

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: 2302T040

Studijní zaměření: Konstrukce zdravotnické techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukční návrh multifunkčního polohovacího lůžka pro pacienty

Autor: **Bc. Ondřej Pilný**

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

Akademický rok 2016/2017

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 vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Pilný	Jméno Ondřej	
STUDIJNÍ OBOR	2302T040 - Konstrukce zdravotnické techniky		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVISŤE	ZČU – FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh multifunkčního polohovacího lůžka pro pacienty.		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	77	TEXTOVÁ ČÁST	62	GRAFICKÁ ČÁST	4
STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)		Hlavním cílem této diplomové práce je zhotovení návrhu multifunkčního polohovacího zařízení pro pacienty. Jsou zde uvedeny varianty uspořádání, výběr materiálů, které je možné použít, výpočty a dimenzování.			
ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY					
KLÍČOVÁ SLOVA	Polohování, Manipulace, pacient, polohovací zařízení, materiál, návrh, MKP				

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Pilný	Name Ondřej	
FIELD OF STUDY	2302T040 Design of medical equipment		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU – FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Engineering design of multi-function adjustable bed for patiens.		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	77	TEXT PART	62	GRAPHICAL PART	4
BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS		<p>The aim of this diploma thesis is to make Engineering design of multi-function adjustable bed for patients. Options of arrangement, the choice of materials which can be used, calculations and dimensioning can be found there.</p>			
KEY WORDS		<p>Manipulation, patient, positioning device, material, suggestion, MKP</p>			

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval Doc. Ing. Formánkovi, Ph.D. za velice vstřícný přístup při vedení práce. Dále bych rád poděkoval personálu FN Lohotín za umožnění přístupu na jejich pracoviště a za odborné konzultace.

OBSAH

OBSAH	0
SEZNAM OBRÁZKŮ	3
1 ÚVOD	11
1.1 Úvod do problematiky péče o pacienta	11
1.1.1 Obecná charakteristika pacienta	11
1.1.2 Poruchy vědomí	11
1.1.2.1 Onemocnění a úrazy vedoucí k poruchám vědomí	12
1.1.2.2 Dělení kóma	12
1.1.3 Péče o pacienta v kómatu	13
1.1.4 Polohování	13
1.1.5 Rehabilitace	15
1.1.6 Pracoviště, na kterých se pacienti v bezvědomí ošetřují	15
1.2 Začátky řešení problematiky polohování	15
1.2.1 První polohovací zařízení	15
2 POŽADAVKY NA NEMOCNIČNÍ LŮŽKA	17
2.1 Všeobecné požadavky na lůžka	17
2.1.1 Zajištění bezpečí pacienta	17
2.1.2 Umožnění léčby	17
2.1.3 Usnadnění obsluhy pacienta	17
2.1.4 Všeobecné technické požadavky	17
2.1.5 Magnetická rezonance	18
2.2 Přehled lůžek a manipulačních zařízení	19
2.2.1 Strykerův rám - otočení do boku	19
2.2.2 Strykerův rám - otočení přes nohy	19
2.2.3 Postel pro jednotku intenzivní péče (JIP)	20
2.2.4 Pomocný rám pro polohování	21
3 STRUKTURA MANIPULAČNÍHO ZAŘÍZENÍ	22
3.1 Funkce lůžka	22
3.2 Rozměry	22
3.3 Skici	22
4 TOPOLOGIE	24
4.1 Základní rám	24

4.2	Rámy pod matracemi.....	24
4.2.1	Rám hrudní s otvorem pro plicní ventilaci.....	25
4.2.2	Rám zádový bez otvoru.....	25
4.2.3	Uchycení pacienta.....	25
4.2.3.1	Mechanické chlopně.....	25
4.2.3.2	Vakuová zábrana.....	26
4.2.4	Zámek spoje rámu s mechanismem.....	26
4.3	Převodový mechanismus lůžka.....	27
4.4	Manipulační mechanismus.....	27
4.4.1	Příčnický zdvihu.....	28
4.4.2	Hnací hřídel.....	28
4.4.3	Spojka řazení.....	29
4.4.4	Ozubený převod kolo - hřeben.....	29
4.4.5	Aretace.....	30
4.4.6	Spojovací součásti.....	30
4.4.7	Tyč řazení.....	31
4.4.8	Ovládací kolo.....	31
4.5	Nepohyblivá část (dok).....	32
4.5.1	Spojka točivého momentu.....	32
4.5.2	Šnekový převod.....	32
4.5.3	Rozepínací spojka řazení.....	33
4.5.4	Elektromotor.....	34
4.6	Ložiska.....	35
4.7	Proces manipulace s pacientem.....	35
5	NÁVRHY A DIMENZOVÁNÍ.....	36
5.1	Určení celkových rozměrů.....	36
5.2	Hrudní a zádový rám.....	36
5.2.1	Výpočet reakcí.....	37
5.2.2	Výběr vhodného materiálu a dimenzování.....	37
5.2.2.1	Tkanina ze skelné příze.....	39
5.2.2.2	Jednosměrná rovingotová tkanina.....	40
5.2.2.3	Pultruze (sklo).....	41
5.3	Nosný rám.....	42
5.4	Výpočet napětí a deformací metodou konečných prvků (MKP).....	43
5.5	Vedení zdvihu.....	46

5.6	Ozubený převod kolo – hřeben	47
5.6.1	Kolo	47
5.6.2	Hřeben	48
5.6.3	Výpočet šířky ozubení	48
5.7	Spojka řazení	49
5.7.1	Výpočet šířky ozubení	50
5.8	Hřídél mechanismu	52
5.9	Spojovací kolík	53
5.10	Návrh ovládacího kola	55
5.11	Aretace	56
5.11.1	Dimenzování	57
5.11.2	Kontrola na tlak	58
5.12	Šnekový převod	59
5.12.1	Návrh šnekového kola	59
5.12.2	Návrh šneku	60
5.12.3	Moment na šneku	60
6	TECHNICKO - EKONOMICKÁ ÚVAHA	62
6.1	Nosný rám	62
6.2	Konzole včetně manipulačního zařízení	63
7	ZÁVĚR	64
8	ZDROJE	66
8.1	KNÍŽNÍ PUBLIKACE	66
8.2	PUBLIKACE NA INTERNETU	67
9	PŘÍLOHY	70
	Seznamy použitých odborných pojmů:	70
9.1	Zdravotnické pojmy:	70
9.2	Technické pojmy:	70
9.3	Zavedené pojmy popisující zařízení:	71
9.4	Seznam použitých symbolů	71
	Pomocné výpočty	72
9.5	Výpočet ohybového momentu a posouvajících sil	72
9.6	Odvození kvadratického momentu průřezu pro nosník na dvou podporách:	73
	Tabulky	74

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1:-hodnocení stupně bezvědomí dle GSC	12
Obrázek 2: sádrový krunýř	15
Obrázek 3: polohovací zařízení	16
Obrázek 4: Strykerův rám	16
Obrázek 5:- působení MR na postel	18
Obrázek 6:- Strykerův rám (přetočení přes bok)	19
Obrázek 7: Strykerův rám (přetočení přes nohy).....	20
Obrázek 8:- lůžko pro JIP	21
Obrázek 9:- pomocný polohovací rám	21
Obrázek 10: náčrt_1 polohovací zařízení	22
Obrázek 11: náčrt_2 polohovací zařízení	23
Obrázek 12: popis polohovacího zařízení.....	24
Obrázek 13:- rám hrudní s otvorem pro plicní ventilaci	25
Obrázek 14:- rám zádový bez otvoru.....	25
Obrázek 15:- vakuová matrace	26
Obrázek 16: zámek spoje rámu s mechanismem	26
Obrázek 17: skica mechanismu v řezu	27
Obrázek 18:- manipulační mechanismus	28
Obrázek 19:- hnací hřídel	28
Obrázek 20:- spojka řazení	29
Obrázek 21:- ozubený převod kolo - hřeben.....	30
Obrázek 22:- šrouby z materiálu PA 66	30
Obrázek 23:- tyč řazení	31
Obrázek 24:- ovládací kolo	31
Obrázek 25:- spojka točivého momentu	32
Obrázek 26:- šnekový převod.....	33
Obrázek 27:- rozepínací spojka řazení	33
Obrázek 28:- popis funkce spojky	34
Obrázek 29:- výkres lůžkového výtahu	36
Obrázek 30:- výpočtový model	37
Obrázek 31:- tkanina ze skelné příze	39
Obrázek 32:- jednosměrná rovingotová tkanina	40
Obrázek 33:- pultruze (sklo)	41
Obrázek 34:- zjednodušený model 3D model.....	42
Obrázek 35:- síťový model (obě desky)	43
Obrázek 36:- deformace lůžka (MAX=11.3mm).....	43
Obrázek 37:- rozložení napětí	44
Obrázek 38:- síťový model (jedna deska).....	44
Obrázek 39:- deformace lůžka (MAX=11.8mm).....	45
Obrázek 40:- rozložení napětí	45
Obrázek 41:- vedení zdvihu.....	46
Obrázek 42:- převod kolo – hřeben (kolo).....	47
Obrázek 43:- převod kolo – hřeben (hřeben).....	48
Obrázek 44:- spojka řazení	49
Obrázek 45:- hřídel mechanismu.....	52

Obrázek 46:- spojovací kolík.....	53
Obrázek 47:- rozložení sil	55
Obrázek 48:- aretace.....	56
Obrázek 49:- rozložení sil	59
Obrázek 50:- silové poměry na šnekovémn soukolí	61
Obrázek 51:- elektromotor na 24v s převodem.....	61
Obrázek 52: sestava zařízení	62
Obrázek 53: plast MURILON A (Murtfeldt)	74
Obrázek 54: Plast ORIGINÁLNÍ MATERIÁL "S" (Murtfeldt)	75
Obrázek 55: plast MURILON A GF (Murtfeldt)	76
Obrázek 56: vlastnosti standardních laminátů z nenasyčených polyesterových pryskyřic	77

1 ÚVOD

Lidské zdraví je velice křehké a jediný okamžik jej může výrazně poškodit. Pokud máme v takto obtížné situaci štěstí, tak se o nás postará nemocniční personál.

Práce v nemocnici může být v některých případech často i velice fyzicky namáhavá a může vést i k chronickým bolestem zad a jiným obtížím. Proto se snažíme práci personálu různými způsoby ulehčit.

Jednou z oblastí, kde se cení ulehčení fyzické práce, je polohování pacientů se ztrátou vědomí. Zde pacient nemůže spolupracovat, a tak je veškerá manipulace na personálu. Polohování je jednou z velice důležitých oblastí v péči o pacienta. Je staré jako péče o pacienta sama. Pokud pacient leží v jedné poloze nehybný několik hodin, tak můžou vznikat proleženiny. Jedním z úkolů personálu, kromě podávání léků a jiných odborných činností, je právě polohování.

Tak, jako jsou všichni lidé jedineční, i pacienti se ztrátou vědomí mohou mít různé rozměry a váhu. U těch, kteří mají větší rozměry a hmotnost, je jejich polohování náročnější. Proto se budeme snažit v této diplomové práci nabídnout řešení, jak manipulaci s takovými pacienty usnadnit.

Pokusíme se propojit dva zcela rozdílné světy. Svět medicíny a techniky. U obou oborů se vyskytuje celá řada odborných názvů a termínů, kterým bude rozumět jen odborník z jedné nebo druhé strany. Proto u většiny ne zcela běžných výrazů bude při prvním výskytu pod čarou uvedeno vysvětlení a v přílohách seznam uvedených termínů.

1.1 Úvod do problematiky péče o pacienta

1.1.1 Obecná charakteristika pacienta

Polohovací zařízení je určeno pro pacienty s těžkými poruchami hybnosti nebo s poruchami vědomí. Dále zde budeme charakterizovat pacienty se ztrátou vědomí, protože péče o ně je náročnější.

1.1.2 Poruchy vědomí

Poruchy vědomí mohou mít různou hloubku v nejtěžším případě až bezvědomí. Tento stav se lékařsky nazývá kóma. Je ze všech stavů nejzávažnější. Nemocný nereaguje na oslovení, může reagovat na bolestivé stimuly. Oči jsou zavřené. Chybí kortikální aktivita¹. U některých případů vidíme dekortikační či decerebrační² rigiditu³. Příznaky ze strany autonomního systému⁴ se mění podle hloubky kómatu, jsou přítomny změny vegetativních⁵ činností, nebo nejsou patrné žádné reakce.

¹ Kortikální aktivita - aktivita kůry mozkové [37]

² Decerebrační rigidita - různě rozsáhlý výpadek funkce nadřazených struktur mozku na funkce organismu [37]

³ Rigidita - ztuhlost [37]

⁴ Autonomní - určitý stupeň nezávislosti v rámci nadřazeného celku [37]

⁵ Vegetativní - udržující růst a život bez závislosti na vůli [37]

1.1.2.1 Onemocnění a úrazy vedoucí k poruchám vědomí

Velkou skupinu pacientů v bezvědomí tvoří pacienti po úrazech, u kterých došlo k poškození center zajišťujících základní životní funkce.

Velkou mírou se na těchto stavech, které vedou k poruše vědomí, podílí úrazy zapříčiněné abusem⁶ návykových látek, následkem jejichž vlivu je významně snížena schopnost rovnováhy, reakcí a úsudku.

Mnohé medicínské stavy a nemoci rovněž vedou k poruše vědomí. např. rozvrat vnitřního prostředí, septický šok, meningitida, psychózy, dekompenzace diabetu, dehydratace.

1.1.2.2 Dělení kóma

Kóma je po somnolenci⁷ a soporu⁸ nejvyšší stupeň poruchy vědomí. Rozeznáváme několik stupňů kómat: lehké, střední, těžké. Během kómatu vyhasínají základní reflexy, např. zornice přestávají reagovat na osvit. Pro orientaci stavu pacienta a hloubky bezvědomí byly vymyšleny více či méně přesné stupnice. V dnešní době je nejpoužívanější Glasgow coma scale

„Glasgow Coma Scale (GSC) je mezinárodně nejrozšířenější škála k posouzení stavu vědomí. Obsahuje tři hodnocené kategorie. Vyvinuli ji Jenett a Teadsale v roce 1974. Její provedení trvá 1-2 minuty. Hodnocení je v rozsahu 3-15 bodů, 3 body je nejhorší, 15 bodů nejlepší výsledek.“ [15]

Glasgowská škála poruch vědomí	
Otevírání očí	
neotvírá	1
na bolestivý podnět	2
na výzvu	3
spontánně	4
Slovní odpověď	
žádná	1
nesrozumitelná	2
nepřiměřená	3
zmatená	4
orientovaná	5
Motorická reakce	
bez reakce	1
extenze na bolestivý podnět	2
flexe na bolestivý podnět	3
necílené uhýbá	4
cílená obrana	5
uposlechne výzvu	6

Výsledek v podobě »GCS 11« není dostatečně vypovídající a je důležité výsledné číslo upřesnit podle jednotlivých kategorií, jako např. E3V3M5 = GCS 11. Výsledek 13 bodů nebo více označuje mírné mozkové postižení, 9–12 je středně těžké postižení a 8 bodů a méně je těžké mozkové postižení.

Obrázek 1:-hodnocení stupně bezvědomí dle GSC [15]

⁶ Abusus - nadměrné užívání (alkoholu, drog) [37]

⁷ Somnolence - lehčí porucha vědomí se sníženou bdělostí. Spavost, z níž lze člověka snadno probudit oslovením, dotykem. [37]

⁸ Sopor - těžší porucha vědomí s hlubokým spánkem, z něhož lze pacienta probudit jen silným např. bolestivým podnětem [37]

Tato stupnice posuzuje stav pacienta na základě reakce podnětů z okolí. Hodnotí se otevření očí, vědomí, komunikace, kontakt, bdělost a motorická reakce na slovní výzvu, případně na bolestivý podnět. V každé úrovni kómatu pacient reaguje odlišně a podle toho se dále klasifikuje.

Pacienti mohou být v přirozeném kómatu, nebo je u nich kóma vyvoláváno uměle. Tento umělý stav bezvědomí se vyvolává cíleně před operací, nebo za účelem terapeutickým a diagnostickým.

1.1.3 Péče o pacienta v kómatu

U řady pacientů v kómatu můžeme pozorovat velký rozsah tenze⁹ svalů. Od zcela uvolněných svalů až po spastické¹⁰ stavy.

V případě zcela uvolněných svalů je velmi důležité polohování, protože ve stavu ve kterém se pacient nachází, zůstane bez pomoci tak dlouho, dokud jeho polohu personál nezmění. To s sebou nese veliké nebezpečí proleženin.

Proleženina (dekubitus) vzniká v místech dlouhodobého tlaku na tkáň nepohyblivého pacienta. Tlak způsobuje poruchu mikrocirkulace krve a nedostatečné okysličování této tkáně, tím dochází k jejímu poškození a odumírání. Proto je časté polohování pacienta zcela nezbytné.

Polohování pacienta na lůžku závisí na jeho celkovém stavu.

Polohování pacientů se spastickými stavy je obtížné, jelikož mají tendenci se navracet do původní polohy. Nejčastěji se pacient vrací do fetální¹¹ polohy. To vede ke zkracování šlach a následné obtížné a dlouhé rehabilitaci.

1.1.4 Polohování

„Pravidelné intenzivní polohování je prováděno u pacientů, kteří mají z nějakého důvodu omezení či ztrátu hybnosti a poruchu citlivosti určitých částí těla. Senzorický deficit, který často doprovází motorickou ztrátu, může být ještě zhoršován, jestliže pacient leží na lůžku bez změny polohy po několik hodin. Pouhá změna polohy dává vzniknout různorodým stimulům, které mohou pomoci návratu senzorických funkcí, a tím i funkcí motorických. Správné polohování má zásadní vliv na pozdější funkční restituci pacienta. Polohují se segmenty

⁹ Tenze - napětí[37]

¹⁰ Spastický - provázený křečemi, křečovitý[37]

¹¹ Fetální poloha – plodová poloha [37]

s úplnou ztrátou aktivního pohybu, popř. segmenty, ve kterých je hybnost omezena částečně a je tendence k setrvání v jedné poloze“ [10]

„Polohování pomáhá odlehčení kůže a zlepšuje prokrvení jednotlivých částí těla, tedy působí v prevenci či léčbě dekubitů¹². Dále brání vzniku svalových atrofií¹³ kontraktur¹⁴ a deformací kloubů, eliminuje bolest a zlepšuje psychický stav. Polohování není záležitostí fyzioterapeutů, ale na správném polohování se musí podílet veškerý personál, který je pověřen péčí o pacienta“. [10]

„Poloha všech segmentů musí být pohodlná, nebolestivá a musí umožnit případný reziduální¹⁵ pohyb. Při polohování je třeba přesně dodržovat stanovené postupy. Poloha pacienta musí být přizpůsobována a upravována každé 2-3 hodiny, a to i v noci. Při polohování se kontrolují ohrožená místa, tj. oblasti s malou vrstvou svalů a podkoží. Tedy ty, u kterých prominuje pod kůží kostěná struktura (okciput, spina papule, velké trochantery, kotníky, lokty). Pacient musí ležet v suchu. Kontroluje se správná poloha permanentního močového katétru¹⁶ či epicystomie¹⁷ a přívod infuzí. K manipulaci s pacientem se používají „polohovadla“, která usnadní personálu práci. Při přesunech na sprchovací lůžko či rehabilitační stůl je vhodné použít tzv. roll-board (skluzné prkno). Ani nejmodernější antidekubitní matrace nedokáže zabránit rozvoji dekubitů, pokud se pacient pravidelně nepohybuje.“ [10]

Z výše uvedeného plyne, že péče o pacienta upoutaného na lůžko je velice náročná. Také je zde uvedeno, že se používá řada pomůcek usnadňujících manipulaci.

