



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

STOHOVACÍ PALETIZÁTOR POTRAVINÁŘSKÝCH PŘEPRAVEK

STACKING PALLETIZER OF THE FOOD CRATES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Matej Bajdich

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Bc. Matej Bajdich**
Studijní program: Automobilní a dopravní inženýrství
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Stohovací paletizátor potravinářských přepravek

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční návrh stohovacího paletizačního manipulátoru pro přepravky. Zařízení odebírá z dopravníku příchozí přepravky s potravinami, které jsou stohovány na paletu na druhém dopravníku. Zařízení stohovacího paletizačního manipulátoru je samostatně stojící konstrukce, která se nachází na přechodu dvou již existujících dopravníků.

Technické parametry zadání:

Manipulační výšky existujících dopravníků od podlahy od 0,4 m do 1 m.

Ideální manipulační cyklus (takt manipulátoru) kolem 2,5 cyklu/min (15 přepravek/min).

Rozměr přepravky 600x400 mm a 400x300 mm.

Maximální nosnost přepravky 600x400 mm = 50 kg a 400x300 mm = 15 kg.

Maximální nosnost vrstvy přepravek 150 kg.

Počet přepravek v jedné vrstvě palety:

Přepravka 600x400 mm pro paletu 800x1200 mm – 4 ks., 1000x1200 mm – 5 ks.

Přepravka 400x300 mm pro paletu 800x1200 mm – 8 ks., 1000x1200 mm – 10 ks.

Cíle diplomové práce:

Rešeršní rozbor obdobných zařízení a výrobců.

Rešeršní kritický popis stohovacího paletizačního manipulátoru pro přepravky.

Návrh koncepcí stohovacího paletizačního manipulátoru pro přepravky a zdůvodnění volby konstrukce.

Volba a dimenzování dodavatelských komponent zařízení.

Analytický výpočet funkčních a rozměrových parametrů zařízení.

Numerická simulace napjatosti a deformace zařízení v kritických zátěžových stavech.

Sestavný výkres stohovacího paletizačního manipulátoru pro přepravky.

Dílenské detailní výkresy.

Seznam doporučené literatury:

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

MICHALÍČEK, Milan. Dynamika stavebných strojov. 2. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1996. Edícia skript. ISBN 8022708798.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práca je zameraná na konštrukčný návrh stohovacieho paletizátora potravinárskych prepraviek podľa zadaných parametrov. V prvej časti diplomová práca nahliadne na základné informácie o paletizácii, typoch paletizátorov a priblíži obdobné konštrukčné riešenia daného zariadenia od iných výrobcov. V druhej časti sa práca venuje návrhom vlastného zariadenia, ich zhodnoteniu a samotnej konštrukcii paletizátora. Súčasťou konštrukcie paletizátora sú výpočty a numerická simulácia napätosti a deformácie hlavného rámu zariadenia pri maximálnej záťaži pomocou metódy konečných prvkov. Posledná časť práce sa venuje zhodnoteniu vytvoreného konštrukčného návrhu paletizátora. Diplomová práca tiež obsahuje výkresovú dokumentáciu vybraných častí.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Stohovací paletizátor, paleta, prepravka, krabica, manipulácia s materiálom, pohon ozubeným remeňom, reťazový pohon, metóda konečných prvkov

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the food crates stacking palletizer construction design according to required values. In the first part of diploma thesis, it looks at the definitions and basic information about palletization, types of palletizers and describes analogous construction solutions of the given machine from other manufacturers. The second part, the diploma thesis deals with the designs of the own machine, their evaluation and designing of the own palletizer. Part of the palletizer design are calculations and numerical simulation of stress and deformation of the main frame of the machine at maximum load using the finite element method. The last part of the thesis deals with the evaluation of created palletizer design. The diploma thesis contains drawing documentation of selected sections.

KEYWORDS

Stacking palletizer, pallet, crate, box, material handling, toothed belt drive, chain drive, finite element method

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

Bajdich, M. Stohovací paletizátor potravinářských přepravek. Brno, 2022. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí diplomové práce Přemysl Pokorný. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140362>.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojim pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením Ing. Přemysla Pokorného, Ph.D. a s použitím informačných zdrojov uvedených v zozname.

V Brne dňa 20. 05 2022

.....

Matej Bajdich

POĎAKOVANIE

PodĎakovanie patrí v prvom rade vedúcemu diplomovej práce Ing. Přemyslovi Pokornému, Ph.D. za pomoc, odborné vedenie, vecné pripomienky a ústretovosť v priebehu spracovávaní práce. Ďalej by som chcel poďakovať firme Htech cz s.r.o. za možnosť spolupráce pri tvorbe diplomovej práce a v neposlednom rade kolegom za vecné pripomienky, rady a odovzdávanie skúseností počas celého procesu spracovávaní diplomovej práce.

OBSAH

Úvod	11
1 Paletizácia	12
1.1 Manipulačná jednotka	12
1.2 Vhodnosť materiálu z hľadiska paletizácie	14
1.3 Typy paletizátorov	16
1.3.1 Konvenčné paletizátory	16
1.3.2 Robotické paletizátory	18
2 Obdobné konštrukčné riešenia paletizátorov jednotlivých výrobcov	20
2.1 Paletizátor Viscon Plate palletizer	20
2.2 Paletizátor PT Chronos APL-5240-N	21
2.3 Paletizátor Box palletizer VPM-BL	22
2.4 Paletizátor AP 111	23
2.5 Paletizátor PAL1100X	24
3 Parametre pre návrh paletizátora	26
4 Konceptné návrhy paletizátora	28
4.1 Návrh 1	28
4.2 Návrh 2	29
4.3 Návrh 3	30
4.4 Návrh 4	31
4.5 Zhodnotenie návrhov a výber najvhodnejšieho návrhu	32
5 Návrh a konštrukčné riešenie paletizátora	33
6 Návrh hlavného rámu	35
7 Návrh manipulátor	37
7.1 Rám manipulátora	38
7.2 Čeluste manipulátora	38
7.3 Stredový panel	40
7.4 Predný doraz vrstvy	41
7.5 Zadný posuvný doraz vrstvy	42
.....	43
7.6 Návrh remeňového pohonu – pojazd manipulátora v ose X	44
7.6.1 Výpočet zrýchlenia pojazdu	44
7.6.2 Výber profilu zubu	45
7.6.3 Výber ozubenej remenice a odkláňacích kladiek	45
7.6.4 Napnutie ozubeného remeňa	45
7.6.5 Kontrola prípustného zaťaženia ťažného vlákna ozubeného remeňa	45
7.6.6 Potrebný výkon motora	47
7.6.7 Potrebný hnací moment	47
7.6.8 Potrebné otáčky na výstupe prevodovky	48
7.6.9 Voľba pohonu	48
7.6.10 Kontrola hnacieho hriadeľa	48
7.6.11 Návrh pera pre ozubenú remenicu	49

7.6.12	Návrh hriadeľovej spojky	50
8	Vozík.....	51
8.1	Návrh reťazového prevodu – zdvih vozíka v ose Z	51
8.1.1	Protizávažie	53
8.1.2	Voľba reťaze a ozubeného kolesa	54
8.1.3	Výpočet výkonu pohonu reťazového prevodu	55
8.1.4	Výpočet potrebných otáčok prevodovky	56
8.1.5	Výpočet potrebného krútiaceho momentu pohonu	56
8.1.6	Voľba pohonu	56
8.1.7	Kontrola hnacieho hriadeľa.....	57
8.1.8	Návrh pera pre ozubené koleso	57
9	Medzný stav únosnosti.....	59
9.1	Výpočet návrhovej pevnosti.....	59
10	Pevnostná kontrola hlavného rámu.....	60
10.1	Príprava modelu pre výpočet	60
10.1.1	Prevedenie objemového modelu na škrupinový model	60
10.1.2	Vytvorenie siete – „meshing“	61
10.1.3	Náhrada väzieb.....	63
10.1.4	Náhrada zaťaženia rámu silami.....	64
10.2	Výsledky výpočtu pevnostnej kontroly hlavného rámu	66
10.2.1	Napätie	66
10.2.2	Deformácia.....	70
10.2.3	Výpočet bezpečnosti s ohľadom na návrhové dovolené napätie	72
11	Pohľady na model navrhnutého paletizátora.....	73
	Záver	75
	Použité informačné zdroje.....	76
	Zoznam použitých skratiek a symbolov.....	81
	Zoznam príloh	84

ÚVOD

Paletizátor slúži predovšetkým na zefektívnenie logistickej časti procesu výroby, či distribúcie produktov a na uľahčenie namáhavej práce pre obsluhu.

Paletizátory sú v rôznych variantách a modifikáciách využívané už dlhé roky a neustále sa rozvíjajú, obzvlášť v kontexte s neustále sa zvyšujúcou automatizáciou spracovateľských a výrobných liniek. Na trhu sa nachádza množstvo typov konštrukčných riešení paletizátorov, ktoré sú prispôsobené požiadavkám pre jednotlivé typy paletizovaných produktov.

Témou diplomovej práce je konštrukčný návrh stohovacieho paletizátora potravinárskych prepraviek. Medzi ciele práce patrí rešeršný kritický popis stohovacieho paletizačného manipulátora pre prepravky, ako aj rešeršný rozbor obdobných zariadení a výrobcov. Ďalej návrh konceptov stohovacieho manipulátora pre prepravky, zdôvodnenie voľby konštrukčného návrhu, voľba a dimenzovanie komponentov od dodávateľov a analytický výpočet funkčných a rozmerových parametrov zariadenia. Poslednými cieľmi práce je numerická simulácia napätosti a deformácie pri maximálnom zaťažení zariadenia a výkresová dokumentácia zariadenia.

Diplomová práca vznikla v spolupráci s firmou Htech cz s.r.o. so sídlom v Olomouci, ktorá sa špecializuje na návrh, konštrukciu, automatizáciu a integráciu strojov v poľnohospodársko-potravinárskych reťazcoch.

1 PALETIZÁCIA

Paletizácia je dopravná, manipulačná a skladovacia sústava, vďaka ktorej pri vhodnom riešení narastá efektivita manipulácie s materiálmi (tj. surovinami, polotovarmi a hotovými výrobkami). Význam paletizácie spočíva v manipulácii s materiálom vo väčších ucelených jednotkách, čím sa v priebehu materiálového toku znižuje celková pracnosť manipulácie a výrazne sa zrýchľuje nakládka a vykládka vozidiel. Celá sústava spočíva v používaní paliet ako prostriedkov k vytváraniu stohovateľných manipulačných jednotiek, čím sa zvyšuje objemové využitie prepravných prostriedkov a skladovacích objektov a taktiež umožňujú použitie príslušných zariadení pre mechanizovanú a automatizovanú manipuláciu, ktorá odstraňuje namáhavé a často zdraviu škodlivé práce pre človeka. [1] [2] [3]

1.1 MANIPULAČNÁ JEDNOTKA

Je materiál (balený a nebalený, zväzkovaný, položený voľne, alebo na prepravnom prostriedku) tvoriaci samostatne alebo s prepravným prostriedkom celok, ktorý je prispôbený pre mechanizovanú manipuláciu, prepravu, skladovanie a zachováva svoj tvar pri obeh.

Vhodným technickým riešením k vytváraniu manipulačných jednotiek, ktoré je možné mechanizovane premiestňovať, sa zaviedli podložky, plošinky a predovšetkým palety. Tieto prostriedky sú navrhnuté tak, aby sa na nich, prípadne v nich, dal sústrediť materiál, čím sa vytvorí náklad vhodného tvaru a váhy, ktorý je možné zdvíhať a premiestňovať zdvižnými vozíkmi, žeriavmi, cestnými a železničnými vozidlami alebo kombináciou týchto zariadení.

Manipulačné jednotky sa najčastejšie tvoria na prostých paletách, ktorých príklad je možné vidieť na obr. 1 alebo za pomoci rôznych pomôcok, či konštrukcií, ktoré na nich pridržujú alebo obopínajú materiál (napr. oceľové, textilné alebo papierové pásy, lepiace prostriedky, nástavby). Paleta je pevná horizontálna plošina s minimálnou výškou vhodnou pre manipuláciu paletovými vozíkmi a/alebo iným vhodným manipulačným zariadením, používaná ako základňa pre kompletizáciu, stohovanie, skladovanie, manipuláciu, prepravu alebo vystavenie tovaru a bremien. Paletu je možné používať jednorázovo alebo opakovane. Jej základným zhotovením je podložka, ktorá môže byť poprípadе spojená s ohradou (obr. 2) alebo s uzavretou skriňou. Celým nosným prostriedkom je možné manipulovať a v niektorých prípadoch konštrukcia umožňuje aj stohovanie do viacerých vrstiev. Paleta môže byť vyrobená z dreva, kovu, plastu, lepenky alebo kombinácie týchto materiálov.



Obr. 1 Drevená prostá paleta, paleta s ložnou podlahou bez hornej konštrukcie. Opakovane použiteľná euro paleta o rozmeroch 1200 mm x 800 mm x 144 mm [5] [39]



Obr. 2 Pevná ohradová paleta s bočnicami trvale a pevne spojenými s podlahou [5] [40]

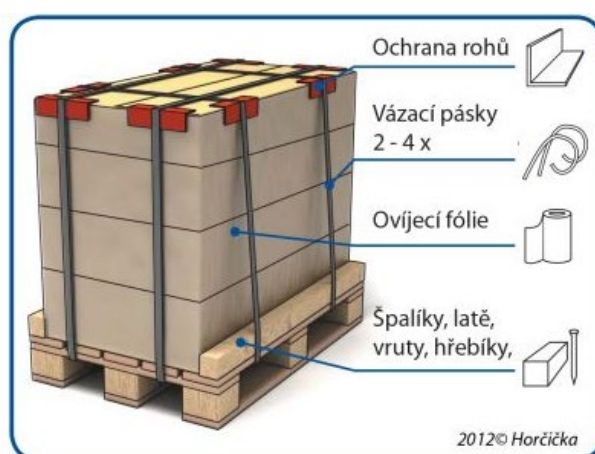
Normalizované menovité vonkajšie pôdorysné rozmery prostých paliet, obvykle používaných, sú modulárne rozmery založené na pôdorysnom module (M) 600 mm certifikovanom v ISO 3394 sú 800 mm x 1200 mm (4M), 1200 mm x 1000 mm (5M), 1000 mm x 1200 mm (5M). V praxi sa používajú najmä dva hlavné medzinárodne dohodnuté rozmery palety, čo značne prispelo k rozšíreniu paletizácie. Sú nimi prosté palety s rozmermi 800 mm x 1200 mm a 1000 mm x 1200 mm. Paleta je prispôbena pre manipulačné operácie, ako sú napríklad premiestňovanie na vidlách paletového vozíka, vysoko zdvižného vozíka, stohovacieho žeriavu apod. Každá paleta musí byť pre jednoduchú manipuláciu naberateľná z viacerých strán.

Vo výrobnom a baliacom procese je paletizácia umiestňovaná pred proces skladovania. Kvôli novej kontaminácii produktu od drevených paliet nie je paletizácia považovaná za „čistú prevádzku“, a preto býva umiestňovaná skôr v skladovacích priestoroch. [1] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]

1.2 VHODNOSŤ MATERIÁLU Z HĽADISKA PALETIZÁCIE

Základnými vlastnosťami materiálu pre vhodnosť použitia paletizácie sú rozmery, tvar a predovšetkým množstvo materiálu, zásoba, obrat a veľkosť prijímaných a odoberaných dávok. Na základe týchto vlastností môžeme následne určiť vhodnosť materiálu pre paletovanie na rôznych typoch palet, ako sú paletovanie [1] [3] [8]:

- Na prostých paletách – vhodné pre materiály v papierových alebo jutových vreciach, v kartónoch, kusový materiál s možnosťou väzby jednotlivých kusov a ich vrstvenie. Pre zaistenie súdržnosti manipulačnej jednotky sa pri manipulačných procesoch používa opáskovanie oceľovou páskou, oviazanie drôtom alebo motúzom, popruhy, či obalenie plachtovinou, sieťovinou alebo stretch fóliou. Na obr. 3 sú uvedené príklady uloženia a zaistenia materiálu na prostých paletách.



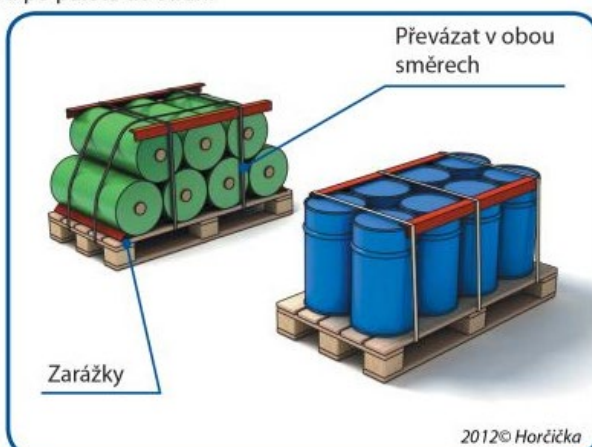
Upevnění k paletě

Vytvoření kompaktní paletové jednotky. Pevné spojení s paletou - zamezení pohybu po paletě do stran!



Zásady použití vázacích pásek

1. Pevnost a druh vázací pásky
2. Četnost úvazků 2x, 4x, 6x
3. Použití ochranných prvků na hrany a rohy



Válcovité a neforemné předměty - sudy, pletivo, ventily apod.

POUŽÍT: dřevěné zarážky, špalíky, papírové hrany,

Obr. 3 Příklady uložení materiálu na prosté paletě a zásady některých typů zaistenia materiálu na paletě. [10]

- V ohradových paletách – vhodné pre rovnaný hranolový materiál (s maximálnou dĺžkou 1150 mm), drobný materiál, voľne sypaný (maximálny objem 0,005 m³ a maximálny pomer dĺžok strán 1:4, inak je nutné jednotlivé kusy rovnať).



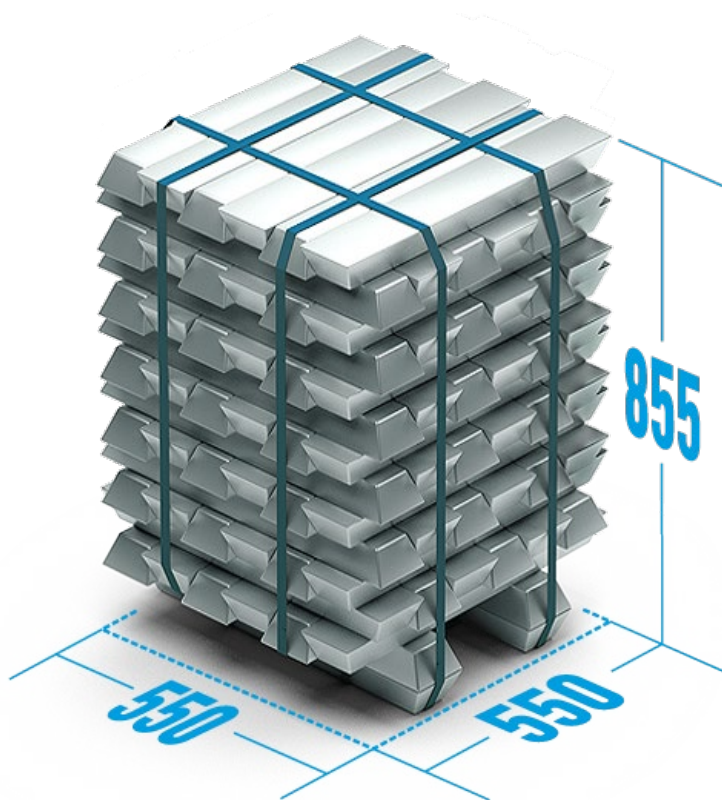
Obr. 4 Príklad uloženia materiálu v klietkovej ohradovej palete s pletivovou výplňou bočníc [5] [41]

- V stĺpikových paletách – vhodné pre kusový materiál ukladany bez väzieb a vrstvenia, ktorý neumožňuje stohovanie palet.



Obr. 5 Príklad uloženia sudov na stĺpikovej palete so záchytnou vaňou (paleta s pevnými stĺpikmi) [5] [42]

- Bez použitia paliet – vhodné pre materiál o väčšom množstve, ktorý svojím tvarom, veľkosťou a pevnosťou umožňuje vytvorenie súdržnej manipulačnej jednotky pri dodržaní hlavných zásad paletizácie.



Obr. 6 Príklad uloženia hliníkových ingotov bez palety.
[43]

1.3 TYPY PALETIZÁTOROV

Paletizátory sú zariadenia nachádzajúce sa na konci výrobných alebo spracovateľských liniek, ktoré slúžia na skladanie tovaru v predvolených formáciách a vrstvách na paletu. Paletizátory môžeme rozdeliť do dvoch hlavných kategórií na robotické a konvenčné paletizátory. Vhodnosť použitia jednotlivých typov je závislá na druhu a množstve paletizovaného tovaru a paliet, výkonnostných a priestorových podmienkach zákazníka. Konvenčné paletizátory vynikajú svojim vysokým výkonom, menším zástavbovým priestorom a nižšou obstarávacou cenou. Naopak výhodou robotických paletizátorov je možnosť obsluhovať viac liniek súčasne a možnosť paletizovať produkty nepravidelnejších tvarov, či produktov so špecifickejšim typom uloženia na paletu. [11] [12]

1.3.1 KONVENČNÉ PALETIZÁTOR Y

Konvenčné paletizátory sú jednoúčelové zariadenia, ktoré skladajú produkt na paletu po vrstvách. To môže byť vykonávané dvoma spôsobmi. V oboch prípadoch je produkt privádzaný pomocou dopravníkov. V prvom prípade sú jednotlivé produkty otáčané alebo zarovnávajú na dopravníku podľa požadovanej konfigurácie paliet a tlačené proti sebe tak, aby vytvorili rad. Potom je rad produktov potlačený alebo zdvihnutý pomocou zariadenia tak, aby bol umiestnený na formovací stôl podľa zvoleného vzoru ukladania produktov na paletu.

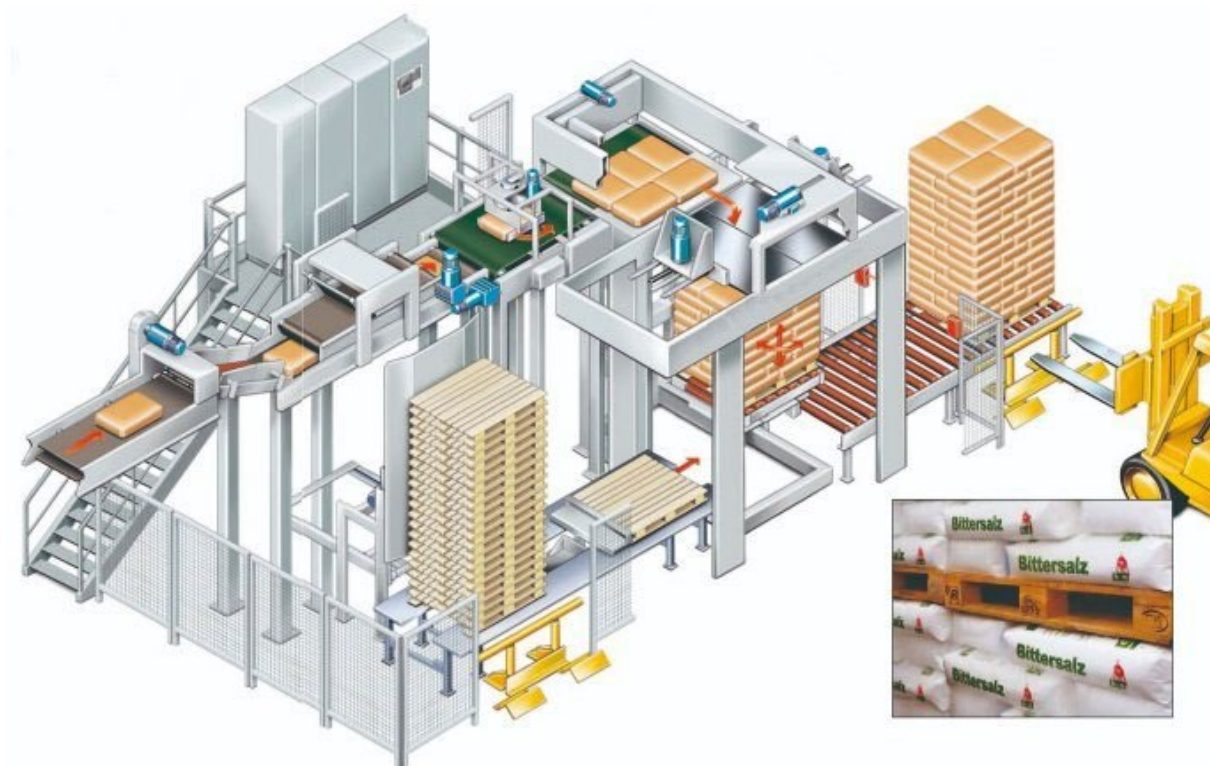
Jednotlivé rady sa formujú jeden za druhým, pokiaľ nie je vytvorená kompletná vrstva produktov. V druhom prípade je každý jednotlivý produkt pomocou stohovacej hlavice uchopený, podľa potreby aj otočený a uložený na formovací stôl, kde sa vyskladá vrstva podľa požadovanej formácie. Bežné, konvenčné paletizátory je možné rozdeliť na dve podkategórie ako nízkoúrovňové (prísun materiálu v spodnej úrovni) a vysokoúrovňové (prísun materiálu v hornej úrovni). Obidve kategórie manipulujú s produktami, ktoré sú prepravované pomocou dopravníkov.

