

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2341 Strojírenství  
Studijní zaměření: Design průmyslové techniky

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Návrh designu vysokozdvizného vozíku s ohledem na ergonomii interiéru

Autor: **Jan ROUB**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jiří STANĚK, CSc.**

Akademický rok 2014/2015

## Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval všem, kteří mě během mého studia podporovali a byli mi oporou. Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Doc. Ing. Jiřímu Staňkovi, CSc. za pomoc a velice cenné rady. Díky jeho ochotě a trpělivosti jsem dokázal vyřešit ne jeden problém, který se vyskytl při tvorbě této práce.

Dále bych rád poděkoval Ing. Václavě Pokorné, za konzultace ohledně ergonomie a poskytnuté publikace a materiály.

Poděkování patří také mým rodičům a sestře, za podporu při studiu. Děkuji také svým přátelům.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Roub	Jméno Jan			
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B 2341 „Design průmyslové techniky“				
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Jméno Jiří			
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KKS				
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>		<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh designu vysokozdvizného vozíku s ohledem na ergonomii interiéru				
<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2015

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	58	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	52	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	6
<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>	Bakalářská práce je zaměřena na celkový návrh vnějšího designu vysokozdvizného vozíku. Dále jsou navrženy komponenty interiéru s důrazem na ergonomii. Cílem práce je 3D model vozíku s moderními prvky výbavy pro práci v průmyslovém provozu.				
<b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>					
<b>KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Vysokozdvizný vozík, design, ergonomie, interiér, exteriér, 3D model, render, CATIA V5 R20				

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Roub	Name Jan			
<b>FIELD OF STUDY</b>	B 2341 „Design of industrial technology“				
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Name Jiří			
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS				
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>		<b>Delete when not applicable</b>	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design project of fork – lift truck with regard to interior ergonomics				
<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2015

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

<b>TOTALLY</b>	58	<b>TEXT PART</b>	52	<b>GRAPHICAL PART</b>	6
<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>The thesis is focused on the overall design of the exterior design of the fork-lift truck. Next, the interior components are designed with an emphasis on ergonomics. The aim of the work is a 3D model of the fork-lift truck and modern elements of equipment for use in industrial operation.</p>				
<b>KEY WORDS</b>	Fork-lift truck, design, ergonomics, interior, exterior, 3D model, render, CATIA V5 R20				

## Obsah

1. Úvod .....	10
2. Historický vývoj .....	11
2.1 Plošinový vozík .....	11
2.2 Zdvihací zařízení .....	12
2.3 Nízkozdvižný vozík .....	12
2.4 Vozík s protiváhou .....	13
2.5 Vysokozdvižný vozík .....	14
3. Rešerše současného stavu .....	15
3.1 Základní rozdělení současných VZV podle konstrukce .....	15
3.2 Druhy pohonů pro vysokozdvižné vozíky .....	15
3.3 S ručním pohonem .....	16
3.4 Vysokozdvižné vozíky s motorickým a akumulátorovým pohonem .....	16
3.4.1 STILL .....	16
3.4.2 Linde .....	17
3.4.3 Toyota .....	17
3.4.4 Nissan .....	18
3.4.5 Hyster .....	18
3.4.6 DESTA .....	19
3.5 Speciální vozíky .....	19
3.5.1 Vysokofrekvenční vozíky .....	19
3.6 STILL RX 70 Hybrid .....	20
3.7 Budoucnost – STILL Cube XX .....	21
4. Specifikace důležitých vlastností VZV a popis ostatních funkčních prvků .....	22
4.1 Tonáž .....	22
4.2 Výška zdvihu .....	22
4.3 Poloměr otáčení .....	22
4.4 Ostatní funkční prvky VZV .....	23
4.4.1 Zdvihací mechanismus .....	23
4.4.2 Vidle .....	23
4.4.3 Protizávaží .....	24
4.4.4 Pneumatiky .....	25

5.	Ergonomie interiéru.....	26
6.	Varianty koncepčních návrhů.....	28
6.1	Design.....	28
6.2	Ekonomie.....	28
6.3	Ekologie.....	28
6.4	Hygiena a bezpečnost a ochrana zdraví.....	28
6.5	Ergonomie .....	28
6.6	Ergonomické srovnání interiérů vozíků Still R 70 – 30 (r.v. 1993) a Still RX 60 – 50 (r.v. 2012).....	29
6.7	Varianta č. 1.....	30
6.8	Varianta č. 2.....	31
6.9	Varianta č. 3.....	32
6.10	Výběr nejvhodnější varianty .....	33
6.11	Kritéria .....	33
7.	Výsledný návrh .....	35
8.	Ergonomická řešení částí interiéru .....	38
8.1	Sedadlo .....	38
8.2	Sdružený ovládač – Joystick.....	39
8.3	Informační systém .....	41
8.4	Ruční brzda.....	41
8.5	Odkládací prostory .....	41
8.6	Volant .....	42
8.7	Pedály .....	43
8.8	Zpětné zrcátko .....	44
8.9	Přední okno.....	44
9.	Návrh konstrukčního řešení vybrané části .....	46
9.1	Výpočet dovoleného napětí .....	46
9.2	Výsledek počítačové analýzy .....	49
9.2.1	Kontrolní výpočet.....	49
10.	Závěr.....	50
11.	Použité zdroje.....	51
11.1	Knižní publikace .....	51
11.2	Internetové zdroje .....	51
11.3	Ostatní zdroje .....	51

11.4	Použitý software.....	52
12.	Seznam příloh.....	53

## Seznam obrázků

Obr. 1.	Plošinový vozík z roku 1906 [4].....	11
Obr. 2.	Revolvator z roku 1904 [4].....	12
Obr. 3.	Poháněný nízkozdvihový vozík [4].....	12
Obr. 4.	Vysokozdvihový vozík v roce 1920 [4].....	13
Obr. 5.	Vysokozdvihový vozík s naklápěcím stožárem [4].....	13
Obr. 6.	Yale Model K [5].....	14
Obr. 7.	Paletový vozík [6].....	16
Obr. 8.	STILL RX 60 – 50 [7].....	16
Obr. 9.	Linde H 80 [8].....	17
Obr. 10.	Toyota Traygo 48 [9].....	17
Obr. 11.	Nissan řady DX [10].....	18
Obr. 12.	Hyster [11].....	18
Obr. 13.	DESTA DVHM 3522 TX K [12].....	19
Obr. 14.	Opticky řízený vozík [13].....	20
Obr. 15.	Schéma indukčního systému [18].....	20
Obr. 16.	STILL RX 70 Hybrid [7].....	21
Obr. 17.	STILL Cube XX [7].....	21
Obr. 18.	Zdvihací mechanismus Triplex.....	23
Obr. 19.	Výroba vidlic vysokozdvihového vozíku [15].....	24
Obr. 20.	Protizávaží vozíku Still RX 60 - 50.....	24
Obr. 21.	Přední pneumatika.....	25
Obr. 22.	Ideální rozměry sedadla pro sedící postavu [20].....	26
Obr. 23.	Ideální úhly postavy [20].....	27
Obr. 24.	Still R 70 - 30.....	29
Obr. 25.	Still RX 60 - 50.....	29
Obr. 26.	Varianta č. 1.....	30
Obr. 27.	Varianta č. 2.....	31
Obr. 28.	Varianta č. 3.....	32
Obr. 29.	Skica navrženého interiéru.....	33



Obr. 30. Bokorys s vnějšími rozměry .....	35
Obr. 31. Nárýs vozíku .....	36
Obr. 32. Bokorys s rozměry maximálního zdvihu a výšky podlahy .....	37
Obr. 33. Bokorys sedadla s výškou sedáku a nárýs s šířkou opěradla a bočního vedení.....	38
Obr. 34. Render sedadla s ovládacím joystickem .....	39
Obr. 35. Joystick s tlačítky ovládní zdvihového mechanismu .....	40
Obr. 36. Joystick s tlačítkem volby směru pohybu vozíku .....	40
Obr. 37. Tvarování joysticku.....	40
Obr. 38. Informační systém.....	41
Obr. 39. Umístění informačního systému, odkládací prostory a ruční brzda.....	42
Obr. 40. Otočný podstavec a ruční brzda .....	42
Obr. 41. Výškově nastavitelný sloupek s volantem, brzdový pedál a pedál odjištění volantu	43
Obr. 42. Brzdový pedál .....	43
Obr. 43. Plynový pedál.....	44
Obr. 44. Pohled na přední okno zasahující do střechy .....	45
Obr. 45. Uspořádání interiéru.....	45
Obr. 46. Výsledek působícího napětí a detekce nebezpečného místa .....	47
Obr. 47. Deformace vidle v ose Z .....	47
Obr. 48. Výsledné napětí při nesprávném uchopení nákladu.....	48
Obr. 49. Výsledek deformace při nesprávném uchopení nákladu.....	48
Obr. 50. Render vozíku ve žluté barvě.....	54
Obr. 51. Pohled na zád' vozíku.....	54
Obr. 52. Pohled z boku.....	55
Obr. 53. Pohled z boku do interiéru s postavou v interiéru.....	55
Obr. 54. Ukázka maximálního zdvihu .....	56
Obr. 55. Vysokozdvižný vozík s paletami .....	56
Obr. 56. Render vozíku v reálném prostředí skladu.....	57
Obr. 57. Render vozíku v reálném prostředí s paletami.....	58

## 1. Úvod

Vysokozdvížený vozík je přetržitě pracující pracovní stroj používaný zejména pro přepravu nákladu. Největší výhodou je vertikální posuv nákladu, umožňující manipulaci převážených břemen. Vysokozdvížené vozíky se nejvíce používají v logistice, stavebnictví a dalších průmyslových provozech. Vysokozdvížený vozík nejčastěji přemísťuje náklad na transportních paletách. Samotná koncepce vysokozdvížného vozíku je založena na zdvihacím mechanismu s vidlemi vpředu, uprostřed umístěnou kabinou pro obsluhu a protizávažím na zádi. Závaží zaručuje vozíku stabilitu při pohybu s nákladem. Podobné manipulační prostředky jsou ruční paletové vozíky poháněné lidskou silou.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout design exteriéru vysokozdvížného vozíku s důrazem na potřeby jeho obsluhy a také navrhnout komponenty interiéru s ohledem na ergonomii a komfort při každodenním používání vysokozdvížného vozíku. Návrh se týká vozíku v tonážní kategorii 1,6 - 5 tun hmotnosti nákladu.

Výsledkem bakalářské práce je 3D model vysokozdvížného vozíku zpracovaný podle poznatků a požadavků současného vývoje trhu. Veškeré tyto poznatky jsou v této práci uvedeny.

## Introduction

Fork-lift truck is driven machine used for the transport of cargo. The biggest advantage is the vertical displacement of the load, allowing the handling of loads transported. Fork-lift trucks are mostly used in logistics, construction and other industrial operations. Fork-lifts most moves cargo to transport pallets. The very concept of a fork-lift is based on the lifting mechanism with forks at the front, middle mounted cab for the operator and a counterweight at the rear. Weights guarantees stability when moving the carriage of cargo. Similar means of handling hand pallet trucks which are driven by human power.

The aim of this work is to design the exterior design of a fork-lift truck with an emphasis on the needs of the service and also design the interior components with regard to ergonomics and comfort in everyday use fork-lift truck. The proposal concerns the truck tonnage category 1.6 - 5 tons load weight.

The result of this work is a 3D model of a fork-lift truck processed by the knowledge and requirements of the current market trends. All these findings are presented in this work.

## 2. Historický vývoj

Vysokozdvížený vozík, který známe z dnešní doby, se začal vyvíjet před více než sto lety. Jeho první předchůdci byli velmi jednoduché a postrádali většinu vlastností, které jsou dnes již typické pro vysokozdvížené vozíky. Byl to zejména nízkozdvížený vozík a také zdvižený vozík.

Původními předchůdci vysokozdvížených vozíků byli primitivní výtahy, které se ovšem museli ručně naložit nákladem a poté byl pomocí řetězů vyzvednut náklad do výšky po stanovené dráze výtahu. Velkou nevýhodou byla značná fyzická námaha pracovníků, kteří museli tyto výtahy nakládat.

Dalším předchůdcem byly vozíky bez hydraulického mechanismu a někdy dokonce i bez vidlic. Byly to takzvané zdvižené vozíky. Fungovaly na principu jednoduché páky a lidské síly. Celá tato konstrukce byla umístěna na „dvoukoláku“. Tyto vozíky zvedali náklad jen několik centimetrů.

Z bohaté historie vysokozdvížených vozíků jsou důležité zejména ty stroje, které kombinovaly vertikální zdvih a horizontální pohyb s nákladem.