„Hlavní cíle správného polohování jsou:

- Regulace svalového tonu¹⁸;
- Prevence kontraktur;
- Prevence pneumonie¹⁹;
- Prevence dekubitů;
- Zlepšení oběhových funkcí;
- Omezení nebezpečí poškození periferních nervů;
- Zlepšení vigility²⁰ a pozornosti;
- Prevence vzniku kloubních deformit;
- Snížení intrakraniálního²¹ tlaku.“ [10]

¹² Dekubitus - proleženina; ohraničené odumření tkáně jako následek dlouhotrvajícího tlaku způsobujícího poruchu prokrvení [37]

¹³ Atrofie - zakrnělý, zmenšený [37]

¹⁴ Kontraktura - chorobné stažení svalů [37]

¹⁵ Reziduální - zbytkový, doznívající [37]

¹⁶ Katetr - cévka [37]

¹⁷ Epicystomie - vývod z močového měchýře [37]

¹⁸ Tonus - napětí svalů nebo stěny cévy [37]

¹⁹ Pneumonie - zápal zánět plic, při němž je postižen větší úsek plic [37]

²⁰ Vigilita - bdělost, stav opačný spánku, jedna ze stránek vědomí [37]

1.1.5 Rehabilitace

Rehabilitace pacienta po probuzení z kómatu je velice obtížná. Pacientům, kteří jsou během kómatu spastičtí, se zkracují všechny šlachy a jejich navrácení do stavu před kómatem je problematické. Jako příklad můžeme uvést Achillovu šlachu, jejíž zkrácení je největší.

1.1.6 Pracoviště, na kterých se pacienti v bezvědomí ošetřují

S pacienty, kteří trpí různou hloubkou poruchy vědomí, se nejčastěji setkáváme na odděleních intenzivní péče. Zejména pak na anesteziologicko-resuscitačním oddělení (ARO), jednotkách intenzivní péče (JIP) různých odborností, např. neurologie, neurochirurgie, kardiologie, metabolická interna a v popáleninovém centru.

Na těchto pracovištích je zvýšená nutnost desinfekce, vzhledem k nebezpečí nákaz. Je zde častá nutnost převozu pacienta k vyšetření na specializovaných pracovištích.

1.2 Začátky řešení problematiky polohování

1.2.1 První polohovací zařízení

Nejstarším způsobem, jak manipulovat s pacientem, je pomocí lidských rukou a naučených úchopů, které nám práci usnadňují. V některých případech to může být fyzicky náročné.



Obrázek 2: sádrový krunýř [25]

O profesi středního zdravotnického personálu mají zájem především ženy a poměr hmotnost pacienta a síla obsluhujícího personálu může být značně nevyvážená. Bezvládné tělo pacienta v bezvědomí je mnohem hůře ovladatelné a manipulace s ním je obtížná.

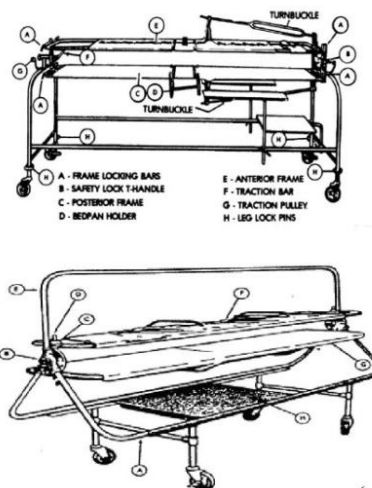
Z tohoto důvodu se začala vyvíjet nemocniční manipulační technika.

²¹ Intrakranální- nitrolební [37]



Obrázek 3: polohovací zařízení [26]

První varianty polohovacích zařízení vznikaly jako provizorní řešení u pacientů s komplikovanými zlomeninami pánve, obratlů a páteře. Pacienti zde byli v sádrovém krunýři, který zajišťoval fixaci srůstajících kostí. Kvůli vysokému riziku vzniku proleženin bylo nutné pacienty často polohovat. Hmotnost pacienta narostla o hmotnost sádry a manipulace tak byla velice namáhavá.



Obrázek 4: Strykerův rám [22]

S prvními propracovanějšími variantami na polohování pacientů přišel Dr. Homer Stryker. Jeho jménem se nazývá celá řada těchto zařízení tzv. Strykerův rám (Stryker frame). Tyto rámy byly využívány zejména ve vojenské medicíně. Jejich rozměry byly přizpůsobeny rozměrům vnitřních prostor vojenské techniky. Zmíněný typ se později rozšířil i do civilních nemocnic. Kvůli nezměněné konstrukci uvedených zařízení byla lůžka příliš úzká a pro dlouhodobý pobyt pacienta nevhodná.

Některé varianty těchto lůžek se používají i v současnosti. V současné době se využívají lůžka opatřená elektromotory, které usnadňují manipulaci.

2 POŽADAVKY NA NEMOCNIČNÍ LŮŽKA

2.1 Všeobecné požadavky na lůžka

Požadavky na lůžka pro pacienty v kómatu jsou odlišné od požadavků na lůžka pro pacienty při vědomí.

Manipulační lůžka by měla zajišťovat kvalitní pobyt pacienta na oddělení a zároveň zajistit i manipulaci při odborných vyšetřeních. Je také zapotřebí zohlednit i požadavky nemocničního personálu. Tyto požadavky můžeme rozdělit do několika skupin.

2.1.1 Zajištění bezpečí pacienta

Lůžko by mělo být dostatečně pohodlné, ale při nepředvídaných pohybech pacienta by nemělo ohrozit jeho stabilitu a bezpečnost pohybu.

2.1.2 Umožnění léčby

Ošetřující personál by měl mít dobrý přístup k pacientovi a obsluze přístrojů potřebných k jeho ošetření.

2.1.3 Usnadnění obsluhy pacienta

Lidé ležící v kómatu mají některé specifické problémy vycházející z jejich nehybného stavu. Proto se při konstrukci lůžka musí přihlížet i k těmto ne zcela běžným situacím. Jako příklad lze uvést požadavek rehabilitačních pracovníků na polohování rukou do písmene "T" nebo Y, s rukama založenýma za hlavou. U běžných lůžek to je problém, protože jsou stavěna pro člověka s rukama podél těla. Tento požadavek je uváděn z důvodu, že v poloze rukou podél těla se žádným způsobem nehýbá ramenní kloub, který následně degeneruje. Dále je tento požadavek důležitý z důvodů větrání podpaží, zvláště u obézních lidí.

Dále by lůžko mělo umožnit přichycení bezvládných rukou k rámu tak, aby se volně nepohybovaly nežádoucím směrem během přetáčení pacienta ze zad na břicho.

Lůžko by mělo také umožnit polohování pacienta bez přílišné námahy.

2.1.4 Všeobecné technické požadavky

Lůžko by mělo být součástí sestavy zařízení, která umožňují kvalitní péči o pacienta. Musí být snadno desinfikovatelné a mělo by umožnit personálu udržovat běžný hygienický standart. Lůžko je mobilní a pacient by na něm měl podstupovat různá vyšetření. K tomu se musí přihlížet při výběru materiálů, z kterých je vyrobeno. V následujících bodech jsou tyto požadavky blíže rozvedeny:

- odolnost proti desinfekcím
- rám pod matrací vyroben z materiálů nekontrastních na RTG
- úchyty na pomocná obslužná zařízení pro pacienty (dýchací přístroje kyslíkové bomby)
- uchycení infuse
- uchycení kabelů a hadiček potřebných k monitorování pacienta
- rozměry takové, aby bylo možné lůžka přesouvat pomocí lůžkových výtahů
- dimenzování i pro pacienty s hmotností 180 - 200 kg
- přístupnost na pracoviště magnetické rezonance

- pojízdná destička pod rámem matrace pro desku RTG
- v případě obrácení lůžka rychlé uchycení pacienta, snadné otočení a následné odpoutání pacienta
- umožnění KPR (kardiopulmonální resuscitace²²)

Bohužel rozsah diplomové práce nám dovoluje se zabývat pouze některými body.

2.1.5 Magnetická rezonance

U pacientů, kteří trpí poruchami vědomí, se často pro zjištění jejich stavu používá magnetická rezonance.

„Magnetická rezonance je velmi moderní vyšetření, které nepracuje na principu rentgenových paprsků, ale využívá velmi silného magnetického pole. Jedná se o bezpečné vyšetření, které dokáže snímkovat strukturu orgánů do nejmenších detailů. Magnetická rezonance je nezastupitelná při neurologických, ortopedických a onkologických a jiných vyšetřeních. Velkou výhodou této metody oproti jiným zobrazovacím metodám v diagnostické radiologii je větší přesnost při zobrazení většiny orgánů, jež je důsledkem rozdílné intenzity signálu u odlišných měkkých tkání. Navíc toto zobrazení probíhá bez možného škodlivého ionizujícího záření.“ [33]

Přes velkou řadu výhod pro vyšetření pacienta má magnetická rezonance i nevýhody týkající se technického provedení přístrojů a zařízení. Při této metodě diagnostikování pacientů se používá velmi silného magnetického pole, a tím je zúžen okruh použitých materiálů.

„V medicíně používané magnety vytvářejí pole obvykle v rozsahu 0,1 – 3 T (v ČR jsou nejčastěji používané 1,5 T magnety). Při této hodnotě intenzity se zatím neprokázaly žádné trvalé následky. Komerčně jsou ale dostupné supravodivé magnety o 3 T nebo 7 T, ve fázi výzkumu je například MR o síle 21,1 T. Velmi silné magnetické pole může teoreticky vyvolat závratě, žaludeční nevolnost či dokonce poruchy srdečního rytmu a další problémy. Asi největším nebezpečím je přítomnost feromagnetických předmětů v blízkosti MR magnetu. Ty mohou být vlivem magnetického pole samovolně uvedeny do pohybu a značně urychleny.“ [16]



Obrázek 5:- působení MR na postel [31]

²² Kardiopulmonální resuscitace- soubor resuscitačních reanimačních opatření k obnovení, ev. udržení, alespoň minimálního oběhu krve a dýchání, tj. oxyličení krve a její průtok mozkem [36]

Z výše uvedených důvodů je velice riskantní vstupovat na pracoviště magnetické rezonance s předměty vyrobenými z feromagnetických²³ materiálů, a z důvodu možnosti indukování²⁴ elektrického proudu i s materiály zhotovenými z elektricky vodivých materiálů. Do této skupiny materiálů, kromě železa, hliníku a mědi, patří také uhlíkové vlákno, takže není možné vyztužit rám karbonovou tkaninou. Z těchto důvodů se nemohou u lůžek, která mají mít přístup na magnetickou rezonanci, používat zmíněné materiály. V takových případech je vhodné lůžka konstruovat z plastů, kompozitů, které jsou vyztuženy skelnými vlákny, anebo jiných, elektricky nevodivých materiálů.

2.2 Přehled lůžek a manipulačních zařízení

2.2.1 Strykerův rám - otočení do boku

Toto zařízení umožňuje přetočení pacienta o 180° přes jeho bok. Výchozí poloha je vleže na zádech, pacient leží na bederním rámu s matrací a uchycen je pomocí matic hrudním rámem. Personál pomocí madel pacienta přetáčí kolem svislé osy. Konečná poloha je vleže na břiše. Poté je možné sundat bederní rám, a tím se zpřístupní pacientova záda.

Hrudní a bederní rám mezi sebou svírají ostrý úhel, který zajišťuje, že pacient během přetáčení nepropadne bokem lůžka. Lůžko není elektricky poháněné.



Obrázek 6:- Strykerův rám (přetočení přes bok)

2.2.2 Strykerův rám - otočení přes nohy

Toto zařízení umožňuje otočení o 180°. Výchozí pozice je vleže na zádech a pacient se otáčí kolem osy kyčlí tak, že nohy klesají dolů a hlava jde nahoru, dokud pacient není ve vertikální²⁵ poloze. Pak přetáčení pokračuje až do konečné polohy, při které se nachází v poloze vleže na břiše. Rám, na kterém je matrace, a jsou o něj opřena záda, je nosný. Na tento rám se připevňuje druhý rám, o který je opřený hrudník a břicho. Toto uspořádání neumožňuje samostatně používat hrudní rám bez použití zádového.

²³ Feromagnetických - [37]

²⁴ Indukování - [37]

²⁵ Vertikální - svislý

Zařízení je opatřené elektromotorem, který zajišťuje přetáčení lůžka.

V případě kolapsu pacienta se nejprve musí přejít do polohy na zádech, sundat rám a poté se může resuscitovat²⁶.



Obrázek 7: Strykerův rám (přetočení přes nohy)

2.2.3 Postel pro jednotku intenzivní péče (JIP)

Jde o postel běžně používanou na jednotkách intenzivní péče. Tyto postele umožňují polohování pacienta vleže na zádech. V postelích je pod matrací rám, který umožňuje různé polohování výšky hlavy a výšky nohou pod různými úhly.



²⁶ Resuscitace - ožívování [37]

Obrázek 8:- lůžko pro JIP [32]

2.2.4 Pomocný rám pro polohování

Jde o rám, který je univerzálně kombinovatelný s klasickými nemocničními lůžky. Tento rám je opatřen otočnými rameny, na kterých jsou samonavíjecí popruhy s brzdou. Pacient leží na širokém pruhu látky, která je zpevněna lištami.

Polohování probíhá tak, že se vyklopí rameno na straně, na níž chceme polohovat. Poté se vytáhnou popruhy a připojí se k lištám. Dalším krokem je zabrzdění popruhů a snížení lůžka. Tím se začne zdvihát látka podvlečená pod tělem pacienta. Pacient se začne převracet na tu stranu, na které nebyly popruhy připojeny k lištám. Nakonec se pacient podloží polštářem a lůžko se vrátí do původní výšky, popruhy se odepnou a rameno se sklopí do výchozí polohy.



Obrázek 9:- pomocný polohovací rám [28]

3 STRUKTURA MANIPULAČNÍHO ZAŘÍZENÍ

3.1 Funkce lůžka

Pacient by měl být v lůžku bezpečně zafixován i při otáčení kolem osy trupu těla a opětovně rychle uvolněn. Z těchto požadavků vychází i samotný návrh lůžka.

Pacienti v bezvědomí jsou zpravidla připojeni na plicní ventilaci. Proto i v konstrukci budeme k tomuto faktu přihlížet.

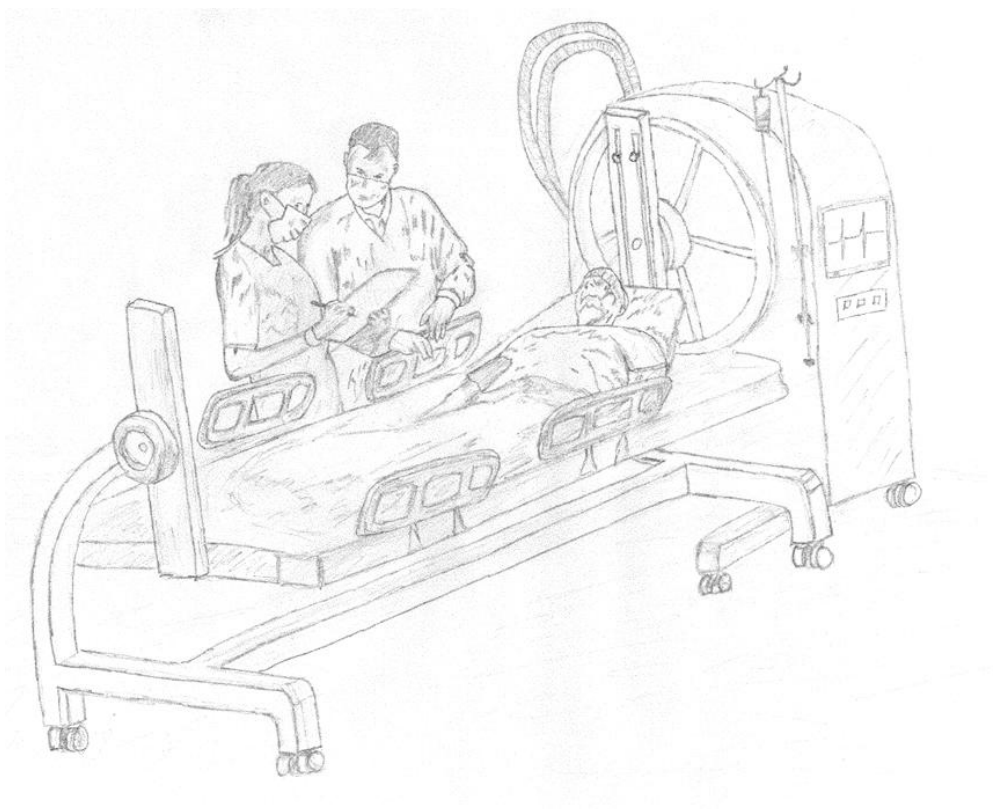
Velkým nebezpečím je obtáčení hadice plicní ventilace kolem konstrukce lůžka během otáčení pacienta o 180° . To by mohlo vést k zaškrcení hadice a následnému omezení přístupu vzduchu. Z těchto důvodů je nosný rám navržen do tvaru polovičního písmene C. Při tomto řešení hadice rám obchází a nedojde tak k jejich styku.

3.2 Rozměry

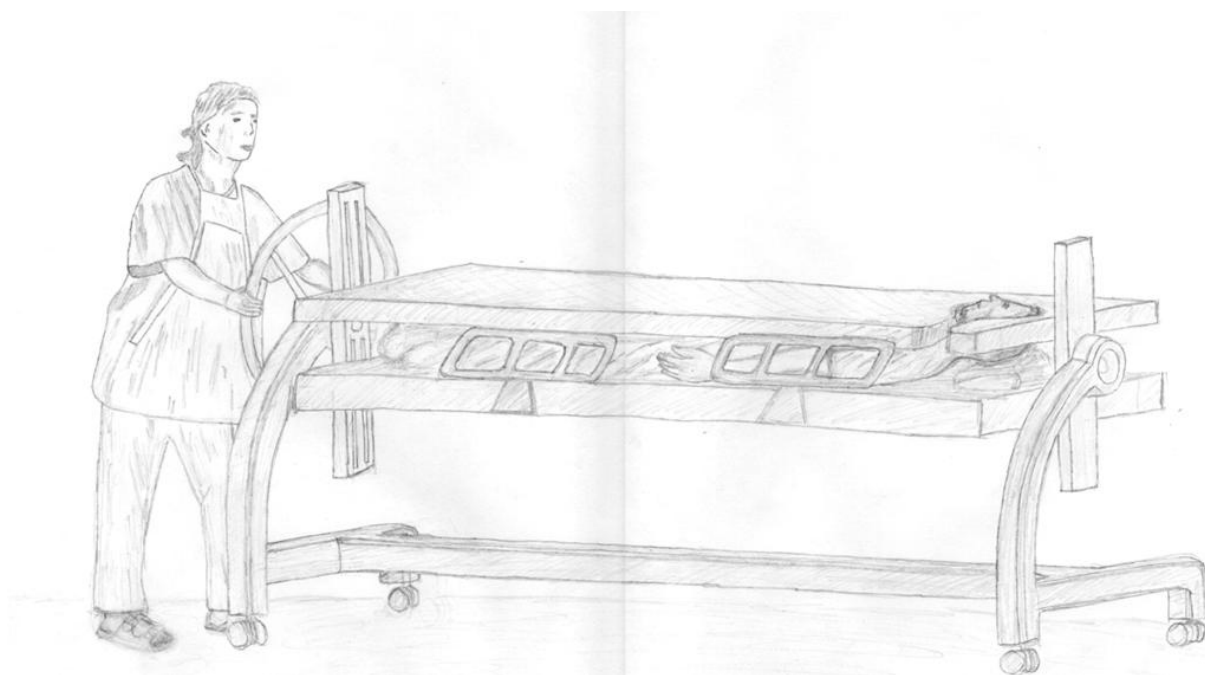
Rozměry celého zařízení by měly být takové, aby bylo možné lůžko bez problémů přesouvat po celé nemocnici. Nejmenším prostorem, do kterého je potřeba s lůžkem zajet, je lůžkový výtah.

3.3 Skici

Pro celkovou představu zařízení, byly zhotoveny designové studie v kontextu s nemocničním personálem.