Pri nízkoúrovňovom konvenčnom paletizátore (obr. 7) sa v ďalšom kroku formovací stôl s pripravenou vrstvou zdvíha alebo spúšťa, dokým nie je stieracia doska umiestnená v správnej polohe tak, aby opatrne vyložila produkty na paletu. Rovnakým spôsobom sa vytvárajú ďalšie vrstvy, ktoré sa stohujú na seba, pokiaľ nie je paleta plná. Potom sa plná paleta odoberie, do paletizátora sa vloží prázdna paleta a proces sa znova opakuje. [12] [13]



Obr. 7 Konvenčný nízkoúrovňový paletizátor od spoločnosti Sealing System A/S [44]

Vysokoúrovňový paletizátor sa líši od nízkoúrovňového tým, že jednotlivé vrstvy produktov pri vykladaní na paletu ostávajú nehybné a je to paleta, ktorá sa zdvíha alebo spúšťa do správnej polohy na opatrné vyloženie vrstvy na paletu. Vďaka tomu, že vysokoúrovňový paletizátor manipuluje s prázdnu paletou a nie s ťažkou vrstvou produktov, je možné pri tomto type dosiahnuť vyššie rýchlosti paletizácie. [12] [13]



Obr. 8 Konvenčný vysokoúrovňový paletizátor od spoločnosti Yanmao Intelligent Equipment (Suzhou) Co., Ltd. [45]

1.3.2 ROBOTICKÉ PALETIZÁTORY

Základom robotického paletizátora je priemyselný robot, ktorý je schopný autonómne vykonávať úlohy zadané programovateľným logickým kontrolérom. Na konci robotického ramena sa nachádza efektor, uchopovacia hlavica, ktorá zdvíha a ukladá produkty na paletu. Je prispôbený na manipuláciu so špecifickými produktami, vďaka čomu je tento typ paletizácie vhodný pre zložitejšie a neštandardné skladanie produktov na paletu, pre paletizáciu zvláštnych balení (napr. paletizácia farby vo vedrách s vekom a madlom), či šetrnú a jemnú manipuláciu s krehkými predmetmi. Robotické paletizátory sú vďaka kombinovaným uchopovým hlavám a veľkému pracovnému dosahu schopné zároveň aj vyzdvihovať a zakladať prázdne palety, čo efektívne šetrí náklady na ďalšie dopravníky a manipulátory. Medzi ich výhody sa radí aj flexibilita v množstve paletizačných schém, či možnosť prispôbenia sa novému typu paletizovaného produktu. [7] [12] [14] [15]



Obr. 9 Robotický paletizátor od spoločnosti Premier Tech Ltd. [46]

2 OBDOBNÉ KONŠTRUKČNÉ RIEŠENIA PALETIZÁTOROV JEDNOTLIVÝCH VÝROBCOV

2.1 PALETIZÁTOR VISCON PLATE PALLETIZER

Nízkoúrovňový paletizátor určený na paletizáciu krabíc (obr. 10). Prázdne palety sa do paletizátora umiestňujú pomocou vysokozdvížneho vozíka. Prichádzajúce krabice sú automaticky otočené podľa požiadaviek, zoradené do vrstvy a umiestnené na paletu. Po naplnení palety sa plná paleta zo stroja vyberie pomocou vysokozdvížneho vozíka. [16]

Tab. 1 Parametre paletizátora Viscon Plate palletizer od spoločnosti Viscon Logistics [16]

Kapacita:	1000 krabíc/hod.
Rozmery krabíc:	600 mm x 400 mm / 300 mm x 400 mm
Rozmery paliet:	800 mm x 1200 mm / 1000 mm x 1200 mm
Stohovacia výška:	podľa požiadaviek zákazníka
Približná váha zariadenia:	približne 2000 kg
Rozmery zariadenia:	5988 mm x 3119 mm x 3250 mm (dĺžka x šírka x výška)



Obr. 10 Paletizátor Viscon Plate palletizer od spoločnosti Viscon Logistics [16]

2.2 PALETIZÁTOR PT CHRONOS APL-5240-N

Nízkoúrovňový paletizátor od spoločnosti Premier Tech je vhodný pre paletizáciu krabíc, dební, vedier a vriec. Kapacita tohto paletizátora je 35 jednotiek za minútu, v závislosti na veľkostiach, vzore stohovania a konfigurácii. Jeho konštrukcia na úrovni podlahy umožňuje

ľahkú údržbu. Z bezpečnostného hľadiska je vybavený funkciami blokovania fotobuniek, automatickými uzamykacími brzdami na elevátore a ventilom vypúšťania vzduchu. Samozrejmosťou sú ochranné kryty, tlačidlo núdzového zastavenia, či výstražné značky. V závislosti od požiadaviek zákazníka je možné paletizátor vybaviť podávačom prekladových hárkov, dopravníkom s bočným podávačom alebo výstupným, plne zaťaženým, dopravníkom v prevedení gravitačnej valčekovej trate, poháňanej valčekovej trate, či reťazovým dopravníkom. [17]



Obr. 11 Paletizátor PT Chronos APL-5240-N od spoločnosti Premier Tech Ltd. [17]

2.3 PALETIZÁTOR BOX PALLETIZER VPM-BL

Tento nízkoúrovňový paletizátor používa posuvnú dosku na presné umiestnenie krabicového tovaru (krabíc, prepraviek, vaničiek, alebo iných nádob rôznych veľkostí) na paletu. Krabicový tovar sa otáča a hromadí vo vstupnej sekcii podľa programovateľného vzoru stohovania. Následne posuvné rameno vytvorí kompletnú vrstvu na formovacej doske a vrstva sa uzavrie na štyroch stranách kompresnou objímkou, ktorá zaistí presné umiestnenie vrstvy na paletu. Paletizátor sa dodáva v rôznych verziách. V poloautomatickej verzii musia byť prázdne a aj plné palety umiestnené na podlahe obsluhou. V automatickej verzii je paletizátor vybavený zásobníkom prázdnych paliet, zásobníkom prekladových hárkov, dopravníkmi plných paliet a obalovacím zariadením. [18]

Tab. 2 Parametre paletizátora Box palletizer VPM-BL od firmy Verbruggen Emmerloord B.V [18]

Kapacita:	900 až 1200 krabíc/hod.
Rozmery krabíc:	od 100 x 100 x 50 mm do 600 x 400 x 250 mm



Obr. 12 Paletizátor Box palletizer VPM-BL od firmy Verbruggen Emmerloord B.V [18]

2.4 PALETIZÁTOR AP 111

Nízkoúrovňový paletizátor AP 111 s robustným a tuhým rámom, ktorý zaisťuje spoľahlivý chod a dlhú životnosť s ohľadom na minimálnu zástavbovú plochu. Je určený na paletizáciu skupinového balenia PET alebo sklenených fliaš, kartónov a prepraviek. V závislosti na požiadavkách zákazníka môže byť vybavený ovinovačkou, zásobníkom prekladových hárkov, zásobníkom prázdnych paliet, či valčekovým dopravníkom. [19]

Tab. 3 Parametre paletizátora AP 111 od firmy Artima spol. s.r.o. [19]

Kapacita:	650 až 1000 krabíc/hod.
Rozmery krabíc:	maximálna výška produktu 900 mm
Rozmery paliet:	Euro paleta 800 x 1200 x 144 mm
Stohovacia výška:	1800 mm vrátane palety



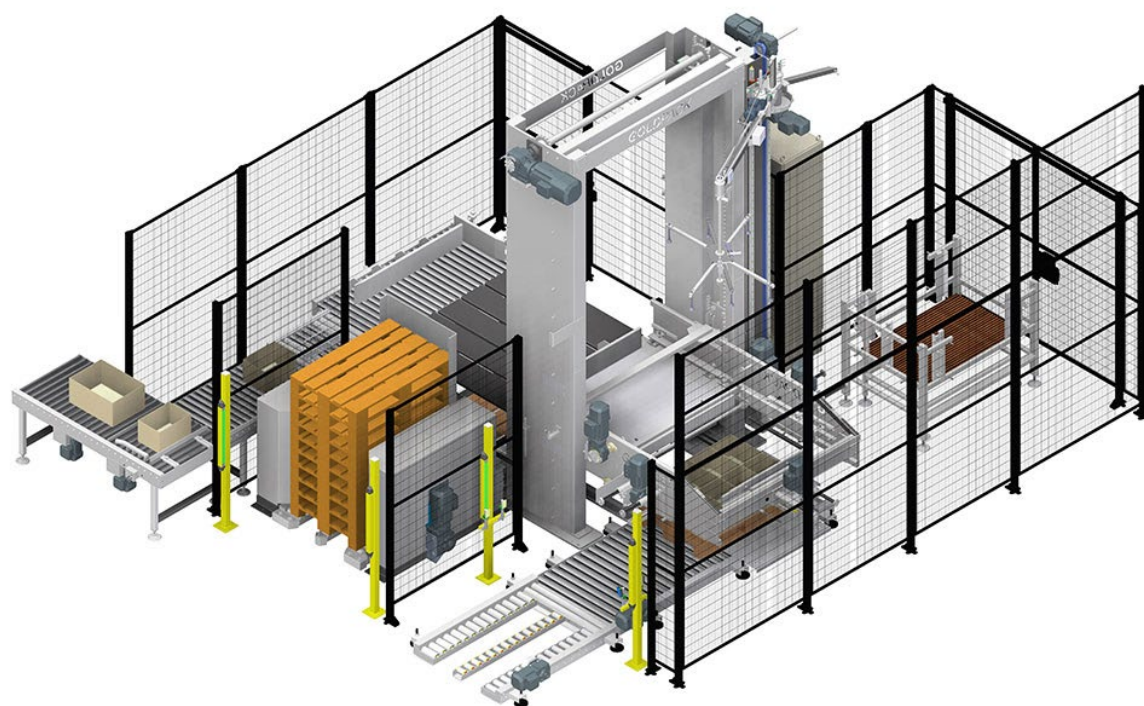
Obr. 13 Paletizátor AP 111 od spoločnosti Artima spol. s.r.o. [19]

2.5 PALETIZÁTOR PAL1100X

Nízkoúrovňový paletizátor určený na paletizáciu krabíc, prepraviek alebo vriec. Paletizácia je vykonávaná usporiadaním vrstvy na formovacom stole podľa zvoleného programu rozloženia tovaru. Táto vrstva je ďalej presunutá na ďalší stôl, ktorý umiestni vrstvu na paletu a medzitým sa na formovacom stole môže pripravovať nová vrstva. Súčasťou paletizátor je aj stohovač prázdnych paliet. [20]

Tab. 4 Parametre paletizátora PAL1100X od spoločnosti Goldpack Packaging System [20]

Kapacita:	800 krabíc/hod.
Rozmery paliet:	800 x 1200 mm a 1000 x 1200 mm (možnosť voľby aj iných rozmerov)



Obr. 14 Paletizátor PAL 1100X od spoločnosti Goldpack Packaging System [47]

3 PARAMETRE PRE NÁVRH PALETIZÁTORA

Návrh paletizátora sa riadi požiadavkami firmy Htech cz s.r.o. a návrhové parametre sú zostavené v spolupráci s touto firmou. Paletizátor sa prispôsobuje už existujúcim manipulačným výškam vstupného a výstupného dopravníka, ktoré sú v rozmedzí od 0,4 m do 1 m, z čoho vyplýva, že sa jedná o nízkoúrovňový paletizátor. Paletizácia bude prispôbena na dva typy paliet, ktorých rozmery sú 800 x 1200 mm a 1000 x 1200 mm. Paletizátor má byť schopný manipulácie s prepravkami o rozmeroch 600 x 400 mm a 400 x 300 mm. Maximálna nosnosť prepravky 600 x 400 mm je 50 kg a prepravky 400 x 300 mm je 15 kg. Rozloženie prepraviek na paletách je uvedené v tabuľke 5. Z týchto rozložení vyplýva, že maximálna nosnosť vrstvy prepraviek je 150 kg. Ideálny manipulačný cyklus paletizátora by sa mal pohybovať okolo hodnoty 2,5 cyklu/min, čo v prípade menších rozmerov prepraviek znamená takt 25 prepraviek/min.

Tab. 5 Rozloženie prepraviek podľa typu palety

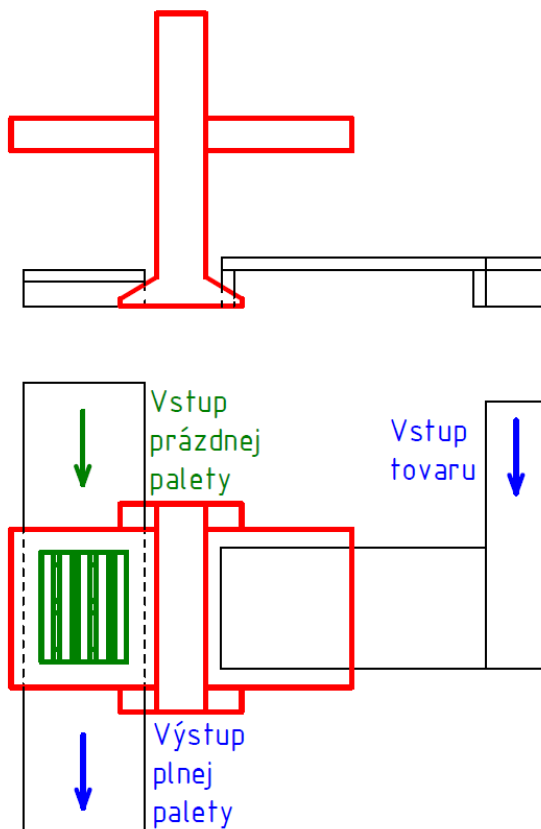
	Prepravka 600x400 mm	Prepravka 400x300 mm
Prostá paleta 800x1200 mm		
Prostá paleta 1000x1200 mm		

4 KONCEPČNÉ NÁVRHY PALETIZÁTORA

Vytvorené boli štyri koncepčné návrhy nízkoúrovňového paletizátora s popismi procesu paletizácie, vstupu tovaru, vstupu prázdnych palet a výstupu plnej palety.

4.1 NÁVRH 1

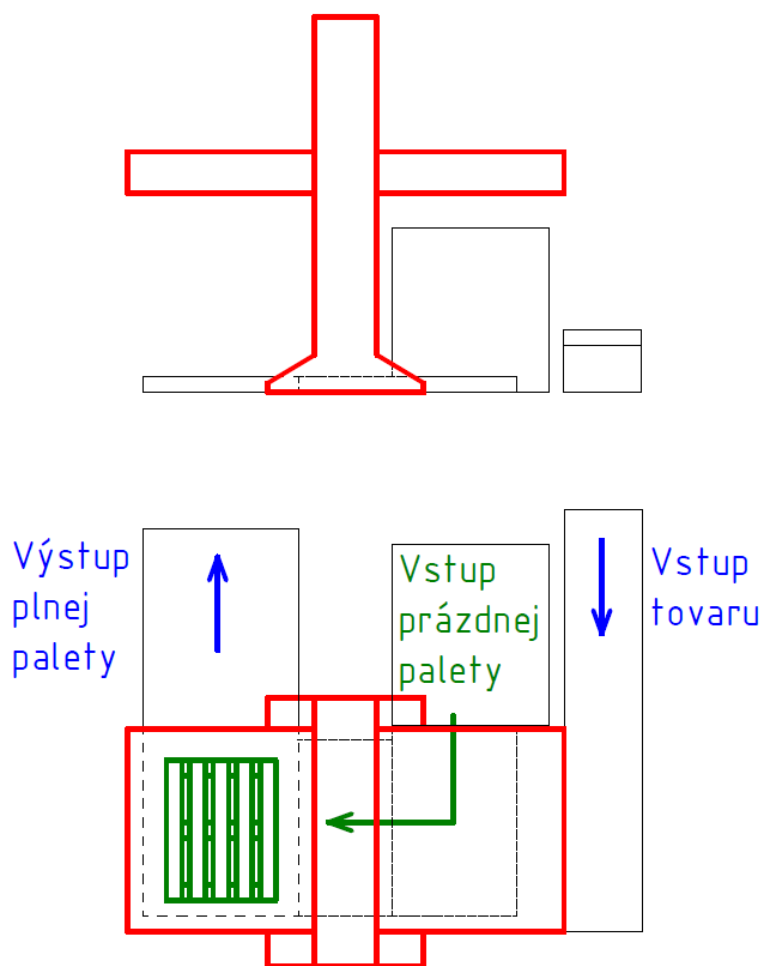
V prvom návrhu (obr. 15) je tovar privádzaný dopravníkom a otáčaný podľa potreby nastaveného rozloženia vrstvy na existujúcej hnanej valčekovej dráhe. Jednotlivý tovar sa najprv radí do stĺpcov, ktoré sú následne odsunuté na formovací stôl, kde sa týmto nahromadením stĺpcov produktov vytvorí kompletná vrstva, ktorá sa posunie na vykladací stôl paletizátora. Na stole paletizátora sa vrstva pritlačí z každej strany, aby sa zaistili čo najmenšie možné medzery medzi produktami a celý stôl sa zdvihne do požadovanej výšky. Následne sa stôl presunie nad paletu, vrstva sa na pravej strane zaistí, stôl sa presunie späť na pravú stranu a celá vrstva z minimálnej výšky prepadne na paletu. V tomto prípade, kedy sa formovací stôl nachádza pred zdvíhacím stolom, je výhodou možnosť formovania vrstvy počas vykladania predošlej vrstvy na paletu, čím sa šetrí čas. Celý proces sa opakuje kým sa naplní paleta do maximálnej možnej výšky. Potom plná paleta pokračuje ďalej v smere toku materiálu na valčekovej dráhe, kde je odobraná napríklad pomocou vysokozdvižného paletového vozíka, súčasne je na miesto privedená prázdna paleta a proces sa môže začať odznova. Prázdné palety môžu byť vkladané na valčekovú dráhu pomocou obsluhy alebo stohovacieho zariadenia na prázdne palety.



Obr. 15 Koncepčný návrh paletizátora 1

4.2 NÁVRH 2

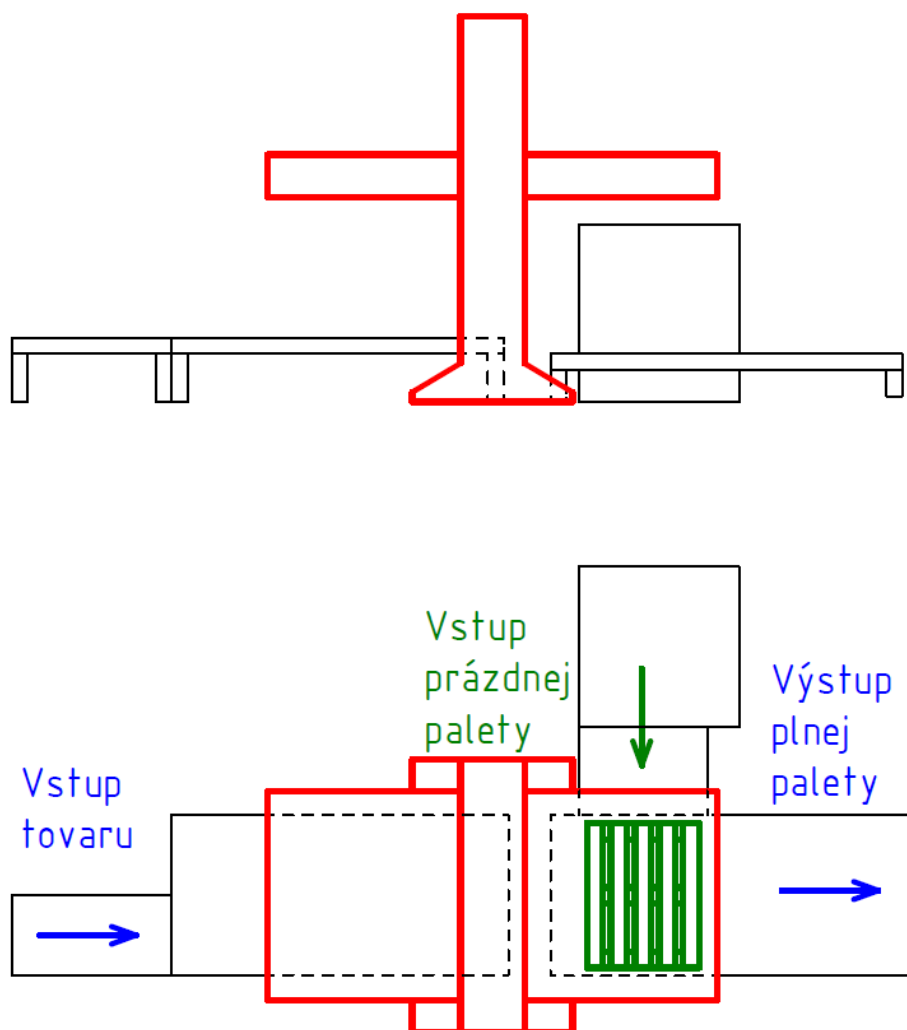
V druhom návrhu (obr. 16) je tovar rovnako privádzaný dopravníkom a otáčaný podľa potreby nastaveného rozloženia vrstvy. Tovar radený do stĺpcov sa posúva na formovací stôl, ktorý je súčasťou paletizátora. Keď je sformovaná kompletná vrstva a pritlačená k sebe z každej strany, paletizátor zdvihne stôl do požadovanej výšky a presunie ho nad paletu. Vrstva sa zaistí podľa obrázka z pravej strany, stôl sa spod vrstvy presunie späť na pravú stranu a vrstva sa opatrne prepadne na paletu. Následne sa celý proces opakuje, kým sa naplní paleta, ktorá sa potom presúva na poháňanej valčekovej dráhe k vyloženiu. Výška výstupnej valčekovej dráhy je tesne nad úrovňou podlahy, čo umožňuje odobratie palety napríklad ručným paletovým vozíkom. Prázdne palety sú privádzané zo stohovacieho zariadenia prázdnych paliet na svoje miesto popod formovací stôl, čo šetrí zástavbovú plochu stroja. Aj v tomto prípade by bolo možné podobne ako v predošlom návrhu použiť osobitne formovací stôl a zdvíhací stôl, aby sa urýchlil celý proces paletizovania, ale znamenalo by to väčšie zástavbové nároky.



Obr. 16 Konceptný návrh paletizátora 2

4.3 NÁVRH 3

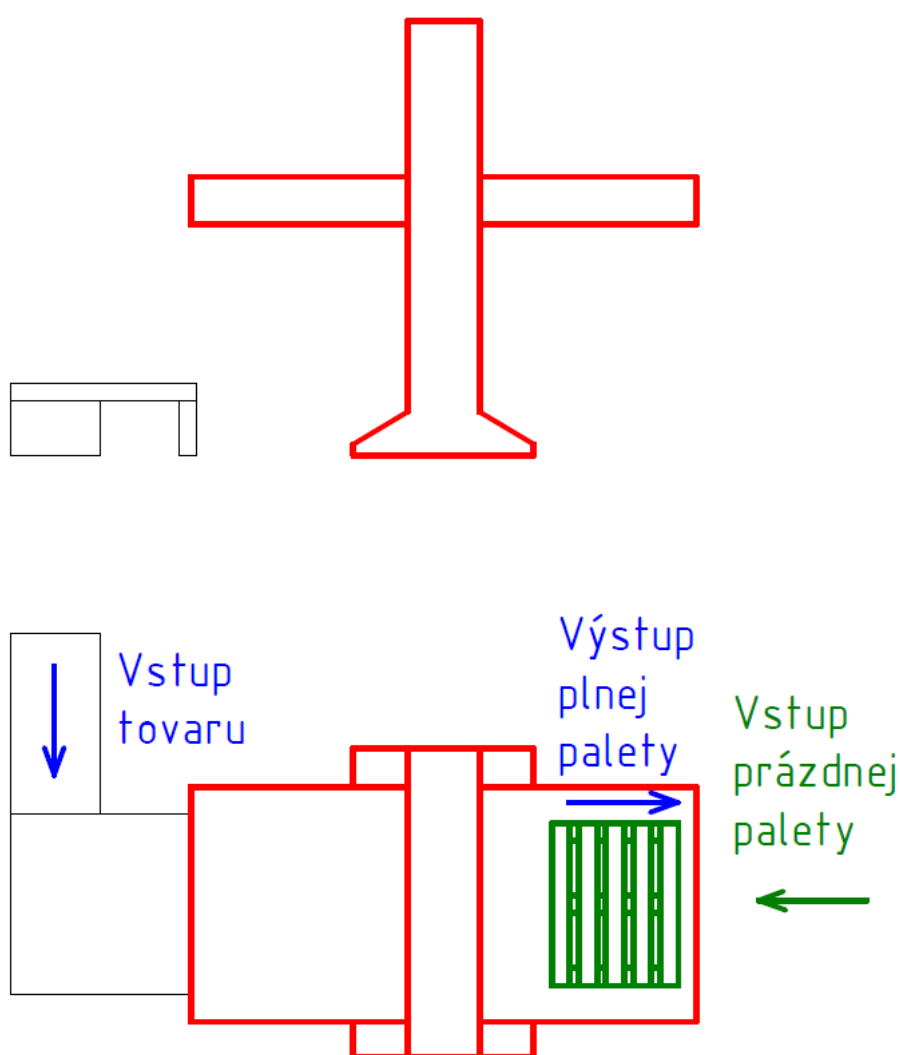
V treťom návrhu (obr. 17) je tovar privádzaný pomocou dopravníka na poháňanú valčekovú dráhu, kde je pri vstupe otočený podľa potreby nastaveného rozloženia vrstvy. Manipulátor čaká v potrebnej výške podľa výšky tovaru. Tovar sa radí do stĺpcov, ktoré sú odsúvané, kým sa nevytvorí kompletná vrstva. Manipulátor paletizátora sa spustí dole do výšky pripravenej vrstvy, zaistí a pritlačí vrstvu zo všetkých štyroch strán, zdvihne ju do potrebnej výšky a presunie nad paletu, ktorá sa nachádza na druhej poháňanej valčekovej trati. Manipulátor paletizátora sa spustí do požadovanej výšky a opatrne položí celú vrstvu na paletu, otvorí sa a vráti sa späť nad vstupnú valčekovú dráhu. Počas tohto procesu ukladania vrstvy sa na vstupnej valčekovej dráhe formuje ďalšia vrstva. Proces sa opakuje, kým sa naplní paleta do požadovanej výšky. Plná paleta je odvedená po výstupnej poháňanej valčekovej dráhe a na jej miesto je vložená prázdna paleta buď pomocou obsluhy alebo zo stohovacieho zariadenia prázdnych palet.



Obr. 17 Konceptný návrh paletizátora 3

4.4 NÁVRH 4

Vo štvrtom návrhu (obr. 18) je rovnako ako v prvom a druhom návrhu tovar privádzaný a otáčaný podľa nastaveného rozloženia vrstvy pomocou dopravníka na formovací stôl, kde sa tovar radí do stĺpcov, ktoré sú následne odsunuté dokým sa vytvorí vrstva. Táto vrstva sa posunie z formovacieho stola na vykladací stôl, ktorý je súčasťou paletizátora, zaistí a pritlačí celú vrstvu zo všetkých štyroch strán a zdvihne sa do požadovanej výšky. Vykladací stôl sa presunie doprava nad paletu, zaistí vrstvu proti pohybu na ľavej strane podľa obrázka a vykladací stôl presunie späť na ľavú stranu, čím vrstva opatrne z minimálnej výšky prepadne na paletu. Počas ukladania vrstvy na paletu sa na formovacom stole tvorí ďalšia vrstva a proces sa opakuje, pokiaľ sa naplní paleta. V tomto prípade plnú paletu odoberá obsluha pomocou ručného paletového vozíka alebo vysokozdvížného paletového vozíka a rovnako obsluha aj vkladá prázdnu paletu na presne určené miesto.



Obr. 18 Konceptný návrh paletizátora 4

4.5 ZHODNOTENIE NÁVRHOV A VÝBER NAJVHODNEJŠIEHO NÁVRHU

Z hľadiska najnižšej ceny a najmenšieho zástavbového priestoru najviac vyhovuje posledný, štvrtý, návrh, ktorý by sa dal ešte zredukovať, keby bol formovací stôl priamo súčasťou paletizátora. Nevýhodou tohto návrhu je nízka efektivita oproti ostatným návrhom a absencia automatického odoberania a vkladanie paliet. Je možné aj zlyhanie ľudského faktora pri správnom vložení a umiestnení palety do paletizátora, čo by sa dalo vyriešiť nastavitelnými dorazmi pre rôzne druhy paliet.

