

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technický návrh nízkonákladové rehabilitační pomůcky

Autor: **Martin Polcar**

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

Akademický rok 2018/2019

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin POLCAR**
Osobní číslo: **S18B0017K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Technický návrh nízkonákladové rehabilitační pomůcky**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Cílem je provést technický návrh zařízení, které bude splňovat požadavky nízkonákladovosti. Navržené zařízení by mělo umožňovat bezpečnou podporu, přepravu a rehabilitační cvičení dolních končetin pacienta v nemocničním nebo rehabilitačním prostředí s respektováním jeho lékařské diagnózy a individuálních možností. Dále provést specifikaci požadavků s ohledem na správnou funkčnost i technickou jednoduchost navrhovaného konstrukčního řešení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematického popisu funkce.
2. Vypracování rozboru technických parametrů.
3. Vypracování variant koncepčních řešení.
4. Zhodnocení vybraného koncepčního řešení.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

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

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


ŘAŠA, J., ŠVERCL, J.: Strojnické tabulky. Scientia, Praha, 2004

KARGER, A., KARGEROVÁ, M.: Základy robotiky a prostorové kinematiky. ČVUT, Praha, 2008

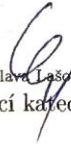
Podkladový materiál, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Mgr. Rita Firýtová**
Katedra fyzioterapie a ergoterapie

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




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

V Plzni dne 16. října 2018

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Polcar	Jméno Martin
STUDIJNÍ OBOR	Stavba výrobních strojů a zařízení	
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef
PRACOVÍŠTĚ	ZČU – FST – KKS	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ
NÁZEV PRÁCE	Technický návrh nízkonákladové rehabilitační pomůcky	

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	79	TEXTOVÁ ČÁST	78	GRAFICKÁ ČÁST	1
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Cílem této práce je provést technický návrh zařízení, které splňuje požadavky na nízké náklady, bezpečnou oporu, přepravu a rehabilitační cvičení dolních končetin pacienta v nemocničním nebo rehabilitačním prostředí s respektováním jeho lékařské diagnózy. Dále provést specifikaci požadavků a v rámci návrhu vypracovat rešerši na dané téma. Hlavním přínosem této práce je koncepční řešení zařízení, které má větší škálu možností využití oproti ostatním dostupným rehabilitačním zařízením.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p>	<p>Koncept, zvedací zařízení, rehabilitační pomůcka, pacient</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Polcar	Name Martin	
FIELD OF STUDY	Design of Manufacturing Machines and Equipment		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLÓMA	BACHELOR	
TITLE OF THE WORK	Engineering design of low-cost rehabilitation aids		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2019
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	79	TEXT PART	78	GRAPHICAL PART	1
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The purpose of this thesis is to suggest a technical drawing of a device which fullfills requirements such as low cost and safety. This device will be used dor trasportation and lower limbs excercise in hospitals or rehabilitation centers according to patient's diagnosis. Furthermore, this thesis provides a research about devices used for rehabilitation purposes and the specific requirements on such devices. The main value of this thesis is conceptual solution of a device that has a broad spectrum of uses in comparison with other devices currently on market.
KEY WORDS	Concept, hoist, rehabilitation aid, patient

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za jeho skvělý přístup, cenné rady a čas, který mi věnoval v průběhu vypracování mé bakalářské práce.

Rovněž bych chtěl poděkovat paní Mgr. Ritě Firýtové z fakulty zdravotnických studií ZČU v Plzni a panu Ondřeji Kuncovi ze společnosti Dartin spol. s.r.o. za pomoc a ochotu při získávání potřebných informací.

Obsah

1.	Úvod.....	13
1.1.	Nejčastější zdravotní omezení pacientů:	13
1.2.	Příznivé účinky vertikální polohy pacienta při rehabilitaci.....	14
2.	Rehabilitační pomůcky – rešerše a funkční popis zařízení	15
2.1.	Parapodium.....	15
2.2.	Chodítka.....	16
2.3.	Dynamický chodník.....	17
2.4.	Zvedací zařízení.....	19
2.5.	Závěsné kurty	30
3.	Technické řešení – vhodnost funkčních prvků vybraných zařízení z rešerše	32
3.1.	Rozpis hlavních funkčních prvků rešeršovaných zařízení	32
3.2.	Výběr vhodnosti rešeršovaných technických zařízení (hrubé hodnocení)	33
4.	Specifikace požadavků technického systému (TS).....	34
4.1.	Popis metody	34
4.2.	Ilustrativní návrh specifikace požadavků na TS.....	35
4.3.	Vývojový diagram černé skříňky	38
4.4.	Popis procesů použitých ve vývojovém diagramu černé skříňky:	39
5.	Varianty řešení	41
5.1.	Chodítko	41
5.2.	Mobilní zvedací zařízení	45
5.3.	Hodnocení koncepčních alternativ TS.....	52
5.4.	Hlubší představení konečných variant.....	53
5.5.	Bližší hodnocení vybraných koncepčních alternativ	58
5.6.	MZZ s vyjímatelným ramenem – návrh 3D modelu	59
5.7.	MKP analýza	64
5.8.	Cenový odhad.....	71

6.	Vyhodnocení specifikace požadavků pro daný návrh.....	73
7.	Závěr	78
8.	Použitá literatura	79

Obrázek 1 – Parapodium [2]	16
Obrázek 2 - chodítko s kolečky (místo opření je v podpaží) [3]	17
Obrázek 3 - chodítko dětské se závěsným zařízením [4]	17
Obrázek 4 - dynamický chodník [5]	18
Obrázek 5 - Dynamický chodník s prohnutou podlahou [6]	19
Obrázek 6 - stropní zvedací zařízení [7]	20
Obrázek 7 - přesun motoru zvedáku dle potřeby [7]	20
Obrázek 8 - kolejnicová točna [11]	21
Obrázek 9- systém přímé kolejnice [7]	21
Obrázek 10- systém pro přesun mezi místnostmi [7]	21
Obrázek 11- traverzový systém [7]	22
Obrázek 12- volně stojící systém [7]	22
Obrázek 13 - stropní zvedací zařízení s montáží uvnitř kolejnice [8]	22
Obrázek 14- nabíjení v kolejnici [7]	23
Obrázek 15- doprovodné nabíjení skrze ruční ovladač [7]	23
Obrázek 16 - nástěnné zařízení s pevným ramenem [9]	24
Obrázek 17- nástěnné zařízení s teleskopickým ramenem [10]	25
Obrázek 18- schéma nasazování / vyjímání nástěnného zvedáku [12]	25
Obrázek 19- pojistný systém nástěnného zvedáku [12]	26
Obrázek 20 - nastavitelný úhel bočnic za pomoci pístů	27
Obrázek 21 - mobilní zvedák s ramenem pohyblivým (vlevo) a pevným (vpravo) [7]	27
Obrázek 22 - pojistný kolík pro polohování výšky rámu	28
Obrázek 23 - zámek na kotvě pro závěsné kurty	29
Obrázek 24 - zámek kotvy k rámu (nahore) a zámek popruhů na kotvě (dole)	29
Obrázek 25 - závěs pro polohování [7]	30
Obrázek 26 - nosítka k horizontálnímu zvedání [7]	30
Obrázek 27- závěs pro přenos na toaletu a z toalety [7]	30
Obrázek 28- závěs pro přenos z lůžka na vozík [7]	30
Obrázek 29- závěs pro zvednutí a držení části těla [7]	31
Obrázek 30- závěs pro nácvik vstávání/chůze [7]	31
Obrázek 31 - závěs pro obézní pacienty [7]	31
Obrázek 32 - závěs pro koupání a sprchování [7]	31
Obrázek 33 - varianta chodítka 7.5.1	41
Obrázek 34 - varianta chodítka 7.1.2.	42

Obrázek 35 - varianta chodítka 7.1.3.	43
Obrázek 36 - skica polohovacího chodítka	44
Obrázek 37 – skica MZZ varianta 5.2.1.	46
Obrázek 38 – skica MZZ varianta 5.2.2.	47
Obrázek 39 – skica MZZ varianta 5.2.3.	48
Obrázek 40 – skica MZZ varianta 5.2.4.	49
Obrázek 41 – skica MZZ varianta 5.2.5.	50
Obrázek 42 – skica MZZ varianta 5.2.6.	51
Obrázek 43 – Graf hodnocení koncepčních alternativ TS	52
Obrázek 44 - obrázek MZZ s pístem z kapitoly 5.2.1.	53
Obrázek 45 - Koncept MZZ s vyjímatelným hlavním ramenem	54
Obrázek 46 - základna pro vyjímatelné hlavní rameno	55
Obrázek 47 – druhá varianta k vyjmutí hlavního ramene	56
Obrázek 48 - skica pojistného mechanismu navazující na převod	56
Obrázek 49 - Graf bližšího hodnocení vybraných koncepčních alternativ TS	59
Obrázek 50 - celková sestava MZZ s vyjímatelným ramenem	60
Obrázek 51 - pohled na hlavní nosné rameno	61
Obrázek 52 - pohled v řezu na spoj mezi hlavním ramenem s pouzdem hlavního ramene a na spoj pístu s hlavním ramenem	61
Obrázek 53 - pohled na spoje základny s bočnicemi v řezu	62
Obrázek 54 - pohled na spoj mezi polohovacím pístem bočnice a bočnicí	62
Obrázek 55 - pojistná krytka pro uložení hlavního ramene do rámu	63
Obrázek 56 - zjednodušené pouzdro pro uložení boxu s baterií a dalším příslušenstvím	63
Obrázek 57 - pohled na zjednodušený model pro MKP analýzu	65
Obrázek 58 - podmínky pro MKP analýzu	66
Obrázek 59 - síť MKP analýzy	67
Obrázek 60 - průběh napětí (Von Mises)	68
Obrázek 61 - průběh napětí (Von Mises) - bližší pohled na základnu	68
Obrázek 62 - maximální napětí (Von Mises)	69
Obrázek 63 - průběh deformace	69
Obrázek 64 - průběh deformace boční pohled	70
Tabulka 1 - hrubé hodnocení vhodnosti technického zařízení	33
Tabulka 2 – ilustrační návrh specifikace požadavků na TS [13]	37

Tabulka 3 - hodnocení koncepčních alternativ TS.....	52
Tabulka 4 - Rozvinuté hodnocení vybraných koncepčních alternativ	58
Tabulka 5 - hlavní parametry táhlového motoru pro hlavní zdvih.....	64
Tabulka 6 - Hrubý cenový odhad na výrobní náklady zvoleného koncepčního návrhu [15] [16] [17] [18]	72
Tabulka 7 – vyhodnocení specifikace požadavků pro daný návrh	76

1. Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout nízkonákladové rehabilitační zařízení, které pomůže pacientovi k rehabilitačním cvičením, přepravě a péči, jenž určuje pacientova lékařská diagnóza. K tomu má napomoci specifikace požadavků na navrhované zařízení.

1.1. Nejčastější zdravotní omezení pacientů:

- Paréza – jedná se o neúplné ochrnutí pacienta, kdy je schopen částečně pohybu.
- Plegie – jedná se o úplné ochrnutí pacienta, kdy není schopen ani částečně pohybu.

Důvodem postižení parézou či plegií bývá poškození periferní centrální či periferní nervové soustavy.

- Hemiparéza / hemiplegie – paréza / plegie, která zasáhla levou nebo pravou polovinu těla.
- Paraparéza / paraplegie – paréza / plegie, zasahující dolní končetiny.
- Tetraparéza / tetraplegie – paréza / plegie zasahující od ramen níže (tzn. v případě tetraparézy je pacient schopen mírně pohybovat rameny, případně i rukama).
- Pentaplegie – plegie zasahující od ramen níže, kdy pacient může a nemusí být schopen pohybovat hlavou. Tato forma plegie může být doprovázena neschopností samostatného dýchání.
- Osteoporóza – úbytek organické i anorganické části kosti (křehnutí kostí), které může být spojené s věkem pacienta nebo onemocněním štítné žlázy, požíváním určitých léků, nedostatkem tělesné aktivity (připoutání na lůžko).
- Náchylnost na poranění kůže.
- Amputace – chirurgické odstranění části těla z důvodu onemocnění či úrazu.
- Diabetes – u diabetiků může dojít k tzv. „syndromu diabetické nohy“, což může vést až k amputaci. Diabetik může také prodělat hypoglykemické kóma, které způsobuje nedokrvění mozku a odumírání mozkových buněk.

Pro všechny tyto typy omezení je primární správná statika trupu. Tzn. že pacient musí být řádně a vhodně ukotven. Toho se dá dosáhnout opřením pacienta (včetně hlavy) a jeho zafixováním nebo zavěšením za kurt, který se fixuje za třísla a oblast pánve, kříž, podpaží, případně zátylek s hlavou. [1]

1.2. Příznivé účinky vertikální polohy pacienta při rehabilitaci

Vertikální poloha je příznivá a přirozená pro funkční lidské tělo a rehabilitace v této poloze jsou pro pacienty více než důležité, a to hned z několika důvodů. Vertikální poloha napomáhá proti otokům a proleženinám pacienta, které mohou být velice bolestivé.

Dalším jevem, na který je vertikální poloha vhodná, je tzv. peristaltika čili pohyb dutých vnitřních orgánů. Při dlouhodobém upoutání na lůžko může dojít k nežádoucím dislokacím těchto orgánů. Vertikální polohou se orgány vracejí na správná místa.

Vzpřímená poloha má kladné účinky i na osteoporózu (úbytek kostní hmoty), protože zatěžováním kostí dochází k jejich zavápňování / odvápňování.

2. Rehabilitační pomůcky – rešerše a funkční popis zařízení

2.1. Parapodium

Parapodia jsou zařízení určená pro pacienty s úplným nebo částečným ochrnutím spodních končetin. Slouží převážně k rehabilitaci pacienta a prevenci proti proleženinám a dislokaci orgánů.

Jedná se o mechanické zařízení, které umožní pacientovi stát vzpřímeně a malými kroky i “chodit“. Celé zařízení funguje na principu fixace pacientových nohou (chodidel a kolen) a oblasti od pánve k hrudnímu koši s parapodiem, které pohybem rukou pacienta, držícího madla, provádí chůzi nahrazující pohyb. Madla jsou spojená s podstavci, na kterých pacient stojí (každé madlo je spojeno s podstavcem na dané straně zvlášť). Pacient nejdříve přenesou svou váhu na jednu končetinu, zatáhne madlem v druhé ruce k sobě a pákovým mechanismem se dolní končetina (na straně ruky, jež přitáhla madlo) posune nahoru směrem vpřed. Následným přesunem těžiště na nadzvednutou nohu, dojde k posunu pacienta o desítky centimetrů. Kloub, jež zajišťuje tuto operaci, je přizpůsobený pro natáčení do stran. Díky tomu může pacient natočit směr nohy i mírně do strany, což mu dovolí se během několika kroků i otočit.

Celkový pohyb v parapodiu je pro pacienta fyzicky dost náročný proces, který nelze provádět dlouhodobě.

Některá dražší parapodia jsou doplněna plynovými vzpěrami nebo jinými doplňky pro podporu pohybu.

Proti převrácení slouží vystupující ohýbaná tyčová konstrukce, jež je přivařena k došlapovací části celé konstrukce. Tato konstrukce je zakončena pogumovanými plíšky, jež rozkládají váhu uživatele. Tyčová konstrukce svou tuhostí péruje. S parapodiem není možné dělat velké kroky, tudíž pérováním tyčové konstrukce, díky tuhosti tyčí, je eliminováno nebezpečí převrácení.



Obrázek 1 – Parapodium [2]

2.2. Chodítka

Chodítka napomáhají k chůzi přenesením váhy uživatele na zařízení. Tato zařízení slouží spíše jako podpora pro snazší zvládnutí chůze pohybově omezených pacientů. Pro pacienty s méně náročnou diagnostikou může posloužit i jako rehabilitační pomůcka.

Existuje několik druhů chodítek – tzv. krokovací, které musí uživatel ručně zvednout a posunout dál před každým dalším krokem. Poté chodítka s kolečky, jež eliminují potřebu ručního posuvu chodítek (vybaveno ruční brzdou). Také existují jejich kombinace.

Chodítka s kolečky lze dále rozdělit na chodítka s konstrukcí opěrnou (viz. obr. 2), které se liší o místo opření (v podpaží nebo o lokty) a na chodítka s konstrukcí závěsnou (viz. obr. 3), která jsou využívána spíše pro dětské uživatele.



Obrázek 2 - chodítko s kolečky (místo opření je v podpaží) [3]



Obrázek 3 - chodítko dětské se závěsným zařízením [4]

2.3. Dynamický chodník

Dynamické chodníky slouží k rehabilitacím a nácvikům chůze jak pro náročné pacienty, kteří vyžadují mimořádnou péči a asistenci, tak i pro samostatné uživatele, kterým to jejich zdravotní stav dovoluje (záleží na typu zařízení). Užívané jsou hlavně v rehabilitačních centrech, případně i v nemocnicích.

Jedná se soubor zařízení, která společně vytváří simulaci chůze. Dynamický chodník se skládá z běžeckého pásu, po kterém pacient chodí místo běžného povrchu, a jehož rychlost se dá regulovat dle potřeby na ovládacím panelu. Druhým hlavním prvkem dynamického chodníku jsou opěrky pro ruce s regulovatelnou výškou, které napomáhají ke stabilitě i jistotě pacienta. Dalším možným klíčovým doplňkem, které však nemusí být součástí běžného dynamického chodníku, je konstrukce se závěsným zařízením, díky které je pacient závěsným kurtem zavěšen nad dynamický chodník (viz. obr. 4). Tato varianta je vhodná pro náročnější pacienty, kterým jejich diagnóza nedovoluje s jistotou plně přenést svou váhu do spodních končetin. Dynamické chodníky musí být vybaveny tlačítkem pro nouzové zastavení.



Obrázek 4 - dynamický chodník [5]

Dalším druhem těchto dynamických chodníků je chodník se zahnutým tvarem podlahy (viz. obr. 5), který uživatel rozpohybuje svou vlastní vahou a silou v nohách. Tento druh není vhodný pro pacienty s výrazným pohybovým omezením. Běžně se užívá pro fyzioterapie.



Obrázek 5 - Dynamický chodník s prohnutou podlahou [6]

2.4. Zvedací zařízení

Tato zařízení jsou vhodná pro většinu pacientů, jejichž diagnóza vyžaduje k rehabilitaci, přesunu či jiným aktivitám, pomocné zařízení. Tato multifunkčnost je jejich největší výhodou, která se však odráží na ceně.

2.4.1. Zvedací zařízení stropní

Stropní zvedací zařízení (viz. obr. 6) jsou využívána zejména v prostorách, kde je mnoho nábytku, případně málo místa k pohybu s mobilním zvedacím zařízením (viz. kapitola 2.4.3.) a je potřeba zajistit pohyb po celé místnosti, případně mezi vícero místnostmi. Tato zařízení jsou užívána zejména v nemocnicích, domácnostech, ale i v rehabilitačních centrech, lázních, bazénech apod.