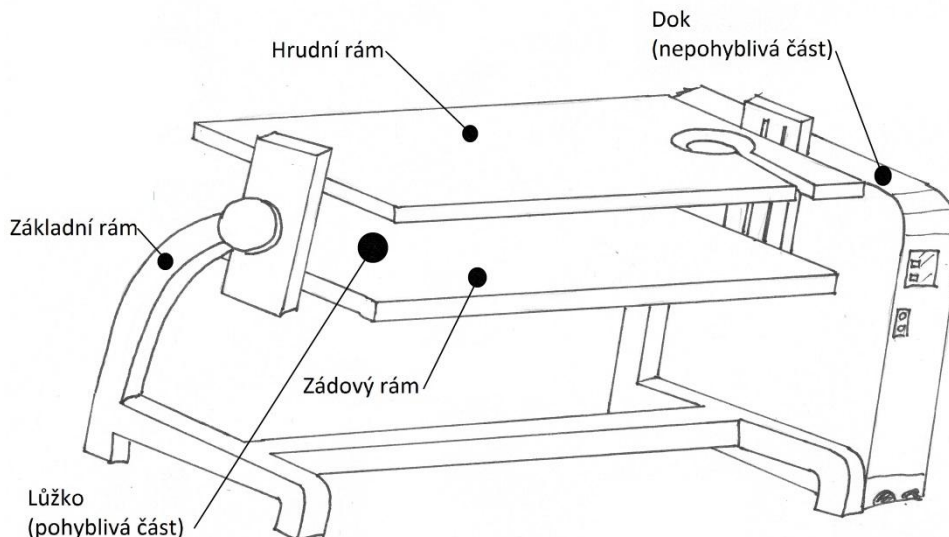


Obrázek 10: náčrt_1 polohovací zařízení



Obrázek 11: náčrt_2 polohovací zařízení

4 TOPOLOGIE



Obrázek 12: popis polohovacího zařízení

4.1 Základní rám

Rám zajišťuje stabilitu a soudržnost mobilní části zařízení. Půdorys rámu má tvar velkého tiskacího písmene I. Rám tvoří čtyři nohy, dva příčnky kolmé na podélnou osu. Na jedné straně rámu jsou v krajních rozích připevněny dva držáky lůžka tvaru polovičního písmene C, které jsou zakončené úchyty. Spodní část je spojena příčnícem v podélné ose. Celý rám je tvořen profilem čtvercového průřezu. Základní rám je vyroben z materiálu PA 66 (Murilon A) viz příloha.

4.2 Rámy pod matracemi

Tyto rámy jsou dva:

- 1) rám hrudní s otvorem pro plicní ventilaci,
- 2) rám zádový bez otvoru.

Rámy slouží k uložení matrací. Slouží také jako nosný rám pro uchycení částí na zachycení pacienta v bočním směru, při otáčení kolem osy pacienta. Rámy se skládají z profilů mezikruhového průřezu²⁷. Tyto trubky jsou zhotovené ze skelného kompozitu s polymerní maticí²⁸. Z důvodu zabránění uvolňování skelných vláken je celá konstrukce rámu povlakována plastem vhodným do nemocničního prostředí. Na vytvoření povlaku je použit PE (polyethylen) od firmy Murtfeldt (Originální materiál S + AB) - viz přílohy. Tento materiál vykazuje odolnost vůči chemikáliím a zabraňuje rozvoji bakterií. Rámy jsou spojeny s vedením zdvihu pomocí spojek, které zajišťují rychle připnutí a odepnutí rámu.

²⁷ Mezikruhový průřez - průřez trubkou

²⁸ Polymerní matrice - složka kompozitního materiálu pojící vlákna mezi sebou, která je zhotovená z polymeru

4.2.1 Rám hrudní s otvorem pro plicní ventilaci

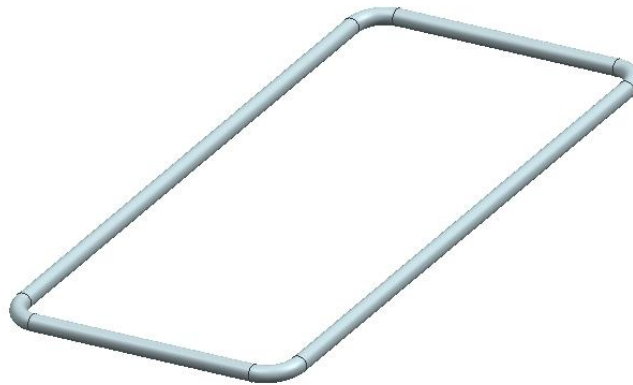
Tento rám umožňuje trvalé připojení pacienta k plicní ventilaci i v poloze "na břiše". Rám je obdélníkového tvaru. V horní části je vytvořený oválný otvor, který umožňuje umístění obličejce. Oválná část je spojena se zbytkem rámu dvěma trubkami kolmými na delší stranu rámu. Trubky jsou odděleny mezerou, jež umožňuje přesun hadic z oválného otvoru pro hlavu směrem vně rámu.



Obrázek 13:- rám hrudní s otvorem pro plicní ventilaci

4.2.2 Rám zádový bez otvoru.

Tento rám umožňuje dlouhodobý pobyt pacienta po celou dobu jeho hospitalizace na daném oddělení. Rám je obdélníkového půdorysu a slouží jako podpora pro matrace.



Obrázek 14:- rám zádový bez otvoru

4.2.3 Uchycení pacienta

Během otáčení pacienta přes bok vzniká riziko vypadnutí pacienta mezerou mezi deskami. Z tohoto důvodu je potřeba rám matrací opatřit zábranami, které tomuto nežádoucímu vypadnutí zamezí. Možnosti jsou variabilní, podle celkového zaměření pracoviště, pro které bude lůžko určeno.

4.2.3.1 Mechanické chlopně

V této variantě je rám pod matracemi opatřen chlopněmi, které se před procesem otáčení vyklopí. Vzniklá zábrana znemožní pacientovi vypadnout.

4.2.3.2 Vakuová zábrana

V této variantě jsou boky lůžka opatřeny polštáři vyrobenými z neprodyšné látky, které jsou naplněny plastovými kuličkami. Před procesem otáčení se tyto polštáře nahnou na tělo pacienta a vytvarují se podle jeho těla. Poté se vakuovou pumpou vysaje vzduch a polštáře ztuhnou ve tvrdou dlahu. Tato dlaha následně zabrání vypadnutí pacienta při manipulaci.

Podobného principu se využívá u vakuové matrace používané při záchranných pracích.

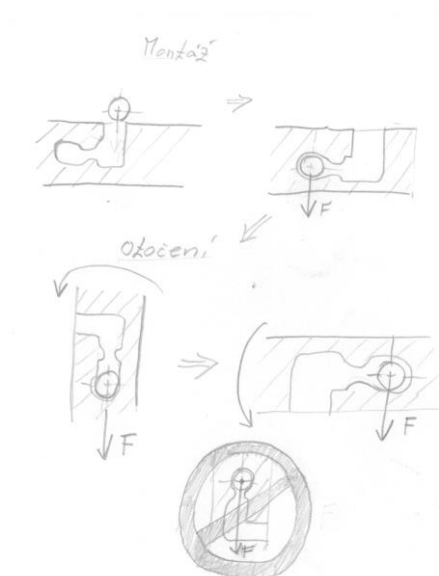


Obrázek 15:- vakuová matrace [23]

4.2.4 Zámek spoje rámu s mechanismem

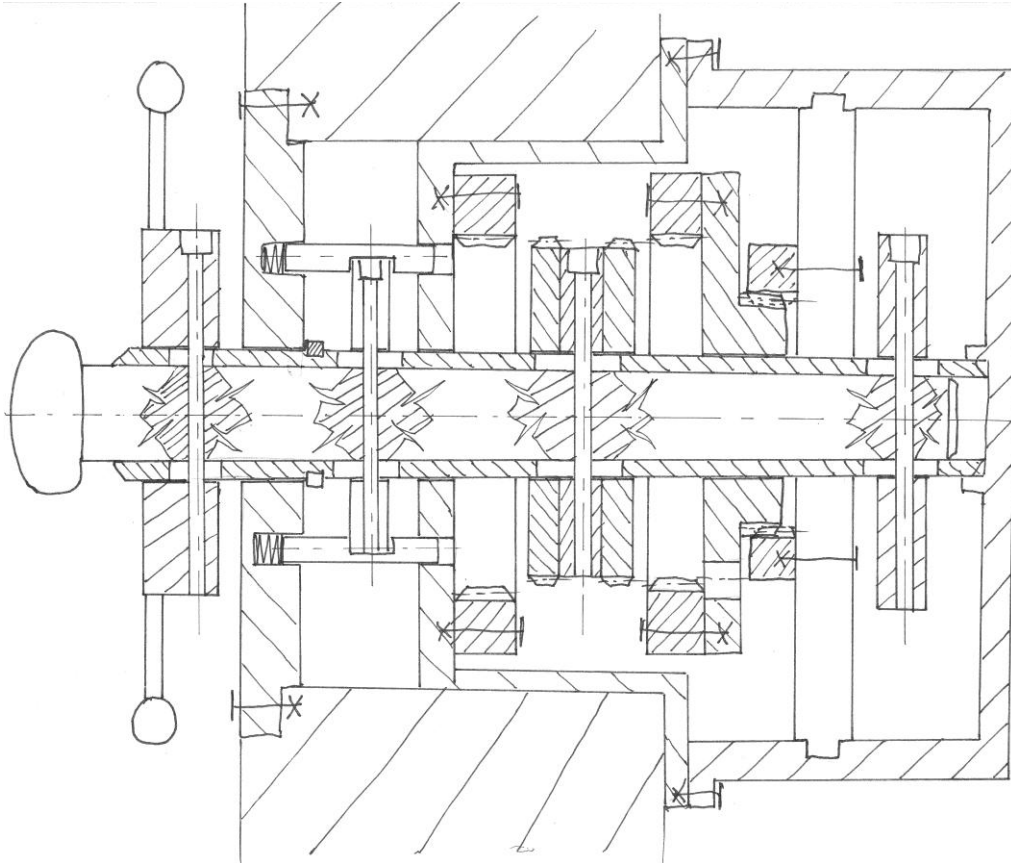
Tento zámek umožňuje rozebratelné spojení rámu pod matrací a převodovým mechanismem. Spoj se skládá z lišty připevněné k rámu pod matrací, ve které jsou vytvořeny zámky a čepů hřibovitého tvaru. Tyto čepy jsou na jedné straně pevně spojeny s vedením zdvihu (viz níže) a na druhé straně zapadají do zámků.

Díky tomu, že se lůžko přetáčí pouze na jednu stranu, nemůže dojít k samovolnému vypadnutí desky (viz obrázek).



Obrázek 16: zámek spoje rámu s mechanismem

4.3 Převodový mechanismus lůžka



Obrázek 17: skica mechanismu v řezu

4.4 Manipulační mechanismus

Manipulační mechanismus je pohyblivá část zařízení, která umožňuje provádět s pacientem požadované úkony. U tohoto mechanismu můžeme řadit tři polohy.

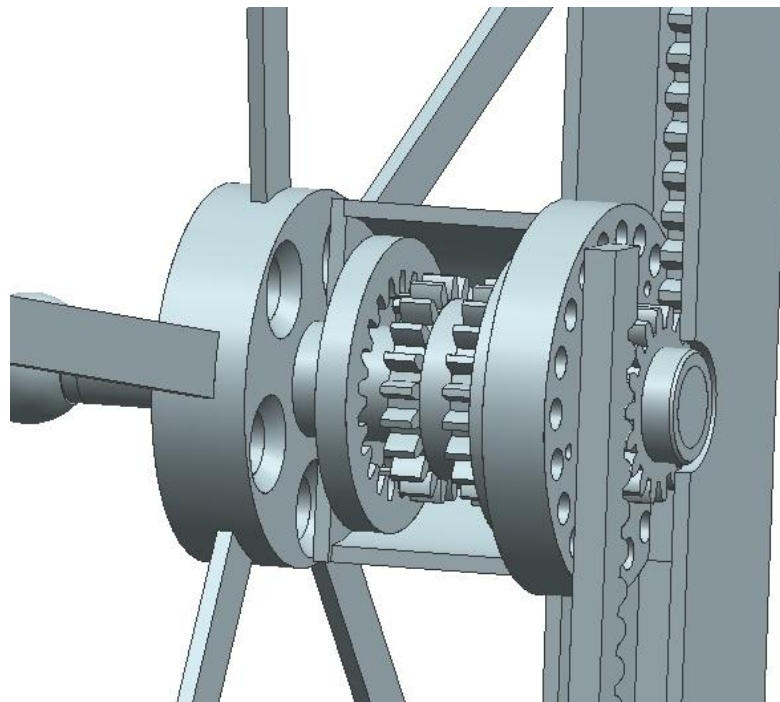
Výchozí poloha, do které se mechanismus sám vrací, je poloha, při které není nic zařazeno a všechny pohyby jsou brzděny.

Poloha přiblížení a oddálení: zajišťuje přibližování a oddalování hrudního a zádového rámu a jejich zafixování v požadované poloze.

Poloha otáčení: umožňuje plynulé souběžné otočení obou rámu s fixovaným pacientem o 180°

Manipulační mechanismus se skládá z:

- vedení zdvihu
- hnacího hřídele
- zubové evolventní spojky
- ozubeného převodu kolo - hřeben
- aretace
- tyče řazení
- spojovacích segmentů.



Obrázek 18:- manipulační mechanismus

4.4.1 Příčnický zdvih

Jde o součást, s jejíž pomocí se přenáší síla z převodového mechanismu na hrudní a zádový rám. Umožňuje přímočarý vertikální pohyb hrudního a zádového rámu, jejich přiblížení a oddálení. Tento pohyb zajišťují drážky vedení ve víku konzole a v nich uložené příčnický.

Příčnický i vedení jsou zhotoveny z materiálu PA 66 (Murilon A).

4.4.2 Hnací hřídel

Přes hnací hřídel se přenáší točivý moment²⁹ od ovládacího kola k zubové evolventní spojce. Má mezikruhový průřez a je opatřený podélnými oválnými děrami, kterými prochází kolík spojovací tyč řazení a spojku řazení, což umožňuje změnu funkce mechanismu. Tato součást je zhotovena z materiálu PA 66 (Murilon A).



Obrázek 19:- hnací hřídel

²⁹ Točivý moment - působení síly na bod vzdálený od osy otáčení hřídele

4.4.3 Spojka řazení

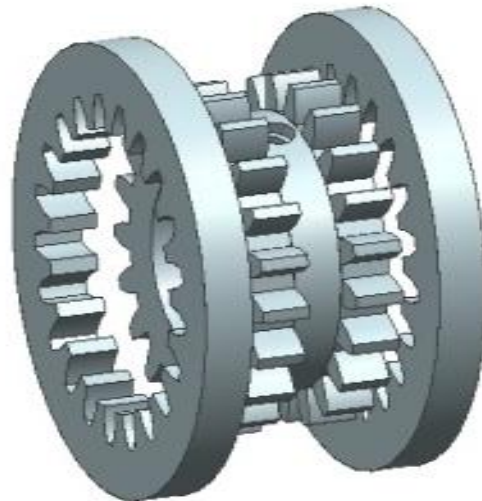
Spojka umožňuje řazení mezi třemi polohami:

- Výchozí poloha
- Poloha přiblížení a oddálení
- Poloha otáčení

Spojka se skládá ze tří hlavních částí:

- axiálně³⁰ přesuvné kolo s vnějším ozubením
- ozubené kolo s vnitřním ozubením spojené s hřebenovým převodem
- ozubené kolo s vnitřním ozubením spojené se skříní mechanismu

Ozubená kola jsou vyrobena tak, že vnější ozubení zapadá, po zařazení polohy, do ozubení vnitřního. Kolo s vnějším ozubením je spojeno s hnací hřídelí pomocí kolíku. Kola s vnitřním ozubením jsou uložena každé z jedné strany kola s vnějším ozubením. Kolo s vnějším ozubením je vyrobeno z materiálu PA 66. Kolo s vnitřním ozubením je vyrobeno z materiálu POM.

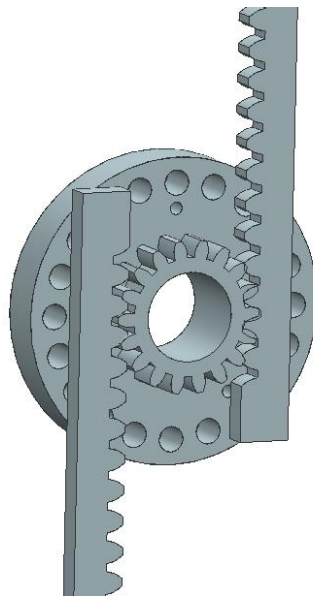


Obrázek 20:- spojka řazení

4.4.4 Ozubený převod kolo - hřeben

Tímto převodem se mění otáčivý pohyb hnací hřídele na posuvný. Převod se skládá z kola s vnějším ozubením a ze dvou hřebenů, které jsou uloženy každý na protější straně kola. Tím je zajištěno, že se hřebeny posouvají každý opačným směrem. Hřebeny jsou spojeny s příčnicí zdvihu. Ozubené kolo je vyrobeno z materiálu POM a ozubený hřeben z PA66.

³⁰ Axiální - souběžné s osou (hřídele, díry)



Obrázek 21:- ozubený převod kolo - hřeben

4.4.5 Aretace

Aretace zajišťuje nastavenou polohu lůžka. Toto zajištění je automatické, protože aretační kolíky jsou vtlačovány do pozice “výchozí poloha“ pomocí pružin umístěných z jedné strany kolíků. Kolíky jsou vyrobeny z materiálu PA 66 s přidáním skelného vlákna (Murilon A GF). Pružiny jsou vyrobeny z materiálu polyéterimid (PEI).

4.4.6 Spojovací součásti

Spojovací součásti zajišťují spojení větších součástí mezi sebou. Jde o šrouby, matky, podložky a kolíky. Kolík spojující hnací hřídel se spojku je vyroben z materiálu PA 66 s přidáním skelného vlákna (Murilon A GF). Spojovací segmenty typu šroub jsou zhotoveny z materiálu PA 66.



Obrázek 22:- šrouby z materiálu PA 66 [30]

4.4.7 Tyč řazení

Tato tyč slouží k řazení mezi polohami:

- Výchozí poloha
- Poloha přiblížení a oddálení
- Poloha otáčení

Tyč řazení se volně posouvá v kruhové dutině hnací hřídele. Tyčí řazení prochází kolík, jenž ji spojuje s evolventní zubovou spojkou. Tyč řazení je zhotovena z materiálu PA 66 (Murilon A).



Obrázek 23:- tyč řazení

4.4.8 Ovládací kolo

Ovládací kolo slouží k ovládnání řazených poloh mechanismu a otáčení hřídele. Kolo se používá v případě, že je lůžko odděleno od doku. Na vnitřním věnci kola jsou ve směru s podélnou osou zhotoveny otvory, které slouží k připojení spojky točivého momentu. Tím se zajistí přenos točivého momentu z elektromotoru na ovládací mechanismus.



Obrázek 24:- ovládací kolo

4.5 Nepohyblivá část (dok)

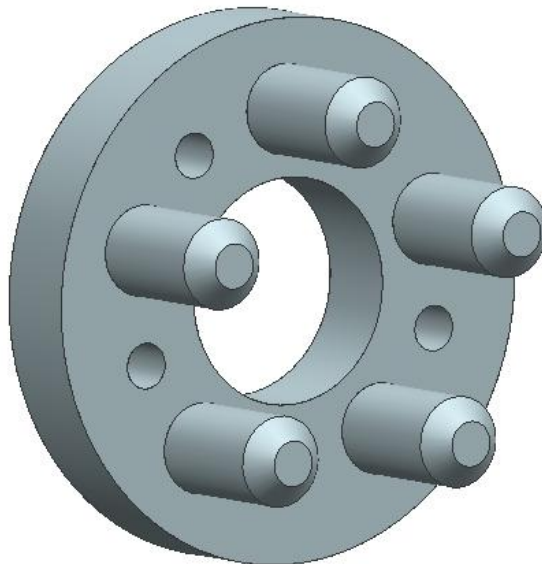
Aby se dalo vyhovět požadavku přístupnosti lůžka na pracoviště magnetické rezonance, bylo potřeba oddělit část s elektrickými pohony a část čistě mechanickou zhotovenou z nemagnetických a elektricky nevodivých materiálů.

Toho jsme dosáhli přidáním tzv. doku. Dok je stanice umístěná na stálém místě lůžka na oddělení. K doku je mechanicky připojeno samotné lůžko. V případě převozu na magnetickou rezonanci se lůžko od doku odpojí a elektromagneticky reaktivní část zůstane na oddělení.

Dok obsahuje elektromotor, který pohání mechanismus otáčení celého lůžka a mechanismus přibližování desek. Dále je zde umístěný ovládací pult, na kterém je řazení poloh. Dok dále obsahuje ventilátor podpory dýchání, držák na kyslíkovou lahev.