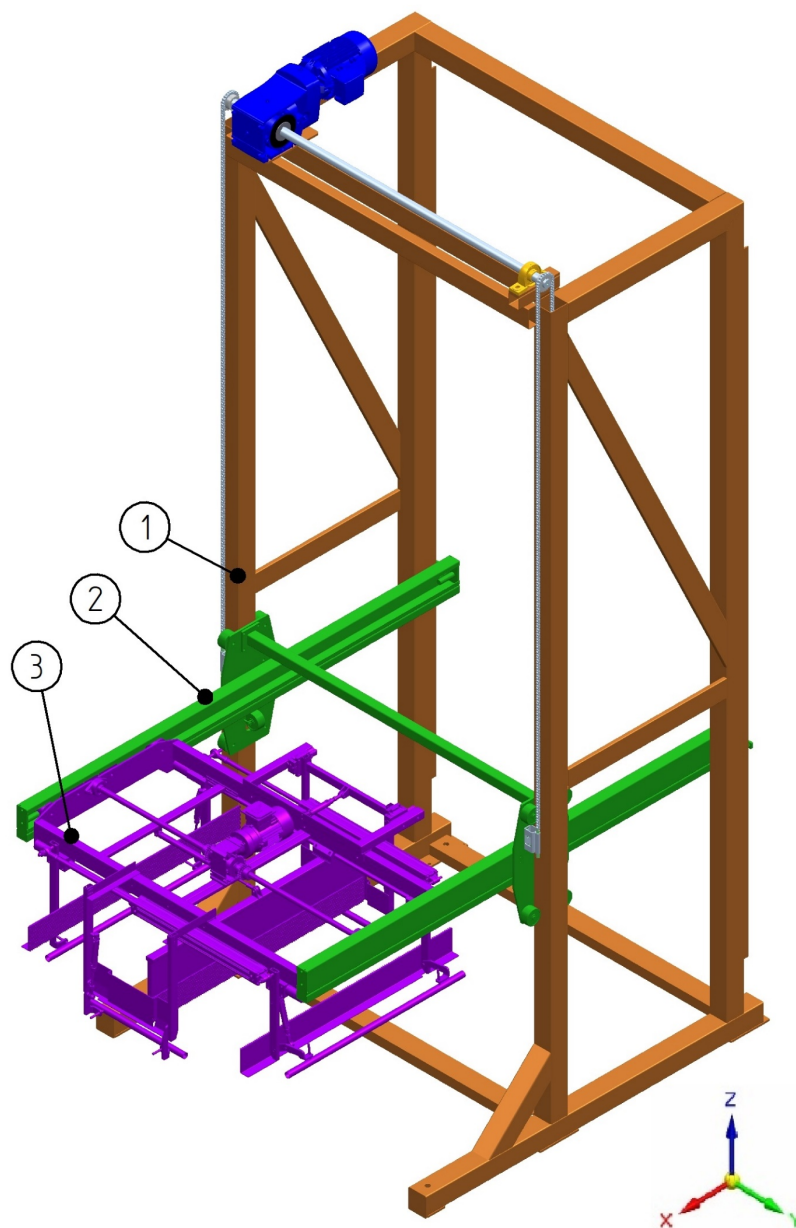
Z hľadiska najmenšej zástavbovej plochy dobre pôsobí druhý a tretí návrh. V prípade druhého návrhu je výhodou umiestnenie stohovacieho zariadenia prázdnych paliet a prechod prázdnej palety z tohto zariadenia popod paletizátor na svoje miesto, čo značne šetrí miesto. Jeho nevýhodou však je, že kým paletizátor ukladá vrstvu na paletu, vstup stojí a čaká na jeho návrat, čím sa predlžuje doba paletizácie. Tento problém by sa dal vyriešiť umiestnením formovacieho stola pred paletizátor a s paletizátorom by sa pohyboval iba vykladací stôl.

V prípade tretieho návrhu sa vrstva formuje na vstupnej valčekovej dráhe a je uchopená pritlačením strán manipulátorom paletizátora, čím sa v jednom kroku pritlačí tovar vrstvy k sebe a vrstva sa uchopí na premiestnenie nad paletu. Počas ukladania vrstvy na paletu sa na vstupe formuje ďalšia vrstva, čím sa celý proces zrýchľuje. Plná paleta môže ďalej pokračovať po poháňanej valčekovej trati a prázdna paleta môže byť vložená obsluhou alebo automaticky zo stohovacieho zariadenia prázdnych paliet podľa požiadaviek zákazníka. Nevýhodou tohto návrhu je, že pri ťažšej vrstve je zložitejšie zaistiť materiál na zdvihnutie a pri krehkejšom tovare naopak pri zaistiťovaní na zdvih hrozí poškodenie tovaru.

Prvý návrh je najčastejšie používaný ostatnými výrobcami. Tento návrh je flexibilný, čo sa týka možnosti umiestnenia formovacieho stola pred zdvíhací stôl paletizátora, či použitie stohovacieho zariadenia prázdnych paliet na vstupe. Jeho nevýhodou sú však väčšie zástavbové rozmery.

Po zhodnotení návrhov a konzultácii s firmou Htech cz s.r.o. je vybratý tretí návrh, ktorý je z hľadiska použitia valčekových dráh, zástavbových rozmerov a kompaktnosti riešenia najvhodnejším variantom. Jeho nevýhoda v tomto prípade nebude problémom, nakoľko zadaná nosnosť 150 kg jednej vrstvy nie je príliš vysoká pre tento spôsob zdvíhania vrstvy.

5 NÁVRH A KONŠTRUKČNÉ RIEŠENIE PALETIZÁTORA



Obr. 19 Paletizátor: 1 - hlavný rám, 2 - vozík, 3 - manipulátor

Konštrukčné riešenie paletizátora (obr. 19) je v čo najväčšej možnej miere prispôbené výrobným možnostiam firmy Htech cz s.r.o., aby sa minimalizovala nutnosť kooperačnej výroby a nakupovaných dielov. Z tohto dôvodu sú používané v čo najväčšej možnej miere plechové diely (rovné aj ohnané) a duté profily. Jednotlivé diely sú spájané zvarnými alebo montovanými spojmi. Plechové diely a plechové profily sú rezané na požadované rozmery s požadovanými otvormi pomocou laseru, prípadne upravené na CNC frézke. Rotačné diely sú upravené pomocou sústruhu.

Polotovarov pre rovné a ohranené plechové diely sú plechy z nelegovanej oceli obvyklých akostí pre konštrukcie S235JRG1 (ČSN 11 373). V prípade plechových profilov sa jedná o normalizované zvarané konštrukčné duté profily kruhového, štvorcového a obdĺžnikového prierezu podľa normy ČSN EN 10219 z materiálu S235JRG1 (ČSN 11 373).

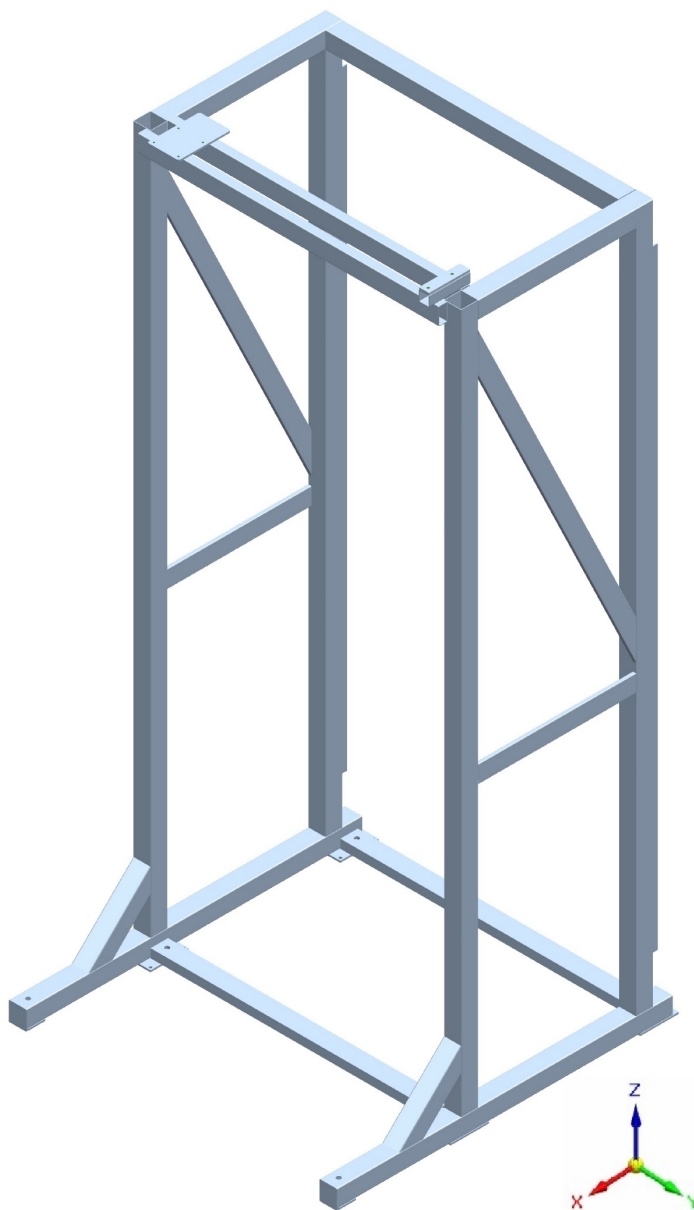
Návrh paletizátora vychádza z požiadavky na výkon. Stroj musí byť schopný zvládnuť dva a pol cyklu za minútu. Z vybraného koncepčného návrhu je možné jeden cyklus popísať ako pohyb vozíka paletizátora dole z počiatočnej pozície do výšky formovanej vrstvy materiálu, pevné uchopenie vrstvy, zdvih vrstvy, presun vrstvy nad paletu, polozenie vrstvy na paletu so zarovnaním a návrat späť do počiatočnej pozície. Doba jedného cyklu teda trvá 24 sekúnd a pre jednotlivé pohyby je rozdelená podľa tabuľky 6.

Tab. 6 Rozdelenie pohybov paletizátora s dobou pohybov

Pohyb	Čas pohybu [s]
Pohyb vozíka z počiatočnej pozície do výšky formovanej vrstvy	2
Pevné uchopenie vrstvy	2
Zdvih vozíka s uchopenou vrstvou	4
Presun vozíka s uchopenou vrstvou nad paletu	4
Zjazd vozíka a polozenie vrstvy na paletu so zarovnaním	6
Návrat vozíka späť do počiatočnej polohy	6

Rozmery paletizátora vychádzajú zo zadaných rozmerov paliet a z rozloženia prepraviek podľa typu palety a typu prepraviek. Pri návrhu paletizátora sa uvažuje maximálna možná hmotnosť jednej paletizovanej vrstvy, ktorá je 150 kg.

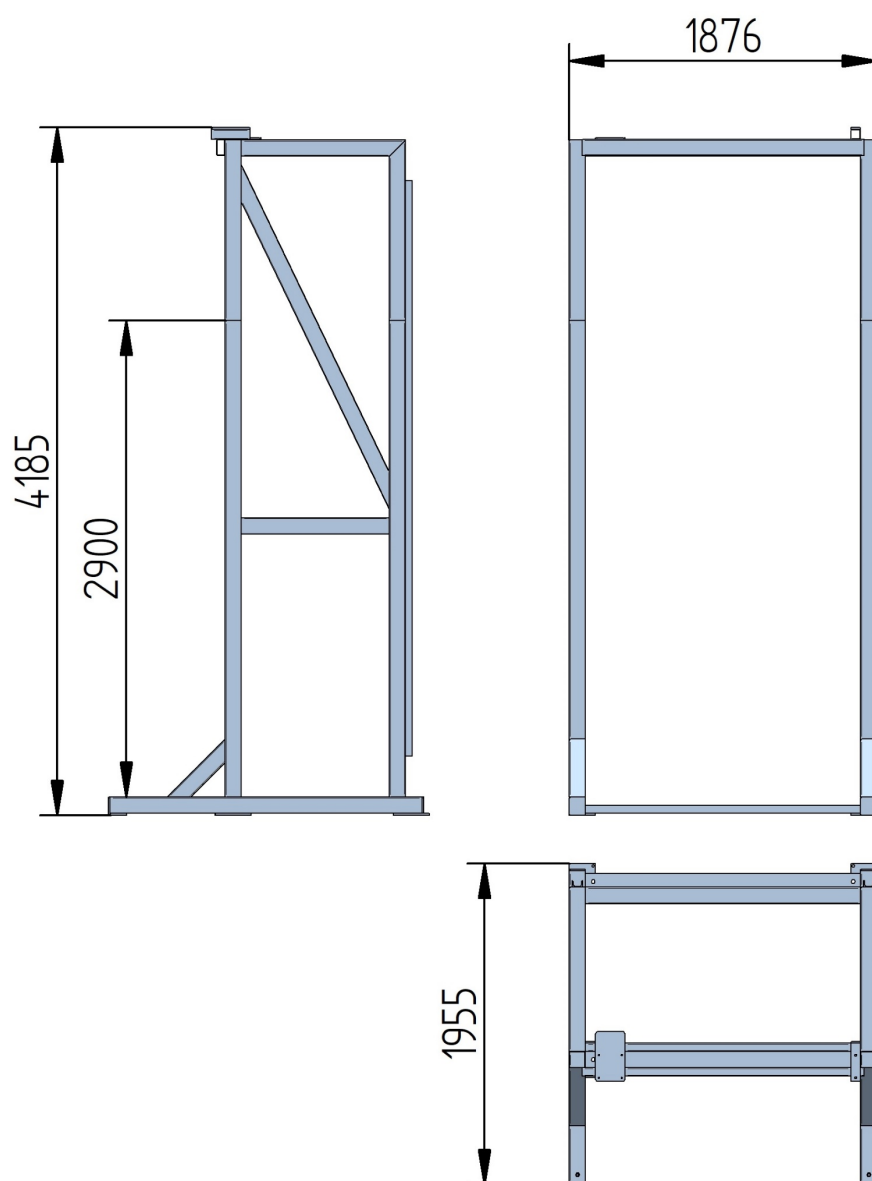
6 NÁVRH HLAVNÉHO RÁMU



Obr. 20 Hlavný rám paletizátora

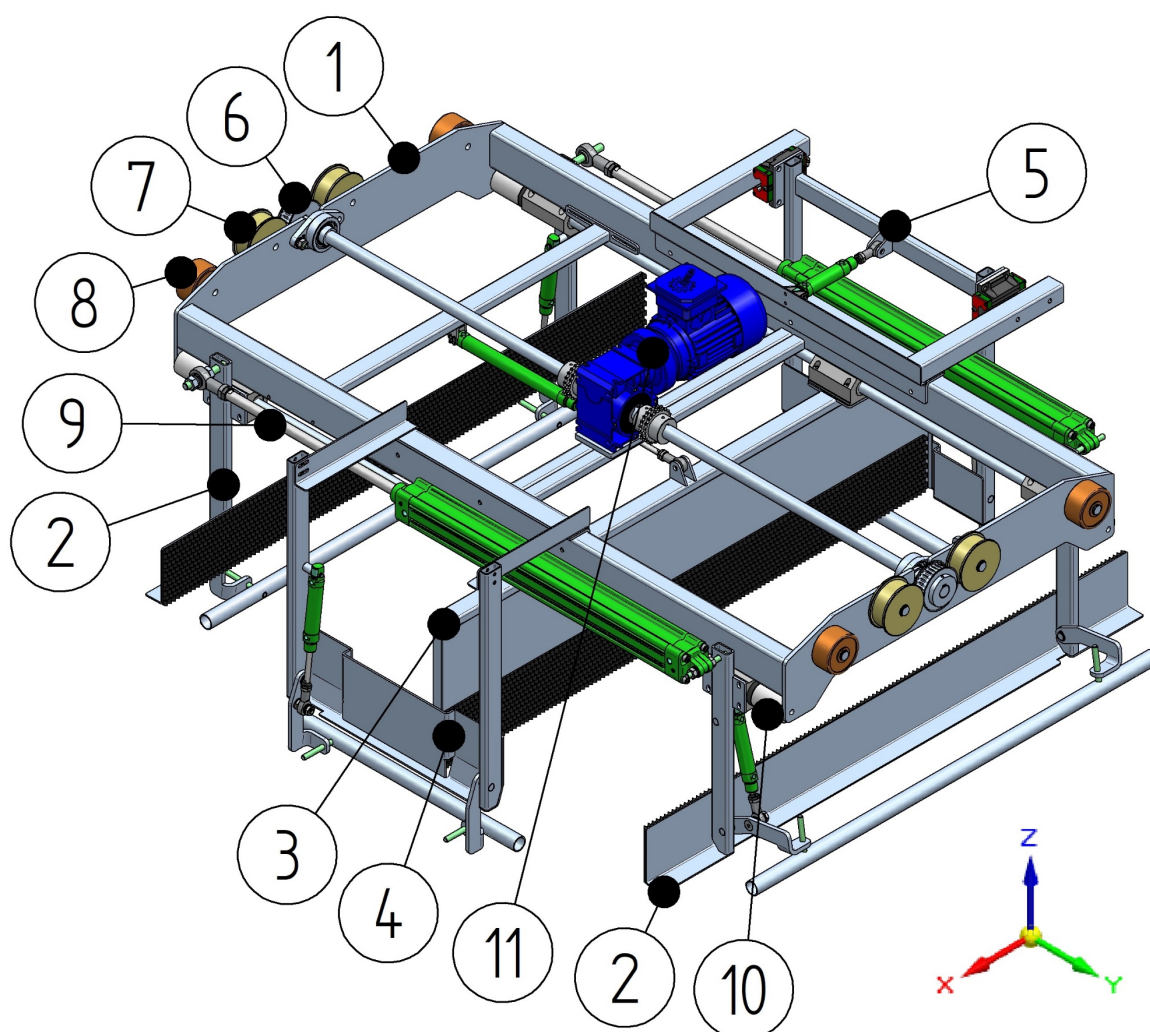
Hlavný rám paletizátora (obr. 20) je zvarenec tvorený z dutých profilov obdĺžnikového a štvorcového prierezu, z rovných plechov a z tyčí tvaru U podľa normy ČSN EN 10365. Po konštrukcii rámu sa pohybuje vozík paletizátora pomocou reťazového mechanizmu. Pohon reťazového mechanizmu je upevnený na rovných plechoch s narezanými závitmi pre uchytenie a nachádzajúcich sa na vrchu rámu. Vďaka použitiu dutých profilov je možné použitie protizávažia, ktoré je upevnené na opačnom konci reťaze ako zdvíhací vozík a je vedené vnútri vertikálneho dutého profilu rámu. Samotný vozík je pri pohybe vedený pomocou rolien odvaľujúcich sa po vertikálnych dutých profiloch rámu, v ktorých sa pohybujú protizávažia. Kvôli rezaniu dutých profilov na lasery je nutné dodržiavať zásadu pre daný typ stroja, že maximálna možná dĺžka dutého profilu je 2900 mm. Z tohto dôvodu sú

vertikálne duté profily rozdelené na dve časti a zvarené dohromady, pretože ako je zrejmé z obrázku 21, tak celková výška hlavného rámu paletizátora presahuje 4 metre. [21]



Obr. 21 Rozmery hlavného rámu paletizátora

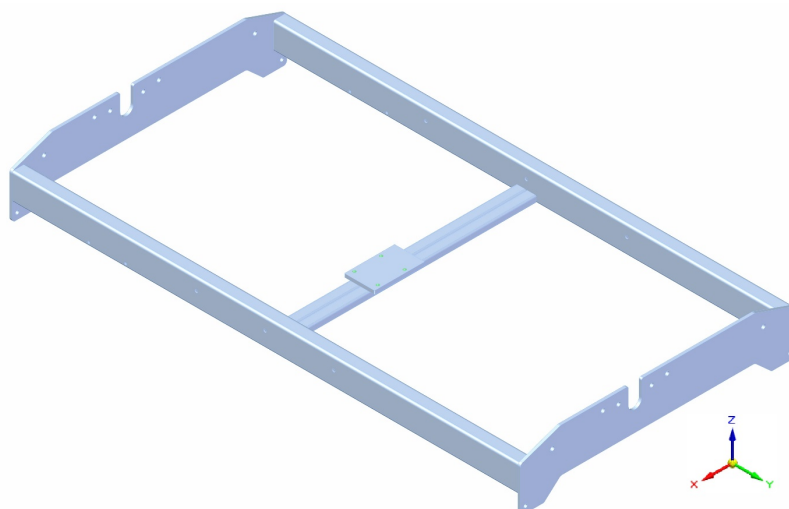
7 NÁVRH MANIPULÁTOR



Obr. 22 Manipulátor paletizátora: 1 – rám, 2 – čeľusť, 3 – stredový panel, 4 – predné zarovnanie, 5 – zadné zarovnanie, 6 – ozubená remenica, 7 – napínacia kladka, 8 – rolna, 9 – vodiaca tyč lineárneho vedenia, 10 – doraz lineárneho vedenia, 11 – pohon posuvu manipulátora v ose X

Manipulátor paletizátora (obr. 22) je zostava, ktorá má za úlohu uchopiť formovanú vrstvu paletizovaného materiálu (prepraviek, krabíc) tak, aby bola pevne zaistená pre zdvih (pohyb manipulátora so zdvíhacím vozíkom v smere osi Z) a pre; posuv manipulátora v ohýbaných „C“ profiloch zdvíhacieho vozíka v smere osi X. Manipulátor sa skladá zo zvaraného rámu, na ktorom sú umiestnené čeľuste na uchopenie vrstvy, stredový panel, predný doraz vrstvy a zadný prítlačný doraz vrstvy. Na uchopovacích čeľustiach a dorazoch sa nachádzajú prvky zarovnania, ktoré majú za úlohu zarovnať predošlú vrstvu s aktuálne ukladanou vrstvou, aby do seba zapadli zámky prepraviek, čím sa stoh vrstiev prepraviek spevní.

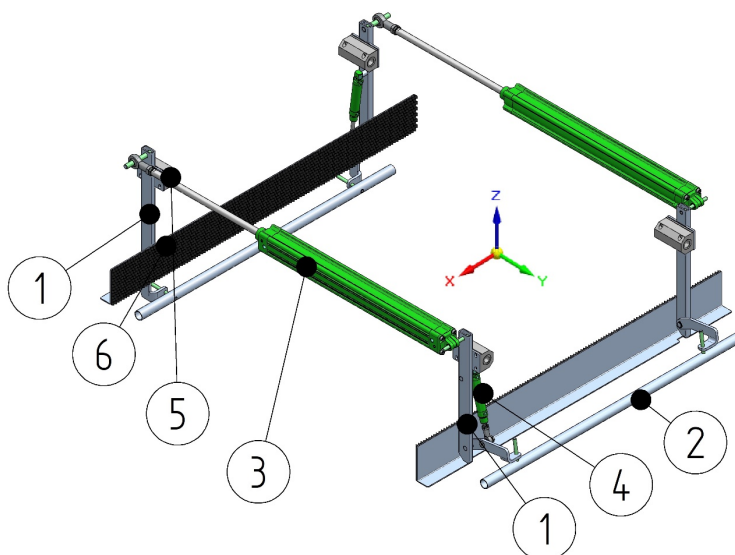
7.1 RÁM MANIPULÁTORA



Obr. 23 Rám manipulátora

Rám manipulátora (obr. 23) je zvarencom dutých profilov obdĺžnikového prierezu, bočnic a platne na uchytenie pohonu z rovných plechov. V dieloch rámu sa nachádzajú otvory pre upevnenie ostatných súčastí manipulátora a na uchytenie pohonu na platňu sú v platni vyrezané závit.

7.2 ČEĽUSTE MANIPULÁTORA



Obr. 24 Čeľuste manipulátora: 1 – zvarenec čeľuste, 2 – zvarenec zarovnania, 3 – pneumatický valec DSBC-50-600-PPVA-N3, 4 – pneumatický valec DSNU-25-60-P-A, 5 – tandemový set TAGI-20-KS, 6 - guma

Vrstva prepraviek je pritlačená k stredovému panelu z bočných strán pomocou dvoch čeľustí (obr. 24), ktoré sú zvarencami dutých profilov, ohrozených a rovných plechov. Čeľuste sú poháňané pomocou pneumatických aktuátorov umiestnených priečne na smer toku materiálu

a navzájom uložených paralelne. Na základe zadaných parametrov bol zvolený typ pneumatického valca DSBC-50-600-PPVA-N3 od firmy Festo s.r.o. (tab. 7). Aktuátory sú pripevnené k čelustiam pomocou kĺbovej hlavice SGS-M16 na jednej strane a pomocou kyvnej príruby SNCL-50 na druhej strane.

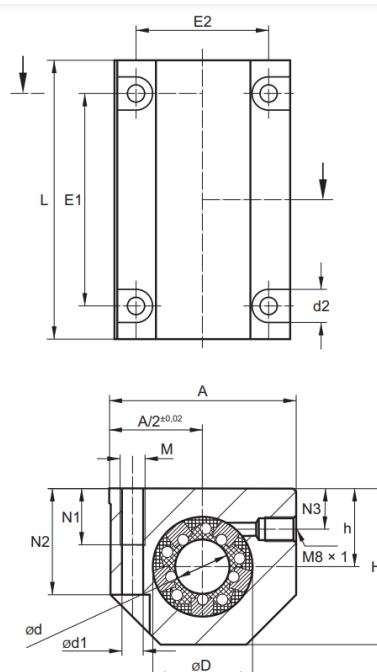
Tab. 7 Technické parametre pneumatického valca DSBC-50- -PPVA-N3 od firmy Festo s.r.o. [22]

Pneumatický valec DSBC-50- -PPVA-N3	
Zdvih	1 mm ... 2800 mm
Priemer piestu	50 mm
Závit na piestnici	M16x1,5
Prevádzkový tlak	0,04 Mpa ... 1,2 Mpa
Princíp činnosti	dvojčinný
Teoretická sila pri 6 baroch, pohyb vzad	990 N
Teoretická sila pri 6 baroch, pohyb vpred	1178 N

Čeluste manipulátora sa pohybujú po lineárnom vedení od firmy Matis s.r.o., ktoré sa skladá z vodiacej tyče W20, montovanej na rám manipulátora a z lineárneho tandemového setu TAGI-20-KS (obr. 25), ktorý je montovaný na zvarenec čeluste.

Tandemové uzavreté provedení

Čtyři upevňovací otvory
Možnost přidavných těsnění



Označení	Rozměry [mm]														Únosnost [N]		Hmotnost [kg]
	ød	øD ^{H6}	A	H	^{+0.01} _{-0.02} h	L	E1	E2	ød1	d2	N1	N2	N3	M	C _d	C _e	
TAGI-20-KS	20	32	60	50	25	104	76	45	6,8	11	18	24	13	M8	4040	4440	0,72

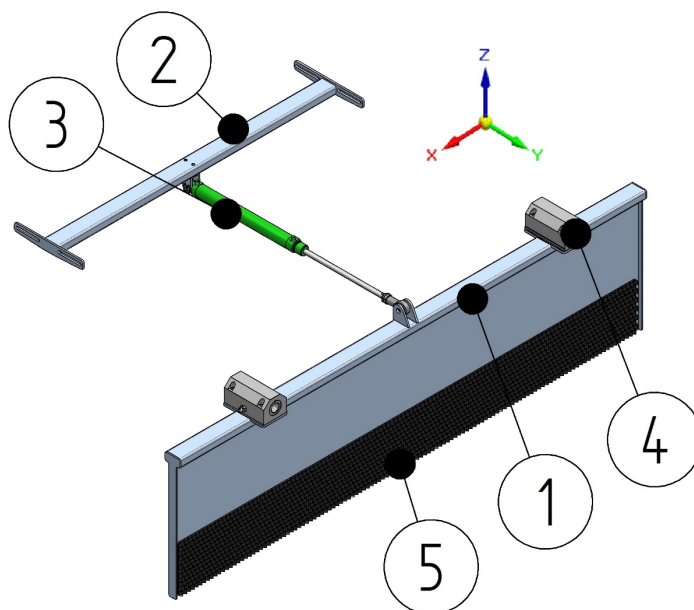
Obr. 25 Technické parametre tandemového uzatvoreného lineárneho setu TAGI-20-KS od firmy Matis s.r.o. [48]

Na čelustiach sa nachádzajú prvky zarovnania, ktoré pozostávajú zo zvarenca dutého profilu kruhového prierezu a závitových tyčí M10 DIN 975. Tento zvarenec je spojený s čelusťou pomocou kyvného ramena z ohraného plechu a čapov umožňujúcich pohyb ramena. Zarovnanie je poháňané pneumatickým valcom DSNU-25-60-P-A od firmy Festo s.r.o. (tab. 8), ktorý je pripevnený k čelusti pomocou čapu a k zvarencu zarovnania pomocou kĺbovej hlavice SGS-M10.