### 2.1 Plošinový vozík

V minulém století bylo každé větší vlakové nádraží vybaveno vlastním plošinovým vozíkem, díky kterému se po nádraží přemísťoval náklad nebo zavazadla cestujících. Vozík byl poháněn lidskou silou, konkrétně obsluhující pracovník musel nejdříve ručně naložit náklad a poté tlačít vozík na určité místo. Konstrukce byla velmi jednoduchá. Podvozek se dvěma nápravami, na kterém byla připevněna vodorovná ložná plocha.

V roce 1906 se po nádražích v Americe pohyboval vozík s vlastním pohonem a baterií. Stal se tak tedy prvním poháněným plošinovým vozíkem. Takový vozík se velmi rychle rozšířil do různých průmyslových oblastí. [4]



Obr. 1. Plošinový vozík z roku 1906 [4]

## 2.2 Zdvihací zařízení

Toto zařízení spočívalo na podobném principu jako výtah. Doprava nákladu probíhala ve vertikálním směru. Hlavní částí byl podvozek s platformou, na níž stál nůžkový zvedák s plošinou.

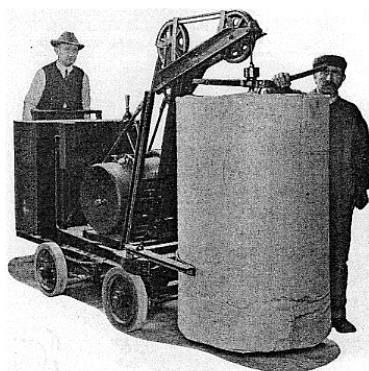
V roce 1904 firma Revolvator vyvinula zdvihací zařízení s otočnou základnou. V tomto zařízení lze již vidět spojitost se zdvihacím mechanismem na dnešních vysokozdvizných vozících, tedy vedení, po kterém se pohybuje malá plošina s nákladem. Pracovním prostorem tohoto zařízení byl válec. [4]



Obr. 2. Revolvator z roku 1904 [4]

## 2.3 Nízkozdvižný vozík

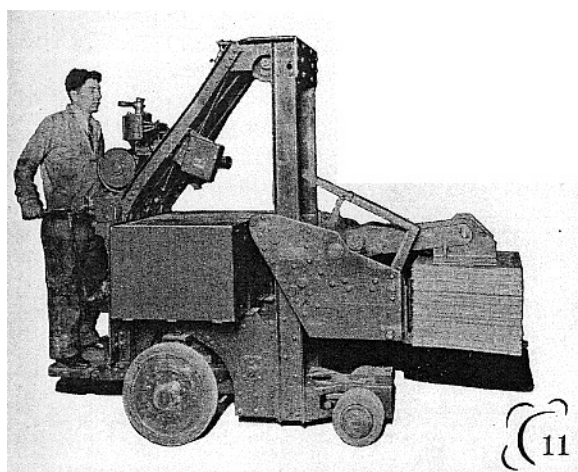
V roce 1887 tento vozík, jako první model v historii, zkombinoval vertikální zdvih a horizontální pohyb s břemenem. Použitím nových kuličkových ložisek se zvýšila jeho nosnost až na 2 000 kilogramů. Dále v roce 1913 byl přidán k tomuto vozíku elektrický pohon, a tím se z něj stal prakticky malý jeřáb na plošinovém vozíku. Zdvih byl totiž řešen přes rameno a naviják s ocelovým lanem. [4]



Obr. 3. Poháněný nízkozdvižný vozík [4]

## 2.4 Vozík s protiváhou

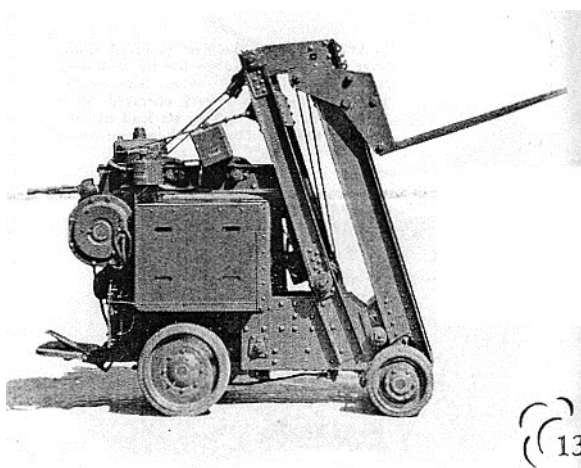
Vývoj vysokozdvizných vozíků postupoval velmi rychle a mezi roky 1919 a 1926 bylo nejvýznamnější zkracování rozvoru podvozku. To s sebou přinášelo problémy se stabilitou vozíku. Proto se konstruktéři rozhodli přemístit těžký akumulátor na zád' vozíku a pracoviště obsluhy do středu vozíku. Akumulátor na zádi fungoval jako protiváha ke zdvihanému břemenu. Snaha byla, aby akumulátor byl co nejdále od středu otáčení vozíku. Tím byl položen základ konstrukce, která se používá dodnes. [4]



Obr. 4. Vysokozdvizný vozík v roce 1920 [4]

Další inovací bylo využití stožáru pro zdvihací mechanismus. Tento stožár se dal naklápět dopředu, či dozadu, nezávisle na zdvihacím mechanismu, což opět zvýšilo využitelnost vozíků. Ovšem toto zařízení bylo příliš velké a neforemné.

Změnu přinesly také vidle na zdvihacím mechanismu. Pomocí vidlí se zlepšil náklad břemen. [4]

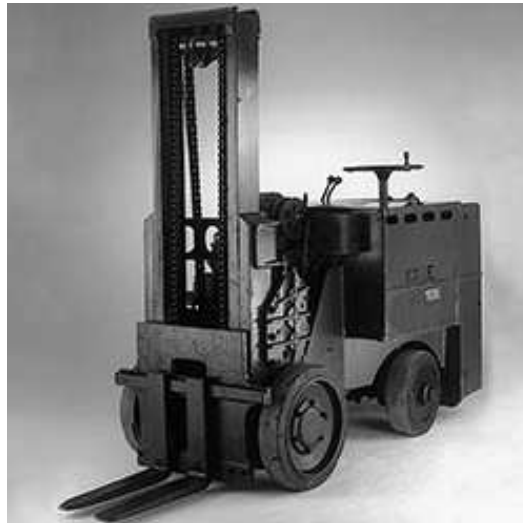


Obr. 5. Vysokozdvizný vozík s naklápěcím stožárem [4]

## 2.5 Vysokozdvížený vozík

Všechny uvedené poznatky a zlepšení využila firma Yale Materials Handling Corporation a v roce 1923 uvedla na trh první, opravdu vysokozdvížený vozík s elektrickým pohonem.

Pohon zvedacího mechanismu byl však ještě řešen přes řetěz a pastorek. S hydraulikou přišla firma Yale o pět let později v roce 1928. [5]



Obr. 6. Yale Model K [5]

Od té doby se prakticky nezměnila konstrukce vysokozdvížených vozíků. Začal se ovšem uplatňovat design a ergonomie. Tedy, aby vysokozdvížený vozík byl pro zákazníka již na první pohled esteticky zajímavý. Ergonomie se zase uplatňuje v interiéru vysokozdvíženého vozíku. Je brán velký ohled na bezpečnost a zdraví obsluhy, různé bezpečnostní prvky, ale i asistenční systémy a uspořádání ovládacích prvků v dosahu pracovníka.

### 3. Rešerše současného stavu

V současné době se na trhu objevuje mnoho firem, které vysokozdvizné vozíky vyrábějí a dodávají - STILL, Linde, Jungheinrich (všichni Německo), Toyota, Nissan (oba Japonsko), Hyster (USA), DESTA (Česká republika) a další. Toto jsou nejvýznamnější výrobci vysokozdvizných vozíků. V jejich nabídkách lze nalézt mnoho variant jak nízkozdvizných, tak vysokozdvizných vozíků, rozdělených dle tonáží i druhů pohonů.

#### 3.1 Základní rozdělení současných VZV podle konstrukce

Bez zdvihu

- Plošinové, sklápěcí vozíky, rudly

Nízkozdvizné

- Vidlicové, plošinové

Vysokozdvizné

- Vidlicové, plošinové

Ostatní

- Tahače, jeřábové [1]

#### 3.2 Druhy pohonů pro vysokozdvizné vozíky

Elektrický pohon

Spalovací (diesellový) pohon

Plynový (LPG) pohon

Hybridní

S ohledem na prostředí, ve kterém bude vysokozdvizný vozík pracovat, je nutné zvolit vhodný druh jeho pohonu. Do uzavřených prostor, jako jsou výrobní haly a sklady se nejlépe hodí vysokozdvizný vozík s elektrickým (akumulátorovým) pohonem, popřípadě plynový vozík spalující LPG, neboť tyto vozíky nevypouští výfukové plyny, které by v uzavřených prostorách způsobovaly dýchací potíže zaměstnanců.

Naopak pro vozíky pohybující se mimo výrobní haly lze použít spalovací pohon. Emise, které vozík vypustí, přecházejí do ovzduší. Emisní normy jsou ovšem stále přísnější, a proto neustále probíhá vývoj spalovacích vozíků. Vhodnou alternativou je vysokozdvizný vozík s hybridním pohonem, který je úsporný a zároveň šetrný k životnímu prostředí.

### 3.3 S ručním pohonem

V této kategorii jsou zejména ruční paletové vozíky pro přepravu nákladu na paletách. Paletové vozíky jsou základní pomůckou ve skladech při manipulaci s materiálem a zbožím. Obsluha tohoto vozíku využívá vlastní sílu k pojezdu a hydraulický válec ke zdvihu. Zdvih je pouze několik centimetrů. Maximální nosnost těchto vozíků je až 3 tuny. [6]



Obr. 7. Paletový vozík [6]

### 3.4 Vysokozdvížené vozíky s motorickým a akumulátorovým pohonem

#### 3.4.1 STILL

Je to německá společnost, která je v současnosti vedoucím výrobcem a dodavatelem vysokozdvížených vozíků na světě. Byla založena roku 1920 německým rodákem Hansem Stillem. Poskytuje nejen vysokozdvížené vozíky, ale i další skladovací techniku, a také počítačové a logistické programy pro efektivní management skladu. Firma disponuje celosvětovou sítí servisních pracovišť.

V nabídce společnosti STILL jsou vysokozdvížené vozíky s elektrickým, spalovacím, plynovým a hybridním typem pohonu. [7]



Obr. 8. STILL RX 60 – 50 [7]



### 3.4.2 Linde

Vznik německé firmy je datován do roku 1904. Původně vyráběla chladicí stroje, poté přikoupila společnost na výrobu dieselových motorů značky Güldner-Motoren-Gesellschaft. Postupným vývojem přes motory a první tahače, došla firma Linde roku 1958 až k prvnímu vysokozdvížnému vozíku.

Linde se soustředí především na výrobu vysokozdvíhových vozíků se spalovacím a plynovým pohonem. [8]



Obr. 9. Linde H 80 [8]

### 3.4.3 Toyota

Japonský koncern nabízí vysokozdvíhové vozíky s elektrickým, plynovým a spalovacím pohonem. Nejvíce těží z asijského trhu, neboť v rozvíjejících se zemích Asie má Toyota velmi silné logistické zastoupení. [9]



Obr. 10. Toyota Traygo 48 [9]

### 3.4.4 Nissan

Je další japonský zástupce na trhu. Nissan se snaží pronikat se svými vozíky zejména do Evropy a Ameriky, ačkoli největší úspěchy dosahuje na asijském trhu. V nabídce má dieselové a plynové vysokozdvizné vozíky. [10]



Obr. 11. Nissan řady DX [10]

### 3.4.5 Hyster

Celosvětový americký výrobce vysokozdvizných vozíků nabízí kompletní sortiment pro manipulaci s materiálem. V základní nabídce jsou vozíky s elektrickým, dieselovým i plynovým pohonem a nosnostmi od 1 do 52 tun. [11]



Obr. 12. Hyster [11]

### 3.4.6 DESTA

Český zástupce je tradiční značkou na trhu s vysokozdviznými vozíky. Během let si zvláště v České republice získal stálou klientelu, která se i nadále může na vysokozdvizné vozíky DESTA spolehnout. Jejich výhodou je robustní konstrukce s „off roadovým“ vzhledem, odolnost a dlouhá životnost. DESTA funguje již od roku 1947. V současné době je firma na vzestupu a opět se zaměřuje na terénní vysokozdvizné vozíky.