4.5.1 Spojka točivého momentu

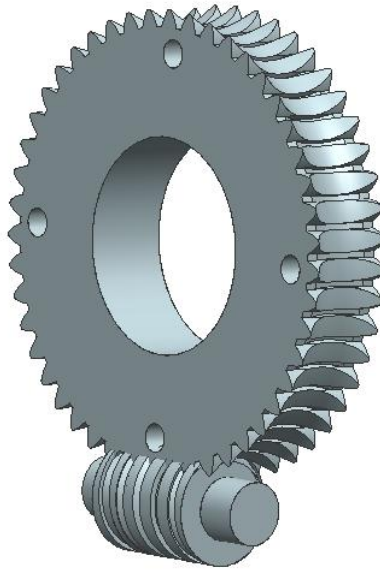
Tato spojka zajišťuje přenos točivého momentu z mobilní části lůžka na hnací ústrojí doku poháněné elektromotorem.



Obrázek 25:- spojka točivého momentu

4.5.2 Šnekový převod

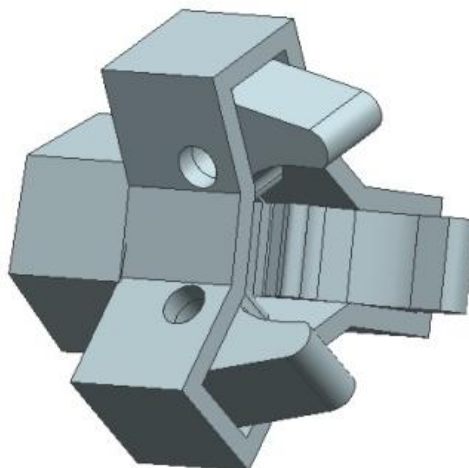
Toto soukolí zajišťuje převod na pomalý a snižuje nároky na točivý moment elektromotoru. Díky tomuto soukolí je možné oddělit řazení od točivého momentu. Soukolí je napevno spojeno se spojkou točivého momentu. Na šnek je přiveden točivý moment z elektromotoru.



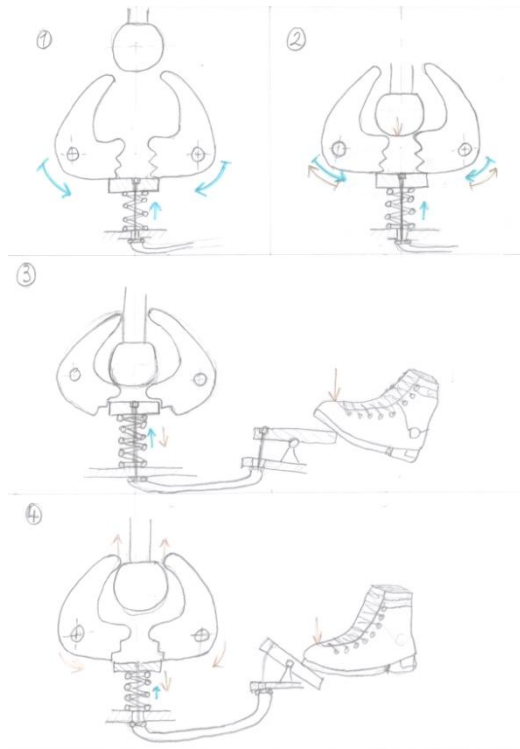
Obrázek 26:- šnekový převod

4.5.3 Rozepínací spojka řazení

Spojení řídicího panelu doku a manipulačního mechanismu zajišťuje spojka řazení. Spojka se skládá ze tří čelistí, hranolu, těla spojky, ovládacího lanka a pružin. Čelisti jsou v základní poloze otevřené. Na čelistech ve vnitřní části je vytvořený výběžek, který po zatlačení pootočí s čelistí, to znamená, že umožní hranolu, aby zapadl do zubu na zadní straně čelisti. Čelist poté sama drží v uzavřené poloze. Na hranolu v posuvné ose je připevněné lanko, které je spojené s pedálem. Pokud obsluha sešlápne pedál, lanko vytáhne hranol z čelistí a ty se pak samy otevrou.



Obrázek 27:- rozepínací spojka řazení



Obrázek 28:- popis funkce spojky

4.5.4 Elektromotor

Elektromotor je uložen v nepohyblivé části zařízení. Zajišťuje pohon mechanismu lůžka a vyvíjí potřebný točivý moment. Otáčky elektromotoru jsou pulzně regulované tak, aby pohyb pacienta při otáčení ze zad na břicho byl plynulý a dostatečně pomalý, aby pacient nebyl ohrožen. Elektromotor je možné použít o napětí 230v nebo 24v, s použitím převodu u motoru.



4.6 Ložiska

Na lůžku jsou všechny třecí plochy vyrobeny z plastových materiálů, které se běžně používají k výrobě ložisek. Rychlosti jsou zde velice malé, takže nehrozí jejich zahřátí a poškození.

V doku jsou ložiska především v elektromotoru, šnekovém převodu a řazení. Ložiska elektromotoru jsou jeho součástí a za jejich správné navržení odpovídá výrobce. U šnekového převodu a řazení lze použít stejný materiál jako u ložisek použitých u lůžka.

4.7 Proces manipulace s pacientem

U tohoto zařízení rozeznáváme dva způsoby manipulace:

- a) Lůžko je spojeno s nepohyblivou elektricky poháněnou částí.
- b) Lůžko je odpojeno od nepohyblivé části a elektrického pohonu a používá se jako transportní a vyšetřovací lůžko.

- a) Základní poloha pacienta je vleže na lůžku na zádech. Lůžko má sundaný hrudní rám a připomíná klasické nemocniční lůžko. Matrace lůžka je lemována vakuovými nebo mechanickými zábranami.

Prvním krokem při otáčení je dát zábrany do aktivní polohy a zafixovat tak tělo pacienta, aby nemohlo dojít k samovolnému vypadnutí. V dalším kroku je na vedení pojezdu zajištěn hrudní rám.

Poté se na panelu navolí přiblížení desek a pacient se zafixuje hrudním rámem. Během této fixace se zároveň posunem zádové desky dostane pacient do osy otáčení zařízení.

Po navolení otáčení se pomalým plynulým pohybem započne proces otáčení. Otáčení je ukončeno krajní polohou. V této poloze jsou hrudní a zádová deska v opačném postavení než při započetí otáčení. Totéž platí při návratu pacienta do výchozí polohy po ukončení vyšetření.

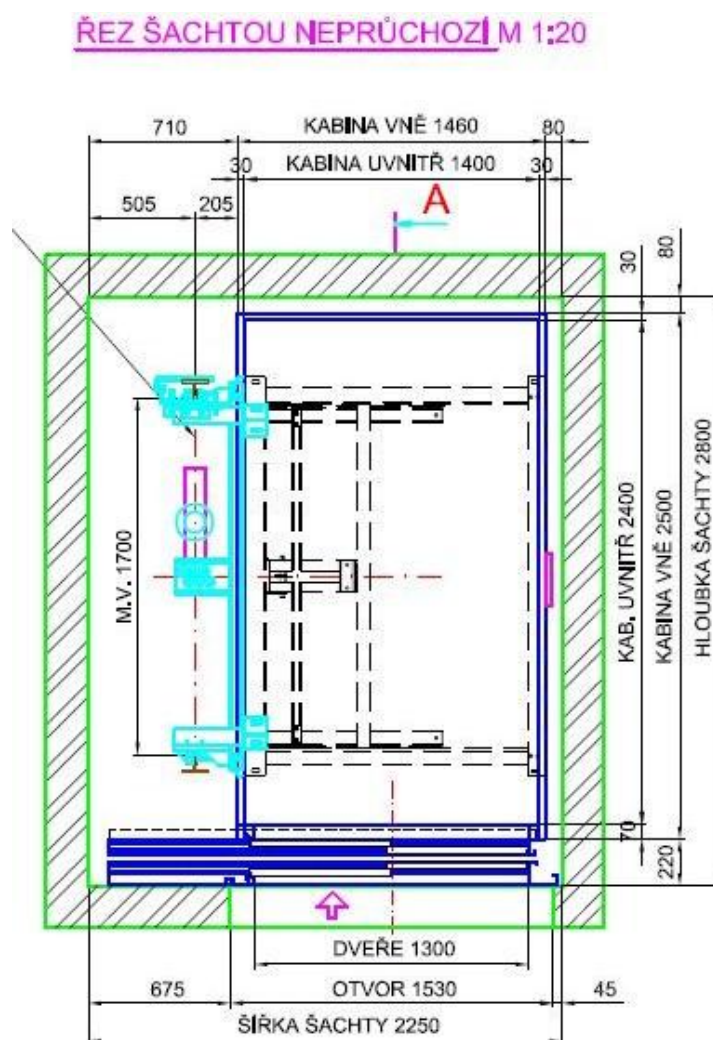
- b) Postup při otáčení po odpojení lůžka od doku se liší pouze ve způsobu ovládní. V této variantě probíhá řazení pomocí ovládacího kola a otáčení zajišťuje mechanická síla personálu

5 NÁVRHY A DIMENZOVÁNÍ

Kvůli zvyšující se průměrné hmotnosti lidské populace je potřeba tato zařízení dimenzovat na stále vyšší hodnoty. Dále je potřeba si uvědomit, že pacienti, kteří budou na uvedených lůžkách ošetřováni, mohou být už při vědomí a mohou trpět abstinenčními příznaky. Jak již bylo uvedeno v charakteristice pacienta, může tyto příznaky provázet agrese pacienta, a proto by zařízení mělo být schopné odolávat i hrubšímu zacházení ze strany pacientů. Zařízení se proto dimenzuje na váhu 200 kg.

5.1 Určení celkových rozměrů

Rozměry by měly být takové, aby bylo možné se volně pohybovat po celém nemocničním zařízení. Příkladem, při kterém jsou rozměry lůžka nejvíce omezeny, je přeprava lůžkovým výtahem.



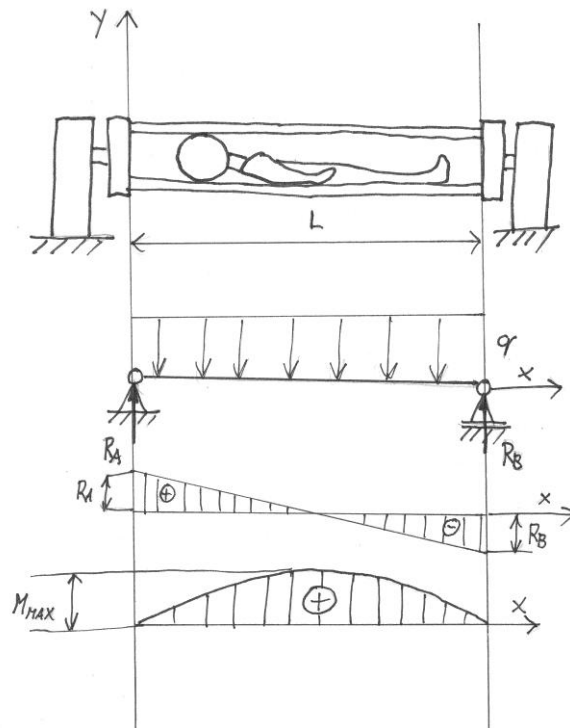
Obrázek 29:- výkres lůžkového výtahu [38]

5.2 Hrudní a zádový rám

Jde o část zařízení, která se bude pohybovat i na pracovišti magnetické rezonance. Z tohoto důvodu je nutné použít pouze nevodivé a neferomagnetické materiály.

5.2.1 Výpočet reakcí

Pro tento výpočet byl rám zjednodušen na nosník na dvou podpěrách. Výpočtový model je zatížený plnou vahou pacienta, protože může být napolohovaný na boku, převážně k jedné straně lůžka.



Obrázek 30:- výpočtový model

Délka rámu pod matracemi $L=2\text{m}$

Spojité zatížení $Q=2000\text{N}$

Výpočet reakcí:

$$R_A = R_B = \frac{q * L}{2} = \frac{2000 * 2}{2} = 2000 \quad ^{31}$$

5.2.2 Výběr vhodného materiálu a dimenzování

Zde se zaměříme na porovnání kompozitních materiálů se skelnými vlákny. Protože s rámy bude běžně manipulovat personál, je potřeba, aby byly co možná nejlehčí. Proto volíme odlehčený mezikruhový průřez. Budeme porovnávat tyto materiály:

- Tkanina ze skelné příze
- Jednosměrná rovingotová tkanina³²
- Pultruze (skelné vlákno)³³

³¹ R_A ; R_B - reakce v podpěrách

³² Rovingotová tkanina - látka zhotovená v určitém vzoru, který napomáhá zlepšit mechanické vlastnosti.

Během dimenzování budeme používat tyto vztahy:

Kvadratický moment průřezu pro nosník na dvou podporách:

(odvození viz přílohy)

$$J_z = \frac{5 * q * L}{384 * E * V_{(l/2)}} \quad 34$$

Kvadratický moment průřezu pro mezikruhový průřez

$$J_z = \frac{\pi * D^4}{64} - \frac{\pi * d^4}{64} \quad [4]$$

Odtud vyjádříme vnitřní průměr trubky:

$$\frac{64 * J_z}{\pi} = D^4 - d^4$$

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{64 * J_z}{\pi}} \quad 35$$

Pro porovnání materiálů zvolíme vnější průměr D=55mm

³³ Pultruze - technika na zhotovování profilů z kompozitních materiálů

³⁴ q - zatížení lůžka

L - délka rámu

E - modul pružnosti pro použitý materiál

$V_{(l/2)}$ - průhyb rámu v polovině své délky

J_z - kvadratický moment průřezu

³⁵ D - vnější průměr

d - vnitřní průměr

5.2.2.1 Tkanina ze skelné příze

Modul pružnosti: $E = 27\,000$ [MPa]

Hustota při $20^\circ\text{C} = 1,88$ [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]



Obrázek 31:- tkanina ze skelné příze [5]

Kvadratický moment průřezu:

$$J_z = \frac{5 * 2000 * 2}{384 * 2,7 * 10^{10} * 0,01} = 1,929012 * 10^{-7} \text{m}^4 = 192901,2 \text{mm}^4$$

Vnitřní průměr:

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{64 * J_z}{\pi}}$$
$$d = \sqrt[4]{55^4 - \frac{64 * 192901,2}{\pi}}$$
$$d = 47,8 \text{mm}$$

Výpočet váhy

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} - \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi * 55^2}{4} - \frac{\pi * 47,8^2}{4} = 581 \text{mm}^2 = 5,81 \text{cm}^2$$

$$V = S * L = 5,81 * 200 = 1126 \text{cm}^3 \quad ^{36}$$

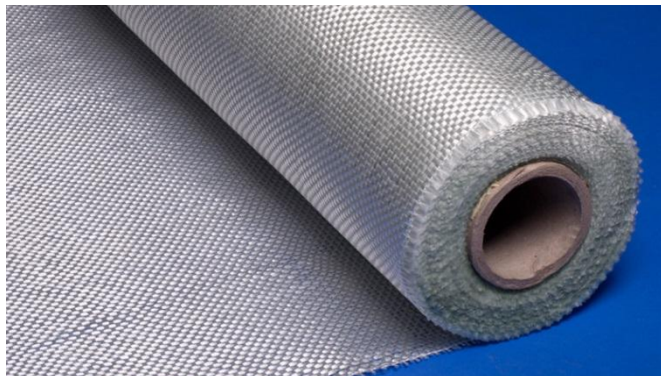
$$m = V * \rho = 1126 * 1,88 = 2116 \text{g} = 2,1 \text{kg} \quad ^{37}$$

³⁶ V - objem trubky
S - obsah mezikruží

5.2.2.2 Jednosměrná rovingotová tkanina

Modul pružnosti: $E = 33\,000$ [MPa]

Hustota při $20^\circ\text{C} = 1,98$ [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]



Obrázek 32:- jednosměrná rovingotová tkanina [35]

Kvadratický moment průřezu:

$$J_z = \frac{5 * 2000 * 2}{384 * 3,3 * 10^{10} * 0,01} = 1,578282828 * 10^{-7} \text{m}^4 = 157828,3 \text{mm}^4$$

Vnitřní průměr:

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{64 * J_z}{\pi}}$$
$$d = \sqrt[4]{55^4 - \frac{64 * 157828,3}{\pi}}$$
$$d = 49 \text{mm}$$

Výpočet váhy:

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} - \frac{\pi * d^2}{4}$$
$$S = \frac{\pi * 55^2}{4} - \frac{\pi * 49^2}{4} = 490 \text{mm}^2 = 4,9 \text{cm}^2$$
$$V = S * L = 4,9 * 200 = 980 \text{cm}^3$$
$$m = V * \rho = 980 * 1,88 = 1842 \text{g} = 1,8 \text{kg}$$

³⁷ m - hmotnost
 ρ - hustota použitého materiálu

5.2.2.3 Pultruze (sklo)

Modul pružnosti: $E = 45\,000$ [MPa]

Hustota při $20^\circ\text{C} = 2,1$ [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]



Obrázek 33:- pultruze (sklo) [39]

Kvadratický moment průřezu:

$$J_z = \frac{5 * 2000 * 2}{384 * 4,5 * 10^{10} * 0,01} = 1,157407407 * 10^{-7} \text{m}^4 = 115740,74 \text{mm}^4$$

Vnitřní průměr:

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{64 * J_z}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[4]{55^4 - \frac{64 * 115740,7}{\pi}}$$

$$d = 51 \text{mm}$$

Výpočet váhy:

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} - \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi * 55^2}{4} - \frac{\pi * 51^2}{4} = 333 \text{mm}^2 = 3,33 \text{cm}^2$$

$$V = S * L = 3,33 * 200 = 666 \text{cm}^3$$

$$m = V * \rho = 666 * 2,1 = 1398,6 \text{g} = 1,4 \text{kg}$$

Porovnání hmotností:

- Tkanina ze skelné příze - 2,1kg
- Jednosměrná rovingotová tkanina - 1,8kg
- Pultruze (sklo) - 1,4kg

Volíme profily vyráběné pultruzní metodou, protože v porovnání s jinými metodami výroby získáme nejnižší hmotnost.

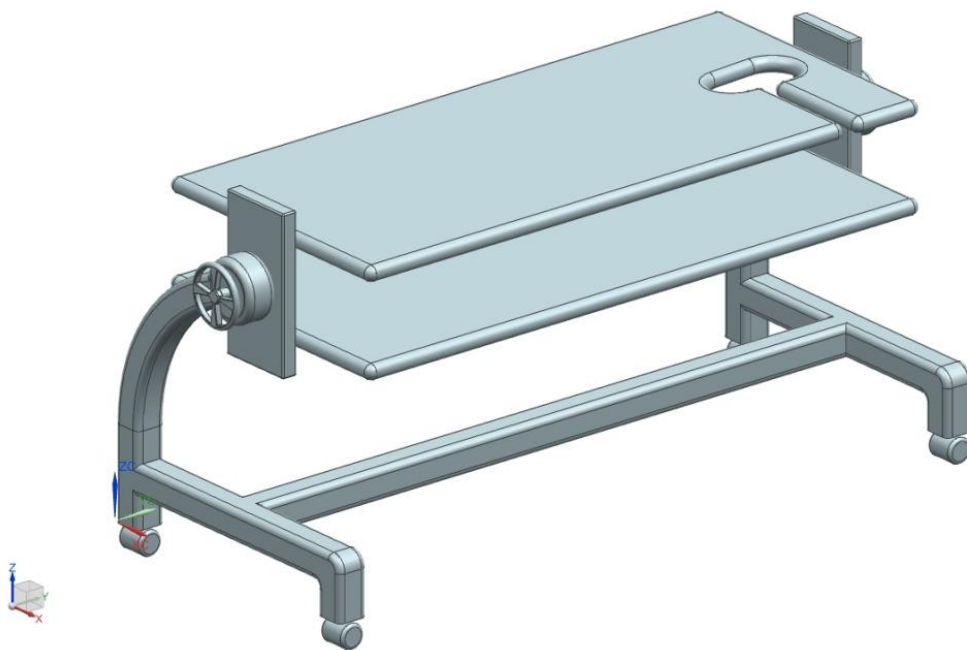
5.3 Nosný rám

Byl zhotoven model v programu Simens NX. Tento model byl následně nasíťovaný pomocí metody konečných prvků (MKP). Výsledný model byl zatížen silou 2000N. Pro výpočet jsme uvažovali spojení mezi součástmi jako dokonale tuhé. Ve výpočtu byl na nosný rám použit materiál PA 66 a na rámy pod matracemi kompozit vyrobený pultruzní metodou.

Protože je výpočet konstrukce omezený hardwarovými možnostmi počítačů, bylo potřeba výpočtový model zjednodušit. Rám pod matracemi, který je navržen z mezikruhového průřezu, jsme ve výpočtovém modelu nahradili hranolem čtvercového průřezu s odpovídajícím J_z (kvadratickým momentem průřezu).