Obrázek 6 - stropní zvedací zařízení [7]



Obrázek 7 - přesun motoru zvedáku dle potřeby [7]

Tyto zvedáky fungují na principu navíjení hlavního zdvihacího lana, na kterém je pacient pomocí závěsu zavěšen. Zdvihací lano je navíjeno elektromotorem, který se posouvá dle potřeby po kolejnici / traverze na kolečkách (či po jiném podobném vedení).

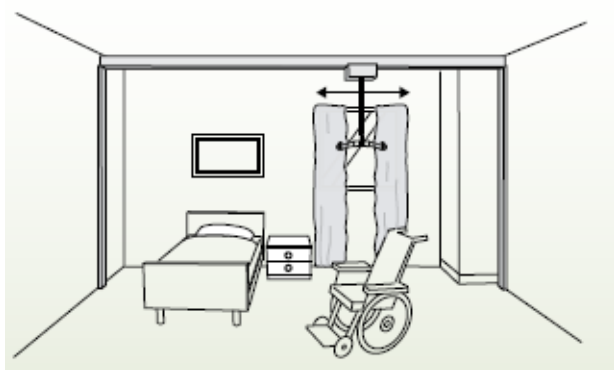
Kolejnice (traverza) je připevněna ke stropu nebo na volně stojících podstavcích. Na obrázku č. 9 lze vidět systém přímé kolejnice, který využívá pevně danou kolejnici pro přesun

pacienta mezi pevně danými body A a B. Obrázek č. 10 vysvětluje, jak je řešen přechod mezi místnostmi, které jsou rozděleny příčkou. Na tomto obrázku lze také vidět, že kolejnice nemusí být pouze rovná, ale může jít i do zatáčky, takže umožňuje pacientovi pohyb např. i chodbami. Na obrázku č. 11 je vyobrazen traverzový systém, jenž zajišťuje společně se samotným zvedacím zařízením pohyb ve všech třech osách, kdy se hlavní traverza pohybuje i po traverzách vedlejších. Na obrázku č. 12 je vyobrazeno volné řešení, které je podobné přímé kolejnici, jen s tím rozdílem, že hlavní kolejnice je připevněna ke dvěma nohám, které se mohou pohybovat po místnosti za pomoci koleček.

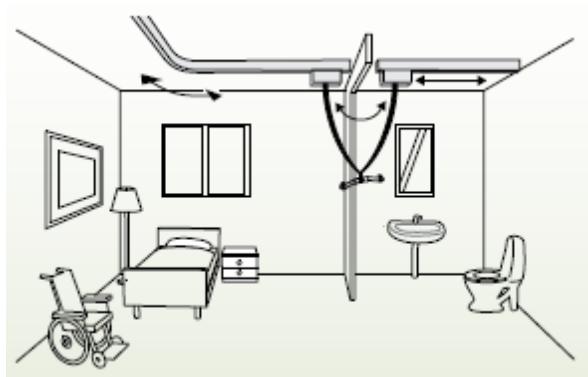
V případě nutnosti překřížení dvou tras, lze použít i „kolejnicovou křižovatku“, která funguje na principu točny. Viz. obr. 8.



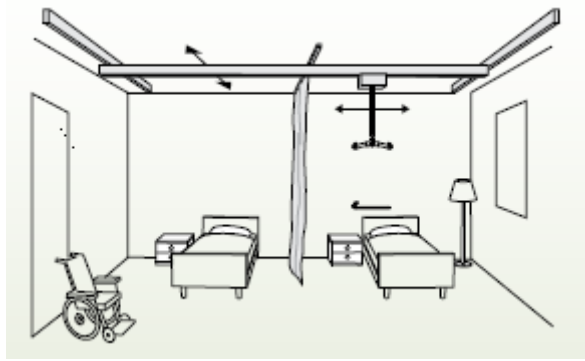
Obrázek 8 - kolejnicová točna [11]



Obrázek 9- systém přímé kolejnice [7]



Obrázek 10- systém pro přesun mezi místnostmi [7]



Obrázek 11- traverzový systém [7]



Obrázek 12- volně stojící systém [7]

Kolejnice a traverzy jsou zhotoveny z hliníku nebo oceli. Samotné zařízení s navijákem může být umístěno vně kolejnice nebo přímo uvnitř (viz. obr. č. 6 a obr. č. 13). V takovém případě ale nemusí být garantována odnímatelnost zařízení.



Obrázek 13 - stropní zvedací zařízení s montáží uvnitř kolejnice [8]

Směr pohybu si pacient, případně ošetřovatel, určuje ovladačem.

Dobíjení elektromotoru je zabudováno většinou v samotné kolejnici, takže nehrozí vybití zařízení a napájení nepřekáží uživateli. Některá stropní zařízení mají podpůrné nabíjení baterie veden skrz uživatelský ovladač, který lze vložit do nabíječky (viz. obr. 15).



Obrázek 14- nabíjení v kolejnici [7]



Obrázek 15- doprovodné nabíjení skrze ruční ovladač [7]

Stropní zvedací zařízení jsou často doprovázena nouzovým spuštěním pacienta nebo nouzovým režimem pro časově omezené fungování v případě výpadu proudu (záleží na kapacitě akumulátoru, pokud je zabudován).

Maximální zatížení se pohybuje mezi 200–250 kg (pro obézní uživatele lze použít dva motory, díky nimž se maximální možné zatížení zvýší až na 500 kg).

Hlavními výhodami těchto systémů jsou zejména snadný pohyb pro pacienta, snadné ovládání, možný přesun pohonného motoru z jednoho objektu do jiného, spolehlivý a bezpečný provoz.

Velkou nevýhodou stropních zvedacích zařízení je nákladnost instalace traverzových konstrukcí, která může jít do řádů stovek tisíc korun českých (záleží na náročnosti ukotvení, rozlehlosti traverzového systému apod.). [7]

2.4.2. Zvedací zařízení nástěnné

Nástěnné zvedáky jsou určeny zejména do prostorově omezených míst, jako jsou např. toalety, koupelny a místa, kde není zařízení potřeba přesouvat, jako např. lůžka v nemocnicích. Tato zařízení zde slouží zejména k přesunu, nadzvednutí celého pacienta nebo pouze k nadzvednutí části jeho těla, jako např. nohy, trupu apod.

Jejich značnou nevýhodou je mobilita. Nástěnný zvedák je pevně ukotven ke stěně, a tudíž má omezen pracovní prostor. Avšak některé modely umožňují přesun celého zařízení z jednoho kotviště na druhé.

Tyto zvedáky se dají rozdělit na dvě hlavní skupiny, a to na zvedáky s pevným ramenem (viz. obr. 16) a zvedáky s teleskopickým ramenem (viz. obr. 17).

Hlavní výhodou teleskopických nástěnných zvedacích zařízení je právě regulovatelnost délky ramene dle potřeby. To je ideální pro přepravu na různě vzdálená místa od ukotvení zařízení. Avšak kvůli bezpečnosti se délka ramene nesmí měnit, pokud je rameno zatíženo.

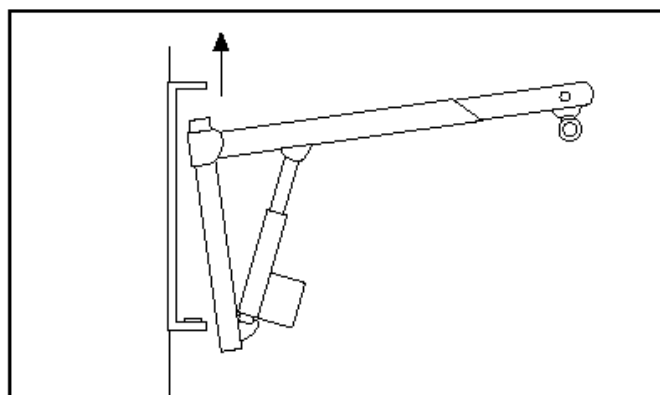


Obrázek 16 - nástěnné zařízení s pevným ramenem [9]



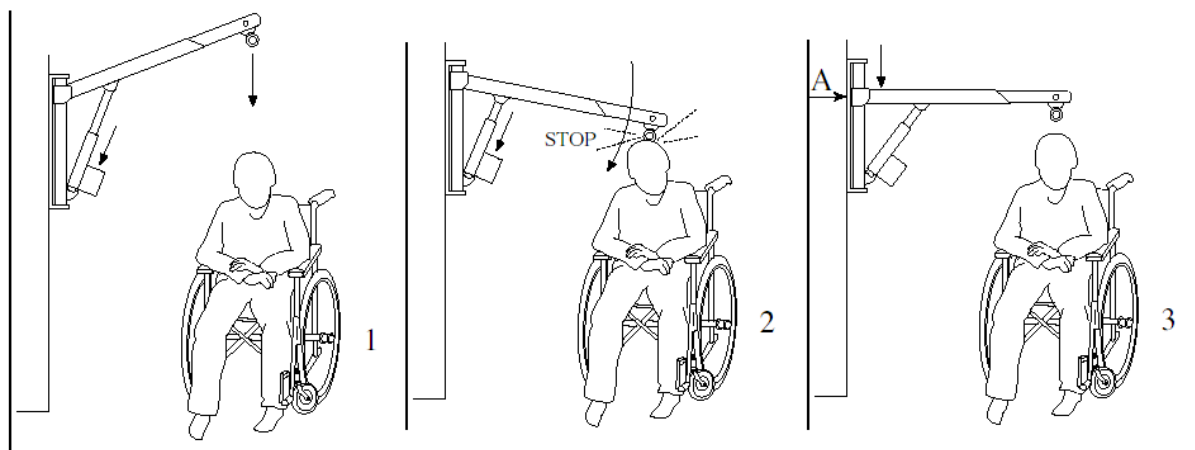
Obrázek 17- nástěnné zařízení s teleskopickým ramenem [10]

Nástěnná zařízení se skládají většinou z hlavního ramene (u teleskopických zvedáků následně i prodlužovacího ramene), pohonu ke zdvihu ramene, baterie, ovladače, sloupku a fixačního panelu. Pokud je zařízení vybavené teleskopickým ramenem, lze jeho délku upravovat pomocí seřizovacího kolíku. Pohon ke zdvihu zařizuje buď pneumatický válec, nebo elektromotor poháněný 24 V transformátorem. Zdrojem je např. zásuvka 110/220V nebo baterie (v nouzovém režimu). Využívá se ruční ovládání, případně lze nainstalovat dálkový ovladač. Na sloupku je uchyceno samotné rameno, které se posouvá nahoru a dolů dle potřeby, a také pohon. Tento sloupek je přidělán k fixačnímu panelu, jenž celé zařízení drží přichycené ke zdi. Výhodou některých zařízení je, že tento sloupek je vyjímatelný s celým zařízením, a tudíž lze celý zvedací systém přendat na jiný fixační panel (viz. obr. 18).



Obrázek 18- schéma nasazování / vyjímání nástěnného zvedáku [12]

Nástěnná zdvihací zařízení bývají vybavena bezpečnostními pojistkami, které zabrání nekontrolovanému spuštění, které by mohlo ohrozit uživatele. Tato pojistka automaticky zareaguje, pokud rameno narazí při klesání na překážku. Rameno se poté posune směrem dolů po sloupku a tím se konec ramene posune směrem vzhůru jako páka (viz. obr. 19).



Obrázek 19- pojistný systém nástěnného zvedáku [12]

Nástěnné zvedací zařízení jsou také doprovázena nouzovým režimem, který se zapne v případě výpadku proudu. V takovém případě jako zdroj energie fungují nouzové baterie, které zajistí bezpečné spuštění uživatele. Rameno s hlavní konstrukcí je zhotoveno převážně z ocele. Celé zařízení mohou doprovázet plastové kryty. Délka ramene se pohybuje mezi 0,8 – 3 metry (záleží na výrobci a typu ramene). Celková nosnost dosahuje hodnotu kolem 150 kg (záleží na výrobci). [9], [10], [12]

2.4.3. Zvedací zařízení mobilní (stojanové)

Mobilní zvedáky jsou levnější alternativou na trhu. Další výhodou je, že jsou ideální pro přesun pacienta v horizontální poloze, což je nezbytnou potřebou každé nemocnice. Podobně jako zvedací zařízení stropní jsou vhodné pro pohyb po celé místnosti, a dokonce jsou lepší pro pohyb mezi místnostmi, avšak jsou náročnější na potřebné místo k pohybu.

Tato zvedací zařízení fungují na podobných principech jako zvedáky stropní a nástěnné, jen s tím rozdílem, že k pohybu po místnosti používají kola na základně, která je ve tvaru písmene U. Některé modely dovolují natáčení bočnic základny, za pomoci rotačního kloubu v základně a pístu, který jeden konec bočnice přitáhne ke středu zařízení - viz. obr. 20, na kterém lze i vidět brzdový systém u obou zadních kol. Natočení bočnic rámu lze využít pro lepší umístění celého zařízení u postelí, lepší stabilitě apod.



Obrázek20 - nastavitelný úhel bočnic za pomoci pístů

Pacient je zavěšen za hlavní rameno. Toto rameno je buď pohyblivé, nebo nepohyblivé. Pokud je zdvih řešen podobně jako u stropního zvedáku tak, že hlavní lano, na kterém je přidělán závěs, se navijí pomocí elektromotoru, rameno je pevné a funguje jako vedení, přes které je lano navjeto (viz. obr. 21 vlevo). Druhá možnost je podobná nástěnnému zařízení, kde hlavní zdvih provádí píst. V tomto případě je hlavní rameno pohyblivé a provádí samotný zdvih (viz. obr. 21 vpravo). Taky je možná kombinace obou případů.

Hlavní rám lze za pomoci pojistného kolíku výškově regulovat (viz. obr. 22). Výšku lze nastavit pouze v nezátíženém stavu zařízení.



Obrázek 21 - mobilní zvedák s ramenem pohyblivým (vlevo) a pevným (vpravo) [7]



Obrázek 22 - pojistný kolík pro polohování výšky rámu

Mobilní zvedací zařízení jsou často doprovázena sklápěcími opěrkami rukou, jenž napomáhají pacientovi k samostatnosti a pomáhají mu k chůzi. To je vhodné zejména pro rehabilitace. Častými doplňky jsou také bezdrátové ovladače, nikl-metal hydridové akumulátory, systém nouzového spouštění apod. Samotné konstrukce jsou zhotoveny ze slitin hliníku, aby byla zaručena pevnost a lehkost zařízení (25-50 kg). Mobilní zvedací zařízení dokážou zvednout pacienta o váze 140–300 kg.

Kotva o velikosti šíře ramen pacienta (různé typy velikostí) zajišťuje vhodné ukotvení závěsných kurtů, aby nedocházelo k nežádoucímu tření a tlaku na pacientovu pokožku. Disponuje také karabinou pro jednoduché spojení s rámem (viz. obr. 23).



Obrázek 23 - zámek na kotvě pro závěsné kurty

Samotný závěsný kurt je navlečen do háčků po stranách kotvy, kde jsou popruhy kurtu zabezpečeny proti vyvlečení pružinou jako u karabiny (viz. obr. 24). [7]



Obrázek 24 - zámek kotvy k rámu (nahore) a zámek popruhů na kotvě (dole)

2.5. Závěsné kurty

Závěsné kurty jsou stejně důležité, jako zvedací zařízení samotná. Jsou jejich neodmyslitelnou součástí, kterou je třeba správně vybrat a užívat.

Závěsných kurtů existuje celá řada. Na následujících obrázcích jsou vyobrazeny ty nejdůležitější.



Obrázek 25 - závěs pro polohování [7]



Obrázek 26 - nosítka k horizontálnímu zvedání [7]



Obrázek 27- závěs pro přenos na toaletu a z toalety [7]



Obrázek 28- závěs pro přenos z lůžka na vozík [7]



Obrázek 29- závěs pro zvednutí a držení části těla [7]



Obrázek 30- závěs pro nácvik vstávání/chůze [7]



Obrázek 31 - závěs pro obézní pacienty [7]



Obrázek 32 - závěs pro koupání a sprchování [7]

3. Technické řešení – vhodnost funkčních prvků vybraných zařízení z řešerše

3.1. Rozpis hlavních funkčních prvků řešeršovaných zařízení

Chodítka

- Tyčová konstrukce – umožňuje bezpečný pohyb po volném prostoru.
- Možnost zakomponování závěsného kurtu nabízí využití pro náročnější pacienty svou ochranou proti pádu.

Zvedací zařízení stropní

- Navíjecí elektromotor s lanem – slouží jako jednoduché řešení zdvihu pacienta
- Zámky pro popruhy apod. – jsou použity upravené jednoduché karabiny nebo zámky podobné pro pásy v automobilech (viz. obr. 13)

Zvedací zařízení nástěnné

- Pístový mechanismus – vhodné pro bezpečný a regulovatelný zdvih hlavního ramene
- Fixační panel a sloupek – jednoduché řešení odnímatelnosti zařízení
- Teleskopické hlavní rameno – za pomoci pomocných kolíků, délka se nesmí upravovat v zatíženém stavu

Zvedací zařízení mobilní

- Rám – vhodné řešení potřeby pohybu v různém prostředí a vhodné rozložení zátěžné síly po rámu
- Zdvihový píst – podobně jako u zařízení nástěnného
- Nastavitelná výška rámu za pomoci pojistného kolíku – jedna z nejlevnějších variant řešící regulaci výšky rámu
- Nastavitelný úhel bočnic – vhodné řešení pro problematiku manipulace s rámem v omezených prostorách a zlepšení stability zařízení
- Kotva pro závěsné kurty – řeší otázku umístění popruhů závěsného kurtu
- Závěsný kurt – zkušenostmi upravená a ergonomicky vhodná fixační pomůcka pro práci s pacientem v zařízení

3.2. Výběr vhodnosti řešovaných technických zařízení (hrubé hodnocení)

Následující tabulka slouží pro lepší přehled posuzovaných zařízení (sloupce) a hrubých kritérií (řádky), podle kterých jsou zařízení hodnoceny, a to s ohledem na možné fyzické i psychické omezení pacienta. Jedná se o hodnocení plně subjektivní dle autora práce, kde hodnota 1 znamená nejméně vyhovující a hodnota 4 maximálně vyhovující.

Varianta chodítka bez závěsného kurtu (příp. i bez koleček) nebyla zahrnuta pro celkovou nevhodnost použití.

	Parapodium	Chodítko s kurtem	Dynam. chodník	Zved. z. stropní	Zved. z. nástěnné	Zved. z. mobilní
Bezpečnost	2	2	4	3	4	3
Usazení a vysazení pacienta	2	2	3	4	3	4
Přesun pacienta	1	1	1	2	2	4
Rehabilitační cviky konkrétních oblastí těla	1	1	2	4	3	4
(Nácvik) chůze	1	4	4	4	1	4
Toaletní potřeba a hygiena	1	1	1	3	3	3
Kultivovanost práce s pacientem	1	2	3	3	3	3
Soběstačnost pacienta ¹	4	3	1	3	2	1
Váha zařízení	3	4	1	3	3	3
Ovládání	2	3	4	4	4	4
Nákladnost	2	4	2	3	3	3
Uskladnění	3	3	1	2	3	2
Hodnocení vhodnosti v %	45,5%	61,4%	59,1%	81,8%	70,5%	81,8%

Tabulka 1 - hrubé hodnocení vhodnosti technického zařízení

¹ Pouze v případě, je-li soběstačnosti pacient vzhledem ke své diagnóze schopen.