DESTA poskytuje vozíky v tonáži od 1 do 5 tun s elektrickým nebo dieselovým pohonem. [12]



Obr. 13. DESTA DVHM 3522 TX K [12]

## 3.5 Speciální vozíky

### 3.5.1 Vysokofrekvenční vozíky

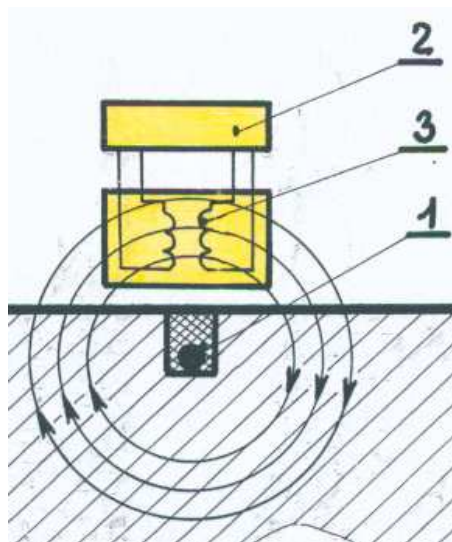
Takzvané automaticky řízené vozíky jsou velkým přínosem pro různé automatizované provozy. Takové vozíky nepotřebují obsluhu. Pohybují se po halách úplně sami a s přesným načasováním zastavují a odjíždějí z každého stanoviště.

Optický rozpoznávací systém trasy je neekonomičtější způsob provedení automaticky řízených vozíků. Pro vyznačení trasy je použita bílá barva na tmavé podlaze. Barvou se vyznačí stopa, po které vozík jezdí. Vozík, vysílající paprsky elektromagnetického záření, neustále vyhodnocuje intenzitu odrazu elektromagnetického záření od stopy. Optický systém rozpozná i silně znečištěnou stopu. [13]



Obr. 14. Opticky řízený vozík [13]

Další systém pro bezkontaktní automaticky řízené vozíky je indukční sledování signální linie. U tohoto systému je v podlaze v hale umístěn kabel (pozice č. 1), ve kterém proudí elektrický proud. Při průchodu proudu vzniká magnetické pole. Elektronický snímač (pozice č. 2) ve vozíku neustále vyhodnocuje intenzitu magnetického pole a tím se vozík pohybuje přesně po trase. Pozice č. 3 jsou cívky elektronického snímače. [18]



Obr. 15. Schéma indukčního systému [18]

### 3.6 STILL RX 70 Hybrid

Je prvním dieslovým vysokozdvihným vozíkem na světě se zpětným získáváním energie. Kombinuje dieslový motor s elektrickým, který získává energii při brzdění (uvolnění plynového pedálu). Kvalitní energetické zásobníky pro zpětné získávání elektrické energie se vyznačují dobrou koncentrací energie a výkonu, vysokou životností a perfektní energetickou účinností.

Díky použití hybridní technologie je tento vysokozdvihný vozík úsporný ohledně spotřeby paliva a vypouštění emisí. Za jednu hodinu práce je tento hybridní vozík schopen ušetřit až 20% paliva (přibližně 0,8 litru). [7]



Obr. 16. STILL RX 70 Hybrid [7]

### 3.7 Budoucnost – STILL Cube XX

Futuristická studie z dílny společnosti STILL, která reprezentuje nový styl dopravy tzv. Intralogistika se jmenuje Cube XX. Reprezentuje šest nejosvědčenějších modelů manipulační techniky STILL tak, aby bylo dosaženo maximální efektivity a flexibility. Koncept Cube XX poskytuje všestranné řešení pro plně automatizované sklady. V automatickém nebo pohotovostním režimu může zasunout kabinu a zastrčit vidlice. V závislosti na nákladu je schopen otáčet koly až o 360°. [7]



Obr. 17. STILL Cube XX [7]

## 4. Specifikace důležitých vlastností VZV a popis ostatních funkčních prvků

Nejdůležitější vlastnosti vysokozdvizného vozíku vychází z jeho pracovní náplně.

Jsou to:           tonáž  
                      výška zdvihu  
                      poloměr otáčení

Podle těchto tří parametrů se dnes vysokozdvizné vozíky nejen navrhují a konstruují, ale i dělí na trhu s manipulačními prostředky. [19]

### 4.1 Tonáž

V dnešní době člověk pracuje se stále se zvětšujícími předměty a je nucen s nimi manipulovat s přesností na milimetry. Proto se hledí na maximální možnou hmotnost břemene, se kterou je schopen vysokozdvizný vozík pohybu vpřed i vzad, ale i manipulace ve výškách, pohybujících se okolo pěti metrů. To vše bez narušení stability a ovladatelnosti vozíku. Proto etablovaní výrobci vysokozdvizných vozíků nabízejí potenciálním zákazníkům široké spektrum vozíků s různými tonážemi. Ty největší možné hmotnosti nákladů se pohybují okolo 60 tun.

Takovým hmotnostem přepravovaného nákladu je přizpůsobena samotná konstrukce vysokozdvizného vozíku. Pro hmotnosti nákladu do dvou tun lze využít vozíku se třemi koly, který je velice obratný. Jakmile se hmotnost nákladu pohybuje nad dvě tuny, zvětšuje se rozvor náprav a také rozchod kol a pochopitelně i hmotnost protizávaží.

### 4.2 Výška zdvihu

Je druhá nejdůležitější vlastnost vysokozdvizného vozíku. Nejde jen o samotnou schopnost vozíku zdvihnout náklad ze země a pohybovat se s ním, ale zejména ho umístit do prostorů nad zemí, jako tomu bývá v obrovských skladovacích halách, kde je použit regálový systém. V tomto případě se výška zdvihu pohybuje kolem osmi metrů. Do takové výšky musí být vozík schopen zdvihnout náklad o hmotnosti až osm tun, a to vše bez narušení stability vozíku.

S výškou zdvihu vysokozdvizného vozíku je spojena konstrukce zdvihacího mechanismu. Čím větší je výška zdvihu, tím pevnější je jeho konstrukce.

### 4.3 Poloměr otáčení

Je poloměr kružnice, opsané vnějším bodem karoserie vozíku při úplném vytočení kol. Moderní vysokozdvizný vozík musí být maximálně obratný. Proto je zapotřebí, aby se vozík mohl otočit do směru jízdy na co nejmenším prostoru, například ve skladovacích halách, kde se vozíky pohybují v uličkách mezi regály.

## 4.4 Ostatní funkční prvky VZV

### 4.4.1 Zdvihací mechanismus

Díky tomuto mechanismu je vysokozdvizný vozík tak specifický. Zdvihací mechanismus umožňuje zdvih nákladu do výšky, ať už pro pouhou přepravu nebo manipulaci ve výškách. Pohon mechanismu může být hydraulický, elektrický a výjimečně se vyskytuje pneumatický pohon.

Další součástí mechanismu je stožár. Ten se skládá z normalizovaných tyčí profilů I a U. Tyto tyče jsou poskládány do sebe. Celý stožár se u komplexnějších vysokozdvizných vozíků může naklánět. Opět pomocí hydrauliky lze pro lepší a přesnější manipulaci s nákladem naklopit stožár s vidlemi dopředu a také směrem dozadu. Tato funkce je výhodná při nákladu, ale i při přepravě. Naklopením dozadu, směrem na kabinu, se zlepšuje stabilita nákladu při pohybu vozíku.

Zdvihací mechanismus je umístěn vpředu vozíku, těsně za osou přední nápravy.

Existují dva druhy zdvihacích zařízení:

- Teleskopické: Ekonomicky výhodné provedení zvedacího zařízení vhodné pro mnoho způsobů použití, s optimálním výhledem přes stožár.
- Triplex: Pro použití u nízkých průjezdů dveřmi, ale velkých výšek zdvihu, pro využití skladu až po střeche. I zde je díky použití dvou válců volného zdvihu volný výhled přes stožár [19]



Obr. 18. Zdvihací mechanismus Triplex

### 4.4.2 Vidle

Důležitá součást vysokozdvizného vozíku, která podléhá přísným kontrolám a bezpečnostním standardům. Jsou nejvíce namáhanou součástí vysokozdvizného vozíku. Při jejich poškození může docházet až k tragickým nehodám a následkům.

Výroba vidlic vysokozdvížného vozíku je plně automatizována a provádí se ohýbáním za tepla v uzavřené formě, čím se snižuje vnitřní pnutí v materiálu.

Na vozíku jsou vidlice nastavitelné. Lze měnit vzdálenost mezi nimi. Díky tomu může vozík převážet různé náklady a palety. Vidle samy o sobě se při převozu nákladu lehce ohýbají, tzv. "pruží."

Pro vozíky s velkou nosností jsou vidle větších rozměrů a pevnější. Na vidle vysokozdvížného vozíku se vyrábějí nástavce, které zlepšují využitelnost, neboť umožňují převážet velmi rozměrné náklady.

Příklady materiálů vidlí pro různé druhy použití vysokozdvížných vozíků:

- 14 006 – prostředí ohrožená explozí
- 14 418 – potravinářské provozy, farmaceutický průmysl [14]



Obr. 19. Výroba vidlic vysokozdvížného vozíku [15]

#### 4.4.3 Protizávaží

Stabilitu vysokozdvížnému vozíku velkou měrou obstarává protizávaží na zádi vozíku. Velký a těžký odlitek z kovu zajišťuje, že se vozík s nákladem na vidlích může pohybovat i náklad zvedat do výšky. Při zatížení vozíku nákladem se z vysokozdvížného vozíku stává páka, jejímž otáčivým středem je přední náprava vozíku, s nákladem na jedné straně a protizávažím na straně druhé. Žádný vysokozdvížný vozík se nevyrábí bez protizávaží.



Obr. 20. Protizávaží vozíku Still RX 60 - 50



#### 4.4.4 Pneumatiky

O adhezi i bezpečný pohyb vozíku se starají pneumatiky. Nejvíce namáhané jsou přední pneumatiky. Ty jsou totiž nejvíce zatěžované a dochází u nich k velkému poškození vzorku. Tento fakt velkou měrou ovlivňuje bezpečnost. Vzhledem k tomu je nutné je pravidelně kontrolovat a měnit.



Obr. 21. Přední pneumatika

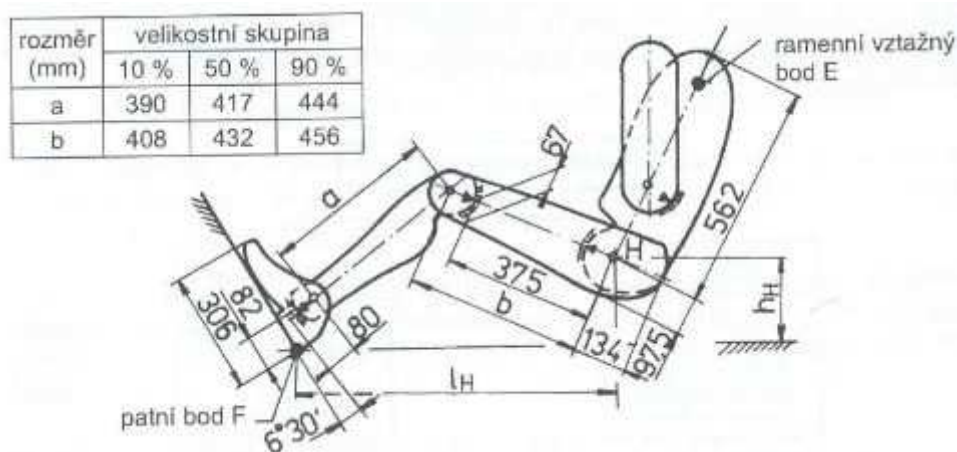
## 5. Ergonomie interiéru

Aby obsluha vysokozdvizného vozíku měla maximální komfort a bezpečí, musí být v interiéru dostatek prostoru na rozmístění všech důležitých ovládacích prvků. Zároveň by obsluha neměla trpět při práci s vozíkem bolestmi v určitých partiích těla kvůli špatnému rozvržení ovládacích prvků.