U lůžka rozeznáváme dva možné zátěžné stavy:

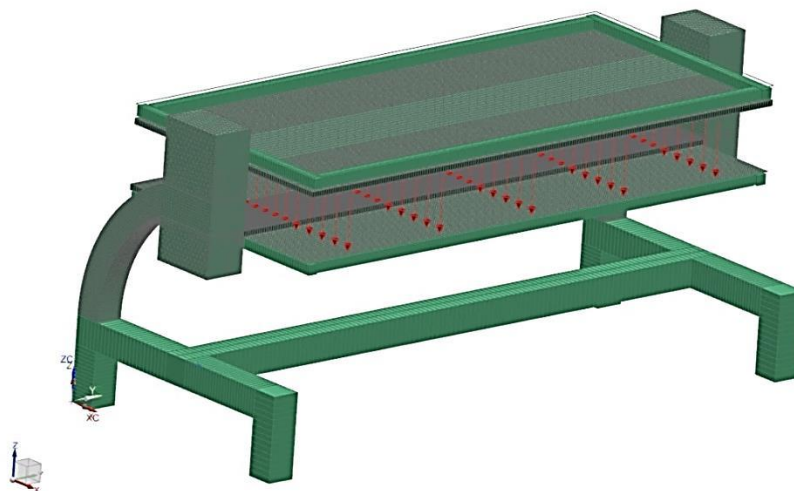
- a) Na lůžku jsou připevněny obě desky.
- b) Na lůžku je připevněna jen jedna deska.



Obrázek 34:- zjednodušený model 3D model

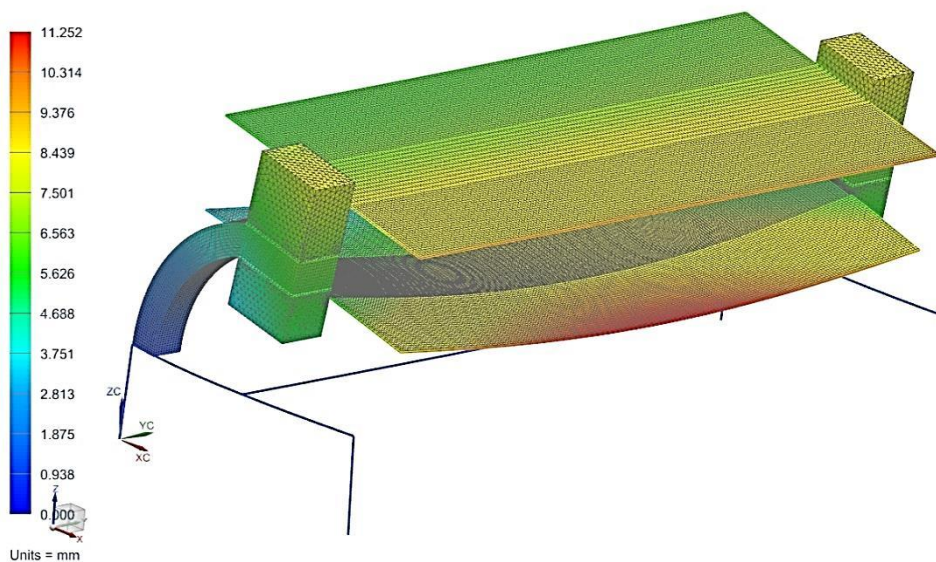
5.4 Výpočet napětí a deformací metodou konečných prvků (MKP)

a) Na lůžku jsou připevněny obě desky.



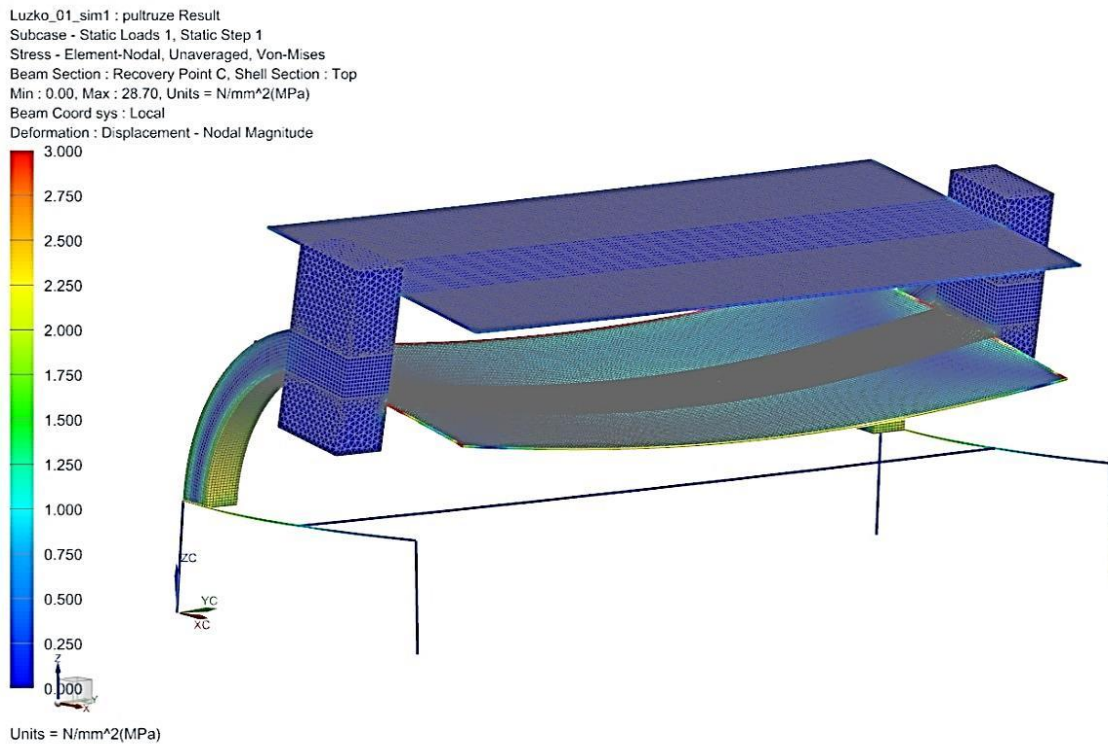
Obrázek 35:- síťový model (obě desky)

Luzko_01_sim1 : pultruze Result
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.000, Max : 11.252, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obrázek 36:- deformace lůžka (MAX=11.3mm)

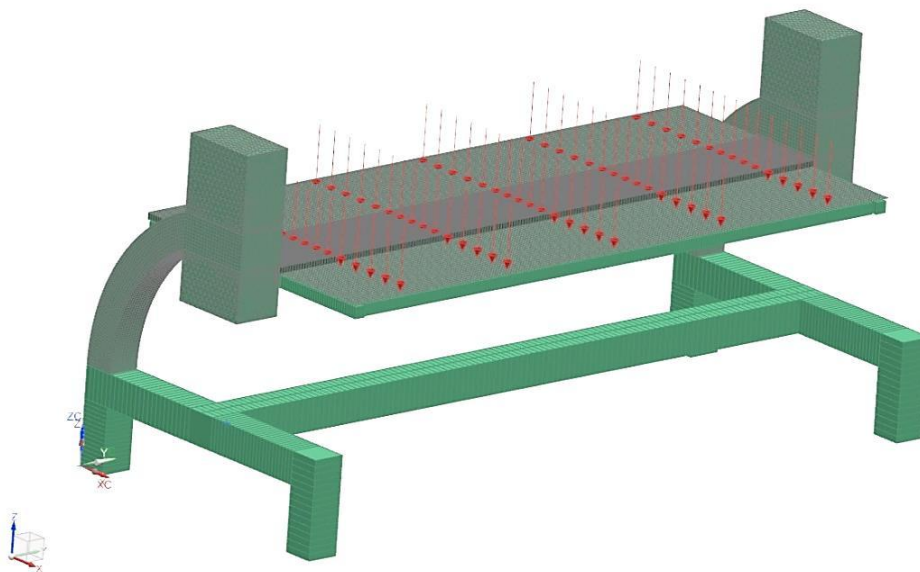
Maximální průhyb ve vertikálním směru byl 11,3 mm viz obrázek.



Obrázek 37:- rozložení napětí

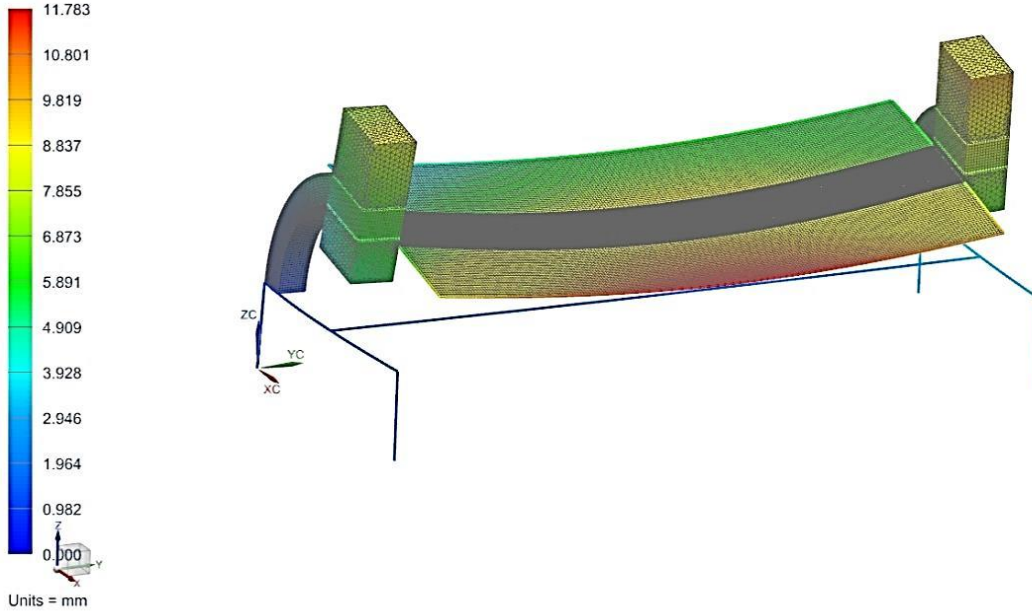
Maximální napětí bylo 28,7 MPa. Dovolené napětí u materiálu PA66 je 55 - 85 [Mpa] [13] viz obrázek.

b) Na lůžku je připevněna jen jedna deska.



Obrázek 38:- síťový model (jedna deska)

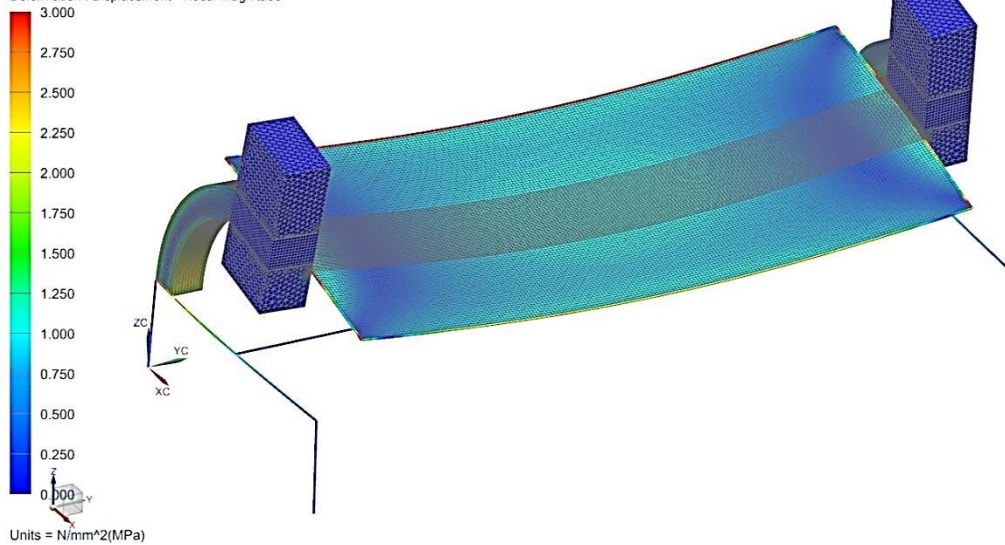
Luzko_01_sim1 : pultruze Result
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.000, Max : 11.783, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obrázek 39:- deformace lůžka (MAX=11.8mm)

Maximální průhyb ve vertikálním směru byl 11,8 mm viz obrázek.

Luzko_01_sim1 : pultruze Result
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1
Stress - Element-Nodal, Unaveraged, Von-Mises
Beam Section : Recovery Point C, Shell Section : Top
Min : 0.00, Max : 28.71, Units = N/mm²(MPa)
Beam Coord sys : Local
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obrázek 40:- rozložení napětí

Maximální napětí je 28,7 MPa.

Dovolené napětí u materiálu PA66 je 55 - 85 [MPa] [14] viz výše uvedené ilustrace.

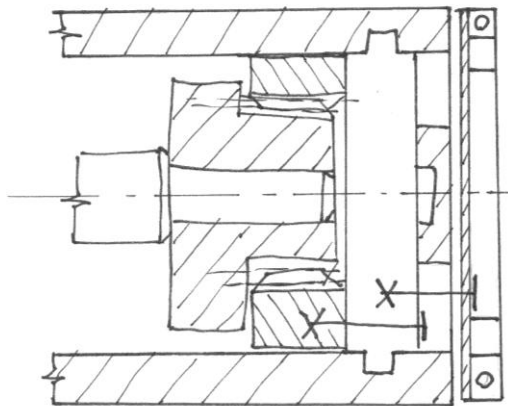
Na výpočtových modelech byly nastíněny dva případy. V prvním případě je na lůžko připevněn hrudní i zádový rám. V druhém případě je na lůžku připevněn jen zádový rám.

Z výsledků je zřejmé, že se konstrukce více deformuje při variantě, kdy je hrudní rám odstraněn.

U varianty s použitím obou rámu je největší celková deformace na spodním rámu uprostřed vnější strany. Maximální hodnota průhybu je 11,3 mm při napětí 28,7 MPa.

U varianty se zádovým rámem je největší deformace ve stejném místě, s maximální hodnotou průhybu 11.8 mm při napětí 28,7.

5.5 Vedení zdvihu



Obrázek 41:- vedení zdvihu

Použitý materiál: murilon A (PA66) - viz přílohy

Síla: $F = 2000[\text{N}]$, $P_D = \underline{160[\text{MPa}] \rightarrow 1,6 * 10^8[\text{Pa}]}$

(Předpokládáme zde nejhorší případ, kdy pacient s váhou 200kg sedí přímo u vedení zdvihu.)

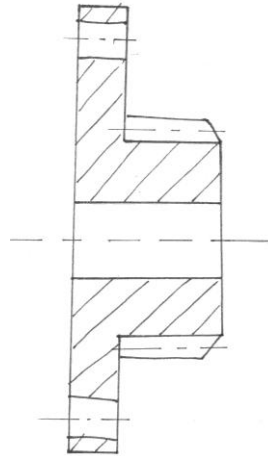
$$P_D = \frac{F}{S} \quad 38$$
$$S = \frac{F}{P_D}$$
$$S = \frac{2000}{1,6 * 10^8}$$
$$S = 1,25 * 10^{-5} m^2 = \underline{12,5 mm^2}$$

³⁸ P_D - dovolený tlak

F - zatěžující síla od rámu pod matracemi

S - nejmenší možná plocha, o kterou se při těchto podmínkách může vedení zdvihu opírat

5.6 Ozubený převod kolo – hřeben



Obrázek 42:- převod kolo – hřeben (kolo)

5.6.1 Kolo

$$d_a = 60 \text{ mm}^{39}$$

$$m = 3 \text{ mm}^{40}$$

$$Z_1 > 17^{41}$$

Přímé zuby:

$$d_{a1} = d_1 + 2 * m * h_a \quad [12]$$

$$d_1 = d_{a1} - 2 * m * h_a$$

$$d_1 = 60 - 2 * 3 * 1$$

$$d_1 = 54$$

$$d_1 = m * z$$

$$z_1 = \frac{d_1}{m} \quad [12]$$

$$z_1 = \frac{54}{3} = \underline{18}$$

$$d_f = d_1 - 2 * m * (h * a + C * a) \quad [12]^{42}$$

$$54 - 2 * 3 * (1 + 0,25) = \underline{46.5 \text{ mm}}$$

³⁹ d_a - průměr hlavové kružnice

⁴⁰ m - modul

⁴¹ $Z_{x,y}$ - počet zubů na kole

⁴² d_f - průměr patní kružnice

$$p = \pi * m \quad [12]^{43}$$

$$p = \pi * 3 = \underline{9,425}$$

$$e_1 = s_1 = 0,5 * \pi * m^{44} \quad [12]$$

$$e_1 = s_1 = 0,5 * \pi * 3 = \underline{4,712}$$

5.6.2 Hřeben



Obrázek 43:- převod kolo – hřeben (hřeben)

Na hřebenu jsou zuby stejného tvaru i rozměrů jako u ozubeného kola. Počet zubů se zde odvíjí od délky hřebenu.

5.6.3 Výpočet šířky ozubení

Z důvodu dobrého záběhu ozubení je pro hřeben a kolo volený jiný materiál. Kolo je vyrobeno z POM (polyoxymethylen) a hřeben z PA66 (polyamid).

Vzorec pro dovolené napětí:

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} \quad [12]^{45}$$

Koeficient bezpečnosti:

$$k=1,5 - 5 \rightarrow k=3$$

a) POM

$$R_e=70 \text{ [MPa]} \quad [10]$$

$$E=1700-3000 \text{ [MPa]} \quad [10]$$

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} \quad [12]$$

$$\sigma_D = \frac{70}{3} = 23,3 \text{ [MPa]}$$

⁴³ p - tloušťka zubu na patní kružnici

⁴⁴ e - tloušťka zubu na hlavové kružnici

⁴⁵ σ_D - dovolené napětí

R_e - mez kluzu

k - koeficient bezpečnosti

$$\sigma_o = \sigma_D = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_o * 2,25 * m}{\frac{1}{6} * (\pi * m)^2 * b} \quad [12]^{46}$$

$$b = \frac{13,5 * F_o}{\sigma_D * (\pi * m)^2}$$

$$b = \frac{13,5 * 2000}{23,3 * (\pi * 3)^2} = 13,05 \text{ mm} \gg \underline{14 \text{ mm}}$$

Zaokrouhlujeme nahoru.

b) PA66

$R_e = 55-85$ [MPa] [10]

$E = 2800-3500$ [MPa] [10]

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} \quad [12]$$

$$\sigma_D = \frac{55}{3} = 18,3 \text{ [MPa]}$$

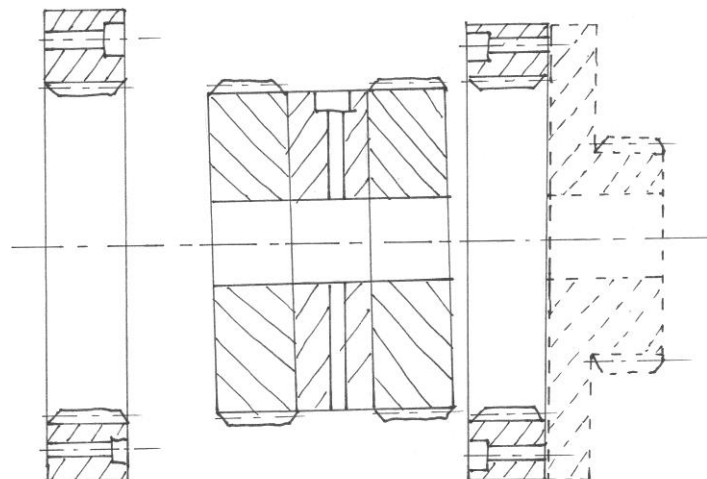
$$\sigma_o = \sigma_D = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_o * 2,25 * m}{\frac{1}{6} * (\pi * m)^2 * b} \quad [12]$$

$$b = \frac{13,5 * F_o}{\sigma_D * (\pi * m)^2}$$

$$b = \frac{13,5 * 2000}{18,3 * (\pi * 3)^2} = 16,6 \text{ mm} \gg \underline{17 \text{ mm}}$$

Pro hřeben i ozubené kolo volíme vyšší šířku 17mm.

