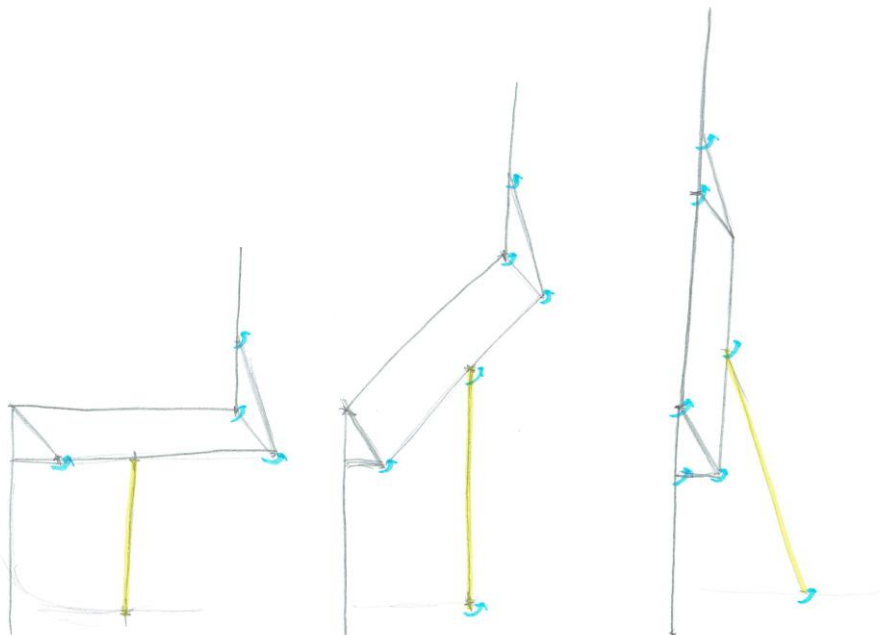
### 5.1 Vertikalizace

Samotný princip vertikalizace je jednoduše představen na obrázku 33. Vozík lze rozdělit na tři hlavní části: zádovou opěrku (1), sedací část (2) a nožní část (3). Jednotlivé části jsou spojené pomocí kloubů (A a B). Při vzpřimování mechanismu se otáčí část 2 v kloubu A o určitý úhel a s ní se vzájemně otáčí část 1 v kloubu B. V první pozici, kdy uživatel sedí, je část 2 v mírném záklonu ( $2 - 5^\circ$ ), dle poznatků z kapitoly 4 Ergonomická analýza. Ve třetí pozici se část 2 otočí o úhel  $85^\circ$  do koncové polohy. Při vzpřimování je nutné zajistit, aby člověk nevytáhl. K tomu jsou používány pásy přes nohy a hrudník.



Obrázek 33 Průběh vertikalizace

Při navrhování vertikalizačního mechanismu (PŘÍLOHA č. 1) byla provedena rešeršní analýza trhu. V příloze je možné vidět některé principy, které byly inspirací pro navrhování mechanismů. Bylo navrženo několik možností mechanismů pro vertikalizaci. Některé mechanismy byly vymodelovány, a jejich funkčnost byla ověřena, v modulu mechanism softwareu Creo 6.0. Prvotní návrhy byly příliš složité a zároveň nefunkční. Pro vzpřímení uživatele by bylo potřeba dvou lineárních aktuátorů řazených sériově. Návrh č. 3, který byl také řešen v modulu mechanism, se zdál funkční a byla možná vertikalizace pouze s jedním aktuátorem.



Obrázek 34 Vybraný princip vertikalizace

### 5.1.1 Těžiště lidského těla

Při návrhu mechanismu, který slouží k vertikalizaci uživatele vozíku, je nezbytné definovat zatěžující podmínky. V průběhu vzpřimování uživatele z polohy sedu do polohy vestoje se mění jeho poloha těžiště. V této kapitole bude snaha definovat průměrného uživatele a tím se přiblížit co nejvíce k reálným hodnotám zatížení.

Rozložení hmoty celého těla je rozděleno do segmentů, které jsou definovány vlastní vahou a rozměrem segmentu. Tabulka 1 uvádí výsledek procentuálního poměru hmotnosti segmentů těla vzhledem k celkové hmotnosti průměrného muže (85 kg).

Segment	Hmotnost segmentu (kg)	Délka segmentu (cm)
Hlava	5,32	22
Nadloktí levé	2,32	30
Nadloktí pravé	2,32	30
Předloktí levé	1,34	27
Předloktí pravé	1,34	27
Ruka levá	0,50	17
Ruka pravá	0,50	17
Trup	37,38	33
Stehno levé	12,25	45
Stehno pravé	12,25	45
Bérec levý	3,66	45
Bérec pravý	3,66	45
Noha levá	1,14	24
Noha pravá	1,14	24

Tabulka 1 Rozložení váhy do segmentů těla [39]

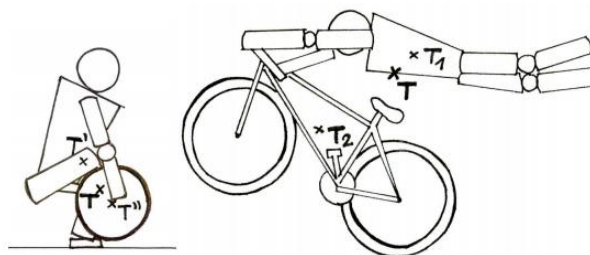
Celkové těžiště těla lze zjistit na základě znalosti poloh těžišť a hmotností jednotlivých segmentů těla. Těžiště je působiště gravitační síly působící na těleso a nemusí ležet uvnitř tělesa.

Ze znalosti polohy dílčích těžišť jednotlivých částí těla je možné určit souřadnice celkového těžiště pomocí vzorců:

$$x_T = \frac{\sum_1^n x_i m_i}{\sum_1^n m_i}; \quad y_T = \frac{\sum_1^n y_i m_i}{\sum_1^n m_i}; \quad z_T = \frac{\sum_1^n z_i m_i}{\sum_1^n m_i}.$$

Kde  $x_i$ ,  $y_i$  a  $z_i$  jsou souřadnice os  $x$ ,  $y$  a  $z$  celkového těžiště těla.  $X_i$ ,  $y_i$  a  $z_i$  jsou souřadnice dílčích částí v příslušných osách a  $m_i$  značí hmotnost dílčích částí a hmotnost celku.

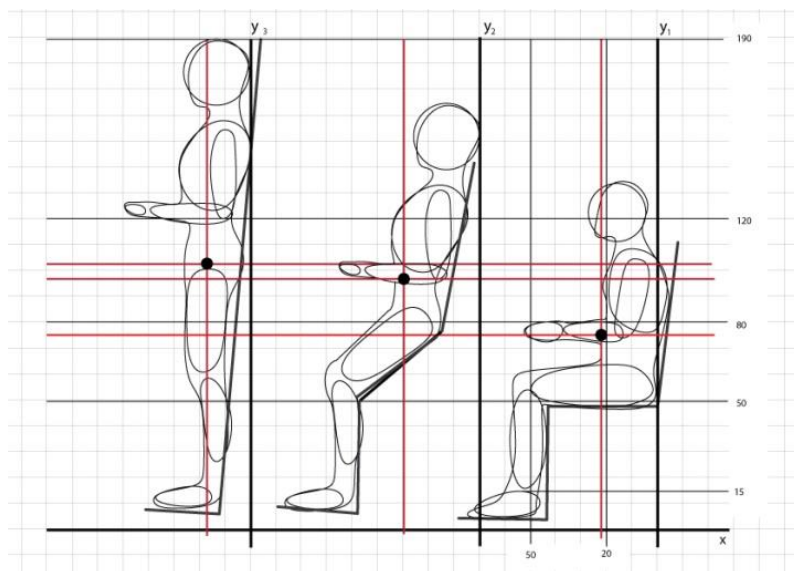
Pro výpočty je nutné znát polohu těžiště člověka vestoje, v polosedě a vsedě. Nemůže být ale zanedbáno ani těžiště vozíku. Tyto dvě dílčí těžiště (vozíku a uživatele) je nutné znát pro určení centrálního těžiště. Obrázek 35 zobrazuje dílčí a centrální těžiště dvou hmotných těles (člověk a náčiní) [40].



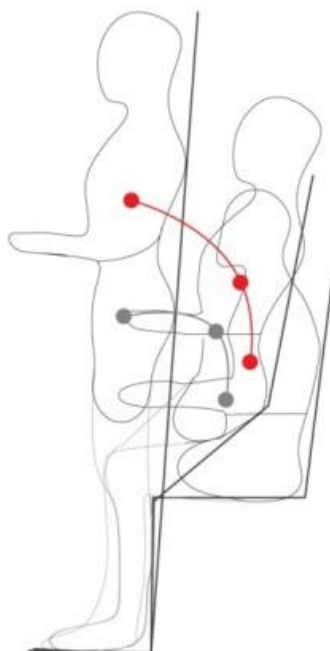
Obrázek 35 Znárodnění dílčích těžišť osoby, náčiní a těžiště celkového [40]

### Výpočet těžiště

Pomocí údajů z tabulky (Tabulka 1) byla vypočítána poloha těžiště uživatele ve třech polohách v průběhu vertikalizace (PŘÍLOHA č. 2). Na obrázku 36 je možné vidět polohu těžiště v grafické podobě. V příloze lze také najít upravený výpočet pro případ nalezení polohy těžiště člověka s vyšší mírou postižení (člověk bez nohou s pahýly v délce poloviny stehen). Znázornění výsledků těchto dvou definovaných výpočtů lze vidět níže (Obrázek 37).



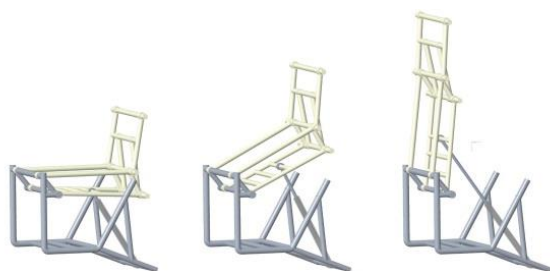
Obrázek 36 Zobrazení polohy těžiště ve třech polohách



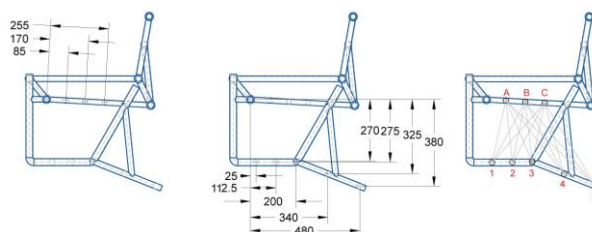
Obrázek 37 Znázornění změny polohy těžiště v průběhu vertikalizace (šedá barva – první výpočet, červená barva – druhý výpočet pro větší postižení)

## 5.2 Návrh vhodného uložení pohonu

Tato kapitola se bude věnovat výběru vhodné polohy aktuátoru pro vertikalizaci. S použitím programu Creo Parametric 6.0 byl vymodelován rám a pohyblivé části vozíku. Jednotlivým částem modelu byly nastaveny vazby tak, aby pohyblivé části vozíku mohly měnit svou polohu pomocí libovolného lineárního pohonu, který je připevněn k pevnému rámu.



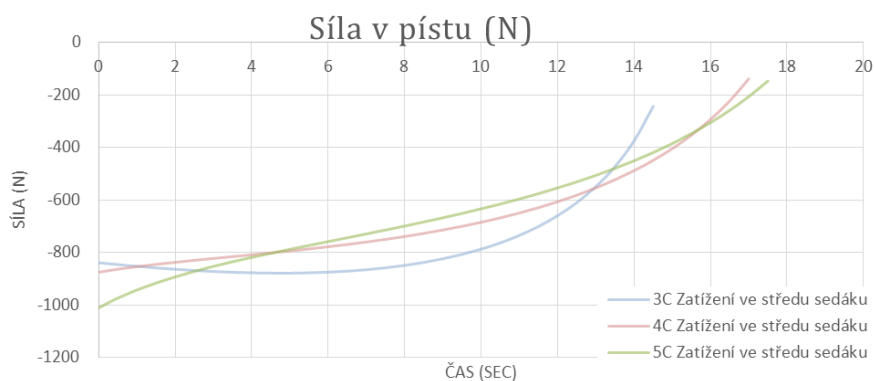
Obrázek 38 Model sestavy pohyblivého mechanismu vozíku



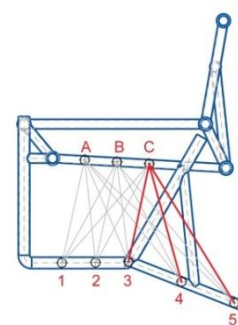
Obrázek 39 Dané možnosti umístění vzpěry

Nejdříve byly navrženy možnosti uchycení vrchní (A, B, C) a spodní části lineárního pohonu (1-5) v počátku vertikalizace, které se liší svou vzdáleností od místa otáčení a úhlem. Celkem 15 možností uložení lineárního pohonu lze vidět, viz Obrázek 39. Dále bylo uvažováno nejdříve vnější zatížení konstantní silou v průběhu vzpřimování. Síla byla umístěna do středu sedáku a rovnala se hodnotě 950 N (hmotnost uživatele a pohyblivých částí).

S tímto nastavením proběhlo několik výpočtů. Každý pro jinou polohu lineárního pohonu. Na grafech lze vidět průběh síly při vzpřimování (PŘÍLOHA č. 2). Síla v záporných hodnotách je dána uvažováním opačné orientace síly v nastavení výpočtů. Dle grafů je patrné, že nejlepší výsledky, tedy nejnižší potřebná síla pro zdvih uživatele, jsou pro polohy lineárního pohonu 3C, 4C a 5C. Vykreslení výsledků průběhu síly v závislosti na čase pro tyto tři uložení, lze vidět v grafu (Graf 1).



Graf 1 Nejmenší potřebná síla pro zdvih v polohách 3C, 4C a 5C

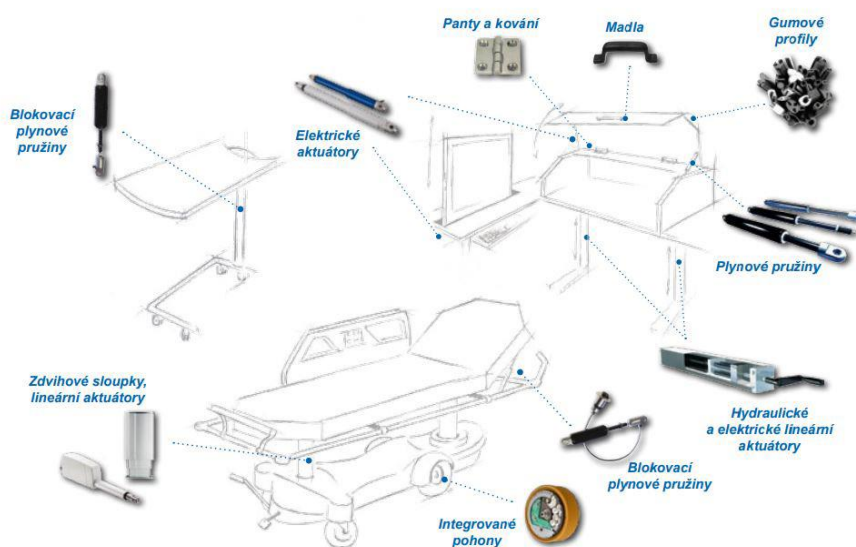


Obrázek 40 Výhodné umístění pohonu

Dle prvotních výpočtů je zřejmé, že nejvýhodnější, z hlediska potřebné síly, je uložení lineárního pohonu v zadních polohách, které jsou znázorněny na obrázku 40. Uložení v těchto místech, ale znamená větší zástavbový prostor a delší časy vertikalizace.

### 5.3 Možné řešení pohonu

V této podkapitole budou představeny druhy pohonů, které jsou rozděleny dle možností, jakým způsobem je zajišťována síla pro polohování při vertikalizaci. Pohony mohou být elektrické, pneumatické, hydraulické, mechanické nebo kombinace uvedených čtyř předchozích. Pohony budou rozděleny do hlavních skupin a dále podrobněji popsány. Na obrázku 41 lze vidět aplikaci různých typů aktuátorů ve zdravotnictví.

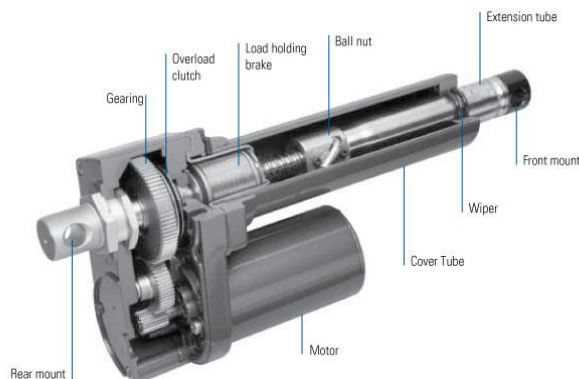


Obrázek 41 Aplikace aktuátorů ve zdravotnictví [41]

#### 5.3.1 Elektrické systémy

U vozíků, které jsou schopny polohovat s uživatelem, naklápět podnožky, polohovat opěradlo, nebo zvedat sedadlo, je tento pohyb umožněn pomocí lineárních aktuátorů. Ke své funkci ale potřebují dalších dodatečných komponent jako je řídicí systém, ovladač, senzory a baterie.

Princip lineárního aktuátoru znázorněného na obrázku 42, je přeměna rotačního pohybu na posuvný. Elektromotor pomocí převodového systému roztáčí šroubovici pístnice, na níž je našroubovaná matice. Jelikož se tato matice nemůže otáčet, pohybuje se matice po šroubovici vpřed nebo vzad a tím unáší výsuvnou část pístnice [42].



Obrázek 42 Příklad provedení lineárního aktuátoru od společnosti Thomson v řezu [42]

Řízení pohybu lineárního pohonu obstarává řídicí systém a ovladač. Řídicí systém funguje jako řídicí centrum pro funkce elektrického vozíku, přijímá informace a posílá je dál dalším částem elektrického systému. Existují dva základní druhy. Integrovaný řídicí systém sloužící pro základní řízení mobility. Jeho důležité součásti jsou umístěny v ochranné skříni s joystickem. Modulární řídicí systém je mnohem propracovanější. Díky jeho funkcím je invalidní vozík schopen autonomního pohybu. Obsahuje také joystick nebo jiný druh ovládacího prvku. Řídicí systém poskytuje ochranu aktuátorů proti přetížení odpojením proudu v momentě, kdy aktuátor dosáhne koncové polohy [43].

Ovladač je zařízení, které slouží k ovládání pohybu aktuátorů. Existuje mnoho druhů. Většinou je součástí ovladače joystick, který slouží k ovládání směru jízdy. Dalšími součástmi ovladače jsou tlačítka, display nebo jiný indikátor stavu baterie. Pro osoby s těžším postižením existují jiné způsoby ovládání, např. ovládání jízdy bradou.



Obrázek 43 Ukázka řídicího systému [44]



Obrázek 44 Ovládání Meira [45]



Obrázek 45 Ovládání bradou [46]

Baterie je zařízení, které slouží jako zdroj elektrické energie pro pohon elektromotoru, a tím lineárního pohybu aktuátoru. Baterie také slouží k napájení motorů kol. Běžně je uložena v podvozku vozíku, kde je nutné kvůli její váze zvolit správné místo. Při umístění do nejnižší možné polohy si vozík zachovává lepší stabilitu a lepší jízdní vlastnosti.



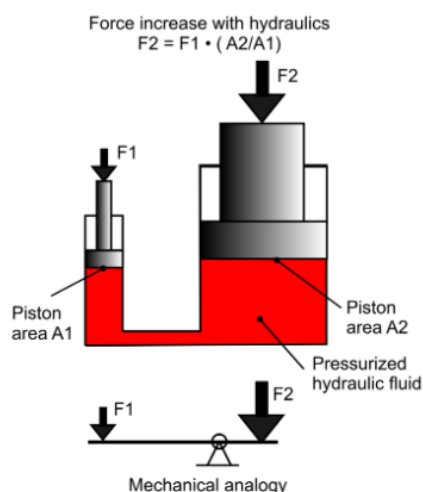
Obrázek 46 Baterie k invalidnímu vozíku [47]

### 5.3.2 Hydraulické systémy

V aplikacích zdravotnické techniky je možné využít také polohování pomocí hydraulického systému (Obrázek 41). V současnosti je v zařízeních zdravotnického účelu využíván převážně pro polohování nemocničních lůžek a masážních stolů.

Hydraulické zařízení pracuje na principu Pascalova zákona, kdy síla působící na první píst vytváří v kapalině tlak, který se přenáší nestlačitelnou kapalinou k druhému pístu. Na druhý píst tlačí kapalina stejně velkým tlakem a podle velikosti plochy pístu působí celkovou silou, která může být větší, než byla síla působící na první píst. Velikost síly závisí na velikosti ploch pístů. Princip je zobrazen na obrázku 47.

Ve zdravotnických aplikacích by bylo možné využít například tento typ hydraulické pumpy (Obrázek 48), kdy je zdvih ovládán manuálně pákou nebo pedálem. Využití pumpy je převážně tam, kde je potřeba větší síly.



Obrázek 47 Princip funkce zvýšení síly pomocí kapaliny [48]



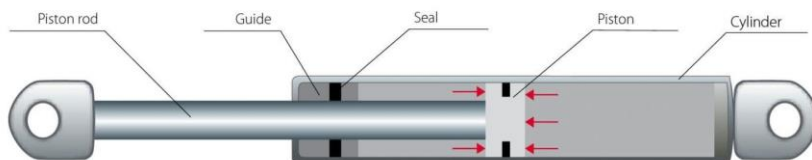
Obrázek 48 Hydraulická pumpa [49]

### 5.3.3 Pneumatické systémy

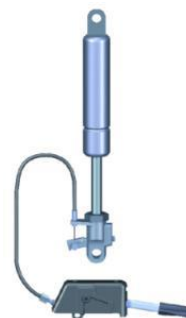
Pneumatické pohony jsou podobné hydraulickým pohonům. Hlavním rozdílem je druh používaného stlačovaného média. V řadě zdravotnických produktů, jako jsou odkládací stoly, polohovací postele, lehátka či křesla, je k dosažení změny polohy využíváno principu ovládaných plynových pružin. Tento způsob změny polohy je výhodný v tom, že není potřeba dalších dodatečných komponent. Pro funkci je potřeba plynová pružina a vnější ovládání ventilu. Pro zdravotnické účely lze vzpěry zablokovat v libovolné poloze a jsou také schopny tlumeného pohybu. Další výhodou tohoto pohonu je jeho jednoduché ovládání. Využití tohoto druhu pohonu je možné u mechanických invalidních vozíků, kdy tímto způsobem může být zajištěna změna polohy podnožek, opěradla nebo vertikalizace.