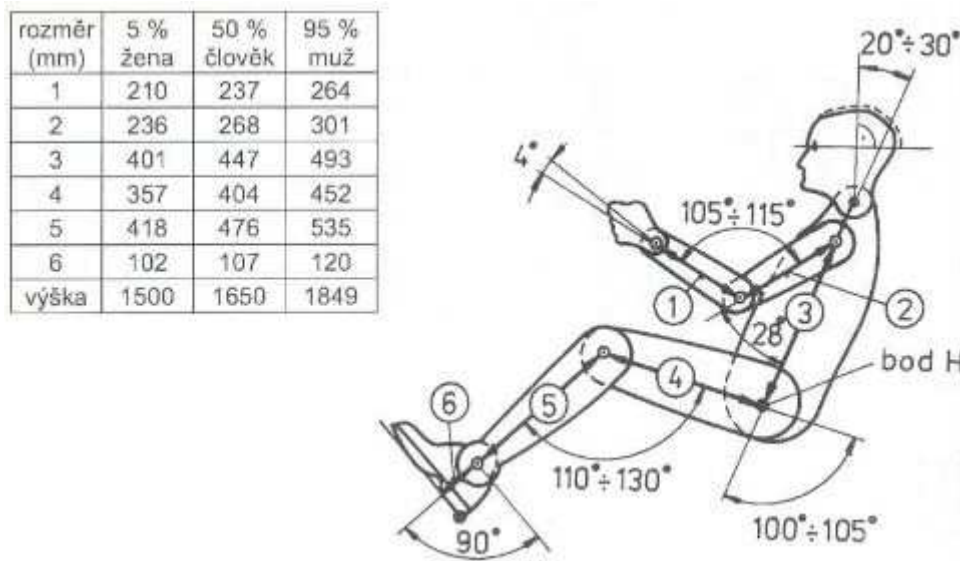
Uspořádání pracovního místa řidiče je koncipováno z několika hledisek

- Sedění
- Ovládání
- Výhled

Všechny tyto faktory úzce souvisí s geometrií interiéru. Právě geometrie vnitřního prostoru má vliv na vytvoření sedadla. Ve vysokozdvizném vozíku je zapotřebí, aby řidič seděl vzpřímeně a co nejvýš. Proto jsou doporučeny úhly v oblasti kolen a loktů okolo hodnoty větší nebo rovny  $90^\circ$ . V žádném případě ostré úhly. Některé ovládací prvky by pro zvýšení praktičnosti měly být nastavitelné. [20]



Obr. 22. Ideální rozměry sedadla pro sedící postavu [20]



Obr. 23. Ideální úhly postavy [20]

Díky těmto faktorům byly zvoleny minimální rozměry kabiny vysokozdvižného vozíku a také minimální rozměry sedáku a opěradla sedadla řidiče.

#### Kabina (d x š x v) [mm]

1450 x 1100 x 1500 [mm]

#### Sedadlo

Délka sedáku 500 [mm]

Výška opěradla 560 [mm]

## 6. Varianty koncepčních návrhů

Veškeré vzniklé koncepce vysokozdvížného vozíku a jeho částí interiéru jsou posuzovány podle nejmodernějších zákonitostí designu, ergonomie, ekonomie, ekologie a hygieny. [21]

### 6.1 Design

Elegantní a na první pohled poutavé tvary vozidel jsou v dnešní době prakticky hlavním argumentem při rozhodování o koupi. Pokud je design produktu atraktivní, vzrůstá pozornost lidí, kteří se o něj zajímají. Vyvážené proporce, aplikace symetrie či asymetrie, zvýraznění detailů, členitost tvarů, horizontální či vertikální linie, atd. To všechno a ještě mnohem více se dnes při návrhu designu využívá.

### 6.2 Ekonomie

Ekonomické hledisko je rozhodující v plánování výroby. Vyrobený produkt musí po prodeji být pro firmu ziskový, ne ztrátový. Výrobní technologie, kusová či sériová výroba jednotlivých součástí, nákup materiálu a výsledná cena výrobku tvoří základní aspekty v ekonomickém hledisku.

### 6.3 Ekologie

Energetická a materiálová náročnost a rizika ohrožení životního prostředí zvláště při výrobě, užití a likvidaci výrobku. Možnost využití recyklovatelných materiálů při konstrukci.

### 6.4 Hygiena a bezpečnost a ochrana zdraví

Pokud je produkt navržen a poté smontován tak, že ho lze velmi jednoduše a prakticky všude snadno omývat, usnadňuje to jeho používání a šetří čas obsluze. Moderní vysokozdvížné vozíky lze tekoucí tlakovou vodou umýt celé, včetně interiéru. Veškeré systémy jsou tedy vodotěsné, tudíž voda nemůže nijak poškodit softwarové vybavení vozíku.

Dále by měl být vysokozdvížný vozík sestaven tak, aby se pracovník nemohl poranit o jeho části. Zejména to platí při jízdě, kdy je pracovník v interiéru a vně vozíku při jeho pracovní náplni a údržbě.

### 6.5 Ergonomie

Je věda zabývající se optimalizací lidské činnosti, a to zejména vhodnými rozměry a tvary nástrojů, nábytku a jiných předmětů. Pro obsluhu vysokozdvížného vozíku je to tedy správný posed při řízení (aby nedocházelo ke krčení nohou, rukou a hlavy), sedadlo poskytující oporu celému tělu, tvar a velikost ovladačů, umístění všech důležitých sdělovačů v dosahu zorného pole. [16]

## 6.6 Ergonomické srovnání interiérů vozíků Still R 70 – 30 (r.v. 1993) a Still RX 60 – 50 (r.v. 2012)

U vozíku R 70 – 30 je vidět starší rok výroby. Ergonomie je v tomto interiéru na nízké úrovni. Ovládací páky zdvihového mechanismu jsou příliš blízko sedadlu a tvarově „nepadnou“ přesně do ruky, velký volant je prakticky vertikální. Tvary interiéru jsou jednoduché a nejsou příliš funkční (chybí odkládací prostory). Na informační budíky za volantem není vidět. Změna směru pohybu se provádí pákami pod volantem, řidič tedy musí při každé změně sundat ruku buď z volantu, nebo z pák zdvihu.



Obr. 24. Still R 70 - 30

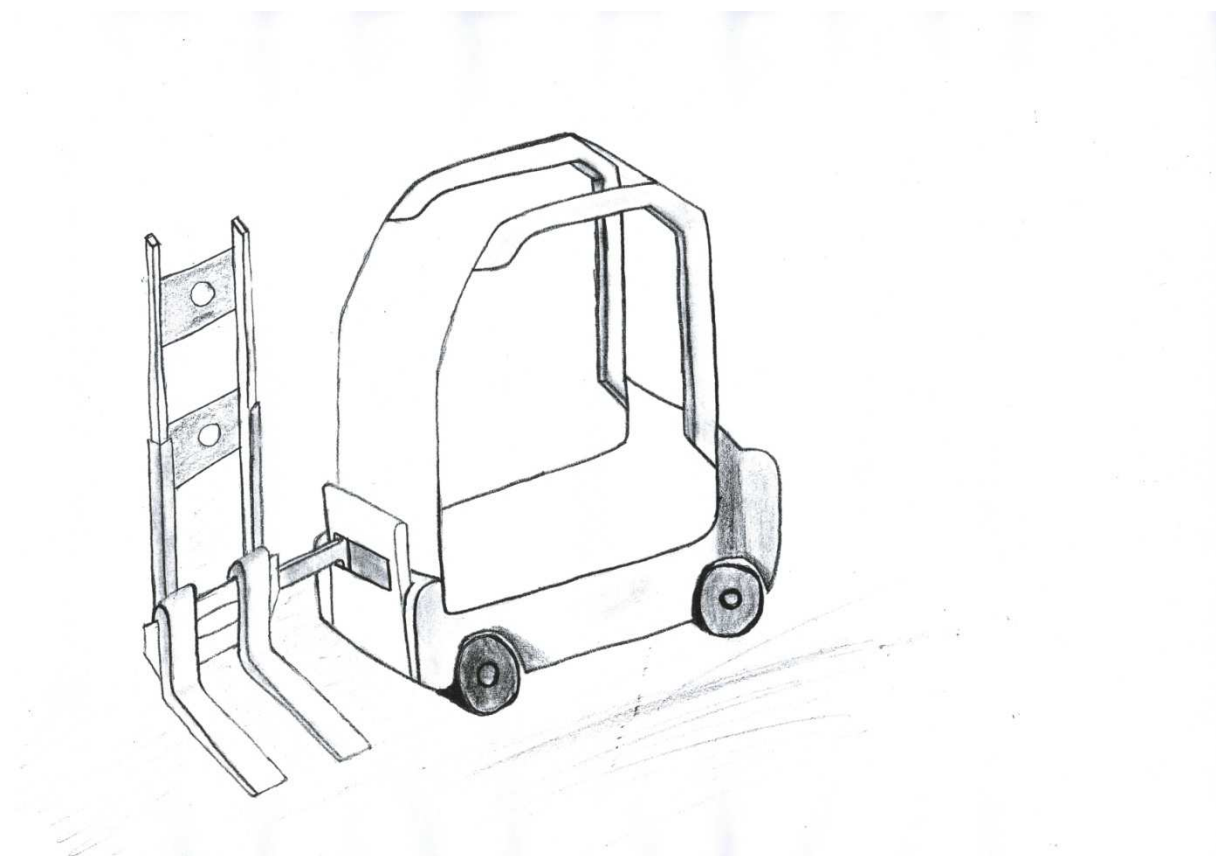
Na obrázku 25. je možné vidět, že v RX 60 – 50 je obsluhující pracovník obklopen ergonomicky tvarovanými ovladači, z nichž jsou některé i sdružené. Změna směru pohybu vozíku je na ovládací páce zdvihu. Malý průměr volantu nenamáhá ruce řidiče. Moderní a přehledný interiér poskytuje i řadu odkládacích prostorů. Jen obrazovka informačního panelu je mimo zorný dosah řidiče, ten tedy při pohledu na ni musí odvrátit pohled od vozovky.



Obr. 25. Still RX 60 - 50

## 6.7 Varianta č. 1

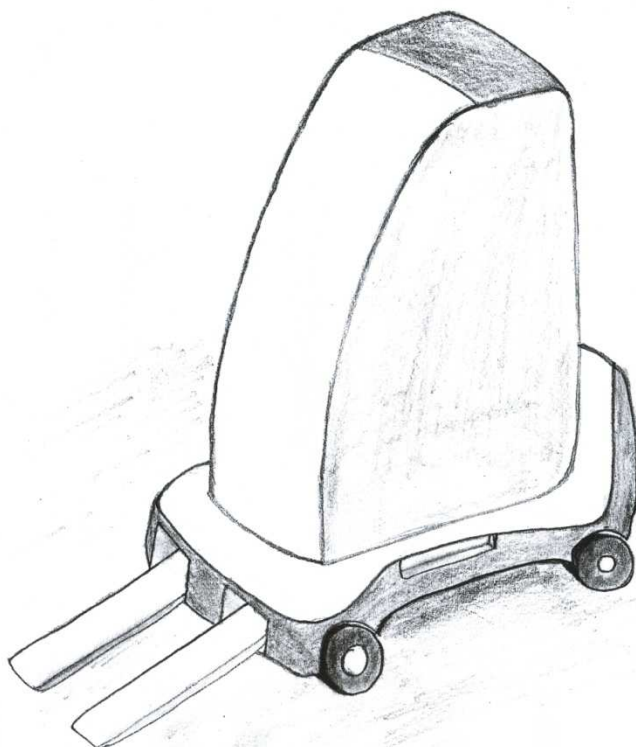
Návrh vozíku klasické konstrukce. Jediná odlišnost je pootočený zdvihací mechanismus. Využitelnost tohoto vysokozdvížného vozíku by byla ve skladovacích halách, kde jsou úzké uličky mezi regály. Odpadlo by tedy manévrování celého vozíku při ukládání nákladu. Nevýhodou je malá maximální hmotnost nákladu.