5.7 Spojka řazení



Obrázek 44:- spojka řazení

⁴⁶ Mo - ohybový moment
Wo - modul průřezu
b - šířka ozubení

a) Vnější ozubení

$$d_{a1} = d_1 + 2 * m * h * a_{a1} \quad [12]$$

$$d_1 = d_{a1} - 2 * m * h * a_{a1}$$

$$d_1 = 69 - 2 * 3 * 1 = 63[mm]$$

$$d_1 = m * z \quad [12]$$

$$z_1 = \frac{d_1}{m} = \frac{63}{3} = 21$$

$$d_{b1} = d_1 * \cos(\alpha) \quad [12]$$

$$63 * \cos(20) = 59,2[mm]$$

$$d_{f1} = d_1 - 2 * m * (h * a + C * a) \quad [12]$$

$$d_{f1} = 63 - 2 * 3 * (1 + 0,25)$$

$$d_{f1} = 55,5mm$$

b) Vnitřní ozubení

$$d_1 = d_2 = 63 \text{ [mm]}$$

$$d_2 = m * z_2 \quad [12]$$

$$z_2 = \frac{d_2}{m} = \frac{63}{3} = 21$$

$$d_{b2} = d_2 * \cos(\alpha) \quad [12]$$

$$d_{b2} = 63 * \cos(20) = 59,2$$

$$d_{f2} = d_2 + 2 * m * (h_a + C_a) \quad d_{f2} = 63 + 2 * 3 * 1,25$$

$$d_{f2} = 70,5[mm] \quad [12]^{47}$$

$$p = \pi * m \quad [12]$$

$$p = \pi * 3 = 9,425$$

$$e_1 = s_1 = 0,5 * \pi * m \quad [12]$$

$$e_1 = s_1 = 0,5 * \pi * 3 = 4,712$$

5.7.1 Výpočet šířky ozubení

Koeficient bezpečnosti:

$$k=1,5 - 5 \rightarrow k=3$$

a) POM

$$R_e=70 \text{ [MPa]}$$

$$E=1700-3000 \text{ [MPa]}$$

⁴⁷ h - výška zubu

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} [12]$$

$$\sigma_D = \frac{70}{3} = 23,3 [MPa]$$

$$\sigma_o = \sigma_D = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_o * 2,25 * m}{\frac{1}{6} * (\pi * m)^2 * b} [12]$$

$$b = \frac{13,5 * F_o}{\sigma_D * (\pi * m)^2}$$

$$b = \frac{13,5 * 2000}{23,3 * (\pi * 3)^2} = 13,05 mm \gg \underline{14 mm}$$

b) PA66

Re=55-85 [MPa]

E=2800-3500 [MPa]

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} [12]$$

$$\sigma_D = \frac{55}{3} = 18,3 [MPa]$$

$$\sigma_o = \sigma_D = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_o * 2,25 * m}{\frac{1}{6} * (\pi * m)^2 * b} [12]^{48}$$

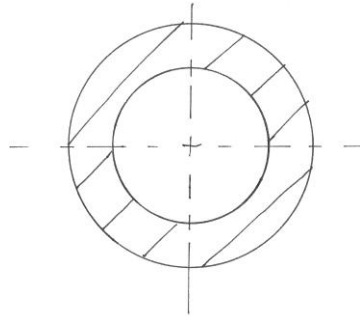
$$b = \frac{13,5 * F_o}{\sigma_D * (\pi * m)^2}$$

$$b = \frac{13,5 * 2000}{18,3 * (\pi * 3)^2} = 16,6 mm \gg \underline{17 mm}$$

Kvůli dobrému záběhu ozubení volíme pro kolo s vnějším ozubením odlišný materiál, než je materiál kol s vnitřním ozubením. Kolo s vnějším ozubením je vyrobeno z materiálu PA 66. Kolo s vnitřním ozubením je vyrobeno z materiálu POM.

⁴⁸ F_o - zátěžná síla

5.8 Hřídel mechanismu



Obrázek 45:- hřídel mechanismu

Materiál: PA66 (Murilon A)

Mez kluzu $R_e=90$

Koeficient bezpečnosti $k=3$

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} [4]$$

$$\sigma_D = \frac{90}{3} = 30 [MPa]$$

$$\tau_D \cong 0,6 * \sigma_D [6]^{49}$$

$$\tau_D \cong 0,6 * 30 = 18 [MPa]$$

$$M_k = d_{1hr} * F [4]^{50}$$

$$M_k = 54 * 2000$$

$$M_k = 108000 [Nm]$$

$$\tau_{max} = \frac{\frac{M_k}{J_p} * D}{2} = \frac{16M_k}{\pi * D^3} * \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right] = \frac{M_k}{W_k} \geq \tau_D [4]^{51}$$

$$\tau_D = \frac{M_k * D}{J_p} [4]$$

$$J_p = \frac{\pi}{32} * (D^4 - d^4) [4]$$

⁴⁹ τ_D - dovolené napětí v krutu

⁵⁰ M_k - moment v krutu

⁵¹ W_k - modul průřezu v krutu

$$\tau_D = \frac{32M_k * D}{2 * \pi * (D^4 - d^4)}$$

$$D^4 - d^4 = \frac{32M_k * D}{2 * \pi * \tau_D}$$

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{32M_k * D}{2 * \pi * \tau_D}}$$

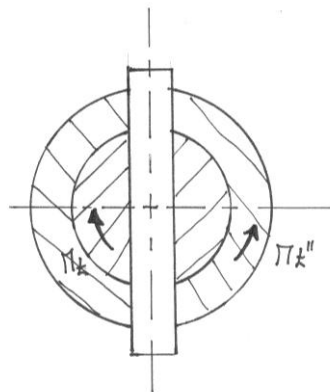
Pro průměr D=35:

$$d = \sqrt[4]{35^4 - \frac{32 * 108000 * 35}{2 * \pi * 18}}$$

$$d = 25,6 \text{ [mm]}$$

Po zaokrouhlení dolů 25 [mm]

5.9 Spojovací kolík



Obrázek 46:- spojovací kolík

Materiál: Murilon A GF

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} [4]$$

$$\sigma_D = \frac{100}{3} = 33,3 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_D \cong 0,6 * \sigma_D [6]$$

$$\tau_D \cong 0,6 * 33,3 = 19,98[\text{MPa}]$$

$$\tau_1 = \frac{F_1}{S_1} = \frac{\frac{M_t}{\frac{n_{\text{řez}} * d}{2}}}{\frac{\pi * d_k^2}{4}} \leq \tau_D \quad [6]^{52}$$

$$\tau_D = \frac{4M_t}{\frac{n_{\text{řez}} * d}{2} * \pi * d_k^2}$$

$$\tau_D = \frac{8M_t}{n_{\text{řez}} * d * \pi * d_k^2}$$

$$d_k = \sqrt{\frac{8M_t}{n_{\text{řez}} * d * \pi * \tau_D}}$$

$$d_k = \sqrt{\frac{8 * 108000}{4 * 25 * \pi * 19,98}}$$

$$\underline{d_k = 12[\text{mm}]}$$

Kontrola na tlak :

$$P_D = \sigma_D = 33,3[\text{MPa}] = \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$F = 2000[\text{N}]$$

$$P = \frac{F}{S} \leq P_D \quad [6]$$

$$S = (D - d) * d_k \quad [6]$$

$$S = (30 - 22) * 16$$

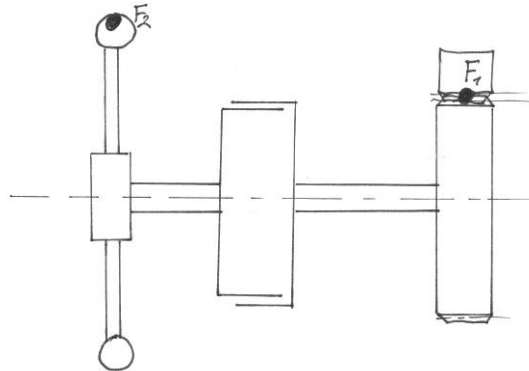
$$S = 128\text{mm}^2$$

⁵² d_k - průměr kolíku

$$P = \frac{2000}{128} = 15,6[\text{MPa}]$$
$$33,3 > 15,6$$
$$P_D > P$$

Měrný tlak vyhovuje.

5.10 Návrh ovládacího kola



Obrázek 47:- rozložení sil

Vysvětlivky:

F1=síla na kole v hřebenovém převodu

F2=síla na ovládacím kole

F1=2000 [N]

$r_1 = d_1/2 = 54/2 = 27$ [mm] = 0,027 [m]

$r_2 = 300$ [mm] = 0,3 [m]

M1=M2

F2=?

$$F_1 * r_1 = F_2 * r_2$$
$$F_2 = \frac{F_1 * r_1}{r_2}$$
$$F_2 = \frac{2000 * 0,027}{0,3}$$
$$F_2 = 180[\text{N}] \cong 18\text{kg}$$

⁵³ F₁. síla na kole hřebenového převodu

F₂. síla na ovládacím kole

r₁. poloměr hřebenového kola

r₂. poloměr ovládacího kola

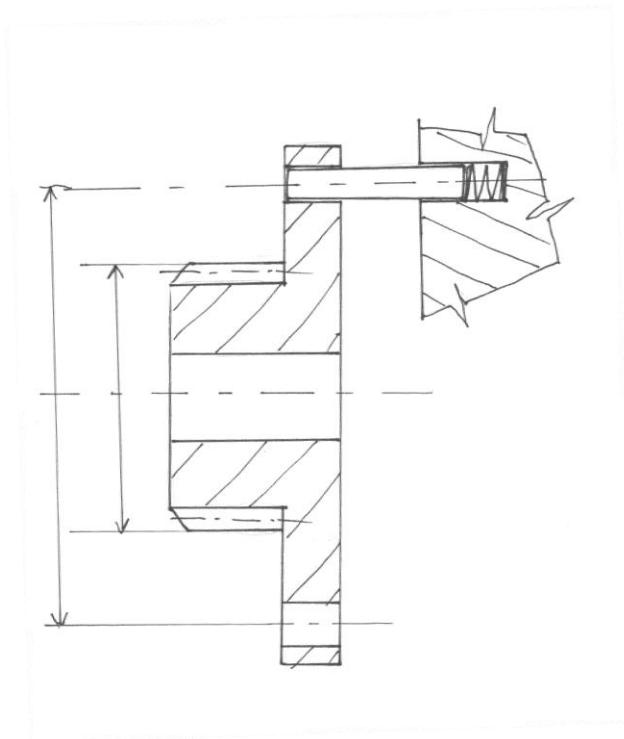
„Váha 200 kg je extrémní případ. Obecně se dá říci, že podle šetření HIS byla v roce 2002 průměrná váha ženy 67,1 kg, muže 81,4 kg a že BMI je nejnižší ve věkové kategorii 15 - 24 let.“ [35]

Potom tedy průměrná síla, kterou bude muset personál otáčet kolem je:

$$F_2 = \frac{F_1 * r_1}{r_2}$$
$$F_2 = \frac{814 * 0,027}{0,3}$$
$$F_2 = 73,26[N] \cong 7,3kg$$

Z uvedeného vyplývá, že nejčastěji vyvozovaná síla potřebná k manipulaci s pacientem bude okolo 73,26N, což je jako zdvihání 7,3kg závaží.

5.11 Aretace



Obrázek 48:- aretace

$$F_1=2000 [N]$$

$$r_1 = 300 [mm] = 0,3 [m]$$

$$r_2 = d_1/2=50/2=25 [mm] = 0,025 [m]$$

$$M_1=r_1 * F_1= 0,3*2000=600 [Nm]$$

$$M_1=M_2=600[Nm]$$

Materiál: Murilon A GF

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{100}{3} = 33,3[\text{MPa}]$$
$$\tau_D = 0,6 * 33,3 = 19,98 [\text{MPa}]$$

Moment působí na rameni r , které představuje vzdálenost mezi roztečnou kružnicí děr aretace a patní kružnicí zubů na hřebenovém kole.

$$M_k = F * r$$

$$M_k = 2000 * 0,3 = 600 [\text{Nm}]$$

Střížná síla

$$M_k = F_s * d$$

$$F_s = \frac{M_k}{d} \quad 54$$

$$F_s = \frac{600}{0,05}$$

$$F_s = 12000[\text{N}]$$

5.11.1 Dimenzování

$$\tau_s = \frac{\frac{F_s}{\pi * d_k^2} * 1}{3} \leq \tau_{sD} \quad 55$$

$$d_k \geq \sqrt{\frac{4 * F_s}{\pi * \tau_{sD}} * 1}$$

$$d_k = \sqrt{\frac{4 * 12000}{\pi * 19,98} * 1}$$

$$d_k = 16[\text{mm}]$$

⁵⁴ F_s - střížná síla

D - průměr roztečné kružnice aretačních děr

⁵⁵ τ_s - střížné napětí v krutu

τ_{sD} - dovolené střížné napětí v krutu

F_s - střížná síla

5.11.2 Kontrola na tlak

(viz Obrázek 45, 46)

$$P = \frac{F}{S} \leq P_D$$

$$F=2000 \text{ [N]}$$

$$F = \frac{F_1 * r_1}{r_{aret}}$$

$$F = \frac{2000 * 0,3}{0,5}$$

$$F = 1200$$

$$P_D = \sigma_D = 33,3 \text{ [MPa]} = \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

b - šířka kola (10 mm nebo 14 mm)

$$S=b*d_k$$

$$S=10*16$$

$$S=160$$

$$P = \frac{1200}{160}$$

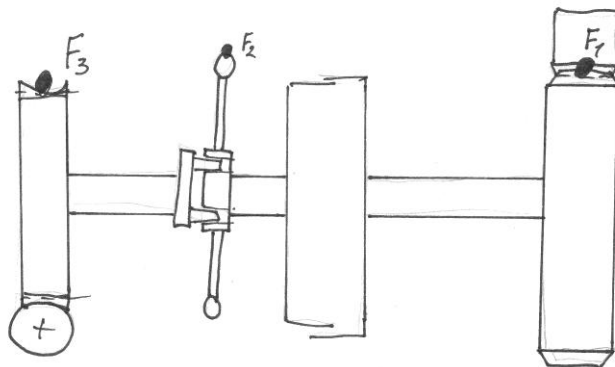
$$P = 7.5$$

$$33,3 > 7.5$$

$$P_D > P$$

Měrný tlak vyhovuje

5.12 Šnekový převod



56

Obrázek 49:- rozložení sil

5.12.1 Návrh šnekového kola

$$Z_2=47$$

$$d_2=m \cdot z_2 \quad [12]$$

$$d_2=3 \cdot 47=141$$

$$d_{a2}=d_2+2 \cdot m \cdot h_a \quad [12]$$

$$d_{a2}=141+2 \cdot 3 \cdot 1=147$$

$$d_f = d_2 - 2 \cdot m \cdot (h_a + c_a) \quad [12]$$

$$d_f = 141 - 2 \cdot 3 \cdot (1 + 0,25) = \underline{\underline{133,5\text{mm}}}$$

⁵⁶ F1 - síla na kole v hřebenovém převodu

F2 - síla na ovládacím kole

F3 - síla na kole ve šnekovém převodu

5.12.2 Návrh šneku

$$Z_1=1$$

$$d_1=m \cdot q \quad [12]$$

$$d_1=3 \cdot 10=30$$

$$d_{a1}=d_1+2 \cdot m \cdot h_a \quad [12]$$

$$d_{a1}=30+2 \cdot 3 \cdot 1=36$$

$$d_f = d_1 - 2 \cdot m \cdot (h \cdot a + C_a) \quad [12]$$

$$d_f = 30 - 2 \cdot 3 \cdot (1 + 0,25) = \underline{22,5\text{mm}}$$

$$L_1 \approx (11 + 0,06 \cdot z_2) \cdot m \quad [12]^{57}$$

$$z_1 < 4$$

$$L_1 \approx (11 + 0,06 \cdot 47) \cdot 3 = 41,46 \text{ mm}$$

5.12.3 Moment na šneku

$$M_{k1} = M_{k3}$$

$$F = \frac{2 \cdot M_k}{D} \quad [12]$$

$$F_1 \cdot r_1 = F_3 \cdot r_2$$

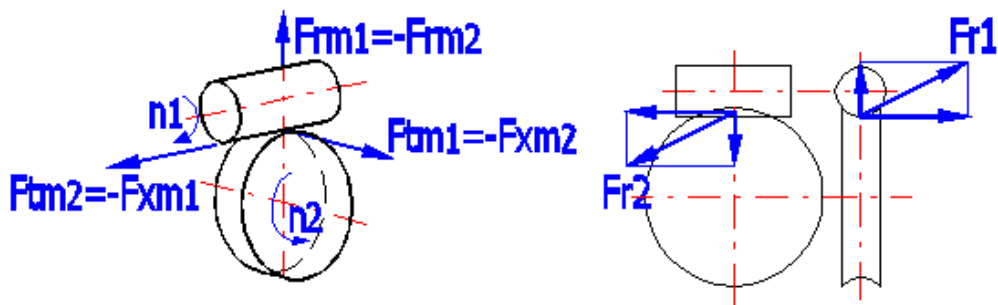
$$F_3 = \frac{F_1 \cdot r_1}{r_3}$$

$$F_3 = \frac{2000 \cdot 54}{141}$$

$$F_3 = 766 \text{ [N]}$$

Výpočet sil přenesených šnekovým převodem:

⁵⁷ L_1 - délka šneku



Obrázek 50:- silové poměry na šnekovémn soukolí [29]

$$F_{tm2}=F_3$$

$$F_{tm2}=776 = -F_{xm1}$$

$$F_{tm1}=-776= -F_{xm2}$$

Moment na šneku:

$$M=F_{tm1} \cdot d$$

$$M=776 \cdot 30=23280 \text{ [Nmm]} = 23,3 \text{ [Nm]}$$

Vysvětlivky:

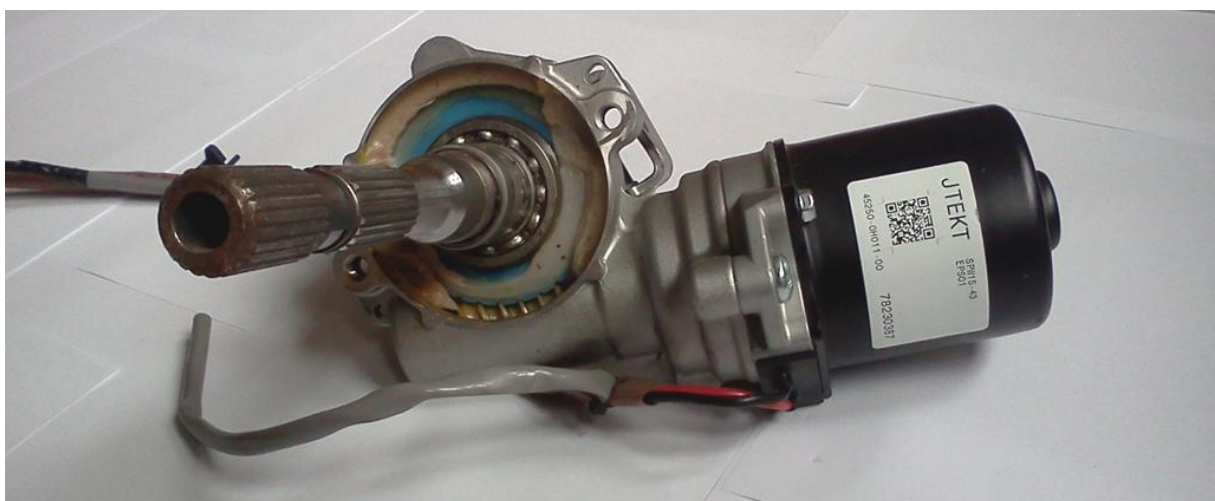
M - moment na šneku

F_{tm} - tečná síla

F_{nm} - normálová síla

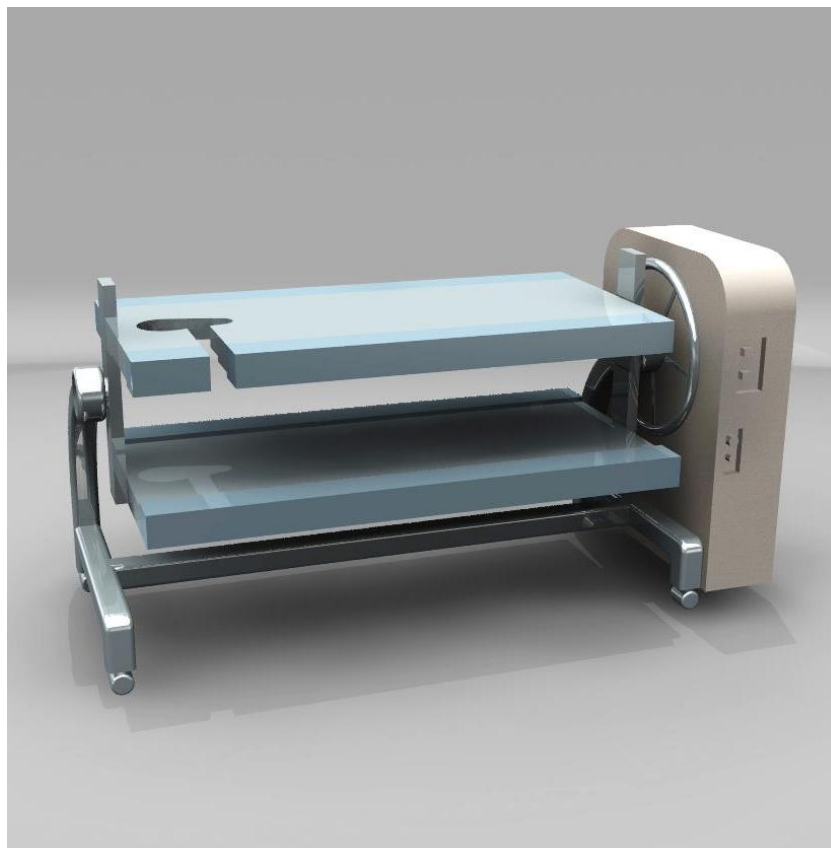
d - průměr šneku

Použijeme stejnosměrný 24v motor s točivým momentem 25 Nm.