Hlavními komponenty plynové vzpěry jsou válec, píst, pístnice, těsnění a vedení pístnice (Obrázek 49). Výsuvná délka pístnice je označována jako zdvih. Válec je naplněn stlačeným plynovým médiem, který vyvíjí stejný tlak na obě strany pístu. Velikost hnací síly je určena pístnicí, pístem a vnitřním tlakem uvnitř válce. Konvenční plynové vzpěry používají tzv. hydraulické tlumení, které zahrnuje malé množství oleje zpomalujícího rychlost zdvihu předtím, než píst dosáhne plného vysunutí. To dává pohybu brzdný charakter v koncové poloze [50].





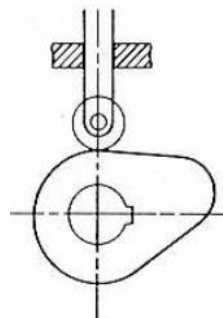
Obrázek 49 Plynová vzpěra v řezu [50]

Obrázek 50 Ukázka  
možného vybavení plynové  
vzpěry [51]

Plynové vzpěry je nutno umístit válcem nahoru. Jedině tak je pístnice v kontaktu s olejem mazána. Dnešní trh nabízí velké množství plynových vzpěr. Rozdělují se např. dle zdvíhu, tlačné síly nebo koncovek. Pro samotnou aplikaci je nezbytné zajistit jejich bezpečné umístění tam, kde nedojde ke kontaktu s uživatelem. Také musí být aktuátory chráněny před okolím, aby se neodřela pístnice a nedošlo k zamezení jejich pohybu např. skřípnutím potahu nebo zamotáním oděvu.

#### 5.3.4 Mechanické systémy

Mezi mechanické systémy je možné zařadit ty, které pracují na principu přeměny rotačního pohybu na posuvný, bez přidaného zdroje energie. Pohyb je realizován manuální silou uživatele. Jedním typem mechanického systému může být šroubový mechanismus sestávající z hlavní kinematické dvojice - šroub a matice. Existuje více možností provedení: otočná matice, posuvný šroub (šroubový zvedák), otočný šroub a pevná matice (šroubový lis) a další. Lineární posuv může být zajištěn speciálním tvarem vačky, díky které by bylo možné docílit potřebného pohybu.

Obrázek 51 Příklad aplikace šroubového mechanismu poháněného  
manuálně klikou [52]Obrázek 52 Příklad lineárního pohybu pomocí  
vačky [53]

### 5.4 Požadavky na vozík pro aktivního uživatele

Konstrukční návrh technického zařízení by měl splňovat několik vlastností. Návrh by měl být funkční, praktický, cenově dostupný, dodržovat ergonomické požadavky, bezpečnost, možnost recyklace a likvidace. Zvolený princip zajišťující vertikalizaci by měl být lehký, snadno ovladatelný s možností zastavení v libovolné poloze. Je nutné také zajistit schopnost skládání konstrukce.

## 5.5 Výběr typu pohonu

Dle požadavků a vybraného cílového uživatele není vhodné volit lineární elektrický pohon. Volbou elektrického pohonu by se značně zvyšovala cena produktu a jeho hmotnost. Elektrické invalidní vozíky není často možné složit či přemístit do kufru vozu. Plná automatizace možných polohování není nutná pro cílového aktivního uživatele. V příloze lze mimo jiné nalézt návrhy vertikalizačních mechanismů, které jsou schopny polohování pomocí mechanických lineárních pohonů, například vačky nebo šroubu a matice (PŘÍLOHA č. 1). Tyto návrhy nebyly dále zpracovány, jelikož principy pro polohování nebyly nalezeny v žádném nabízeném produktu. Problém by mohl být s bezpečností tohoto zařízení.

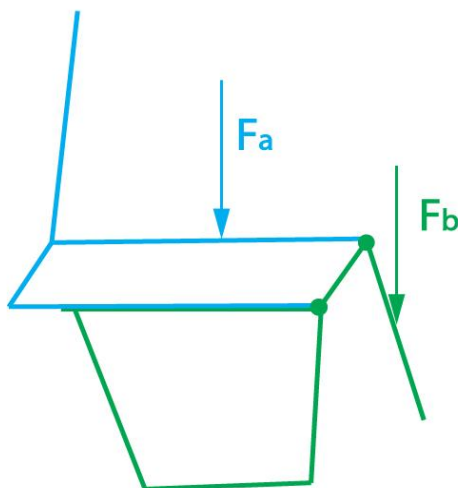
Aktuátory, které pro lineární pohyb využívají vzduch či kapalinu, se liší hlavně v síle, kterou dokáží vyvinout. Hydraulická zařízení dokáží vyvinout vyšší silové působení nežli pneumatické. Hydraulická pumpa (Obrázek 48), která je využívána pro zdravotnické účely, vyvine sílu až 2000 N. Oproti tomu plynové vzpěry jsou pro lékařské vybavení konstruovány spíše na nižší hodnoty zatížení (200-1000 N). Při návrhu s využitím plynových vzpěr je potřeba myslet na nutnost co nejpřesněji zjistit vnější zatížení působící na vozík a tím definovat potřebnou sílu plynové vzpěry. Smysl využití vzpěr je ten, že je potřeba pouze kooperace uživatele s plynovými pružinami při změnách poloh. Na rozdíl od hydraulické pumpy, která byla v práci představena. Tam je nutné vykonávanou práci, například opakujícím se pohybem páky nebo nožním pedálem, ovládat zdvih pístu. U plynových vzpěr není potřeba vykonávat práci pro ovládnutí výsuvu pístu, ale je nutné mírně odlehčit sedadlo pro aktivaci výsuvu vzpěry. Pro vybraný návrh mechanismu, viz Obrázek 34, bylo vybráno řešení polohování pomocí plynových vzpěr. Tímto způsobem člověk mění svou polohu přirozeněji. Zdravý jedinec bez handicapu, nebo starší člověk, který trpí bolestmi nohou nebo zad, si často pomáhá k tomu, aby se mohl zvednout ze židle opřením rukou o područky. Tento princip polohování je tedy blízko k běžnému vstávání ze židle. Dalšími nezanedbatelnými klady vybraného pneumatického pohonu jsou jeho snadná konstrukce, nízká cena, hmotnost a absence složitých součástí, které by byly potřebné pro správnou funkci mechanismu. Ostatní systémy, které byly představeny, mají za cíl snazšího ovládnutí bez nutného zapojení vlastní síly. To by člověka nemuselo udržovat v kondici. Aktivní uživatel bude muset zapojit horní části těla aby mohl ovládat pohyb vozíku pomocí otáčením obručí, zajistit brzdy a s pomocí vzpěr se postavit k potřebným denním činnostem.

### 5.5.1 Výpočet pro vybraný typ pohonu

Kapitola 5.2 se zabývala nejvhodnějším umístěním aktuátoru, aby bylo za potřeby co nejnižší síly pro vertikalizaci. Byly vybrány tři nejvhodnější polohy, pro které bylo nutné zvážit, zda jsou vhodné vzhledem ke konstrukci celého vozíku. Umístění v zadní části bylo nevhodné z hlediska bezpečnosti zařízení. Část vzpěry by byla v místech, kde by podléhala větším povětrnostním vlivům. Kvůli tomu by se mohly do vysunuté vzpěry dostat nečistoty, což by znemožnilo její funkčnost. Pro umístění vzpěry v zadní části vozíku by byla potřeba větší konstrukce rámu, tím by došlo k navýšení hmotnosti. Bylo by nutné zajistit dostatečný zdvih vzpěry a dosažení maximálního zdvihu by trvalo delší čas. Z těchto důvodů byla vzpěra umístěna do místa pod sedákem. Poloha vzpěry byla zvolena dle rozměrů vybrané plynové pružiny, viz (PŘÍLOHA č. 4), tak aby byl zajištěn maximální zdvih do pozice úplné vertikalizace.

Byl proveden výpočet se snahou co nejvíce přiblížit k reálnému zatížení konstrukce. Vnější zatížení vozíku je definováno pomocí dvojice sil  $F_a$  a  $F_b$  (Obrázek 53). Velikost a působíště síly  $F_a$  se v průběhu vertikalizace mění. Tato síla je složena z hmotnosti člověka a pohyblivých částí. Poloha působíště této síly je určena ze dvou dílčích těžišť. Těžiště uživatele v dané poloze a těžiště pohyblivých částí. Velikost síly  $F_b$  narůstá v průběhu vertikalizace. Její působíště zůstává ve stejné poloze.

Velikosti a působíště všech sil budou rozepsány zvlášť pro každou polohu v průběhu vzpřimování. Pro zjištění potřebné síly plynové vzpěry budou určeny tři hodnoty síly  $F_a$ , které budou v čase vertikalizace ve správné poloze aktivovány. Pomocí softwaru Creo Parametric 6.0, v modulu pro tvorbu mechanismů, bude z těchto zatěžujících sil vypočtena potřebná síla vzpěry.



Obrázek 53 Vnější zatížení pevného rámu vozíku a pohyblivých částí

## Poloha vsedě

### Umístění celkového těžiště $T_{a1}$

Umístění celkového těžiště  $T_{a1}$  představuje složení dvou dílčích těžišť v sedící poloze, těžiště pohyblivých částí a těžiště osoby (horní polovina těla až ke kolenům).

*Vzdálenost dílčího těžiště - sedící osoba:*

$$l_{Ta1os} = \frac{m_{hl} \cdot l_{hl} + 2 \cdot (m_{nad} \cdot l_{nad} + m_{př} \cdot l_{př} + m_{ruk} \cdot l_{ruk}) + m_{tr} \cdot l_{tr} + 2 \cdot m_{st} \cdot l_{st}}{m_{1os}}$$

$$l_{Ta1os} = \frac{5,32 \cdot 500 + 2 \cdot (2,32 \cdot 400 + 1,34 \cdot 200 + 0,5 \cdot 100) + 37,38 \cdot 450 + 2 \cdot 12,25 \cdot 250}{75,4} = 372,65 \text{ mm},$$

kde  $m_{hl}$  je hmotnost hlavy, dále  $m_{nad}$ ,  $m_{př}$ ,  $m_{ruk}$ ,  $m_{tr}$ ,  $m_{st}$  jsou hmotnosti nadloktí, předloktí, ruky, trupu a stehna a  $m_{1st}$  je hmotnost osoby v této pozici,

$l_{hl}$  je vzdálenost těžiště hlavy ke středu otáčení, dále  $l_{nad}$ ,  $l_{př}$ ,  $l_{ruk}$ ,  $l_{tr}$ ,  $l_{st}$  jsou vzdálenosti těžišť nadloktí, předloktí, ruky, trupu a stehna ke středu otáčení.

*Hmotnost osoby:*

$$m_{1os} = 75,4 \text{ kg}$$

*Vzdálenost dílčího těžiště – pohyblivé části:*

$$l_{Ta1pč} = 367 \text{ mm}$$

*Hmotnost pohyblivých částí:*

$$m_{pč} = 0,8 \text{ kg},$$

kdy uvedená vzdálenost a hmotnost byla zjištěna z 3D modelu součástí.

**Vzdálenost celkového těžiště - člověka a pohyblivých částí v sedící poloze:**

$$l_{a1celk} = \frac{(m_{1os} \cdot l_{Ta1os}) + (m_{pč} \cdot l_{Ta1pč})}{m_{1os} + m_{pč}}$$

$$l_{a1celk} = \frac{(75,4 \cdot 372,65) + (0,8 \cdot 367)}{75,4 + 0,8} = 372,6 \text{ mm}$$

**Hmotnost celková:**

$$m_{a1celk} = 75,4 + 0,8 = 76,2 \text{ kg}$$

### Umístění celkového těžiště $T_{b1}$

$T_{b1}$  představuje hmotnost a umístění těžiště lidského těla od kolen dolů.

*Vzdálenost od osy otáčení:*

$$l_{Tb1os} = \frac{2 \cdot (100 \cdot 3,66 + 170 \cdot 1,14)}{2 \cdot (3,66 + 1,14)} = 134,1 \text{ mm}$$

*Hmotnost nohou:*

$$m_{b1} = 2 \cdot (3,66 + 1,14) = 9,6 \text{ kg}$$

## Poloha v polosedě

### Umístění celkového těžiště $T_{a2}$

Umístění celkového těžiště  $T_{a2}$  představuje složení dvou dílčích těžišť v polosedící poloze, těžiště pohyblivých částí a těžiště osoby (horní polovina těla až ke kolenům).

Hmotnost uživatele v této poloze je brána bez váhy nohou. Dále je hmotnost uživatele volena tak, že část hmotnosti člověka v polosedící poloze je přenášena do stupaček. Uvažováno 20% celkové hmotnosti člověka.

*Vzdálenost dílčího těžiště - polosedící osoba:*

$$l_{Ta2os} = \frac{m_{hl} \cdot l_{hl} + 2 \cdot (m_{nad} \cdot l_{nad} + m_{př} \cdot l_{př} + m_{ruk} \cdot l_{ruk}) + m_{tr} \cdot l_{tr} + 2 \cdot m_{st} \cdot l_{st}}{m_{2os}}$$

$$l_{Ta2os} = \frac{5,32 \cdot 400 + 2 \cdot (2,32 \cdot 300 + 1,34 \cdot 100 + 0,5 \cdot 50) + 37,38 \cdot 350 + 2 \cdot 12,25 \cdot 150}{59,6} = 345,57 \text{ mm}$$

*Hmotnost osoby:*

$$m_{2os} = 75,4 - \left( \frac{75,4}{100} \cdot 20 \right) = 59,6 \text{ kg}$$

*Vzdálenost dílčího těžiště – pohyblivé části:*

$$l_{Ta2pč} = 398 \text{ mm}$$

*Hmotnost pohyblivých částí:*

$$m_{pč} = 0,8 \text{ kg}$$

**Vzdálenost celkového těžiště - člověka a pohyblivých částí v polosedící poloze:**

$$l_{a2celk} = \frac{(m_{2os} \cdot l_{Ta2os}) + (m_{pč} \cdot l_{Ta2pč})}{m_{2os} + m_{pč}}$$

$$l_{a2celk} = \frac{(59,6 \cdot 345,57) + (0,8 \cdot 398)}{59,6 + 0,8} = 346,26 \text{ mm}$$

**Hmotnost celková:**

$$m_{a2celk} = 59,6 + 0,8 = 60,4 \text{ kg}$$

### Umístění celkového těžiště $T_{b2}$

$T_{b2}$  představuje hmotnost a umístění těžiště lidského těla od kolen dolů.

*Vzdálenost od osy otáčení:*

$$l_{Tb2os} = \frac{2 \cdot (100 \cdot 3,66 + 170 \cdot 1,14)}{2 \cdot (3,66 + 1,14)} = 134,1 \text{ mm}$$

*Hmotnost nohou:*

$$m_{b2} = 2 \cdot (3,66 + 1,14) + \left( \frac{75,4}{100} \cdot 20 \right) = 24,7 \text{ kg}$$

## Poloha stání

### Umístění celkového těžiště $T_{a3}$

Umístění celkového těžiště  $T_{a3}$  představuje složení dvou dílčích těžišť v poloze stání, těžiště pohyblivých částí a těžiště osoby (horní polovina těla až ke kolenům).

Hmotnost uživatele v této poloze je brána bez váhy nohou. Dále je hmotnost uživatele volena tak, že část hmotnosti člověka v poloze stání je přenášena do stupaček. Uvažováno 40% celkové hmotnosti člověka.

*Vzdálenost dílčího těžiště – stojící osoba:*

$$l_{T_{a3os}} = \frac{m_{hl} \cdot l_{hl} + 2 \cdot (m_{nad} \cdot l_{nad} + m_{př} \cdot l_{př} + m_{ruk} \cdot l_{ruk}) + m_{tr} \cdot l_{tr} + 2 \cdot m_{st} \cdot l_{st}}{m_{3os}}$$

$$l_{T_{a3os}} = \frac{5,32 \cdot 250 + 2 \cdot (2,32 \cdot 150 + 1,34 \cdot 10 + 0,5 \cdot (-10)) + 37,38 \cdot 200 + 2 \cdot 12,25 \cdot 5}{45,24} = 213,23 \text{ mm}$$

*Hmotnost osoby:*

$$m_{3os} = 75,4 - \left(\frac{75,4}{100} \cdot 40\right) = 45,24 \text{ kg}$$

*Vzdálenost dílčího těžiště – pohyblivé části:*

$$l_{T_{a3pč}} = 403 \text{ mm}$$

*Hmotnost pohyblivých částí:*

$$m_{pč} = 0,8 \text{ kg}$$

### Vzdálenost celkového těžiště - člověka a pohyblivých částí v poloze stání:

$$l_{a3celk} = \frac{(m_{3os} \cdot l_{T_{a3os}}) + (m_{pč} \cdot l_{T_{a3pč}})}{m_{3os} + m_{pč}}$$

$$l_{a3celk} = \frac{(45,24 \cdot 213,23) + (0,8 \cdot 403)}{45,24 + 0,8} = 216,53 \text{ mm}$$

**Hmotnost celková:**

$$m_{a3celk} = 45,24 + 0,8 = 46,04 \text{ kg}$$

### Umístění celkového těžiště $T_{b3}$

$T_{b3}$  představuje hmotnost a umístění těžiště lidského těla od kolen dolů.

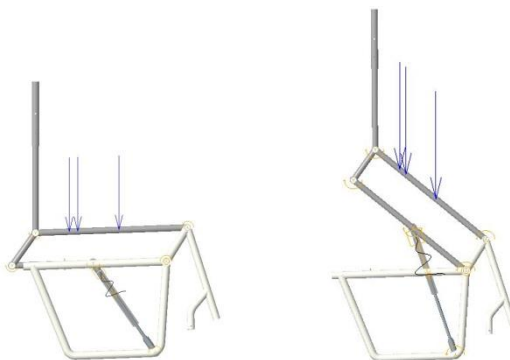
*Vzdálenost od osy otáčení:*

$$l_{T_{b3os}} = \frac{2 \cdot (100 \cdot 3,66 + 170 \cdot 1,14)}{2 \cdot (3,66 + 1,14)} = 134,1 \text{ mm}$$

*Hmotnost nohou:*

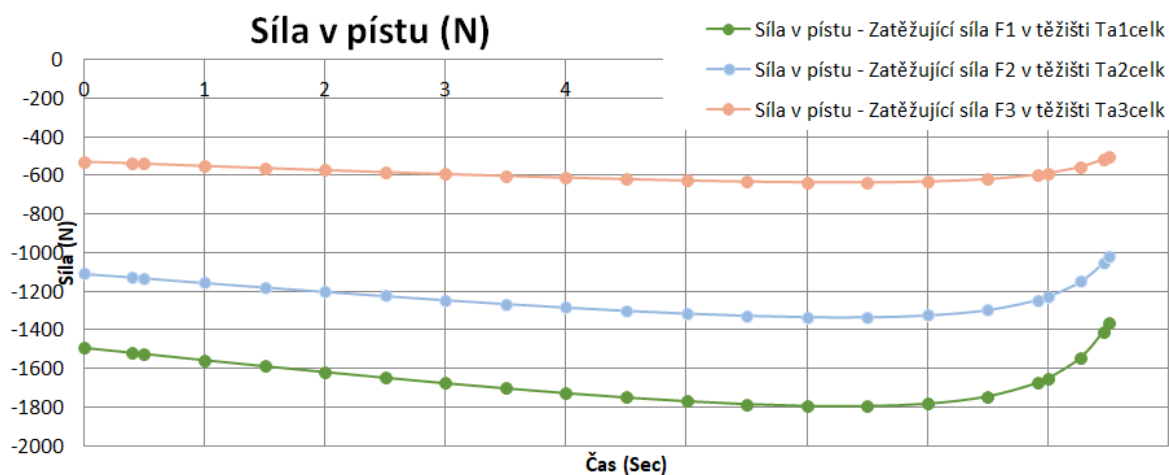
$$m_{b3} = 2 \cdot (3,66 + 1,14) + \left(\frac{75,4}{100} \cdot 40\right) = 39,76 \text{ kg}$$

Tímto výpočtem byly zjištěny velikosti a působiště sil pro každou ze tří základních poloh vertikalizace. Pro lepší přehlednost jsou výsledky z numerického výpočtu vnějšího zatížení zakresleny do obrázků, které jsou součástí přílohy (PŘÍLOHA č. 3). Síly působící na pohyblivé části vozíku byly použity pro definování potřebné síly vzpěry pro vertikalizaci. Na obrázku 54 je možné vidět nastavení pro výpočet potřebné síly pro vzpřímení.



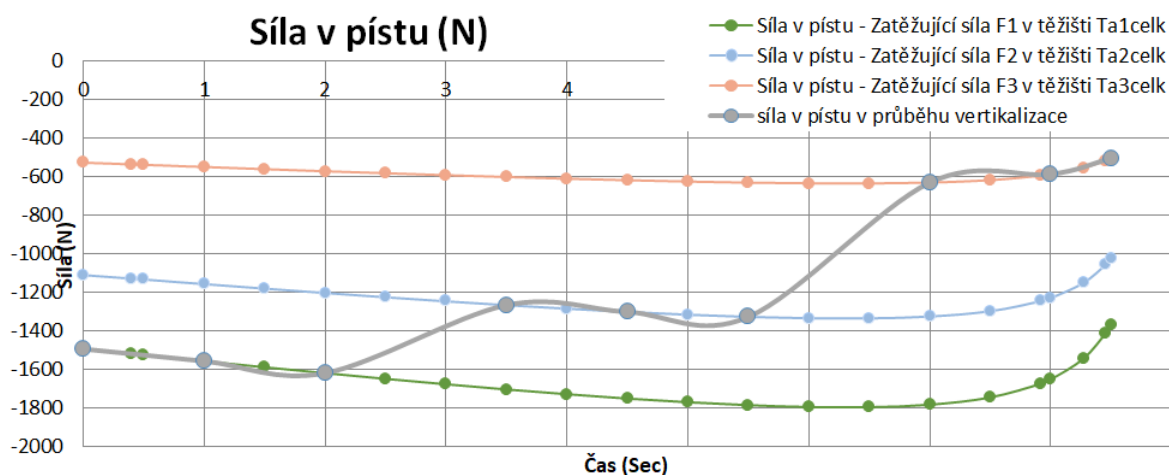
Obrázek 54 Nastavení pro stanovení potřebné síly vzpěry

V grafu 2 je vykreslena potřebná velikost síly vzpěry pro případy působení síly  $F_1$ ,  $F_2$  a  $F_3$  po celou dobu vertikalizace. Tyto síly reprezentují hmotnost člověka a pohyblivých částí v jednotlivých polohách (PŘÍLOHA č. 3c)



Graf 2 Průběh síly v pístu v průběhu vertikalizace, znázornění pro každou zatěžující sílu  $F_1$ ,  $F_2$  a  $F_3$

Jak již bylo zmíněno, dané síly nepůsobí po celou dobu vertikalizace, ale v průběhu času se mění jejich velikost a působiště. Průběh potřebné síly v pístu lze vidět v grafu šedou barvou (Graf 3).