S ohledem na výsledky hrubého hodnocení vhodnosti zařízení a zadání bakalářské práce byly subjektivně dle autora práce vybrány k dalšímu uvažování varianty chodítka s kurtem a mobilního zvedacího zařízení. Dále kvůli závislosti na kolejnicovému systému (pohyb pacienta a přesun celého zařízení) a vysoké ceně celkového zařízení (s ohledem na zabudování kolejnice – 100 až 250 tis. Kč), nebude dále uvažována ani varianta stropního zvedacího zařízení, která vlastnostmi splňuje hrubé požadavky na zařízení.

4. Specifikace požadavků technického systému (TS)

4.1. Popis metody

Specifikace požadavků TS napomáhá k úvahám, které jsou potřeba při návrhu produktu. Tato specifikace je soupisem všech (nebo alespoň většiny podstatných) vlastností, které by TS (v tomto případě zvedací zařízení) měl splňovat.

Specifikace požadavků TS je ve formě tabulky, do níž se zapisují požadované vlastnosti. K nim je připsaná váha, jež by měla vystihnout jejich důležitost. Pro lepší přehled byly tyto vlastnosti sjednoceny do jednotlivých sekcí² a dále vyhodnocovány.

² Některé sekce byly v úvaze hodnoceny mírněji, jelikož jde o školní úlohu, kde se předpokládá, že nepřejde do výroby, ani na trh. Týká se to zejména části o patentech, licencí apod.

4.2. Ilustrativní návrh specifikace požadavků na TS³

I. Specifikace požadavků na reflektované vlastnosti TS – k provozní etapě životního cyklu		
Třída, podtřída vlastností, vlastnosti	Hodnoty požadavků vlastností	Váha
1. Požadavky k operátoru, operandu i procesu TS		(0-4)
Technický systém: zvedací zařízení pro pohybově omezené pacienty		
Požadované vlastnosti:		
- maximální nosnost	175 kg	4
- zdvih hlavního ramena (pro variantu pístového zdvihu)	500 mm	
- celková délka lana pro navíjení popruhového systému (pro variantu navíjecího zdvihu)	4000 mm	
- rotace popruhů kolem svislé osy	360°	
Pacient		
- maximální hmotnost	150 kg	4
- maximální výška	2000 mm	
- maximální obvod pasu	2000 mm	
Ošetřování		
- umožnit provést hygienu pacienta/uživatele	v celé části těla	4
2. Požadavky k provozuschopnosti TS		
Prostředí		
- provozní prostředí	čisté	3
- podlaha	PVC, keramika, dřevo, asfalt	
Životnost		
- životnost	10 let	3
- frekvence používání	vysoká	
Údržba a náklady na provoz		
- údržba	minimální	3
- provozní náklady	minimální	

³ Specifikace požadavků byla po určení některých koncepčních řešení zpětně doplněna.

II. Specifikace požadavků na reflektované vlastnosti TS – ke všem etapám životního cyklu

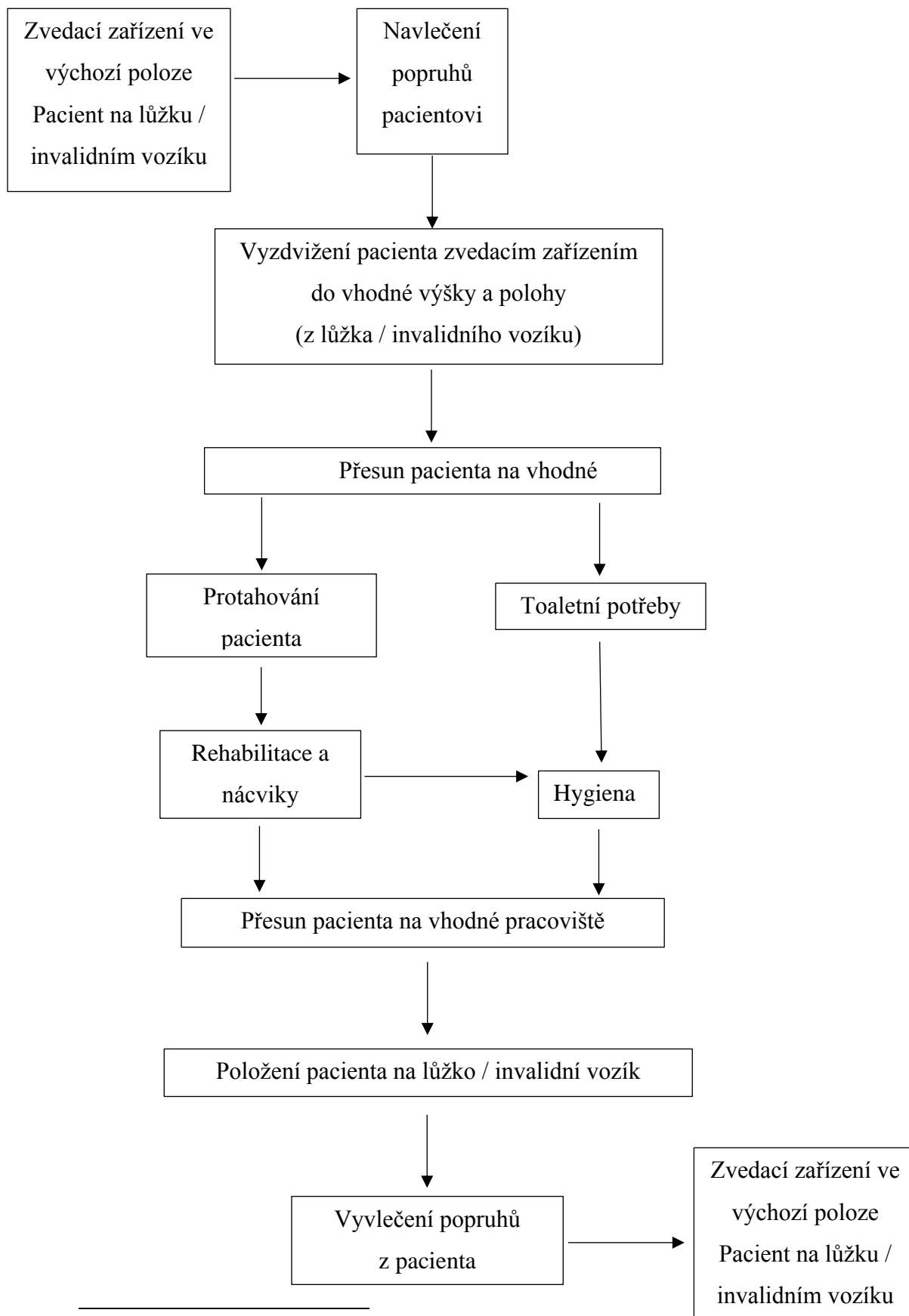
3. Požadavky pro člověka

Bezpečnost, ergonomie		4
- kulturnost ošetření pacienta	vysoká	
- bezpečnost proti převrácení	vysoká	
- ochrana proti nežádoucímu pohybu pacienta/uživatele	vysoká	
- nastavení polohy pacienta/uživatele	jednoduché	
- přístupnost k zařízení	jednoduchá/ze všech stran	
- přístupnost k pacientovi/uživateli	jednoduchá/ze všech stran	
- umístění ovládacích prvků	jednoduché/bezpečné	
- povrch ovládacích prvků	protiskluzové	
- bezpečnost proti nárazu ramene do pacienta/uživatele	vysoká	
- čistitelnost, omyvatelnost	vysoká	
Estetika, design		2
- tvarový design	příjemný	
- barevný design	příjemný	
- hlučnost	minimální	
- vůně	neutrální	
4. Požadavky k ostatním TS (dostupným i vyvolaným)		
Předvýrobní procesy a výroba		3
- využití externích firem	možné	
- využití dostupných technologií	preferované	
- montáž	dílenská	
- druh výroby	Kusová / malosériová	
- počet kusů	500	

Distribuce a logistika		2
- skladovací prostory	uspokojivé	
- manipulace při dopravě/instalaci	ručně	
- uskladnění dílů	v ochranné fólii	
- uskladnění celého zařízení	v dřevěných bednách a ochranné fólii	
Likvidace		2
- demontáž	jednoduchá	
- recyklovatelnost	jednoduchá/ekologická	
5. Požadavky k aktivnímu a reaktivnímu prostředí – k materiálům a energiím		
- ekologicky použité materiály a procesy	hlavně	2
- materiálová a energetická spotřeba	nižší – střední	
- klimatické pásmo	mírné až subtropické	
- množství odpadu (materiál a energie)	minimální	
6. Požadavky k informačním systémům		
- patentová a licenční práva	dodržet	3
- normy (bezpečnost, předpisy pro výrobu, provoz atd.)	dodržet	
- výrobní dokumentace	standardní	
- návody k obsluze, údržbu a opravy	vyžadováno	
7. Požadavky k manažerským informacím – k nákladům na produkt		
- maximální náklady na výrobu	40 000	4
8. Další požadované vlastnosti		
- korozivzdornost	vysoká	4
- odolnost povrchu proti opotřebení	vysoká	
- pevnost popruhů	vysoká	
- tuhost nosné konstrukce	střední	
- ovládání	manuálně	
- spojovací prvky	normalizované	
- druh pohonu	Elektrický / hydraulický	

Tabulka 2 – ilustrační návrh specifikace požadavků na TS [13]

4.3. Vývojový diagram černé skříňky⁴



⁴ Vychází z procesů mobilního zvedacího zařízení.

4.4. Popis procesů použitých ve vývojovém diagramu černé skříňky:

Navlečení/vyvlačení pacienta do/ze závěsu

Jelikož jsou někteří pacienti upoutáni na lůžko trvale či dlouhodobě nebo může být pacient neurologicky postižen, je potřeba s daným pacientem dle jeho diagnózy zacházet. Proto se pacient do fixačních závěsů doslova neobléká, ale závěs se za pomoci asistence podsune pod pacientem a řádně se připoutá dle daného postupu, který se může lišit dle druhu závěsu. Stejným způsobem se závěs pacientovi sundá.

Zavěšení pacienta do vhodné výšky

Po obléknutí popruhů je nutno přijet s celým zařízením k pacientovi a s uvážením pacientova zdravotního stavu se závěs připevní za pomoci jednoduchých karabin.

Před samotným vyzvednutím pacienta, je nutné popruhy i karabiny překontrolovat, zda bylo vše řádně provedeno dle pokynů. Rameno zvedacího zařízení se poté pomalu zvedá vzhůru (v případě provedení s navijákem se lano pomalu navijí), dokud se pacient nenachází nad povrchem, na kterém se předtím nacházel, a to celým svým tělem.

Přesun pacienta na vhodné pracoviště

Pro většinu úkonů s pacienty slouží různé speciálně vybavené místnosti, do kterých je nutno pacienta dopravit. Ve většině případech je pacient převezen do dané místnosti na lůžku nebo na invalidním vozíku. Avšak možnost přepravy pacienta na zvedacím zařízení by měla být také přístupna (vhodné např. z hlediska možné úspory času nebo potřeba přepravy pacienta v určité poloze).

Protahování pacienta

Jak je již zmíněno v kapitole 1.2., někteří pacienti jsou dlouhodobě odkázáni na lůžko nebo v případě neurologických onemocnění je potřeba svalstvo protahovat kvůli nedostatku pohybu, což napomáhá proti tvoření proleženin, proti tuhosti svalstva, k prokrvování končetin a “zahřátí” svalstva před případnými rehabilitacemi a cviky, což může zabránit případnému poškození svalové hmoty.

Protahování pacienta se může provádět jak v zavěšené poloze (s volbou vhodného závěsného zařízení), tak i na podložce na zemi či na jiném zařízení (v tomto případě je nutno pacienta ze zvedacího zařízení dle daného postupu uvolnit).

Rehabilitace a cviky

Rehabilitace a cviky jsou rozdílné podle pacientovy diagnózy. Může se jednat o cviky konkrétních částí těla (např. od pasu dolů, či pouze dlaně apod.), konkrétního pohybu (např. chůze, či mačkání míčku) v konkrétním prostředí (např. na podlaze nebo v bazénu).

Tyto rehabilitace a cviky se mohou taktéž provádět na samotném zařízení, či na zemi / jiném zařízení (dle druhu).

Toaleta a hygiena

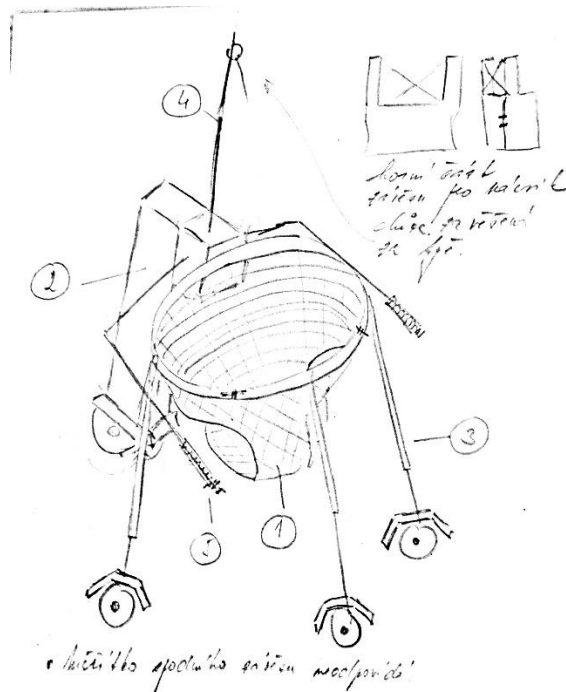
Běžná situace, která může nastat, je potřeba pacienta využít toalety. Tudíž je nutné pacientovi pomoci dostat se na toaletu a s danou potřebou mu i pomoci. V některých případech se tato problematika řeší plenami nebo cévkováním (napojení vylučovacího ústrojí na hadičky). S tím je úzce spojena i hygiena, která se může provádět na lůžku, ale i v koupelně. V obou případech je nutno si pomoci zvedacím zařízením. Pokud je pacient např. na lůžku nebo nesmí hýbat určitou částí těla, je možné zvedací zařízení použít ke zvednutí jen vybraných končetin, k polohování horní/dolní části těla (např. vyzdvižení pánve či ustavení pacienta do sedu). Také je možné provést pacientovi hygienu v zavěšeném stavu, kdy je pacient plně zavěšen v k tomu určenému závěsu.

5. Varianty řešení⁵

5.1. Chodítko

Jedná se o variantu vhodnou pro samostatnější uživatele bez závažnějšího omezení, kteří jsou schopni i samostatného částečného pohybu.

5.1.1. Chodítko s pohonem



Obrázek 33 - varianta chodítka 7.5.1

Popis pozic obr. 33:

1. Závěsný kurt zavěšený k hlavnímu prstenci
2. Pohonná noha
3. Podpůrné nohy
4. Závěsná tyč pro kurt na bederní část těla (odnímatelná dle potřeby)
5. Madla

Hlavní prstenec se nachází ve výšce pod prsy, za který je zavěšen kurt pro pánev a kříž. Tento prstenec je otevíratelný na pant a zabezpečen přezkou proti odemčení. Celý prstenec musí být plně polstrován proti poranění uživatele (předpokládáno i u dalších chodítek).

⁵ Obrázky variant chodítek jsou pouze ilustrativní pro zobrazení hlavní myšlenky provedení.

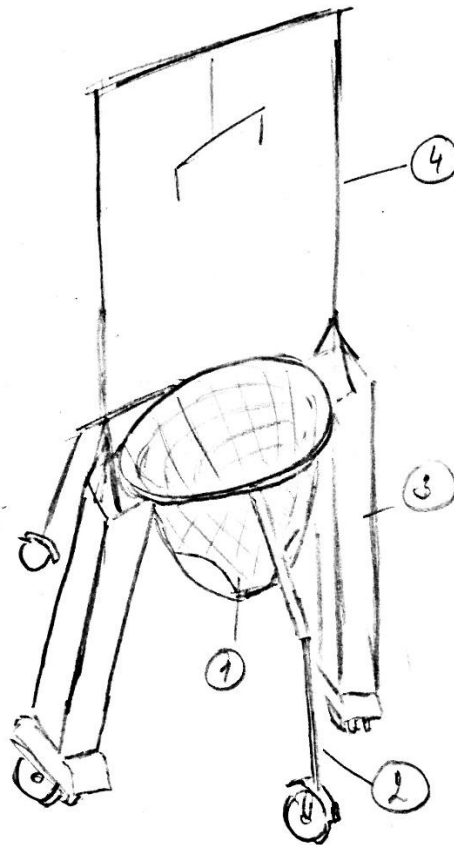
Pohonná noha je pevně připevněna k prstenci. Tato noha slouží jako podpora k pohybu v případě, že pacient není schopen vyvinout dostatečnou sílu k pohybu vpřed. Noha je vybavena otočným kloubem, kterým uživatel určuje ovládacím zařízením směr pohybu (podobně jako u vysokozdvizných vozíků). Na ní je také přidělán pohon a zdroj energie.

Podpurné nohy slouží k zajištění stability zařízení. Jak podpurné, tak i hlavní pohonná noha mají regulovatelnou výšku se zarážkou na kolík.

Závěsná tyč uchycuje přídatný kurt na trup uživatele pro lepší stabilitu a bezpečnost. Za očko stačí karabinou zachytit vhodný typ bederního kurtu.

Madla slouží pro lepší oporu uživatele.

5.1.2. Chodítko s postranními pohony



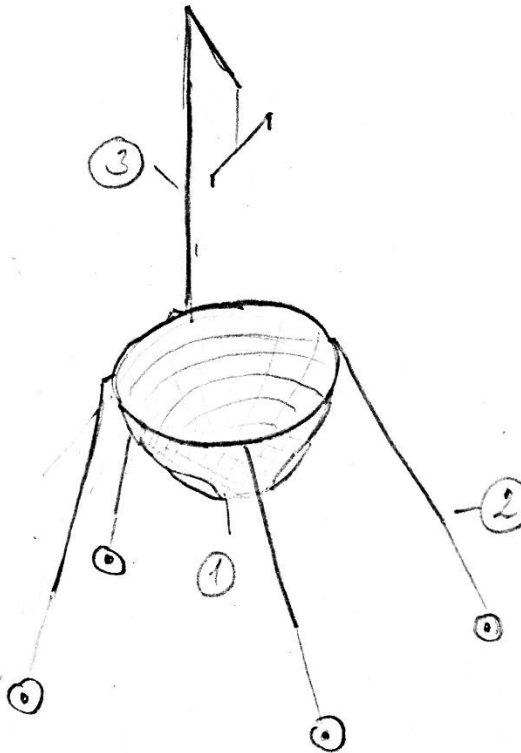
Obrázek 34 - varianta chodítka 7.1.2.