Tab. 8 Technické parametre pneumatického valca DSNU-25- -P-A od firmy Festo s.r.o. [23]

Pneumatický valec DSNU-25- -P-A	
Zdvih	10 mm ... 500 mm
Priemer piestu	25 mm
Závit na piestnici	M10x1,25
Prevádzkový tlak	0,1 MPa ... 1 MPa
Princíp činnosti	dvojčinný
Teoretická sila pri 6 baroch, pohyb vzad	247,4 N
Teoretická sila pri 6 baroch, pohyb vpred	294,5 N

7.3 STREDOVÝ PANEL



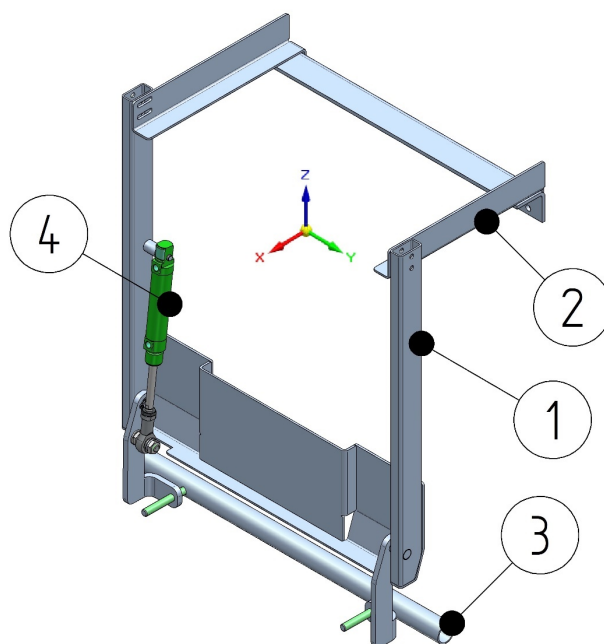
Obr. 26 Stredový panel: 1 - zvarenec stredového panela, 2 – zvarenec priečky, 3 – pneumatický valec DSNU-25-200-P-A, 4 – tandemový set TAGI-20-KS, 5 - guma

Stredový panel (obr. 26) je zvarencom dutých profilov obdĺžnikového prierezu a rovných plechov. Jeho úlohou je vytvoriť plochy, ku ktorým sa pritlačia stĺpce formovaných prepraviek podľa zvoleného rozloženia vrstvy (tab. 5) a tým sa zvýši trecia sila, ktorá pomáha udržať zovretú vrstvu prepraviek nehybne medzi čelusťami pri zdvihoch a posuvoch na

paletu. Stredový panel je opatrený nalepenými gumovými pásmi z oboch strán, aby sa čo najviac zvýšila trecia sila po pritlačení prepraviek na stredový panel čeľustami manipulátora.

Stredový panel musí byť pohyblivý v ose Y, pretože ako je možné vidieť v tab. 5, rozloženie formovaných vrstiev prepraviek na jednotlivých paletách sa líši. Ak rozloženie prepraviek vo vrstve nie je rovnomerné, takéto vrstvy musia byť z dôvodu spevnenia stohu vrstiev na palete ukladané pootočené o 180° v prípade každej druhej vrstvy. Zo zadaných rozmerov prepraviek a rozložení vrstiev vyplýva, že panel musí byť schopný posúvať sa medzi dvomi polohami, ktoré sú symetricky vzdialené od stredu manipulátora 100 mm do oboch strán. Posuv je zaistený pneumatickým valcom DSNU-25-200-P-A od firmy Festo s.r.o. (tab. 8), ktorý je pripevnený k rámu manipulátora pomocou zvarenca priečky (polohovo nastaviteľný zvarenec v ose Y), na ktorom je montované ložiskové teleso LBN-20/25. K stredovému panelu je pripevnený pomocou kĺbovej hlavice SGS-M10. Stredový panel sa pohybuje po rovnakej vodiacej tyči W20 ako čeľuste manipulátora pomocou rovnakých tandemových setov TAGI-20-KS (obr. 25) montovaných na stredový panel.

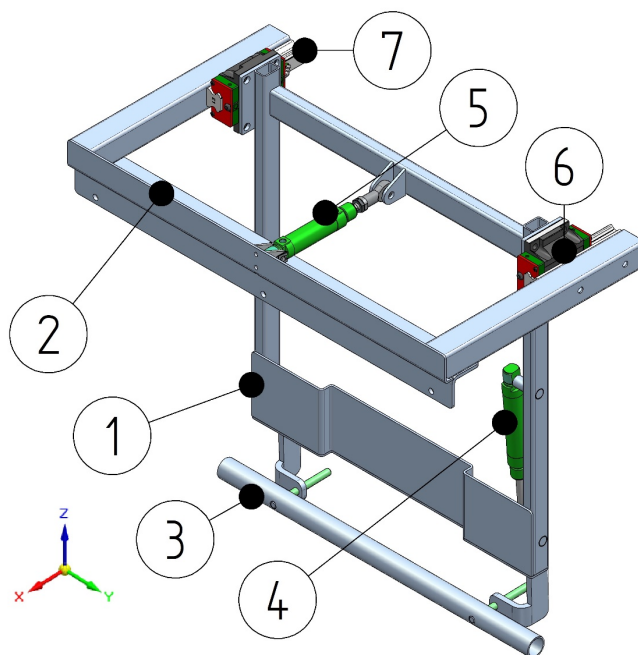
7.4 PREDNÝ DORAZ VRSTVY



Obr. 27 Predný doraz vrstvy: 1 – zvarenec predného dorazu, 2 – zvarenec uchytenia, 3 – zvarenec zarovnania, 4 – pneumatický valec DSNU-25-60-P-A

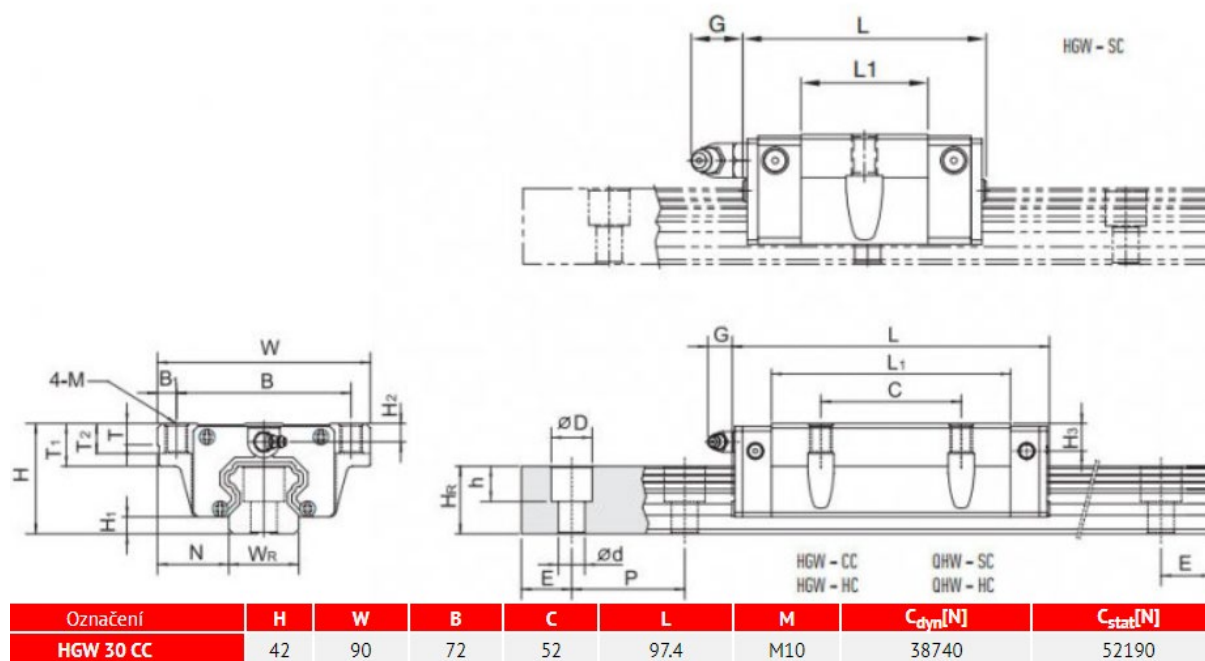
Predný doraz vrstvy (obr. 27) tvoria zvarenice z dutých profilov a ochranných plechov, ktoré sú spolu montované z dôvodu nastavenia presnej polohy pri ladení stroja. Na prednom doraze sa nachádza prvok zarovnania, ktorý je skrátenou verziou prvkov zarovnania čeľustí a je poháňaný rovnakým pneumatickým valcom. Celý predný doraz vrstvy je montovaný na rám manipulátora.

7.5 ZADNÝ POSUVNÝ DORAZ VRSTVY

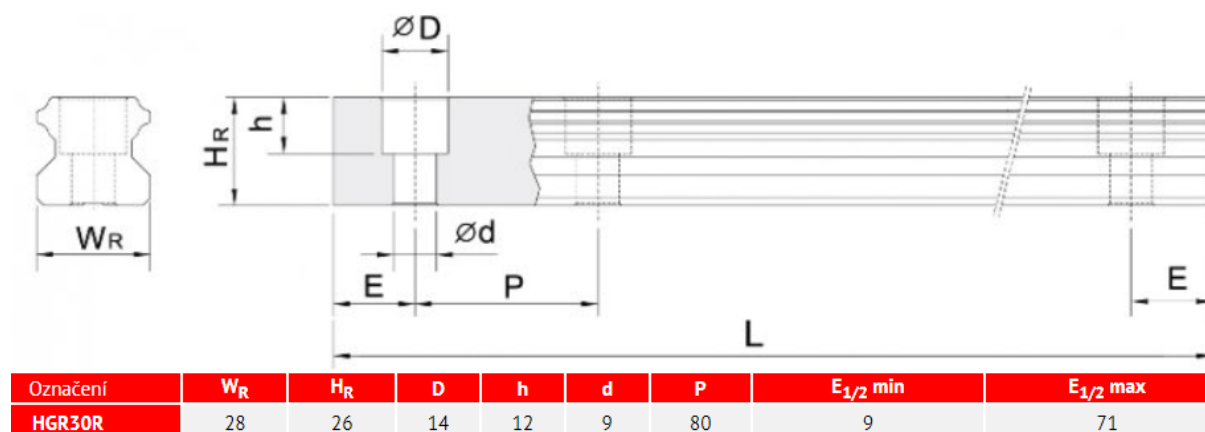


Obr. 28 Zadný posuvný doraz vrstvy: 1 – zvarenec zadného doraz, 2 – zvarenec uchytenia zadného dorazu, 3 – zvarenec zarovnania, 4 – pneumatický valec DSNU-25-60-P-A, 5 – pneumatický valec DSNU-25-40-P-A, 6 – vozík lineárneho vedenia HGW 30 CC, 7 – koľajnica lineárneho vedenia HGR30R-150

Zadný posuvný doraz vrstvy (obr. 28) slúži na pozdĺžne zarovnanie formovanej vrstvy a to tak, že prepravky zatlačí smerom na predný doraz pomocou pneumatického valca DSNU-25-40-P-A od firmy Festo s.r.o. (tab. 8). Konštrukcia zadného dorazu je podobná ako konštrukcia predného dorazu. Základom zadného posuvného dorazu sú zvarenice dutých profilov a ohradených plechov, ktoré sú posuvne spojené koľajnicovým lineárnym vedením od firmy HIWIN s.r.o.. Na zvarenci zadného dorazu sú montované dva vozíky lineárneho vedenia HGW 30 CC (obr. 29), ktoré sa pohybujú po koľajniciach HGR30R-150 (obr. 30) montovaných na zvarenci uchytenia zarovnania, ktoré je namontované na rám manipulátora. Toto lineárne vedenie je poháňané pomocou vyššie zmieneného pneumatického valca. Na zadnom posuvnom doraze vrstvy sa nachádza rovnaký prvok zarovnania ako na prednom doraze a je aj rovnako poháňaný.

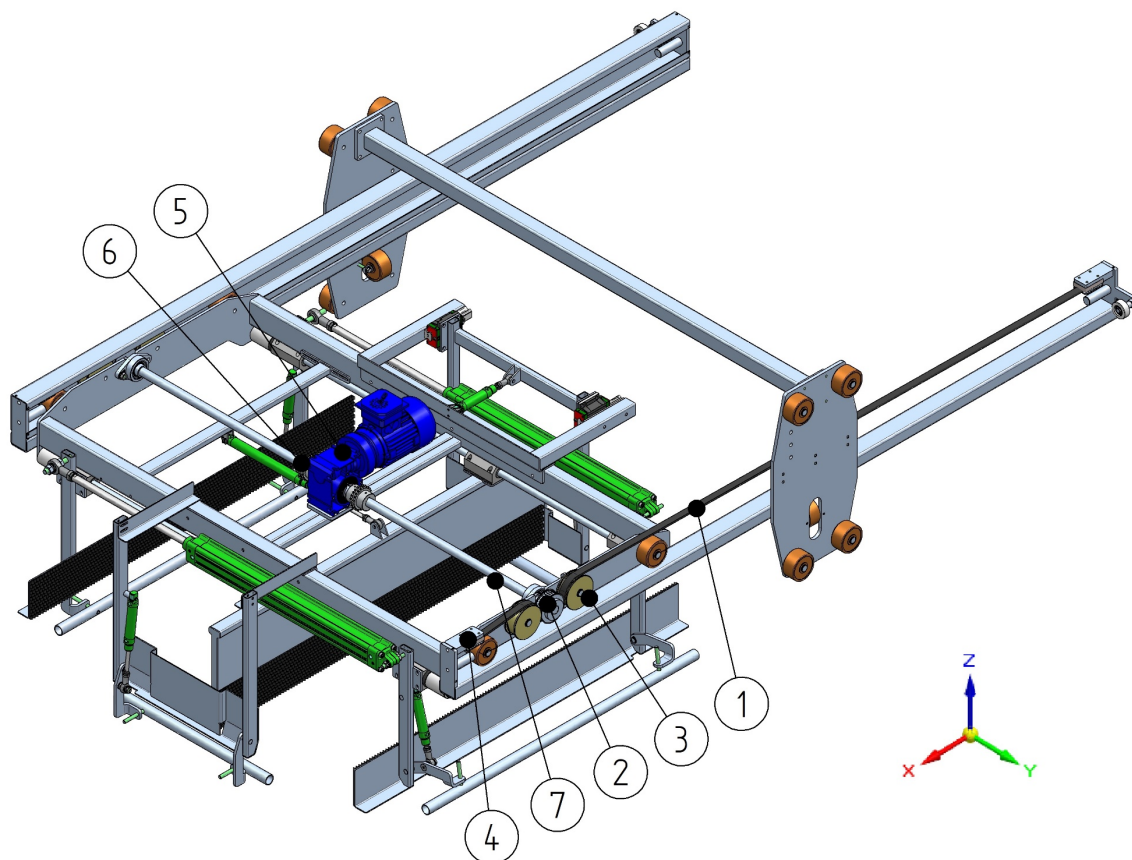


Obr. 29 Parametre vozíku lineárneho vedenia HGW 30 CC od firmy HIWIN s.r.o. [49]



Obr. 30 Parametre koľajnice lineárneho vedenia HGR30R od firmy HIWIN s.r.o. [50]

7.6 NÁVRH REMEŇOVÉHO POHONU – POJAZD MANIPULÁTORA V OSE X



Obr. 31 Pojazd manipulátora v ose X (v modely vozíka je skrytý C profil pre lepšie odhalenie remeňového prevodu): 1 – ozubený remeň, 2 – ozubená remenica, 3 – odkláňacia kladka, 4 – upínacia doska remeňa, 5 – pohon pojazdu, 6 – reťazová hriadeľová spojka, 7 – hnací hriadeľ

Pojazd manipulátora v ose X je riešený pomocou lineárneho pohonu dvoch ozubených remeňov s ozubenými remenicami a odkláňacími kladkami. V tomto prípade sú ozubené remene statickými prvkami pohonu a remenice sa po remeňoch odvaľujú, pričom sú spojené s hnacími hriadeľmi pojazdu. Návrh remeňového prevodu bol prevedený podľa doporučení výrobcu ContiTech v katalógu Conti Synchrodrive [24] a s použitím zdrojov [25] [26]. Použité súčinitele sú zistené zo zdroja [27].

7.6.1 VÝPOČET ZRÝCHLENIA POJAZDU

Dráha pojazdu presunu manipulátora s uchopenou vrstvou z 3D modelu je $s_p = 1,52$ m a doba presunu $t_p = 4$ s z tabuľky 6. Dráha zrýchlenia bola zvolená na hodnotu $s_b = 0,2$ m.

Rýchlosť pojazdu v_p [m/s]

$$v_p = \frac{s_p}{t_p} = \frac{1,52}{4} = 0,38 \text{ m/s} \quad (1)$$

Zrýchlenie pojazdu a_p [m/s²]

$$a_p = \frac{v_p^2}{2 \cdot s_b} = \frac{0,38^2}{2 \cdot 0,2} = 0,36 \text{ m/s}^2 \quad (2)$$

7.6.2 VÝBER PROFILU ZUBU

Výpočet prenášanej obvodovej sily F_u [N]. Približná váha manipulátora s uchopenou prenášanou vrstvou je podľa 3D modelu $m_m = 315$ kg.

$$F_u = m_m \cdot a_p + m_m \cdot g \cdot \mu = 315 \cdot 0,36 + 315 \cdot 9,81 \cdot 0,6 = 1967,49 \text{ N} \quad (3)$$

μ [-] – koeficient trenia

Na základe vypočítanej prenášanej obvodovej sily je zvolený profil 8M HTD v prevedení HS.

7.6.3 VÝBER OZUBENEJ REMENICE A ODKLÁŇACÍCH KLADIEK

Na základe katalógových hodnôt pre zvolený profil zubu bude zvolená ozubená remenica s minimálnym priemerom roztečnej kružnice $d_w = 76,39$ mm, minimálny počet zubov $z = 30$ a odkláňacie kladky s minimálnym priemerom $d_k = 80$ mm.

7.6.4 NAPNUTIE OZUBENÉHO REMEŇA

Pre statickú silu napnutia F_T [N] lineárnych pohonov platí vzťah 4

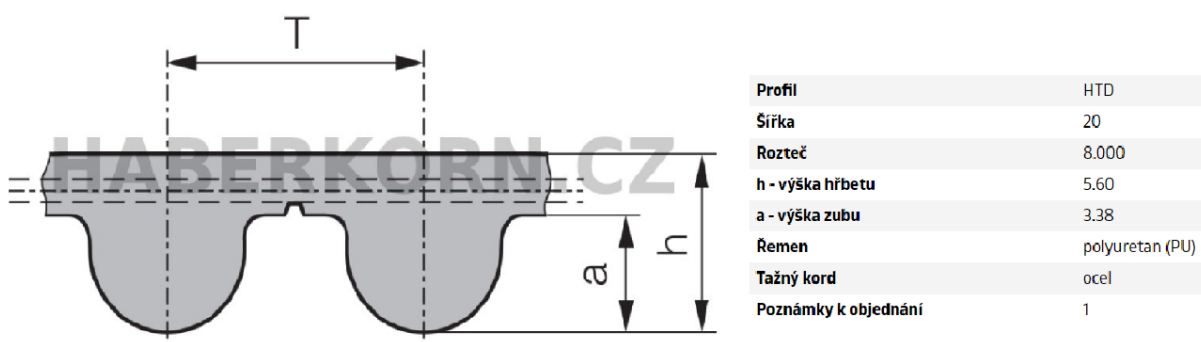
$$F_T \geq F_u \quad (4)$$

$$F_T = 1970 \text{ N}$$

Maximálne napnutie ozubeného remeňa F_{Tmax} [N] je dané vzťahom

$$F_{Tmax} = F_u + F_T = 1967,49 + 1970 = 3937,49 \text{ N} \quad (5)$$

7.6.5 KONTROLA PRÍPUSTNÉHO ZAŤAŽENIA ŤAŽNÉHO VLÁKNA OZUBENÉHO REMEŇA



Obr. 32 Parametre ozubeného remeňa PU HTD 8M-20 HS [51]

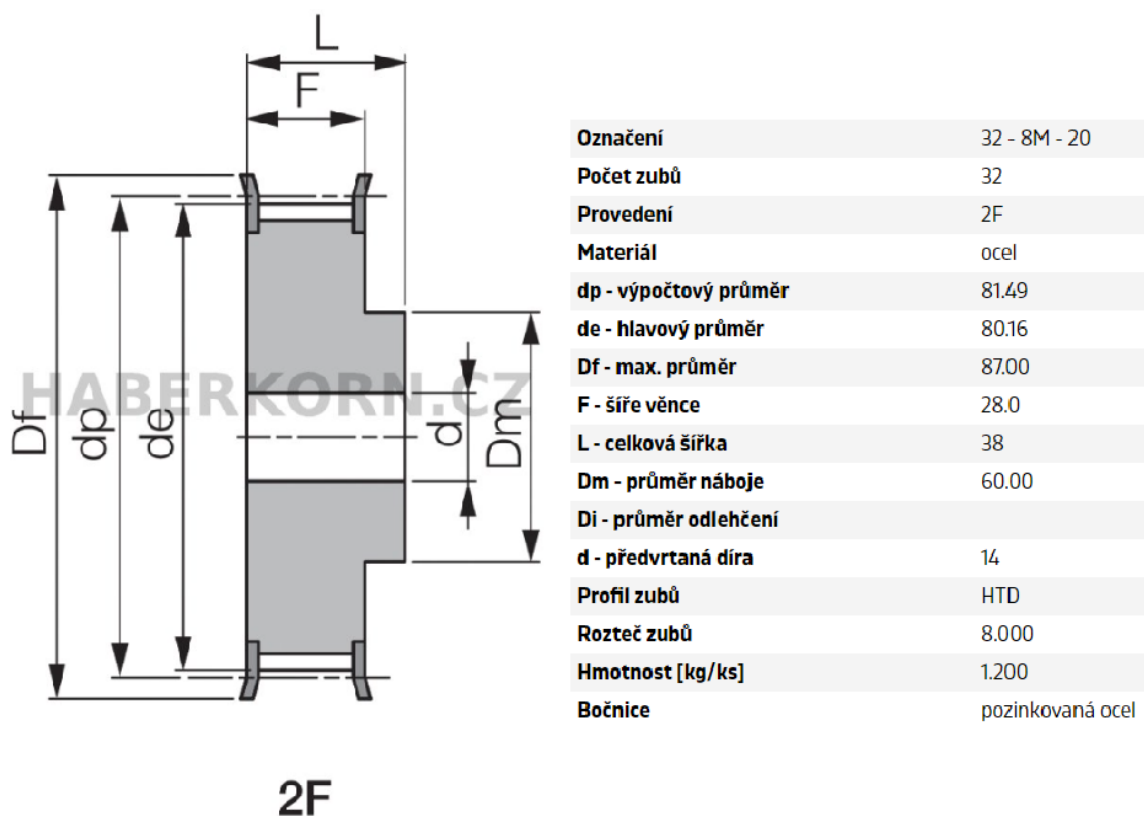
Pre výpočet je zvolený remeň HTD 8M – 20 HS so šírkou 20 mm, ktorého prípustné zaťaženie ťažného vlákna je podľa katalógu $F_{zul} = 4200$ N.

Požiadavka na prípustné zaťaženie ťažného vlákna je daná vzťahom 6, kde c_0 [-] je hodnota prevádzkového koeficientu pre rovnomerné zaťaženie podľa katalógu.

$$F_{zul} \geq F_{Tmax} \cdot c_0 = 3937,49 \cdot 1 = 3937,49 \text{ N} \quad (6)$$

$$4200 \text{ N} \geq 3937,49 \text{ N} \quad \text{Vyhovuje}$$

Prípustné zaťaženie ťažného vlákna je väčšie ako maximálna sila napnutia vetvy s ohľadom na prevádzkový koeficient, požiadavka je teda splnená. Je zvolený remeň HTD 8M-20 od firmy Haberkorn s.r.o. (obr. 32) s vysokou pevnosťou ťažného vlákna vyhovuje.



Obr. 33 Parametre ozubenej remenice 32-8M-20/2F od firmy Haberkorn s.r.o. [52]

Zvolená je aj ozubená remenica HTD 32-8M-20/2F, s počtom zubov 32 a šírkou 20 mm v prevedení 2F od firmy Haberkorn s.r.o.. Na remenici je potrebné upraviť predvrtanú dieru na náboj s priemerom 25 H7 mm.

7.6.7 POTREBNÝ VÝKON MOTORA



	Průměr kola	80 mm
	Šířka běhounu	40 mm
	Průměr otvoru hřídele	20 mm
	Délka náboje	40 mm
	Specifikace	47x14 - 6204
	Zatížení	400 kg

Obr. 34 Parametre rolny R 80x40-20 od firmy Navrátil, spol. s.r.o. [53]

Výpočet potrebného výkonu P_1 [W] vychádza z jazdného odporu od zrýchlenia F_a [N] a odporu od valenia F_v [N]. Pri výpočte sú odpory v ložiskách zanedbané. Pre pojazd je zvolená rolňa R80x40-20 od firmy Navrátil, spol. s.r.o. (obr. 34)

$$P_1 = \left(\frac{F_v + F_a}{\eta_p \cdot \eta_r} \right) \cdot v = \left[\frac{\left(m_m \cdot g \cdot \frac{\xi}{r} \right) + (m_m \cdot a_p)}{\eta_p \cdot \eta_r} \right] \cdot v \quad (7)$$

$$P_1 = \left[\frac{\left(315 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,0077}{0,04} \right) + (315 \cdot 0,36)}{0,96 \cdot 0,96} \right] \cdot 0,38 = 292 \text{ W}$$

ξ [m] – rameno valivého odporu pre tvrdú gumu na oceli

r [m] – polomer polyuretánového valčeka pojazdu

η_p [-] – účinnosť prevodovky

η_r [-] – účinnosť remeňového prevodu

7.6.8 POTREBNÝ HNACÍ MOMENT

Hnací moment M_H [Nm] je vyjadrený z rovnosti hnacej sily F_H [N] a súčtu odporových síl F_0 [N].

$$F_H = F_0 \quad (8)$$

$$\frac{M_H}{\frac{d_p}{2}} = F_v + F_a \quad (9)$$

$$M_H = \left[\left(m_m \cdot g \cdot \frac{\xi}{r} \right) + (m_m \cdot a_P) \right] \cdot \frac{d_P}{2} \quad (10)$$

$$M_H = \left[\left(315 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,0077}{0,04} \right) + (315 \cdot 0,36) \right] \cdot \frac{0,081}{2} = 28,7 \text{ Nm}$$

d_P [m] – výpočtový priemer ozubenej remenice (obr. 33)

7.6.9 POTREBNÉ OTÁČKY NA VÝSTUPE PREVODOVKY

Potrebné otáčky na výstupe z prevodovky n_1 [min^{-1}] sú vyjadrené z rýchlosti posuvu a z výpočtového priemeru zvolenej remenice.

$$v = \omega \cdot \frac{d_P}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot \frac{d_P}{2} \Rightarrow n_1 = \frac{60 \cdot v_P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{d_P}{2}} = \frac{60 \cdot 0,38}{2 \cdot \pi \cdot \frac{0,081}{2}} = 89,6 \text{ min}^{-1} \quad (11)$$

ω [rad/s] – uhlová rýchlosť

7.6.10 VOĽBA POHONU

Na základe výpočtov je zvolený asynchrónny elektromotor so šnekovou prevodovkou od firmy Nord – Poháněcí technika s.r.o.. V tab. 9 sú uvedené základné parametre pohonu. Pohon je napájaný pomocou frekvenčného meniča, ktorý zaistí plynulý rozbeh a dobeh pri cyklickom používaní a umožní regulovať rýchlosť.

