

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Diagnostika a servis silničních vozidel

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technický návrh manipulátoru pro víceoperační pracoviště

Autor: **Michal CHAMULA**

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

Akademický rok 2013/2014

Zadání

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této práce. Práci jsem prováděl pod vedením p. Michaela Huberta a Doc. Josefa Formánka.

V Plzni dne 25.května 2014

.....

Michal Chamula

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat celému vedení firmy, Reis Robotics ČR - Strojírenství spol. s.r.o., za podporu a poskytnuté informace pro vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Doc. Josefu Formánkovi, především za ochotu, cenné rady a odbornou pomoc.

Anotační list bakalářské práce

AUTOR	Příjmení Chamula	Jméno Michal	
STUDIJNÍ OBOR	2341R001 – Diagnostika a servis silničních vozidel		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Technický návrh manipulátoru pro víceoperační pracoviště		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	61	TEXTOVÁ ČÁST	59	GRAFICKÁ ČÁST	2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Tato bakalářská práce se zabývá návrhem manipulačního zařízení, které bude používáno ve strojírenském podniku k přesouvání výrobních dílů mezi jednotlivými pracovišti. Konkrétně se zabývá návrhem co nejpříjemnějšího řešení materiálového toku a dále vlastnostmi jednotlivých technických řešení dopravníku.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	dopravník, výrobní materiál, pracoviště, závěs, dráha

Summary of bachelor sheet

AUTHOR	Surname Chamula	Name Michal	
FIELD OF STUDY	2341R001 – Diagnostics and servicing of road vehicles		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST – KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	The technical proposal of manipulator for multiple operating department		

FACULTY	Mechanical engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 a equivalent A4)

TOTALLY	61	TEXT PART	59	GRAPHICAL PART	2
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor sheet describes the design of handling equipment that will be used in mechanical manufacturing company to move parts between individual workplaces. Specifically, it describes the design, better material flow and technical solution of conveyor.
KEY WORDS	conveyor, material, workplace, hinge, track

Obsah

1 Úvod	9
1.1 Cíl práce.....	9
2 Doprava a manipulace s materiálem.....	10
2.1 Historie dopravníků.....	10
2.2 Jednotlivá členění v oblasti dopravy a manipulace s materiálem	11
2.2.1 Manipulační prostředky a zařízení.....	11
2.2.2 Rozdělení dopravních a manipulačních zařízení	11
2.2.3 Členění manipulace s materiálem.....	13
2.2.4 Stav materiálu pro přemísťování	13
2.2.5 Manipulační a přepravní jednotky	13
2.3 Dopravníky	14
2.3.1 Členění dopravníků	14
2.3.2 Mechanické dopravníky	14
2.3.3 Druhy mechanických dopravníků.....	15
2.3.4 Hydraulické dopravníky.....	19
2.3.5 Pneumatické dopravníky.....	20
3. Rozbor manipulace v podniku Reis Robotics	21
3.1 Popis současného stavu manipulace	21
3.2 Řešené víceoperační pracoviště.....	21
3.2.1 Odmašťovací box.....	23
3.2.1.1 Popis pracoviště	23
3.2.1.2 Základní technické údaje.....	23
3.2.2 Sušící box.....	24
3.2.2.1 Popis pracoviště	24
3.2.2.2 Základní technické údaje.....	24
3.2.3 Lakovací box	25
3.2.3.1 Popis pracoviště	25
3.2.3.2 Základní technické údaje.....	25
3.3 Problematika současného řešení	26
4 Návrh technického řešení.....	26
4.1 Specifikace požadavků	27
4.2 Klasifikace přepravovaných materiálů	28
4.3 Vybraný typ dopravníku	29
4.3.1 Podvěsný dopravník	29
4.3.2 Konstrukční možnosti.....	31
4.3.2.1 Dráha (kolej).....	31
4.3.2.2 Závěs.....	32
4.3.2.3 Konstrukční profily	32
4.3.2.4 Pohon	33
4.3.2.5 Vázací a uchopovací prostředky.....	34
4.4 Analýza technologického postupu	35

4.4.1 Měrná jednotka	35
4.4.2 Lakované díly	37
4.5 Potřebné technické a dispoziční úpravy	38
4.6 Bezpečnost práce	39
5 Konstrukční řešení	40
5.1 Popis konstrukce	40
5.2 Zatížení konstrukce	41
5.2.1 Stálé	41
5.2.2 Nahodilé užité	41
5.2.3 Nahodilé klimatické	41
5.3 Nosná konstrukce	42
5.3.1 Optimalizace nosného průřezu	42
5.3.2 Simulace	46
5.4 Kočka	48
5.4.1 Popis konstrukce	48
5.4.2 Zatížení	48
5.4.2.1 Stálé	48
5.4.2.2 Nahodilé užité	49
5.4.3 Pevnostní analýza	49
5.5 Povrchová úprava konstrukce	50
5.6 Upevnění konstrukce	50
5.7 Výkaz materiálu	50
5.8 Ekonomické zhodnocení	51
6 Závěr	52
6.1 Seznam použitých zdrojů	53
6.2 Seznam použitých obrázků	54
6.3 Seznam použitých tabulek	55
6.4 Seznam použitého software	55
6.5 Seznam použitých značek a symbolů	55
PŘÍLOHA č. 1	57
PŘÍLOHA č. 2	58
PŘÍLOHA č. 3	59

1 Úvod

Na základě požadavků zadavatele práce, firmy Reis Robotics ČR - Strojírenství spol. s.r.o., bude zpracována bakalářská práce týkající se zlepšení stávajícího řešení manipulace s výrobními díly v prostorách víceoperačního pracoviště - provozu lakovny.

1.1 Cíl práce

Cílem této práce je navrhnout co nejvýhodnější řešení dopravníku (manipulátoru) pro manipulaci s výrobními díly mezi třemi pracovišti výrobního procesu. Navrhovaný dopravník musí splňovat několik podmínek daných zadavatelem práce tzn. charakteristikou výrobních (kovových) dílů a prostředím provozu. Bude zpracováno řešení s určením všech kladů a záporů. Součástí práce bude analýza výrobních dílů a potřebná CAD dokumentace.

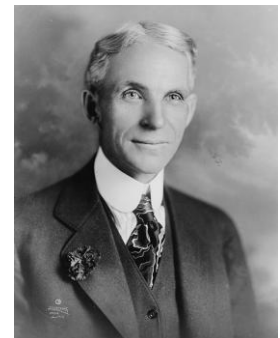
2 Doprava a manipulace s materiálem

Manipulace s materiálem tvoří souhrn operací skládajících se převážně z dopravy (nakládky, přepravy a vykládky) materiálů, polotovarů, výrobků či odpadů. Dále sem můžeme zařadit dávkování, třídění, počítání kvantity, vážení a skladování materiálu. Manipulace je základní podmínka pohybu hmot od místa vzniku (výroby) přes jeho úpravy až po místo spotřeby. Každá operace s materiálem vyžaduje vkládání značného množství energie a její spotřebu. Manipulace s materiálem tvoří neoddelitelnou část každého výrobního procesu. Dnešní doprava a manipulace s materiálem využívá stále dokonalejší techniky, která nahrazuje jednotvárnou lidskou (zejména ruční) práci a veškerou činnost velmi podstatně urychluje.

Materiál - souhrnný název pro suroviny, základní a pomocný materiál, díly, nedokončené nebo hotové výrobky, obaly či odpad.

2.1 Historie dopravníků

První použití dopravníků na světě se datuje na pokraji 19. století. V roce 1901 byla ve Švédské továrně Sandvik vyrobena ocel pro vůbec první dopravní pásy dopravníku. Jednalo se ovšem o velmi primitivní stroje. Pásové dopravníky významně využil až Henry Ford ve svých automobilových závodech při sériové výrobě automobilů. Od této doby se vývoj a celková koncepce jednotlivých druhů dopravníků výrazně změnila.



Obrázek 1 Henry Ford [9]

Významná éra vzniku dopravníkových linek a automatizace výrob u nás byla v době tehdejšího Československa. Dopravníky byly značně využívány např. v automobilovém a hutním průmyslu.