Popis pozic obr. 34:

1. Závěsný kurt přidělán k prstenci
2. Podpurná noha
3. Pohonná noha
4. Rám pro závěsný kurt na bederní část těla

Dvě boční nohy slouží jako pohonné, neotočné. Uživatel levou rukou ovládá levý pohon, pravou rukou pravý pohon, což mu dovolí zatačet. Zadní a přední nohy jsou podpůrné, otočné.

5.1.3. Chodítka bezmotorové



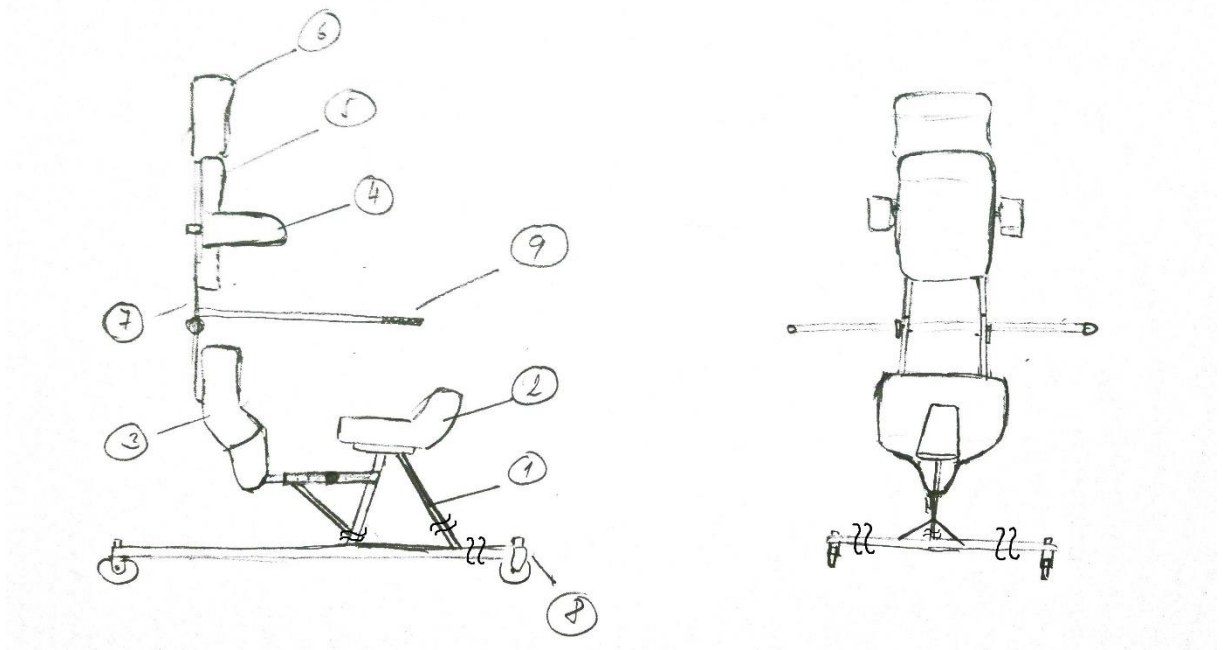
Obrázek 35 - varianta chodítka 7.1.3.

Popis pozic obr.35:

1. Kurt připoutaný k prstenci
2. Podpůrné teleskopické nohy
3. Závěsná tyč pro kurt na bederní část těla

Obdoba obyčejného čtyřkolového chodítka s přidáním závěsným kurtem pro pánev a kříž, který je zavěšen pod podpažní podpěrou. Tato varianta nedisponuje pomocným pohonem, avšak je díky tomu vhodnější pro samostatný pohyb uživatele s ohledem na lepší zapojení práce nohou.

5.1.4. Chodítka bezmotorové polohovací



Obrázek 36 - skica polohovacího chodítka

Popis pozic obr. 36:

1. Konstrukce základny a podvozku
2. Přední sedák
3. Zadní sedák
4. Podpažní opěrka
5. Opěrka zad
6. Opěrka hlavy
7. Konstrukce pro zádovou část
8. Otočná kola
9. Madla na ruce

Verze polohovacího chodítka nabízí lepší polohovací vlastnosti, než tomu je u chodítek s prstencem, která pacienta můžou omezovat, což je nežádoucí. Proto byl návrh s kurtem nahrazen polohovací sestavou opěrek a sedáku, které se dají dle potřeby upravit za pomoci pojistných kolíků (případně závitových kolíků). Uživatel se usadí do chodítka tak, že dosedne na přední sedák, aby ho měl mezi třísly. Zadní část sedáku je polohovatelná, což umožňuje ji přisunout k přednímu sedáku. Poté se uživatel opře zády o zádovou opěrku a podpažní opěrkou zachytí ramena. Také může využít opěrku hlavy a madla pro ruce.

V klíčových oblastech (pánev, hrudník, hlava) jsou umístěny pásy pro zajištění uživatele. Lze předpokládat, že pro řádné ukotvení pacienta k chodítku, bude doporučena asistence.

Podvozek s otočnými kolečky je čtyřkolový, v případě prokázané dostatečné stability by se dalo uvažovat i o tříkolovém podvozku, kde by dvě kola byla v zadní části a jedno v přední, což by umožnilo menší omezení pro pohyb nohou.

Chodítko je levnou alternativou pro nácviky chůze (především varianta č. 7.1.3.), či nástrojem k samostatnému pohybu uživatele po prostorách. Varianta chodítka má výhodu v jednoduchosti a jisté samostatnosti uživatele (za předpokladu, že je k ní mentálně i fyzicky schopný). Je tedy použitelná i v domácnostech. Avšak hlavní výhodou se stává současně i nevýhodou, jelikož pro pacienty se závažnějším omezením je chodítko z bezpečnostních důvodů nepřijatelné a pro samotný přesun pohybu neschopného pacienta absolutně nevyhovující.

5.2. Mobilní zvedací zařízení⁶

Tato varianta je vhodná pro pacienty se všemi zmíněnými omezeními, ale v každém případě vyžaduje plnou asistenci druhé osoby po celou dobu užívání.

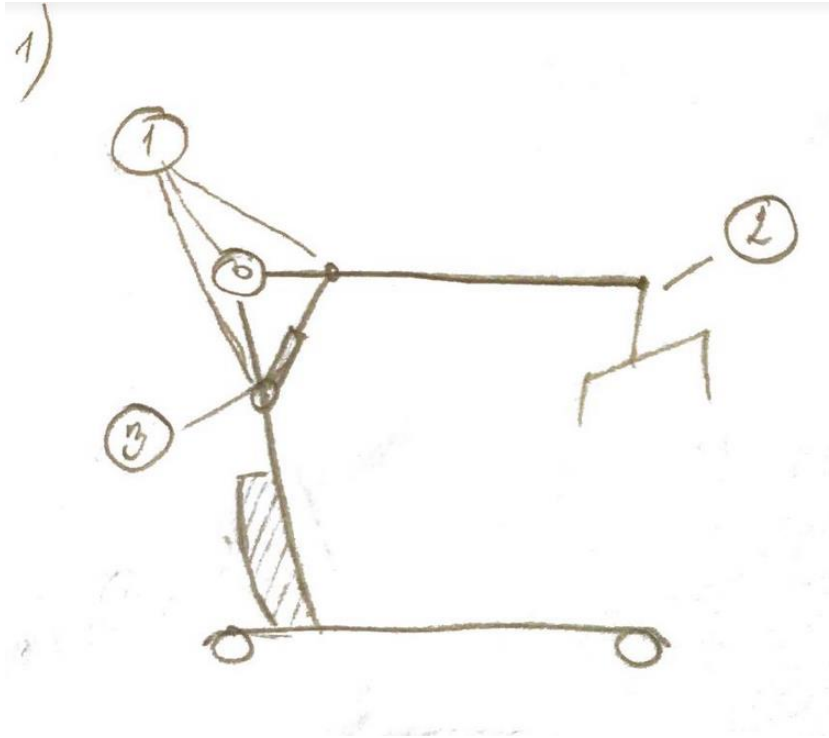
Předpokládáme, že všechny varianty mobilního zvedacího zařízení (kromě varianty č. 5.2.3.) disponují možností regulace výšky za pomoci vyjímatelného pojistného kolíku v rámu, jenž má otvory pro ukotvení v požadované výšce.

⁶ Dále jen jako „MZZ“

Ve skicách následujících variant nejsou prostory pro baterie a příslušenství (čerchovaně) pro stejnorodost a přehled pozicovány.

5.2.1. Mobilní zdvihací zařízení (MZZ) s pístem

Jedná se o variantu s pístem, který provádí hlavní zdvih. Píst svým vysouváním a zasouváním přes rotační klouby pohybuje celým hlavním ramenem, což zajišťuje vhodné vyzvednutí a manipulaci s pacientem.



Obrázek 37 – skica MZZ varianta 5.2.1.

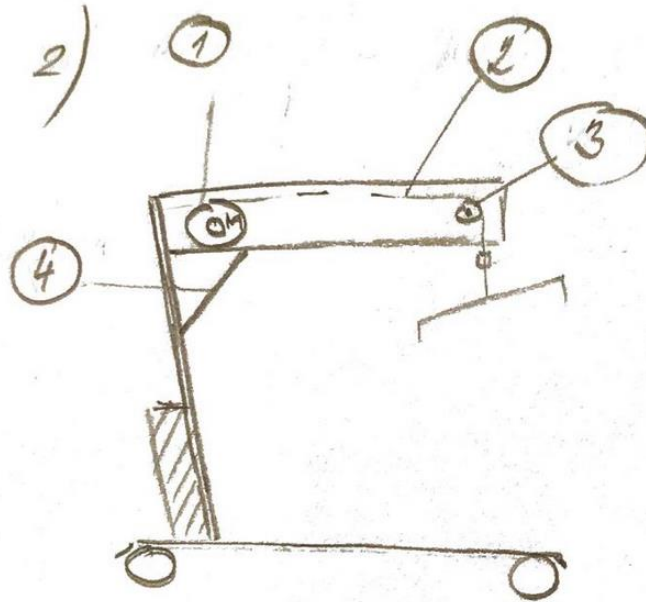
Popis pozic obr.37:

1. Rotační spoje
2. Lano pevně připevněné k hlavnímu rameni
3. Posuvný píst

Návrh č. 5.2.1. je jednoduchou možností, která vychází z konkurenčních výrobků (viz. kapitola 2.4.3.).

5.2.2. MZZ s navíjecím zařízením v hlavním rameni

Tato varianta využívá navíjecí zařízení, které po vedení navíjí / odvíjí lano, ke kterému je připevněna karabinou či přezkou kotva, za níž je pacient zavěšen.



Obrázek 38 – skica MZZ varianta 5.2.2.

Popis pozic obr.38:

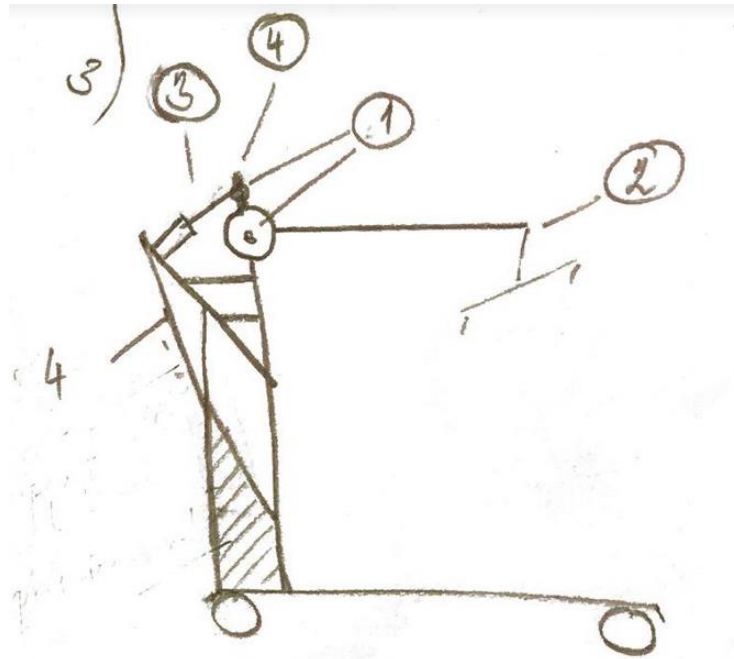
1. Navíjecí elektromotor
2. Navíjené nosné lano
3. Vedení lana
4. Výztužná konstrukce

Návrh s navíjecím zařízením v hlavním rameni má výhodu, že je vhodná pro prostory s omezenou výškou stropu. Tzn. že může dojít ke zdvihu pacienta bez potřeby pohybu hlavního ramene.

Bohužel umístění navíjecího pohonu zvýší hmotnost celého zařízení a jeho poloha může být neprospěšná pro stabilitu.

5.2.3. MZZ s pístem umístěným zezadu

Varianta je charakteristická svojí výztužnou konstrukcí, která zajišťuje pevnost a stabilitu při přitahování hlavního ramene pístem, což zajistí zdvih pacienta. Píst je rotační vazbou připojen ke spojovací tyči, která je pevně přivařena k části rotačního spoje. Pohybem pístu dochází k rotaci dané části spoje a s ním i hlavního ramene.



Obrázek 39 – skica MZZ varianta 5.2.3.

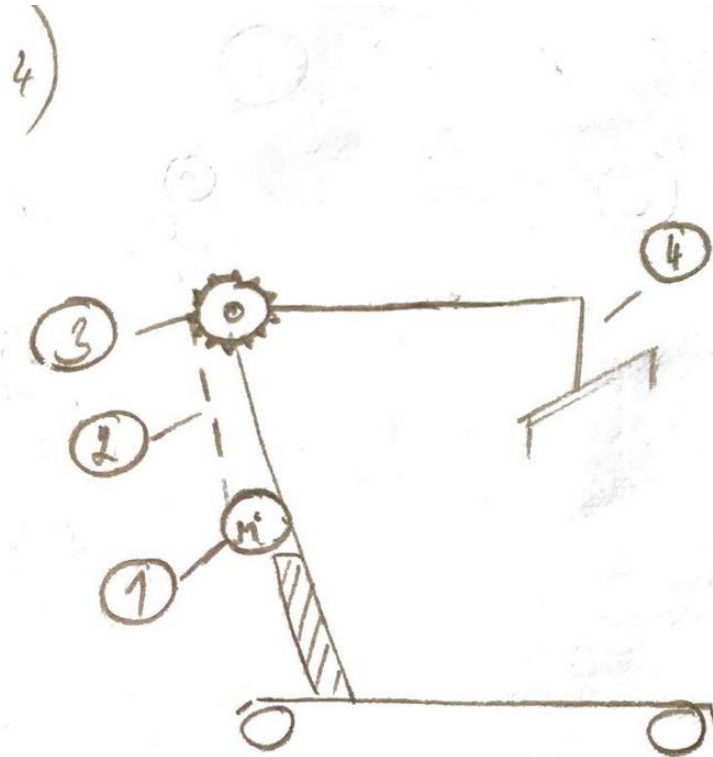
Popis pozic obr.39:

1. Rotační spoje
2. Lano pevně připevněné k hl. rameni
3. Posuvný píst
4. Spojovací tyč mezi pístem a rotačním spojem

Tato varianta uvolňuje další místo v pacientově pohybovém prostoru, avšak na úkor robustnosti a váhy celé konstrukce. S přihlédnutím k těmto aspektům je varianta MZZ s pístem umístěným zezadu nevhodná.

5.2.4. MZZ s navíjecím zařízením mimo hlavní rameno

O variantě č. 5.2.4. se dá říci, že je modifikací varianty 5.2.1. a 5.2.2., což umožňuje díky umístění navíjecího motoru vyšší stabilitu rámu (s ohledem na variantu č. 5.2.2.). Navíjecí motor navíjí řetěz, který je zachycen ozubením v rotačním spoji. Velmi malé navinutí či odvinutí zajistí dostatečný zdvih nebo pokles hl. ramene.



Obrázek 40 – skica MZZ varianta 5.2.4.

Popis pozic obr.40:

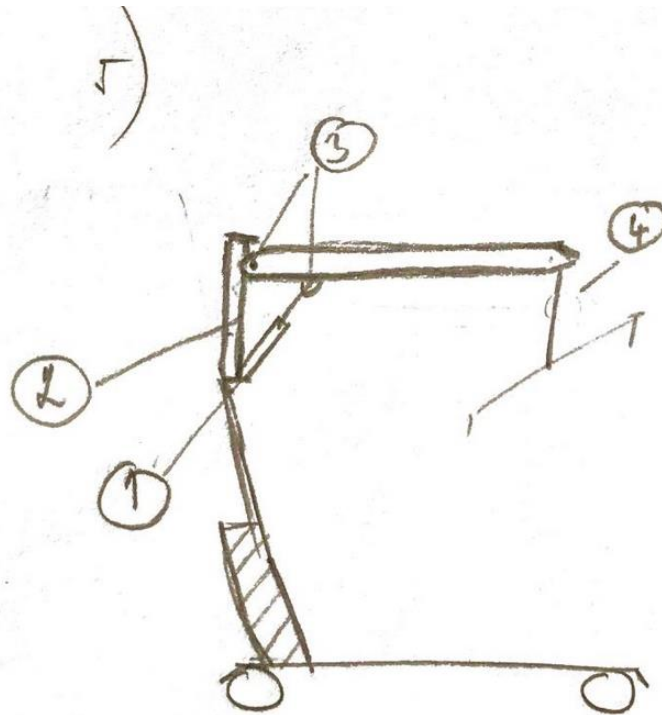
1. Navíjecí elektromotor
2. Řetěz
3. Rotační kloub s ozubením
4. Lano pevně připevněné k hlavnímu rameni

Menším kladem této varianty je větší volnost v prostorech zavěšeného pacienta, tudíž se může zkrátit délka celého hlavního ramene a bočnic. Uložení navijáku co nejbližší k podlaze napomůže k lepší stabilitě a menšímu namáhání konstrukce.

Užitím řetězu jako média k přenosu pohybu může dojít ke zvýšené hlučnosti celého zařízení a hmotnosti. Také se zvýší potřeba údržby. Nabízí se možnost uvážení jiného média k přenosu rotačního pohybu nebo zvolením lepšího materiálu řetězu.

5.2.5. MZZ s vyjímatelným hlavním ramenem

Vyjímatelné hlavní rameno má velký potenciál v multifunkčnosti. Jelikož jsou některé prostory svými rozměry velmi omezené (koupelny, toalety apod.), je nutné pacienta přendat na již zmíněné nástěnné zvedací zařízení. Varianta s vyjímatelným hlavním ramenem umožňuje přendání ramene z pojízdné konstrukce na kotvící konstrukci připevněné ke zdi daného objektu a tím eliminuje nutnost koupě druhého zařízení.



Obrázek 41 – skica MZZ varianta 5.2.5.