**Graf 3** Průběh síly v pístu v průběhu vertikalizace, znázornění pro každou zatěžující sílu  $F_1$ ,  $F_2$  a  $F_3$  a potřebná síla pístu v průběhu vertikalizace

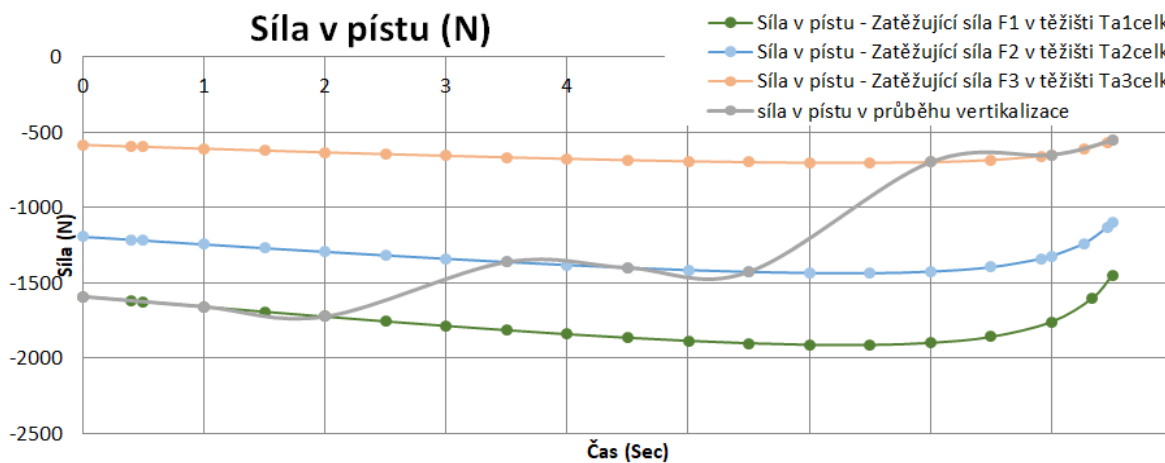
Výpočet byl ještě upraven přidáním 5 kg ke každé zatěžující síle, nahrazující vliv dalších prvků:

$$F_1 = 754 \text{ N} \quad \rightarrow \quad 804 \text{ N}$$

$$F_2 = 604 \text{ N} \quad \rightarrow \quad 650,4 \text{ N}$$

$$F_3 = 460,4 \text{ N} \quad \rightarrow \quad 510,4 \text{ N}$$

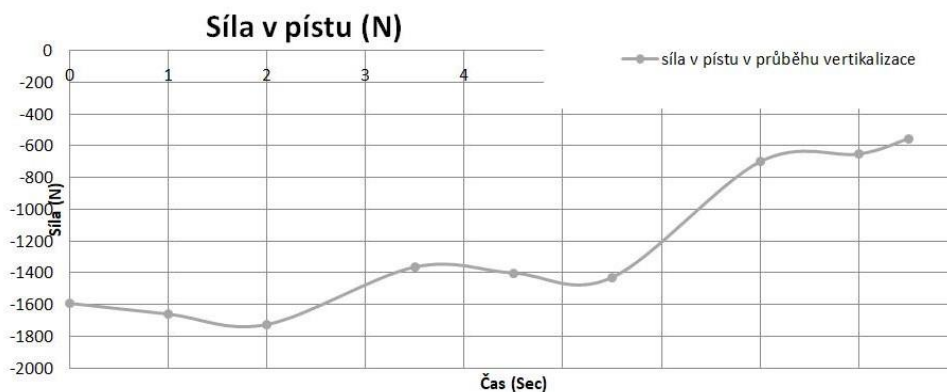
V grafu lze vidět průběh sil při upravené hodnotě zatížení.



**Graf 4** Průběh upravené síly v pístu v průběhu vertikalizace, znázornění pro každou zatěžující sílu  $F_1$ ,  $F_2$  a  $F_3$  a výsledná síla pístu v průběhu vertikalizace

Jak lze z grafu vidět, největší síla rovna 1725 N je v čase 2, v tomto čase je úhel  $\alpha_1 = 30,4^\circ$ . Tato poloha je znázorněna v příloze (PŘÍLOHA č. 3d).





Graf 5 Průběh síly v pístu v průběhu vertikalizace

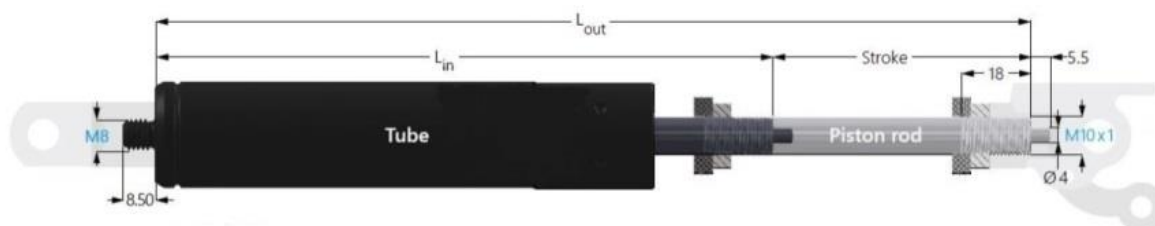
### 5.5.2 Výběr pohonu

V předchozí kapitole byla zjištěna síla, kterou je nutné vynaložit pro vzpřímení uživatele. Na trhu již existuje výrobce, který nabízí zamykatelné plynové pružiny pro podobné aplikace jako je polohování relaxačních křesel a lůžek pro pacienty v nemocnicích. Elastické plynové vzpěry jsou tvořeny tlakovou trubicí, pístnicí s pístem a ventilem, který je ovládán prostřednictvím uvolňovacího čepu. Ovládaný ventil zaručuje přesné zajištění vysunutí pístu v libovolné poloze. Pokud je ventil otevřen, síla vzpěry pomáhá uživateli vzpřímit se tím, že plynová vzpěra ponese větší část hmotnosti. Když je ventil uzavřen pneumatická pružina se uzamkne. Pro vertikalizaci uživatele je nutné v první fázi vzpřimování vyvinout sílu 1725 N. Výrobce Suspa nabízí dva typy plynových vzpěr, které se liší průměrem válce a vykonávanou silou. Byla zvolena možnost provedení EL2 (Obrázek 55), s průměrem válce 28 mm a silou až 1000 N. Základní rozměry vzpěry - maximální délka ( $L_{out}$ ), minimální délka ( $L_{in}$ ) a zdvih jsou uvedeny v příloze (PŘÍLOHA č. 4). Pro zajištění potřebné síly budou využity dvě tyto vzpěry řazeny paralelně. Byl také vybrán způsob uchycení vzpěry a to pomocí koncovky s okem se zinkovým kloubem a plastovým pouzdem. Tato kombinace zajišťuje hladký pohyb. Pro případ užívání vozíku osobou s nižší hmotností bylo by zapotřebí provést přepočítání potřebné síly nutné k vertikalizaci. Pokud by byla potřebná síla nižší než 1600 N dostačovala by vzpěra typu EL1. Rozměry ani uchycení vzpěry by se nezměnily [54].

Type	Ø Tube (mm)	Ø Piston rod (mm)	Stroke (mm)	Extension force* $F_1$ (N)	Color tube	Color piston rod	Type of locking
EL1	22	10	20 - 250	200 - 800	black	Tenifer	elastic
EL2	28	10	20 - 250	200 - 1,000	black	Tenifer	elastic

\* The extension force is selectable in steps of 50 Newton.

Obrázek 55 Volba plynové vzpěry [54]



Obrázek 56 Základní rozměry vzpěry [54]

## 5.6 Konstrukční návrhy jednotlivých částí vozíku

Při hledání způsobu řešení každé části vozíku bylo v této kapitole představeno několik možností, které jsou nyní využívány v konstrukcích invalidních vozíků mechanických či elektrických. Při výběru vhodného řešení bylo nutné zajistit možnost složení vozíku, jednoduchou manipulaci, tuhost konstrukce a funkčnost.

Dle skic (PŘÍLOHA č. 5) přiložených k této práci byly určeny tři možnosti spojení kol s rámem. Velká kola by bylo možné připevnit k pevné ose. Nevýhodou je nemožnost složení konstrukce vozíku. Výhodou by byla vyšší pevnost rámu a ucelený vzhled. Další možností je kola samostatně připevnit k pevnému rámu pro zajištění složitelnosti vozíku. Nicméně by nebylo možné měnit výšku sedu, na základě změny polohy uchycení kol k rámu. Třetí možností je uchycení kol na přídatnou komponentu, která umožňuje jak potřebu složení invalidního vozíku, tak výškové nastavení polohy sedu.

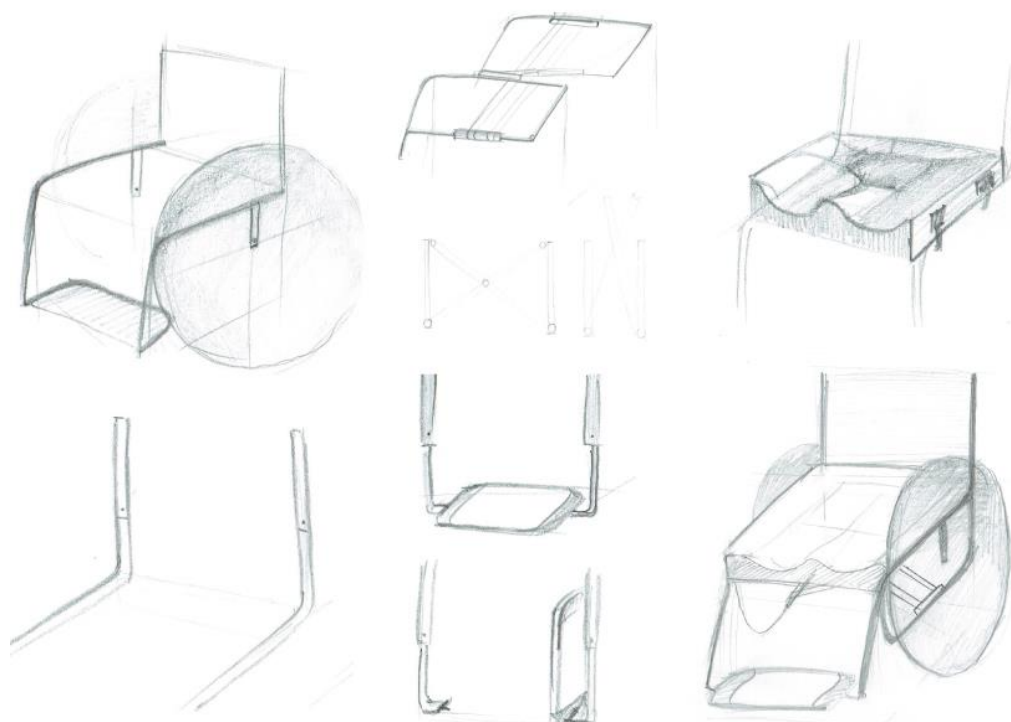
Při návrhu rámu bylo vybíráno ze tří možností zajišťujících hlavně schopnost složení vozíku do skladnějšího stavu. Skládání rámu pomocí kříže, pomocí odejmutí komponent nebo speciální konstrukce, kdy dojde ke složení vozíku využitím rotačního spoje mezi sedákem, podnožkami a zádovou opěrkou.

Plochu k sezení lze řešit pouhým natažením látky přes konstrukci, využitím antidekubitního sedáku či návrhem individuálního tvaru pro daného uživatele.

Způsob koncipování zádové opěrky vychází především z konstrukce rámu. V prvním případě může být opěrka sklápěna směrem k sedáku vozíku. Pevná konstrukce opěrky by v tomto případě propojovala levou a pravou část vozíku. Ke druhému způsobu sklopení opěrky může docházet společně se složením rámu. Levá a pravá část vozíku by nebyla přes opěrku pevně spojena. Další možností by mohlo být, že zádová opěrka bude navržena přímo dle požadavků uživatele. V tomto případě by se s největší pravděpodobností jednalo o nějaký druh skořepiny. Tato opěrka by se před složením vozíku musela zvlášť sundat.

Podnožka může být tvořena z jedné či dvou tenkostěnných trubek, které jsou k sobě spojené svarem. Toto řešení je nejenom vzhledné, ale provedení podpěrné plochy je jednoduché, z jednoho kusu, bez viditelných spojů. Další možností jsou stoupačí plochy, které je možné sklopit a tím umožnit skládání vozíku. Sklápěcí podnožky je možné řešit ze dvou částí (každá pro jednu nohu) nebo z jedné části. Trubkové provedení zajišťuje vyšší tuhost nežli provedení stoupačí plochy s možností sklopení.

Z uvedených způsobů řešení a požadavků byl vybrán návrh upevnění kol k rámu pomocí přidané komponenty. Důvodem výběru je možnost skládání vozíku a nastavení výšky sedu vozíku. Pro návrh rámu bylo vybráno řešení pomocí kříže díky jeho jednoduchosti. Jako plocha k sezení bude uvažován pohodlný antidekubitní sedák. Zádová opěrka bude navržena bez pevného spojení mezi levou a pravou stranou vozíku pro možnost složení pomocí kříže. Stupačka bude z jednoho dílu, který je možné sklopit. Vybrané řešení jednotlivých částí lze vidět níže, viz Obrázek 57.



Obrázek 57 Zvolené komponenty vozíku

## 6 Zvolené řešení návrhu

Konstrukční návrh vozíku pro aktivního uživatele vycházel z vybraných komponent vozíku (Obrázek 57). Jednotlivé části byly vymodelovány a seskládány do vhodných pozic tak, aby vyhovovaly dispozicím průměrného uživatele.

### 6.1 Základní parametry vozíku

Na obrázku 58 jsou vidět základní rozměry vozíku. Výkres celé sestavy vozíku je součástí příloh.



Obrázek 58 Základní rozměry vozíku

### 6.2 Komponenty vozíku

Vozík je složen z několika komponent vybraných v předchozí kapitole. Cílem této kapitoly je představit tyto komponenty tak, aby byla zajištěna funkčnost vozíku, variabilita, bezpečnost a možnost složení.

#### Kola

V modelu lze vidět tři typy kol, velké s průměrem 24", malé přední a zadní (Obrázek 59). Pro zajištění maximální stability lze upravit polohu zadních malých kol. K rámu vozíku jsou připojena pomocí přírub. Přírubou je možno manipulovat po vedení rámu a díky tomu měnit výslednou polohu zadního kola. Dále je možno upravovat délku ramene zadního kola výsunem profilu a jeho zajištěním ve vybrané poloze. Tato úprava je zajišťována pomocí pružně uložené západky. Velká kola jsou ve sklonu  $4^\circ$  a lze je pomocí rychloupínacího mechanismu snadno sundat. Mírný sklon kol je prospěšný pro stabilitu vozíku. Výšku kol je možné upravit a zajistit šroubovým spojem (Obrázek 60). Schopnost úpravy výšky kol je důležitá pro pohodlné ovládání vozíku. Malá kola jsou uložena ve vidlici, která může rotovat vůči rámu, díky čemuž lze měnit směr pohybu.



Obrázek 59 Kola vozíku



Obrázek 60 Nastavení polohy kola

### Sedák

Antidekubitní sedák byl vybrán od společnosti Meyra. Jeho součástí jsou popruhy umožňující jednoduché připnutí a odepnutí sedáku od vozíku [58]. Aby sedák nepropadl, je prostor pod sedákem vyplněný popruhy. Spojení textilních popruhů je pomocí oka a suchého zipu. Průvěs lze nastavit.



Obrázek 61 Antidekubitní sedák

### Zádová opěrka

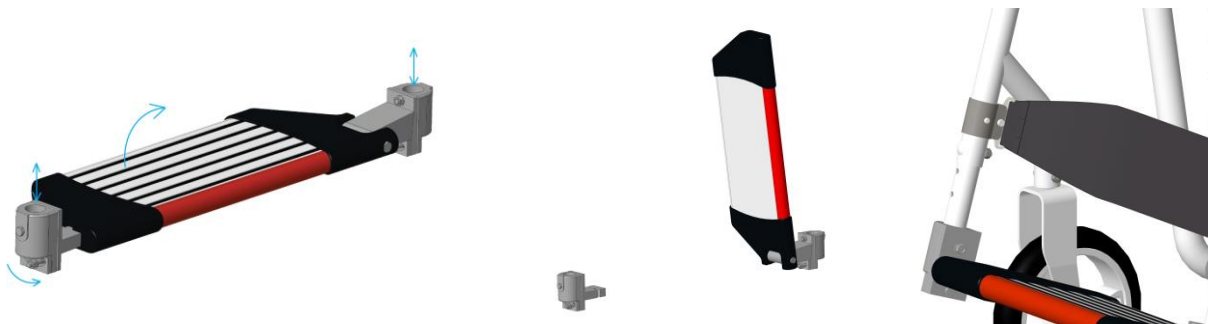
Součástí zádové opěrky je přestavitelný výsuvný spoj (profil v profilu) s automatickou aretací v jednotlivých polohách pomocí pružně uložené západky. Přes profily je natažena látka, která slouží pro oporu zad.



Obrázek 62 Zádová opěrka

### Podnožka

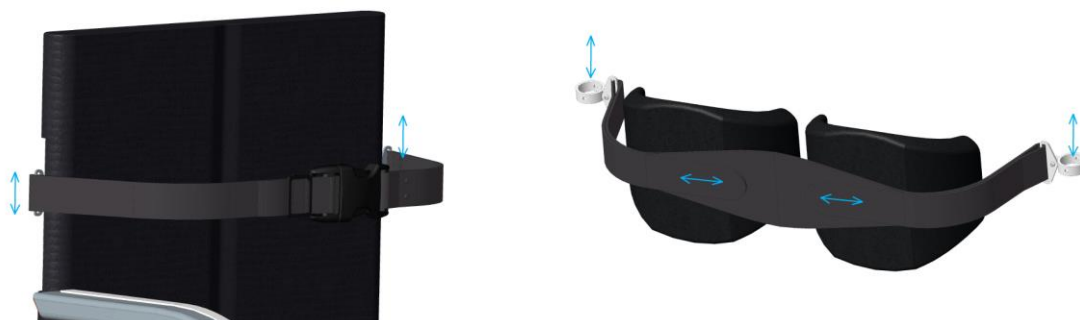
Tvar a konstrukce podnožky umožňuje sklopení. Její povrch je pogumován, aby nedocházelo ke sklouznutí nohou. Výšku stupačky od země lze nastavit pomocí šroubového spoje. Ke stupačce také patří popruh, který slouží jako podpěra lýtek a zajišťuje správnou polohu nohou.



Obrázek 63 Výklopná stupačka

### Opěrné prvky

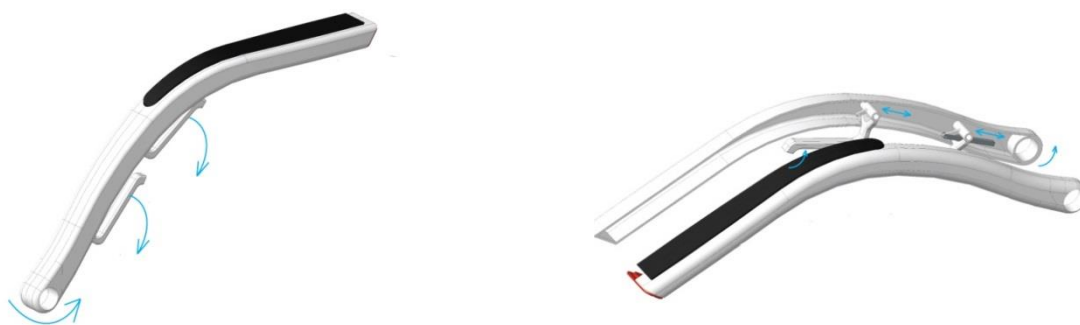
Při vertikalizaci je nutné zajistit bezpečnost proti převržení či vypadnutí uživatele z vozíku. K tomu účelu slouží nastavitelný pás přes hrudník a opora pro nohy. Délku pásu lze nastavit dle potřeby uživatele. Součástí nožní podpěry jsou měkké polštáře, které zajistí nohy ve vybrané poloze a netlačí. Délku pásu lze nastavit pomocí suchého zipu.



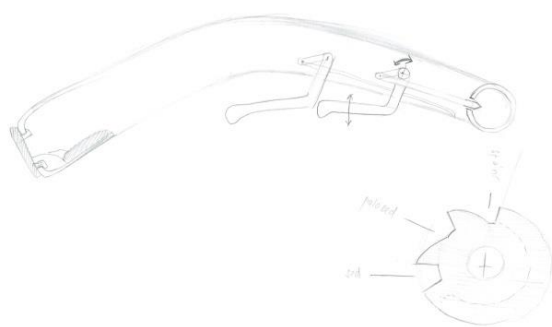
Obrázek 64 Opěrné prvky

### Ruční páka

Tento komponent slouží jako pomocný úchyt pro uživatele vozíku při vertikalizaci a zároveň k ovládní plynových vzpěr. Návrh byl inspirován produktem od společnosti LEVO (Obrázek 15). Na obrázku 66 je ruční páka nakreslena v řezu, kde je možné vidět funkci páčky 1, zajišťující otáčení ruční páky v kloubu a její tři základní polohy. Páčka 2 slouží k ovládní ventilu vzpěry pro vertikalizaci.