Obrázek 2 Dopravník v automobilovém průmyslu [10]

2.2 Jednotlivá členění v oblasti dopravy a manipulace s materiálem

2.2.1 Manipulační prostředky a zařízení

K manipulaci s materiálem jsou využívány prostředky a zařízení které jsou součástí normy ČSN260002:

- Zdvihací zařízení (jeřáby, výtahy..)
- Dopravní zařízení (dopravníky, lanovky..)
- Mezioperační dopravníky (roboty, manipulátory)
- Skladovací zařízení (zařízení pro ložné operace a skladování kusového mat.)
- Zařízení pro úpravu materiálu (váhy, plnicí a balící stroje)
- Dopravní prostředky (vozíky, přívěsy, návěsy, automobily, kolejová vozidla, lodě a letadla)

2.2.2 Rozdělení dopravních a manipulačních zařízení

Základní členění těchto zařízení je možné z několika hledisek:

- a) z hlediska dráhy, po které se pohybuje přemísťovaný materiál

S pohybem po volné dráze (nezdvihová zařízení)

- jeřáby s bezkolejovým pojezdem
- nakladače, vykladače, vysokozdvížné vozy

S pohybem materiálu po vázané dráze (vedená zařízení)

- kolejové/mostové jeřáby
- dopravní tratě a manipulátory

S pohybem nezávislým na dráze

- řízení skladů
- zařízení pro úpravu materiálu

b) podle úklonu dráhy (např. pro podniky podléhající Státní báňské správě)

- doprava vodorovná
- doprava úklonná
- doprava svislá

c) podle silového působení na dopravovaný materiál

- gravitační (vlastní tíhou)
- s mechanickým přenosem sil
- doprava v pomocném médiu (hydraulická/ pneumatická)

d) podle manipulovaného materiálu

- s kusovým materiálem
- se sypkými hmotami
- kombinovaná
- s osobami

e) podle funkce a konstrukce

Zdvihací zařízení

- pro zdvihání do malých výšek, ale za působení velké síly (zvedáky, hevery)
- pro zdvihání břemen do velkých výšek (kladkostroje, jeřáby, výtahy)
- vrtulníky

Zařízení plynulé dopravy

- dopravníky (s tažným nebo bez tažného prvku)
- doprava v potrubí (hydraulická, pneumatická)
- lanové dráhy
- gravitační

Prostředky přerušované dopravy

- kolejová doprava (vlaky, důlní vozíky atd.)
- automobilová doprava (s pevnou/výklopnou korbou, vlečné vozy, přívěsy, tahače, návěsy)

2.2.3 Členění manipulace s materiálem

Z hlediska podniku rozlišujeme:

- vnější (mimopodniková/ mezipodniková)
- vnitřní (vnitroobjektová/ meziobjektová)

2.2.4 Stav materiálu pro přemísťování

- volně ložený
- v jednotlivých kusech nebo v obalech
- v manipulačních a přepravních jednotkách

Při hromadné manipulaci se dnes užívá nejvíce prvního nebo třetího způsobu, kde je nejlépe možno využívat k veškeré manipulaci technická zařízení a zůstává minimum manuální činnosti.

2.2.5 Manipulační a přepravní jednotky

Manipulační jednotka je jakýkoliv materiál (balený, nebalený, ložený na přepravním prostředku nebo bez něj, se kterým se manipuluje jako s jediným kusem. Přepravní jednotka tvoří jednotku (materiál) způsobilou bez dalších úprav k přepravě. [5]

Tabulka 1: Řády manipulačních jednotek [5]

Řád	Určení	Hmotnost	Manipulační jednotky	Prostředky manipulace
1.	Ruční manipulace	do 15kg	bedny, gitterboxy, pytle	ruční, dopravníky
2.	Mechanizovaná manipulace	250 – 1000kg	palety, přepravky, přepravníky	Nízko/vysokozdvíhací vozíky, regálové zakládače, dopravníky
3.	Dálková vnější přeprava, včetně kombinované (železniční, silniční, vodní, letecká)	1-30t	Velké kontejnery řady ISO (D – A), letecké kontejnery	Jeřáby, speciální vysokozdvíhací vozy, boční překládače.

2.3 Dopravníky

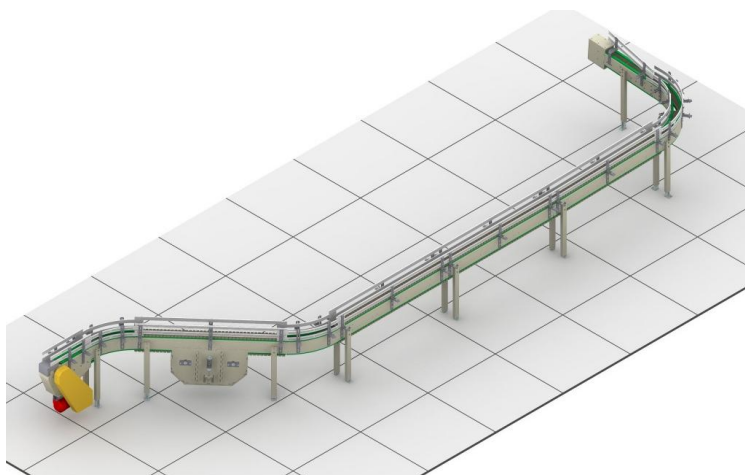
Dopravník je zařízení sloužící k hromadnému přemísťování různorodých břemen mezi požadovanými místy či prostory. Oproti manipulaci pomocí jeřábu, vysokozdvizného vozíku či povozu dosahuje tento druh přepravy nesporně kratších přepravních časů což jistě vede ke snížení vlastních nákladů. Dále předchází práci v těžkých pracovních podmínkách a podstatně snižuje selhání lidského faktoru během manipulace.

2.3.1 Členění dopravníků

- mechanické
- hydraulické
- pneumatické

2.3.2 Mechanické dopravníky

Mechanické dopravníky jsou základní prostředky pro kontinuální přepravu materiálů. Pracují buďto samostatně nebo jsou součástí jiných strojů či linek. Volba druhu a provedení dopravníku je závislá na mnoha faktorech např. dopravovaný materiál, požadovaná výkonnost, dopravní vzdálenost či prostředí. Rozdělení mechanických dopravníků lze provést podle různých kritérií, např. podle provedení jejich hlavních částí.



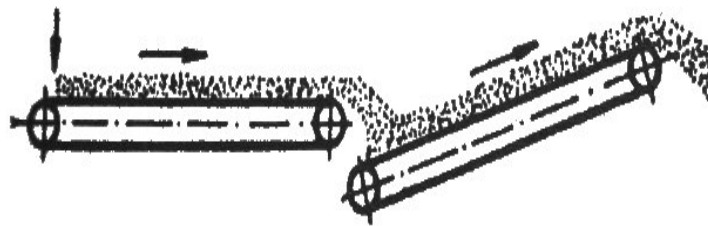
Obrázek 3: Mechanický pásový dopravník [11]

2.3.3 Druhy mechanických dopravníků

Pásový

Jedná se o dopravník, u něhož je základní element unášený “nekonečný” pryžový pás, vedený přes poháněcí a napínací bubny. Při větší dopravní vzdálenosti se několik dopravníků složí v linku, kdy se jednotlivé pásy navzájem překládají popř. na sebe navazují.

- **použití** – doprava sypkých materiálů a drobných kusových předmětů



Obrázek 4: Pásový dopravník [12]

Článekový

Tento druh dopravníku je ve velké míře podobný pásovému. Pohyb materiálu zajišťují pospojované nejčastěji kovové články. Článekový pás je poháněn hnacím ozubeným kolem, podpírán napínacími/podpíracími bubny a tvoří stejně jako pásový dopravník uzavřený okruh.

- **použití** – doprava těžších břemen při menší rychlosti než u dopravníků pásových, doprava kusových předmětů s vyšší hmotností (hrubé, ostrohranné, horké)

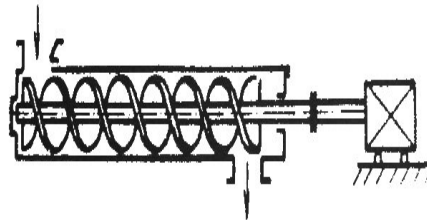


Obrázek 5: Článekový dopravník [12]

Šnekový

Jedná se o dopravník jednoduché konstrukce, bez tažného elementu. Materiál se v ocelovém žlabu posouvá otáčením šneku poháněného elektromotorem. Využívá se pro přepravu materiálu, který není možno tímto procesem poškodit. Šnekové dopravníky plní často i technologické funkce.

- **použití** – k dopravě sypkých zrnitých materiálů (vodorovně nebo do malých výšek), často k jejich promíchání, dále k mísení, hnětení nebo prohřívání materiálů.