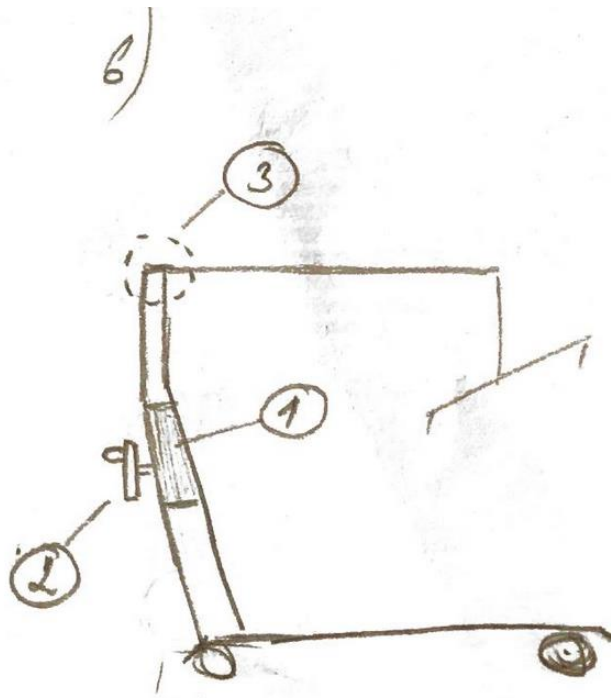
Popis pozic obr. 41:

1. Posuvný píst
2. Kotvící tyč
3. Rotační spoje
4. Lano pevně připevněné k hl. rameni

Velkým pozitivem vyjímatelného hlavního ramena spočívá právě v jeho možnosti užití v prostorách, kam se celý rám nedostane. Vlastník tudíž ušetří své finance za nákup druhého zvedacího zařízení.

5.2.6. MZZ s mechanickým zdvihem

Jedná se o variantu používající lidskou sílu užitou pro pohon hnacího členu ke zdvihu. Asistent otáčením „volantem“ zabírá za převod ozubených kol, který ulehčí práci potřebnou k vyzdvižení i těžších pacientů. Daným převodem poté navíjí či odvíjí lano z obdoby ručního navijáku. Případně se může modifikovat instalací ozubené tyče místo navijáku. Tato tyč by svým pohybem nahoru a dolů zajišťovala natáčení hl. ramene přes ozubení spojené s rotačním kloubem.



Obrázek 42 – skica MZZ varianta 5.2.6.

Popis pozic obr.42:

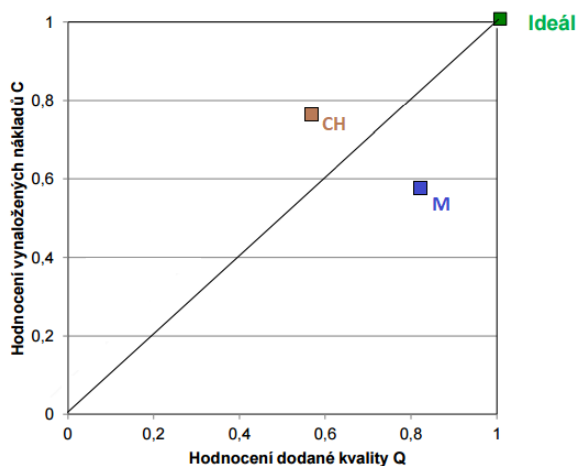
1. Převod
2. Madlo (volant) k rozpohybování mechanismu
3. Rotační kloub za použití modifikace

Výhodou této varianty je nepotřebnost větších elektrických zařízení (navijáky, písty apod). Dá se tedy použít i v oblastech, kde není zavedena elektřina do všech obytných částí. S tímto návrhem přichází mírně zvýšená nutnost údržby. Také je potřeba doplnit mechanismus vhodným pojistným systémem. Díky vnitřním převodům apod. se zvýší celková hmotnost zařízení. Při výběru této varianty stojí za uváženou výběr vhodného materiálu.

5.3. Hodnocení koncepčních alternativ TS

Hodnocení koncepčních alternativ TS			Chodítko	Mobilní z.	Ideál
Symbol	Kritéria hodnocení		Hodnocení vhodnosti (0-4)		
Q	Pro dodanou kvalitu	Bezpečnost a upevnění pacienta	2	4	4
		Přesun pacienta	2	4	4
		Rehabilitace, cviky apod.	2	3	4
		Náročnost na obsluhu	3	2	4
		Rozměrová přizpůsobivost ⁷	2	4	4
		Nosnost	2	4	4
		Uskladnění	3	2	4
	Součet hodnocení	16	23	28	
	Normované hodnocení	0,57	0,82	1	
C	Pro vynaložené náklady	Na výrobu	3	2	4
		Na provoz	3	3	4
		Na likvidaci	3	2	4
		Součet hodnocení	9	7	12
		Normované hodnocení	0,75	0,58	1

Tabulka 3 - hodnocení koncepčních alternativ TS



Obrázek 43 – Graf hodnocení koncepčních alternativ TS

Z výsledků hodnocení koncepčních variant je zjevné, že varianty chodítek vychází díky jednoduššímu konstrukčnímu provedení blíže ideálu, nežli tomu je v případě mobilních zvedáků, které jsou po stránce kvality hodnoceny lépe, ale náklady na výrobu a likvidaci jsou vyšší než v případě chodítek.

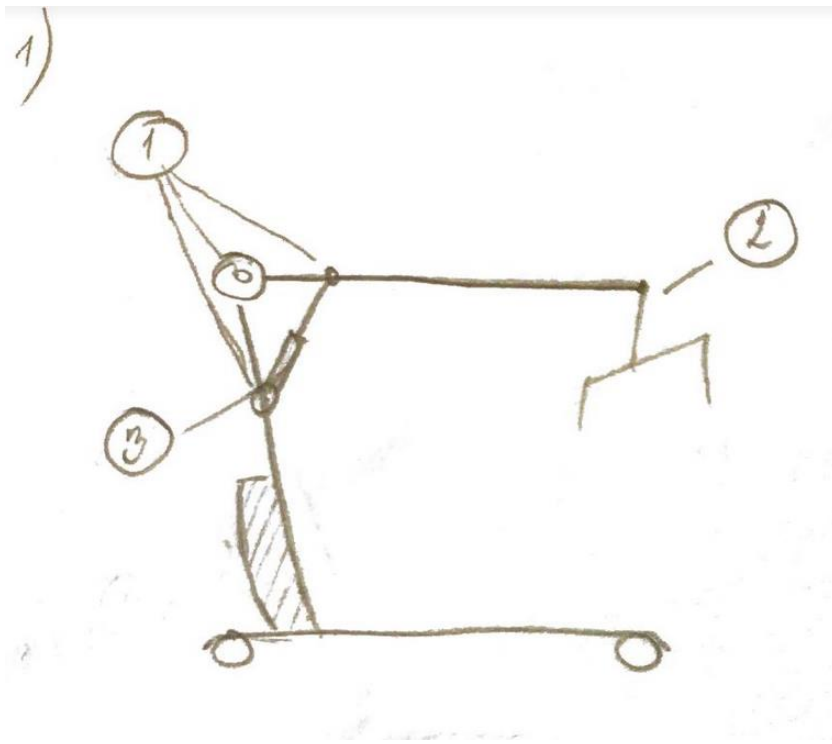
⁷ Jedná se o přizpůsobivost k fyzickým rozměrům pacienta.

Navzdory výsledkům hodnocení koncepčních alternativ TS byla vybrána varianta mobilních zvedacích zařízení, a to z důvodu bezpečnosti a požadovaných vlastností daných zadáním bakalářské práce.

Z variant byly vybrány 3, které se budou dále vyhodnocovat. Byla vybrána varianta č. 5.2.1. pro srovnání s konkurencí, dále varianta č. 5.2.5. pro rozmanité možnosti využití, a také varianta č. 5.2.6. kvůli nepotřebě mnoha el. zařízení. Ostatní možnosti nebyly dále zahrnuty z následujících důvodů: nízká bezpečnost, nesplnění základních požadavků, náročnost.

5.4. Hlubší představení konečných variant

5.4.1. MZZ s pístem

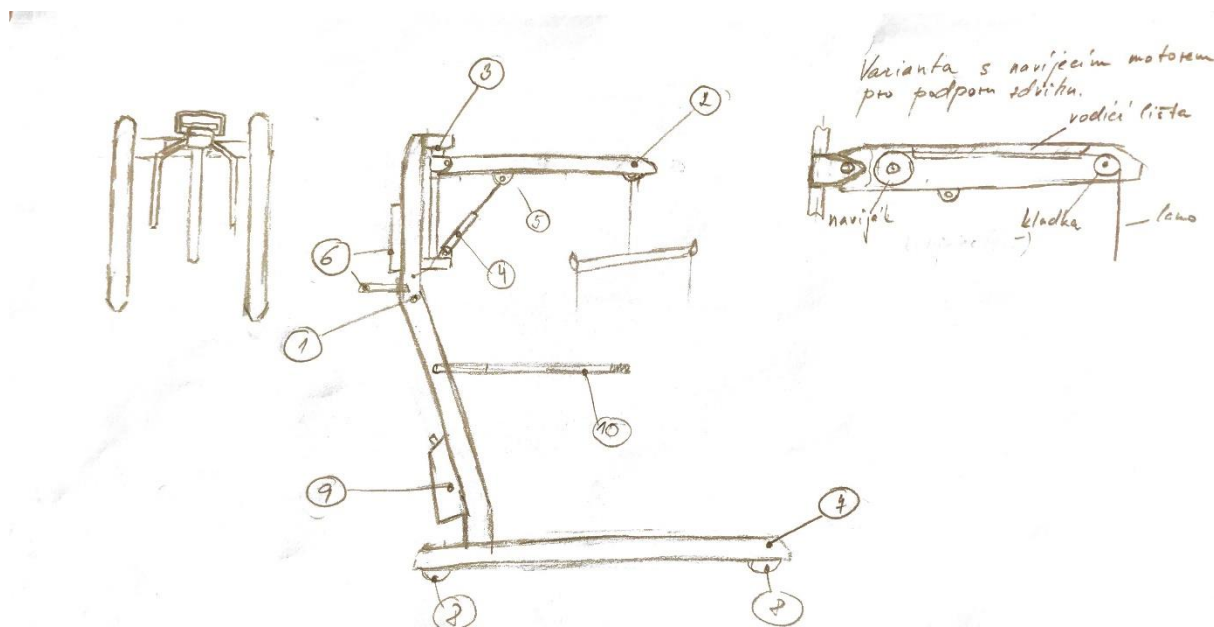


Obrázek 44 - obrázek MZZ s pístem z kapitoly 5.2.1.

Vyhází z návrhu v kapitole č. 5.2.1. pro pozdější srovnání s konkurenčními výrobky.

5.4.2. MZZ s vyjímatelným hlavním ramenem

Jak bylo zmíněno v kapitole 5.2.5., tato varianta přináší multifunkčnost právě využitím možnosti vyjmutí hlavního ramene z mobilního rámu a přesunutí ramena do rámu ve zdi.



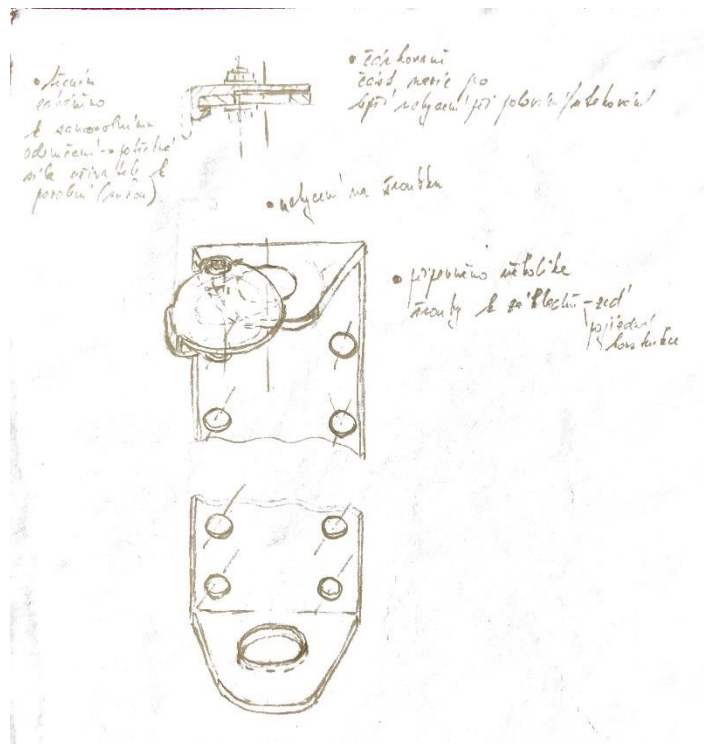
Obrázek 45 - Koncept MZZ s vyjímatelným hlavním ramenem⁸

Popis pozic k obr. č. 45:

- 1... hlavní rám
- 2... hlavní rameno (vyjímatelné)
- 3... vodící tyč
- 4... zdvihový píst
- 5... rotační kloub
- 6... madlo pro asistenci s vyjímatelným ovládacím panelem
- 7... bočnice
- 8... kolečka
- 9... prostor pro akumulátor apod. v pouzdře, které se dá vyjmout z rámu
- 10.. otočná madla pro pacienta (přídavné příslušenství)

⁸ Obr. č. 45 zobrazuje zleva: pohled shora, pohled z boku, pohled na další možnou variaci hlavního ramene (dále neuvažujeme).

Řešení pro vyjmutí hlavního ramene bylo inspirováno možnostmi některých nástěnných zvedacích zařízení, viz. kapitola 2.4.2.



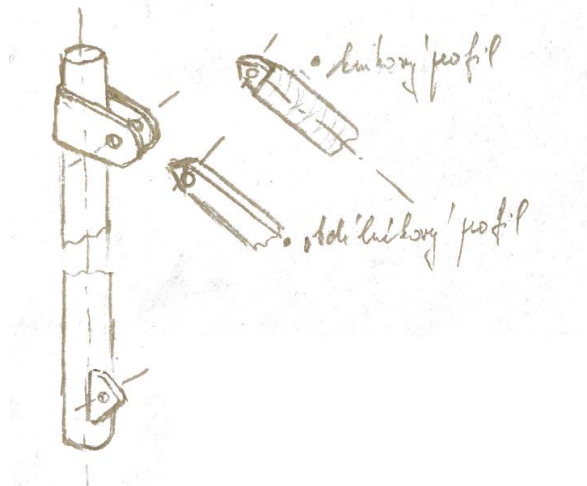
Obrázek 46 - základna pro vyjímatelné hlavní rameno

Základna pro vyjímatelné hlavní rameno (obr. 46) funguje na principu zasunutí nosné tyče, která je spojena s hlavním ramenem a posuvným pístem. Celá tato část konstrukce se dá tedy vyjmout a přesunout dle potřeby. Pro vyjmutí se nejdříve povolí ochranné pouzdro – plíšek tvarovaný pro lepší manipulaci, který pomocí tření mezi zmíněnou základnou a popisovaným ochranným pouzdrem, uzamyká nosnou tyč v základním rámu. Poté se tyč s ramenem mírně nadzvedne, aby se spodní část tyče uvolnila z drážky ve spodní části základny. Následně se dá tyč s hlavním ramenem a pístem vysunout z rámu.

Pro lepší manipulaci je akumulátor a veškeré další doprovodné příslušenství obsaženo v pouzdře, které se dá po kotvící kolejnici tažením nahoru vyjmout od rámu a tím pouzdro přesunout společně s hlavním ramenem.

Pro pohodlnější přenos hlavního ramene lze jeho spodní část polstrovat pro opření o rameno manipulující asistence.

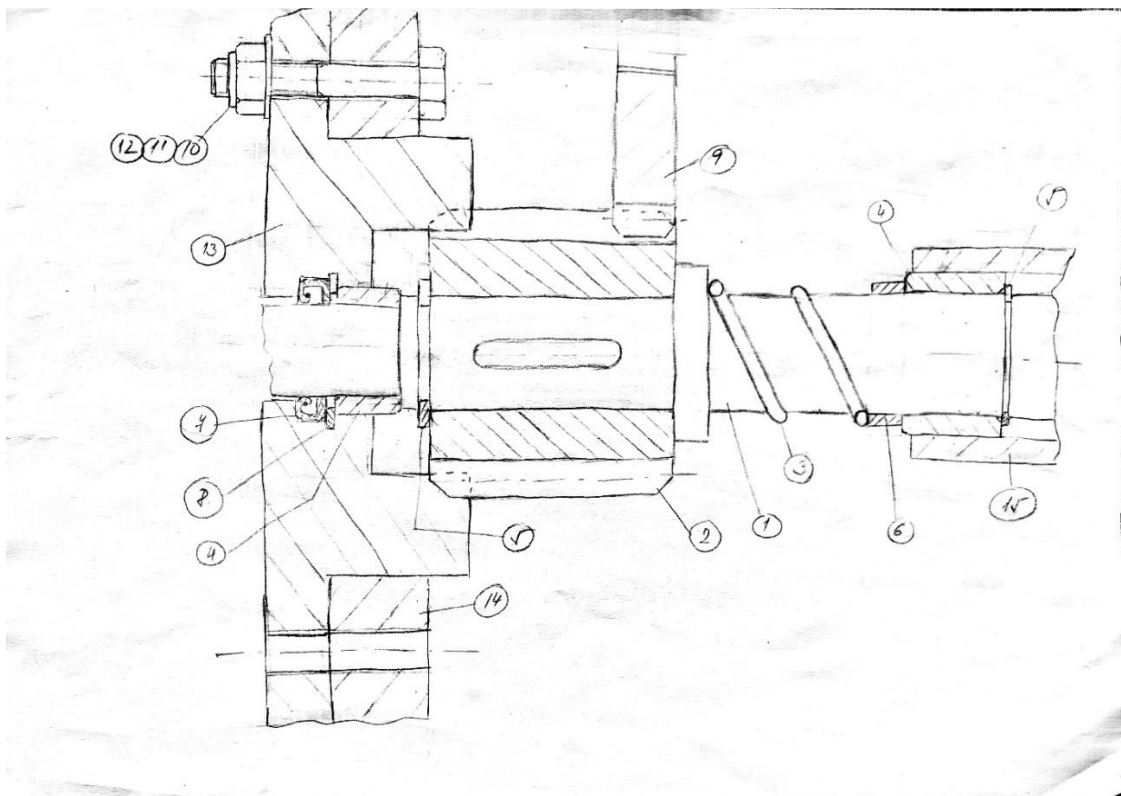
Další možnost vyjmutí hlavního ramene je za pomoci pojistných kolíků nebo rychloupínáků v rotačních částech mezi hlavním ramenem a nosnou tyčí, viz. na obr. č. 47. Při tomto řešení se uvažuje, že nosná tyč zůstane nerozebíratelnou složkou mobilního rámu (příp. základny na zdi). Hlavní rameno by se vyjmulo nejdříve uvolněním pojistných kolíků (rychloupínáků) a následně i s pístem by se rameno ukotvilo do nosné tyče druhé základny.