Obrázek 51:- elektromotor na 24v s převodem

6 TECHNICKO - EKONOMICKÁ ÚVAHA



Obrázek 52: sestava zařízení

6.1 Nosný rám

Objem: $V = 6292977,3,5152[\text{mm}^3] = 62,93[\text{dm}^3]$

Materiál: PA66

Hustota: $\rho = 1,14 \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right]$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1,14 * 62,93$$

$$m = 71,74[\text{kg}]$$

Cena:

$$71,74 * 192,50 = 13809,95\text{Kč}, \rightarrow 13810\text{Kč}, -$$

$$71,74 * 212,50 = 15244,75\text{Kč}, \rightarrow 15250\text{Kč}, -$$

6.2 Konzole včetně manipulačního zařízení

Objem: $V = 16293950,4339[\text{mm}^3] = 16[\text{dm}^3]$

Materiál: PA66

Hustota: $\rho = 1,14 \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right]$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1,14 * 16$$

$$m = 18,24[\text{kg}]$$

Cena:

$$18,24 * 192,50 = 3512\text{Kč}, \rightarrow 3520\text{Kč}, -$$

$$71,74 * 212,50 = 3876\text{Kč}, \rightarrow \underline{3880\text{Kč}, -}$$

Přibližná celková hmotnost: $m = \underline{90[\text{kg}]}$

Přibližná celková cena: 19200Kč, -

Diplomová práce zahrnuje jen velmi malou část navržené lůžkové sestavy. Do celkové ceny je nutno zahrnout počet vyrobených kusů, někdy i několikaletý vývoj, cenu konstrukčních prací, výrobní cenu jednotlivých součástí, provozní cenu použitých strojů, cenu montáže, marži výrobce a konečného prodejce.

Bohužel mnohé z těchto cen není možné z pozice studenta vysoké školy zjistit. V praxi o ceně vyvíjeného produktu nemají informace ani konstruktéři, kteří se na vývoji podílí. Samotný produkt podléhá firemnímu tajemství a know how. Z těchto důvodů slouží uvedená cena pouze jako nástin konečné částky, která by ve skutečnosti byla o tyto položky vyšší.

7 ZÁVĚR

V diplomové práci byl vypracován konstrukční návrh multifunkčního polohovacího lůžka pro pacienty. Tato práce navazuje na předchozí závěrečnou bakalářskou práci, která se zabývala obdobnou problematikou, a to návrhem lůžka pro pacienty s poraněním páteře a míchy. Původní návrh byl rozpracován a prohlouben tak, aby vyhovoval nemocným s náročnější formou péče – a to především pacientům v kómatu s vyšší hmotností a usnadnil manipulaci zdravotnickému personálu s nemocným během dlouhodobé a náročné hospitalizace.

Návrh zařízení se zabývá zejména problematikou přetočení pacienta umístěného na lůžku z pozice „vleže na zádech“ do pozice „vleže na břiše“. Ke změnám polohy dojde přetočením lůžka, aniž by muselo být s tělem pacienta fyzicky manipulováno. Práce byla tematicky rozdělena do několika hlavních částí.

V první úvodní části se seznamujeme s charakteristikou pacienta, pro kterého je lůžko určeno. Z pohledu funkčnosti lůžka je nastíněna péče, které je potřeba k ošetření pacientů, a je vymezeno prostředí, kde by se lůžko mělo používat. Dále je zde shrnuto řešení ošetřování pacientů s poruchou vědomí v minulosti a jsou uvedena i současná řešení a jejich úskalí.

Druhá část zahrnuje požadavky na nemocniční lůžko. Zohledňuje jak potřeby léčby pacienta, nároky obsluhy, všeobecné technické požadavky, tak i speciální požadavky na manipulaci, konstrukci a materiály vyplývající ze specializace tohoto zařízení.

Na základě výše uvedených požadavků byla vytvořena základní topologie lůžka. Dále jsou popsány jednotlivé části, jejich účel přenášené síly, použití materiálů a dimenzování součástí. Rozměry jednotlivých součástí byly použity pro vytvoření 3D modelů. Obrázky těchto modelů tvoří názornou ilustraci k popisovaným součástem. Pro dimenzování nosného rámu a celkovou představu deformací lůžka při plném zatížení byl vytvořen zjednodušený výpočtový model. Model byl posléze rozdělen pomocí metody konečných prvků (MKP), zatížen silou 2000N odpovídající 200kg a pomocí řešiče NASTRAN byly spočítány výsledné deformace. 3D modely hlavních částí byly vytvořené ve 3D CAD modeláři NX Siemens. Ve 3D modelu bylo nasimulováno zatížení a okrajové podmínky.

Celý konstrukční návrh bylo možné posoudit jen z velmi malé části. Pokud by mělo být polohovací zařízení řešeno do detailů a se všemi nutnými náležitostmi, nemohla by tato práce být pouze závěrečnou diplomovou prací jediného studenta. Pro vyřešení všech úskalí takového zařízení by byla nutná spolupráce řady odborníků potřebného zaměření v rámci většího projektu.

Za jeden z přínosů práce lze považovat pokus zkonstruovat lůžko z neferomagnetických a elektricky nevodivých materiálů, neboť toto řešení by usnadnilo obsluhu na řadě vyšetření na příklad u pacientů s neurochirurgickými onemocněními. Během vyšetřovacích metod jako je magnetická rezonance, nesmí být pacient umístěn na lůžku obsahujícím kovové součásti.

Použitím v práci navrženého lůžka by se snížila nutná manipulace s nemocným, která je v případě vážných poranění centrální nervové soustavy vždy rizikovým prvkem.

Během návrhů řešení jednotlivých částí lůžka vyšlo najevo, že některé součásti by bylo třeba zhotovit z materiálů, které se běžně pro zdravotnické pomůcky nepoužívají. U součástí, které je třeba zhotovit ze sklolaminátu, jež neodpovídá podmínkám použití v nemocničním prostředí, bylo navrženo použití metody povlakování plasty. Touto úpravou se povrchové vlastnosti takových součástí promění natolik, že plně odpovídají požadavkům zdravotnického použití.

Diplomová práce tedy poskytla náhled na vývoj a stav polohovacích zařízení pro pacienty. Byly zde představeny základní požadavky na taková zařízení a problémy při jejich použití v praxi.

Rád bych poděkoval za možnost nahlédnout do nepříliš diskutované části zdravotnictví. Věřím, že na základě předložené studie lze ve spolupráci s odborníky najít a realizovat řešení, které bude prospěšné pacientům a zároveň užitečné zdravotnímu personálu v jejich nelehké práci.

8 ZDROJE

8.1 KNIŽNÍ PUBLIKACE

- [1] BARTOŠ, J., P. GAJDOŠ a V. NOVÁK. Strojní součásti. Praha 1: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. Bez ISBN.
- [2] BOLEK a Václav KREJČÍ. Hřídelové spojky. Praha 1: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1967. DT 621.825.
- [3] EHRENSTEIN, Gottfried W. Polymerní kompozitní materiály. V ČR 1. vyd. Praha: Scientia, 2009, 351 s. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [4] HÁJEK, Emanuel et al. Pružnost a pevnost 1. Praha 1: Ediční středisko ČVUT, 1981.
- [5] HORSÁK, Marek. *Návrh stavebnicového systému řešení sendvičových konstrukcí*. Zlín, 2013. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Ladislav Fojtl.
- [6] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. Příručka strojního inženýra: obecné strojní součásti. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2000, viii, 198 s. Edice strojaře. ISBN 80-7226-202-5.
- [7] JEDLIČKOVÁ, Anna. Antimikrobiální terapie: v každodenní praxi. 3. rozš. vyd. Praha: Maxdorf, 2009, 662 s. ISBN 978-807-3452-087.
- [8] KASAL, Eduard. *Základy anesteziologie, resuscitace, neodkladné medicíny a intenzivní péče*. Praha: Karolinum, 2003. ISBN 8024605562.
- [9] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. Technické kreslení. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005, 252 s. ISBN 80-251-0498-2.
- [10] KOLÁŘ, Pavel. Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.
- [11] KOLOUCH, Jan. Strojní součásti z plastu. Praha 1: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1981. DT 678.5 : 621.81.
- [12] KRÁTKÝ, Jaroslav, Eva KRONEROVÁ a Stanislav HOSNEDL. Obecné strojní části 2. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. ISBN 978-80-261-0066-9.

- [13] KRAUS, Václav. Povrchy a jejich úpravy. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 216 s. ISBN 80-708-2668-1.
- [14] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 4. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [15] LIPPERTOVÁ-GRÜNEROVÁ, Marcela. Rehabilitace pacientů v kómatu. Praha: Galén, 2013. ISBN 978-80-7262-761-5.
- [16] MIZEROVÁ, Kateřina. Magnetická rezonance, zobrazovací metody a použití. Plzeň, 2011. Bakalářská. ZČU. Vedoucí práce Prof. Ing. Milan Štokr, CSc.
- [17] NAVRÁTIL, Luděk. *Neurochirurgie: Učební texty Univerzity Karlovy v Praze*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2068-8.
- [18] SAMEŠ, Martin. Neurochirurgie: učebnice pro lékařské fakulty a postgraduální studium příbuzných oborů. 1. vyd. Praha: MAXDORF, 2005, 127 s. ISBN 80-734-5072-0.
- [19] SKÁLOVÁ, Jana. Fyzikálně metalurgický slovník. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7043-362-0.
- [20] WENDSCHE, Peter. Poranění páteře a míchy: komplexní ošetrovatelská péče u para- a kvadruplegiků : [Určeno] pro PSS. Vyd. 1. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993, 83 s. Učební text. ISBN 80-701-3159-4.
- [21] WENDSCHE, Peter. Poranění míchy: ucelená ošetrovatelsko-rehabilitační péče. 2. přepracované vyd. Brno: NCONZO, 2009, 226 s. ISBN 978-807-0135-044.

8.2 PUBLIKACE NA INTERNETU

- [22] Apuntes auxiliar enfermeria. *Apuntes auxiliar enfermeria* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://apuntesauxiliarenfermeria.blogspot.cz/>
- [23] Autodromáci. *Autodromáci* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://autodromacimost.euweb.cz>
- [24] Bezvědomí a diagnostika komatózních stavů. *Ústav Patologické fyziologie* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://pfyziollfup.upol.cz>

- [25] Flickriver. *Flickriver* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.flickriver.com>
- [26] Integrated Publishing. *Integrated Publishing* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://armymedical.tpub.com/>
- [27] Karvinská hornická nemocnice a.s. *Karvinská hornická nemocnice a.s.* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.khn.cz>
- [28] Lift zero. *Lift zero* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://liftzero.com/>
- [29] MITCalc. *MITCalc* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.com/>
- [30] Moje RC. *Moje RC* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.mojerc.cz/>
- [31] Murtfeldt. *Murtfeldt* [online]. Dortmund [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: www.murtfeldt.cz
- [32] Pinterest. *Pinterest* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: www.pinterest.com
- [33] PMT- Pracoviště magnetické rezonance. KLINIKA PMT – MAGNETICKÁ REZONANCE BRNO. *PMT- Pracoviště magnetické rezonance* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.pmtbrno.cz>
- [34] RS. *RS* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://uk.rs-online.com>
- [35] Tkané textilie a kombináty. *Tkané textilie a kombináty* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.tech-tex.sk>
- [36] Ústav zdravotnických informací a statistik. *Ústav zdravotnických informací a statistik* [online]. Praha: P.O.BOX 60, 2017 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: www.uzis.cz/
- [37] Velký lékařský slovník. *Velký lékařský slovník* [online]. Maxdorf, 2017 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: lekarske.slovniky.cz/
- [38] Živnůstka. *Živnůstka* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: www.vytahyzivnustka.cz
- [39] 5M. *5M* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.5m.cz>

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHY

9 PŘÍLOHY

Seznamy použitých odborných pojmů:

9.1 Zdravotnické pojmy:

- Abusus - nadměrné užívání [37]
- Atrofie - zakrnělý, zmenšený [37]
- Autonomní - určitý stupeň nezávislosti v rámci nadřazeného celku [37]
- Decerebrační - různě rozsáhlý výpadek funkce nadřazených struktur mozku na funkce organismu [37]
- Dekubitus - proleženina. Ohraničené odumření tkáně jako následek dlouhotrvajícího tlaku způsobujícího poruchu prokrvení. [37]
- Epicystomie - vývod z močového měchýře [37]
- Fetální – plodový [37]
- Intrakraniální – nitrolební [37]
- Kardiopulmonální resuscitace – soubor resuscitačních reanimačních opatření k obnovení, ev. Udržení, alespoň minimálního oběhu krve a dýchání, tj okysličení krve a její průtok mozkiem [37]
- Katétr - cévka [37]
- Kontraktura - chorobné stažení svalu [37]
- Kortikální aktivita – aktivita kůry mozkové [37]
- Mediální rovina – střední rovina. Prochází předozadně středem těla a dělí ho na dvě souměrné poloviny [37]
- Pneumonie – zápal, zánět plic, přiněmž je postižen větší úsek plic. [37]
- Resuscitace – oživování [37]
- Reziduální - zbytkový, doznívající[37]
- Rigidita – ztuhlost [37]
- Sopor – těžší porucha vědomí s hlubokým spánkem, z něhož lze pacienta probít silným např. bolestivým podnětem [37]
- Somnolence – lehčí porucha vědomí se sníženou bdělostí. Spavost, z níž lze člověka snadno probudit oslovením, dotykem. [37]
- Spastický – provázený křečemi, křečovitý [37]
- Tenze – napětí [37]
- Tonus - napětí svalu nebo stěny cévy [37]
- Vegetativní – udržující růst a život bez závislosti na vůli [37]
- Vigilita - bdělost, stav opačný spánku, jedna ze stránek vědomí [37]

9.2 Technické pojmy:

- Axiální – souběžné s osou (hřídle, díry)
- MKP - metoda konečných prvků
- Feromagnetický – Vlastnost některých krystalických látek souvisejících s elektronovým spinem. [19]

- Vertikální – svislý
- Elektromagnetická indukce – jev, při kterém ve vodiči dochází ke vzniku elektromotorického napětí [19]
- Mezikruhový průřez – průřez trubkou
- PA 66 – polyamid (silon)
- PEI – polyeterimid
- Polymerní matrice – složka kompozitního materiálu pojící vlákna mezi sebou, která je zhotovená z polymeru
- Točivý moment – působení síly na bod vzdálený od osy otáčení hřídele

9.3 Zavedené pojmy popisující zařízení:

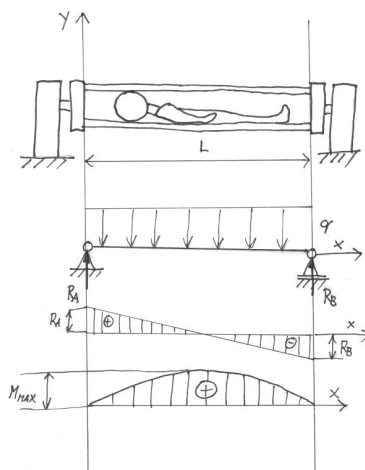
- Dok – část sestavy, která zůstává na stanovišti
- Lůžko – pohyblivá část, se kterou je možné převážet pacienta na vyšetření

9.4 Seznam použitých symbolů

- b - šířka ozubení
- d - vnitřní průměr
- D - vnější průměr
- d_a - průměr hlavové kružnice
- d_f - průměr patní kružnice
- e - tloušťka zubu na hlavové kružnici
- E - modul pružnosti pro použitý materiál
- F - síla
- F_o - zátěžná síla
- h - výška zubu
- J_z - kvadratický moment průřezu
- k - koeficient bezpečnosti
- L - délka rámu
- m - hmotnost
- m - modul (ozubená kola)
- M_k - moment v krutu
- M_o - ohybový moment
- p - tloušťka zubu na patní kružnici
- P_D - dovolený tlak
- q - zatížení lůžka
- $R_A; R_B$ - reakce v podpěrách
- R_e - mez kluzu
- S - obsah
- V - objem
- $V_{(l/2)}$ - průhyb rámu v polovině své délky
- W_k - modul průřezu v krutu
- W_o - modul průřezu
- $Z_{x,y}$ - počet zubů na kole
- ρ - hustota použitého materiálu
- σ_D - dovolené napětí
- τ_D - dovolené napětí v krutu

Pomocné výpočty

9.5 Výpočet ohybového momentu a posouvajících sil



$$R_A = R_B = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$T(x) = R_A - q \cdot x = \frac{q \cdot l}{2} - q \cdot x$$

$$M(x) = R_A \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{x}{2} = \frac{q \cdot l}{2} \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2}$$

I. $x \in \langle 0; \frac{l}{2} \rangle$

$$T_{(0)} = R_A - q \cdot 0 = R_A = \frac{2000 \cdot 2}{2} = 2000 \text{ N}$$

$$M_{(0)} = R_A \cdot 0 - q \cdot 0 \cdot \frac{0}{2} = 0 \text{ N}$$

$$T_{(\frac{l}{2})} = R_A - \frac{q \cdot l}{2} = \frac{q \cdot l}{2} - \frac{q \cdot l}{2} = 0 \text{ Nm}$$

$$M_{(\frac{l}{2})} = R_A \cdot \frac{l}{2} - \frac{q}{2} \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{q \cdot l^2}{4} - \frac{q}{2} \cdot \frac{l^2}{4} = \frac{q \cdot l^2}{4} - \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{2 \cdot q \cdot l^2 - q \cdot l^2}{8} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{2000 \cdot 2^2}{8} = 1000 \text{ Nm}$$

II. $x \in \langle \frac{l}{2}; l \rangle$

$$T_{(\frac{l}{2})} = R_A - \frac{q \cdot l}{2} = \frac{q \cdot l}{2} - \frac{q \cdot l}{2} = 0 \text{ Nm}$$

$$M_{(\frac{l}{2})} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{2000 \cdot 2^2}{8} = 1000 \text{ Nm}$$

$$T_{(l)} = R_A - q * l = \frac{q * l}{2} - q * l = \frac{q * l - 2 * q * l}{2} = -\frac{q * l}{2} = -2000 \text{ Nm}$$

$$M_{(l)} = R_A * l - \frac{q}{2} * l^2 = \frac{q * l^2}{2} - \frac{q * l^2}{2} = 0 \text{ Nm}$$

9.6 Odvození kvadratického momentu průřezu pro nosník na dvou podporách:

Průhyb:

Použijeme metodu diferenciální rovnice průhybové čáry:

$$V''_{(x)} = -\frac{1}{E * J_z} * M(x) \quad [4]$$

$$V''_{(x)} = -\frac{1}{E * J_z} * \left(\frac{q * l}{2} * x - \frac{q * x^2}{2} \right) = \frac{1}{E * J_z} * \left(\frac{q * x^2}{2} - \frac{q * l}{2} * x \right)$$