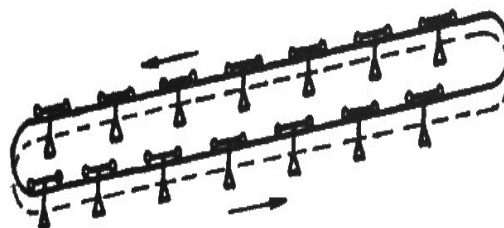


Obrázek 6: Šnekový dopravník [12]

Podvěsný/závěsový

Dopravník tvoří okruh dopravníkové dráhy (koleje), po které jsou provozovány vozíky/závěsy. Nosná konstrukce dráhy dopravníku může být visutá či zavěšená. Závěsy jsou poháněny tažným elementem, nejčastěji pomocí ocelového lana nebo řetězu, poháněným na jednom či více místech. Náklad je obvykle ukládán kusově na každý ze závěsů.

- **použití** – při hromadné nebo plynulé dopravě, např. při montážích nebo postupu materiálu technologickým procesem.



Obrázek 7: Závěsový dopravník [12]

Hřeblový

Jedná se o žlabový dopravník pro dopravu hrubších sypkých hmot či materiálů, které se nedají poškodit. V kovovém korytu je veden řetěz hřebel s příčně uloženými díly, které shrabují a postupně unášejí materiál.

- **použití** – k dopravě sypkých hrubých materiálů (kamení, uhlí, struska, odřezky, špony atd.)

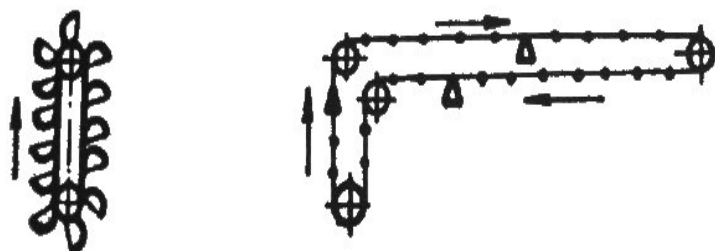


Obrázek 8: Hřeblový dopravník [12]

Korečkový

Korečkový dopravník tvoří uzavřený okruh a skládá se z tažného prostředku a jednotlivých korečků. Korečky jsou nádoby vhodného tvaru, upevněné na tažném elementu, určené pro dopravu sypkých hmot. Podle způsobu vyprazdňování korečků dělíme tento typ dopravníků na gravitační a odstředivé.

- **použití** – k dopravě sypkých materiálů do větších výšek, materiál se do korečků nahrnuje nebo do nich padá. Můžou se s nimi dopravovat i látky kapalného charakteru.

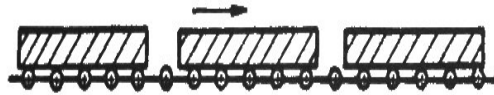


Obrázek 9: Korečkový dopravník [12]

Válečkový

Dopravník je tvořen nehybnou tratí, kde jsou jednotlivě (na sobě nezávisle) uloženy válečky, na které je možno položit materiál a pohybovat jím. Z hlediska pohonu se dělí na ruční, spádový či poháněný motorem. Jedná se o jednoduché a technicky nenáročné dopravní zařízení. Tímto způsobem se dopravuje, především kusový, materiál (od polotovarů až po balené výrobky).

- **použití** – doprava především kusového materiálu: polotovary, odlitky, výkovky, materiál či výrobky uložené v přepravních boxech

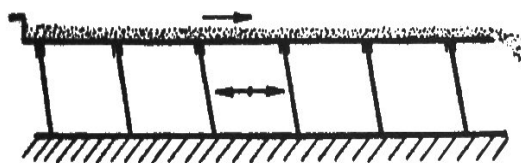


Obrázek 10: Válečkový dopravník [12]

Vibrační

Vibrační dopravníky využívají k pohybu setrvačné síly působící na dopravovaný materiál, vyvolané vibračním zařízením. Dopravník je tvořen žlabem, který je pružně uložen ke konstrukci a kmitavými pohyby přesune požadovaný materiál.

- **použití** – k přesouvání nejčastěji sypkých hmot, dále např. jako dávkovací zařízení v potravinářském průmyslu

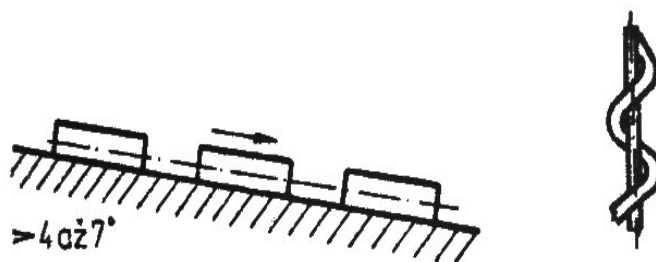


Obrázek 11: Vibrační dopravník [12]

Skluzy

Skluzy jsou dopravníky, které nemají pohon a k pohybu materiálu využívají jeho vlastní (potenciální energii). Skluz si můžeme představit jako spádový žlab s hladkou plochou dna, která zajišťuje bezpečný transport vlivem klouzání materiálu.

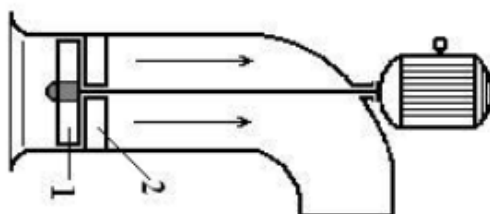
- **použití** – pro nenáročné přesouvání polotovarů, výrobků, přepravních boxů či různých materiálů a hmot



Obrázek 12: Skluzový dopravník [12]

2.3.4 Hydraulické dopravníky

Doprava kapalin tvoří nedílnou součást manipulace s materiálem. Dopravuje se materiál kapalného skupenství jako např. voda, pohonné hmoty, technologické kapaliny, mléko či odpadní látky. Transportní systém tvoří potrubí ve kterém je pomocí čerpadel či samospádu vedena požadovaná kapalina. Tento druh dopravníků ovšem není předmětem této práce, a tak se jím už nebudeme dále zabývat.



Obrázek 13: Hydraulický dopravník [17]

2.3.5 Pneumatické dopravníky

Vzduch jako pomocné přepravní médium využívá celá řada zařízení. U tohoto druhu přepravy bývá často využíván princip vznášedel. Jejich výhodou bývá relativní konstrukční jednoduchost a možnost hygienického provozování. Nevýhodou pak vysoká energetická náročnost daná spotřebou přepravního média. Tento druh dopravníků ovšem není předmětem této práce, a tak se jím už nebudeme dále zabývat.



Obrázek 14: Pneumatický dopravník [13]

3. Rozbor manipulace v podniku Reis Robotics

3.1 Popis současného stavu manipulace

V současné době je manipulace s výrobními díly řešena pomocí jednotlivých pojízdných věšáků, kdy je výrobek pomocí háku zavěšen na jeho nosnou konstrukci. Věšáky, dále jen vozíky, mají rozměr 3x3x1,5m (výška,šířka,hloubka) a jsou vybaveny čtyřmi otočnými kolečky průměru 150mm. Manipulaci s nimi provádí obsluhující pracovník a je tedy relativně snadná. S vozíky se vjíždí na jednotlivá pracoviště, kde zároveň slouží jako stojany pro práci na výrobních dílcích.