Obrázek 65 Ruční páka pro zajištění funkce vertikalizace



Obrázek 66 Princip funkce páky



Obrázek 67 Komponenty pro ovládání vertikalizace

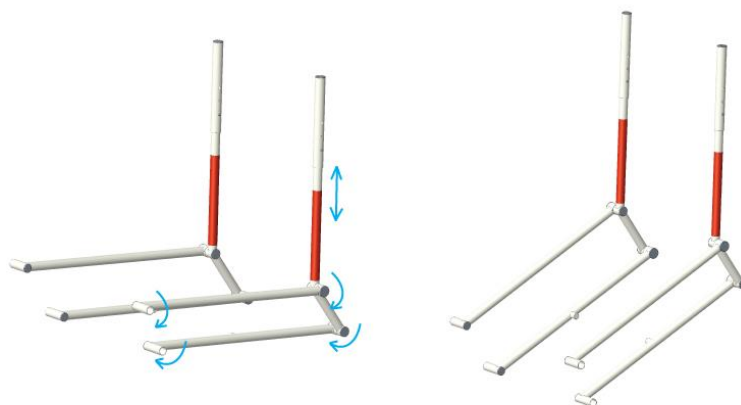
Změna polohy, tedy průběh vertikalizace, probíhá jednoduchým způsobem. Uživatel nejprve stiskne páčku 1, čímž uvolní kloub ruční páky. Pootočením ruční páky vybere a zajistí potřebnou polohu. Následně stiskem páčky 2 aktivuje ventil, který ovládá vzpěru. Zároveň musí uživatel vytvořit vlastní iniciativu zapřením se rukama o ruční páky a mírně se nadzvedávat. Pokud se uživatel bude nacházet ve vybrané poloze vzpřímení, může přerušit pohyb vzpřimování a v této poloze vzpěry uzamknout. Při návratu do polohy vsedě se nejdříve odjistí poloha ruční páky a jejím následným pootočením se vybere jedna z nižších poloh - polosed nebo sed. Páčkou pro ovládání vzpěry se umožní návrat do původní polohy.



Obrázek 68 Průběh vertikalizace

### Pohyblivé části

Součástí pohyblivých částí je sedák a opěrka zad. Při poloze vsedě je sedák v mírném záklonu a jeho koncová poloha je zajištěna opřením pohyblivých částí na pogumovaný profil kruhového průřezu, který je součástí pevného rámu. Pohyblivé části jsou symetrické, a aby byla zajištěna možnost složení vozíku, nejsou k sobě uprostřed spojeny. Všechny části jsou tvořeny z tenkostěnných profilů kruhového průřezu.



Obrázek 69 Pohyblivé části

### Rám vozíku

Díky dvojitému kříži umístěnému v prostoru pod sedákem je možné vozík složit do skladnějšího rozměru. Průběh skládání začíná tím, že se odejme sedák, který je přichycen k vozíku pomocí přezky. Dále je nutné rám dostat ze své rozložené polohy tím, že se odjistí pohyblivá část kříže z U objímky. Konstrukce kříže napomáhá k jednoduchému složení rámu. Takto složený vozík je možno lépe přepravovat či skladovat.

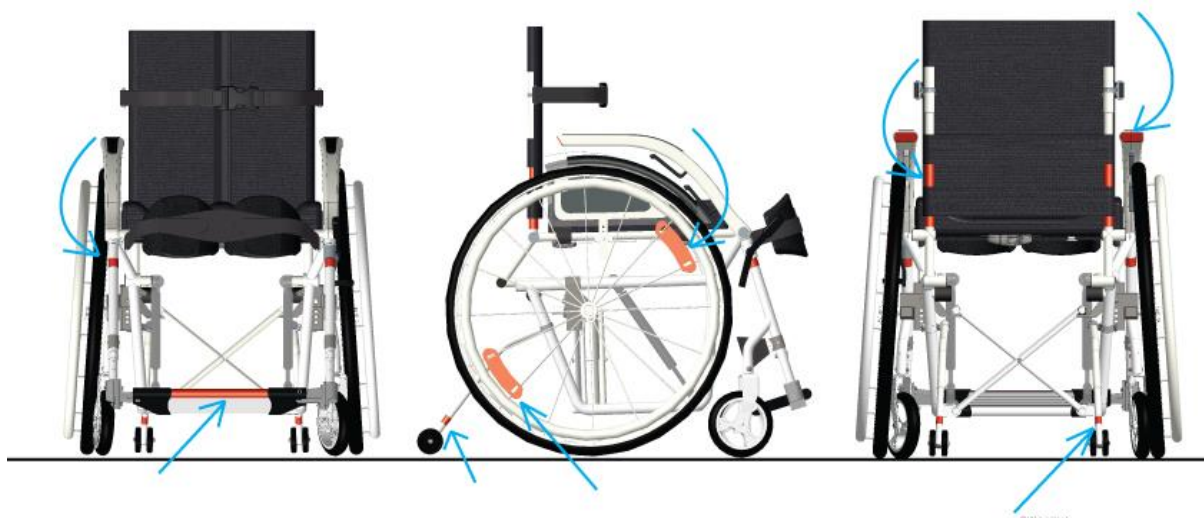


Obrázek 70 Pevný rám vozíku a skládací kříž

### Viditelnost a bezpečnost

Na několika místech je vozík opatřen reflexními prvky, které slouží ke zvýšené viditelnosti vozíku a tím jeho vyšší bezpečnosti. Na kolech jsou připevněny reflexní odrazky, na podnožce a okolo tenkostěnných trubek jsou nalepeny reflexní samolepky. V zadní části ruční páky může být odrazka nebo svítlna.





Obrázek 71 Umístění reflexních prvků při pohledu na vozík ze tří pohledů

### **Materiál rámu**

Pro rám konstrukce byla vybrána hliníková slitina EN AW- 6061. Materiál je možné svařovat, použít barevnou eloxaci, tím poskytnout více možností barev a ochrany materiálu. Materiál je podrobněji popsán v následující kapitole.

### **Vizualizace návrhu**

V příloze jsou zobrazeny vizualizace vymodelovaného vozíku z několika pohledů, pohled na vozík s postavou muže a průběh vertikalizace. Mezi posledními rendery lze vidět vozík v různých barevných kombinacích (PŘÍLOHA č. 6).

### 6.3 MKP analýza zvoleného řešení

Navržená konstrukce vozíku byla složena z několika částí, které byly podrobněji představeny v předchozích kapitolách. Z analýzy kinematického pohybu pohyblivých částí sloužící k vertikalizaci uživatele, vyplývají zatěžující síly, působící na pevný rám vozíku. Z tohoto důvodu bylo nutné ověřit navrhovanou konstrukci svařeného rámu metodou konečných prvků a najít možné kritické oblasti.

#### 6.3.1 Nastavení okrajových podmínek

Jelikož je pevný rám symetrický, byl pro výpočet vymodelován model pouze jedné poloviny rámu. Polovina rámu je tvořená z tenkostěnných trubek, které by byly v reálném případě spojeny svarem. V modelu se také nachází výškově nastavitelná komponenta pro připojení kola.

Pro vytvořený model byly definovány okrajové podmínky (Obrázek 72). Geometrie kříže uchycená k ploše 1 ubírá stupně volnosti ve směru osy  $y$ . Místu 2, kde bude uchycené malé kolo, je za pomoci podmínek odepřen posun ve směru  $z$ . Vytvořené geometrii 3, představující upnutí kola, jsou podmínkami ubírány stupně volnosti ve všech směrech  $x$ ,  $y$  a  $z$  a je v tomto místě zakázána rotace kolem osy  $x$ . Model osy kola a kontaktní části kříže jsou ve výpočtovém modelu nahrazeny beamy. Toto zjednodušení má za snahu nahradit dané součásti jednoduchými prvky pro snadnější a rychlejší výpočet.



Obrázek 72 Pohledy na rám s definovanými okrajovými podmínkami

#### Zatížení rámu

Vnější zatížení (PŘÍLOHA č. 3d), které působí na rám, bylo definováno v předchozích kapitolách. V následujících obrázcích lze vidět tři zatěžující případy. Síly působící na rám jsou poděleny dvěma, protože výpočet je řešen pro jednu polovinu rámu.

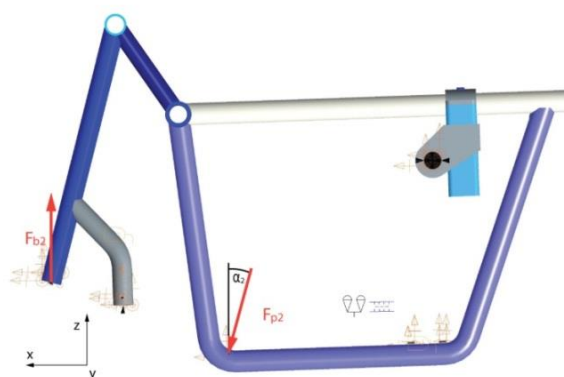
První zátěžný stav představuje situaci sedícího člověka. Síla simulující plynovou vzpěru se nazývá  $F_{p1} = 862,5 \text{ N}$  a svírá úhel  $\alpha_1 = 30,4^\circ$ . V místě, kde jsou opřené nohy, působí síla  $F_{b1} = 48 \text{ N}$  (Obrázek 73).

Druhý případ zatížení rámu představuje situaci uživatele v pozici polosed. Síla zvedající člověka je  $F_{p2} = 700 \text{ N}$  a svírá úhel  $\alpha_2 = 18^\circ$ . Tam, kde jsou opřené nohy, působí síla  $F_{b2} = 123,5 \text{ N}$  (Obrázek 74).

V posledním třetím případě uživatel stojí a síla, která ho zvedá, se rovná hodnotě  $F_{p3} = 278,5 \text{ N}$  a svírá úhel  $\alpha_3 = 0,25^\circ$ . V místě opření nohou působí síla  $F_{b3} = 199 \text{ N}$  (Obrázek 75).



Obrázek 73 1. Zátěžný stav rámu – uživatel sedí



Obrázek 74 2. Zátěžný stav rámu – uživatel se nachází v polosedící poloze



Obrázek 75 3. Zátěžný stav – uživatel stojí

## Materiál

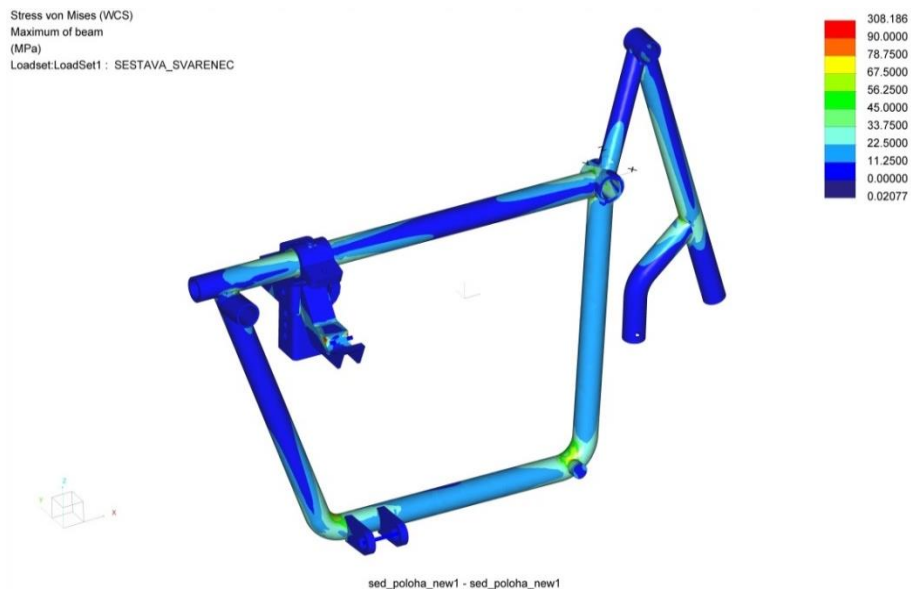
Pro rám vozíku byl vybrán materiál, který se běžně používá pro rámy cyklistických kol EN AW-6061. Tento materiál je vhodný ke svařování a lze také eloxovat, touto úpravou je možné docílit různých barevných kombinací rámu. Mechanické vlastnosti hliníkové slitiny EN AW-6061 T4 jsou: Youngův modul pružnosti v tahu  $E = 69 \text{ GPa}$ , mez pevnosti v rozmezí  $R_m = 180 - 210 \text{ MPa}$ , mez kluzu  $R_e = 110 \text{ MPa}$  a Poissonova konstanta  $\mu = 0,33$ . Po svařování je uváděno, že ztráta pevnosti je okolo 40%. Dále je po svařování možné materiál znovu tepelně zpracovat, aby se pevnost částečně obnovila. Doporučeno ale je, aby návrhová pevnost materiálu sousedícího se svarem byla po svařování považována za  $165 \text{ MPa}$  i bez řádného tepelného zpracování. Pro výpočet byla stanovena bezpečná hodnota redukováného napětí  $90 \text{ MPa}$  [59].

### 6.3.2 Výpočet

Výpočet metodou konečných prvků byl proveden pro tři různé polohy člověka. Každý stav měl nastavené rozdílné zatěžující podmínky.

#### 1. Výsledky výpočtu rámu pro případ sedícího člověka

Dle výsledků analýzy redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa] je zřejmé, že se nacházejí na rámu místa, kde jsou hodnoty redukovaného napětí vyšší.

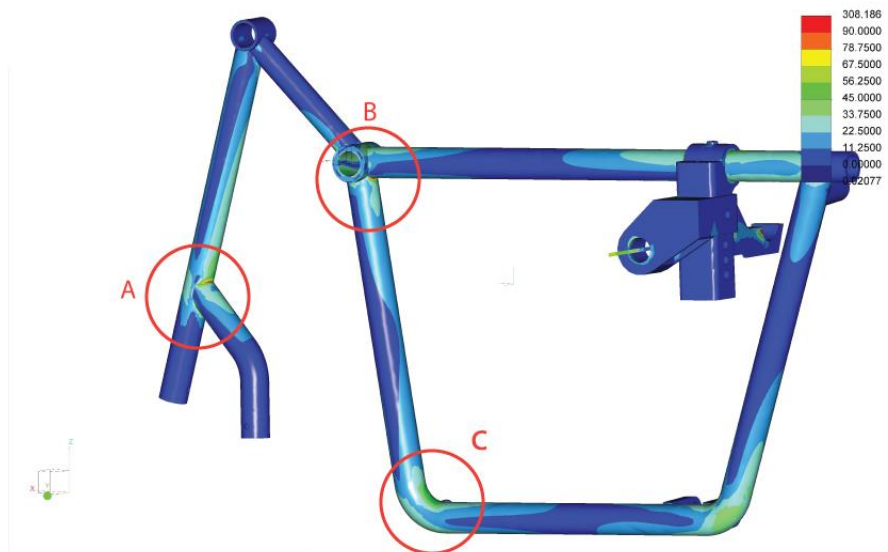


Obrázek 76 Pohled 1 - Zobrazení výsledků redukovaného napětí dle hypotézy von Mises v MPa pro první zatěžující stav rámu



Obrázek 77 Pohled 2 - Zobrazení výsledků redukovaného napětí dle hypotézy von Mises v MPa pro první zatěžující stav rámu

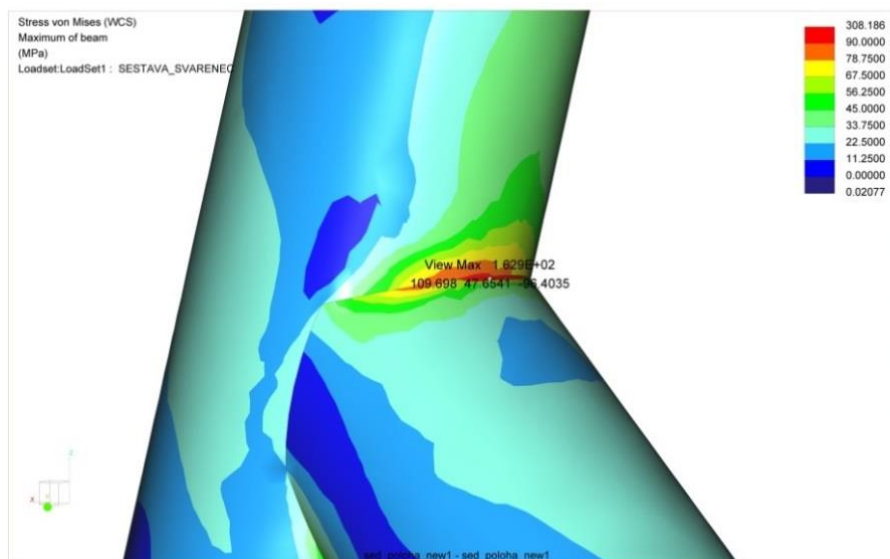
Na obrázku 78 jsou označena místa, ve kterých lze vidět vyšší hodnoty redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa].



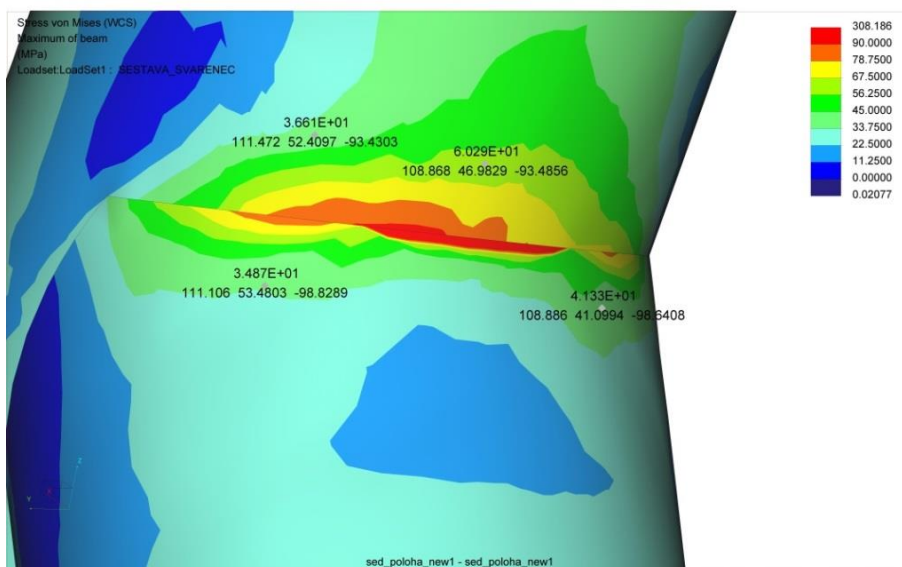
Obrázek 78 Vyznačení problematických míst z hlediska redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa] – poloha sed

### Místo A

V místě A, kde dochází ke spojení dvou tenkostěnných trubek, se nachází špička redukovaného napětí dle hypotézy von Mises 163 MPa (Obrázek 79). Vysoká hodnota je naměřena v ostrém spoji. V reálném případě bude v tomto místě svar s určitým zaoblením a hodnota redukovaného napětí nebude tak vysoká. S kvalitně provedeným svarem můžeme počítat s hodnotami redukovaného napětí v tomto místě kolem 60 MPa. Jak lze vidět na obrázku 80. Napětí v tomto spoji je možné také snížit volbou většího průměru tenkostěnné trubky nebo zpevněním tohoto spoje pomocí přidaného přivařeného plátu trojúhelníkového tvaru.



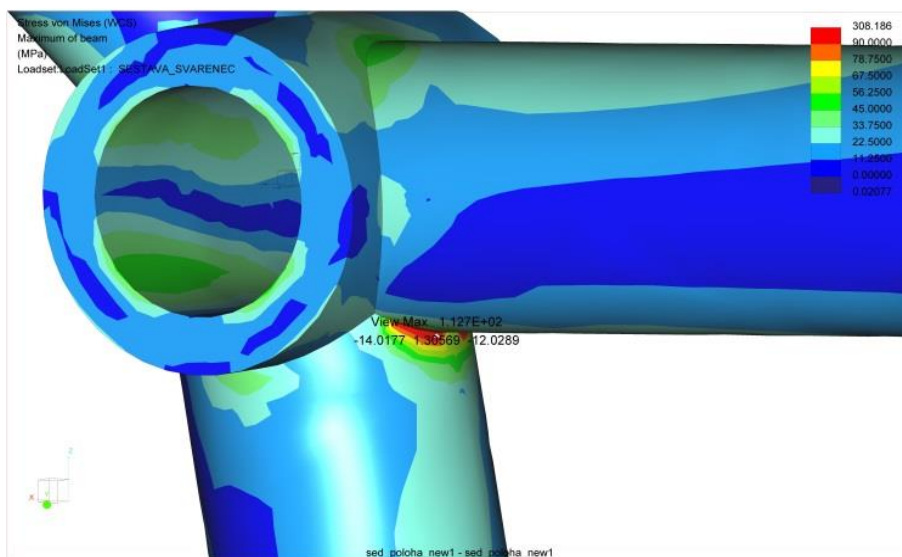
Obrázek 79 Místo A - Zobrazení špičky redukovaného napětí dle hypotézy von Mises ve spoji – 163 MPa



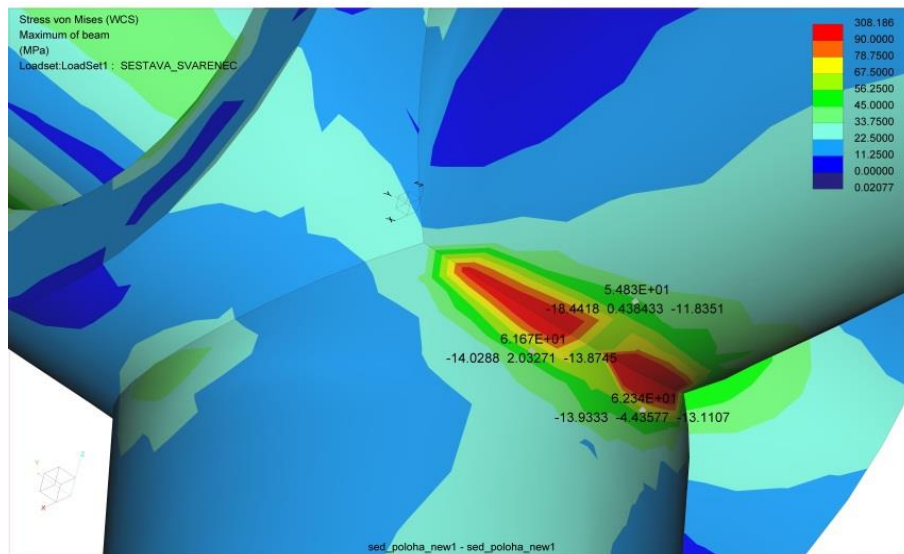
Obrázek 80 Místo A - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle analýzy von Mises v blízkém okolí, naměřené hodnoty 35 - 60 MPa

### Místo B

V místě spojení čtyř tenkostěnných trubek dochází také k vysoké hodnotě redukovaného napětí dle analýzy von Mises [MPa] stejně jako bylo uvedeno u místa A. V tomto místě bude také svar a lze tedy počítat s tím, že hodnota redukovaného napětí bude také nižší. Vhodnými úpravami by bylo docíleno nižších hodnot redukovaného napětí.