Obrázek 47 – druhá varianta k vyjmutí hlavního ramene

5.4.3. MZZ s mechanickým zdvihem

Navržení mechanismu pro ovládání zdvihu pacienta s pojistkou proti samovolnému odvíjení.



Obrázek 48 - skica pojistného mechanismu navazující na převod

1. Pozice mechanismu obr.48:
2. hlavní hřídel
3. ozubené kolo přímé
4. pružina
5. kluzná pouzdra
6. pojistný kroužek pro hřídel
7. centrovací kroužek
8. těsnění
9. pojistný kroužek pro díry
10. ozubení pro převod
- 10, 11, 12. šestihránná matice, podložka, samojistná šestihránná matice
13. víko
14. pouzdro
15. pouzdro

Popis mechanismu:

Asistence zasune vlastní silou volant (s přídatným madlem pro lepší manipulaci), který je napojen na hřídel, do rámu. Tím se celá hřídel posune a uvolní ozubení od pojistky. Následným otáčením volantu navijí / odvijí lano na / z naviják/u, k čemuž asistence, díky vloženému převodu, nemusí vynaložit takovou sílu.

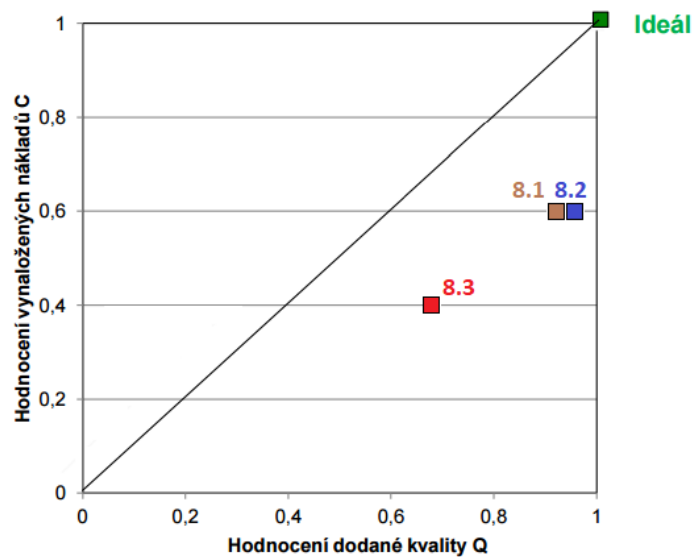
Pokud se volant pustí, místo náhlého pádu pacienta, pružina obsažená v mechanismu vrátí hřídel s ozubeným kolem do původní pozice a celý mechanismus se o pojistku zasekne.

5.5. Bližší hodnocení vybraných koncepčních alternativ

Jelikož si jsou vybrané produkty velice podobné, byla tabulka hodnocení doplněna o některá kritéria a zařízení jsou hodnocena vůči sobě. Zmíněné podobnosti také odpovídají výstupní hodnoty hodnocení. Jedná se o hodnocení plně subjektivní dle autora práce, kde 1 znamená nejméně vyhovující a 4 maximálně vyhovující.

Hodnocení vybraných koncepčních alternativ TS			5.4.1.	5.4.2.	5.4.3.	ideál
Symbol	Kritéria hodnocení		Hodnocení vhodnosti (0-4)			
Q	Pro dodanou kvalitu	Bezpečnost a upevnění pacienta	4	4	3	4
		Přesun pacienta	4	4	4	4
		Rehabilitace, cviky apod.	4	4	4	4
		Estetika, design	4	4	3	4
		Náročnost na obsluhu	4	4	2	4
		Rozměrová přizpůsobivost	3	4	2	4
		Nosnost	4	4	3	4
		Náročnost na údržbu	4	4	3	4
		Celková hmotnost	4	3	2	4
		Likvidace	3	3	2	4
		Uskladnění	3	4	2	4
		Součet hodnocení		41	42	30
Normované hodnocení		0,93	0,95	0,68	1,00	
C	Pro vynaložené náklady	Na výrobu	3	3	2	5
		Na provoz	3	3	2	5
		Na likvidaci	3	3	2	5
		Součet hodnocení	9	9	6	15
		Normované hodnocení	0,60	0,60	0,40	1

Tabulka 4 - Rozvinuté hodnocení vybraných koncepčních alternativ



Obrázek 49 - Graf bližšího hodnocení vybraných koncepčních alternativ TS

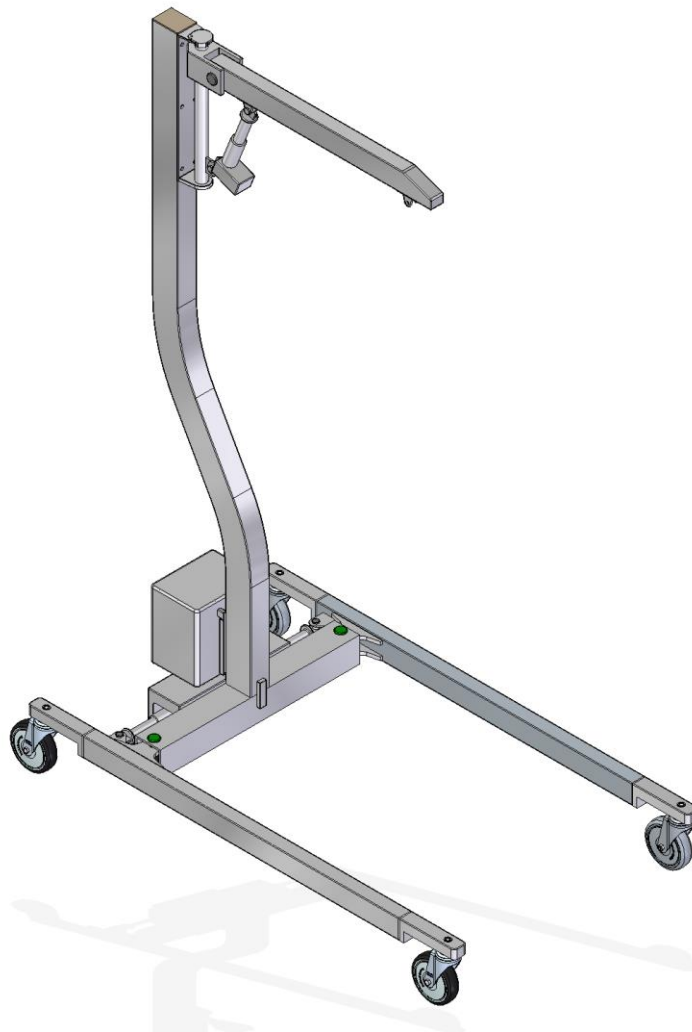
Z výsledků porovnání variant vyplývá, že MZZ s mechanickým zdvihem dle očekávání s přihlédnutím na bezpečnost, provedení a manipulaci, je nejslabší z vybraných variant.

MZZ s vyjímatelným ramenem díky lepší rozebíratelnosti a možnosti větší škály využití vychází společně s variantou 5.2.1. (která slouží pro srovnání s konkurencí) jako nejlepší z hodnocených variant.

Z těchto důvodů finální návrh bude směřovat cestou MZZ s vyjímatelným ramenem.

5.6. MZZ s vyjímatelným ramenem – návrh 3D modelu

Na základě předešlých návrhů byl vymodelován model v softwaru Solid Edge ST10. Konkrétní řešení bude dále rozepsáno v doprovodě s obrázky. V modelu nejsou uvažovány spojovací materiály jako šrouby, podložky, matice, závlačky apod. Také nejsou uvažovány svarové spoje.

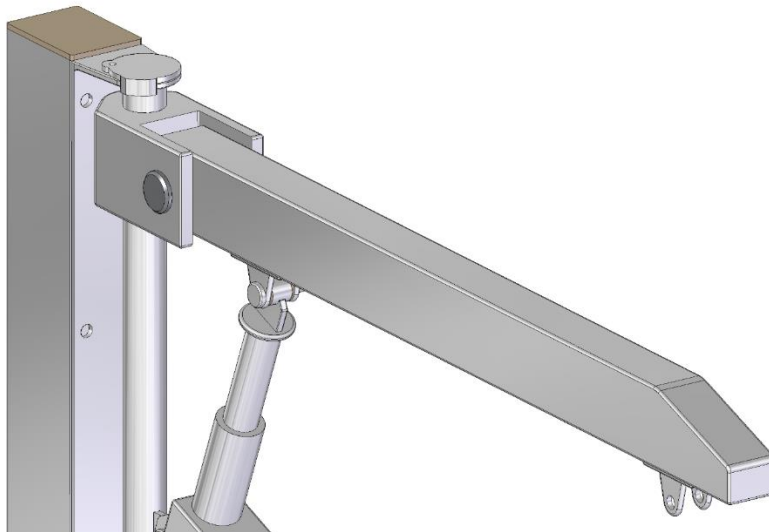


Obrázek 50 - celková sestava MZZ s vyjímatelným ramenem

Na obr. č. 50 je zobrazena celková sestava MZZ s vyjímatelným ramenem v základní sestavě (tj. bez opěrných otočných madel s madly pro obsluhu, u kterých se předpokládá, že jsou uložena v pouzdře, jež lze přikotvit k vertikálnímu jaklu).

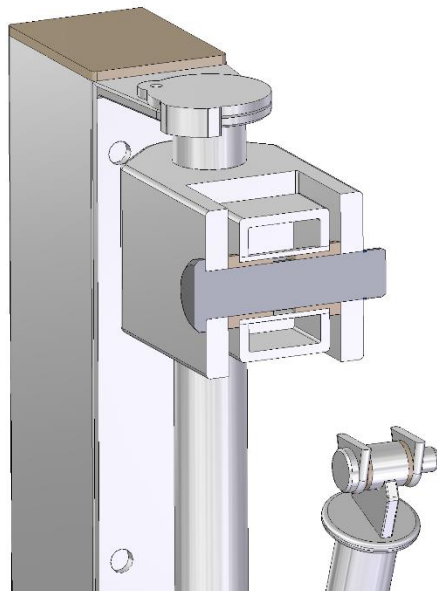
Některé komponenty byly zjednodušeny pro pouhou ilustraci. Týká se to pístů, boxu pro uložení pístů a boxu s bateriemi a dalším doplňkovým příslušenstvím.

Hlavní konstrukce je zhotovena ze svařence hliníkových jaklů - mat. EN AW 6060. Tento materiál zaručuje dobrou tvárnost pro zpracování polotovarů (např. pro ohyb), svařitelnost a zároveň dostatečné mechanické vlastnosti. Pro ostatní komponenty (např. spojové plechy, úložné boxy, úchyty na kola apod.) je doporučen mat. EN AW 6061, který zaručuje vyšší mez kluzu než tomu je u EN AW 6060, ale zároveň se snižuje jeho tvárnost (proto je nevhodný pro jakly).

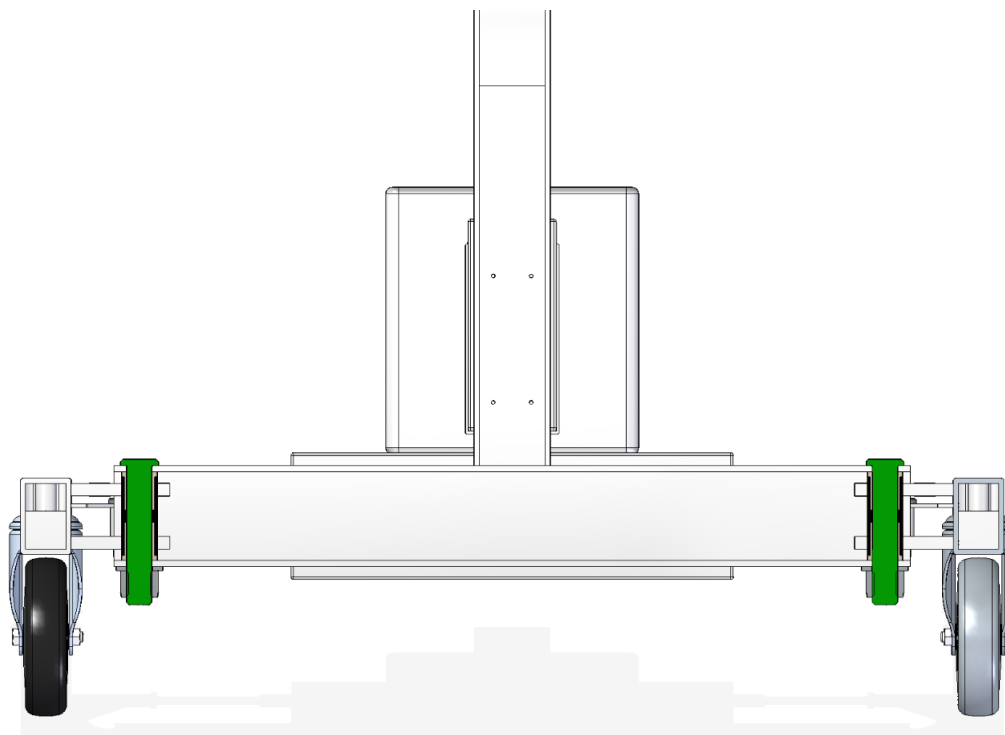


Obrázek 51 - pohled na hlavní nosné rameno

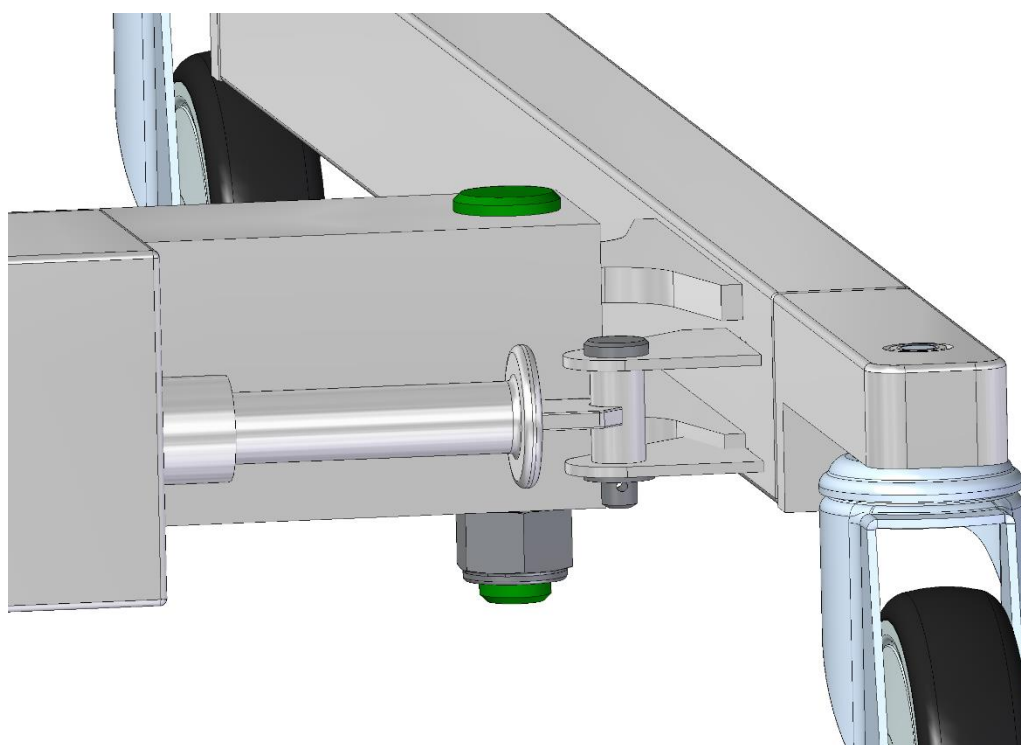
Obr. 51 zobrazuje provedení hlavního ramene MZZ. Samotné rameno je za pomoci čepu, rotačních pouzder a pojistného kroužku (viz. obr. 52) ukotveno do hlavního pouzdra, které je pevně přivařeno k vyjímateľné tyči. Toto řešení zaručuje možný rotační pohyb hlavního ramene v závislosti na pohybu pístu. Na podobném principu jsou řešeny rotační spoje mezi základnou MZZ a bočnicemi (viz obr. 53), které jsou doplněny dalším pouzdrem pevně svařeném ke spojovacím plechům, a také spoje mezi polohovacími písty bočnic a bočnicemi (viz. obr. 54).



Obrázek 52 - pohled v řezu na spoj mezi hlavním ramenem s pouzdem hlavního ramene a na spoj pístu s hlavním ramenem

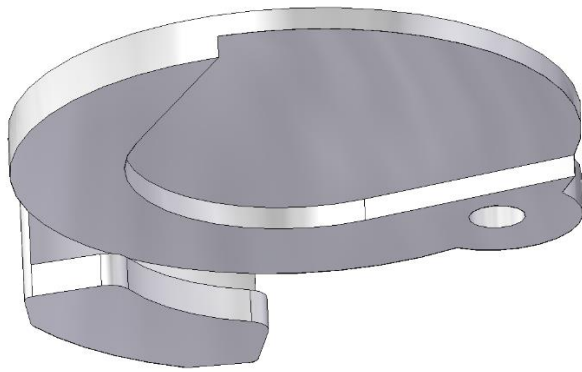


Obrázek 53 - pohled na spoje základny s bočnicemi v řezu



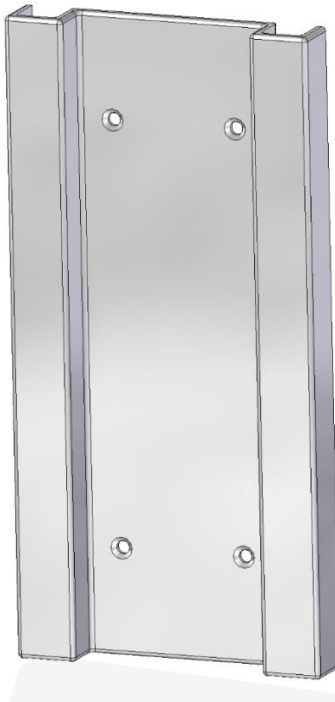
Obrázek 54 - pohled na spoj mezi polohovacím pístem bočnice a bočnicí

Na obr. č. 55 je vymodelován návrh ochranného pouzdra (viz. kapitola 5.4.2.)



Obrázek 55 - pojistná krytka pro uložení hlavního ramene do rámu

Obr. č. 56 zobrazuje návrh pouzdra pro ukotvení boxu s baterií a dalším doprovodným příslušenstvím.



Obrázek 56 - zjednodušené pouzdro pro uložení boxu s baterií a dalším příslušenstvím

Pro hlavní zdvih je doporučen táhlový motor 36“ QARL 3636. K natočení bočnic lze zvolit stejné táhlové motory, případně stačí táhlové motory s menší délkou zdvihu.

Oba pohony lze nahradit hydraulickým válcem s ohledem na zvýšení celkové hmotnosti a ceny navrhovaného zařízení.