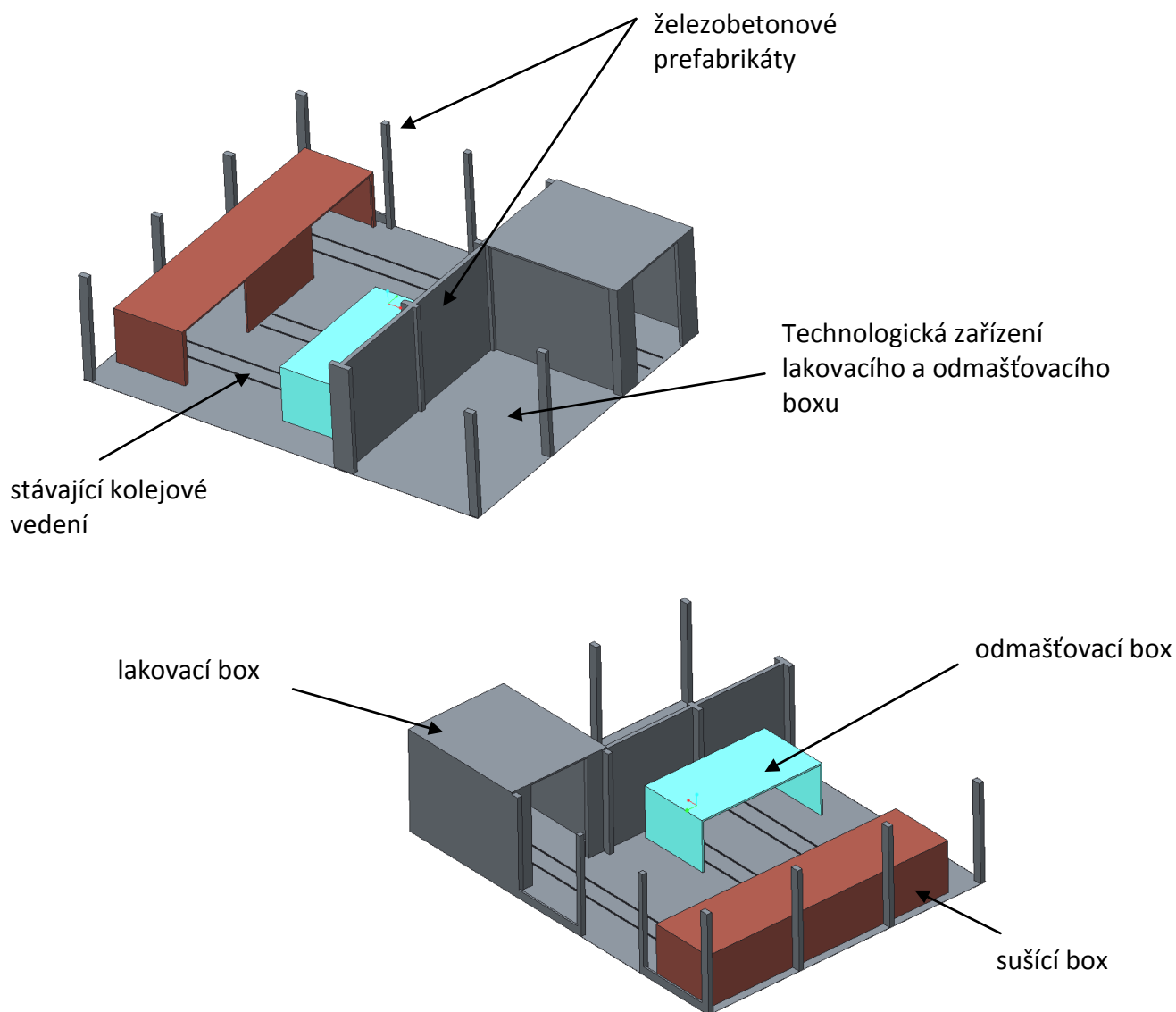
Mezi nevýhody tohoto řešení patří nižší bezpečnost samotné manipulace vlivem nedostatečné stability vozíku, kdy může dojít k jeho překlopení i s převáženým dílcem. Dále pak vyšší mezioperační časy u všech technologických operací a celková nižší kvalita řešení.



Obrázek 15: Pojízdný věšák [14]

3.2 Řešené víceoperační pracoviště

Pracoviště se nachází v jedné ze sedmi hal výrobního podniku. Rozměr jedné výrobní haly je 60x15m a řešený prostor zabírá zhruba její polovinu. Pracoviště se zabývá povrchovou úpravou kovových dílců – lakováním. S tímto procesem jsou spjaty další technologické operace a to příprava, odmašťování a sušení povrchu výrobku. Celý prostor provozu lakovny se skládá ze čtyř pracovišť a to přípravný a tří tzv. boxů (odmašťovací, sušící a lakovací). Tyto boxy jsou konstruovány jako pevné, tzn. nedají se vůči svému stávajícímu stanovišti přemísťovat. Mezi pracovišti jsou v podlaze zabudovány koleje, pomocí kterých se řeší méně časté přesouvání dílů s vysokou hmotností.



Obrázek 16: Situace popisovaného pracoviště [20]

3.2.1 Odmašťovací box

3.2.1.1 Popis pracoviště

Odmašťovna slouží k přípravě povrchu kovových dílců před nanášením nátěrových hmot. Pracoviště tvoří odsávaná podlahová odmašťovací kabina a vysokotlaké čisticí zařízení. Podlahová odmašťovací kabina je tvořena z profilů a panelů z pozinkovaného plechu. V zadní části je odsávaná stěna s nerezovými žaluziemi, středovou dělicí příčkou a odlučovači vody. V přední části je umístěn přední díl a čelo je otevřené. Ve stropě předního dílu je umístěno zářivkové osvětlení. Celý tento pracovní prostor je v nerezovém provedení. Vzduch odsávaný ventilátorem je vracen zpět do prostoru haly, pouze malá část je vyfukována mimo halu. Odmašťovací kabina je usazena na zemním rámu, který byl zhotoven zároveň s vyspávanými kanály, zabetonovanou šachticí a kolejemi pro zavážení manipulačního vozíku. Vana je vybavena pochůznými rošty. V kabině je umístěna pistole vysokotlakého agregátu, oplachovací sprchová pistole s přívodem vody z vodovodního řádu a vyfukovací pistole s přívodem tlakového vzduchu.

Vlastní odmašťování se provádí intenzivním horkým postřikem, silně zředěným vodným roztokem chemického přípravku, aplikovaným vysokotlakým čisticím zařízením. Oplach dílů se provádí postřikem čistou vodou z vodovodního řádu nebo pasivačním roztokem pomocí ruční postřikové pistole. Maximální dovolené zatížení podlahy je dáno mezním zatížením podlahových roštů.

3.2.1.2 Základní technické údaje

- rozměry pracovního prostoru:
 - šířka: 7800 mm
 - výška: 3000 mm
 - hloubka: 3500 mm
- množství odsávaného vzduchu: $2 \times 3,5 = 7 \text{ m}^3/\text{s}$
- množství vraceného vzduchu: $2 \times 0,4 = 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$
- nosnost podlahových roštů: plošné zatížení $2000 \text{ kg}/\text{m}^2$

3.2.2 Sušící box

3.2.2.1 Popis pracoviště

Sušící box, dále jen sušárna, je komorového typu s cirkulací horkého vzduchu. Skelet sušárny je složen z nosné konstrukce a tepelně izolovaných plechů, které jsou lemovány vnitřními a vnějšími lemovacími prvky. Pracovní prostor je rozdělen na dvě stejně velké části, které mají společnou nástavbu pro ohřev a cirkulaci vzduchu. Obě části mají svá rolovací vrata, ventilátor s rozvodem vzduchu a detektor analyzovaných plynů. Pro vstup do kabiny jsou zhotoveny dveře se zavíráním typu BRANO, které umožňuje tlakem z vnitřní strany otevření těchto dveří zevnitř. Na stopě sušárny je umístěna nástavba pro cirkulaci a ohřev vzduchu a dále pak ventilátory s cirkulačním vedením. Ve stropě jsou umístěny snímače teploty cirkulujícího vzduchu a analyzátory těkavých organických látek.

Sušárna je určena k osušení povrchů dílců po odmaštění a dále pak k sušení nátěrů, provedených ředidlovými kapalnými hmotami při maximální teplotě 60°C.

3.2.2.2 Základní technické údaje

- rozměry pracovního prostoru (platí pro jednu komoru boxu):
 - šířka: 8000 mm
 - výška: 3000 mm
 - hloubka: 4200 mm
- počet vjezdových vrat: 2ks (segmentová rolovací s horizontálním posuvem)
- světlost vratového prostoru:
 - šířka: 5000 mm
 - výška: 3000 mm
- množství cirkulačního vzduchu: $2 \times 4,5 = 9 \text{ m}^3/\text{s}$
- množství odvětraného vzduchu: $2 \times 0,5 = 1 \text{ m}^3/\text{s}$
- max. zatížení podlahy: dáno dovoleným zatížením podlahy haly tj. $5000 \text{ kg}/\text{m}^2$

3.2.3 Lakovací box

3.2.3.1 Popis pracoviště

V lakovací kabině probíhá ruční nanášení nátěrových hmot tlakovou pistolí. Stříkací kabina je řešena jako průjezdná a je umístěna na podlaze haly s podlahovým odsávacím systémem. Prostor kabiny je zděný, vyložen izolovanými panely. V obou čelech kabiny jsou umístěna rolovací vrata. Na boční stěně jsou únikové dveře a kabinou procházejí koleje pro ruční manipulační vozík. Filtrační systém je uložen v zemním rámu a je sestaven z textilních filtrů s filtrací G4 a F5, plechových žaluzií (tři vrstvy) a pochůzných roštů v úrovni podlahy. Pod stropem kabiny je zhotoven mezistrop. Mezistrop se skládá z rámu osazeného svítidly a panely s výměnnými plošnými filtry. Osvětlení kabiny je dáno zářivkovými svítidly, umístěnými v panelech ve dvou výškových úrovních.