Obr. 26. Varianta č. 1

## 6.8 Varianta č. 2

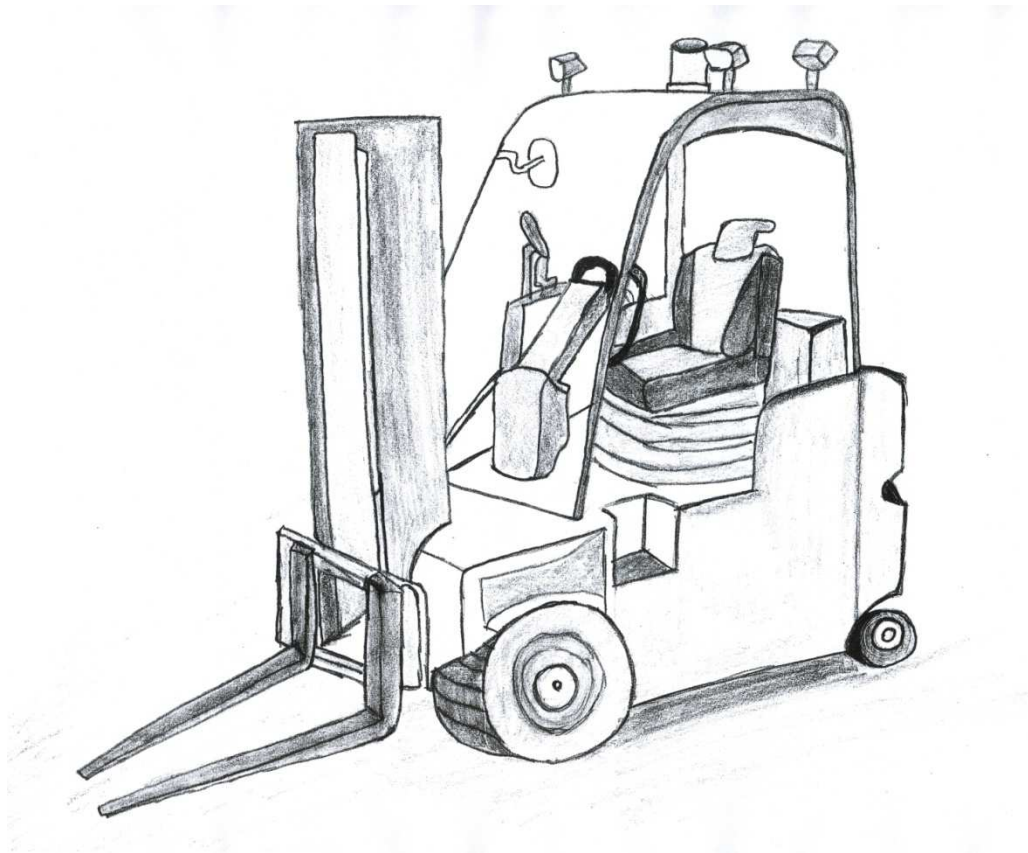
Designově netradiční vozík. Ovšem v této variantě se jedná o vozík nízkozdvíhový. Kabina svým tvarem poskytuje co největší výhled do prostoru, ve kterém se vozík pohybuje. Při absenci zdvihacího mechanismu je viditelnost maximální. Toto řešení by mělo zajistit vozíku vysokou stabilitu díky nízko položenému těžišti. Problém by byl s umístěním baterií, díky nízké stavbě karoserie.



Obr. 27. Varianta č. 2

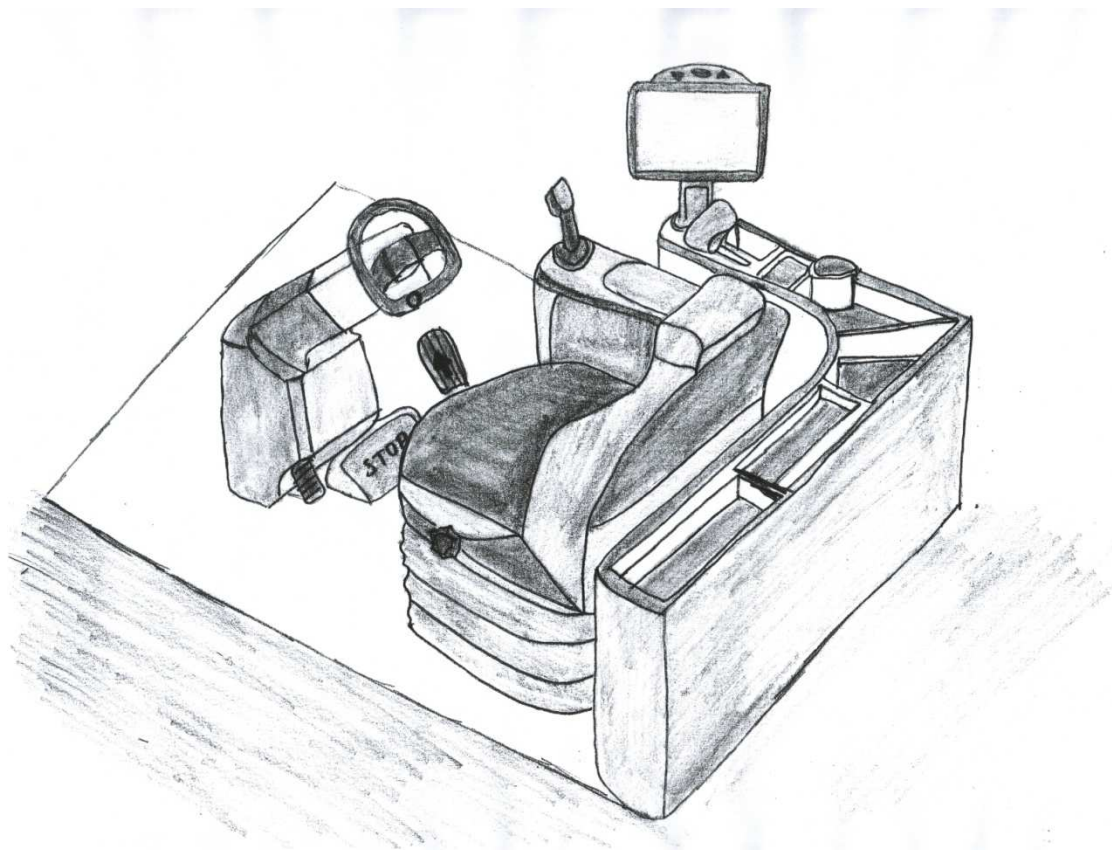
### 6.9 Varianta č. 3

Třetí varianta vysokozdvížného vozíku. Jedná se o klasickou konstrukci, ovšem s odlišně řešenou kabinou a zádí vysokozdvížného vozíku. Již nechybí zdvihací hydraulický mechanismus, umístěný těsně před přední nápravou, což umožňuje převážet těžší náklady (princip páky). Těžiště není tak nízko, jako u varianty č. 2, ale díky tomu se zvětšil prostor pro uložení baterií. Počítá se u této varianty s rozvorem v rozmezí 1 600 – 2 000 mm.



Obr. 28. Varianta č. 3





Obr. 29. Skica navrženého interiéru

## 6.10 Výběr nejvhodnější varianty

Pro výběr z navržených variant byla použita metoda přímého stanovení vah kritérií. Metoda spočívá v tom, že každému kritériu je přiřazen určitý počet bodů ze zvolené stupnice. Nejvýznamnější kritérium má nejvíc bodů. Maximální hodnota na stupnici je deset. [3]

## 6.11 Kritéria

- K<sub>1</sub> Tonáž
- K<sub>2</sub> Výška zdvihu
- K<sub>3</sub> Výhled z kabiny
- K<sub>4</sub> Náročnost výroby s ohledem na design a tvarové plochy
- K<sub>5</sub> Prostornost kabiny

Kritérium	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Součet bodů
Počet bodů	10	10	8	8	8	44
Normová váha	0,23	0,23	0,18	0,18	0,18	1

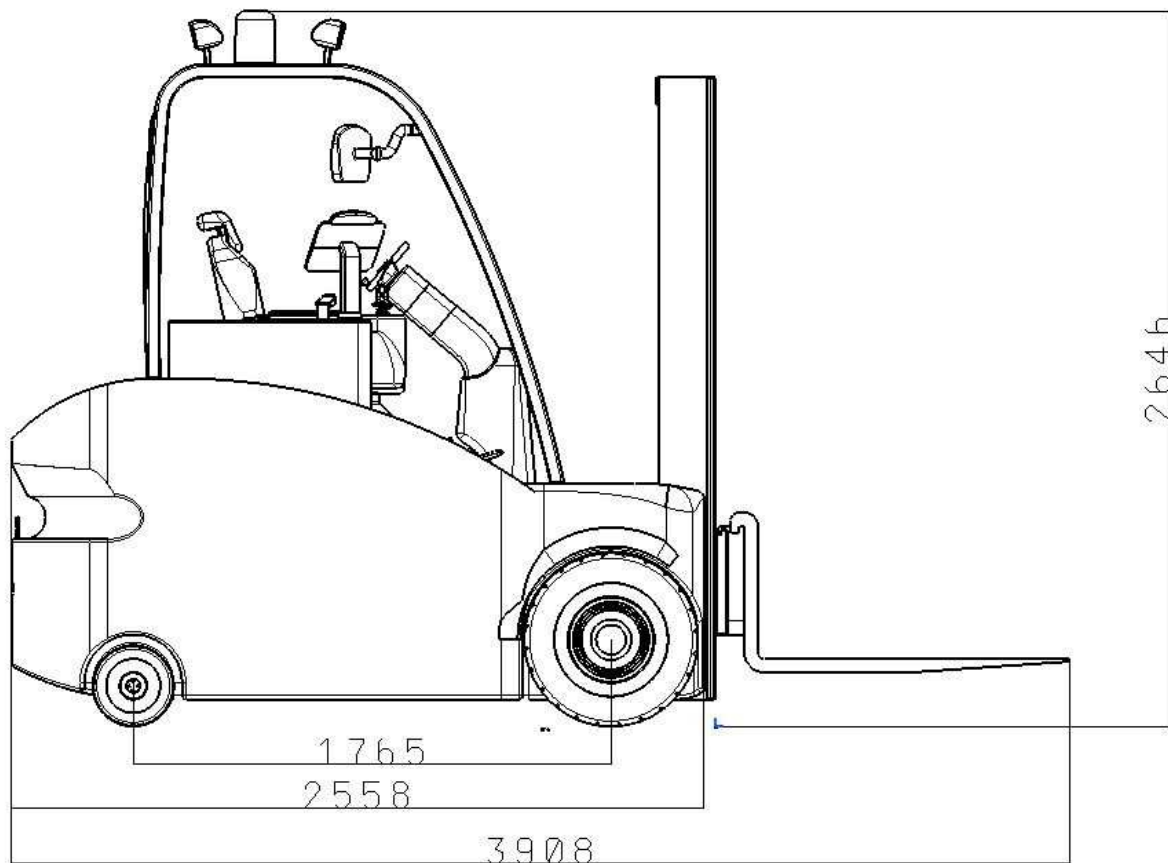
Tab. 1. Stanovení vah pomocí bodů [3]

Varianta	Kritéria					Součet bodů
	K1	K2	K3	K4	K5	
1.	6	6	8	3	5	28
2.	3	3	10	4	8	28
3.	8	9	8	8	8	41

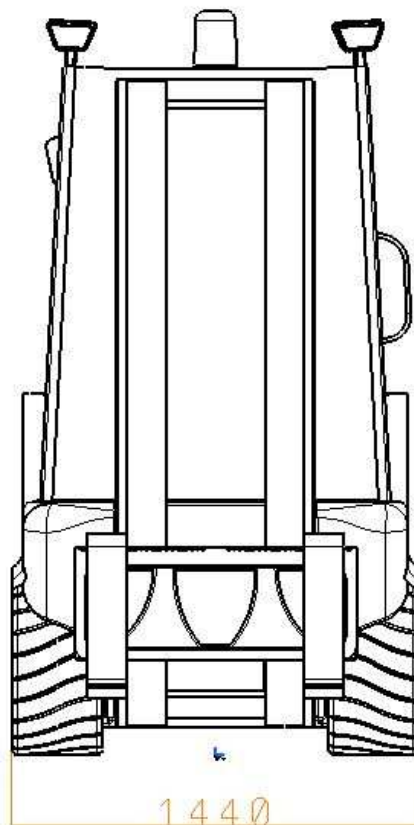
Tab. 2. Bodové hodnocení variant návrhů

Z tabulky vyplývá, že po obodování jednotlivých variant dle zvolených kritérií, nejlépe vychází varianta č. 3. Tato varianta výborně splňuje požadavky jak na interiér, tak na důležité užitné vlastnosti vysokozdvizných vozíků.