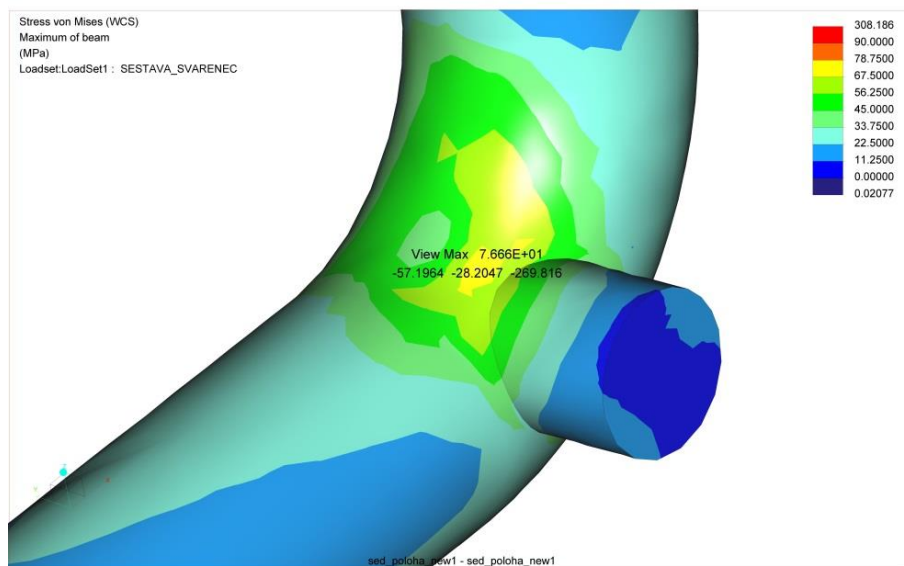
Obrázek 81 Místo B - Zobrazení špičky redukovaného napětí dle analýzy von Mises ve spoji 112 MPa



Obrázek 82 Místo B - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle analýzy von Mises v blízkém okolí 55-62 MPa

### Místo C

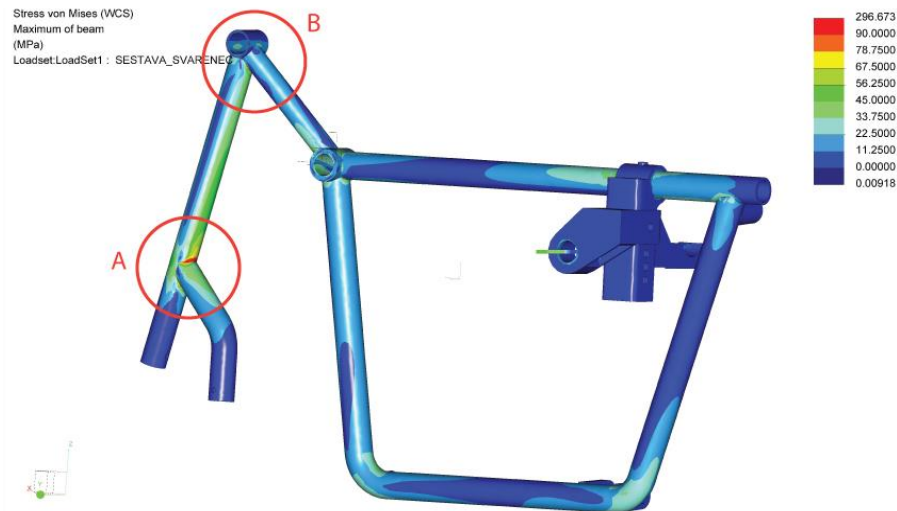
V místě připojení zařízení pro vertikalizaci uživatele byla také nalezena vyšší hodnota redukovaného napětí dle hypotézy von Mises 77 MPa (Obrázek 83). Přizpůsobením geometrie čepu (větší průměr), ke kterému se připojuje vzpěra, by mohlo pozitivně ovlivnit výsledky.



Obrázek 83 Místo C – Zobrazení špičky redukovaného napětí dle hypotézy von Mises 77 MPa

## 2. Výsledky výpočtu MKP rámu pro případ zatížení člověkem v polosedící poloze

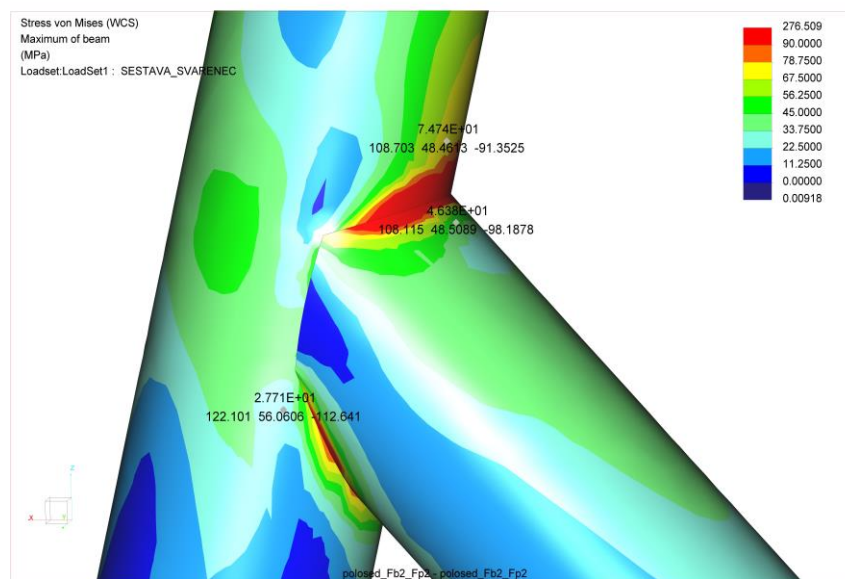
Na obrázku lze vidět zobrazení redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa]. Na rámu se nacházejí dvě místa, kde jsou hodnoty tohoto napětí vyšší.



Obrázek 84 Vyznačení problematických míst z hlediska redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa] – poloha polosed

### Místo A

Toto místo se jeví jako problematické i v druhém případě zatížení rámu. Hodnoty v blízkém okolí špičky redukovaného napětí dle hypotézy von Mises se pohybují v rozmezí hodnot 27-75 MPa.

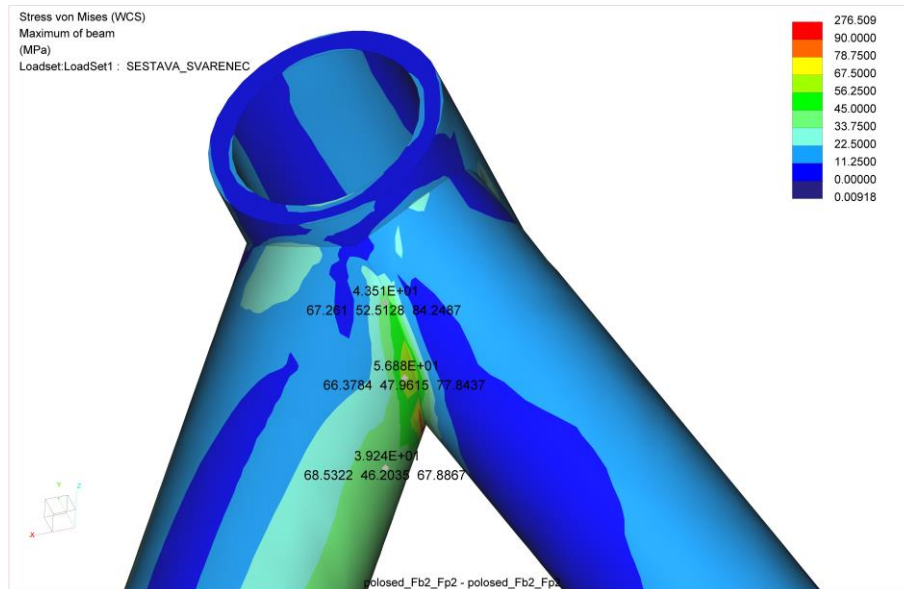


Obrázek 85 Místo A - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle analýzy von Mises v blízkém okolí špičky redukovaného napětí, naměřené hodnoty v rozmezí 27-75 MPa



### Místo B

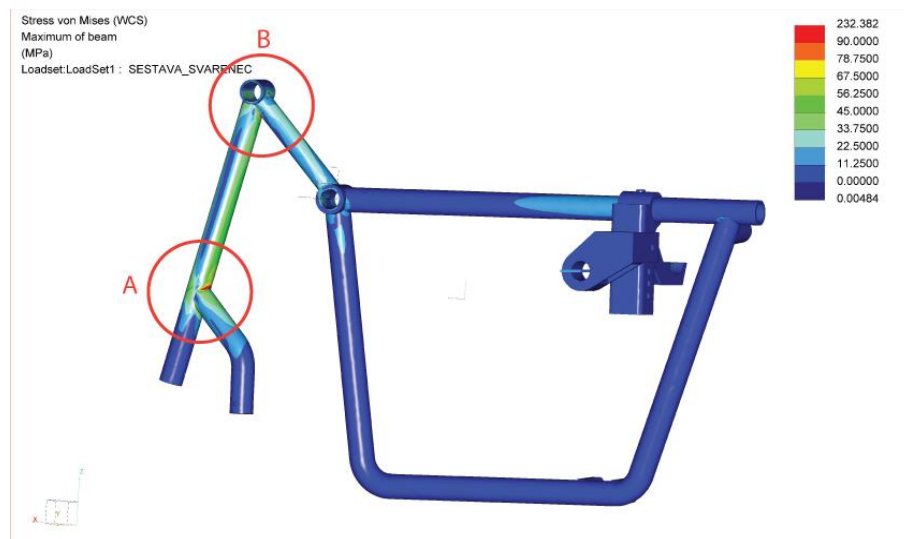
V okolí naměřené špičky redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa], jsou hodnoty redukovaného napětí do hodnot 60 MPa.



Obrázek 86 Místo B - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle hypotézy von Mises v blízkém okolí špičky redukovaného napětí, naměřené hodnoty v rozmezí 39-57 MPa

### 3. Výsledky výpočtu MKP rámu pro případ stojícího člověka

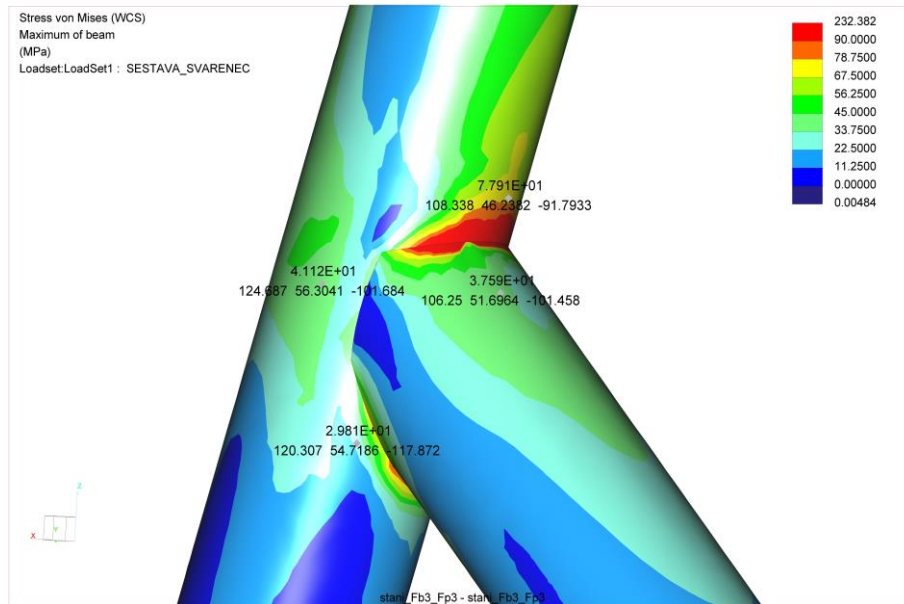
Výsledky analýzy redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa] pro rám zatížený stojícím člověkem ukazují zvýšené hodnoty redukovaného napětí v přední části rámu (Obrázek 87).



Obrázek 87 Vyznačení problematických míst z hlediska redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa] – poloha stání

### Místo A

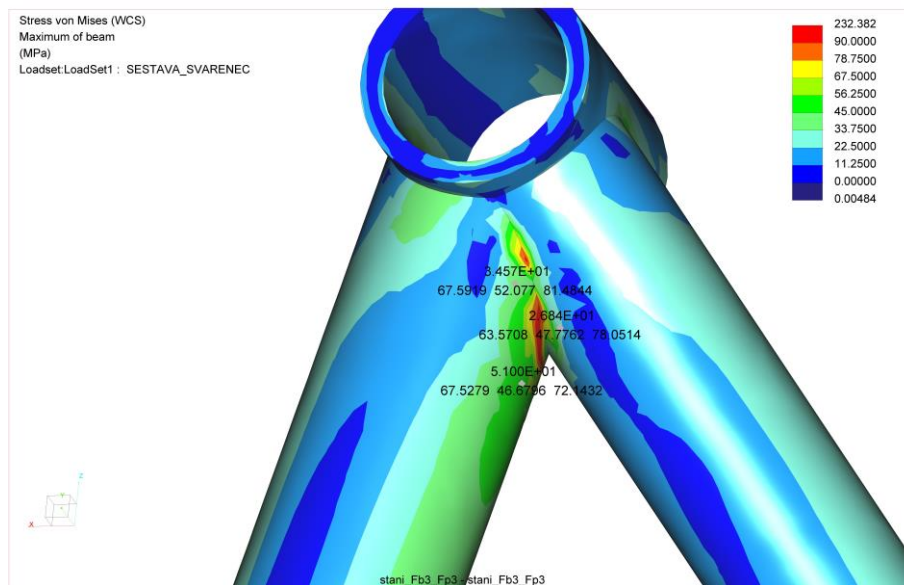
Jako u předchozích dvou případů (sed a polosed) byla v tomto místě naměřena špička redukovaného napětí dle hypotézy von Mises [MPa]. V blízkém okolí dosahují hodnoty redukovaného napětí maximálně 78 MPa.



Obrázek 88 Místo A - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle hypotézy von Mises v blízkém okolí špičky redukovaného napětí, naměřené hodnoty v rozmezí 30-78 MPa

### Místo B

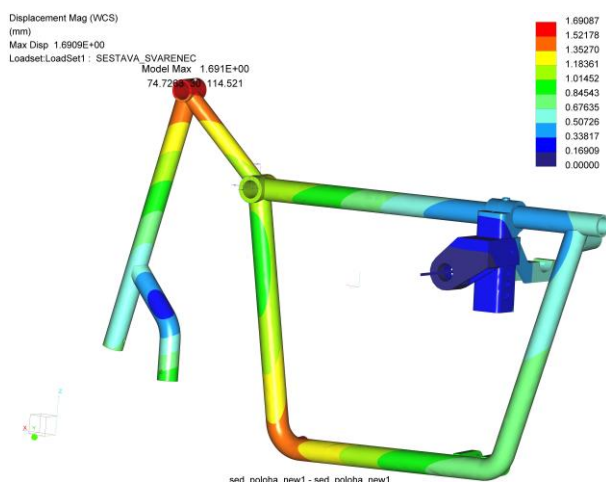
V místě B byly také naměřeny vysoké hodnoty redukovaného napětí dle analýzy von Mises [MPa].



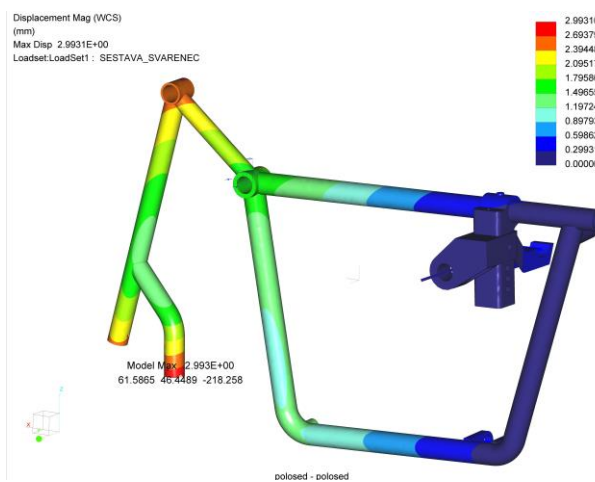
Obrázek 89 Místo B - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle analýzy von Mises v blízkém okolí 35-51 MPa

## Posunutí

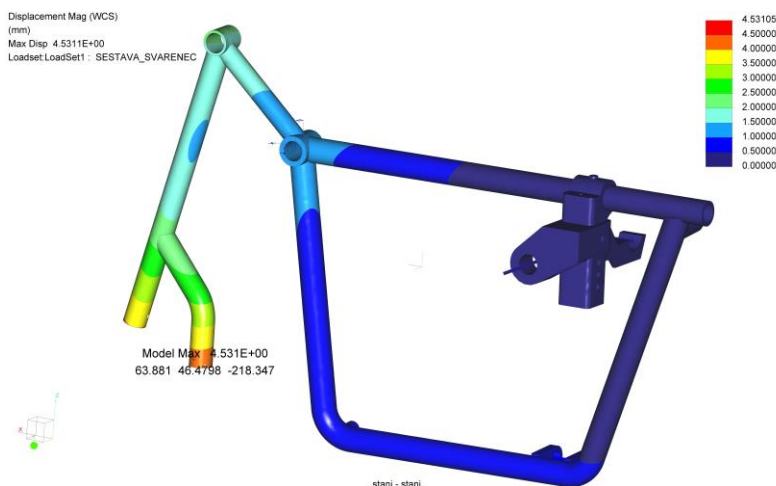
Na níže uvedených obrázcích je možné vidět hodnoty celkového posunutí [mm] ve třech případech zatížení rámu. V prvním případě (případ sedícího člověka) byla naměřena hodnota celkového posunutí 1,7 mm. Hodnota se nacházela v místě připojení profilu pro stupačky (Obrázek 90). Ve druhém a třetím případě docházelo k větším hodnotám celkového posunutí v místě připojení malého kola. Na obrázku 91 je možné vidět výsledky celkového posunutí pro druhý případ zatížení rámu (polosedící člověk). Naměřena byla hodnota 3 mm. Ve třetím případě (Obrázek 92) bylo naměřeno ve stejném místě celkové posunutí 4,5 mm. Tyto hodnoty jsou zanedbatelné.



Obrázek 90 Zobrazení celkového posunutí v případě zatížení sedícím člověkem – naměřená maximální hodnota 1,7 mm



Obrázek 91 Zobrazení celkového posunutí v případě zatížení polosedícím člověkem – naměřená maximální hodnota 3 mm



Obrázek 92 Zobrazení celkového posunutí v případě zatížení stojícím člověkem – naměřená maximální hodnota 4,5 mm

## Deformace

Na obrázcích níže lze vidět způsob deformování (posuvy) rámu. Zobrazené deformace jsou násobně zvětšeny, aby byla vidět tendence a způsob průběhu deformace.



Obrázek 93 Deformovaný rám – zatížení člověkem v sedící poloze



Obrázek 94 Deformovaný rám – zatížení člověkem v polosedící poloze



Obrázek 95 Deformovaný rám – zatížení člověkem stojícím

### 6.3.3 Shrnutí výsledků

Pomocí tří zátěžných stavů byly nalezeny dohromady čtyři možné nebezpečné oblasti konstrukce rámu. Pro vzpřímení uživatele z polohy sedu, je vynaložena velká síla na jeho počáteční zvednutí. Z tohoto důvodu je nejvyšší hodnota redukovaného napětí právě v místě připojení plynové vzpěry k rámu. V dalších polohách jsou kritické oblasti pouze v místech některých svarů, kde dochází ke špičkám redukovaného napětí. Tyto špičky redukovaného napětí vznikají z důvodu nerovnoměrného napojení elementů. V reálném případě by se v těchto místech nacházely svarové spoje, které by oblast díky svému zaoblení zrovnoměrnily.

Jedinou kritickou oblastí, která vychází z výpočtu metody konečných prvků je tedy oblast v první fázi zatěžování, přesněji v místě připojení plynové vzpěry k rámu. V tomto místě dosahuje redukované napětí dle hypotézy von Mises hodnoty 77 MPa. Výsledná hodnota je menší nežli stanovená dovolená mez bezpečného redukovaného napětí 90 MPa, a proto není třeba rám dále upravovat. Lepších výsledků nebylo docíleno ani změnou průřezu čepu. Čep je totiž v místě ohybu tenkostěnné trubky a jeho zvětšováním se hodnota redukovaného napětí zvyšovala. Polohu čepu není možné změnit, protože zvolená poloha je nutná pro umístění vzpěry a zajištění jejího plného zdvihu. Toto místo je možné upravit tak, aby tenkostěnná trubka, ke které je přivařen čep, byla delší. Čep by se potom nenacházel v oblasti ohybu trubky, což by mělo za následek pozitivnější vliv na výsledné redukované napětí v kritické oblasti.

## Závěr

Cílem práce bylo navrhnout vozík, který by sloužil aktivnímu uživateli. V úvodu práce byly uvedeny druhy invalidních vozíků a rozděleny na elektrické a mechanické. Dále byl čtenář seznámen s vozíky, které jsou schopny uvést člověka do vzpřímené polohy. Bylo vysvětleno, proč je důležité mít možnost měnit polohu a popsány zdravotní problémy, související s neustálým sezením. Pro návrh invalidního vozíku umožňujícího pohyb člověka, bylo také nezbytné informovat o ergonomických pravidlech, které je nutno dodržovat. Bylo popsáno, jakým způsobem má uživatel na vozíku sedět tak, aby se mu vozík dobře ovládal a nacházel se při tom v ergonomické poloze.