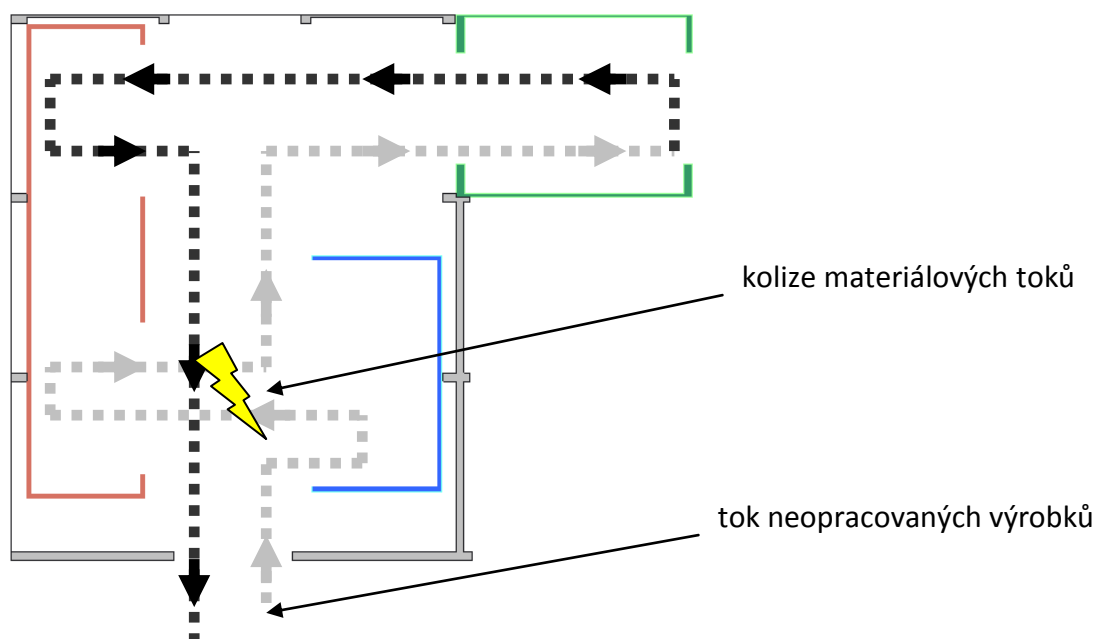
3.2.3.2 Základní technické údaje

- rozměry pracovního prostoru:
 - šířka: 5800 mm
 - výška: 5450 mm
 - hloubka: 7600 mm
- počet vjezdových vrat: 2 ks (segmentová rolovací s horizontálním posuvem)
- světlost vratového prostoru:
 - šířka: 3950 mm
 - výška: 4500 mm
- nosnost podlahových roštů: plošné zatížení 2000kg/m²

3.3 Problematika současného řešení

Výrobní materiál přichází z prostoru přípravný téže haly, kde je naskladněn, na požadovaných místech případně ošetřen vůči vniku nátěrových hmot a připevněn k manipulačním vozíkům. Dále pokračuje do odmašťovacího boxu, kde se oplachem připraví povrch pro budoucí lakování. Následuje průchod sušícím boxem a konečně přesun do lakovacího boxu. Po nalakování výrobky znovu putují do sušícího boxu, kde dochází k zaschnutí a vytvrdnutí barveného povrchu. V případě dobrých povětrnostních podmínek či většího množství dílů v sušícím boxu se barvené díly suší resp. skladují vně haly na otevřeném prostranství.

Světlost výrobní haly činí 6m. V prostoru stropní konstrukce se po celé délce haly pohybuje mostový jeřáb. Případná stropní zavěšená konstrukce manipulátoru tedy nepřichází v úvahu. Sousední haly neumožňují případné vestavby nebo přístavby určené pro výsledný manipulátor, jelikož plně obsazují jejich prostor dalším technologickým vybavením výrobního procesu. Rozmístění pracovišť značně limituje navrhovaný manipulátor, kdy se jednotlivé materiálové toky kříží. Jednotlivá boxy mají své pevné místo tzn. nelze jimi přesouvat. Z důvodu relativně nedávné celkové rekonstrukce, která proběhla v roce 2011, se neuvažuje o případné dispoziční změně v rozmístění jednotlivých boxů. Tato rekonstrukce se ale po čase projevila jako nedostačující.



Obrázek 17: Půdorys popisovaného pracoviště [19]

4 Návrh technického řešení

4.1 Specifikace požadavků

- **Vestavba v požadovaných prostorách** – uvnitř jednotlivých boxů musí být nosná konstrukce dopravníku maximálně kompaktní pro zachování dostatečného prostoru pracovišť.
- **Rozumná nosnost** – tj. dimenzování nosnosti vzhledem k použití reálných průřezů materiálů nosné konstrukce.
- **Možnost průjezdu manipulačního vozíku** – nosná konstrukce v okolí jednotlivých boxů musí splňovat minimální světlost pro průjezd elektrického manipulačního vozíku s alespoň běžným rozměrem nákladu (tzn. euro paleta). Tento požadavek se vztahuje na případnou práci s většími výrobními kusy.
- **Zajištění dostatečné pohyblivosti převáženého dílce** – závěs manipulačního zařízení (kočka) musí zajišťovat dostatečnou pohyblivost přesouvaného dílu v jednotlivých osách pro bezproblémové opracování.
- **Použité materiály dopravníku** – konstrukce dopravníku musí být odolná vůči agresivnímu prostředí, jelikož bude provozována vně i v jednotlivých pracovištích (boxech), kde může přijít do styku s odmašťovací suspenzí, stříkanou nátěrovou hmotou, horkým vzduchem a částečně prašným prostředím v okolí přípravny.
- **Vyloučení případné kolize s mostovým jeřábem** - po celé délce haly je provozován mostový jeřáb. Jeřáb musí při provozu, v bezprostřední blízkosti dopravníku, vydávat akustický varovný signál.

- **Uživatelsky nenáročná obsluha** – musí být zajištěn hladký chod koček po celé dráze pro jejich nenáročné uvedení do pohybu. Dále musí být zajištěno bezproblémové přidání upevňovacího (vázacího) zařízení pro tzv. naložení požadovaného výrobního dílu.
- **Údržba a dodatečné úpravy** – údržba musí být relativně nenáročná. Konstrukce dopravníkové dráhy bude tvořit uzavřený okruh s jedním či více místy pro případné přidání či odebrání koček. Konstrukce by měla zajišťovat možnost budoucího rozebrání v případě jakýchkoliv úprav.

Tabulka 2: Shrnutí specifikace požadavků

Požadavek	Podmínka	Přání	Požadavek	Podmínka	Přání
Vestavba v požadovaných prostorách	●		Použité materiály dopravníku	●	
Rozumná nosnost	●		Vyloučení případné kolize s mostovým jeřábem	●	
Možnost průjezdu manipulačního vozíku	●		Uživatelsky nenáročná obsluha		●
Zajištění dostatečné pohyblivosti převáženého dílce	●		Údržba a dodatečné úpravy		●

4.2 Klasifikace přepravovaných materiálů

1. Tvar přepravovaných předmětů

- nepravidelné tvary jako obrobky, svařence montážní jednotky (blíže nespecifikovaný geometrický tvar)

2. Poloha předmětu při přepravě a jejich stabilita

- vertikální poloha, zavěšení pod dopravníkem za vlastní tělo předmětů či rám
- stabilita je zajištěna vlastní tíhovou silou předmětů

3. Hmotnost přepravované jednotky (pomocí vozíků)

- uvažovaná hmotnost jednotlivých přepravovaných dílů je 0 až 500kg

4. Druhy přepravovaných materiálů

- nejčastěji ocel, hliník, případně elmedur či jiné slitiny

5. Pozoruhodné vlastnosti přepravovaných předmětů

- ostré hrany, mastné, horké a barvené povrchy

6. Citlivost přepravovaných předmětů

- citlivost k mechanickým účinkům, teplota, světlo, znečištění a prašnost prostředí

4.3 Vybraný typ dopravníku

Vzhledem k jednotlivým podmínkám a požadovaným funkcím (viz předchozí strana) by bylo, dle mého názoru, nejlepším řešením podvěsný dopravník. Následující obsah práce je tedy zaměřen právě na tento typ.