Parametry táhlového motoru 36“ QARL 3636	Hodnoty parametrů
Délka zdvihu	914 mm
Rychlost zdvihu	5,2 mm/s
Vstupní napětí	36VDC
Průměr	65 mm

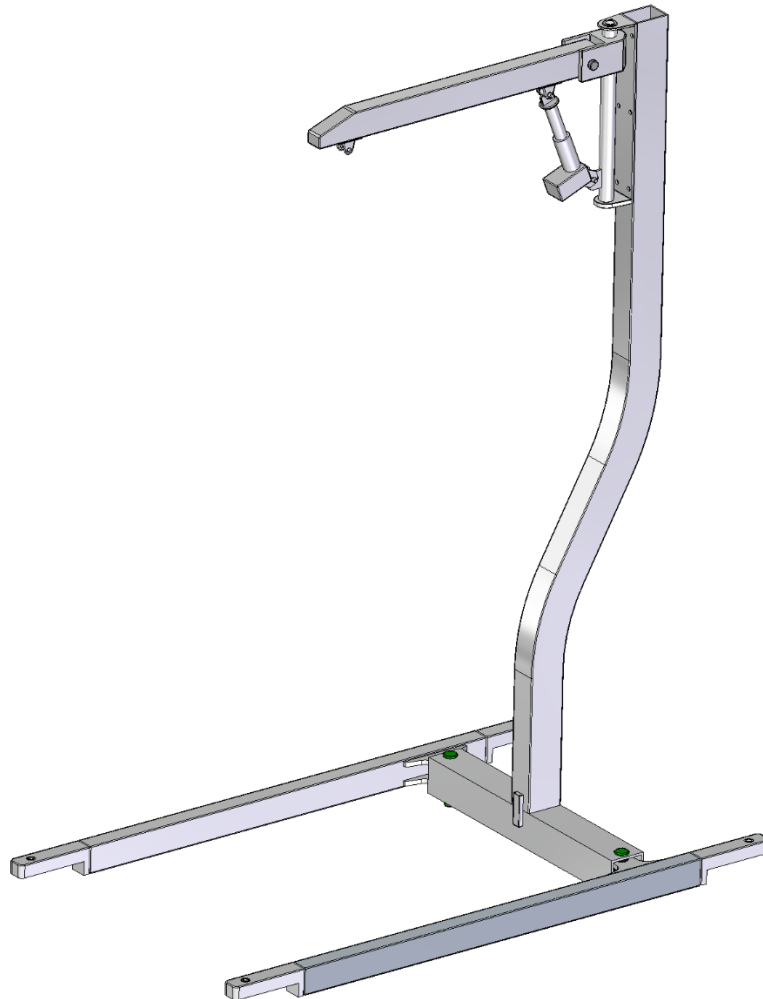
Tabulka 5 - hlavní parametry táhlového motoru pro hlavní zdvih

5.7. MKP analýza

Následující MKP analýza slouží pouze pro hrubý odhad průběhu napětí a deformace v hlavní konstrukci zvedacího zařízení. Analýza byla provedena v softwaru Solid Edge ST10, který využívá k MKP analýze prostředí FEMAP.

5.7.1. Vstupní parametry pro MKP analýzu

Pro rychlejší výpočet simulace pomocí MKP analýzy byl výchozí model zjednodušen. Byly odebrány prvky, které nemají na hlavní konstrukci klíčový vliv (tj. kola podvozku, systém pro natočení podvozku, box na baterii, závlačky a další, viz. obr. 57).

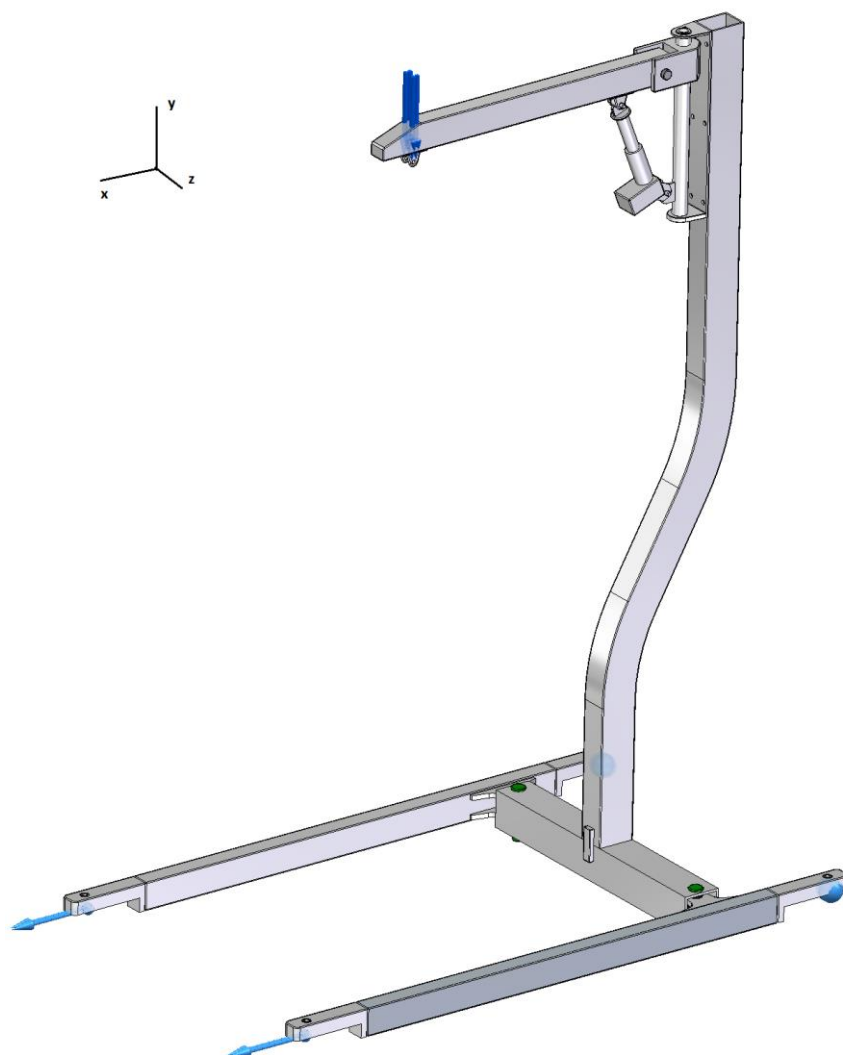


Obrázek 57 - pohled na zjednodušený model pro MKP analýzu

Jako výchozí materiál pro výpočetní model byla zvolena slitina hliníku EN AW 6060 s mezí kluzu $R_{p0,2} = 195 \text{ MPa}$. [14]

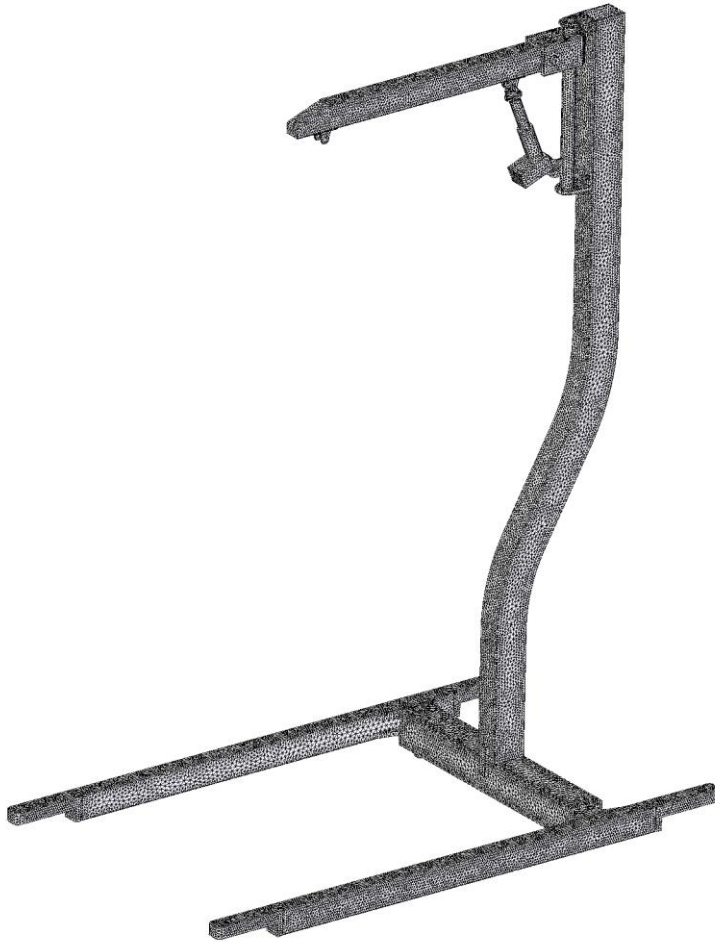
Zařízení bylo plně zafixováno v místech zadních kol a v případě kol předních bylo zafixováno v osách y a z.

Zátěžná síla je soustředěna v místě zachycení kotvy pro kurty, případně kotvy lehátka pro horizontální přemístění pacienta, a to o síle 1750 N [$\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] (\approx zatížení 175 kg , viz. obr 58).



Obrázek 58 - podmínky pro MKP analýzu

Síť byla zvolena o velikosti 5,33 mm (viz. obr. 59).

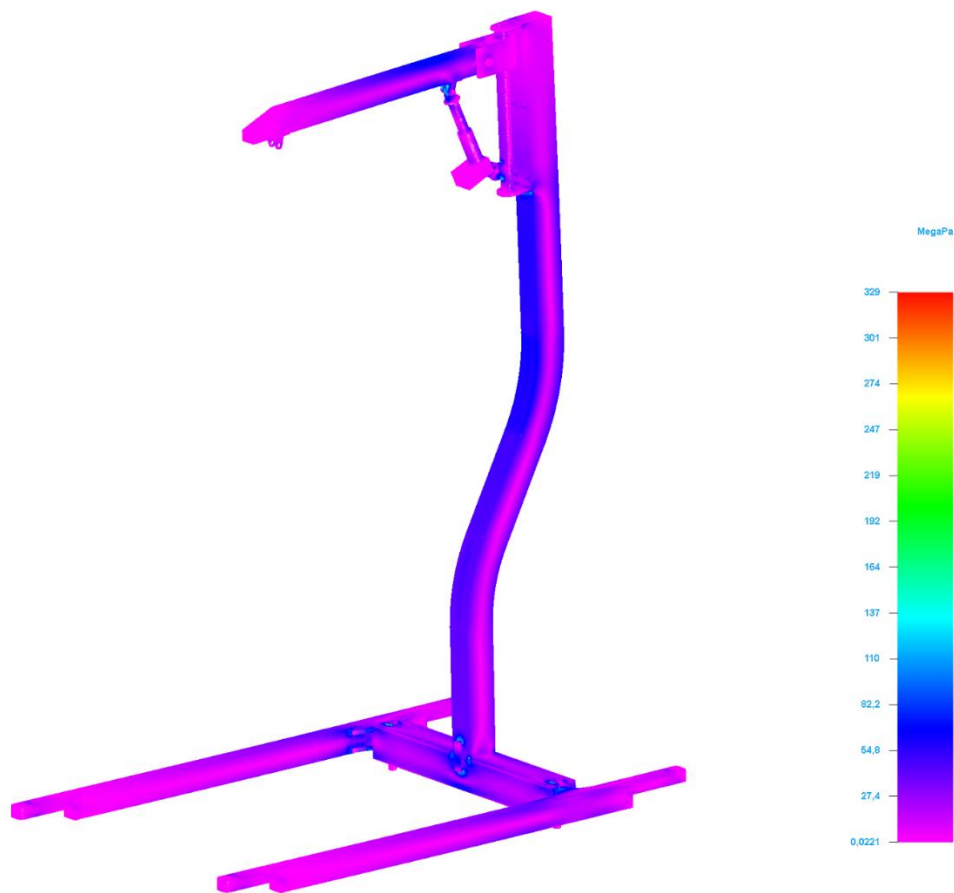


Obrázek 59 - síť MKP analýzy

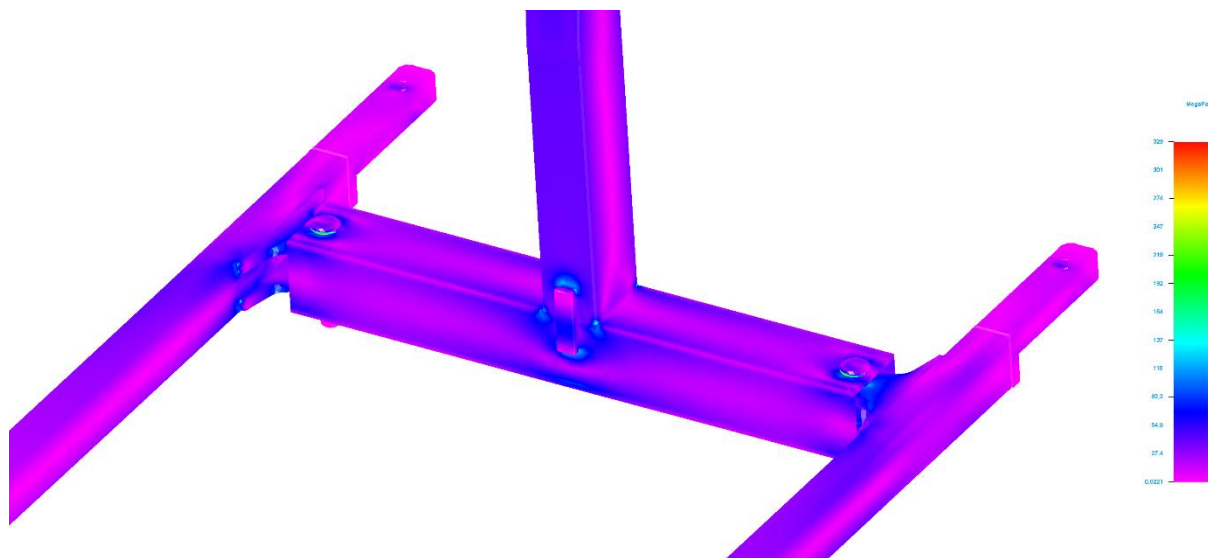
5.7.2. Výsledky MKP analýzy

Výsledné hodnoty MKP analýzy jsou pouze ilustrativní pro hrubý odhad průběhu napětí ve zjednodušeném modelu zvedacího zařízení. Předpokládá se, že další přesnější simulace na přesnějších a propracovanějších modelech bude provedena v případné budoucí inovaci koncepce.

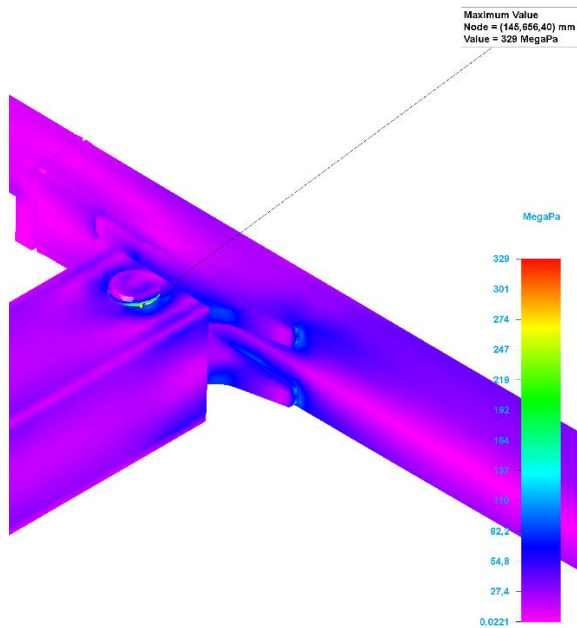
Napětí je vyobrazeno metodou redukovaného napětí Von Mises.



Obrázek 60 - průběh napětí (Von Mises)

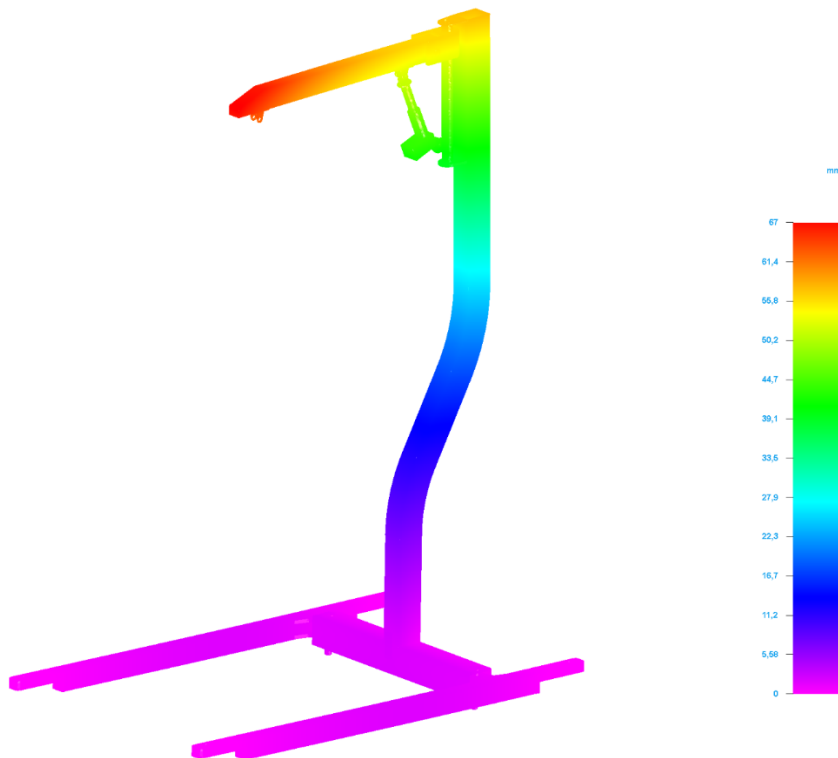


Obrázek 61 - průběh napětí (Von Mises) - bližší pohled na základnu

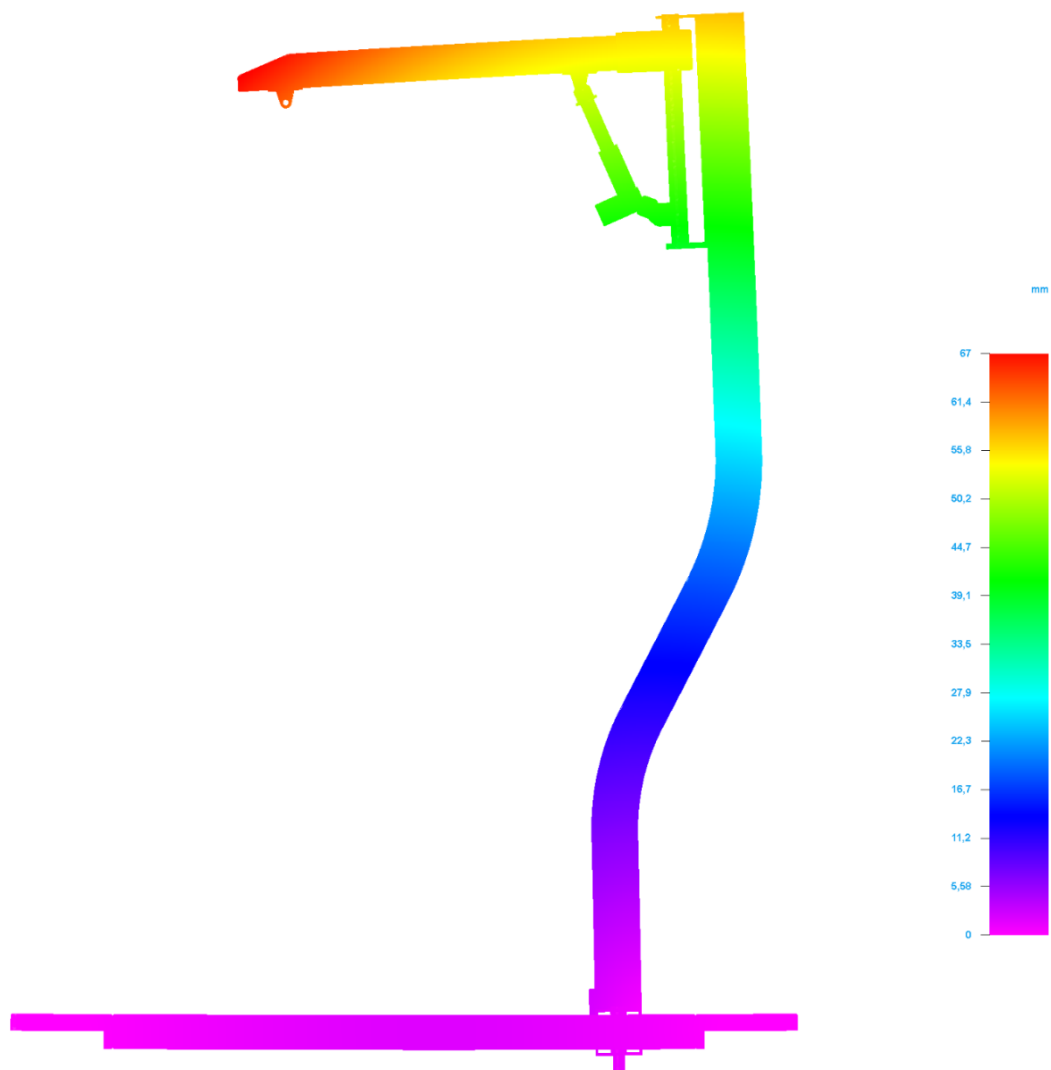


Obrázek 62 - maximální napětí (Von Mises)