## 7. Výsledný návrh



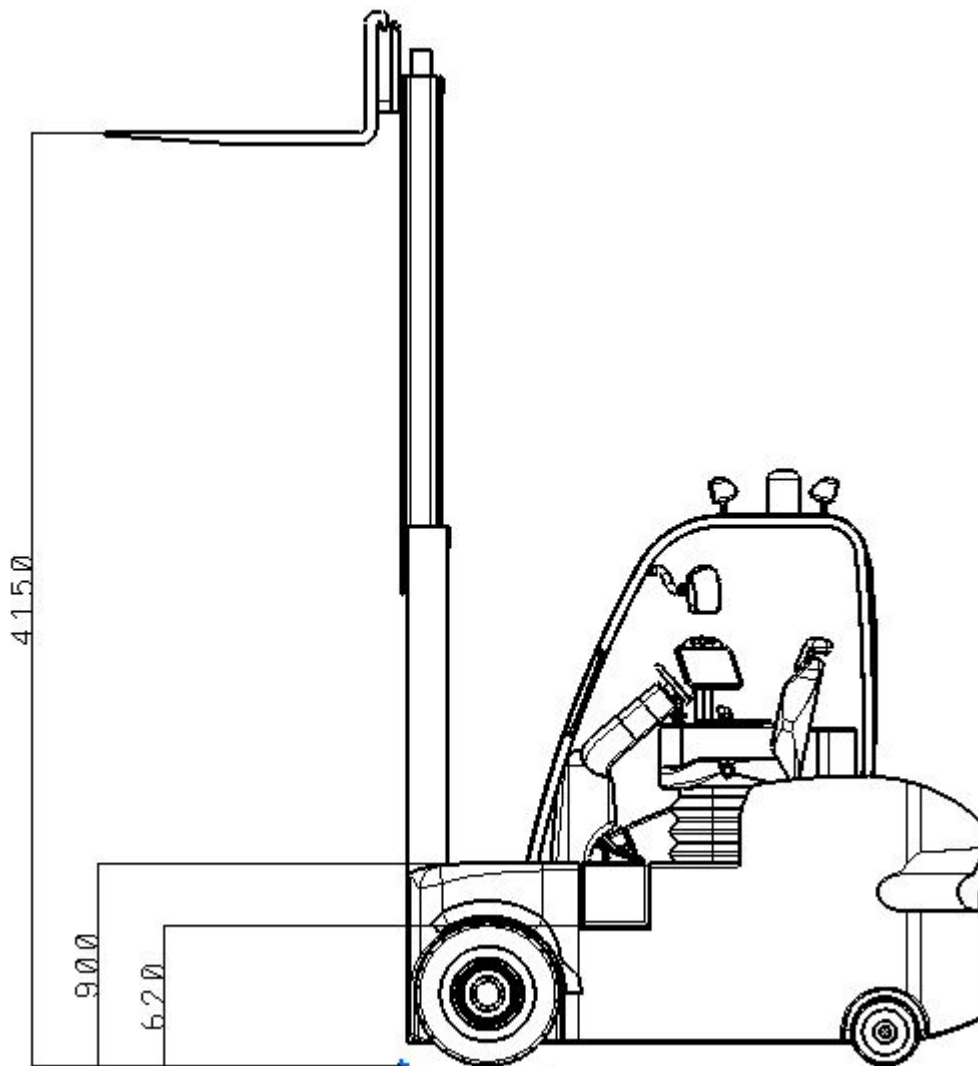
Obr. 30. Bokorys s vnějšími rozměry



Obr. 31. Nárys vozíku

S výškou 2 646 mm a největší šířkou 1 440 mm, je vozík vhodný pro použití i v menších skladovacích halách, kde se hledí na menší průjezdný průřez.

Díky krátkému rozvoru náprav a délce karoserie, se vozík může chlubit i malým poloměrem otáčení.



Obr. 32. Bokorys s rozměry maximálního zdvihu a výšky podlahy

Maximální výška zdvihu, s navrženým systémem Triplex, činí 4 150 mm. Ovšem do této výšky nebude schopen vozík zdvihnout náklad o hmotnosti rovnající se maximální nosnosti. Ovšem s ohledem na poměry na trhu je to výška nadprůměrná.

Kabina se nachází ve výšce 900 mm na zemi. Těžiště vozíku bude tedy níže, ale stále zbývá dostatek místa na baterii, která bývá umístěna pod podlahou kabiny.

Hrana nástupního schodu je 620 mm, čili přibližně ve 2/3 výšky podlahy interiéru.

## 8. Ergonomická řešení částí interiéru

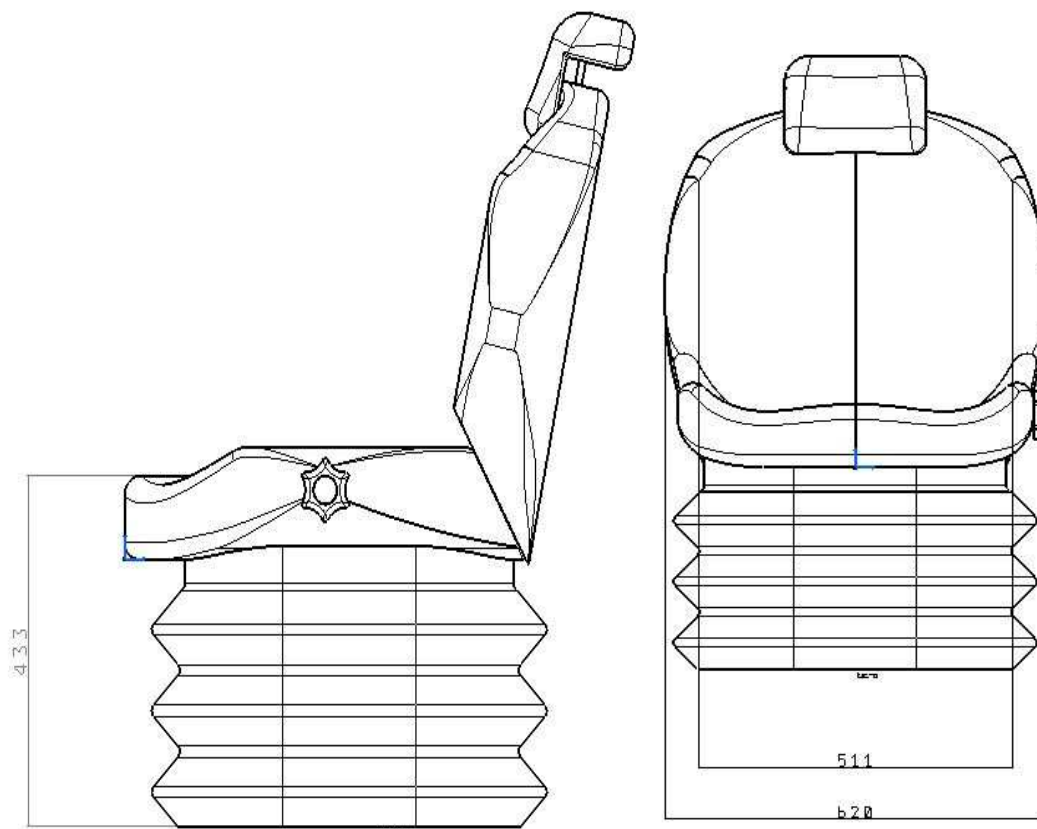
### 8.1 Sedadlo

V kabině, respektive v sedadle vysokozdvížného vozíku, tráví mnohdy jeho obsluha velké množství času. Proto je potřeba sedadlo, které dopřeje řidiči dostatečnou oporu, zejména v partiích jako jsou záda, krční páteř, stehna a kolena a také paže a lokty. S ohledem na velikost kabiny, se sedadla do vysokozdvížných vozíků nevyrobí příliš velká. Je to i z toho důvodu, že obsluha vozíku se mění a jeden vysokozdvížný vozík neřídí vždy jeden a ten samý člověk. Taková sedadla neposkytují řidiči dostatečný komfort a mohou způsobovat bolesti zad a páteře.

Sedadlo níže na obrázku má dostatečně široký sedák i opěradlo. Sedák poskytuje oporu nohou až po kolena řidiče. Poskytne tak pohodlí i postavám většího vzrůstu. Pro zvýšení komfortu při práci s vysokozdvížným vozíkem je sedadlo odpružené. Při pružení se s ním pohybuje společně i opěrka pravé ruky, na které je umístěn ovládací joystick hydraulického zdvihacího mechanismu. Tím řidič neztrácí, při přejezdu nerovností, kontakt s ovladačem, což snižuje riziko nehody a rozbití převáženého nákladu.

Navržené sedadlo je i s nastavitelnou hlavovou opěrkou.

Řidič sedí ve výšce 433mm a tím, při pracovní náplni, nemůže vzniknout ostrý úhel v oblasti kolen řidiče. Délka sedáku činí 510 mm a výška opěradla 570 mm.



Obr. 33. Bokorys sedadla s výškou sedáku a nárys s šířkou opěradla a bočního vedení



Obr. 34. Render sedadla s ovládacím joystickem

## 8.2 Sdružený ovládač – Joystick

V naprosté většině vysokozdvihných vozíků, které jsou v České republice v provozu, je zdvihací mechanismus ovládán z kabiny pomocí tří až čtyř pák. Každá plní jednotnou funkci. Zdvih, naklápění celého mechanismu, příčný posun vedení s vidlemi, popřípadě vzájemný, symetrický, příčný posun vidlí. Příliš velký počet ovládačů může vést k nepřesnosti práce s vozíkem.

Návrh tedy počítal s jedním sdruženým ovládačem – Joystickem. Na něm jsou umístěny tlačítka na naklápění zdvihového mechanismu a pro příčný posuv rámu s vidlemi. Ve spodní straně se nachází tlačítko pro změnu směru pohybu vysokozdvihného vozíku. Joystick je anatomicky vytvarován na dlaň pravé ruky obsluhy vozíku.

Je umístěn na opěrce pravé ruky, tudíž řidič má ruku uvolněnou a nedochází k přepínání svalů.

Pro zlepšení orientace jsou tlačítka výrazně zbarvena jasně zelenou a oranžovou barvou.



Obr. 35. Joystick s tlačítky ovládní zdvihového mechanismu



Obr. 36. Joystick s tlačítkem volby směru pohybu vozíku



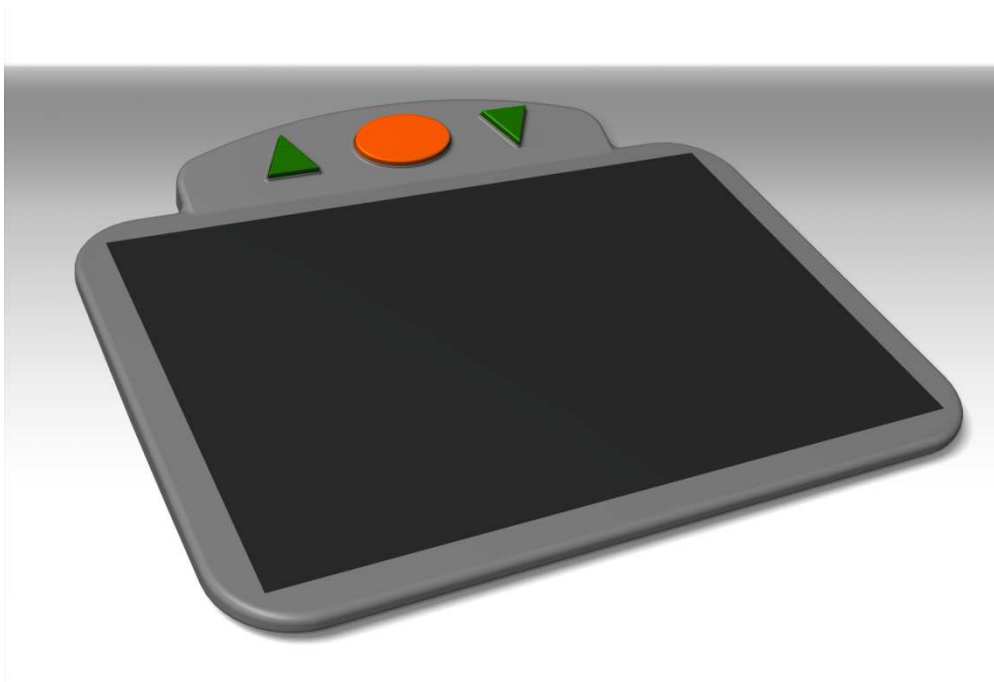
Obr. 37. Tvarování joysticku



### 8.3 Informační systém

Veškeré údaje o provozu vozíku, směru pohybu, zvolené rychlosti, stavu baterie, přetížení a dalších, jsou zobrazovány na displeji informačního systému. Displej s úhlopříčkou třináct palců je dostatečně velký. Jeho umístění je zvoleno s ohledem na řidičův výhled z vozíku, ale také tak, aby řidič nemusel příliš odvracet zrak od vozovky, popřípadě od nákladu. Z hlediska ergonomie je ještě umístěn na otočném podstavci.

Informační systém je vybaven dotykovou obrazovkou, ale počítá se i s hrubším zacházením v těžkých provozech, a tak je vybaven třemi barevnými tlačítky.



Obr. 38. Informační systém

### 8.4 Ruční brzda

Zde byl řešen pouze její tvar a umístění v interiéru. Důraz byl kladen zejména na rozměry. Hlavice ruční brzdy malých rozměrů je kompaktní a nenarušuje estetický pohled do kabiny. Optimalizace se týká také vlastního pohybu. Ten je oproti vozíkům v provozech jednoduchý a používá pouze vertikální posuv. Pro odjištění páky ruční brzdy se použije tlačítko.

### 8.5 Odkládací prostory

Trend v automobilovém průmyslu, který se dostává i mezi průmyslové stroje je dostatek odkládacího prostoru, který zvyšuje přehlednost věcí v kabině. Schránky jsou v optimální výšce vzhledem k sedícímu řidiči, jsou volně přístupné bez uzavíratelného víka. Mezi nimi je umístěn držák na PET láhev o objemu 1,5 litru.