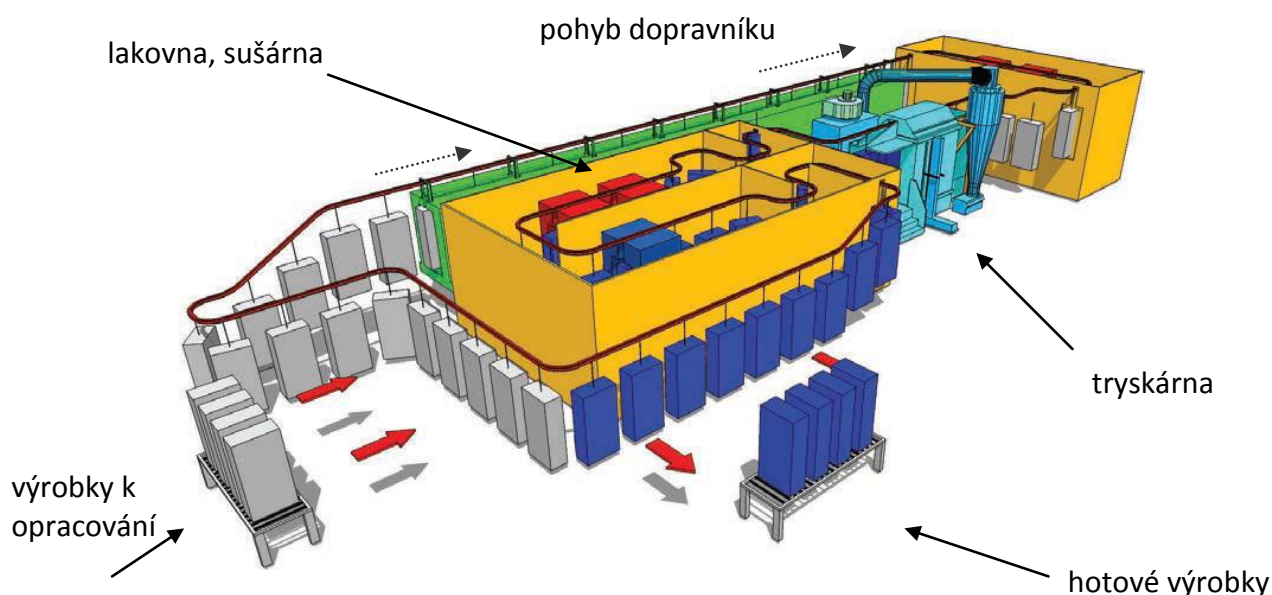
4.3.1 Podvěsný dopravník

Podvěsný dopravník slouží ve vnitropodnikové dopravě mezi objekty či jednotlivými technologickými pracovišti. Jsou schopné překonávat výškové rozdíly a vyhýbat se téměř

všem překážkám. Dopravník může tvořit uzavřený či neuzavřený okruh. Jsou výhodné z hlediska prostorových nároků, jelikož zabírají pouze nepatrnou či žádnou, v případě zavěšené konstrukce, plochu podlahy. Jejich nejčastější využití směřuje do technologické oblasti, např. při povrchových úpravách materiálu (úprava povrchu, sušení, lakování) či samotné montáži.

Dopravníky tohoto druhu tvoří části automatizovaných výrobních linek v průmyslu, kde výrobní proces vyžaduje rozlehlý prostor a krátké přepravní časy. Uplatňují se především při větších dopravních výkonech, které se často jen obtížně zvládají manipulačními vozíky. Konstrukce podvěsného dopravníku bývá do značné míry podobná mostovému jeřábu.

Horizontální pohyb je praktikován pomocí pojezdového zařízení (kočky) po dráze. Ta může být zavěšená ze stropní konstrukce místnosti či součástí vlastní samonosné visuté konstrukce, stojící na zemi. Konstruktivní řešení závěsného dopravníku je do značné míry obtížné, jelikož musí respektovat a vyhovět mnohým požadavkům jako např. průběh dráhy, velikost a hmotnost dopravovaných kusů a použitý pohon.



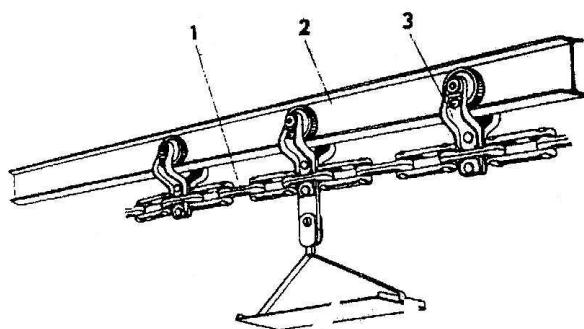
Obrázek 18: Ilustrační ukázka uzavřené dopravníkové dráhy [12]

4.3.2 Konstrukční možnosti

4.3.2.1 Dráha (kolej)

- **Jednodráhové řešení**

Na jedné dráze je provozován tažený závěs i poháněcí element (tažný řetěz). Výhodou tohoto řešení je jednoduchost konstrukce a kompaktnost konstrukce v okolí dopravníkové kolejnice.

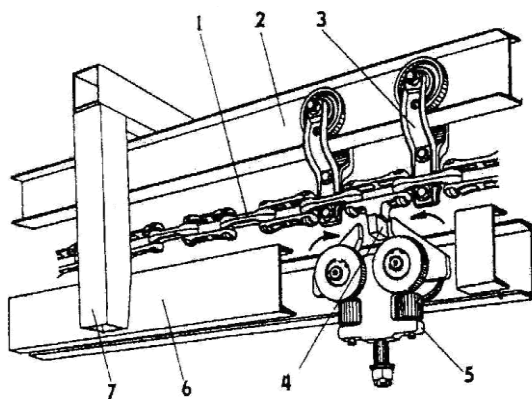


- 1 – tažný řetěz
- 2 – dráha
- 3 – závěs (kočka)

Obrázek 19: Závěsný dopravník jednodráhový [6]

- **Dvoudráhové řešení**

U dvoudráhových podvěsných dopravníků slouží jedna dráha k nesení závěsů, druhá pak k jejich vedení posuvným systémem. Závěsy se mohou pohybovat nezávisle na vodícím elementu, což umožňuje připojit větší počet okruhů či slepých ramen dráhy nebo připojovat pouze určité množství tažených závěsů. Nevýhodou je však vyšší světlost konstrukce z důvodu přidání pohonné dráhy.

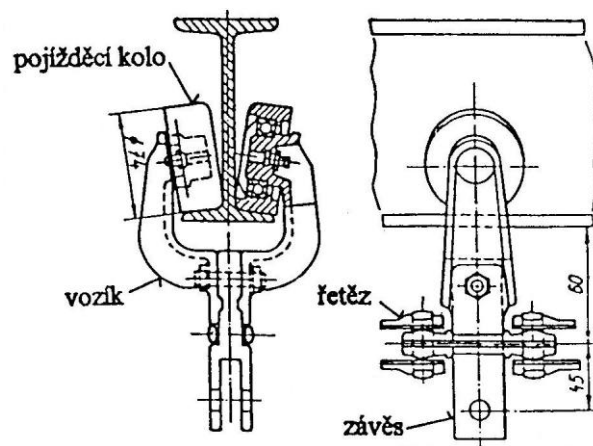


- 1 – tažný řetěz
- 2 – pohonná dráha
- 3 – jezdec
- 4 – unašeč
- 5 – závěs (kočka)
- 6 – vozíková dráha
- 7 – nosná konstrukce

Obrázek 20: Závěsný dopravník dvoudráhový [6]

4.3.2.2 Závěs

Závěs je část podvěsného dopravníku, provozovaný na drážním profilu. Jednoduché závěsy jsou vedeny po spodní pásnici profilu dráhy (kolejnici), u dvou dráhových typů konstrukce dráhy závěs pojíždí po spodním profilu viz obr. č.6. Závěs se skládá z těla, pojížděcích koleček a z části pro zavěšení břemena. Kolečka jsou vybavena ložisky pro zajištění dostatečně hladkého chodu. V případě zdvihání tzn. manipulace s břemeny ve vertikální ose, bývá k závěsu připojen kladkostroj či jiný mechanismus zajišťující tuto funkci.



Obrázek 21: Závěs [6]

4.3.2.3 Konstrukční profily

Ocelová konstrukce dopravníku bývá nejčastěji tvořena standardizovanými ocelovými profily. Jednotlivé typy profilů jsou charakteristické svou tuhostí, hmotností a také jistými možnostmi např. z hlediska budoucí údržby. Materiál profilů je vybírán s ohledem na požadované zatížení dráhy. Drážní profil (kolejnici) tvoří styčnou funkční plochu pro provoz závěsů. Měla by být zajištěna možnost opracování styčných ploch pro hladký provoz jednotlivých závěsů.