Tab. 9 Technické parametre pohonu SK 1SI50 - IEC71 - 71LP/4 B14 C105 TF [28]

Technická špecifikácia pohonu	
Označenie výrobku	Šneková prevodovka rady UNIVERSAL
Označenie pohonu	SK 1SI50 - IEC71 - 71LP/4 B14 C105 TF
Otáčky motora	1405 1/min
Prevodový pomer	$i = 15$
Výstupné otáčky	94 1/min
Prevádzkový faktor	2,9
Výstupný moment	29,7 Nm
Výkon	0,37 kW
Napájanie	230/400 V
Frekvencia	50 Hz
Výstupný hriadeľ	Dutý hriadeľ s pero-drážkou
Vnútorný priemer hriadeľa	25 H7 mm

7.6.11 KONTROLA HNACIEHO HRIADEĽA

Hnací hriadeľ je potrebné skontrolovať, či vydrží prenášaný krútiaci moment M_{K1} [Nm] (tab. 9). Z toho dôvodu je vykonaná kontrola hnacieho hriadeľa pre najmenší priemer na hriadeľi. Hodnota dovoleného šmykového napätia je zvolená $\tau_D = 35 \text{ N/mm}^2$.

$$D_{H1min} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{K1}}{\pi \cdot \tau_D}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 29,7 \cdot 10^3}{\pi \cdot 35}} = 16,3 \text{ mm} \quad (12)$$

$$D_{H1min} \leq D_{H1} \Rightarrow 16,3 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje} \quad (13)$$

D_{H1min} [mm] – minimálny priemer hriadeľa

D_{H1} [mm] – priemer hriadeľa

M_{K1} [Nmm] – Prenášaný krútiaci moment od pohonu (tab. 9)

Najmenší skutočný priemer hriadeľa je $D_{H1} = 25 \text{ mm}$, hnací hriadeľ vyhovuje.

7.6.12 NÁVRH PERA PRE OZUBENÚ REMENICU

Návrh pera pre prenos krútiaceho momentu z hnacieho hriadeľa na remenicu. Pero je namáhané na šmyk a na otláčenie. Výpočet, dosadené hodnoty a dovolený tlak u neposuvného náboja z oceli $p_D = 100 \text{ N/mm}^2$ vychádzajú z literatúry [25] [29]. Dovoľené šmykové napätie pre materiál pera 11 600 $\tau_D = 60 \text{ N/mm}^2$ je zistené zo zdroja [30].

$$M_K = \frac{1}{4} \cdot D_H \cdot h \cdot l_s \cdot p \Rightarrow p = \frac{4 \cdot M_K}{D_H \cdot h \cdot l_s} \leq p_D \quad (14)$$

$$l_{s1} \geq \frac{4 \cdot M_{K1}}{D_{H1} \cdot h \cdot p_D} = \frac{4 \cdot 29,7 \cdot 10^3}{25 \cdot 7 \cdot 100} = 8 \text{ mm}$$

$$l_1 = l_{s1} + b_1 = 8 + 8 = 16 \text{ mm} \quad (15)$$

b_1 [mm] – šírka pera

D_{H1} [mm] – minimálny priemer hriadeľa

h [mm] – výška pera

l_{s1} [mm] – funkčná dĺžka pera

l_1 [mm] – funkčná dĺžka zaobleného pera

Kontrola pera na tlak

$$p_1 = \frac{4 \cdot M_{K1}}{D_{H1} \cdot h \cdot l_1} = \frac{4 \cdot 29,7 \cdot 10^3}{25 \cdot 7 \cdot 16} = 42,4 \text{ N/mm}^2 \quad (16)$$

$$p_1 \leq p_D \Rightarrow 42,4 \leq 100 \quad (17)$$

Podľa vzťahu 17 zvolené pero spĺňa kontrolu na namáhanie v tlaku.

Kontrola pera na šmykové napätie

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot M_{K1}}{D_{H1} \cdot b_1 \cdot l_1} = \frac{2 \cdot 29,7 \cdot 10^3}{25 \cdot 8 \cdot 16} = 18,7 \text{ N/mm}^2 \quad (18)$$

$$\tau_1 \leq \tau_D \Rightarrow 18,7 \text{ N/mm}^2 \leq 60 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Vyhovuje} \quad (19)$$

Podľa vzťahu 19 zvolené pero spĺňa kontrolu na namáhanie v šmyku.

Na základe výpočtu je zvolené tesné PERO 8e7x7x20 ČSN 02 2562.

7.6.13 NÁVRH HRIADEĽOVEJ SPOJKY

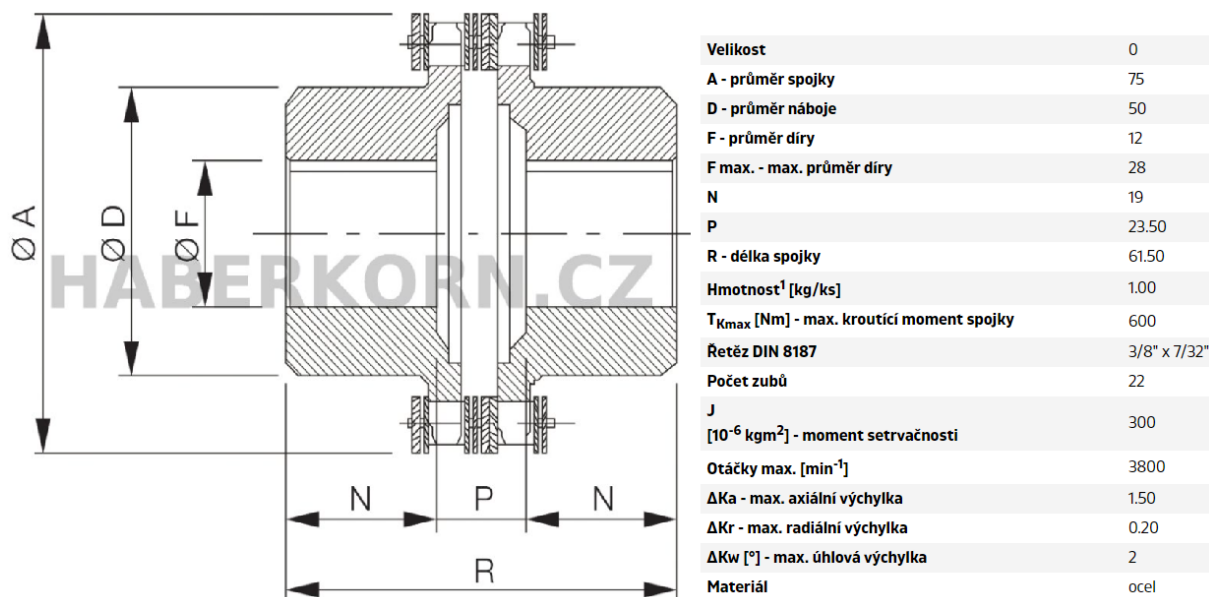
Pre spojenie hnacieho hriadeľa s hriadeľmi remeníc sú použité reťazové hriadeľové spojky, ktoré slúžia k nepružnému prenášaní krútiaceho momentu a umožňujú malú nesúososť, menšie presadenie osí a menšie uhlové výchylky. Jednoradová reťazová spojka sa skladá z dvoch reťazových kolies, spojených valčekovou reťazou (počet článkov reťaze súhlasí s počtom zubov na ozubenom kolese). [29]

Návrhový výpočet spojky vychádza z literatúry [31]. Zvolený prevádzkový súčiniteľ $C [-]$ vychádza z literatúry [29].

$$M_V = C \cdot M_{K1} = 1,7 \cdot 29,7 = 50,5 \text{ Nm} \quad (20)$$

$M_V [\text{Nm}]$ – Návrhový krútiaci moment hriadeľovej spojky

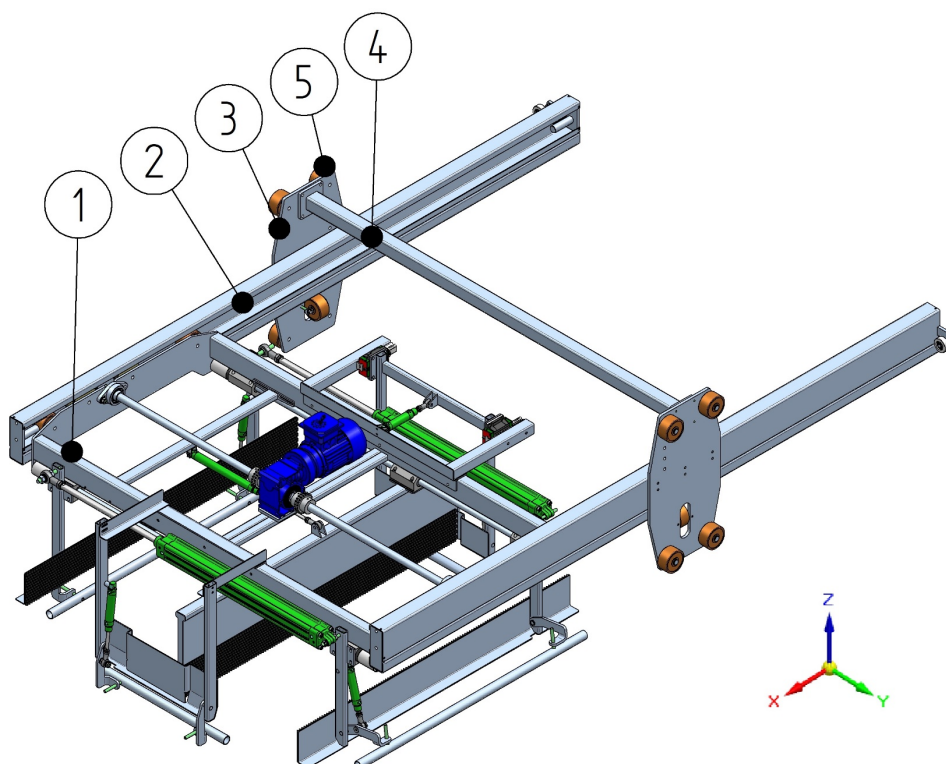
$C [-]$ – Prevádzkový súčiniteľ



Obr. 35 Parametre hriadeľovej reťazovej spojky GC 0 (3/8"x7/32" Z22) od firmy Haberkorn s.r.o. [54]

Na základe výpočtu je zvolená reťazová spojka GC 0 (3/8"x7/32" Z22) od firmy Haberkorn s.r.o. (obr. 35).

8 Vozík



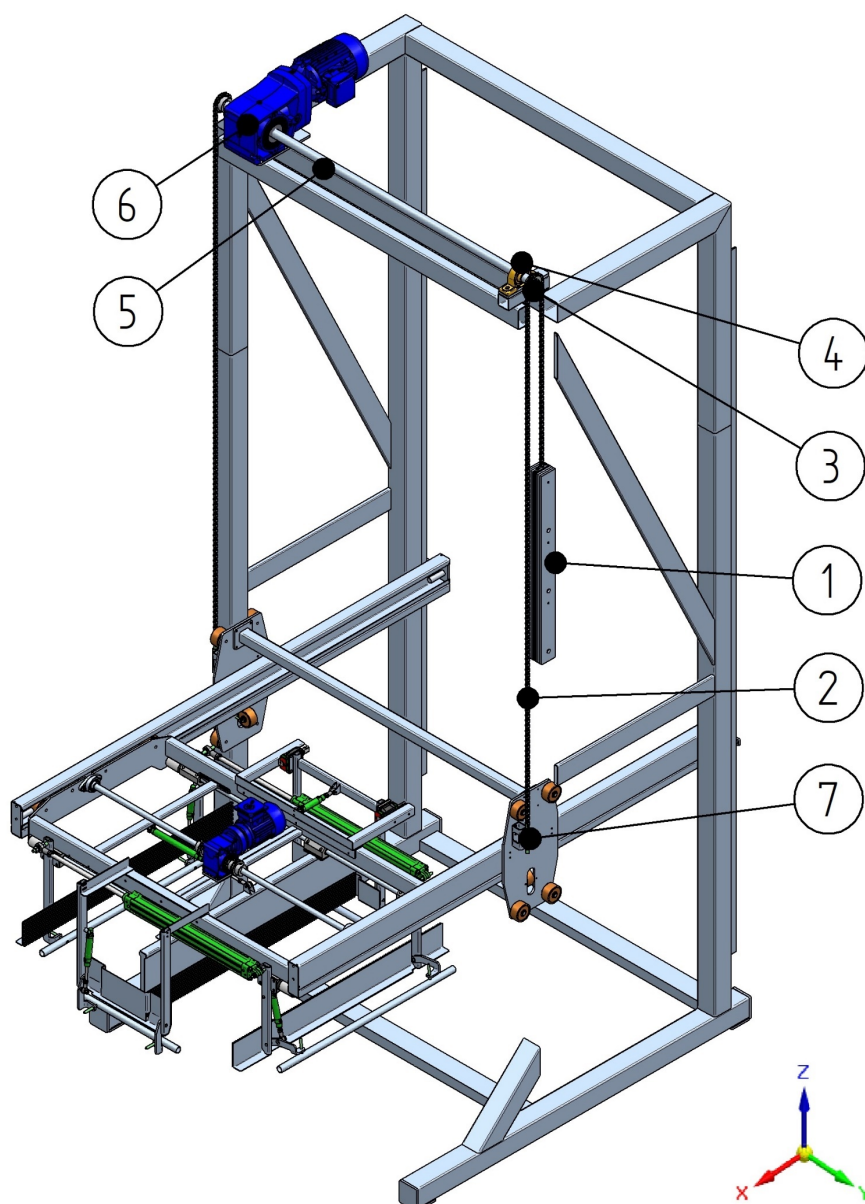
Obr. 36 Vozík paletizátora: 1 – manipulátor, 2 – zvarenec bočnice, 3 – nosný plech bočníc, 4 – zvarenec priečky, 5 – rolna

Vozík paletizátora (obr. 36) je zostava pozostávajúca z manipulátora, zvarencov bočníc, zvarenca priečky a nosných plechov bočníc. Úlohou vozíka je vertikálny zdvih manipulátora s uchopenou vrstvou prepraviek v smere osi Z a vedenie manipulátora pri pohybe v smere osi X. Pri vertikálnom zdvihu je vedenie vozíka zabezpečené pomocou rolien s polyuretánovým povrchom (jedná sa o totožné rolly ako pri posuve manipulátora v ose X) (obr. 34), ktoré sú upevnené pomocou čapov na nosných plechoch bočnice a odvaľujú sa po vertikálnych dutých profiloch hlavného rámu. Pre lepšiu stabilizáciu sa na konci zváraných bočníc nachádza ešte jeden polyuretánový valček odvaľujúci sa po normalizovanom U profile, ktorý je súčasťou hlavného rámu. Zdvih vozíka v smere osi Z je zabezpečený pomocou reťazového prevodu.

8.1 NÁVRH REŤAZOVÉHO PREVODU – ZDVIH VOZÍKA V OSE Z

Tab. 10 Zhrnuté parametre pre výpočet návrhu reťazového prevodu

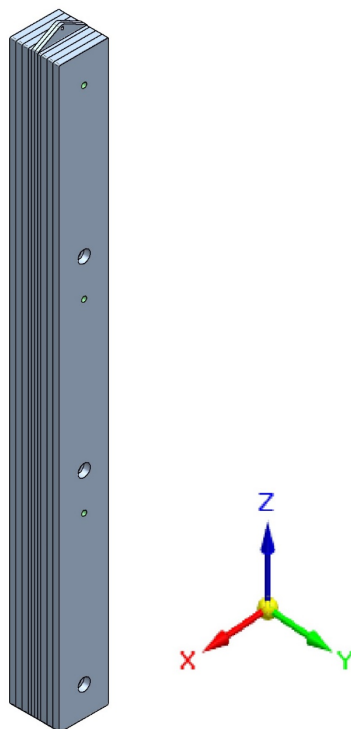
Zvolené parametre zostavy vozíka	
Približná váha vozíka bez uchopenej vrstvy	$m_v = 265 \text{ kg}$
Maximálna váha bremena	$m_b = 150 \text{ kg}$
Približný čas zdvihu vozíka	$t_z = 4 \text{ s}$
Maximálna výška zdvihu	$s_z = 2700 \text{ mm}$



Obr. 37 Pohon zdvihu vozíka paletizátora: 1 – protizávažie, 2 – jednoradová valčeková reťaz, 3 – reťazové koleso, 4 – guľčkové ložisko, 5 – hnací hriadeľ, 6 – pohon

Zdvih vozíka v smere osi Z je zabezpečený reťazovým pohonom pomocou dvoch paralelných jednoradových valčekových reťazí DIN 8187. Jeden koniec reťaze je pripevnený cez napínák na nosnom plechu bočnice a druhý koniec reťaze je pripevnený na protizávaží, ktoré sa pohybuje vo vnútri dutého profilu hlavného rámu. Takto uchytaná reťaz sa odvaľuje po ozubenom kolese namontovanom na hnacom hriadeľ. Hnací hriadeľ sa nachádza na vrchu hlavného rámu, kde je uložený na jednej strane v ložisku UCP 208 a na druhej strane v pohone. Ložisko a pohon sú namontované na vrchu hlavného rámu paletizátora. Zvolené vstupné parametre sú zhrnuté v tab. 10.

8.1.1 PROTIZÁVAŽIE

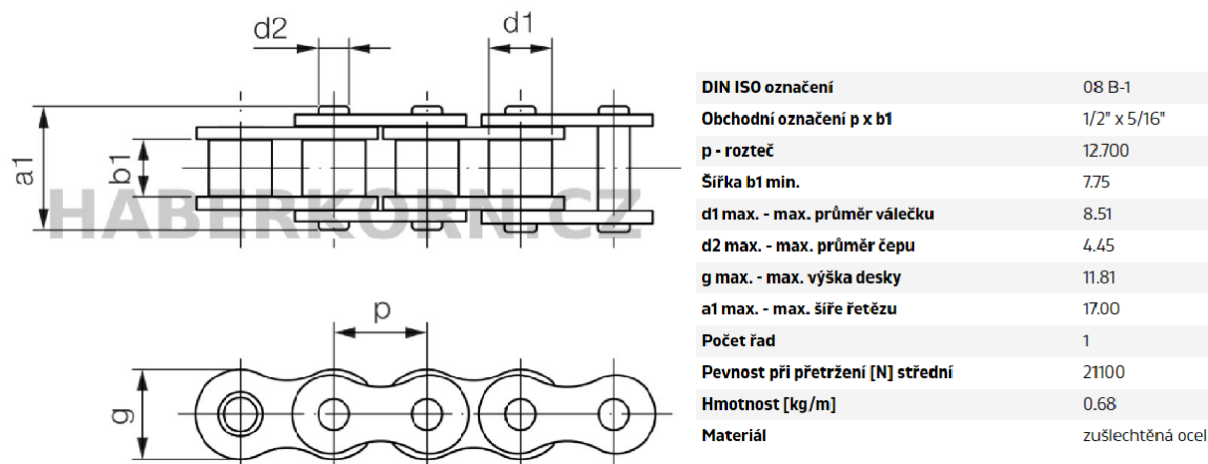


Obr. 38 Protizávažie reťazového prevodu

Účelom protizávažia je zníženie potrebného výkonu zdvíhacieho elektromotora. Pri chode vozíka zhora nadol vozík klesá vlastnou tiažou. Pohon je teda najviac zaťažovaný pri pracovnom zdvihu. Z konštrukčného hľadiska je najväčšou možnou hmotnosťou protizávažia $m_Z = 48$ kg, ktorá bola zistená z 3D modelu protizávažia (obr. 38), ktorý je možné zmestiť dovnútra dutého profilu hlavného rámu, kde sa protizávažie bude pohybovať a z maximálnej a minimálnej zdvihovej výšky manipulátora. Konštrukcia protizávažia sa skladá zo šiestich oceľových plechov hrúbky 10 mm a štyroch oceľových plechov hrúbky 5 mm z materiálu S235JRG1, ktoré sú spolu spojené pomocou šiestich skrutiek a protizávažie je zavesené na konci reťaze. Budú použité dve protizávažia, ktoré sa budú pohybovať paralelne v dutých profiloch hlavného rámu, $m_{Zcelk.}$ [kg] je teda celková hmotnosť protizávažia. [32] [33] [34]

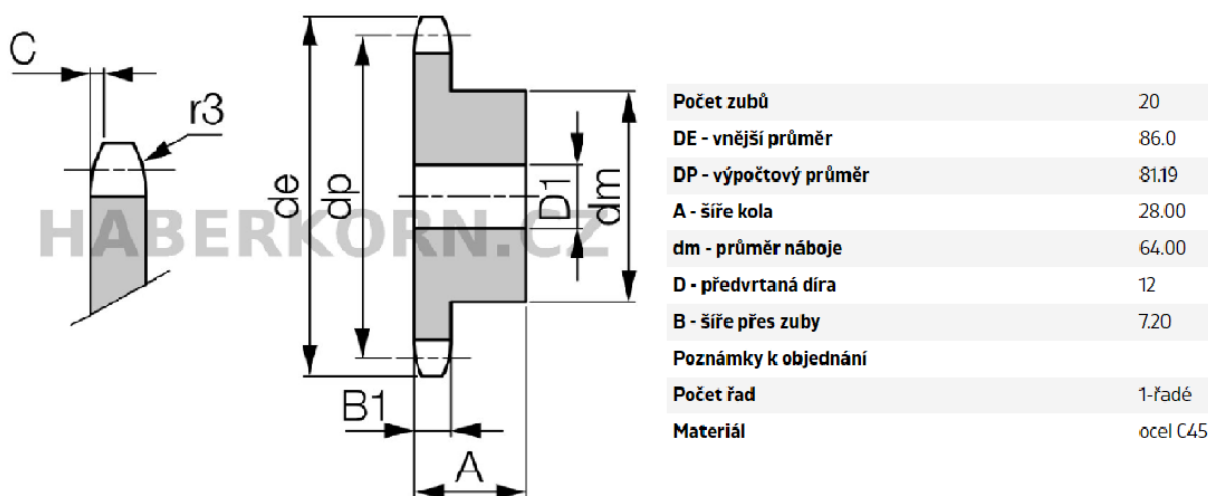
$$m_{Zcelk.} = 2 \cdot m_Z = 2 \cdot 48 = 96 \text{ kg} \quad (21)$$

8.1.2 VOĽBA REŤAZE A OZUBENÉHO KOLESA



Obr. 39 Parametre jednoradovej valčkovéj reťaze 08 B-1 (1/2"x5/16") DIN 8187 od firmy Haberkorn s.r.o. [55]

Z hľadiska spoľahlivosti a jednoduchej údržby sú zvolené dve jednoradové valčkové reťaze 08 B-1 (1/2"x5/16") DIN 8187 od firmy Haberkorn s.r.o., ktorých parametre sú na obr. 39.



Obr. 40 Parametre reťazového kola s jednostranným nábojom 1/2"x5/16" Z20 od firmy Haberkorn s.r.o. [56]

Podľa zvolenej jednoradovej valčkovéj reťaze je zvolené reťazové koleso s jednostranným nábojom 1/2"x5/16" Z20 rovnako ako reťaz od firmy Haberkon s.r.o., jeho parametre sú na obr. 40.

Celková dĺžka l_r [mm] jednej reťaze sa skladá z dĺžky reťaze na strane uchytenia vozíka l_{r1} , z dĺžky reťaze na strane uchytenia protizávažia l_{r2} a z polovice obvodu reťazového kola zdvihu na výpočtovom priemere ozubeného kola D_p [mm] (obr. 40), pretože reťaz obopína 180° reťazového kola.

$$l_r = l_{r1} + \frac{\pi \cdot D_p}{2} + l_{r2\text{-teor.}} = 3162,2 + \frac{\pi \cdot 81,19}{2} + 429,2 = 3718,9 \text{ mm} \quad (22)$$

Prepočet výslednej dĺžky na počet článkov reťaze c_r [-].

$$c_r = \frac{l_r}{p_r} = \frac{3718,9}{12,7} = 292,8 \quad (23)$$

$p_r = 12,7$ – rozteč článku reťaze z obr. 39

Výsledný počet článkov reťaze je zaokrúhlený na najbližšie vyššie nepárne číslo, počet článkov $c_r = 293$.

Prepočet dĺžky reťaze na strane protizávažia je potrebné prepočítať na skutočnú hodnotu, podľa skutočného počtu článkov reťaze.

$$l_{r2} = c_r \cdot p_r - l_{r1} - \frac{\pi \cdot D_p}{2} = 293 \cdot 12,7 - 3162,2 - \frac{\pi \cdot 81,19}{2} = 431,4 \text{ mm} \quad (24)$$

Hmotnosť jedného metra zvolenej reťaze je podľa obr. 39 $m_r = 0,68$ kg. Z určených a vypočítaných dĺžok reťaze na jednotlivých stranách prevodu a z hmotnosti jedného metra reťaze sa vypočíta hmotnosť zdvíhanej časti reťaze m_{r1} [kg] a hmotnosť časti reťaze na strane protizávažia m_{r2} [kg].

$$m_{r1} = 0,68 \cdot \left(l_{r1} + \frac{\pi \cdot D_p}{4} \right) = 0,68 \cdot \left(3,1622 + \frac{\pi \cdot 0,0812}{4} \right) = 2,19 \text{ kg} \quad (25)$$

$$m_{r2} = 0,68 \cdot \left(l_{r2} + \frac{\pi \cdot D_p}{4} \right) = 0,68 \cdot \left(0,4314 + \frac{\pi \cdot 0,0812}{4} \right) = 0,34 \text{ kg} \quad (26)$$

8.1.3 VÝPOČET VÝKONU POHONU REŤAZOVÉHO PREVODU

Minimálna sila F_c [N], ktorú musí pohon zdvihu vyvinúť (bez uvažovania dynamických účinkov pri rozjazde vozíka), ktorá je zároveň aj celkovou záťažou od zavesených častí. Vypočíta sa ako súčet všetkých zavesených záťaží na strane zaveseného bremena a od tohto súčtu sa odpočíta záťaž na strane protizávažia. Reťazové prevody sú umiestnené paralelne na stranách zdvíhacieho mechanizmu, preto je záťaž od reťazí vo výpočte dvojnásobná.

$$F_c = (m_v \cdot g + m_b \cdot g + 2 \cdot m_{r1} \cdot g) - (m_{zcelk} \cdot g + 2 \cdot m_{r2} \cdot g) \quad (27)$$

$$F_c = (265 \cdot 9,81 + 150 \cdot 9,81 + 2 \cdot 2,19 \cdot 9,81) - (96 \cdot 9,81 + 2 \cdot 0,34 \cdot 9,81)$$

$$F_c = 3165,7 \text{ N}$$

Rýchlosť zdvihu v_z [m/s] vychádza z hodnôt z tab. 10.

$$v_z = \frac{s_z}{t_z} = \frac{2,7}{4} = 0,68 \text{ m/s} \quad (28)$$

Potrebný výkon motora P_2 [W]

$$P_2 = \frac{F_c}{\eta_{rp}} \cdot v_z = \frac{3165,7}{0,9} \cdot 0,68 = 2,392 \text{ kW} \quad (29)$$

η_{rp} [-] – účinnosť reťazového prevodu

8.1.4 VÝPOČET POTREBNÝCH OTÁČOK PREVODOVKY

Potrebné otáčky na výstupe prevodovky n_2 [min^{-1}]

$$v_z = \pi \cdot D_p \cdot n_2 \Rightarrow n_2 = \frac{v_z}{\pi \cdot D_p} = \frac{60 \cdot 0,68}{\pi \cdot 0,0812} = 160 \text{ min}^{-1} \quad (30)$$

8.1.5 VÝPOČET POTREBNÉHO KRÚTIACEHO MOMENTU POHONU

Potrebný krútiaci moment pohonu M_{K2} [Nm]

$$P_2 = M_{K2} \cdot \omega_2 \Rightarrow M_{K2} = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{P_2}{2 \cdot \pi \cdot n_2} = \frac{2392 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 160} = 142,8 \text{ Nm} \quad (31)$$

ω_2 [rad/s] – uhlová rýchlosť

8.1.6 VOĽBA POHONU

Na základe vypočítaných hodnôt je zvolený asynchrónny elektromotor s 2 – stupňovou kuželočelnou prevodovkou od firmy Nord – Poháněcí technika s.r.o.. V tab. 11 sú uvedené základné parametre pohonu. Výkon pohonu je značne predimenzovaný z dôvodu neuvažovania zotrvačných účinkov vozíka paletizátora pri rozbehu. Pohon je napájaný pomocou frekvenčného meniča, ktorý zaistí plynulý rozbeh a dobeh pri cyklickom používaní a umožní regulovať rýchlosť. Pohon je tiež vybavený elektromagnetickou brzdou z dôvodu bezpečnosti. Elektromagnetická brzda pri výpadku napájacej siete zaistí hnací hriadeľ.