Obr. 39. Umístění informačního systému, odkládací prostory a ruční brzda



Obr. 40. Otočný podstavec a ruční brzda

## 8.6 Volant

Na první pohled by se mohlo zdát, že se jedná o sportovní vysokozdvizný vozík, neboť volant je ve spodní části zploštělý. Ovšem v tomto případě je to z čistě praktického hlediska. Průměr volantu činí 264 mm a zploštění usnadňuje řidiči nástup i výstup z kabiny. Vysokozdvizný vozík se řídí převážně jednou rukou, proto je volant též vybaven otočným kolečkem pro lepší a rychlejší ovladatelnost a manévrovatelnost.

Pro zvýšení praktičnosti lze volant nastavit v podélném směru. Celý sloupek s volantem se odjistí malým pedálem na podlaze a sloupek s volantem lze vysunout či zasunout.

Celý tento systém s odjištěním volantu, by mohl sloužit, jako bezpečnostní pojistka, aby nikdo nemohl jakkoliv ovládat funkce vysokozdvížného vozíku bez toho, aniž by si sedl za volant.



Obr. 41. Výškově nastavitelný sloupek s volantem, brzdový pedál a pedál odjištění volantu

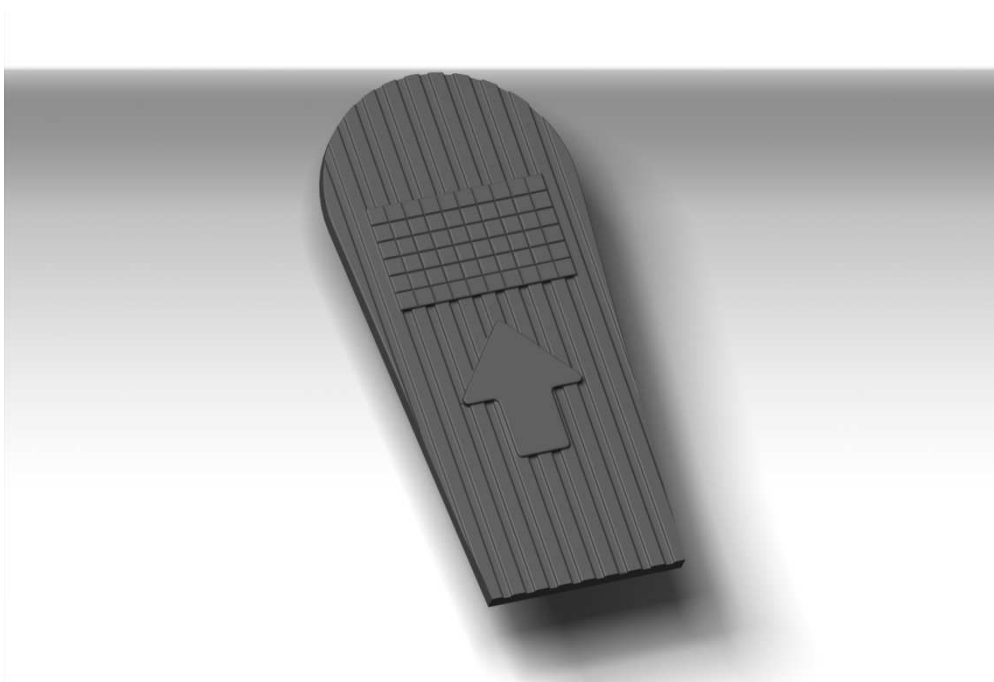
## 8.7 Pedály

Pohyb i zastavení vysokozdvížného vozíku je řešen jedním plynovým a jedním brzdovým pedálem. U plynového i brzdového pedálu byl kladen důraz na rozměry a značení jejich funkcí, přičemž brzdový pedál je, z hlediska rozměrů, větší.

Předem byla zavržena varianta se třemi pedály. Jeden brzdový pedál uprostřed, pro pohyb vpřed pedál napravo a pro pohyb vzad pedál nalevo od brzdy. Tento systém je používán zejména u vysokozdvížných vozíků značky Linde.



Obr. 42. Brzdový pedál



Obr. 43. Plynový pedál

## 8.8 Zpětné zrcátko

Navržený vysokozdvizný vozík postrádá vnější zpětná zrcátka. Ta by se mohla při pohybu vozíku ve stísněných prostorech poškodit a tím by neplnila svoji funkci.

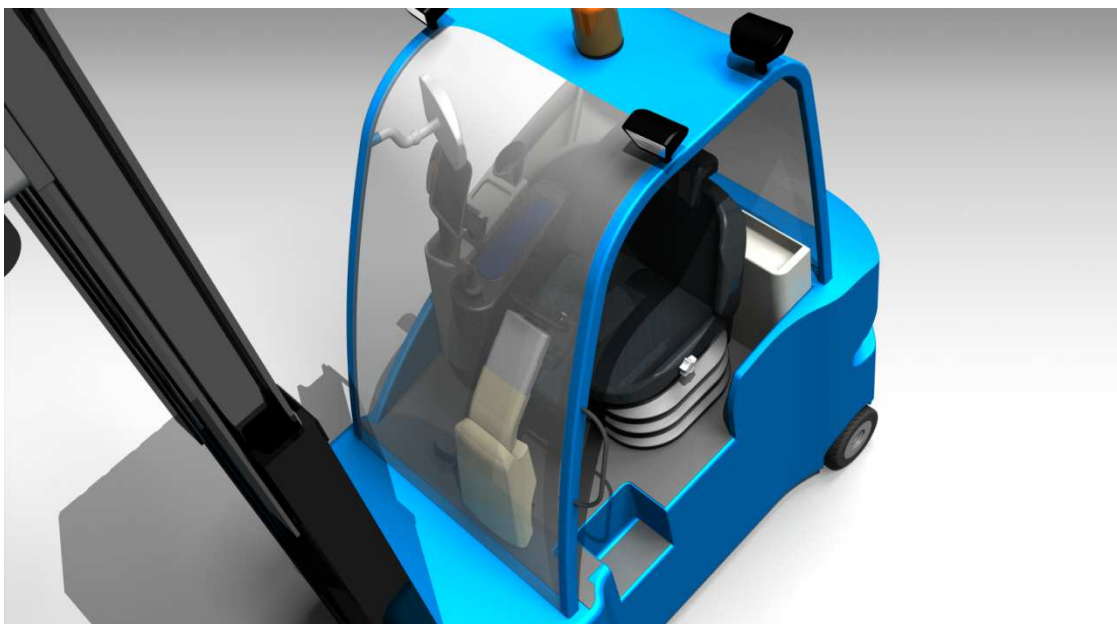
Vozík má jedno zpětné zrcátko v kabině. Díky němu řidič přesně vidí za sebe a také, díky kulovitému tvaru zrcátka, částečně do stran. Zbylé prostory na bocích už řidič vidí periferně. Čím větší zpětné zrcátko, tím lépe je řidič informován o dění za vozíkem.

## 8.9 Přední okno

Při manipulaci s nákladem, musí řidič ze svého místa dobře vidět ven z kabiny. Také by se neměl z hlediska bezpečnosti příliš na sedadle naklánět, aby lépe viděl před vozík na náklad.

Proto je v tomto případě prosklená plocha co největší. Začíná hned ve spodní části kabiny a zasahuje až na střechu nad hlavu řidiče. Díky tomu získává řidič mnohem lepší přehled.

Samozřejmě, že jsou situace, kdy je náklad naprosto zastíněn zdvihovým mechanismem a řidič se musí vyklonit, aby s ním mohl bezpečně manipulovat. Ovšem rozměrné čelní okno tuto nevýhodu minimalizuje.



Obr. 44. Pohled na přední okno zasahující do střechy



Obr. 45. Uspořádání interiéru

**Konečné rozměry kabiny (d x š x v) [mm]**

1450 x 1120 x 1540 [mm]

**Konečné rozměry sedadla**

Délka sedáku 510 [mm]

Výška opěradla 595 [mm]

Oproti původnímu návrhu došlo k navýšení všech rozměrů, což ještě zvýší praktičnost interiéru.

## 9. Návrh konstrukčního řešení vybrané části

Jako součást pro konstrukční řešení byla zvolena vidle. V programu Siemens NX 9.0 byla vidle vymodelována společně s příčným posuvným rámem. Pomocí Metody konečných prvků byly součásti zasíťovány a zatíženy. Zatížení odpovídá polovině maximální nosnosti vysokozdvížného vozíku.

Vidle jsou dimenzovány na vozík s maximální nosností 5 000 kg. Jelikož je úloha řešena jako symetrická, výpočet probíhá pouze s jednou vidlí a velikost zatížení je polovina celkové nosnosti, tedy 2 500 kg. Zatížení působí v ose Z.

Výpočet byl proveden na situaci, kdy vysokozdvížný vozík nabere paletu na přední část vidlí. Šířka Europalety je 800 mm. Zatížení 2 500 kg působí tedy ve vzdálenosti 800 mm od špice vidle. Výpočet také zahrnuje variantu, kdy je nesprávně uchopen náklad na vidle. Konkrétně je paleta s nákladem nasunuta na vidlích pouze na 500 mm ze své šířky. Očekává se, že hodnoty napětí i deformace budou vyšší než u správného uchopení nákladu.

Každá z jednotlivých částí byla samostatně zasíťována 3D elementy:

- Vidle: 3D Swept Mesh, velikost elementu 10 mm (CHEXA(20))
- Hlava: 3D Tetrahedral Mesh, velikost elementu 20 mm (CTETRA(10))

Mezi těmito součástmi byla použita celkem třikrát Podmínka typu Contact se zvoleným součinitelem tření 0,1.

Jak bylo řečeno výše, vidle, je přesná tyč, ohýbaná za tepla. Příčný posuvný rám je přesný odlitek. Minimální průřez vidle je 140 x 60 mm. Rádus u paty vidle činí 60 mm.

Největší pozornost je brána na výsledek napětí. Dále se bude vyhodnocovat deformace, čili průhyb vidle v ose Z.

Okrajové podmínky výpočtu jsou odvozeny od skutečného namáhání vidle. Je tedy zamezen posuv celé soustavy v ose X a Y, dále v ose Z.

### 9.1 Výpočet dovoleného napětí

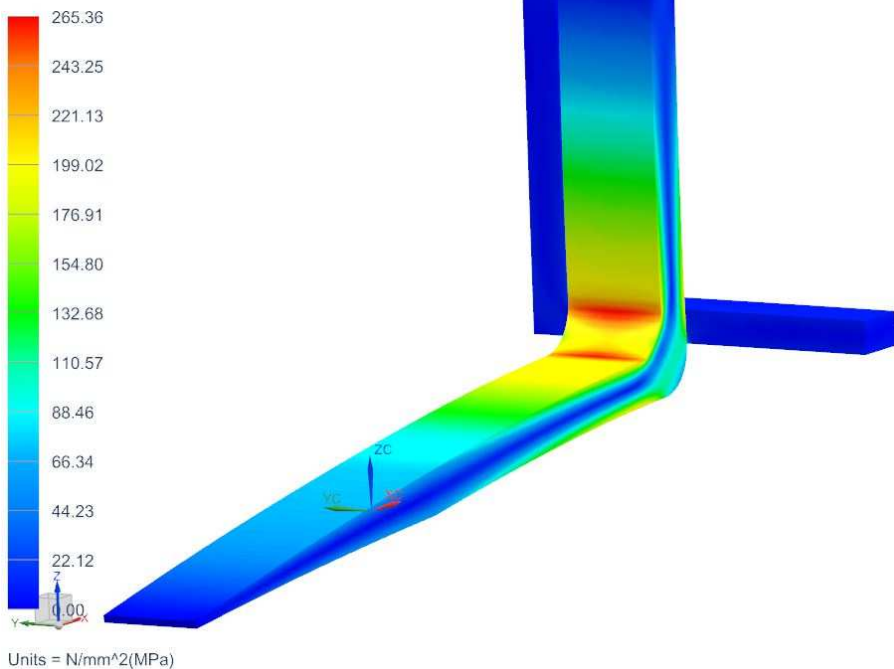
Materiál ČSN 14 341 – Mez kluzu  $Re = 715$  [MPa] [17]

Volba koeficientu bezpečnosti  $k$  – s ohledem na velké hmotnosti nákladů byl zvolen součinitel 2,5.

$$\sigma_D = \frac{Re}{k} = \frac{715}{2,5} = 286 [MPa]$$

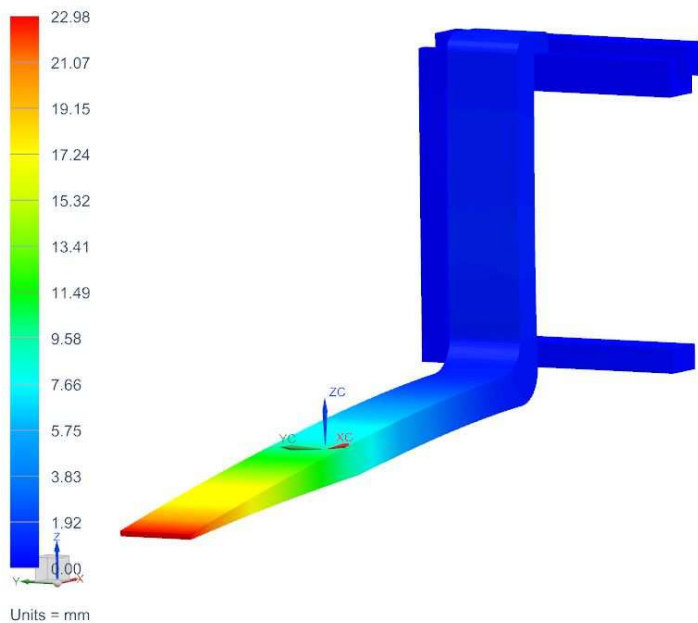
S touto hodnotou budou porovnávány výsledky počítačové analýzy.