Tabulka 3: Druhy válcovaných tyčí

Průřez	Norma	Materiál	Hmotnost profilu o výšce 100mm, [kg/1m]
IPE	DIN 1025-5	S235JR (1.0038), S355J2 (1.0577)	8,1
I	DIN 1025-1	S235JR (1.0038), S355J2 (1.0577)	8,34
T	EN 10055	S235JR (1.0038)	13,4
HEA	DIN 1025-3	S355J2 (1.0577), S235JR (1.0038),	16,7
HEB	DIN 1025-2	S355J2 (1.0577), S235JR (1.0038)	20,4
HEM	DIN 1025-4	S355J2 (1.0577), S235JR (1.0038)	34,9
U	DIN 1026-1	S355J2 (1.0577), S235JR (1.0038)	10,6

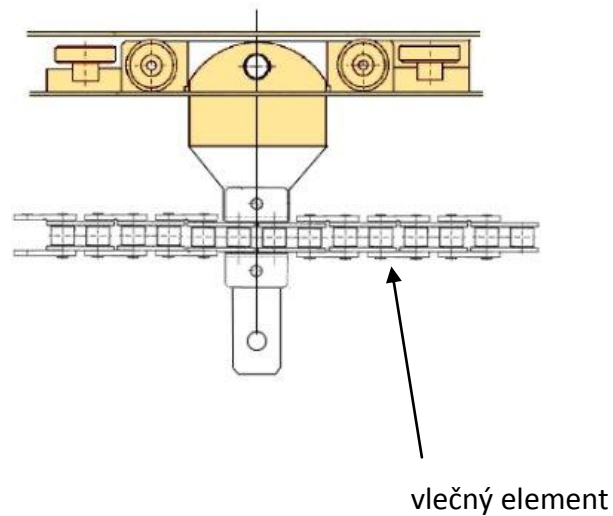
4.3.2.4 Pohon

- **Ruční**

Pohon je realizován ručně a obstarává jej obsluhující pracovník tahem za zavěšený materiál či vázací prostředek. Nevýhoda toho řešení se projevuje v případě přesouvání většího počtu závěsů, kdy je nutno manipulovat s každým závěsem zvlášť, což značně prodlužuje manipulační dobu. Pokud dojde ke spojení většího počtu závěsů do série, je třeba k přesunutí vyvinout větší sílu.

- **Mechanický**

Pohon závěsů je obstaráván mechanicky přídatným prvkem. Pohonný element nejčastěji tvoří řetěz či lano, které je uvedeno do pohybu pomocí hnacího kola poháněného elektromotorem, popř. jiným konstrukčním řešením viz obr. č.6 Dvoudráhový závěsný dopravník. Dalším, ale složitějším řešením je pohon jednotlivého závěsu s využitím vlastních, zde už hnacích, nosných koleček závěsu. Elektrický proud může být dodáván trolejovým vedením umístěným nad či vedle dráhy dopravníku.



Obrázek 22: Řetězový pohon [18]

4.3.2.5 Vázací a uchopovací prostředky

Vázací prostředky tvoří důležitou roli pro přesouvání a práci na výrobních dílcích pomocí dopravníku, z hlediska dokonalé přípravy a barvení všech požadovaných ploch. Jejich výběr je často realizován v rámci dodatečného nákupu v závislosti na požadavcích budoucích provozovatelů a na druhu a vlastnostech výrobních dílů.

- článkové řetězy (mají menší bezpečnost než lana a popruhy)
- lana (konopná, polyamidová, ocelová)
- textilní popruhy a smyčky
- uchopovací prostředky (háky, kleště, uchopovací šrouby, manipulační traverzy, zdvihací svěrky, zdvihací magnet, drapáky, nádoby)



Obrázek 23: Vázací a uchopovací prostředky [15]

4.4 Analýza technologického postupu

Na základě vstupních dat, potřebných k návrhu dopravníku je zpracována analýza průchodu výrobků procesem lakování. Analýza poukazuje na spotřebu barev, která je spjata s celým technologickým procesem úpravy povrchu.

4.4.1 Měrná jednotka

Měrnou jednotku tvoří množství použitých barev v kilogramech za určitou časovou periodu. Data, jako počet lakovaných dílů či lakovaná plocha, nemohl být za měrnou jednotku použit, jelikož nejsou v systému se kterým provoz pracuje reálně vyhledatelná. Množství spotřebovaných barev bylo zjištěno na základě jejich objednávek.

Tabulka 4: Spotřeba barev

měsíc	2013/1	2013/2	2013/3	2013/4	2013/5	2013/6
barva	[kg]					
RAL 1021	55,5	0	0	10	20	21,5
RAL 2002	0	10	0	0	0	0
RAL 2003	19,5	0	0	0	0	0
RAL 1023	0	10	20	0	20,5	0
RAL 1013	30	0	0	0	0	0
RAL 1004	20,5	20	29,5	20	20,5	0
RAL 7035	280	410	317	400	310	220
RAL 7005	20,5	0	0	41	21,5	0
RAL 5007	30	0	0	0	0	0
RAL 5005	0	0	20	41	0	0
RAL 5010	0	0	0	0	30	20
RAL 5021	0	0	0	40	0	0
RAL 6019	0	20	0	0	0	0
NCS 2070	30	0	59,5	0	40,5	0
RAL 7032	0	0	0	0	40	70
RAL 9010	65	40	0	0	0	0
RAL 9001	0	10	50	0	30	0
RAL 9003	0	0	0	20,5	0	20
RAL 9005	30	20	28,5	0	50	50
RAL 9006	0	0	0	0	20	0
RAL 9016	0	40	0	0	0	0
RAL 1018	30	0	0	0	0	0
RAL 2004	10	0	20	0	20	30
RAL 7016	80	0	70	50	50	0
RAL 3020	80	80	0	170	110	0
Σ	781	660	614,5	802,5	783	431,5
Ø za měsíc	678,75					

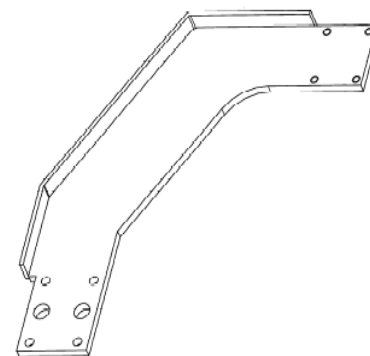
4.4.2 Lakované díly

Sortiment dílů, prošlý řešeným víceoperačním pracovištěm, je značně rozdílný. Provoz se specializuje na malosériovou až kusovou výrobu. Obsluhované výrobky jsou často různých hmotností, tvarů a ploch. Spotřebovaný čas celkového procesu prostupu technologickým procesem je výslednicí časů pro přípravu (zakrytí požadovaných ploch a upevnění na stojan),

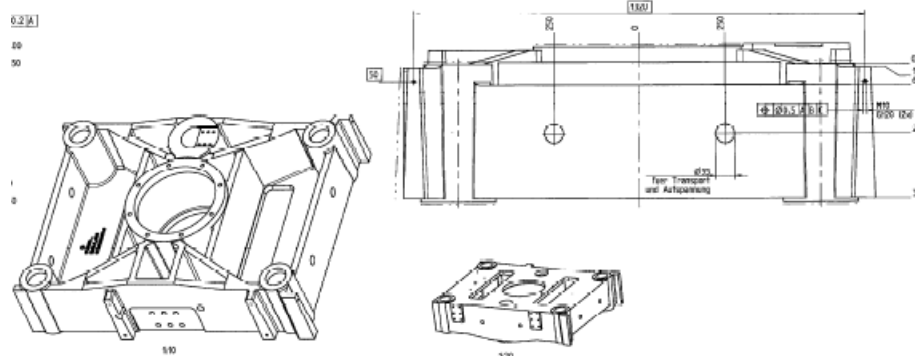
odmaštění, osušení, lakování a manipulaci s dílem. Tabulka 5 poukazuje na značný hmotnostní a časový rozdíl průchodnosti výrobků celým pracovištěm. Přiložené obrázky dávají alespoň částečnou informaci o obsluhovaných výrobních dílcích. „Halter“ viz obr.č.10 je zástupcem lehkého dílu, který bude možno přesouvat budoucím manipulátorem. Namísto toho Jochplatte viz obr.č.11, představuje jeden z největších zde opracovávaných dílů a bude nutno jej přesouvat pouze ručně, pomocí manipulačního vozíku.

Tabulka 5: Příklady dílů

ID	Název	Hmotnost [kg]	Spotřeb. čas [min]
2443879	Kippkurve	1,0	6
2732743	Halter	4,9	10
2123307	Halteplatte	0,7	15
5241399	Halterung	7,5	22
5336884	U-Stahl	13,7	25
2963199	Schutzkorb	20,2	34
1869834	Jochplatte SEP8	685,6	168
1914473	Stoessel SEP10	1010,0	398
2024174	Jochplatte SEP10	1637,7	160
1774729	Jochplatte TUS130	2320,3	556
5258601	Tischplatte SEP13	2584,5	173
1775080	Druckplatte TUS130	3550,9	424



Obrázek 24: Halter (4,9kg) [19]



Obrázek 25: Jochplatte TUS130 (2320kg) [19]

4.5 Potřebné technické a dispoziční úpravy

Vzhledem k tomu, že některé části dopravníku kolidují s již instalovaným technickým zařízením provozu, musí dojít k následujícím úpravám.