Tab. 11 Parametre pohonu SK 92772.1A - 100AP/4 TF [28]

Technická špecifikácia pohonu	
Označenie výrobku	2-stupňová kuželočelná prevodovka NORDBLOC.1
Označenie pohonu	SK 92772.1A - 100AP/4 TF
Otáčky motora	1450 1/min
Prevodový pomer	$i = 8,85$
Výstupné otáčky	164 1/min
Prevádzkový faktor	3,2
Výstupný moment	175 Nm
Výkon	3 kW
Napájanie	230/400 V
Frekvencia	50 Hz
Výstupný hriadeľ	Dutý hriadeľ s pero-drážkou
Vnútorý priemer hriadeľa	40 H7 mm
Brzda	Elektromagnetická brzda v krytí IP55
Brzdny moment	40 Nm

8.1.7 KONTROLA HNACIEHO HRIADEĽA

Výpočet je vykonaný analogicky ako v kapitole 7.6.10.

$$D_{H2min} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{K2}}{\pi \cdot \tau_D}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 175 \cdot 10^3}{\pi \cdot 35}} = 29,4 \text{ mm} \quad (32)$$

$$D_{H2min} \leq D_{H2} \Rightarrow 29,4 \text{ mm} \leq 40 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje} \quad (33)$$

D_{H2min} [mm] – minimálny priemer hnacieho hriadeľa reťazového prevodu

M_{K2} [Nm] – prenášaný krútiaci moment od pohonu

D_{H2} [mm] – priemer hnacieho hriadeľa reťazového prevodu

Najmenší skutočný priemer hnacieho hriadeľa reťazového prevodu je $D_{H2} = 40 \text{ mm}$, hnací hriadeľ podľa vzťahu 33 vyhovuje.

8.1.8 NÁVRH PERA PRE OZUBENÉ KOLESO

Výpočet je vykonaný analogicky ako v kapitole 7.6.11.

$$l_{s2} \geq \frac{4 \cdot M_{K2}}{D_{H2} \cdot h \cdot p_D} = \frac{4 \cdot 175 \cdot 10^3}{40 \cdot 8 \cdot 100} = 22 \text{ mm} \quad (34)$$

$$l_2 = l_{s2} + b_2 = 21,9 + 12 = 34 \text{ mm} \quad (35)$$

b_2 [mm] – šírka pera

D_{H2} [mm] – minimálny priemer hriadeľa

h [mm] – výška pera

l_{s2} [mm] – funkčná dĺžka pera

l_2 [mm] – funkčná dĺžka zaobleného pera

Kontrola pera na tlak

$$p_2 = \frac{4 \cdot M_{K2}}{D_{H2} \cdot h \cdot l_2} = \frac{4 \cdot 175 \cdot 10^3}{40 \cdot 8 \cdot 34} = 64,3 \text{ N/mm}^2 \quad (36)$$

$$p_2 \leq p_D \Rightarrow 64,3 \leq 100 \quad \text{Vyhovuje} \quad (37)$$

Podľa vzťahu 37 zvolené pero spĺňa kontrolu na namáhanie v tlaku.

Kontrola pera na šmykové napätie

$$\tau_2 = \frac{2 \cdot M_{K2}}{D_{H2} \cdot b_2 \cdot l_2} = \frac{2 \cdot 175 \cdot 10^3}{40 \cdot 12 \cdot 34} = 21,4 \text{ N/mm}^2 \quad (38)$$

$$\tau_2 \leq \tau_D \Rightarrow 21,4 \leq 60 \quad \text{Vyhovuje} \quad (39)$$

Podľa vzťahu 39 zvolené pero spĺňa kontrolu na namáhanie v šmyku.

Na základe výpočtu je zvolené tesné PERO 12e7x8x34 ČSN 02 2562.

9 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

Konštrukcia hlavného rámu je zvarencom dutých profilov a plechov z bežnej konštrukčnej nelegovanej ocele obvyklých akostí, ktorá je vhodná pre zvárané nosné konštrukcie S235JR (ČSN 11 373). Výpočet medzných stavov únosnosti a použité hodnoty vychádzajú z noriem ČSN EN 1993-1-1, ČSN 41 1373 a ČSN EN 1990. Prekročenie medzného stavu únosnosti má za následok porušenie konštrukcie alebo jej deformáciu. [35] [36] [37] [38]

9.1 VÝPOČET NÁVRHOVEJ PEVNOSTI

Hodnota $R_k = 235$ MPa je charakteristickou hodnotou medze klzu plechov a dutých profilov z materiálu S235JR. Hodnota $\gamma_M = 1,15$ je súčiniteľ spoľahlivosti materiálu. Z týchto hodnôt je pomocou vzťahu 38 vypočítané návrhové dovolené napätie R_D [MPa].

$$R_D = \frac{R_k}{\gamma_M} = \frac{235}{1,15} = 204 \text{ MPa} \quad (40)$$

Návrhové dovolené napätie (návrhová odolnosť) slúži k zníženiu pravdepodobnosti prekročenia medzného stavu únosnosti, a preto je neskôr v tejto práci použitá ako hodnota napätia pri vyhodnocovaní pevnostnej simulácie.

10 PEVNOSTNÁ KONTROLA HLAVNÉHO RÁMU

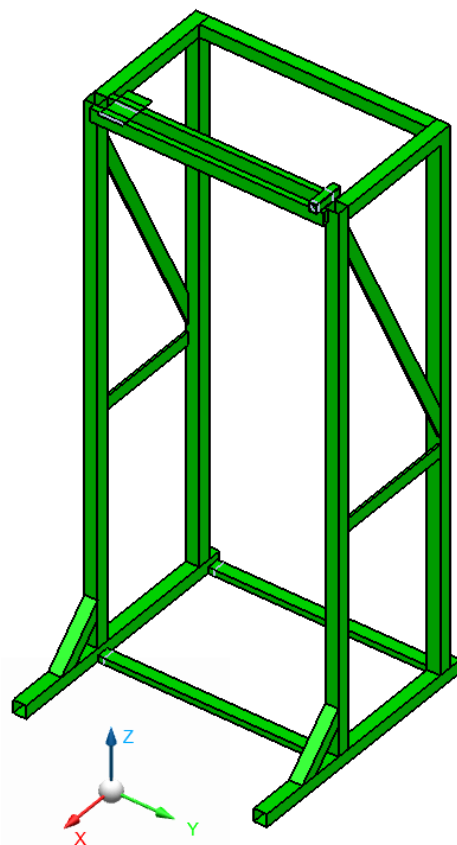
Pevnostná kontrola hlavného rámu je riešená pomocou metódy konečných prvkov (MKP). Táto metóda sa využíva na kontrolu už navrhnutých konštrukcií a zariadení a na hľadanie kritických (najnamáhanejších) miest konštrukcie. Dopomáha k predchádzaniu problémov a deformácií v bežnej prevádzke, ktoré by mohli viesť ku kolapsu, či k nevyužitelnosti danej konštrukcie.

Pevnostná kontrola je vykonaná pomocou softwaru MSC Apex vo verzii Jaguar 2019 iba pre navrhnutý hlavný rám paletizátora (obr. 20).

10.1 PRÍPRAVA MODELU PRE VÝPOČET

Hlavný rám paletizátora ako aj ostatné časti paletizátora boli vytvorené v prostredí softwaru Solid Edge 2020, odkiaľ bol hlavný rám exportovaný vo formáte .stp a následne importovaný do prostredia softwaru MSC Apex. Hlavný rám je tvorený predovšetkým z tenkostenných profilov, a preto je objemový model prevedený na škrupinový model.

10.1.1 PREVEDENIE OBJEMOVÉHO MODELU NA ŠKRUPINOVÝ MODEL

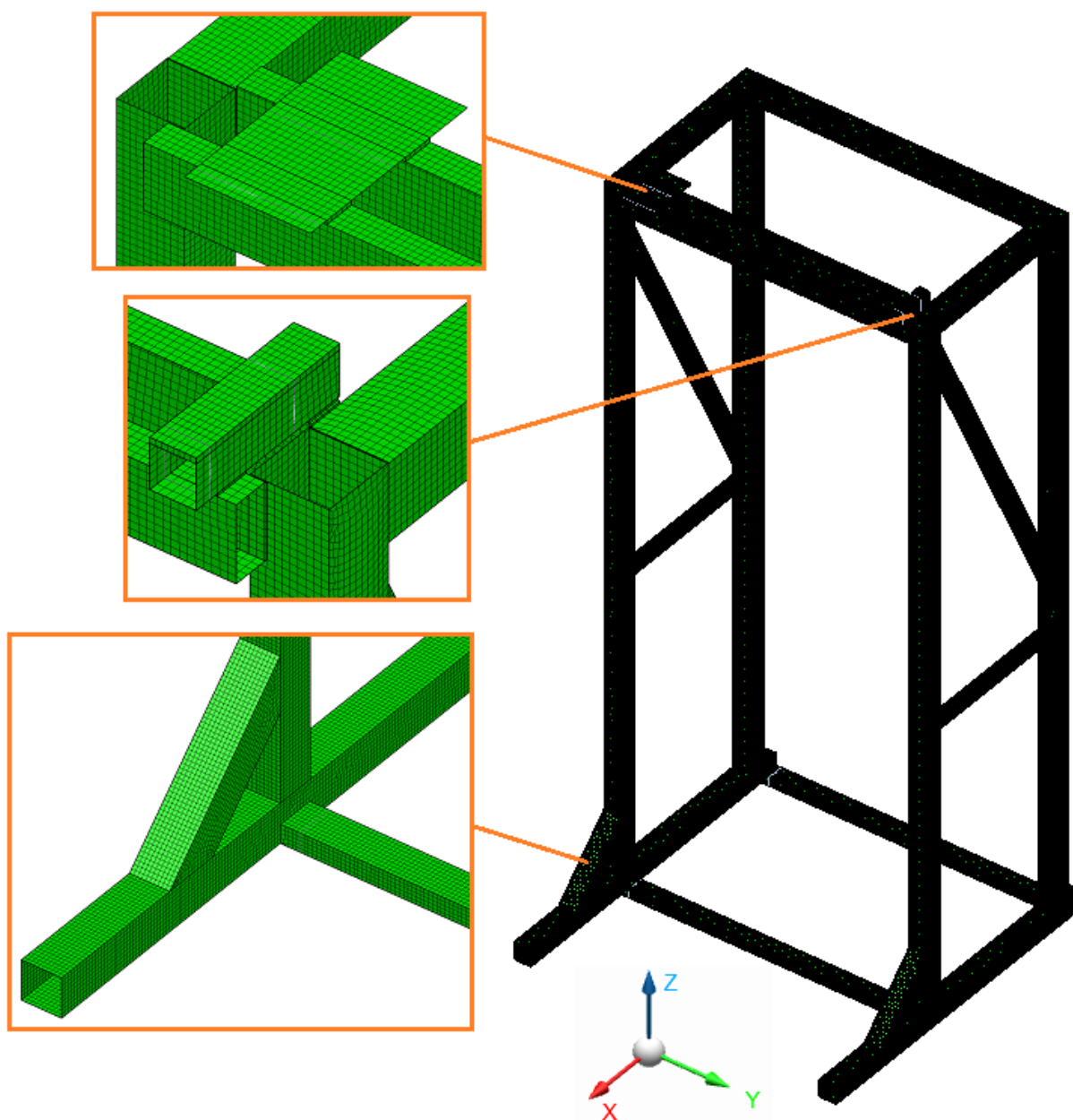


Obr. 41 Objemový model prevedený na strednicový (škrupinový) model

Model je v prvom rade zbavený technologických a konštrukčných prvkov ako sú zaoblenia hutných polotovarov, skosenia pre zváranie a dier pre skrutky. Následne je objemový model v prostredí softwaru MSC Apex prevedený na strednicové plochy pomocou príkazu „MidSurface“. Takto vytvorené plochy sú natiahnuté pomocou príkazu „Extend Surfaces“

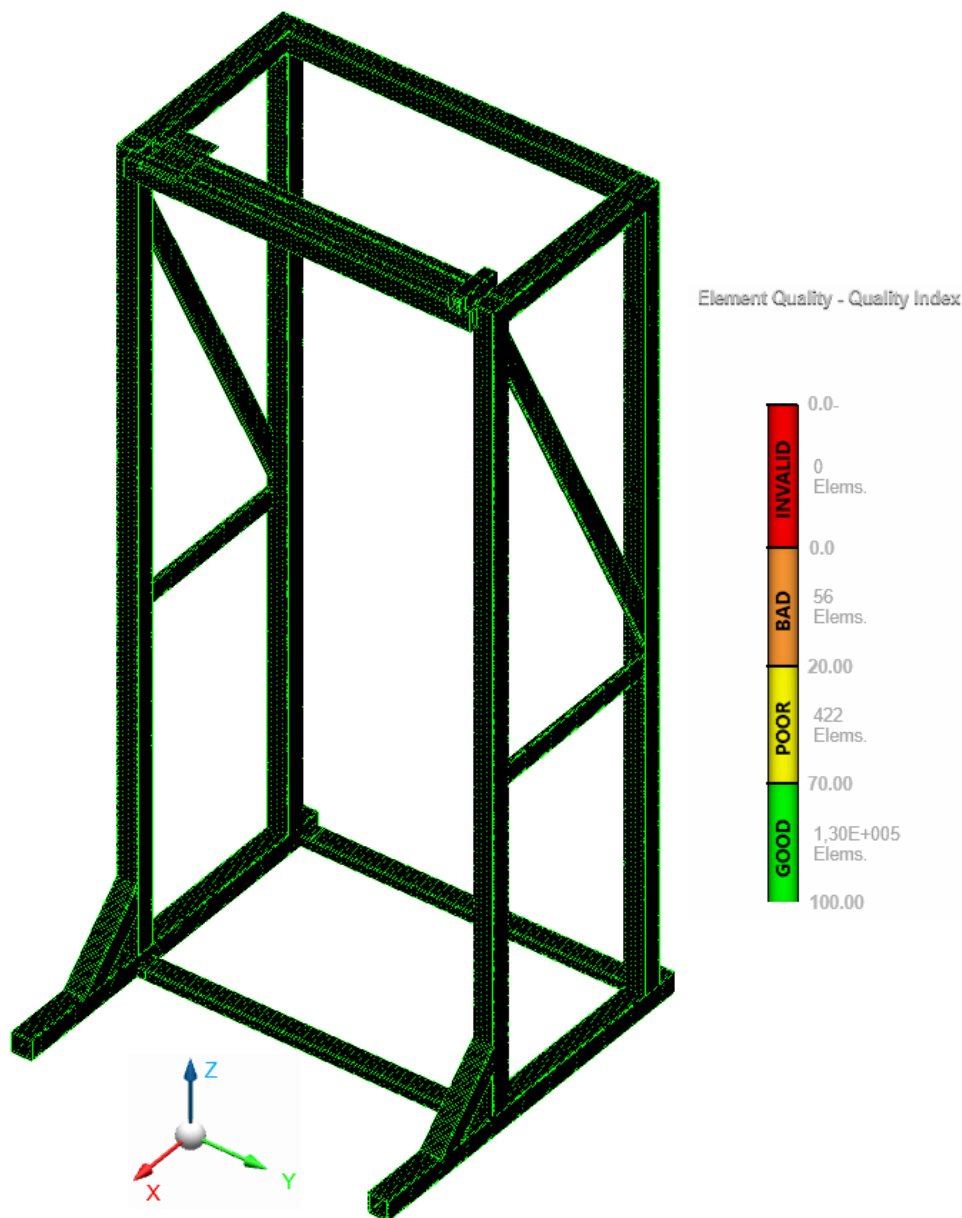
k ostatným plochám aby sa vzájomne dotýkali hranami. Pri plochách, kde toto predĺženie hrán plôch k ostatným plochám nie je možné, sú vytvorené zvary v podobe plôch s priradenou hodnotou hrúbky daného zvaru pomocou príkazu „Sections“. Vďaka takto vytvoreným spojeniam hranami sa do jednotlivých plôch vyrežú hrany príkazom „Split Surfaces“. Pre neskoršie presné umiestnenie zaťažujúcich síl a väzieb je vytvorená geometria s priesečníkmi, do ktorých sa tieto prvky umiestnia a do existujúcich plôch sa znova vyreže pomocou predošlého príkazu. Následne sa všetky plochy spoja príkazom „Boolean - Merge“ do jedného celku (obr. 41).

10.1.2 VYTvorenie SIETE – „MESHING“



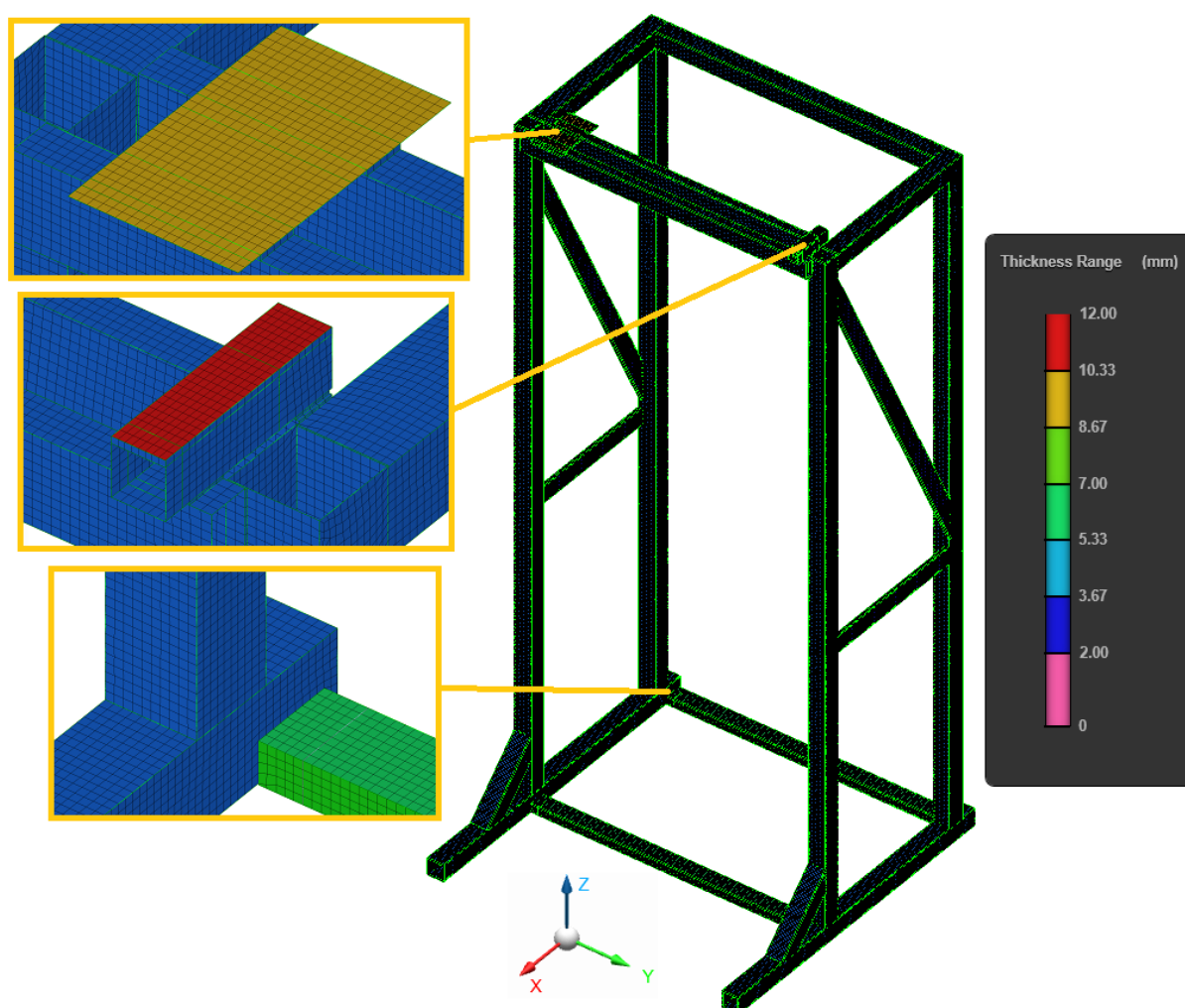
Obr. 42 Sieťový model strednicových plôch hlavného rámu paletizátora

Na škrupinovom modeli je vytvorená sieť výpočtových uzlov (obr. 42). 2D sieť bola vytvorená pomocou príkazu „Surface Mesh“, pri ktorom boli zvolené parametre ako štvoruholníkový („Quadrilateral“) typ prvku a veľkosť prvkov bola zvolená 10 mm.



Obr. 43 Vykreslenie kvality prvkov sieťového modelu hlavného rámu

Príkazom „Element Quality Colors“ zobrazíme a vypíšeme rozdelenie prvkov podľa ich kvality do štyroch skupín (obr. 43). V prvej skupine nevhodnej „invalid“ kvality sa nenachádza žiadny prvok. V druhej skupine zlej „Bad“ kvality sa nachádza 56 prvkov. V tretej skupine s uspokojivou „Poor“ kvalitou sa nachádza 422 prvkov a vo štvrtej skupine s dobrou „Good“ kvalitou sa nachádza 130 000 prvkov. Nakoľko sa v skupine nevhodnej kvality nenachádza ani jeden prvok, je vytvorená sieť hodnotená ako vyhovujúca.

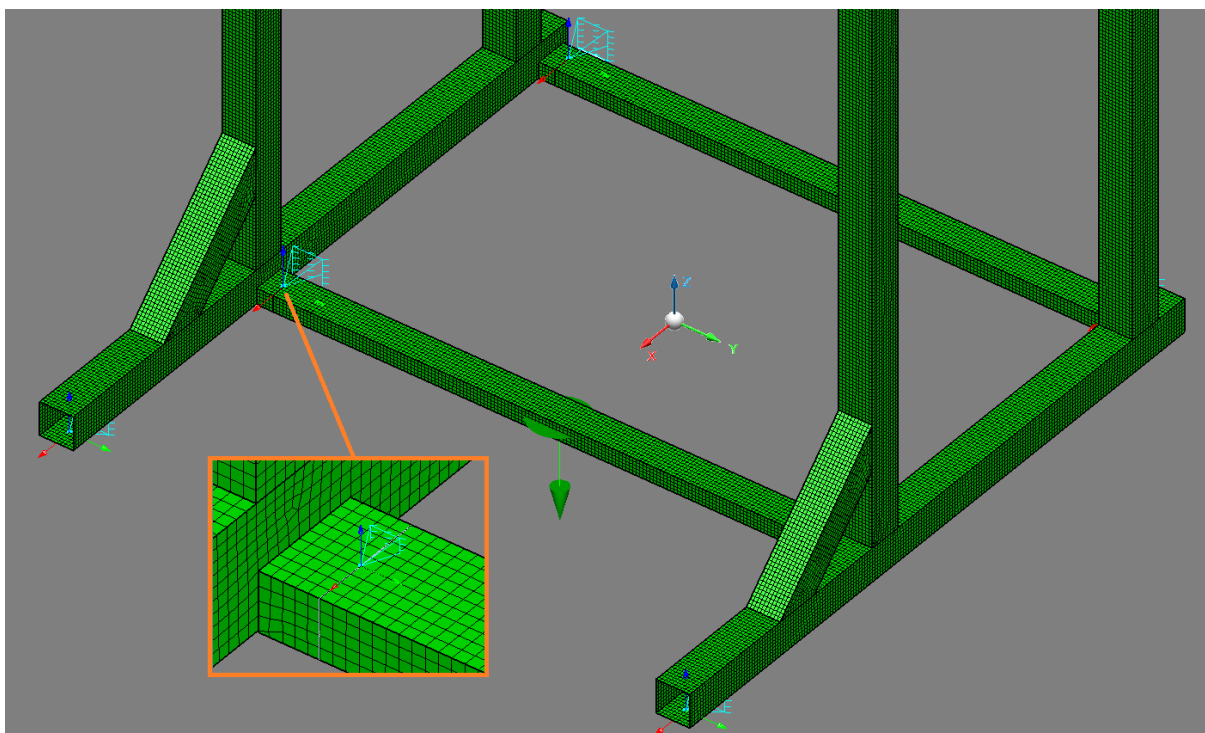


Obr. 44 Zobrazenie hrúbok strednicových plôch hlavného rámu paletizátora

Pred ďalším postupom je vhodné skontrolovať, či všetky plochy majú priradenú hrúbku a či je hodnota priradenej hrúbky správna. Takáto kontrola sa vykoná pomocou zobrazovacieho príkazu „Shell Thickness“, kedy sa jednotlivé plochy vyfarbia do odtieňov podľa hodnoty priradenej hrúbky (obr. 44).

10.1.3 NÁHRADA VÄZIEB

Pre dosiahnutie výsledkov v čo najväčšej možnej miere blížiacich sa chovaniu reálnej konštrukcie je potrebná správna definícia väzieb. Rám paletizátora je upevnený k zemi pomocou šiestich prievlakových kotiev M16, ktorých interakciu rámu so zemou je možné nahradiť pomocou väzby „Displacement Constraints“. Táto väzba zamedzuje všetky rotačné aj translačné pohyby. Kotvy upevňujú rám k zemi prostredníctvom dier v ráme, ktoré boli pre potreby simulácie odstránené a nahradené geometrickými prvkami tak, aby sa v stredových bodoch dier nachádzali uzly siete škupinového modelu, do ktorých boli tieto väzby priamo uložené. Náhradu väzieb môžeme vidieť na obr. 45.