V druhé části práce bylo přistoupeno k navrhování vlastního řešení. Hlavním bodem bylo pochopení principu vertikalizace. Následně byly skicovány možné mechanismy, které by tuto funkci mohly umožnit. U některých návrhů byla funkčnost vyzkoušena v rámci modulu mechanismy v softwaru Creo Parametric 6.0. Dle funkčnosti byla jedna varianta vybrána. Pro vertikalizaci bylo potřeba mechanismus opatřit lineárním pohonem. Pro nalezení vhodného umístění pohonu z pohledu potřebné síly nutné pro vzpřímení, byl pohon v rámci softwaru Creo uvažován v několika různých polohách. V další kapitole byly představeny možnosti lineárních pohonů a dle požadavků na cílového uživatele byl zvolen vhodný. Dále byla pohonu vybrána vhodná poloha uchycení k rámu. Taková aby byla zajištěna plná vertikalizace při maximálním zdvihu plynové vzpěry. Jelikož bylo nutné pro tento typ pohonu co nejpřesněji definovat zatěžující podmínky, byla provedena analýza pohybu člověka ze sedící polohy do polohy stojící a vypočítáno zatížení, které v daném čase a v místě působí na pohyblivé části vozíku.

Dle grafu znázorňujícího průběh potřebné síly lineárního aktuátoru byl definován úhel sklonu aktuátoru, ve kterém je potřeba největší síly. Dle těchto výsledků byl nalezen výrobce, který nabízí produkty vhodné pro toto využití.

Následně bylo nezbytné navrhnout způsob řešení dalších komponent vozíku jako např. způsob upnutí kol, konstrukci pevného rámu nebo způsob složení vozíku. Jednotlivé části byly vymodelovány a byla vytvořena sestava modelu vozíku. Konstrukce jednotlivých sestav byla podrobněji popsána a doplněna obrázky. Byl také vybrán materiál rámu.

Metodou konečných prvků byla ověřena podmínka pevnosti navrhovaného rámu invalidního vozíku. Hodnoty vnějších sil působící na pevný rám vozíku byly zjištěny již při výpočtu potřebné síly plynové vzpěry. Výpočet MKP byl uskutečněn pro tři zátěžné stavy, ke kterým dochází v průběhu vzpřimování uživatele. Ve výsledcích těchto výpočtů byla nalezena kritická místa, ve kterých se nachází vyšší hodnoty redukovaného napětí. Převážně se tato místa nacházela v místě svaru. V blízkém okolí nejsou hodnoty redukovaného napětí vyšší, než je stanovená dovolená hodnota napětí. Při zhodnocení výsledků analýzy MKP byly navrženy možné konstrukční úpravy, které by mohly pomoci snížit redukované napětí v dané konstrukci.

V přílohách práce jsou přiloženy vizualizace modelu z několika pohledů, náhled na vozík s uživatelem a možné barevné varianty řešení, kterých lze docílit eloxováním. Pro přesnější představu navrhovaného konstrukčního řešení invalidního vozíku byl v závěru práce vytvořen výkres sestavy a výrobní výkres vybrané konstrukční části.

Tento návrh vozíku by měl ulehčit běžný život aktivnímu člověku tím, že by měl možnost dle potřeby vzpřímit se a částečně eliminovat svůj handicap. Uživatel díky tomuto řešení vozíku může fungovat v prostorech, které nejsou upravovány pro handicapované osoby.

Vzpřimování je docíleno částečně silou uživatele a tak se může udržovat stále v kondici. Navrhované řešení má výhodu zejména v nižší hmotnosti (17 kg) oproti výrobkům, které jsou nyní na trhu. Například vertikalizační vozík od společnosti LEVO (obrázek v rešeršní části práce) váží 25kg. Další výhodou může být možnost jeho snadného složení pomocí kříže.

V práci nebyla ověřena stabilita vozíku při plné vertikalizaci. Stabilita byla podpořena velkými naklopenými koly o  $4^\circ$  a přidáním malých stabilizačních kol do zadní části vozíku. Pokud by bylo zjištěno (výpočtem nebo vytvořeným modelem), že vozík v této poloze není stabilní, mohla by být stabilita zajištěna úpravou podnožky. Podnožka by mohla mít ze spodní části pogumované nohy a byla by připojena k vozíku pružně. V průběhu vzpřimování by působením síly na podnožky došlo k jejímu opření o zem. Dalším řešením může být opatření podnožky malými koly.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] Meyra: *Zdravotnické prostředky*, katalog 2020, 2019. 140 s.
- [2] Petričko [online]. [cit. 2020-10-22]. Dostupné z: <https://www.zdravotnicke-potreby.com/invalidni-voziky/vozik-mechanicky-meyra-budget/>.
- [3] Zdravotnické potřeby Drdlová [online]. [cit. 2020-10-22]. Dostupné z: <https://zdravotnicke-potreby-welnes.cz/cs/sedacky-nastavce-voziky-choditka/invalidni-voziky/dma-primeo-vozik-invalidni-odlehceny>.
- [4] Siv.cz: *zdravotnické pomůcky* [online]. [cit. 2020-10-22]. Dostupné z: <https://www.pomuckyzdravotnicke.cz/detail/aktiv-x1-mechanicky-invalidni-vozik/2037/>.
- [5] FILIPEC, Petr. *Studie elektrického invalidního vozíku* [online]. Brno, 2009 [cit. 2020-09-26]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ing. Pavel Švejda. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace?zp\\_id=16929](https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace?zp_id=16929).
- [6] Krosmedical [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <https://www.krosmedical.cz/motory/755-motor-pro-vozik-puma-yes.html>.
- [7] Technology and life [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <https://vozikyProzivot.cz/produkt/long-12v-12ah-oloveny-akumulator-deepcycle/>.
- [8] Meyra [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/ichair-mc2-1611.html>.
- [9] Wikipedia [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hemiparéz>.
- [10] Velký lékařský slovník [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/kvadrupareza>.
- [11] VozikySkutry.cz [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <https://www.vozikyskutry.cz/elektricke-invalidni-voziky/invalidni-elektro-vozik-otto-bock-c2000-id224>.
- [12] Patron [online]. [cit. 2020-10-23]. Dostupné z: <https://www.patron.eu/cs/reha/reha-produkty/voziky/elektricke/interierove/a200>.
- [13] Flickr [online]. [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/fairfaxcounty/5572652754/>.
- [14] Workplace design principles [online]. [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <https://ia2studio.wordpress.com/2009/01/22/universal-design-and-high-end-aesthetics-are-not-incompatible/universal-design-1/>.
- [15] Home: byt dům styl zahrada [online]. [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/bydleni/koupelny/bezbarierove-koupelny/>.
- [16] Spinalistips: *TIPS AND TRICKS FROM PEOPLE WITH SPINAL CORD INJURIES (SCI)*. [online]. [cit. 2020-10-15]. Dostupné z: <https://spinalistips.se/en/tip-standing-wheelchair-in-workplace-1256>.
- [17] Levo.ot: *The experts in standing* [online]. [cit. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://levousa.com/products/lae/>.
- [18] Behance.net [online]. [cit. 2020-10-08]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/2112922/Orthomobil-1st-Generation-iF-Design-Award-2004>.
- [19] Levo.ot: *Product C3* [online]. [cit. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://levousa.com/products/c3/>.

- [20] Ortoservis: *s námi zůstanete v pohybu* [online]. [cit. 2020-10-20]. Dostupné z: <https://ortoservis.cz/vertikalizacni/298-28-vertikalizacni-11-permobil-f5-vshtml.html>.
- [21] Desi speaks [online]. [cit. 2020-10-08]. Dostupné z: <http://desispeaks.com/disability-technology/paragolfer/>.
- [22] Think mobility [online]. [cit. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://thinkmobility.com.au/blogs/how-to-choose/the-benefits-of-standing>.
- [23] Dekubity.eu [online]. [cit. 2020-10-05]. Dostupné z: <https://www.dekubity.eu/informace-pro-verejnost/charakteristika-prolezenin/>.
- [24] Vitapur [online]. [cit. 2020-10-05]. Dostupné z: <https://www.vitapur.cz>.
- [25] Česká televize [online]. [cit. 2020-10-05]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/2304778-prolezeniny-jsou-nebezpecne-a-nesmi-se-podcenovat-mohou-ohrozit-i-zivot>.
- [26] Krajská nemocnice Liberec, a.s. [online]. [cit. 2020-10-05]. Dostupné z: <https://www.nemlib.cz/spasticita/>.
- [27] Podpora rozvoje hybnosti osob s tělesným postižením: *Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, Dagmar Opatřilová, Dana Zámečnicková* [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/hybnost/web/pages/03-03-vozickari.html>.
- [28] PĚGRÍM, Radomír a Anton VALACHOVIČ. *Anatomie a fyziologie člověka: Učebnice pro střední zdravotnické školy*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1969.
- [29] U lékaře.cz [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.ulekare.cz/clanek/micha-1158>.
- [30] The partnership in education [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.thepartnershipineducation.com/resources/nervous-system>.
- [31] Wattpad [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://www.wattpad.com/580709458-biologie-na-prijimacky-17-nervova-soustava-ii>.
- [32] REKTOR, Ivan a Irena REKTOROVÁ. *Centrální poruchy hybnosti v praxi: movement disorders*. Praha: Triton, 2003. ISBN 80-7254-418-7.
- [33] Czepa: *Česká asociace paraplegiků* [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://czepa.cz/poskozeni-michy/>.
- [34] BoneSpine [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://boneandspine.com/spinal-cord-injury-levels/>.
- [35] FILIPIOVÁ, Daniela. *Projektujeme bez bariér*. Praha: Ministerstvo práce a sociálních věcí, 2002. ISBN 80-86552-18-7.
- [36] ARMSTRONG, William, Johan BORG, Marc KRIZACK a KOL. *Guidelines on the provision of manual wheelchairs in less resourced settings* [online]. Switzerland: WHO publications, 2008 [cit. 2020-10-31]. ISBN 978-92-4-154748-2. Dostupné z: [https://www.who.int/disabilities/publications/technology/English%20Wheelchair%20Guidelines%20\(EN%20for%20the%20web\).pdf](https://www.who.int/disabilities/publications/technology/English%20Wheelchair%20Guidelines%20(EN%20for%20the%20web).pdf).
- [37] ENGSTROM, Bengt. *ERGONOMIC SEATING: A true challenge. Wheelchair Seating & Mobility Principles*. New York: Posturalis books, 2014. ISBN 9197237930.



- [38] WENCL, Radek. *Problematika a ergonomie invalidních vozíků u osob se spinálním postižením* [online]. Praha, 2009 [cit. 2020-10-28]. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Pedagogika, psychologie a didaktika. Mgr. Rostislav Čichoň, Ph.D. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/23119>.
- [39] FTVS: Univerzita Karlova [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1377.html>.
- [40] KALICHOVÁ, Miriam, Josef BALÁŽ, Petr BEDŘICH a Martin ZVONARĚ. *Základy biomechaniky tělesných cvičení* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1451/jaro2017/bp2054/um/SKRIPTA\\_KALICHOVA\\_-\\_zrecenzovane.pdf](https://is.muni.cz/el/1451/jaro2017/bp2054/um/SKRIPTA_KALICHOVA_-_zrecenzovane.pdf).
- [41] BIBUS, Supporting your success. Brno: BIBUS s.r.o. , 2018. 24 s.
- [42] Thomsonlinear: Linar\_aktuators [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: [https://www.thomsonlinear.com/en/training/linear\\_actuators/design\\_overview](https://www.thomsonlinear.com/en/training/linear_actuators/design_overview).
- [43] Linak: Uživatelská příručka [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: [linak-linearni-pohony-a-elektronika-uzivatelska-prirucka-lcz.pdf](#).
- [44] Krosmedical [online]. [cit. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://www.krosmedical.cz/nahradni-dily/742-ridici-jednotka-dynamic-pmb-shark.html>.
- [45] Meyra: Návod k obsluze [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/upload/files/produkty/optimus-2-optimus-2-s-2322/ovladaci-modul-RNet.pdf>.
- [46] Medesa care [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://shop.medesacare.cz/elektricke-invalidni-voziky-prislusenstvi/601-se01-blatnik.html>.
- [47] Voziky-skutry [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://www.vozikyskutry.cz/prislusenstvi/baterie-75-ah-k-voziku-id115>.
- [48] Wikipedia [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Hydraulické\\_zařízení](https://cs.wikipedia.org/wiki/Hydraulické_zařízení)
- [49] Domkat [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <http://www.domkat.cz/medact-h-0-4002>
- [50] Lesjoforsab:gas-springs [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://www.lesjoforsab.com/technology/gas-springs/>.
- [51] Betz: stabilus [online]. [cit. 2021-1-2]. Dostupné z: <https://www.betz.cz/stabilus/plynove-pruziny-blokovatelne.html>.
- [52] Proprofiky.cz [online]. [cit. 2021-5-10]. Dostupné z: <https://www.proprofiky.cz/sroubovy-zvedak-dakr/>.
- [53] Mechanical system design [online]. [cit. 2021-1-2]. Dostupné z: <http://courses.nus.edu.sg/course/mpefuhyh/myweb/cam.htm>.
- [54] Suspa [online]. [cit. 2021-1-3]. Dostupné z: <https://www.suspa.com/cz/produkty/uzamykatelne-plynove-vzpery/elasticka-blokace/standard-program>.
- [55] Meyra [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/kolo-aktiv-wheel.html>.
- [56] Navratilsro [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: [https://www.navratilsro.cz/kolo-a86-151\\_i6748](https://www.navratilsro.cz/kolo-a86-151_i6748).
- [57] DMA Praha [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: [https://www.dmapraha.cz/rp-307-tetraclip\\_z530/](https://www.dmapraha.cz/rp-307-tetraclip_z530/).
- [58] Meyra [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/sedaci-polstar-Qmed.html>.
- [59] Wikipedia [online]. [cit. 2021-4-20]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/6061\\_aluminium\\_alloy#cite\\_ref-astm\\_b209\\_7-0](https://en.wikipedia.org/wiki/6061_aluminium_alloy#cite_ref-astm_b209_7-0).

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Standardní vozík Meyra – Budget [2] .....	6
Obrázek 2 Odlehčený invalidní vozík DMA PRIMEO [3] .....	7
Obrázek 3 Mechanický aktivní vozík AKTIV X1 [4] .....	7
Obrázek 4 Elektromotor 24V [6] .....	8
Obrázek 5 Baterie [7].....	8
Obrázek 6 Řídicí systém [8] .....	8
Obrázek 7 Elektrický exteriérový invalidní vozík Ottobock C2000 [11] .....	8
Obrázek 8 Elektrický interiérový invalidní vozík Patron A200 [12].....	8
Obrázek 9 Elektrický invalidní vozík Meyra iChair MC2 [8] .....	9
Obrázek 10 Úprava skříně na oděv [13] .....	10
Obrázek 11 Úprava skříně kuchyňské linky [14].....	10
Obrázek 12 Upravená koupelna pro invalidy [15].....	10
Obrázek 13 Využití vzpřimovacího invalidního vozíku v práci u pracovního stolu [16] .....	10
Obrázek 14 Využití vzpřimovacího invalidního vozíku v práci, v kuchyni [16].....	10
Obrázek 15 LEVO active easy LAE [17] .....	11
Obrázek 16 Soutěžní návrh vzpřimovacího vozíku [18] .....	11
Obrázek 17 Levo C3 [19] .....	12
Obrázek 18 Vertikalizační vozík PERMOBIL F5 VS [20].....	12
Obrázek 19 Paragolfer od firmy Ottobock [21] .....	12
Obrázek 20 Stupně dekubitů [24] .....	13
Obrázek 21 Vyznačení místa, kde často dochází ke vzniku dekubitů [25] .....	14
Obrázek 22 Centrální a periferní nervový systém [30].....	15
Obrázek 23 Poloha míchy v páteřním kanálu [31] .....	15
Obrázek 24 Vliv místa poškození míchy k následnému ochrnutí [33].....	16
Obrázek 25 Rozměry uživatele na invalidním vozíčku [35] .....	17
Obrázek 26 Podpěrná místa na invalidním vozíku [36] .....	17
Obrázek 27 Správný posed uživatele, dynamický pohyb rukou [37] .....	18
Obrázek 28 Nesprávné nastavení úhlu opěrky [37] .....	18
Obrázek 29 Správné nastavení zádové opěrky [37].....	18
Obrázek 30 Nesprávné nastavení sedu [37] .....	19
Obrázek 31 Správné nastavení sedu [37] .....	19
Obrázek 32 Parametry mechanického invalidního vozíku .....	19
Obrázek 33 Průběh vertikalizace .....	20

Obrázek 34 Vybraný princip vertikalizace .....	21
Obrázek 35 Znázornění dílčích těžišť osoby, náčiní a těžiště celkového [40] .....	22
Obrázek 36 Zobrazení polohy těžiště ve třech polohách .....	23
Obrázek 37 Znázornění změny polohy těžiště v průběhu vertikalizace (šedá barva – první výpočet, červená barva – druhý výpočet pro větší postižení) .....	23
Obrázek 38 Model sestavy pohyblivého mechanismu vozíku .....	24
Obrázek 39 Dané možnosti umístění vzpěry .....	24
Obrázek 40 Výhodné umístění pohonu .....	24
Obrázek 41 Aplikace aktuátorů ve zdravotnictví [41] .....	25
Obrázek 42 Příklad provedení lineárního aktuátoru od společnosti Thomson v řezu [42] .....	25
Obrázek 43 Ukázka řídicího systému [44] .....	26
Obrázek 44 Ovládání Meira [45] .....	26
Obrázek 45 Ovládání bradou [46] .....	26
Obrázek 46 Baterie k invalidnímu vozíku [47] .....	26
Obrázek 47 Princip funkce zvýšení síly pomocí kapaliny [48] .....	27
Obrázek 48 Hydraulická pumpa [49] .....	27
Obrázek 49 Plynová vzpěra v řezu [50] .....	28
Obrázek 50 Ukázka možného vybavení plynové vzpěry [51] .....	28
Obrázek 51 Příklad aplikace šroubového mechanismu poháněného manuálně klikou [52] ....	28
Obrázek 52 Příklad lineárního pohybu pomocí vačky [53] .....	28
Obrázek 53 Vnější zatížení pevného rámu vozíku a pohyblivých částí .....	30
Obrázek 54 Nastavení pro stanovení potřebné síly vzpěry .....	34
Obrázek 55 Volba plynové vzpěry [54] .....	36
Obrázek 56 Základní rozměry vzpěry [54] .....	36
Obrázek 57 Zvolené komponenty vozíku .....	38
Obrázek 58 Základní rozměry vozíku .....	39
Obrázek 59 Kola vozíku .....	40
Obrázek 60 Nastavení polohy kola .....	40
Obrázek 61 Antidekubitní sedák .....	40
Obrázek 62 Zádová opěrka .....	40
Obrázek 63 Výklopná stupačka .....	41
Obrázek 64 Opěrné prvky .....	41
Obrázek 65 Ruční páka pro zajištění funkce vertikalizace .....	42
Obrázek 66 Princip funkce páky .....	42

Obrázek 67 Komponenty pro ovládání vertikalizace.....	42
Obrázek 68 Průběh vertikalizace .....	42
Obrázek 69 Pohyblivé části .....	43
Obrázek 70 Pevný rám vozíku a skládací kříž .....	43
Obrázek 71 Umístění reflexních prvků při pohledu na vozík ze tří pohledů .....	44
Obrázek 72 Pohledy na rám s definovanými okrajovými podmínkami .....	45
Obrázek 73 1. Zátěžný stav rámu – uživatel sedí.....	46
Obrázek 74 2. Zátěžný stav rámu – uživatel se nachází v polosedící poloze.....	46
Obrázek 75 3. Zátěžný stav – uživatel stojí.....	46
Obrázek 76 Pohled 1 - Zobrazení výsledků redukovaného napětí dle hypotézy von Mises v MPa .....	47
Obrázek 77 Pohled 2 - Zobrazení výsledků redukovaného napětí dle hypotézy von Mises v MPa .....	47
Obrázek 78 Vyznačení problematických míst z hlediska redukovaného .....	48
Obrázek 79 Místo A - Zobrazení špičky redukovaného napětí dle hypotézy von Mises ve spoji – 163 MPa.....	48
Obrázek 80 Místo A - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle analýzy von Mises v blízkém .....	49
Obrázek 81 Místo B - Zobrazení špičky redukovaného napětí dle analýzy von Mises .....	49
Obrázek 82 Místo B - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle analýzy von Mises .....	50
Obrázek 83 Místo C – Zobrazení špičky redukovaného napětí dle hypotézy von Mises 77 MPa .....	50
Obrázek 84 Vyznačení problematických míst z hlediska redukovaného .....	51
Obrázek 85 Místo A - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle analýzy von Mises.....	51
Obrázek 86 Místo B - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle hypotézy von Mises .....	52
Obrázek 87 Vyznačení problematických míst z hlediska redukovaného .....	52
Obrázek 88 Místo A - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle hypotézy von Mises .....	53
Obrázek 89 Místo B - Zobrazení hodnot redukovaného napětí dle analýzy von Mises .....	53
Obrázek 90 Zobrazení celkového posunutí v případě zatížení sedícím člověkem – naměřená maximální hodnota 1,7 mm .....	54
Obrázek 91 Zobrazení celkového posunutí v případě zatížení polosedícím člověkem – naměřená maximální hodnota 3 mm.....	54
Obrázek 92 Zobrazení celkového posunutí v případě zatížení stojícím .....	54
Obrázek 93 Deformovaný rám – zatížení člověkem v sedící poloze.....	55
Obrázek 94 Deformovaný rám – zatížení člověkem v polosedící poloze .....	55
Obrázek 95 Deformovaný rám – zatížení člověkem stojícím .....	55

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Rozložení váhy do segmentů těla [39] .....	22
--	----