Po první integraci získáme úhel natočení:

$$\varphi_{(x)} = V'_{(x)} = \frac{1}{E * J_z} * \left(\frac{q * x^3}{6} - \frac{q * l * x^2}{4} + C \right)$$

$$V_{(x)} = \frac{1}{E * J_z} * \left(\frac{q * x^4}{24} - \frac{q * l * x^3}{12} + C * x + D \right)$$

Okrajové podmínky:

Průhyb nad A, B=0 => $V_{(0)} = 0, V_{(l)} = 0$ => $D = 0, C = \frac{q * l^3}{24}$
=>

$$\varphi_{(x)} = \frac{1}{E * J_z} * \left(\frac{q * x^3}{6} - \frac{q * l * x^2}{4} + \frac{q * l^3}{24} \right)$$

$$V_{(x)} = \frac{1}{E * J_z} * \left(\frac{q * x^4}{24} - \frac{q * l * x^3}{12} + \frac{q * l^3 * x}{24} \right)$$

Průhyb v l/2:

$$V_{\left(\frac{l}{2}\right)} = \frac{5 * q * l^4}{384 * E * J_z}$$

=>

$$J_z = \frac{5 * q * l^4}{384 * E * V_{\left(\frac{l}{2}\right)}}$$

Tabulky

Vlastnosti		MURYLON® A			Murtfeldt Plasty	
Barva		-	-	běžová		
Chemické označení		ISO 1043-1	-	PA 66		
Hustota		ISO 1183	Kg/dm ³	1,14		
Násákavost - po 24/96 hod ve vodě při 23°C		ISO 62	%	0,6/0,13		
- nasycení za stand. podmínek 23°C/50% RH			%	2,4		
- nasycení ve vodě			%	8		
Mechanické vlastnosti						
Napětí na mezi kluzu / mez pevnosti		+ ISO 527	MPa	90/-		
		++ ISO 527	MPa	55/-		
Tažnost		+ / ++ ISO 527	%	>40/100		
E - modul (zkouška v tahu)		+ / ++ ISO 527	MPa	3450/1650		
Napětí v tlaku při 1/2/5 % stlačení		+ ISO 604	MPa	25/49/92		
Dlouhodobá pevnost, napětí, které po 1000h vyvolá 1% prodloužení materiálu při 23°C		+ / ++ ISO 899	MPa	20/8		
Rázová houževnatost (Charpy)		+ ISO 179	kJ/m ²	bez lomu		
Vrubová houževnatost (Charpy)		+ ISO 179	kJ/m ²	4,5		
Tvrdość vtiskem kuličky		+ ISO-2039-1	MPa	160		
Tvrdość Shore D		+ DIN 53505	*	81		
Součinitel tření za sucha		+ -	-	0,3		
Kluzné opotřebení		+ -	µm/km	0,1		
Tepelné vlastnosti						
Teplota tání		ISO 3146	°C	255		
Teplota skelného přechodu		-	°C	60		
Tepelná vodivost při 23°C		ISO 52612	W/(K x m)	0,28		
Součinitel teplotní délkové roztažnosti α:		ISO 11359				
- střední hodnota mezi 23 až 60°C			m/(m x K)	8 x 10 ⁻⁵		
- střední hodnota mezi 23 až 100°C			m/(m x K)	9,5 x 10 ⁻⁵		
Maximální teplota použití na vzduchu:						
- krátkodobě		-	°C	180		
- dlouhodobě: 5000 hod		-	°C	95		
Minimální teplota použití		-	°C	-30		
Hořlavost dle UL 94 – tloušťky vzorků 3/6mm		-	-	HB/V-2		
Elektrické vlastnosti						
Elektrická pevnost		+ / ++ IEC 60243	kV/mm	27/18		
Měrný vnitřní odpor		+ / ++ IEC 60093	Ohm x cm	>10 ¹⁴ / >10 ¹²		
Povrchový odpor		+ / ++ IEC 60093	Ohm	>10 ¹⁰ / >10 ¹²		
Relativní permitivita: - při 100 Hz		+ / ++ IEC 60250	-	3,8/7,4		
- při 1 MHz		+ / ++ IEC 60250	-	3,3/3,8		
Ztrátový činitel tan δ: - při 100 Hz		+ / ++ IEC 60250	-	0,013/0,13		
- při 1 MHz		+ / ++ IEC 60250	-	0,02/0,06		
Fyziologické vlastnosti						
Schváleno pro použití v potravinářském průmyslu (EU a FDA)		-	-	+ / +		

LEGENDA

+ za sucha
++ vodušná vlhkost (nasycení za stand. podmínek 23°C/50% RH)
RH - relativní vlhkost

1) Tepelné zatížení po několika hodin; žádné nebo nízké mechanické zatížení (krátkodobé vystavení provozní teplotě)

2) Tepelné zatížení při 5000h; potom snížení zatížení na cca 50% (nepřetržitě po dobu 5000h)

3) Všechny klasifikace teploty se rovněž snižují hodnoty rázové houževnatosti. Uvedené hodnoty vycházejí ze simulovaného rázového namáhání a nemají tak vyjadřovat absolutní praktickou hranici houževnatosti. (nížší teplota použití)

4) Mechanické a elektrické vlastnosti jsou měřeny při 23°C.

5) Elektrická pevnost může být o 50% nižší než u materiálu přírodní barvy (platí pro černý Murylon® B, Murylon® A, Murylon® C/H, a Murylon®)

6) V případě, že jsou materiály označeny "s", materiál splňuje Direktiva 2002/72/EC, German Federal Institute for Risk Assessment a FDA (schváleno pro použití v potravinářském průmyslu)

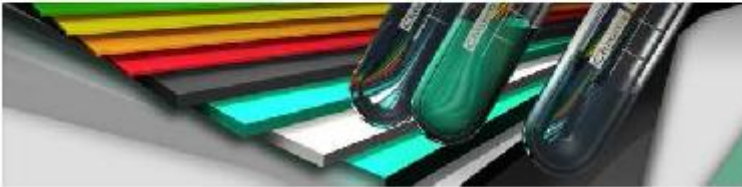
7) Skupina desek podle klasifikace dle DIN 16972


Chemické odolnosti materiálů: Další informace naleznete na našich internetových stránkách www.murtfeldt.cz

Hodnoty uvedené v této tabulce mohou sloužit k rychlému materiálovému porovnání. Ide o údaje z krátkodobých zkoušek, které nelze použít na případy aplikací podrobných dlouhodobému namáhání. Uvedené hodnoty závisí rovněž na zpracovatelských podmínkách materiálů, jejich modifikacích a vlivu okolního prostředí. Z těchto důvodů jsou proto použité pouze jako nezávazné.

Obrázek 53: plast MURILON A (Murtfeldt) [31]

Vlastnosti
ORIGINÁLNÍ MATERIÁL "S"® plus+ AB





	Standard	Jednotka	Hodnoty
Barva	-	-	modří
Chemické označení	ISO 1043-1	-	PE-UHM
Průměrná molekulární hmotnost \bar{M}_n	-	g/mol	5×10^6
Hustota	ISO 1183	kg/dm ³	≥ 0,93
Nasákavost - nasycení za stand. podmínek 23°C/50% RH	ISO 62	%	< 0,01
- nasycení ve vodě		%	< 0,01
Mechanické vlastnosti ¶			
Napětí na mez kluzu / mez pevnosti	ISO 527	MPa	≥ 17/-
Tažnost	ISO 527	%	≥ 300
E - modul (zkouška v tahu)	ISO 527	MPa	700
Napětí v tlaku při 1/2/5 % stlačení	ISO 604	MPa	4,5/8/14
Rázová houževnatost (Charpy)	ISO 179	kJ/m ²	bez lomu
Vrubová houževnatost (Charpy)	ISO 179	kJ/m ²	≥ 170
Tvrdost vtiskem kuličky	ISO-2039-1	MPa	38
Tvrdost Shore D	DIN 53505	*	66
Součinitel tření za sucha	-	-	0,2
Opatřebení metodou pískové kaše (Sand Slurry test) vs. Materiál "S"	ISO 15527	%	100
Teplotné vlastnosti			
Teplota tání	ISO 3146	°C	130-135
Teplota skelného přechodu	-	°C	-120
Teplotná vodivost při 23°C	ISO 52612	W/(K x m)	0,4
Součinitel teplotní délkové roztažnosti α	ISO 11359		
- střední hodnota mezi 23 až 60°C		1/(m x K)	20×10^{-6}
Maximální teplota použití na vzduchu:			
- krátkodobě ¶	-	°C	90
- dlouhodobě: 5000 hod ¶	-	°C	80
Minimální teplota použití ¶	-	°C	-200
Hořlavost dle UL 94 – tloušťky vzorků 3/6mm	-	-	HB
Elektrické vlastnosti ¶			
Elektrická pevnost ¶	IEC 60243	kV/mm	≥ 45
Měrný vnitřní odpor	IEC 60093	Ohm x cm	≤ 10 ¹⁶
Povrchový odpor	IEC 60093	Ohm	≤ 10 ¹⁸
Relativní permitivita: - při 100 Hz	IEC 60250	-	-
- při 1 MHz	IEC 60250	-	-
Ztrátový čísel tan δ: - při 100 Hz	IEC 60250	-	-
- při 1 MHz	IEC 60250	-	-
Fyziologické vlastnosti ¶			
Schváleno pro použití v potravinářském průmyslu (EU a FDA)	-	-	+/+

LEGENDA

* za sucha
 ** vzdušná vlhkost (nasycení za stand. podmínek 23°C/ 50% RH)
 RH Relativní vlhkost

1) Teplotné zatížení po několika hodin; žádné nebo nízké mechanické zatížení (krátkodobé vystavení provozní teplotě)

2) Teplotné zatížení při 5000h; potom snížení zatížení na cca 50% (nepřetržitě po dobu 5000h)

3) Vlivem klesající teploty se rovněž snižují hodnoty rázové houževnatosti. Uvedené hodnoty vycházejí ze simulovaného rázového namáhání a nemusí tak vyjadřovat absolutně praktickou hranici houževnatosti. (nížší teplota používí)

4) Mechanické a elektrické vlastnosti jsou měřeny při 23°C

5) Elektrická pevnost může být o 50% nižší než u materiálu přírodní barvy (platí pro černý Murylon® B, Murylon® A, Murytal® C/H, a Murylat®)

6) V případě, že jsou materiály označené "+", materiál splňuje Direktivu 2002/72/EC, German Federal Institute for Risk Assessment a FDA (schváleno pro použití v potravinářském průmyslu)

7) Skupina desek podle klasifikace dle DIN 16972


Chemické odolnosti materiálů:
 Detailní informace naleznete na našich internetových stránkách
www.murtfeldt.cz


Hodnoty uvedené v této tabulce mohou sloužit k rychlému materiálovému porovnání. Jde o údaje z krátkodobých zkoušek, které nelze použít na případy aplikací podrobených dlouhodobému namáhání. Uvedené hodnoty závisí rovněž na zpracovatelských podmínkách materiálů, jejich modifikacích a vlivu okolního prostředí. Z těchto důvodů jsou proto použitelné pouze jako nezávazné.

Obrázek 54: Plast ORIGINÁLNÍ MATERIÁL "S" (Murtfeldt) [31]

Vlastnosti

MURYLON® A GF





		Norma	Jednotka	Hodnota
Barva		-	-	černá
Chemické označení		ISO 1043-1	-	PA 66-GF
Hustota		ISO 1183	Kg/dm ³	1,29
Nasákavost - po 24/96 hod ve vodě při 23°C		ISO 62	%	0,39/0,74
- nasycení za stand. podmínek 23°C/50% RH			%	1,7
- nasycení ve vodě			%	5,5
Mechanické vlastnosti				
Napětí na mez kluzu / mez pevnosti	+	ISO 527	MPa	-/100
	++	ISO 527	MPa	-/75
Tažnost	+/ ++	ISO 527	%	5/12
E - modul (zkouška v tahu)	+/ ++	ISO 527	MPa	5900/3200
Napětí v tlaku při 1/2/5 % stažení	+	ISO 604	MPa	28/55/90
Dlouhodobá pevnost, napětí, které po 1000h vyvolá 1% prodloužení materiálu při 23°C	+/ ++	ISO 899	MPa	28/18
Rázová houževnatost (Charpy)	+	ISO 179	kJ/m ²	≥50
Vrubová houževnatost (Charpy)	+	ISO 179	kJ/m ²	6
Tvrdoost vtiskem kulíčky	+	ISO-2039-1	MPa	165
Tvrdoost Shore D	+	DIN 53505	°	82
Součinitel tření za sucha	+	-	-	0,35
Kluzné opotřebení	+	-	µm/km	0,28
Teplotní vlastnosti				
Teplota tání		ISO 3146	°C	255
Teplota skelného přechodu		-	°C	60
Teplotná vodivost při 23°C		ISO 52612	W/(K x m)	0,3
Součinitel teplotní délkové roztažnosti α:		ISO 11359		
- střední hodnota mezi 23 až 60°C			m/(m x K)	5 x 10 ⁻⁵
- střední hodnota mezi 23 až 100°C			m/(m x K)	6 x 10 ⁻⁵
Maximální teplota použití na vzduchu:				
- krátkodobě		-	°C	240
- dlouhodobě: 5000 hod		-	°C	120
Minimální teplota použití		-	°C	-20
Hořlavost dle UL 94 – tloušťky vzorků 3/6mm		-	-	HB/HB
Elektrické vlastnosti				
Elektrická pevnost	+/ ++	IEC 60243	kV/mm	30/20
Měrný vnitřní odpor	+/ ++	IEC 60093	Ohm x cm	>10 ¹⁴ / ^{>} 10 ¹²
Povrchový odpor	+/ ++	IEC 60093	Ohm	>10 ¹⁴ / ^{>} 10 ¹²
Relativní permitivita: - při 100 Hz	+/ ++	IEC 60250	-	3,9/6,9
- při 1 MHz	+/ ++	IEC 60250	-	3,6/3,9
Ztrátový činitel tan δ: - při 100 Hz	+/ ++	IEC 60250	-	0,012/0,19
- při 1 MHz	+/ ++	IEC 60250	-	0,014/0,04
Fyziologické vlastnosti				
Schváleno pro použití v potravinářském průmyslu (EU a FDA)		-	-	-/-

LEGENDA

+ za sucha
++ vsučná vlhkost (nasycení za stand. podmínek 23°C/ 50% RH)
RH Relativní vlhkost

1) Teplotní zatížení po několik hodin; žádné nebo nízké mechanické zatížení (krátkodobé vystavení provozní teplotě)

2) Teplotní zatížení při 5000h; potom snížení zatížení na cca 50% (nepřetržitě po dobu 5000h)

3) Všechny klasifikace teploty se rovněž srovnávají hodnoty rázové houževnatosti. Uvedené hodnoty vycházejí ze simulovaného rázového namáhání a nemají tak vyjadřovat absolutní praktickou hranici houževnatosti. (nižší teplota použití)

4) Mechanické a elektrické vlastnosti jsou měřeny při 23°C.

5) Elektrická pevnost může být o 50% nižší než u materiálu přírodní barvy (plast pro černý Murylon® B, Murylon® A, Murylon® C/H, a Murylon®)

6) V případě, že jsou materiály označeny "+", materiál splňuje Direktiva 2003/72/EC, German Federal Institute for Risk Assessment a FDA (schváleno pro použití v potravinářském průmyslu)

7) Skupina desek podle klasifikace dle DIN 16972

Chemické odolnosti materiálů:
Detailní informace naleznete na našich internetových stránkách
www.murtfeldt.cz

Hodnoty uvedené v této tabulce mohou sloužit k rychlému materiálovému porovnání. Je o údaje z krátkodobých zkoušek, které nelze použít na případy aplikací podrobných dlouhodobému namáhání. Uvedené hodnoty závisí rovněž na zpracovatelských podmínkách materiálů, jejich modifikacích a vlivu okolního prostředí. Z těchto důvodů jsou proto použitelné pouze jako nezávazné.

Obrázek 55: plast MURYLON A GF (Murtfeldt) [31]

8. TABULKY

8.1 Vlastnosti standardních laminátů z nenasyčených polyesterových pryskyřic

Vlastnosti (při 23 °C a 50% relativní vlhkosti)	Nevyztužená pryskyřice	Podíl skleněných vláken (hm. %)		
		30 až 35 Rohož (n.a.) ¹⁾	40 až 45 Rohož (n.a.) ¹⁾	50 až 55 Rohož (n.a.) ¹⁾
Hustota při 20 °C	1,22	1,50	1,58	1,70
Pevnost v tahu	60	120	160	210
Tažnost	2,0	3,5	3,3	2,4
E-modul	4800	11000	12400	16000
Pevnost v ohybu ²⁾	90	200	250	270
E-modul v ohybu	4000	10000	12000	15000
Pevnost v tlaku	160	160	160	170
Rázová houževnatost ³⁾	9	280	300	350
Vrbová houževnatost ³⁾	1,2	200	240	-
Tepelná vodivost	0,19	0,22	0,24	0,27
Součinitel teplotní roztažnosti	100 až 150 · 10 ⁻⁶	28 · 10 ⁻⁶	25 · 10 ⁻⁶	20 · 10 ⁻⁶
Dielektrická konstanta při 50 Hz/1 kHz ⁴⁾	3,4/3,4 3,8/3,7	3,8/3,8 6,6/5,2	4,2/4,2 8,0/7,0	3,9/3,9 5,0/4,7
Dielektrický ztrátový součinitel při 50 Hz/1 kHz ⁴⁾	0,005/0,006 0,009/0,009	0,007/0,006 0,14/0,07	0,006/0,005 0,2/0,1	0,005/0,005 0,05/0,03
Měrný unitní elektrický odpor ⁵⁾	10 ¹⁶ 10 ¹⁵	10 ¹⁶ 10 ¹²	10 ¹⁶ 10 ¹²	10 ¹⁶ 10 ¹³
Povrchový odpor	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³

- 1) n.a. – nepustná apretura, n.a. – nerozpustná apretura.
 2) Tříbodové uložení.
 3) Normované žkašební těleso 80 × 10 × 4 mm.
 4) Při teplotě 0 °C a 60 °C.
 5) Horní hodnoty pro suchý, spodní pro moký laminát (vzorky uloženy 24 hodin v pitné vodě).

Obrázek 56: vlastnosti standardních laminátů z nenasyčených polyesterových pryskyřic [3]

pryskyřic (UP-R) vyztužených skleněnými vlákny (podle BASF)

Vlastnosti	Jednotka				Zkušební předpis
	50 až 55 Rohož (n.a.) ¹⁾ + rovingová tkanina střídavé	55 až 60 Rovingová tkanina	60 až 70 Tkanina ze skleněné prýže	70 až 75 Jednosměrná rovingová tkanina	
Hustota při 20 °C	1,70	1,76	1,88	1,98	ČSN EN ISO 1183
Pevnost v tahu	300	320	340	630	ČSN EN ISO 527
Tažnost	3,5	3,7	3,4	2,7	ČSN EN ISO 527
E-modul	17000	20000	27000	33000	ČSN EN ISO 527
Pevnost v ohybu ²⁾	360	320	420	420	ČSN EN ISO 178
E-modul v ohybu	16000	19000	25000	30000	ČSN EN ISO 178
Pevnost v tlaku	170	200	290	230	ČSN EN ISO 604
Rázová houževnatost ³⁾	360	370	380	390	ČSN EN ISO 6603
Vrbová houževnatost ³⁾	-	-	-	-	ČSN EN ISO 6603
Tepelná vodivost	0,27	0,28	0,29	0,43	ČSN EN ISO 6603
Součinitel teplotní roztažnosti	20 · 10 ⁻⁶	15 · 10 ⁻⁶	12 · 10 ⁻⁶	8 · 10 ⁻⁶	ČSN 6405 26
Dielektrická konstanta při 50 Hz/1 kHz ⁴⁾	4,7/4,6 8,0/7,0	5,1/5,0	4,6/4,6 15,0/11,0	5,1/5,0	ČSN IEC 250
Dielektrický ztrátový součinitel při 50 Hz/1 kHz ⁴⁾	0,005/0,005 0,2/0,1	0,006/0,005	0,004/0,004 0,3/0,2	0,005/0,005	ČSN IEC 250
Měrný unitní elektrický odpor ⁵⁾	10 ¹⁶ 10 ¹¹	10 ¹⁶ 10 ⁷	10 ¹⁶ 10 ¹¹	10 ¹⁶ 10 ⁶	ČSN IEC 167
Povrchový odpor	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	ČSN IEC 167