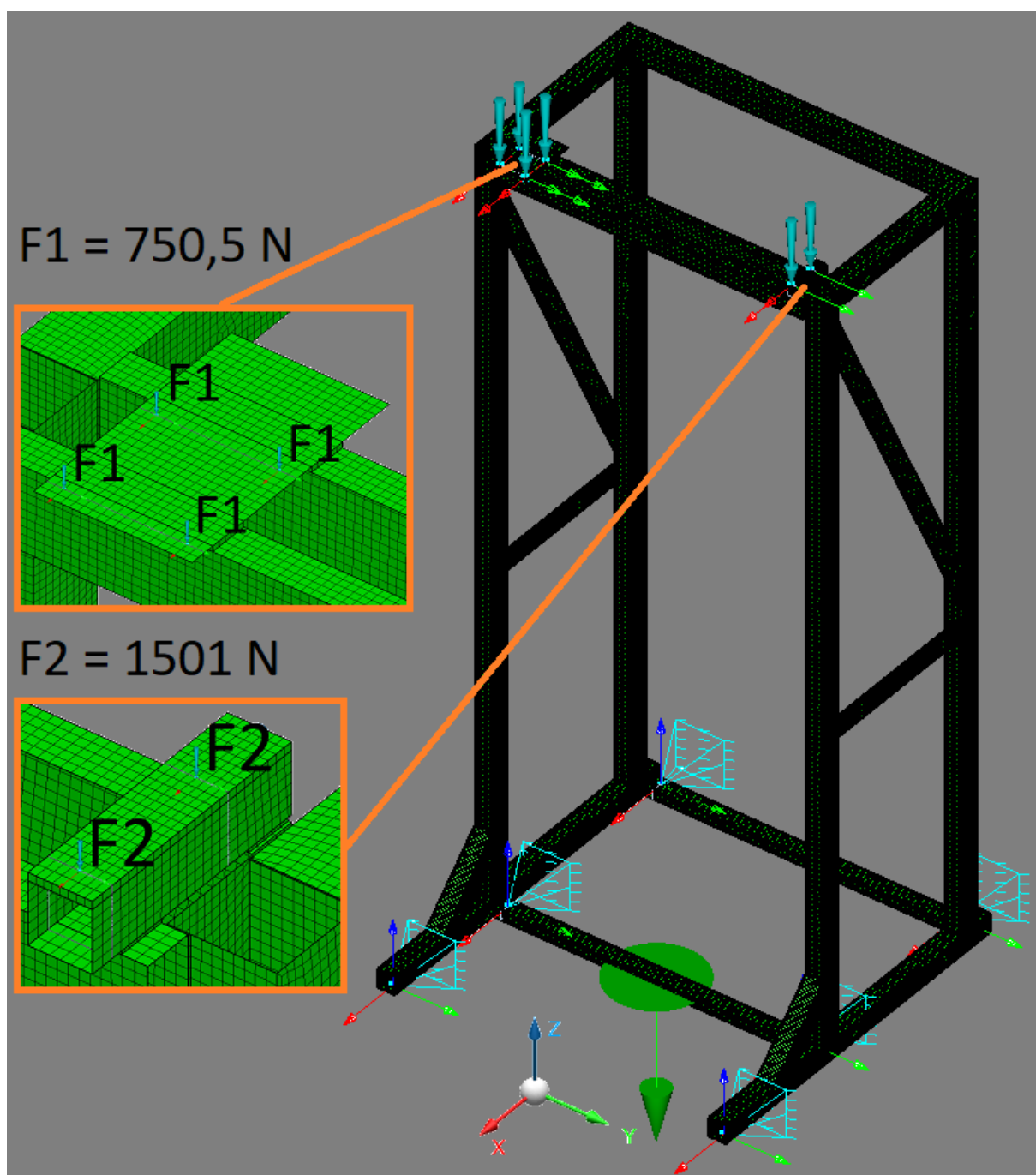
Obr. 45 Náhrada väzieb sieťového modelu hlavného rámu paletizátora

10.1.4 NÁHRADA ZAŤAŽENIA RÁMU SILAMI

Zaťažujúce sily sú vytvorené pomocou príkazu „Force – Moment“. Hodnoty zaťažujúcich síl sú odvodené od skutočného maximálneho zaťaženia rámu. Maximálne zaťaženie rámu pochádza od celkovej hmotnosti komponentov zavesených na ráme cez uchytenie pohonu zdvihu vozíka a uchytenie ložiska pohonu zdvihu vozíka. Maximálne zaťaženie je súčtom hmotností vozíka s uchopenou maximálnou prípustnou váhou jednej vrstvy paletizovaného produktu, protizávažia mechanizmu pohonu zdvihu vozíka, reťazových kolies, hnacieho hriadeľa zdvihu vozíka, ložiska, reťazí a pohonu vozíka. Maximálne zaťaženie hlavného rámu paletizátora obsahuje aj rezervu pre doplnenie senzorov a ich držiakov, jeho výsledná hodnota je teda $m_{MAX} = 612 \text{ kg}$. Pomocou vzťahu 39 je maximálne zaťaženie paletizátora prevedené na maximálnu silu $F_{MAX} [\text{N}]$.

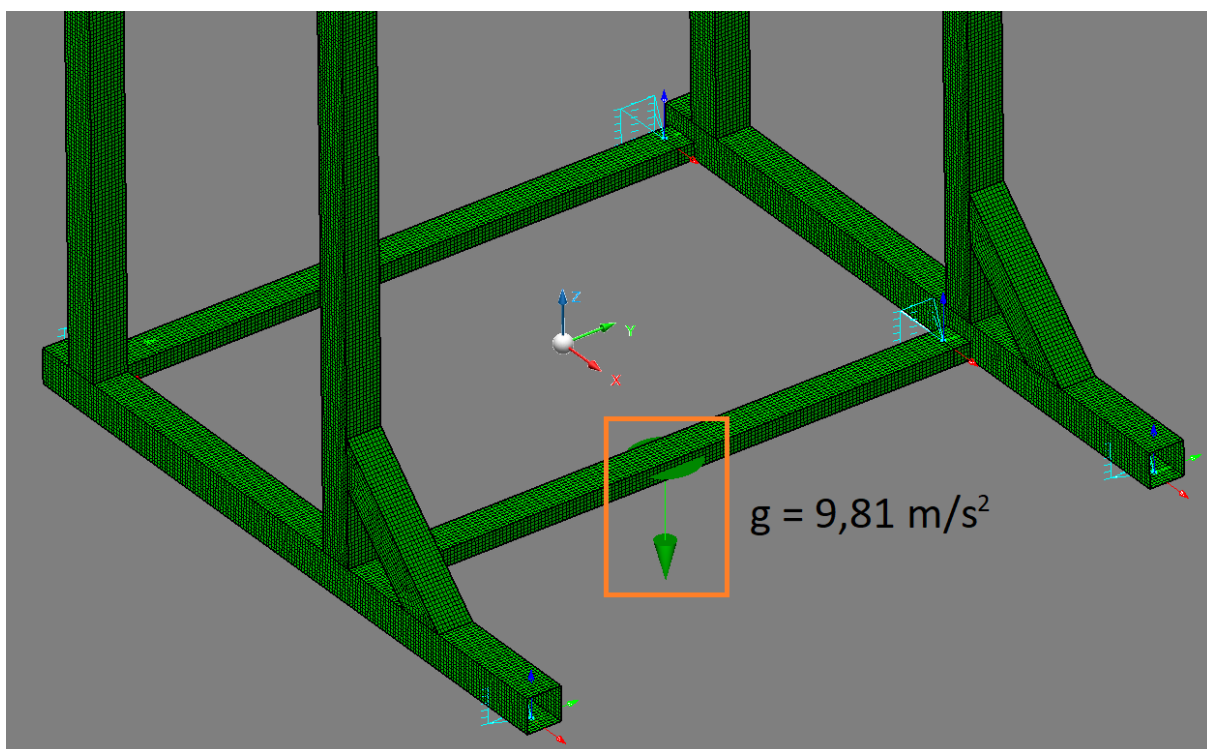
$$F_{MAX} = m_{MAX} \cdot g = 612 \cdot 9,81 = 6004 \text{ N} \quad (41)$$

Táto sila je rovnomerne rozdelená na všetky body nahradzujúce uchytenie celej záťaže hlavného rámu paletizátora. Na obr. 46 je možné vidieť umiestnenie zaťažujúcich síl na škrupinovom sieťovom modeli hlavného rámu paletizátora.



Obr. 46 Náhrada zaťaženia siet'ového modelu hlavného rámu paletizátora

Sieťový model hlavného rámu paletizátora je okrem zaťažujúcich síl zaťažný aj gravitačným zrýchlením na povrchu Zeme $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Pôsobenie gravitačného zrýchlenia je v siet'ovom modeli zvýraznené na obr. 47.



Obr. 47 Uvažované gravitačné zrýchlenie na sieťovom modeli hlavného rámu paletizátora

10.2 VÝSLEDKY VÝPOČTU PEVNOSTNEJ KONTROLY HLAVNÉHO RÁMU

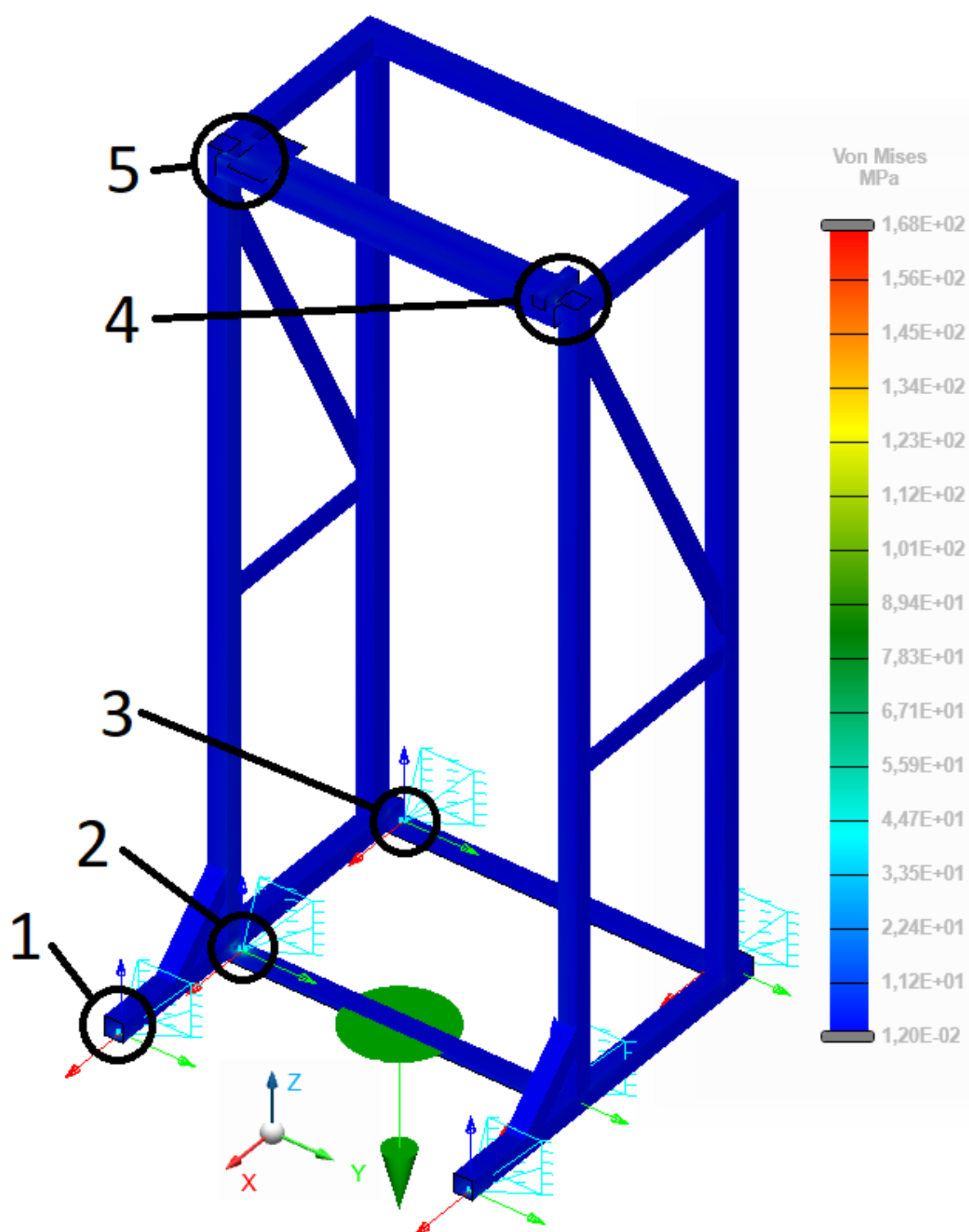
Výpočet bol vykonaný pre maximálny záťažový stav hlavného rámu paletizátora, zaťaženého maximálnou prípustnou hmotnosťou od komponentov a produktov.

10.2.1 NAPÄTIE

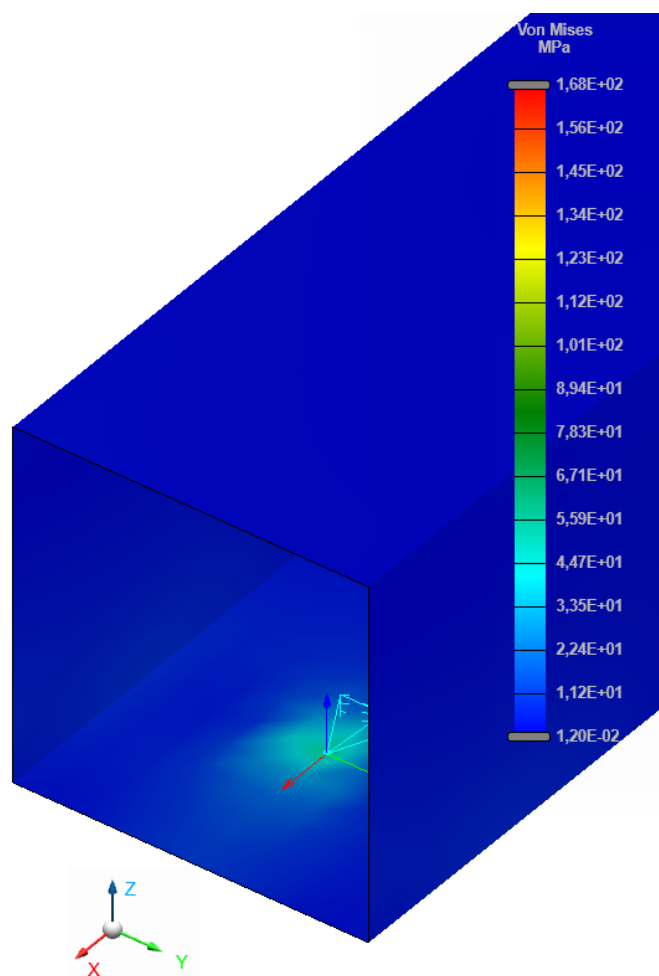
V obr. 48 je zobrazený celý zaťažovací stav podľa metódy von Mises (HMH), v ktorom sú vyznačené kritické miesta, ktoré sú detailnejšie zobrazené na ďalších obrázkoch (obr. 49 – 53). V obrázkoch je zobrazená skutočná deformácia v pomere 1:1.

Výpočtom v prostredí softwaru MSC Apex bolo zistené najvyššie napätie s hodnotou 168 MPa. Špička napätia vznikla v mieste ukotvenia rámu k zemi cez normalizovaný U-profil, detail 2 v obr. 48, rovnaké napätie sa nachádza aj na symetrickej protiľahlej strane rovnakého profilu podľa osy X. Zjednodušením modelu pre výpočet boli diery pre kotvy odstránené a väzby sú preto umiestnené v bodoch siete. Skutočné špičkové napätie bude rozptýlené na väčšiu plochu, takže nebude dosahovať tak vysoké hodnoty. V ostatných častiach sa napätie pohybuje medzi 25 MPa až 70 MPa.

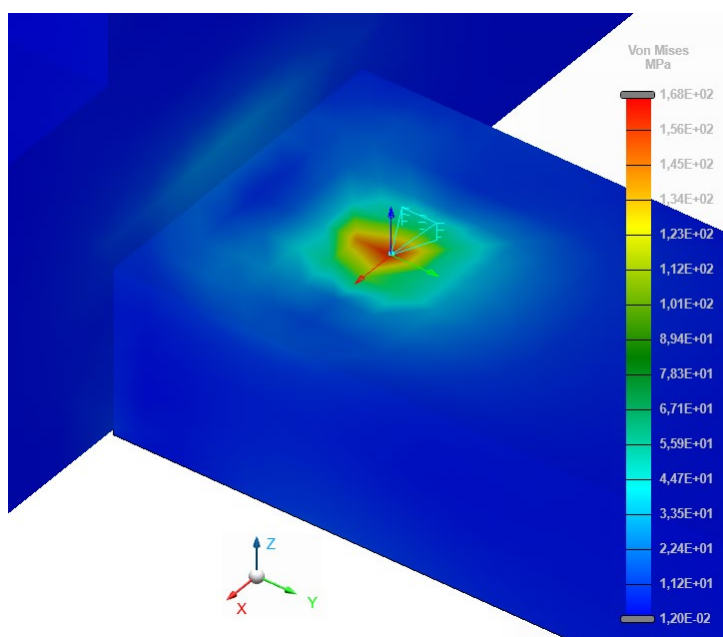
Výsledná špička napätia by nemala byť pre správnu funkciu nosnej konštrukcie nebezpečná, nakoľko návrhové dovolené napätie vypočítané v kapitole 9, je $R_D = 204 \text{ MPa}$. Konštrukcia hlavného rámu paletizátora podľa výpočtu MKP vyhovuje.



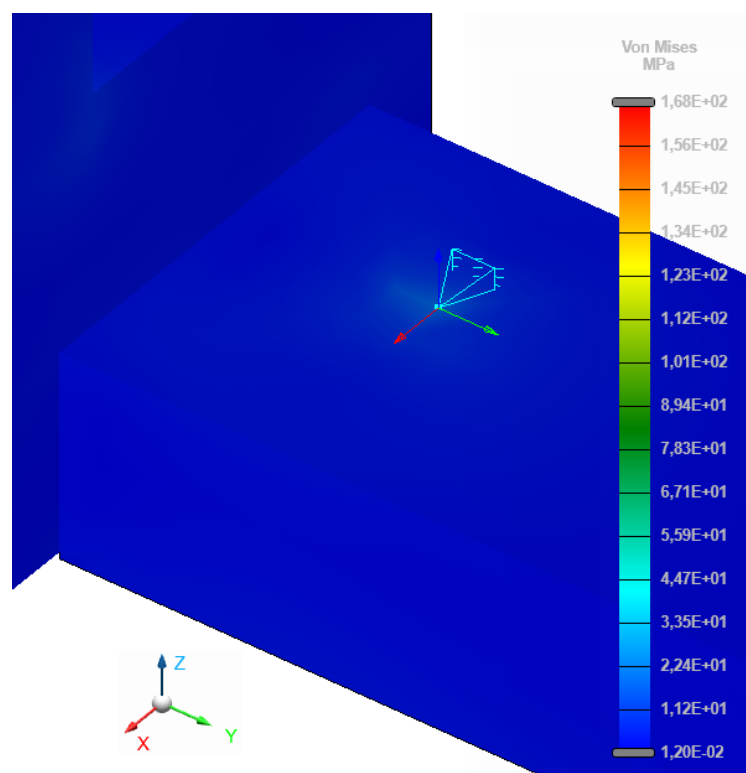
Obr. 48 Výsledky výpočtu pevnostnej kontroly hlavného rámu paletizátora; Detailné zobrazenia: 1 – obr. 49, 2 – obr. 50, 3 – obr. 51, 4 – obr.51, 5 – obr. 50



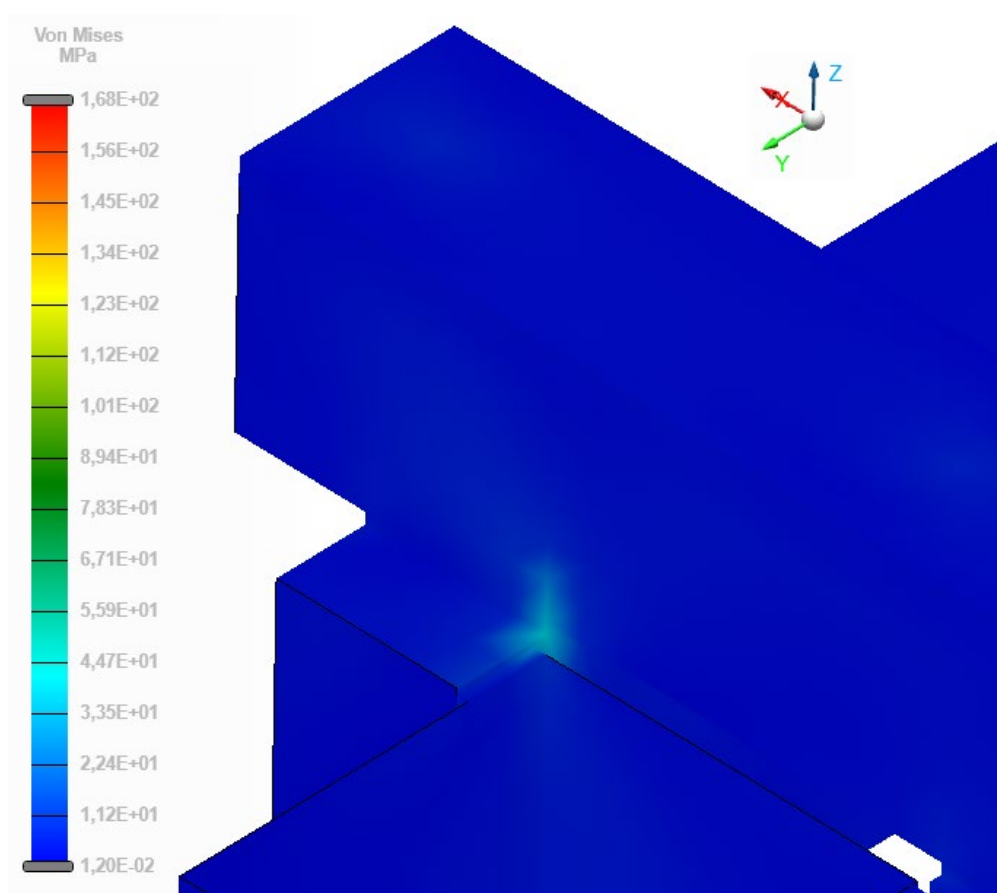
Obr. 49 Výsledky pevnostnej kontroly rámu - detail 1



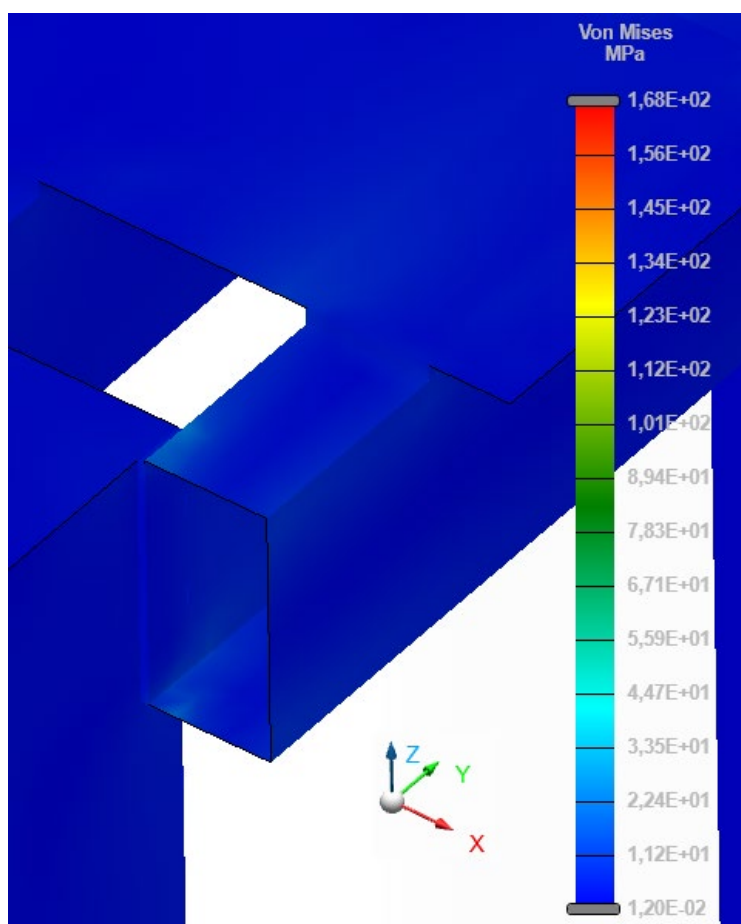
Obr. 50 Výsledky pevnostnej kontroly rámu - detail 2



Obr. 51 Výsledky pevnostnej kontroly rámu - detail 3



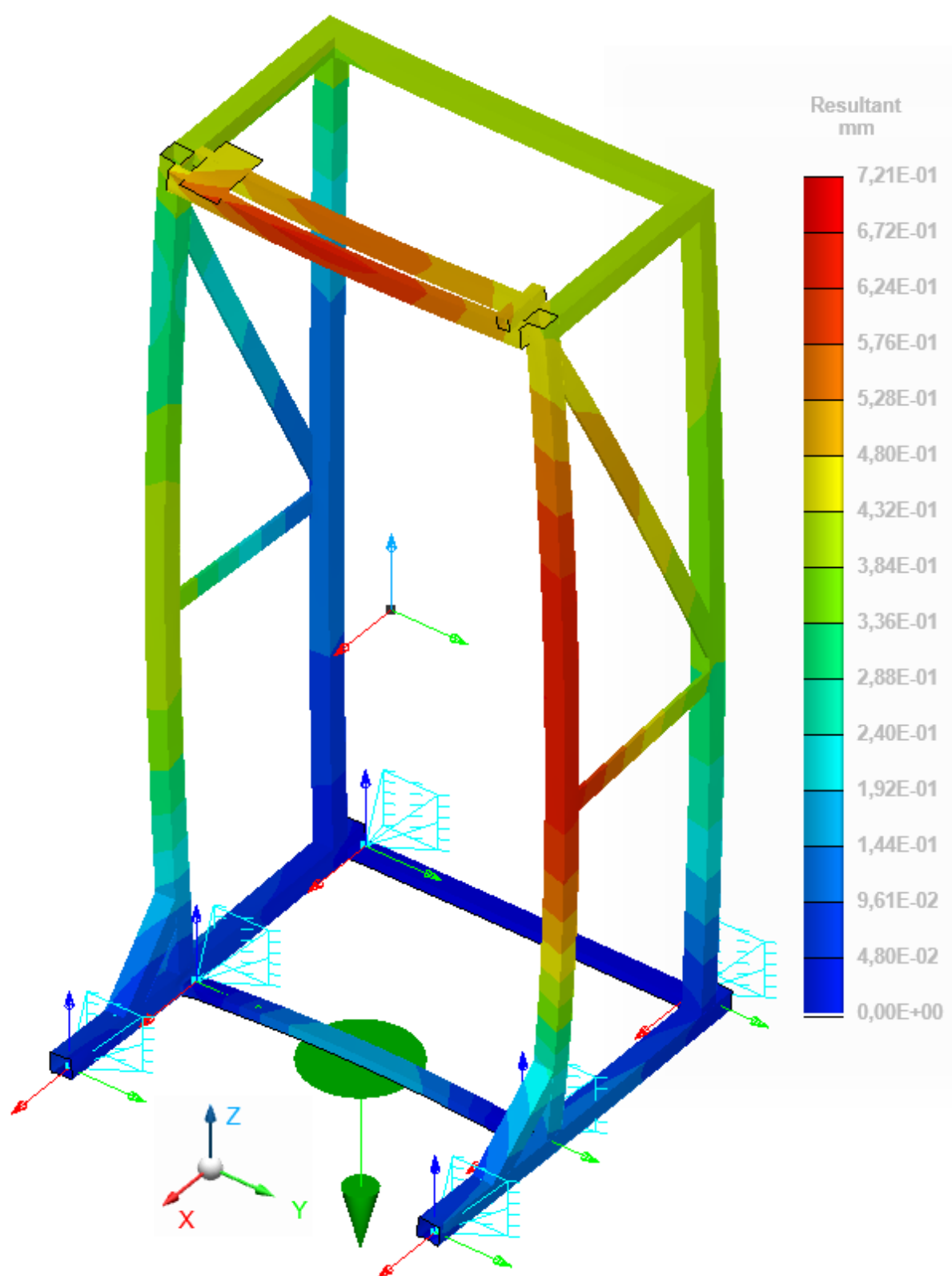
Obr. 52 Výsledky pevnostnej kontroly rámu - detail 4



Obr. 53 Výsledky pevnostnej kontroly rámu - detail 5

10.2.2 DEFORMÁCIA

Na obr. 54 je zobrazený model deformovaného hlavného rámu paletizátora, kde maximálna hodnota deformácie dosiahla hodnotu iba 0,721 mm. Táto hodnota deformácie v žiadnom prípade neovplyvňuje funkcionality zariadenia. V modeli deformovaného hlavného rámu je skutočná deformácia z dôvodu lepšej vizualizácie zobrazená v pomere 150:1.