## Seznam grafů

Graf 1 Nejmenší potřebná síla pro zdvih v polohách 3C, 4C a 5C .....	24
Graf 2 Průběh síly v pístu v průběhu vertikalizace, znázornění pro každou zatěžující sílu $F_1$ , $F_2$ a $F_3$ .....	34
Graf 3 Průběh síly v pístu v průběhu vertikalizace, znázornění pro každou zatěžující sílu $F_1$ , $F_2$ a $F_3$ a potřebná síla pístu v průběhu vertikalizace .....	35
Graf 4 Průběh upravené síly v pístu v průběhu vertikalizace, znázornění pro každou zatěžující sílu $F_1$ , $F_2$ a $F_3$ a výsledná síla pístu v průběhu vertikalizace .....	35
Graf 5 Průběh síly v pístu v průběhu vertikalizace .....	36

## Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 Návrh mechanismu
PŘÍLOHA č. 2 Výpočet těžiště
PŘÍLOHA č. 3 Grafické znázornění výpočtu vnějšího zatížení
PŘÍLOHA č. 4 Výběr plynové vzpěry
PŘÍLOHA č. 5 Skici jednotlivých částí vozíku
PŘÍLOHA č. 6 Vizualizace modelu

### Přílohy volně vložené

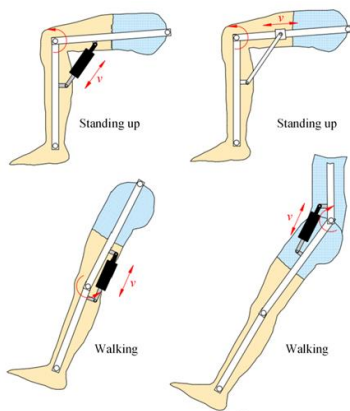
Invalidní vozík poloha sed – Výkres sestavy DP-2021-HS01-PS

Svařenec levý – Výrobní výkres DP-2021-HS01-S01-1.1

## **PŘÍLOHA č. 1**

### **Návrh mechanismu**

*Rešerše mechanismů*



5

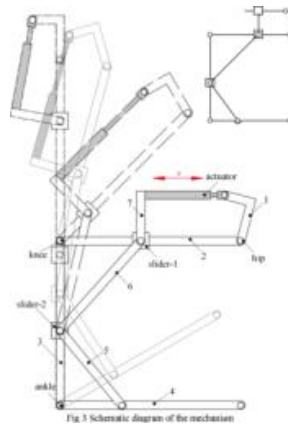


Fig. 3 Schematic diagram of the mechanism

6



7



8



9



10

<sup>5</sup><https://www.semanticscholar.org/paper/Mechanism-design-of-a-multifunctional-motion-robot-Tian-Song/c90abf37102442fa058fdd1af057c79229181f45>

<sup>6</sup><https://www.semanticscholar.org/paper/Mechanism-design-of-a-multifunctional-motion-robot-Tian-Song/c90abf37102442fa058fdd1af057c79229181f45>

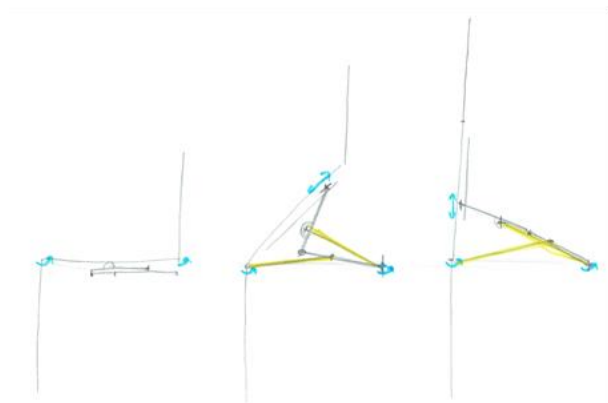
<sup>7</sup><http://www.kovaniienabytkove.sk/sk/eshop/postelove-kovani/vyklopne-postelove-kovani/vyklopne-postelove-kovanie-kp4.html>

<sup>8</sup><http://www.kovaniienabytkove.sk/sk/eshop/postelove-kovani/vyklopne-postelove-kovani/vyklopne-postelove-kovanie-kp4.html>

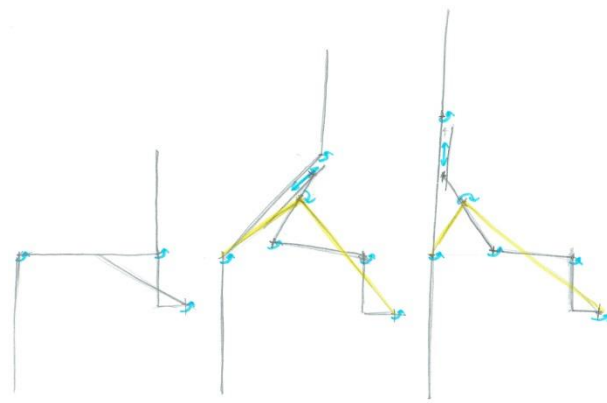
<sup>9</sup><https://www.univer.cz/nuzkovy-zvedak-sxklift-3000pp-id399>

<sup>10</sup><https://www.skutry-voziky.cz/elektricky-zvedak-pojizdny>

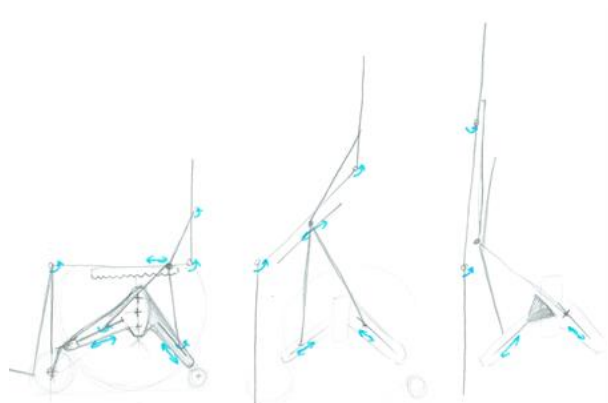
*Návrhy vzpřimovacích mechanismů*



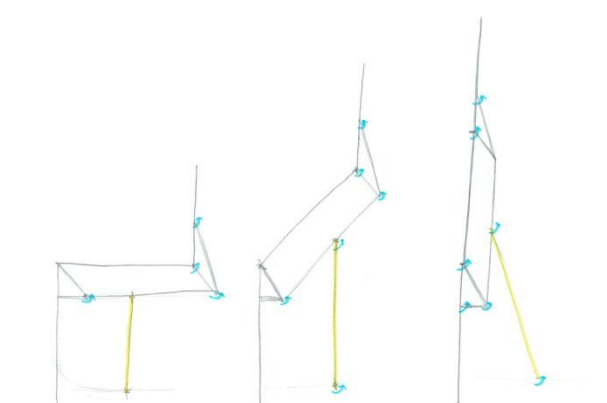
**Návrh 1**



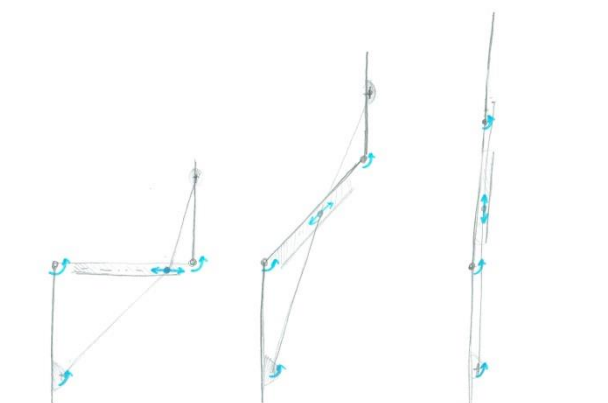
**Návrh 2**



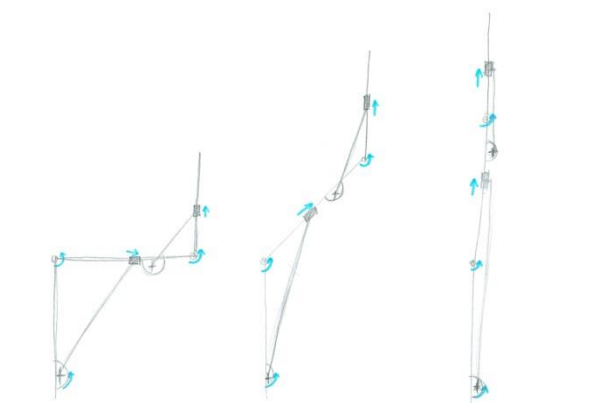
**Návrh 3**



**Návrh 4**

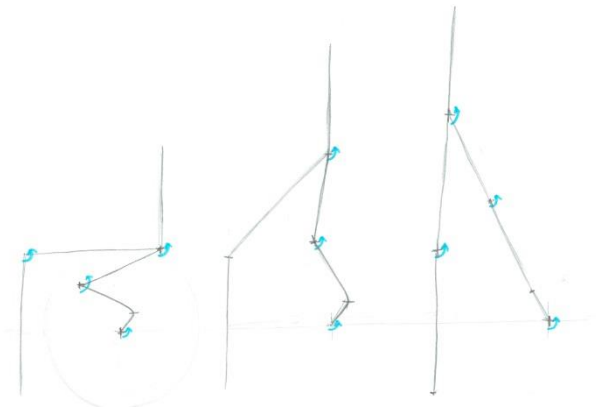


**Návrh 5**

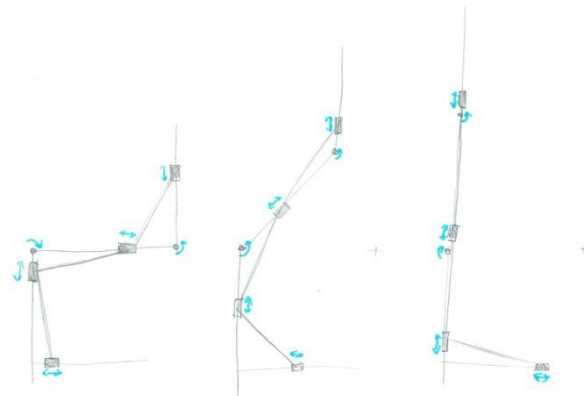


**Návrh 6**

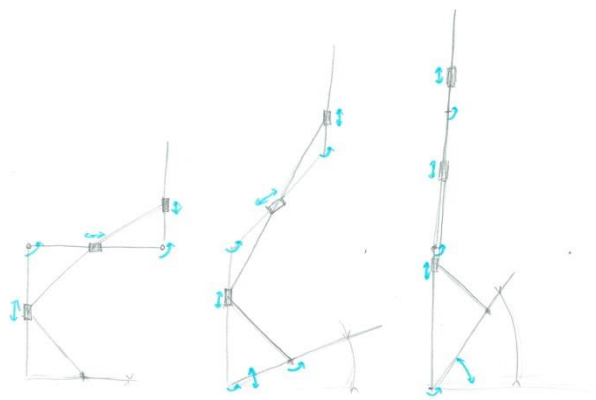




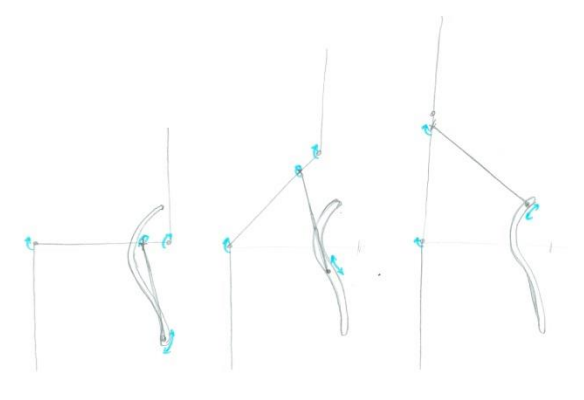
**Návrh 7**



**Návrh 8**

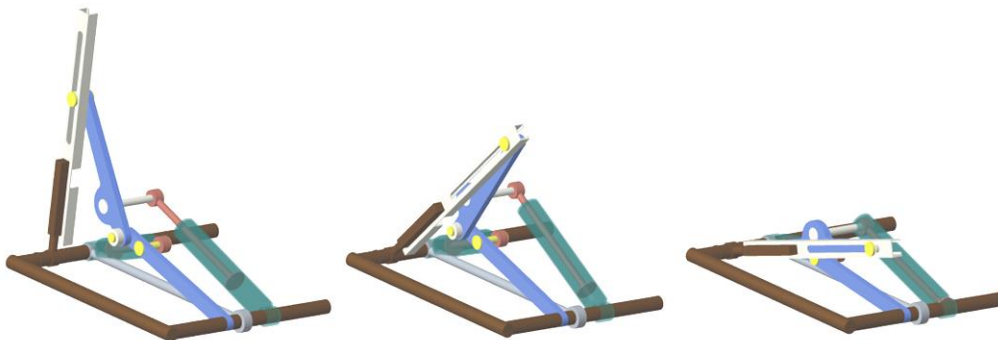


**Návrh 9**

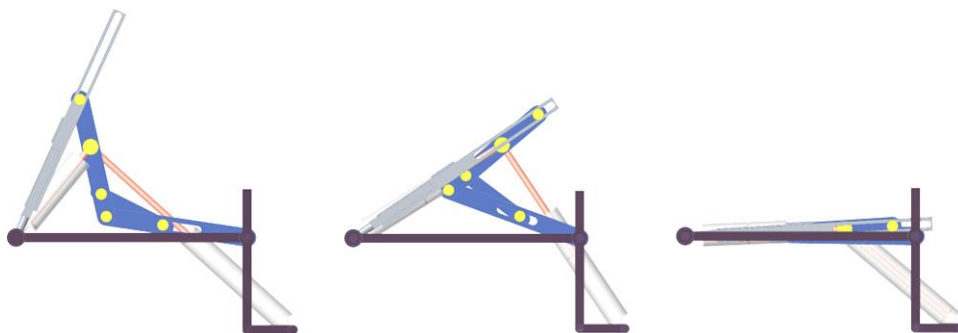


**Návrh 10**

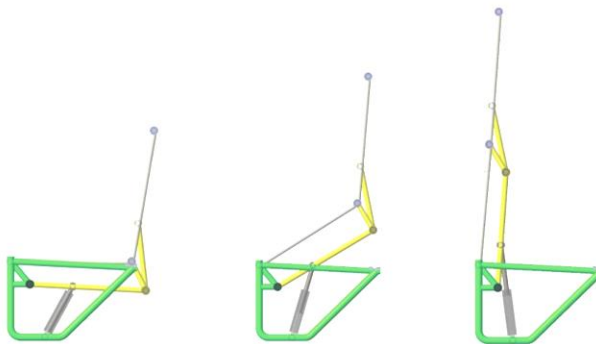
*Vyzkoušení funkčnosti návrhů mechanismů*



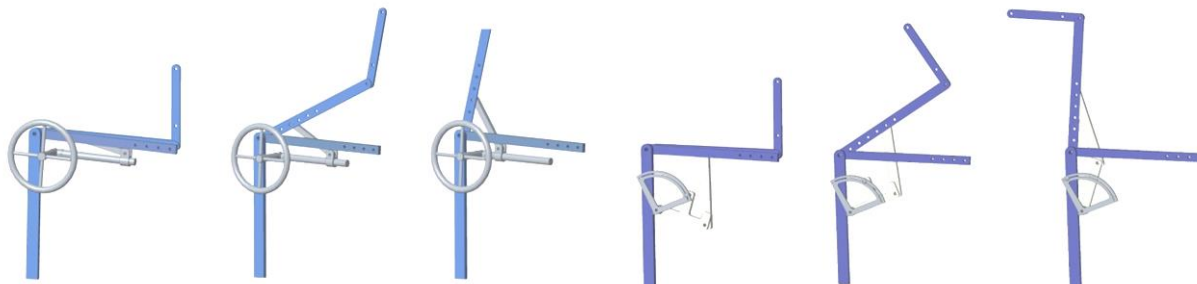
**Návrh 1- Kinematický model**



**Návrh 2- Kinematický model**



**Návrh 3- Kinematický model**



**Návrh 11- Kinematický model**

**Návrh 12- Kinematický model**

## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Výpočet těžiště**

*Výpočet umístění těžiště člověka ve třech polohách vertikalizace*

## Výpočet těžiště v pozici sed

$$x_T = \frac{18 \cdot 5,32 + 2 \cdot (15 \cdot 2,32 + 25 \cdot 1,34 + 45 \cdot 0,5) + 15 \cdot 37,38 + 2 \cdot (22,5 \cdot 12,25 + 50 \cdot 3,66 + 53 \cdot 1,14)}{85} = 22,07 \text{ cm}$$

$$y_T = \frac{125 \cdot 5,32 + 2 \cdot (90 \cdot 2,32 + 74,5 \cdot 1,34 + 74,5 \cdot 0,5) + 91 \cdot 37,38 + 2 \cdot (57 \cdot 12,25 + 32 \cdot 3,66 + 15 \cdot 1,14)}{85} = 75,57 \text{ cm}$$

## Výpočet těžiště v pozici polosed

$$x_T = \frac{12,5 \cdot 5,32 + 2 \cdot (16 \cdot 2,32 + 29,5 \cdot 1,34 + 52 \cdot 0,5) + 20 \cdot 37,38 + 2 \cdot (37,5 \cdot 12,25 + 53 \cdot 3,66 + 64 \cdot 1,14)}{85} = 29,08 \text{ cm}$$

$$y_T = \frac{164 \cdot 5,32 + 2 \cdot (115 \cdot 2,32 + 100 \cdot 1,34 + 100 \cdot 0,5) + 118,5 \cdot 37,38 + 2 \cdot (71,5 \cdot 12,25 + 42 \cdot 3,66 + 15 \cdot 1,14)}{85} = 96,98 \text{ cm}$$

## Výpočet těžiště ve vzpřímené poloze

$$x_T = \frac{12,5 \cdot 5,32 + 2 \cdot (10 \cdot 2,32 + 23 \cdot 1,34 + 47 \cdot 0,5) + 14 \cdot 37,38 + 2 \cdot (17,5 \cdot 12,25 + 15 \cdot 3,66 + 25 \cdot 1,14)}{85} = 15,77 \text{ cm}$$

$$y_T = \frac{179 \cdot 5,32 + 2 \cdot (136,5 \cdot 2,32 + 123 \cdot 1,34 + 123 \cdot 0,5) + 142,5 \cdot 37,38 + 2 \cdot (86 \cdot 12,25 + 43 \cdot 3,66 + 15 \cdot 1,14)}{85} = 106,29 \text{ cm}$$

*Výpočet umístění těžiště člověka ve třech polohách vertikalizace varianta druhá*

## Výpočet těžiště v pozici sed

$$x_T = \frac{18 \cdot 5,32 + 2 \cdot (15 \cdot 2,32 + 25 \cdot 1,34 + 45 \cdot 0,5) + 15 \cdot 37,38 +}{63,15} \\ \frac{+ 2 \cdot (11,25 \cdot 6,125 + 0 + 0)}{63,15} = 15,45 \text{ cm}$$

$$y_T = \frac{125 \cdot 5,32 + 2 \cdot (90 \cdot 2,32 + 74,5 \cdot 1,34 + 74,5 \cdot 0,5) + 91 \cdot 37,38 +}{63,15} \\ \frac{+ 2 \cdot (57 \cdot 6,125 + 0 + 0)}{63,15} = 86,40 \text{ cm}$$

## Výpočet těžiště v pozici polosed

$$x_T = \frac{12,5 \cdot 5,32 + 2 \cdot (16 \cdot 2,32 + 29,5 \cdot 1,34 + 52 \cdot 0,5) + 20 \cdot 37,38 +}{63,15} \\ \frac{+ 2 \cdot (31,5 \cdot 6,125 + 0 + 0)}{63,15} = 22,26 \text{ cm}$$

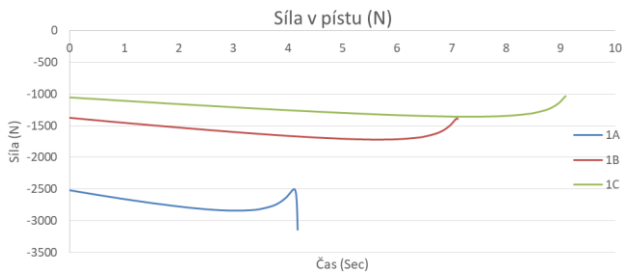
$$y_T = \frac{154 \cdot 5,32 + 2 \cdot (115 \cdot 2,32 + 100 \cdot 1,34 + 100 \cdot 0,5) + 118,5 \cdot 37,38 +}{63,15} \\ \frac{+ 2 \cdot (78 \cdot 6,125 + 0 + 0)}{63,15} = 112,52 \text{ cm}$$

## Výpočet těžiště ve vzpřímené poloze

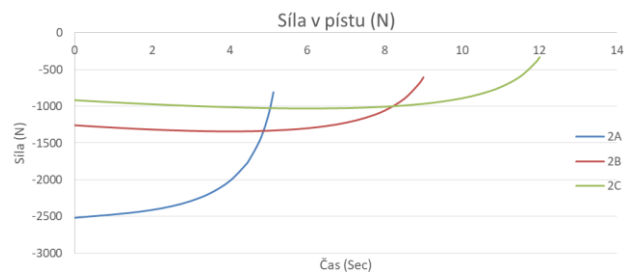
$$x_T = \frac{12,5 \cdot 5,32 + 2 \cdot (10 \cdot 2,32 + 23 \cdot 1,34 + 47 \cdot 0,5) + 14 \cdot 37,38 +}{63,15} \\ \frac{+ 2 \cdot (17,5 \cdot 6,125 + 0 + 0)}{63,15} = 15,19 \text{ cm}$$

$$y_T = \frac{179 \cdot 5,32 + 2 \cdot (136,5 \cdot 2,32 + 123 \cdot 1,34 + 123 \cdot 0,5) + 142,5 \cdot 37,38 +}{63,15} \\ \frac{+ 2 \cdot (90 \cdot 6,125 + 0 + 0)}{63,15} = 135,08 \text{ cm}$$

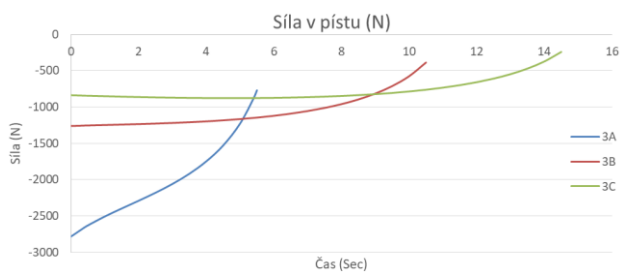
*Hledání nejvýhodnější polohy lineárního pohonu – zatížení 950 N střed sedáku*