Semestrální\_prace\_2015\_sim1 : Solution 1 Result  
 Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
 Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises  
 Min : 0.00, Max : 265.36, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
 Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

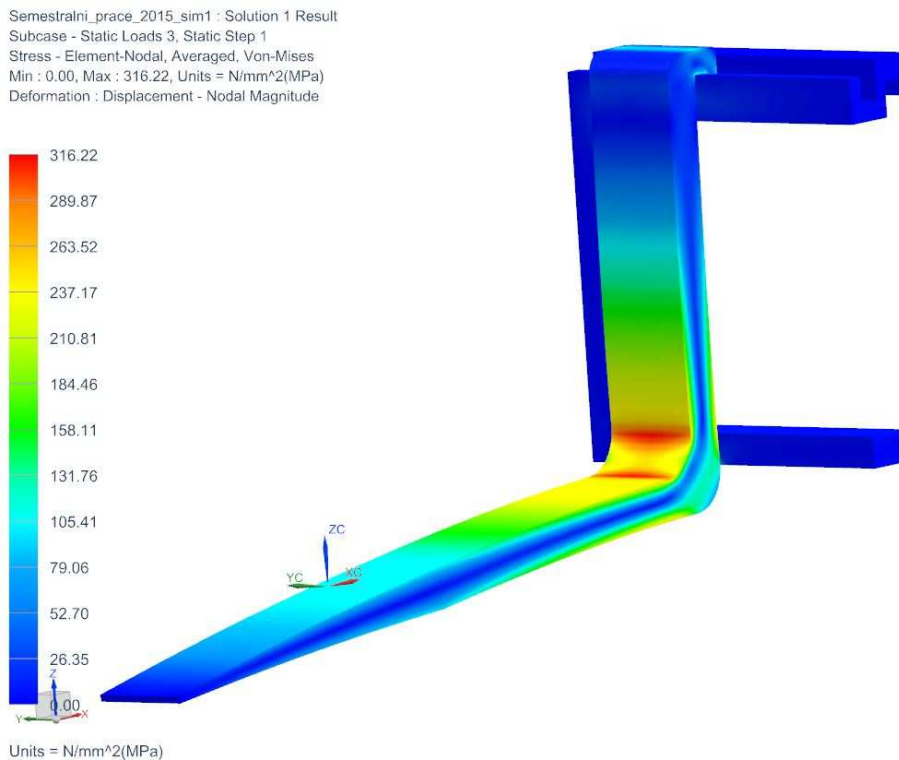


**Obr. 46. Výsledek působícího napětí a detekce nebezpečného místa**

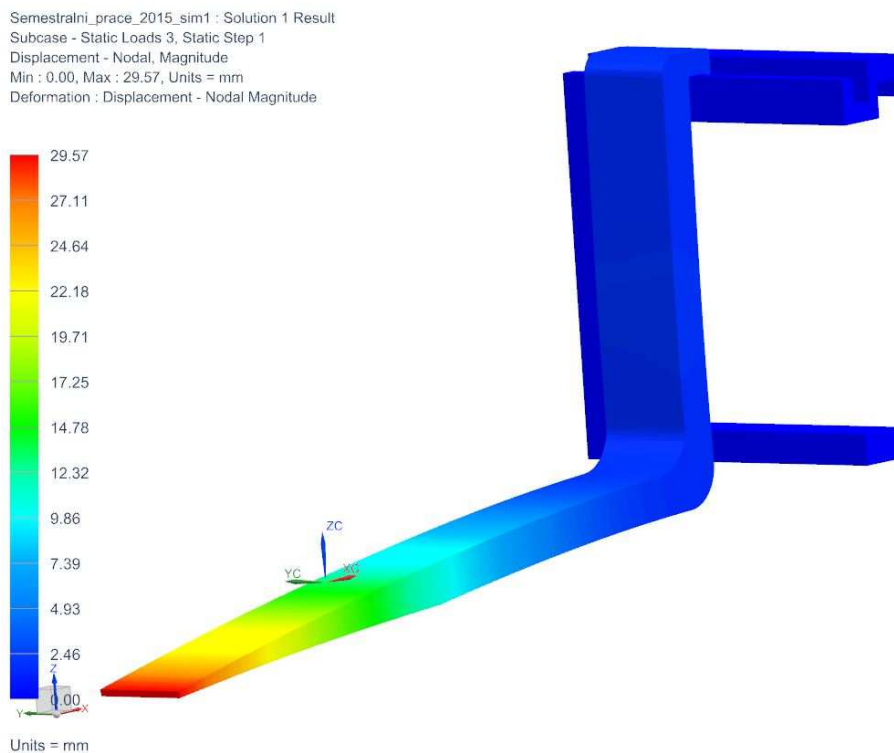
Semestrální\_prace\_2015\_sim1 : Solution 1 Result  
 Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
 Displacement - Nodal, Magnitude  
 Min : 0.00, Max : 22.98, Units = mm  
 Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



**Obr. 47. Deformace vidle v ose Z**



**Obr. 48. Výsledné napětí při nesprávném uchopení nákladu**



**Obr. 49. Výsledek deformace při nesprávném uchopení nákladu**



## 9.2 Výsledek počítačové analýzy

Jak je patrné z obrázku č. 46, počítačovou analýzou byla vypočtena hodnota největšího napětí 265,36 [MPa]. Nebezpečné místo je rádius na patě vidle. V tomto místě by při přetížení došlo k nevratné deformaci a k poškození vidle.

Největší průhyb je na špici vidle. Zde při daném zatížení činí průhyb 22,98 mm. Pro tuto variantu výpočtu je vidle deformována, avšak napětí nepřekročí dovolenou hodnotu.

Při druhé variantě výpočtu, kdy je paleta s nákladem nesprávně uchopena, jsou výsledky počítačové analýzy vyšší než v prvním případě. Napětí 316,22 [MPa] již přesahuje hodnotu dovoleného napětí. V nebezpečném místě, tedy v místě ohybu vidle, by při tomto napětí došlo k nevratné deformaci a poškození vidle.

Naproti tomu se deformace na špici vidle zvýšila o necelých 7 mm na 29,57 mm.

### 9.2.1 Kontrolní výpočet

$$\sigma_1 \leq \sigma_D$$

$$265,36 \leq 286$$

*VYHOVUJE!!!*

$$\sigma_2 \geq \sigma_D$$

$$316,22 \geq 286$$

*NEVYHOVUJE!!!*

## 10. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout design vysokozdvížného vozíku a jeho interiéru s důrazem na ergonomii všech prvků.

Nejprve se práce zabývá historií vysokozdvížných vozíků, jeho původních primitivních předchůdců a vůbec počátkem zdvihání těžkých předmětů a jejich dopravou na místo určení. Následuje rešerše současného stavu na trhu s vysokozdvížnými vozíky, jejich rozdělení dle pohonu a konstrukce a přehled nejúspěšnějších výrobců vysokozdvížných vozíků na světě. Nechybí ani zmínka o vysokofrekvenčních vozících a také vozících s alternativním hybridním pohonem. Jako budoucnost vysokozdvížných vozíků je krátce představena studie společnosti STILL, Cube XX.

Jmenovány byly tři nejdůležitější vlastnosti vysokozdvížných vozíků - tonáž, výška zdvihu a poloměr otáčení. Poté byly vyjmenovány další důležité vlastnosti a části vysokozdvížných vozíků. Před samotným návrhem byly určeny zákonitosti, podle kterých byly vytvářeny jednotlivé varianty. Dle ergonomických zákonitostí, byly navrženy rozměry interiéru a sedadla.

Práce se dále zabývá samotným návrhem možných variant a jejich hodnocení až k finální variantě, která byla rozpracována. Kompaktní vnější rozměry slibují nízký průjezdný průřez, krátký rozvor a délka karoserie zase malý poloměr otáčení. To jsou podstatné faktory při uplatnění ve skladovacích halách s úzkými uličkami. Důležitou částí je popis navrhovaných komponent interiéru s obrázkovou dokumentací. Zde jsou vysvětlena navrhovaná řešení částí interiéru, se kterými přijde pracovník do styku. Největší důraz byl kladen na sedadlo, ovládač zdvihového mechanismu, informační systém a sloupek volantu, který je výškově nastavitelný a vyhoví tak vzrůstem rozdílným postavám.

V poslední části se práce zabývá konstrukčním řešením vybrané části vysokozdvížného vozíku. Danou zvolenou částí byla vidle vozíku. Počítačovou analýzou v programu Siemens NX 9.0 byla pomocí Metody konečných prvků vidle vymodelována a fiktivně zatížena. Z výsledků této analýzy vyplývá, že pro maximální nosnost pět tun u vidle nedojde k trvalé, nevratné deformaci a tudíž tomuto maximálnímu zatížení odolá.

## **11. Použité zdroje**

### **11.1 Knižní publikace**

- [1] STANĚK, J. Technické prostředky manipulace s materiálem. Plzeň: ZČU, 1996
- [2] DRAŽAN, F, JEŘÁBEK. K. Manipulace s materiálem. Praha: ALFA, 1979
- [3] FOTR, J. ŠVECOVÁ, L. A KOLEKTIV Manažerské rozhodování postupy, metody a nástroje. Praha: Nakladatelství Ekopress, s. r. o., 2010

### **11.2 Internetové zdroje**

- [4] [www.packagingrevolution.net](http://www.packagingrevolution.net)
- [5] [www.yale.com](http://www.yale.com)
- [6] [www.paletovevoziky.eu](http://www.paletovevoziky.eu)
- [7] [www.still.de](http://www.still.de)
- [8] [www.linde-mh.cz](http://www.linde-mh.cz)
- [9] [www.toyota-forklifts.cz](http://www.toyota-forklifts.cz)
- [10] [www.manipulacnitechika.cz](http://www.manipulacnitechika.cz)
- [11] [www.hyster.cz](http://www.hyster.cz)
- [12] [www.czas.cz](http://www.czas.cz)
- [13] [www.beewatec.cz](http://www.beewatec.cz)
- [14] [www.mvtechnik.com](http://www.mvtechnik.com)
- [15] [www.cemat.cz](http://www.cemat.cz)
- [16] [www.cs.wikipedia.org](http://www.cs.wikipedia.org)
- [17] [www.tprom.cz](http://www.tprom.cz)

### **11.3 Ostatní zdroje**

- [18] STANĚK, J. Přednáška z předmětu Konstrukce manipulační techniky
- [19] Technický prospekt STILL RX 60 – 50
- [20] POKORNÁ, V. Přednášky z předmětu Ergonomie
- [21] STANĚK, J. Přednáška z předmětu Design strojů a zařízení

## **11.4 Použitý software**

CATIA V5R20 – Generative Shape Design

SIEMENS NX 9.0 – Modeling, Advanced Simulation

Microsoft Office Word, Excel 2007

## **12. Seznam příloh**

Rendery 3D modelu vysokozdvížného vozíku

Rendery 3D modelu vysokozdvížného vozíku v reálném prostředí

### Příloha č. 1



Obr. 50. Render vozíku ve žluté barvě



Obr. 51. Pohled na zád' vozíku



Obr. 52. Pohled z boku



Obr. 53. Pohled z boku do interiéru s postavou v interiéru



Obr. 54. Ukázka maximálního zdvihu



Obr. 55. Vysokozdvížený vozík s paletami



## Příloha č. 2



Obr. 56. Render vozíku v reálném prostředí skladu



**Obr. 57. Render vozíku v reálném prostředí s paletami**