Obr. 54 Deformácia hlavného rámu paletizátora, skutočná deformácia v pomere 150:1

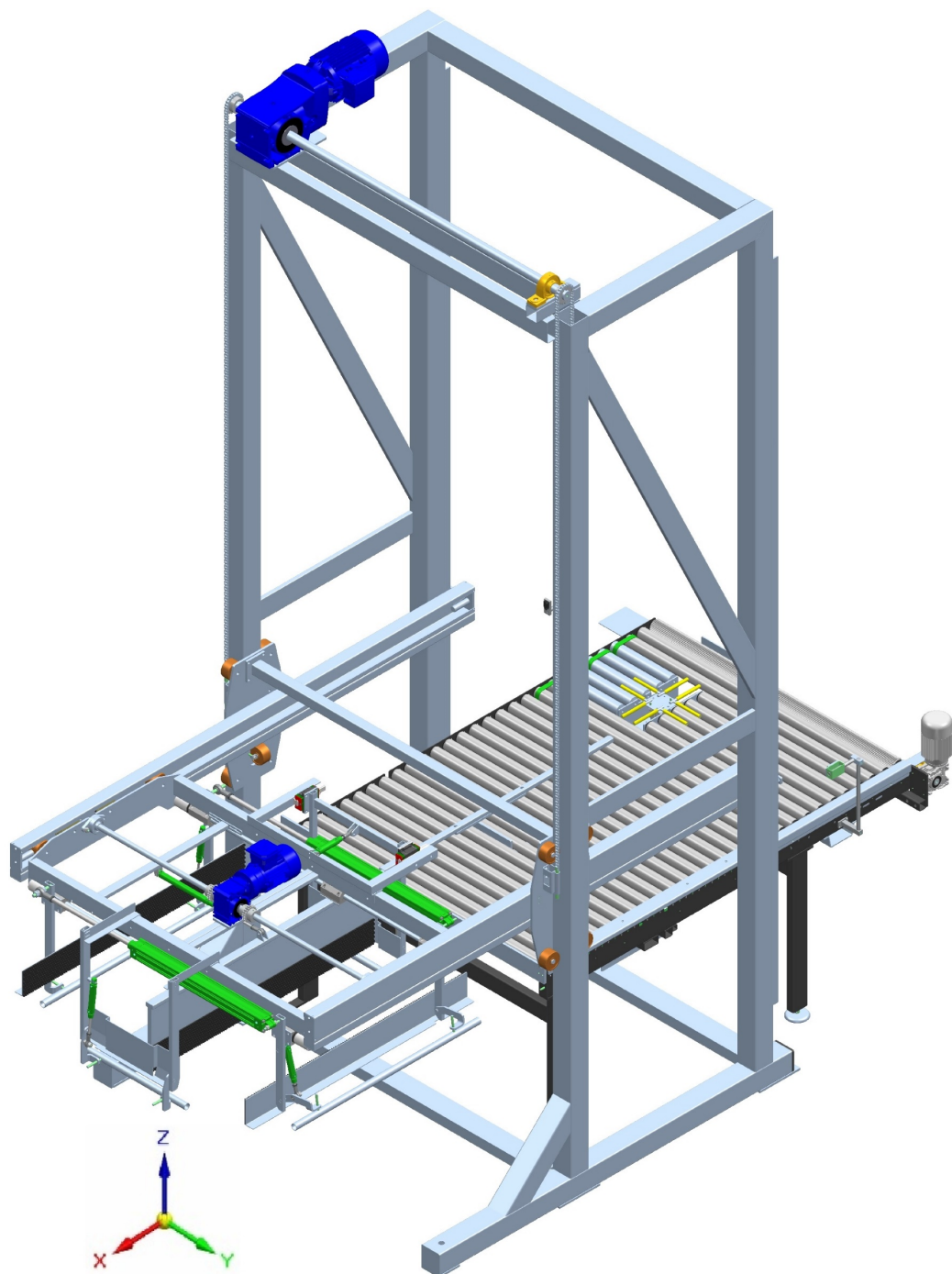
10.2.3 VÝPOČET BEZPEČNOSTI S OHĽADOM NA NÁVRHOVÉ DOVOLENÉ NAPÄTIE

Bezpečnosť k [-] s ohľadom na návrhové dovolené napätie vypočítame zo špičky napätia 168 MPa (obr. 50) a z vypočítaného návrhového dovoleného napätia R_D [MPa] spočítaného zo vzťahu 40.

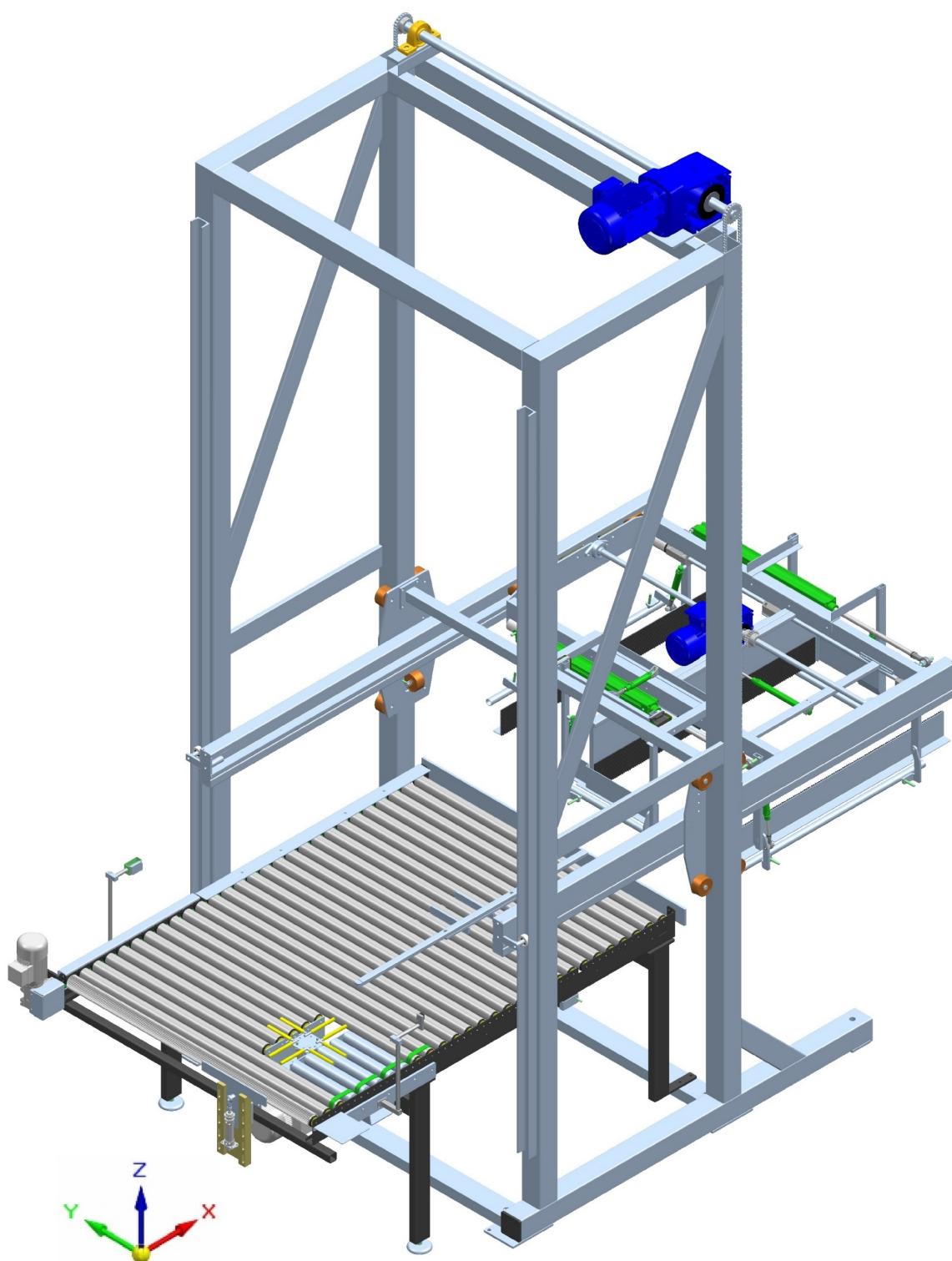
$$k = \frac{R_D}{168} = \frac{204}{168} = 1,21 \quad (42)$$

Z dôvodu uvažovanie rezervy pri maximálnom zaťažení a návrhového dovoleného napätia je považovaná vypočítaná bezpečnosť za vyhovujúcu.

11 POHĽADY NA MODEL NAVRHNUTÉHO PALETIZÁTORA



Obr. 55 Izometrický pohľad 1: Model návrhu paletizátora so vstupnou hnanou valčekomovou dráhou (základná konfigurácia paletizátora)



Obr. 56 Izometrický pohľad 2: Model návrhu paletizátora so vstupnou hnanou valčekomou dráhou (základná konfigurácia paletizátora)

ZÁVER

Úlohou diplomovej práce bolo vytvorenie konštrukčného návrhu stohovacieho paletizátora potravinárskych prepraviek, podľa zadaných parametrov v spolupráci s firmou Htech cz s.r.o., ktorá sa zaoberá projektovaním a výrobou liniek, či samostatných strojov na spracovanie zeleniny a ovocia.

Úvodnými kapitolami sa práca snaží oboznámiť čitateľa s obecnými informáciami o problematike paletizácie a o odborných termínoch používaných v paletizácii ako takej aj s pomocou platných noriem. Predstavuje typy paletizátorov a rovnako aj zariadenia od rôznych výrobcov.

Na základe rešeršného rozboru problematiky a obdobných zariadení boli vytvorené návrhy stavby a princípu funkcie paletizátora, ktoré boli potrebné k výberu optimálneho riešenia. Po spoločnom zhodnotení návrhov so zadávateľom diplomovej práce bol vybraný najefektívnejší návrh pre dané parametre zadania.

Podľa vybraného návrhu a vstupných parametrov bol vytvorený model paletizátora, potrebné výpočty a zvolené komponenty. Celý návrh bol vytvorený s požiadavkou využitia čo najnižšieho počtu nakupovaných dielov a s čo najvyšším počtom dielov vyrobených vo vlastnej rézii firmy Htech cz s.r.o.. Paletizátor je navrhnutý tak, aby bol použiteľný vo viacerých konfiguráciách. Základná konfigurácia paletizátora je v kombinácii s hnanou valčekovou dráhou na vstupe (voliteľná výška valčekovej dráhy od 0,4 do 1 m), na ktorú sú privádzané prepravky, či krabice, ktoré sú zároveň formované do požadovanej vrstvy. Základná konfigurácia paletizátora je zobrazená na obr. 55 a 56. Na výstupe je možné stohovať tovar na paletu, ktorá je položená na podlahu v presnej pozícii alebo na paletu položenú na hnanú valčekovú dráhu do výšky 1m. Výstupná valčeková dráha môže byť vybavená aj zásobníkom paliet pre zvýšenie efektivity. V prípade paletizácie na paletu položenú na podlahe je možné vytvoriť stoh s výškou až 3 m.

V poslednej časti sa práca venuje pevnostnej kontrole hlavného rámu paletizátora v stave najväčšieho zaťaženia. Pri tejto kontrole hodnota špičkového napätia nepresiahla hodnotu návrhové dovolené napätie, z čoho vyplýva, že rám maximálne zaťaženie vydrží. Navyše pre zjednodušenie modelu výpočtu boli väzby a zaťaženia umiestnené do bodov namiesto dier pre kotvy, takže skutočné napätie v špičkových oblastiach bude pôsobiť na väčšiu plochu a bude vo výsledku nižšie.

Výsledkom diplomovej práce je funkčný návrh stohovacieho paletizátora, ktorý spĺňa parametre zadania. Pred samotnou výrobou paletizátora je ešte potrebné doplniť senzory, držiaky senzorov a ostatné elektrikárske komponenty nevyhnutné k zapojeniu, oživeniu a naprogramovaniu paletizátora.

POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] SCHIERL, Otto, Karel MUNZAR, Zdeněk HRUŠÁK a Ivan FABIÁN. *Paletizace*. První. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966.
- [2] VLASÁK, Ondřej. *Paletové skladovací systémy* [online]. Brno, 2008 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=8907. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
- [3] VANĚČEK, Václav a Miloslav JANOVSKÝ. *Základy paletizace*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství a nakladatelství ROH, 1968.
- [4] ČSN 26 9004. *Manipulační jednotky: Názvosloví*. Praha: Český normalizační institut, 1984.
- [5] ČSN EN ISO 445. *Palety pro manipulaci s materiálem - Slovník*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [6] ČSN EN 13382. *Prosté palety pro manipulaci s materiálem: Základní rozměry*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [7] KUBÍČEK, Lukáš. *Stohovač palet* [online]. Brno, 2014 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=86624. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
- [8] DRAŽAN, František a Karel JEŘÁBEK. *Manipulace s materiálem*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1979.
- [9] DRAŽAN, František a Ladislav KUPKA. *Transportní zařízení*. První. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966.
- [10] *Eobaly*: Jak zabalit zboží na paletu [online]. [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <https://www.eobaly.cz/navody/jak-zabalit-zbozi-na-paletu>
- [11] M.A.S. Automation a.s.: *Paletizátory & Paletizace* [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.mas-as.cz/paletizatory-paletizace/>
- [12] PREMIER TECH: CHOOSING BETWEEN CONVENTIONAL AND ROBOTIC PALLETIZING [online]. 2021 [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.ptchronos.com/en-eur/blog/choosing-between-conventional-and-robotic-palletizing>
- [13] *Palletizers*: Palletizer Manufacturers List [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.palletizers.org/#read>

- [14] *M.A.S. Automation a.s.*: Robot versus paletizátor: který má navrch a kdy? Část I. [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.mas-as.cz/robot-versus-paletizator/>
- [15] *TEMEX, spol. s r. o.*: Paletizace a paletizátory [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.temex.cz/produktove-listy/paletizace-a-paletizatory/>
- [16] *Hortimat*: Plate palletizer [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://www.hortimat.com/en/assortment/vegetables/palletizer-machines/palletizers/24311-plate-palletizer>
- [17] *PREMIER TECH*: Low Level Palletizer [online]. [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://www.ptchronos.com/products/palletizer-machines/case-palletizer/low-level-palletizer>
- [18] *Verbruggen-palletizing*: Box Palletizer VPM-BL [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://verbruggen-palletizing.com/palletizer-machine/palletizer-vpm-bl/>
- [19] *Artima*: Low level paletizátor AP111 [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.atrima.cz/produkt/low-level-paletizator-ap-111/>
- [20] *Goldpack-packaging*: PALLETIZER PAL 1100X [online]. [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <http://goldpack-packaging.com/en/palletizer-type-1100/>
- [21] ČSN EN 10365. Za tepla válcované tyče tvaru U, I a H - Rozměry a hmotnosti. 2017.
- [22] *Válec dle norem DSBC-50- -PPVA-N3*: Technické údaje [online]. 2022 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.festo.com/cz/cs/a/download-document/datasheet/1463766>
- [23] *Válec dle norem DSNU-25- -P-A*: Technické údaje [online]. 2022 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.festo.com/cz/cs/a/download-document/datasheet/14327>
- [24] *CONTI SYNCHRODRIVE*: Ozubené řemeny v metráži [online]. In: . [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.tyma.cz/pdf/contitech-conti-synchrodrive.pdf>
- [25] *LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA*. Strojnické tabulky: Učebnice pro školy technického zaměření. Šesté vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [26] *Návrh paletizátoru pro manipulaci balenou zeleninou* [online]. Praha, 2021 [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/96208/F2-BP-2021-Kubale-Petr-BP_KUBALE.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní. Vedoucí práce Josef Kamenický.
- [27] *ConVERTER*: Valivé tření (valivý odpor) [online]. In: . [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/valive-treni.htm>
- [28] *Konfigurátor výrobků*. In: Nord - Poháněcí technika s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://shop.nord.com/CZ-cs/mynord/configurator#/configurator/551613c8->

7c76-44e2-9aa6-36f9fde4d1e8

- [29] *BOLEK*, Alfred a Josef KOCHMAN. Části strojů 1.svazek: Páté, přepracované vydání. Páté vydání. Praha: SNTL - nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN ISBN 80-03-00046-7.
- [30] *Hodnoty mezi* pevnosti, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel [online]. 2013 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hodnoty-mezipevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>
- [31] *KYSELA*, František, Zdeněk KLEPŠ, Otakar KOVÁŘ a Matúš RAJČOK. Strojní prvky a systémy. První. Praha: SNTL - nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN ISBN 80-03-00058-0.
- [32] *DVOŘÁK*, Rudolf. Stroje: Pro 3. ročník středních průmyslových škol strojnických. Praha: SNTL - nakladatelství technické literatury, 1968.
- [33] *HOLCAPFL*, Zdeněk. Paletová zdviž s válečkovým dopravníkem [online]. Brno, 2011 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=40356. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Miroslav Škopán.
- [34] *BARTEL*, Jindřich. Návrh zdvižného pozičního stolu [online]. Brno, 2013 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65751. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.
- [35] ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [36] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [37] ČSN 41 1373. Ocel 11 373. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [38] *VRANÝ*, Tomáš a František WALD. Ocelové konstrukce: Tabulky. První vydání. Praha: ČVUT, 2009. ISBN ISBN 978-80-01-03140-7.
- [39] *PALETA TOP* [online]. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://paletatop.sk/wp-content/uploads/2019/03/epal.png>
- [40] *DAG agency* s.r.o. [online]. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <http://www.dusaag.cz/kovove-ohradove-palety/>
- [41] *Mevatec*: Ohradová paleta - Evropská čtyřcestná [online]. [cit. 2022-01-15]. Dostupné z:

- <https://www.mevatec.cz/Ohradova-paleta-Evropska-ctyrcestna-d2397.htm>
- [42] *Emporo*: Sloupková paleta se záchytnou vanou [online]. [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <https://www.emporo.cz/v/1356166>
- [43] *Alusak*: BALENÍ A EXPEDICE [online]. [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <https://www.alusak.cz/vyroba/>
- [44] *Sealing System A/S*: IP-4 Greenline palletizer [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://sealing-system.dk/en/packaging-lines/palletizing/palletizer>
- [45] *Yanmaogroup.en.made-in-china*: High Speed and Full Automatic High Level Palletizer/Palletizing with Stacking Machine for Packing and Packaging Line for Bag [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://yanmaogroup.en.made-in-china.com/product/EsfxZUpTajkc/China-High-Speed-and-Full-Automatic-High-Level-Palletizer-Palletizing-with-Stacking-Machine-for-Packing-and-Packaging-Line-for-Bag.html>
- [46] *PREMIER TECH*: Robotic bag palletizer [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.ptchronos.com/en-lat/products/palletizing-robots/robotic-bag-palletizers/robotic-palletizer>
- [47] *Blackstar Handling Systems*: PALLETISER 1100-X [online]. [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://blackstarhandlingsystems.com/palletising-systems/palletiser-1100-x/>
- [48] *TAGI*: Tandemové uzavřené provedení [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://www.matis.cz/data/pdf/linearni_technika_kulickova_pouzdra_tyce/36.pdf
- [49] *Vozík HGW*: Přírubový vozík pro montáž shora i zespodu. In: HIWIN s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/18_vozik-hgw
- [50] *Kolejnice HGR typu R*: Kolejnice s průchozími montážními otvory pro montáž shora. In: HIWIN s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/20_kolejnice-hgr-typu-r
- [51] *Ozubený řemen PU metráž: profil HTD*. In: Haberkorn s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/ozubeny-remen-pu-metraz-ozubeny-remen-pu-metraz-1-100.html>
- [52] *Ozubená řemenice HTD 8M (rozteč 8,0 mm): pro řemen šířky 20 mm*. In: Haberkorn s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/ozubena-remenice-htd-8m-roztec-8-0-mm-ozubena-remenice-htd-8m-roztec-8-0-mm-1-44.html>
- [53] *R 80x40-20*. In: Navrátil, spol. s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://www.navratilsro.cz/r-80x40-20_i4134

- [54] *Řetězová spojka*: standardní. In: Haberkorn s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/retezova-spojka-retezova-spojka-1-7.html>
- [55] *Válečkový řetěz* standardní 1-řadý DIN 8187: standardní válečkový řetěz. In: Haberkorn s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/valeckovy-retez-standardni-1-rady-din-8187-valeckovy-retez-standardni-1-rady-din-8187-1-4.html>
- [56] *Řetězové kolo* s nábojem 1/2" x 5/16": (08 B-1 -2 -3). In: Haberkorn s.r.o. [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/retezove-kolo-s-nabojem-1-2-x-5-16-retezove-kolo-s-nabojem-1-2-x-5-16-1-113.html>

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

a_p	[m·s ⁻²]	Zrýchlenie pojazdu manipulátora
b_1	[mm]	Šírka pera
b_2	[mm]	Šírka pera
c_r	[-]	Počet článkov reťaze
c_0	[-]	Prevádzkový koeficient pre rovnomerné zaťaženie
C	[-]	Prevádzkový súčiniteľ
D_{H1}	[mm]	Priemer hnacieho hriadeľa remenice
D_{H1min}	[mm]	Minimálny priemer hnacieho hriadeľa remenice
D_{H2}	[mm]	Priemer hnacieho hriadeľa ozubeného kolesa
D_{H2min}	[mm]	Minimálny priemer hnacieho hriadeľa reťazového kolesa
d_p	[mm]	Výpočtový priemer remenice
D_p	[mm]	Výpočtový priemer reťazového kolesa
d_k	[mm]	Minimálny priemer odkláňacej kladky
d_w	[mm]	Priemer roztečnej kružnice remenice
F_a	[N]	Jazdný odpor od zrýchlenia
F_C	[N]	Minimálna sila zdvihu
F_H	[N]	Hnacia sila
F_{MAX}	[N]	Maximálna zaťažujúca sila
F_O	[N]	Súčet odporových síl
F_T	[N]	Statická sila napnutia remeňa
F_{Tmax}	[N]	Maximálne napnutie remeňa
F_u	[N]	Prenášaná obvodová sila
F_V	[N]	Odpor od valenia
F_{zul}	[N]	Prípustné zaťaženie od ťažného vlákna
g	[m·s ⁻²]	Gravitačné zrýchlenie
h	[mm]	Výška pera
l_1	[mm]	Funkčná dĺžka zaobleného pera
l_2	[mm]	Funkčná dĺžka zaobleného pera
l_r	[mm]	Celková dĺžka reťaze
l_{r1}	[mm]	Dĺžka reťaze na strane uchytenia vozíka
l_{r2}	[mm]	Dĺžka reťaze na strane uchytenia protizávažia
$l_{r2-teor}$	[mm]	Teoretická dĺžka reťaze na strane uchytenia protizávažia

l_{s1}	[mm]	Funkčná dĺžka pera
l_{s2}	[mm]	Funkčná dĺžka pera
n_1	[min ⁻¹]	Potrebné otáčky na výstupe prevodovky
n_2	[min ⁻¹]	Potrebné otáčky na výstupe prevodovky
m_b	[kg]	Hmotnosť bremena (maximálna hmotnosť vrstvy)
M_H	[Nm]	Zrýchlenie pojazdu manipulátora
M_K	[Nm]	Prenášaný krútiaci moment
M_{K1}	[Nm]	Prenášaný krútiaci moment perom remenice
M_{K2}	[Nm]	Prenášaný krútiaci moment perom ozubeného kolesa
m_m	[kg]	Hmotnosť manipulátora
m_{MAX}	[kg]	Hmotnosť maximálneho zaťaženia rámu
m_{r1}	[kg]	Hmotnosť zdvíhanej časti reťaze
m_{r2}	[kg]	Hmotnosť časti reťaze na strane protizávažia
m_v	[kg]	Hmotnosť vozíka
M_v	[Nm]	Návrhový krútiaci moment hriadeľovej spojky
m_Z	[kg]	Hmotnosť jedného protizávažia
m_{Zcelk}	[kg]	Celková hmotnosť protizávaží
r	[mm]	Polomer rolny
R_D	[MPa]	Návrhové dovolené napätie
R_k	[MPa]	Charakteristická medza klzu materiálu S235JR pre plechy a duté profily
p	[N·mm ⁻²]	Tlak na pero
p_1	[N·mm ⁻²]	Tlak na pero remenice
p_2	[N·mm ⁻²]	Tlak na pero ozubeného kolesa
P_1	[W]	Potrebný výkon pohonu remeňového prevodu
P_2	[W]	Potrebný výkon pohonu reťazového prevodu
p_D	[N·mm ⁻²]	Dovolený tlak u neposuvného náboja z oceli
p_r	[-]	Rozteč článku reťaze
s_b	[mm]	Dráha zrýchlenia posuvu manipulátora v ose X
s_P	[mm]	Dráha pojazdu manipulátora v ose X
s_Z	[mm]	Maximálna výška zdvihu
t_P	[s]	Približný čas presunu manipulátora pri pojazde v ose X
t_Z	[s]	Približný čas zdvihu vozíka
v	[m·s ⁻¹]	Rýchlosť

v_P	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	Rýchlosť pojazdu manipulátora
v_Z	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	Rýchlosť zdvihu vozíka
z	$[-]$	Počet zubov
γ_M	$[-]$	Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu
μ	$[-]$	Koeficient trenia
τ_1	$[\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}]$	Šmykové napätie pôsobiace na pero remenice
τ_2	$[\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}]$	Šmykové napätie pôsobiace na pero ozubeného kola
τ_D	$[\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}]$	Dovolené šmykové napätie pre materiál pera 11 600
ω	$[\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}]$	Uhlová rýchlosť
ω_2	$[\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}]$	Uhlová rýchlosť
ζ	$[\text{m}]$	Rameno valivého odporu
η_P	$[-]$	Účinnosť prevodovky
η_r	$[-]$	Účinnosť remeňového prevodu
η_p	$[-]$	Účinnosť reťazového prevodu

Zoznam príloh

B65.OD07687.O	Výrobný výkres – Ozubená remenica
B65.OD07694.O	Výrobný výkres – Hnací hriadel' remenice 1
B65.OD07695.O	Výrobný výkres – Hnací hriadel' remenice 2
B65.OD07699.O	Výrobný výkres – Hnací hriadel' reťazového prevodu
B65.OD07704.O	Výrobný výkres – Ozubené koleso
C4.00-08-003.O	Výkres zostavy – Vozík paletizátora
C4.00-08-006.O	Výkres zostavy – Manipulátor paletizátora
C4.11-00-669.O	Výkres zvarenia – Zvarenie hlavného rámu paletizátora
PAL_01.O	Výkres zostavy – Paletizátor PAL_01.O