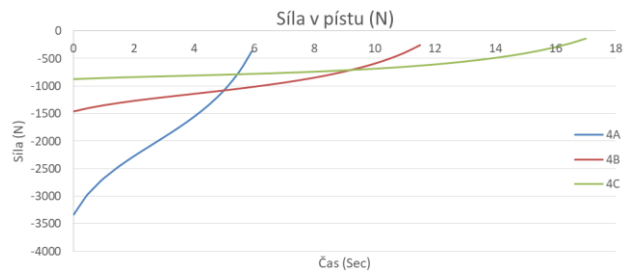
**Poloha 1 A-C**



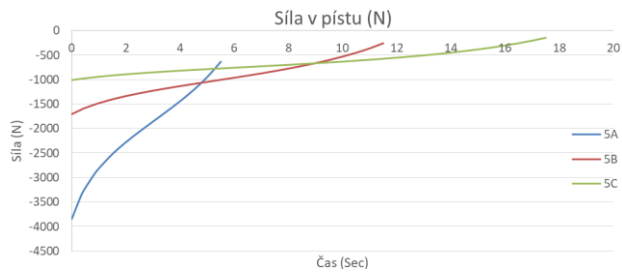
**Poloha 2 A-C**



**Poloha 3 A-C**



**Poloha 4 A- C**

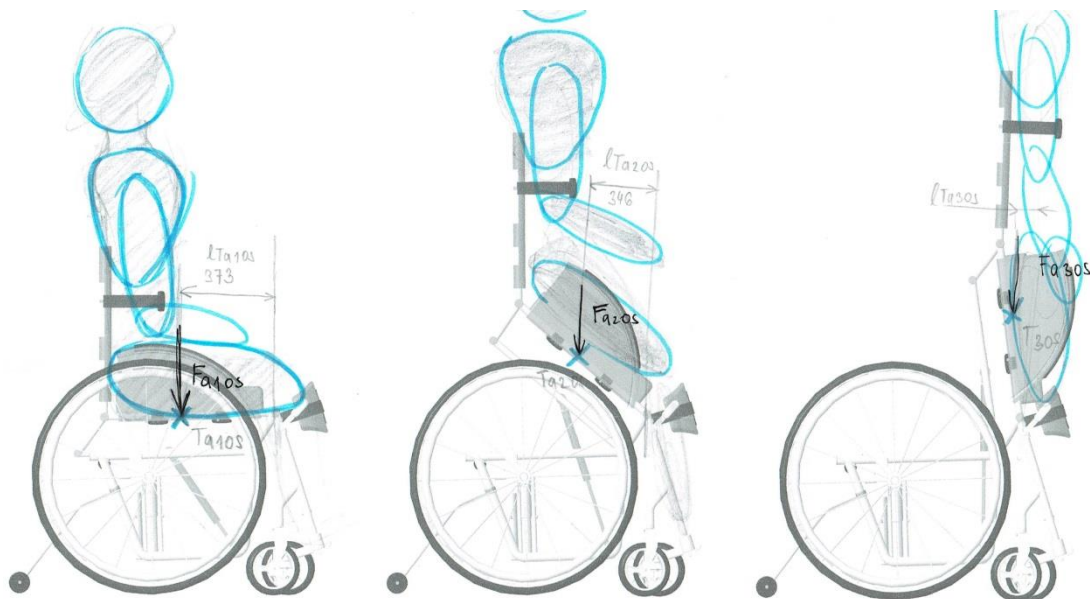


**Poloha 5 A-C**

## **PŘÍLOHA č. 3**

**Grafické znázornění výpočtu vnějšího zatížení**

a) Poloha dílčího těžiště člověka, síla představující zatížení hmotností elementů lidského těla



$$l_{Ta1os} = 372,65 \text{ mm}$$

$$m_{1os} = 75,4 \text{ kg}$$

$$F_{a1os} = 754 \text{ N}$$

$$l_{Ta2os} = 345,57 \text{ mm}$$

$$m_{2os} = 59,6 \text{ kg}$$

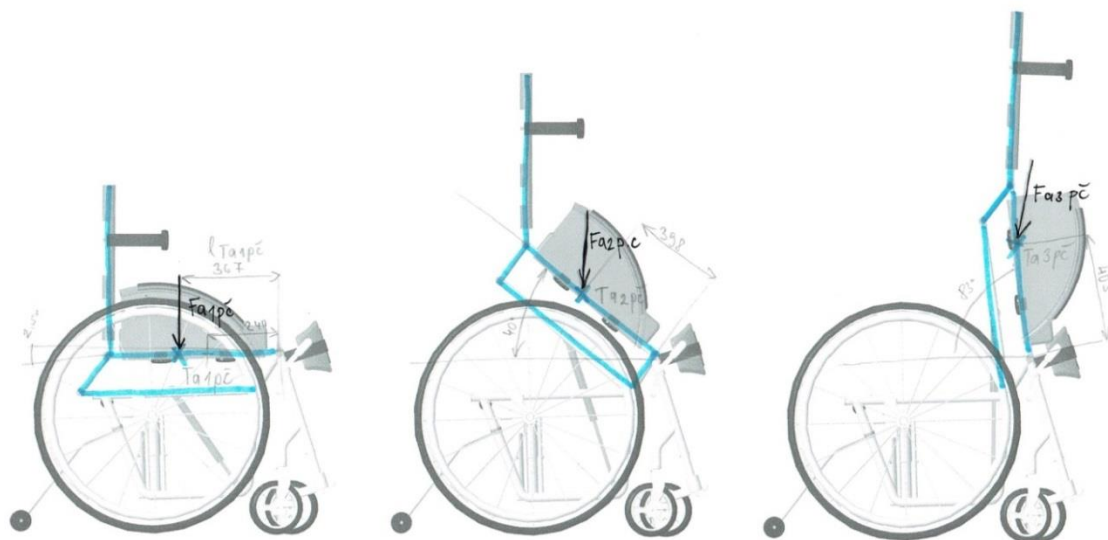
$$F_{a2os} = 596 \text{ N}$$

$$l_{Ta3os} = 213,23 \text{ mm}$$

$$m_{3os} = 45,24 \text{ kg}$$

$$F_{a3os} = 452 \text{ N}$$

b) Poloha dílčího těžiště pohyblivých částí, síla představující zatížení hmotnosti těchto pohyblivých částí



$$l_{Ta1pč} = 367 \text{ mm}$$

$$m_{pč} = 0,8 \text{ kg}$$

$$F_{a1pč} = 80 \text{ N}$$

$$l_{Ta2pč} = 398 \text{ mm}$$

$$m_{pč} = 0,8 \text{ kg}$$

$$F_{a2pč} = 80 \text{ N}$$

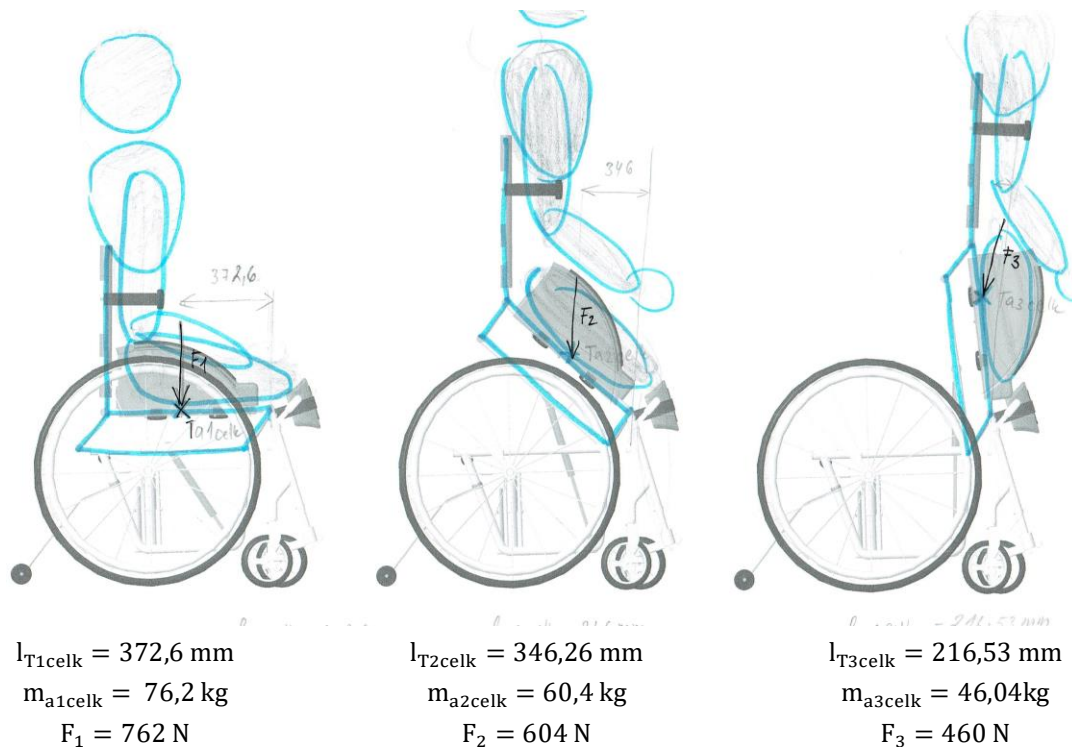
$$l_{Ta3pč} = 403 \text{ mm}$$

$$m_{pč} = 0,8 \text{ kg}$$

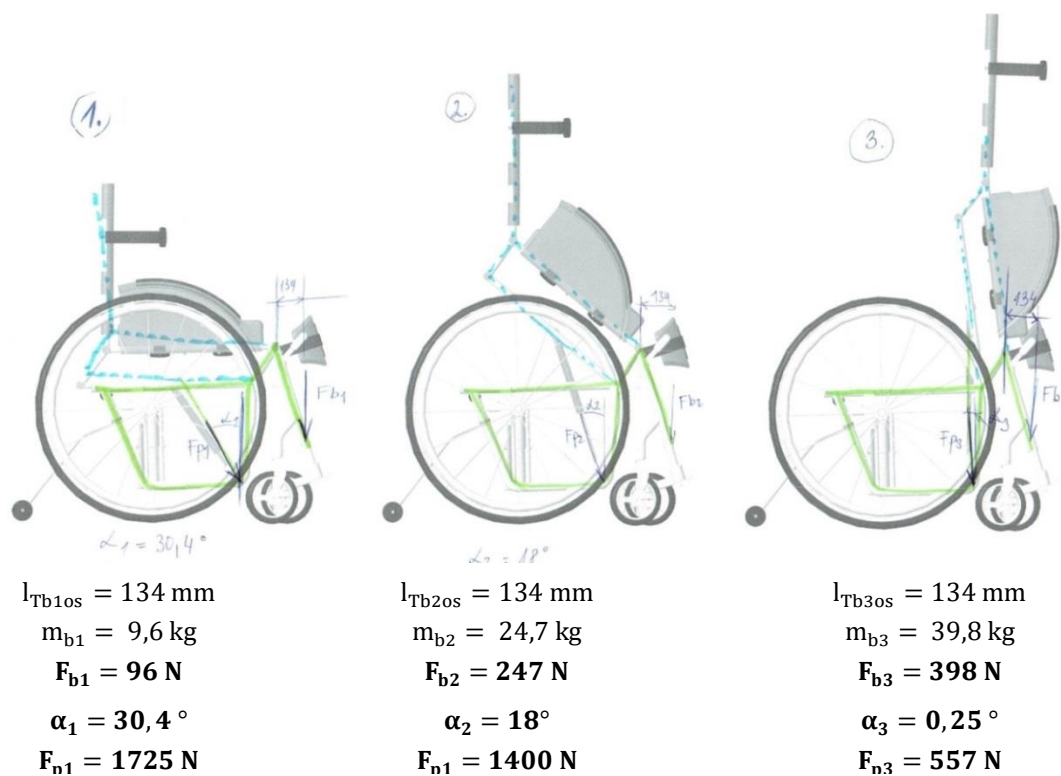
$$F_{a2pč} = 80 \text{ N}$$



c) *Poloha celkového těžiště složená z dílčích těžišť člověka a pohyblivých částí, síla představující zatížení hmotností vozíku a uživatele*



d) *Vnější zatížení pevného rámu vozíku*



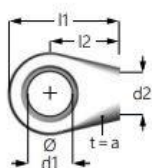
## **PŘÍLOHA č. 4**

### **Výběr plynové vzpěry**

## Technical Data

Length (mm)		Stroke (mm)	Ø Tube (mm)	Type	Order No.
Extended length $L_{out}$	Compressed length $L_{in}$				
110	90	20	22	EL1	02752293
			28	EL2	02752304
130	100	30	22	EL1	02752294
			28	EL2	02752305
150	110	40	22	EL1	02752295
			28	EL2	02752306
190	130	60	22	EL1	02752296
			28	EL2	02752307
230	150	80	22	EL1	02752297
			28	EL2	02752308
270	170	100	22	EL1	02752298
			28	EL2	02752309
310	190	120	22	EL1	02752299
			28	EL2	02752310
390	230	160	22	EL1	02752300
			28	EL2	02752311
470	270	200	22	EL1	02752301
			28	EL2	02752312
590	340	250	22	EL1	02752302
			28	EL2	02752313

## Rozměry plynové vzpěry [54]

Zinc joint eyelets  
with a plastic bushing

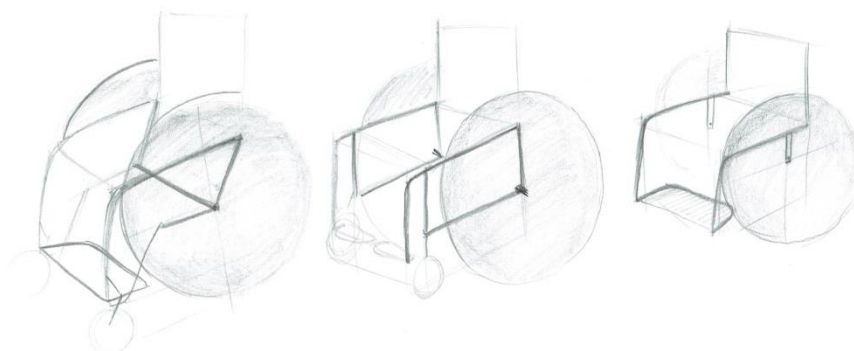
for smooth function and installation  
that is free of clearance

Order No.	a	l1	l2	d1	d2
16560002	12	25.5	16	8	M8
16560003	12	25.5	16	10	M8

## Princip uchycení plynové vzpěry [54]

## **PŘÍLOHA č. 5**

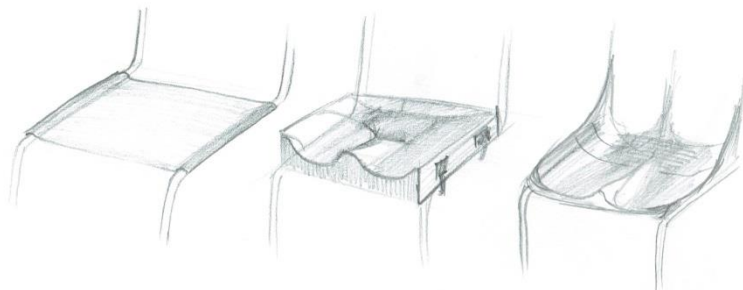
**Skici jednotlivých částí vozíku**



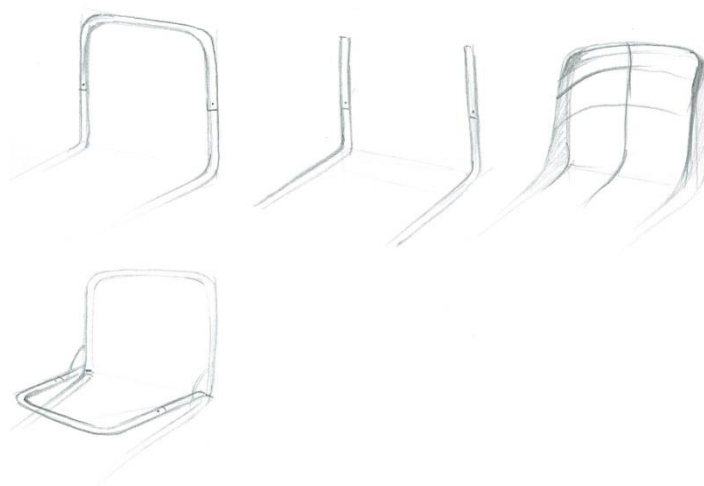
**Návrhy připojení kol k rámu vozíku**



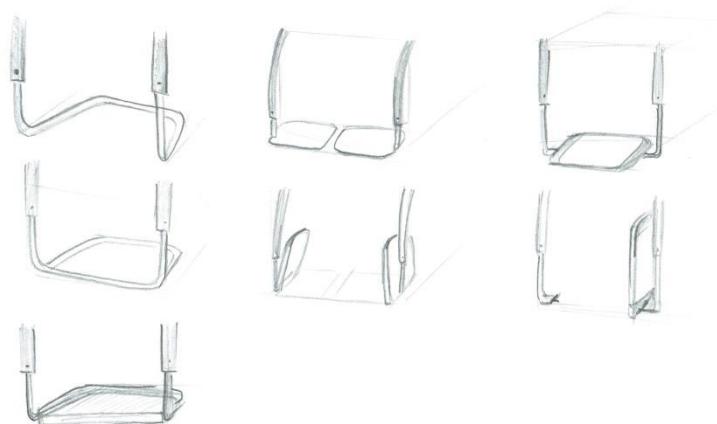
**Návrhy pevného rámu vozíku**



**Návrhy sedáku**



**Návrhy zádové opěrky**



**Návrhy stupaček**

## **PŘÍLOHA č. 6**

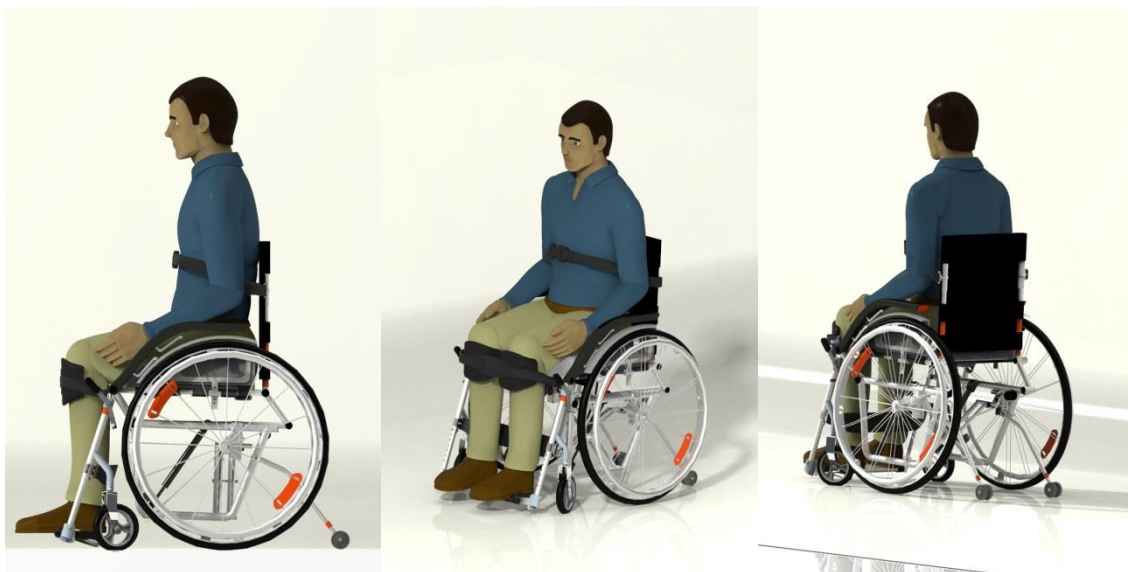
### **Vizualizace modelu**

*Vizualizace vozíku*

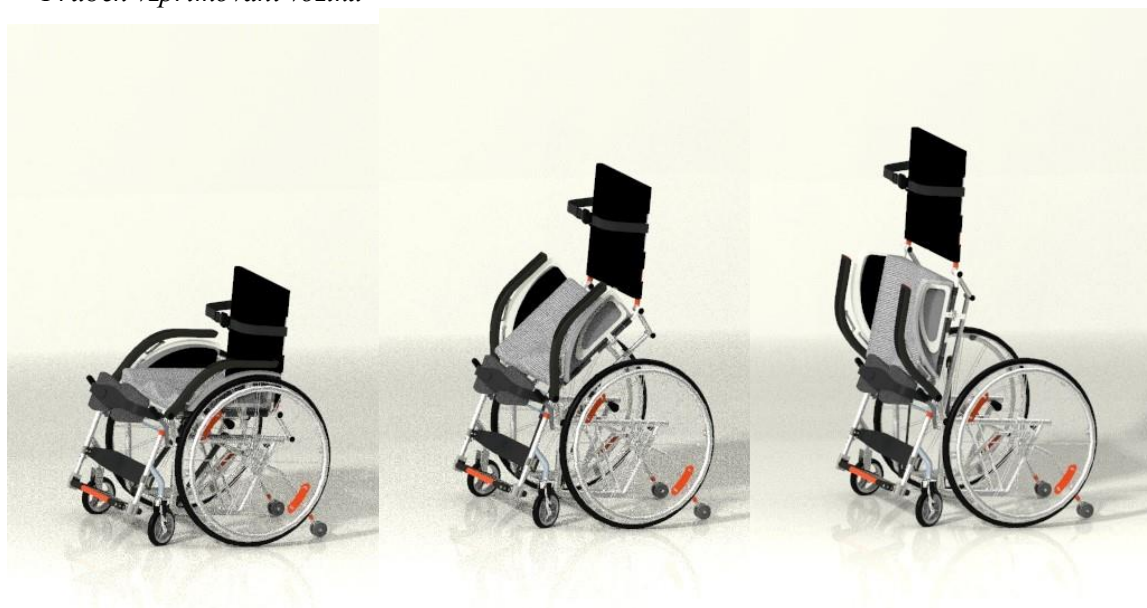




*Vizualizace vozíku s uživatelem*



*Průběh vzpřimování vozíku*



*Možné barevné varianty vozíku*