Napětí v klíčových oblastech se pohybuje cca do 180 MPa, vyjma spojovacího čepu mezi základnou a bočnicí, kde se nachází maximální napětí 329 MPa. Toto napětí lze redukovat volbou jiného čepu. Výsledné hodnoty jsou teoretické, poněvadž při výpočtu nejsou uvažovány svarové spoje.



Obrázek 63 - průběh deformace



Obrázek 64 - průběh deformace boční pohled

Dle očekávání je v maximálním zatíženém stavu největší posunutí v místě ukotvení pacienta, a to o 67 mm.

5.8. Cenový odhad

Následující tabulka znázorňuje cenu použitého materiálu, polotovarů a spojovacího materiálu, případně dalších komponent a cenu za práci na zpracování a montáž (některé ceny hrubě odhadnuty autorem práce). Tabulka slouží pouze pro orientační odhad ceny, která je zaokrouhlena na celé Kč.

Název	Cena za kus / metr	Cena celkem
LKRA-PATH 126K-FI-FKGS12 (4x) – otočná kola s brzdou	931 Kč / ks (bez DPH)	3 724 Kč (bez DPH)
Motor táhlový 36“ QARL 3636 (3x) - zdvih 36“ (914 mm)	2 351 Kč / ks (bez DPH)	7 053 Kč (bez DPH)
Hliníkový jakl (EN AW 6060) 80x80x4	430 Kč / m (bez DPH)	430 Kč (bez DPH)
Hliníkový jakl (EN AW 6060) 80x60x4	372 Kč / m (bez DPH)	372 Kč (bez DPH)
Hliníkový jakl (EN AW 6060) 60x40x4	257 Kč / m (bez DPH)	514 Kč (bez DPH)
Plech hliníkový EN AW 2017A 2x1000x2000	2 383 Kč / ks (bez DPH)	2 383 Kč (bez DPH)
Plech hliníkový EN AW 5754 H22 3x1250x2500	3 018 Kč / ks (bez DPH)	3 018 Kč (bez DPH)
Plech hliníkový EN AW 5754 H22 4x1250x2500	4 006 Kč / ks (bez DPH)	4 006 Kč (bez DPH)
Hliníková trubka 28x2	61 Kč / m (bez DPH)	61 Kč (bez DPH)
Hliníková trubka 15x2	39 Kč / m (bez DPH)	39 Kč (bez DPH)
Hliníková trubka 16x2	33 Kč / m (bez DPH)	33 Kč (bez DPH)
Hliníková trubka 18x2	61 Kč / m (bez DPH)	61 Kč (bez DPH)
Čep 10x35 ISO 2341	68 Kč / ks (bez DPH)	136 Kč (bez DPH)

Čep 10x40 ISO 2341	128 Kč / ks (bez DPH)	256 Kč (bez DPH)
Čep 20x80 ISO 2341	468 Kč / ks (bez DPH)	468 Kč (bez DPH)
Čep 20x120 ISO 2341	339 Kč /ks (bez DPH)	339 Kč (bez DPH)
Spojovací materiál Šrouby, matice, podložky, závlačky	-	1 000 Kč (hrubý odhad)
Plastové doplňky	-	800 Kč (hrubý odhad)
Zpracování a montáž	-	40 000 Kč (hrubý odhad)
Celkový součet	-	72 013 Kč

Tabulka 6 - Hrubý cenový odhad na výrobní náklady zvoleného koncepčního návrhu [15] [16] [17] [18]

Výsledné hodnoty nemusí odpovídat reálným hodnotám použitého materiálu. V určení odhadu ceny za materiál jsou např. počítány celé tabule plechů, které nemusí být plně využity.

6. Vyhodnocení specifikace požadavků pro daný návrh

Následuje tabulka vyhodnocení splnění požadavků pro zvolený návrh rehabilitační pomůcky. Hodnocení je plně subjektivní dle autora práce.

I. Specifikace požadavků na reflektované vlastnosti TS – k provozní etapě životního cyklu				
Třída, podtřída vlastností, vlastnosti	Hodnoty požadavků vlastností	Váha	Hodnocení splnění	Váž. hodnocení
1. Požadavky k operátoru, operandu i procesu TS		(0-4)	(0-4)	(0-1)
Technický systém: zvedací zařízení pro pohybově omezené pacienty				
Požadované vlastnosti:				
- maximální nosnost	175 kg	4	3	0,75
- zdvih hlavního ramene (pro variantu pístového zdvihu)	500 mm			
- celková délka lana pro navíjení popruhového systému (pro variantu navíjecího zdvihu)	4000 mm			
- rotace popruhů kolem svislé osy	360°			
Pacient				
- maximální hmotnost	150 kg			
- maximální výška	2000 mm			
- maximální obvod pasu	2000 mm			
Ošetřování				
- umožnit provést hygienu pacienta/uživatele	v celé části těla			

2. Požadavky k provozuschopnosti TS				
Prostředí		3	-	-
- provozní prostředí	čisté			
- podlaha	PVC, keramika, dřevo, asfalt			
Životnost				
- životnost	10 let			
- frekvence používání	vysoká			
Údržba a náklady na provoz				
- údržba	minimální			
- provozní náklady	minimální			
II. Specifikace požadavků na reflektované vlastnosti TS – ke všem etapám životního cyklu				
3. Požadavky pro člověka				
Bezpečnost, ergonomie		4	3	0,75
- kulturnost ošetření pacienta	vysoká			
- bezpečnost proti převrácení	vysoká			
- ochrana proti nežádoucímu pohybu pacienta/uživatele	vysoká			
- nastavení polohy pacienta/uživatele	jednoduché			
- přístupnost k zařízení	jednoduchá/ze všech stran			
- přístupnost k pacientovi/uživateli	jednoduchá/ze všech stran			
- umístění ovládacích prvků	jednoduché/bezpečné			
- povrch ovládacích prvků	protiskluzové			
- bezpečnost proti nárazu ramene do pacienta/uživatele	vysoká			
- čistitelnost, omyvatelnost	vysoká			

Estetika, design		2	2	1
- tvarový design	příjemný			
- barevný design	příjemný			
- hlučnost	minimální			
- vůně	neutrální			
4. Požadavky k ostatním TS (dostupným i vyvolaným)				
Předvýrobní procesy a výroba		3	-	-
- využití externích firem	možné			
- využití dostupných technologií	preferované			
- montáž	dílenská			
- druh výroby	Kusová / malosériová			
- počet kusů	500			
Distribuce a logistika		2	-	-
- skladovací prostory	uspokojivé			
- manipulace při dopravě/instalaci	ručně			
- uskladnění dílů	v ochranné fólii			
- uskladnění celého zařízení	v dřevěných bednách a ochranné fólii			
Likvidace		2	2	1
- demontáž	jednoduchá			
- recyklovatelnost	jednoduchá / ekologická			
5. Požadavky k aktivnímu a reaktivnímu prostředí – k materiálům a energiím				
- ekologicky použité materiály a procesy	hlavně	2	2	1
- mat. a energetická spotřeba	nižší – střední			
- klimatické pásmo	mírné až subtropické			
- množství odpadu (viz. tab. 2)	minimální			

6. Požadavky k informačním systémům				
- patentová a licenční práva	dodržet			
- normy (bezpečnost, předpisy pro výrobu, provoz atd.)	dodržet			
- výrobní dokumentace	standardní		-	-
- návody k obsluze, údržbu a opravy	vyžadováno			
7. Požadavky k manažerským informacím – k nákladům na produkt				
- maximální náklady na výrobu	40 000		2	0,5
8. Další požadované vlastnosti				
- korozivzdornost	vysoká			
- odolnost povrchu proti opotřebení	vysoká			
- pevnost popruhů	vysoká			
- tuhost nosné konstrukce	střední		4	1
- ovládání	manuálně			
- spojovací prvky	normalizované			
- druh pohonu	Elektrický / hydraulický			

Tabulka 7 – vyhodnocení specifikace požadavků pro daný návrh

Určité skupiny požadavků nebyly hodnoceny pro nedostatek vstupních informací.

Hodnocení splnění požadavků je plně subjektivní dle autora práce.

Vzorce pro určení váženého hodnocení (dosazené hodnoty pro požadavky k operátoru, operandu i procesu TS):

$$\text{Maximální vážené hodnocení: } \frac{\text{Váha v TS}}{4} = \frac{4}{4} = 1$$

$$\text{Vážená hodnota: } \frac{\text{Maximální vážené hodnocení} \cdot \text{hodnocení splnění}}{4} = \frac{1 \cdot 3}{4} = 0,75$$

$$\text{Vážené hodnocení: } \frac{\text{Vážená hodnota}}{\text{Maximální vážené hodnocení}} = \frac{0,75}{1} = 0,75$$

Celkové hodnocení (aritmetickým průměrem): 0,86

Navržené zařízení svými vlastnostmi chvalitebně splňuje předepsané požadavky na TS. Avšak je potřeba zmínit, že požadavek na maximální náklady na výrobu nebyl dodržen.

Hrubě odhadnutá cena na výrobu MZZ s vyjímatelným ramenem je téměř dvojnásobná oproti maximálním požadovaným nákladům na výrobu.

Stojí však za zmínku, že hlavní zdvihovou konstrukci MZZ s vyjímatelným ramenem lze využít i jako nástěnné zvedací zařízení, a tudíž lze říci, že vybraná varianta nahrazuje rovnou dvě různá zařízení.

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce byl technický návrh zařízení, které splňuje základní požadavky pro bezpečnou přepravu a rehabilitační cvičení dolních končetin pacienta s ohledem na jeho lékařskou diagnózu a na nízké výrobní náklady, včetně vypracování specifikace požadavků pro navrhované zařízení.

Způsob vypracování této práce koresponduje s postupnými kroky a úvahami, které směřovaly k finálnímu návrhu řešení.

Ke správnému pochopení základních a bezpečnostních požadavků ze strany hlavního uživatele čili pacienta, s ohledem na jeho lékařskou diagnózu, byl sepsán výčet nejčastějších zdravotních omezení cílené skupiny pacientů.

Dále byla vypracována rešerše a funkční rozbor rehabilitačních a zvedacích pomůcek (zařízení), která napomáhají rehabilitacím, případně přesunu a manipulaci s pacienty s ohledem na různé lékařské diagnózy. Také byl vypracován soupis hlavních funkčních prvků, které by mohly napomoci při úvahách nad podobou navrhovaného řešení, s hrubým hodnocením vhodnosti technických zařízení pro cílovou skupinu uživatelů. Tyto kroky výrazně napomohly ke specifikaci konkrétních požadavků na navrhované zařízení a jeho postupným procesům využití, které jsou následovně zpracovány ve formě tabulky.

Druhým hlavním segmentem této práce je krátké představení různých konceptů. Jejich postupné vyhodnocování a navržení dalších dílčích prvků navrhovaného zařízení vedlo k výběru varianty mobilního zvedacího zařízení s vyjímatelným ramenem pro možné využití v prostorově omezených místnostech. Pro tuto variantu byl vytvořen zjednodušený 3D model, ze kterého vychází MKP analýza a hrubý cenový odhad výrobních nákladů.

Z konečného hodnocení tabulkou specifikace požadavků bylo zjištěno, že navržené mobilní zvedací zařízení s vyjímatelným ramenem dostatečně vyhovuje technickým i estetickým požadavkům, avšak předpoklad nízkonákladovosti nebyl uspokojivě splněn. Tuto skutečnost lze kompenzovat možnostmi využití již zmíněné multifunkčnosti.

Je nutno připomenout, že veškeré hodnocení, cenové odhady atp., které jsou obsaženy v této práci, jsou plně subjektivní dle autora práce. Také je nutno zdůraznit předpoklad, že výsledný návrh projde dalšími inovacemi, které by bylo vhodné dále rozebrat v navazující diplomové práci, případně se na inovacích podílet s dalšími odborníky.

8. Použitá literatura

- [1] srov. REKTOR, I. A kol.: *Centrální poruchy hybnosti v praxi*. Triton, Praha, 2003.
- [2] ALIBABA. *Dynamic parapodium* [online] [cit. 10.3.2019]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/Dynamic-Parapodium_11477749.html
- [3] CHARITA UHERSKÉ HRADIŠTĚ *Pomůcky k zapůjčení* [online] [cit. 10.3.2019]. Dostupné z: <https://www.uhradiste.charita.cz/nase-sluzby/pujcovna-kompenzacnich-pomucek/pomucky-k-zapujceni/#!galerie1/11/>
- [4] REPO ROUSÍNOV. *Chodítka dětské univerzální Ložník* [online] [cit. 10.3.2019]. Dostupné z: <https://www.repo-rousinov.cz/vyrobky/choditko/choditko-detske-univerzalni-loznik>
- [5] NEMOCNICE LITOMĚŘICE. *Rehabilitace* [online] [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <https://www.nemocnice-lt.cz/pacient/luzkova-oddeleni/rehabilitace/>
- [6] FYSIOMED CS. *Woodway curve* [online] [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <https://www.fysiomed.cz/woodway/sport-fitness-woodway/woodway-curve/>
- [7] srov. DARTIN. *Katalog zvedací zařízení CZ* [online] [cit. 15.3.2019]. Dostupné z: http://www.dartin.cz/files/files/soubory_download/nemocnicni_luzka_zvedaky/zvedaci_systemy_pro_pacienty/Zvedaci%20zarizeni_katalog_CZ.pdf
- [8] ALTECH. *Produkty – stropní zvedací zařízení* [online] [cit. 25.3.2019]. Dostupné z: <https://www.altech.cz/produkty/stropni-zvedaci-systemy/ghz/>
- [9] srov. ŘÍHOVÉ REHABILITAČNÍ POMŮCKY S.R.O. *Nástěnný el. zvedák* [online] [cit. 25.3.2019]. Dostupné z: <http://www.rihove.cz/vyrobky/41.html>
- [10] srov. DOLPHIN MOBILITY. *Handi-Move Bathing Hoist* [online] [cit. 15. 4.2019]. Dostupné z: <https://dolphinlifts.co.uk/product/handi-move-bathing-hoist/>
- [11] TOMÁŠ VLK. *Stropní zvedáky* [online] [cit. 30. 3.2019]. Dostupné z: <http://www.tomas-vlk.cz/stropni-zvedaky>
- [12] srov. HORIZON-NARE S.R.O. *Úložna fotografií a souborů společnosti horizon-nare s.r.o. manuály* [online] [cit. 17.2.2019]. Dostupné z: http://www.schodolez.info/HANDI-MOVE_MANUALS.htm
- [13] srov. MARTIN POLCAR: *Navrhování a hodnocení technického produktu z hlediska vlastností. Semestrální práce z předmětu KKS/DFX*. Západočeská Univerzita v Plzni, 2016

- [14] srov. STROJMETAL ALUMINIUM FORGING. *Tabulka slitin* [online] [cit. 30.4.2019].
Dostupné z: <https://www.strojmetal.cz/tabulka-slitin>
- [15] srov. EHLINIK.CZ. *Hliníkové profily, hliníkové plechy – e-shop* [online] [cit. 10.5.2019].
Dostupné z: <https://www.ehlinik.cz/>
- [16] KUTIL.CZ. *Trubka hliník* [online] [cit. 10.5.2019]. Dostupné z:
<https://www.kutil.cz/zelezarstvi/hutni-material/hlinikovy/trubka-hlinik/>
- [17] FABORY. *Čepy s hlavou* [online] [cit. 10.5.2019]. Dostupné z:
<https://www.fabory.com/cs/Spojovac%C3%AD-materi%C3%A1/Kol%C3%ADky-a-z%C3%A1vla%C4%8Dky/%C4%8Cepy-s-hlavou/c/010401>
- [18] MEKRS. *Klíny, čepy, pera* [online] [cit. 10.5.2019]. Dostupné z:
http://eshop.mekrs.cz/kliny-cepy-pera?assist=1&id=14&isAjax=1&ass_fulltext=&ass_sku_man=&ass_fvalues%5B1%5D%5B%5D=0&ass_fvalues%5B2%5D%5B%5D=124&ass_fvalues%5B3%5D%5B%5D=0&ass_fvalues%5B4%5D%5B%5D=0&ass_fvalues%5B6%5D%5B%5D=21&ass_fvalues%5B7%5D%5B%5D=96&ass_fvalues%5B5%5D%5B%5D=0&ass_fvalues%5B16%5D%5B%5D=0
- [19] LEINVEBER JAN, VÁVRA PAVEL. *Strojnické tabulky čtvrté doplněné vydání*. Albra, Praha, 2008