- Výměna horizontálně posuvných vrat sušárny a lakovny za vertikální segmentová s potřebnou úpravou v prostoru průniku dopravníku. Zakázková vrata může zajistit firma DOORHAN s.r.o.

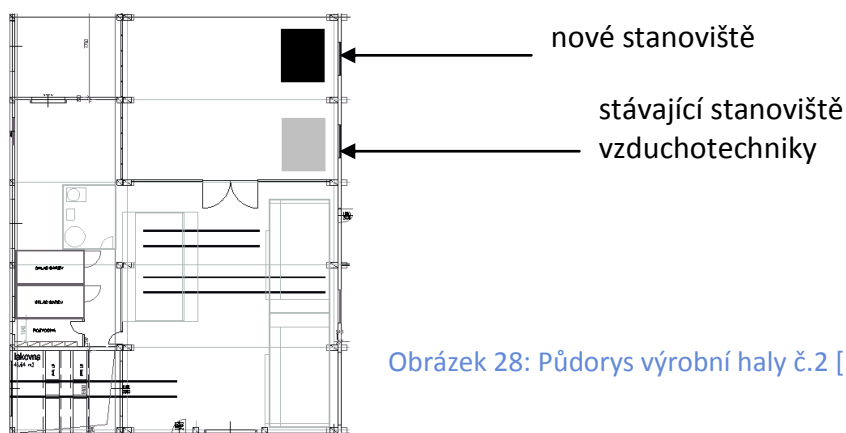


Obrázek 26: Stávající horizontálně posuvná vrata [22]



Obrázek 27: Budoucí vertikálně posuvná vrata [16]

- Vybourání dvou průhledů ŠV2x3m (tloušťky 100mm) betonové dělicí zdi v prostoru jejího dopravníku. Tato příčka odděluje prostor řešeného víceoperačního pracoviště od prostoru přípravy.
- Přesunutí systému vzduchotechniky o cca 4m v prostoru přípravy viz. obr.č.14.



Obrázek 28: Půdorys výrobní haly č.2 [19]

4.6 Bezpečnost práce

Pro všechny pracovníky úseku lakovny platí obecně pravidla BOZP, která byla podepsána každým proškoleným pracovníkem při nástupu do provozu. Jelikož by dopravník procházel jednotlivými pracovními úseky (boxy), musí zde být upřesněna pravidla BOZP a používání ochranných pracovních pomůcek.

- pracoviště smí obsluhovat pouze k tomu určený a zaškolený pracovník
- veškeré zásahy do elektrické výzbroje smí provádět pouze osoba znalá
- veškeré opravy zařízení je možno provádět jen ve vypnutém a zajištěném stavu
- při práci je zakázáno jíst, pít nebo kouřit

Povinnost používat ochranné pomůcky:

- při práci se vzduchem a vysokotlakým mycím systémem používat ochranné brýle nebo štít
- při práci s odmašťovadlem používat gumové rukavice, respirátor, brýle nebo štít
- při práci v lakovacím boxu používat kombinézu, masku s filtry, brýle nebo štít
- při práci v prostoru dopravníku používat ochrannou helmu a rukavice
- používat předepsanou pracovní obuv a oděv

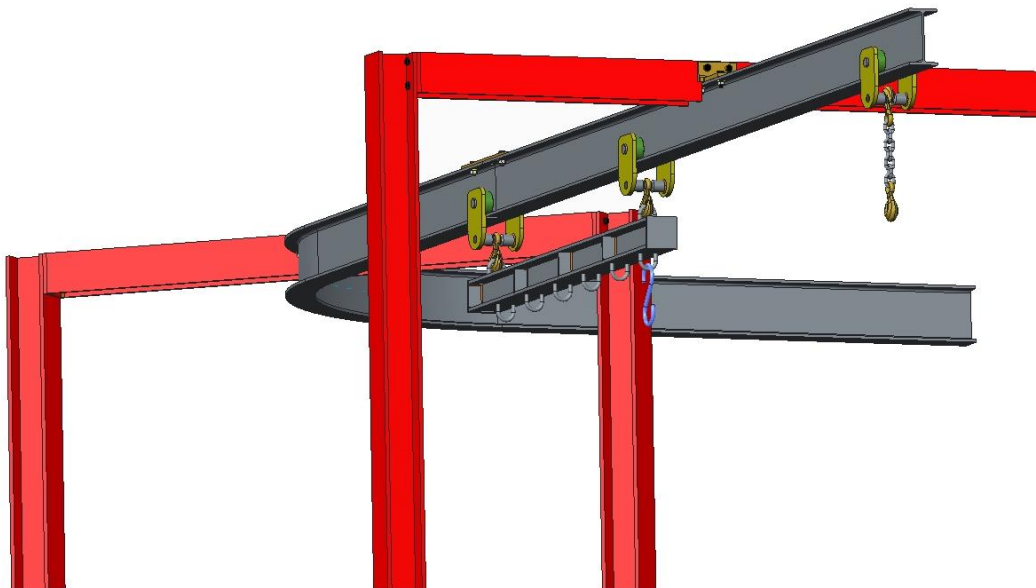
Manipulace s materiálem:

- manipulovat s materiálem resp. dopravníkem smí pouze osoba k tomu určená a proškolená
- při práci s dopravníkem platí stejné pracovní předpisy jako při práci se zdvihacím zařízením
- pracovník musí manipulovat s materiálem tak, aby nedošlo ke zranění osob, poškození materiálu či zařízení

5 Konstrukční řešení

5.1 Popis konstrukce

Konstrukce dopravníku je modulová. Zastoupené moduly jsou dvojího typu – pro jednosměrný a pro obousměrný provoz. Moduly obousměrného provozu jsou použity v prostorách sušárny a lakovny z důvodu zajištění technologického procesu a uzavření dráhy. Sestavu modulu tvoří dvě nosné brány propojené kolejnicí (pojezdovým profilem), v případě modulu pro obousměrný provoz, dvěma kolejnicemi. Dráhu tvoří přímé (3000mm dlouhé) a úhlové segmenty, variabilně ohýbány podle požadavků tvaru dráhy. Tyto segmenty jsou mezi sebou spojeny pomocí pásnic šířky profilu, požadované tloušťky a délky, šroubovými spoji. Je možno místo šroubových spojů použít adekvátní spoj pomocí svaru. Jednotlivé stojny a příčníky jsou svařence z požadovaného profilu, opatřené funkční plochou pro následné spojení. Osová šířka brány modulu je 1500mm či 3000mm, výška 3000mm.



Obrázek 29: Jednotlivé části konstrukce [20]

Konstrukce dopravníku je zatížena vlastní hmotností, tj. závěsy a nahodilým užitným zatížením (zatížení tvořící dopravovaná břemena). Tyto segmenty jsou spojeny s nosnými branami pomocí ohnutých pásnic úhlu 90°, šroubových spojů a svařením. Použitý materiál ocelové konstrukce je S235 (ocel tř. 37) s mezí kluzu $f = 235 \text{ MPa}$.

5.2 Zatížení konstrukce

Tato část se zabývá posouzením jednotlivých částí konstrukce, kterými jsou modul a kočka (závěs). Jelikož je dopravníková dráha složena ze dvou druhů modulů, a to jednosměrného a obousměrného, je nutné uvést hodnoty pro oba typy. Úloha je řešena jako optimalizační, kdy vychází z hodnocení několika variant průřezů sloupů i nosníků. Jako prvotní jsou, z důvodu největší možné úspory místa v prostorech boxů, uvažovány průřezy HEA100 (pro stojny a příčníky) a IPE120 pro kolejnice.

5.2.1 Stálé

Při výpočtu stálého zatížení je uvažována měrná hmotnost oceli $7850\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Součinitel užitého zatížení je uvažován $\gamma=1,35$. Součinitel zatížení od vlastní tíhy konstrukce $\gamma=1,2$ a součinitel zatížení kočky $\gamma=1$. Hmotnost šroubů a spojovacích pásnic je zanedbatelná.

5.2.2 Nahodilé užité

Navrhované mezní užité zatížení profilu dráhy na jednom modulu je uvažováno $5\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$. Můžeme jej srovnat s osamělou silou umístěnou v polovině mezi podporami o velikosti $7,5\text{kN} = 750\text{kg}$.

5.2.3 Nahodilé klimatické

Jelikož je dopravník vestavěn uvnitř výrobní haly, klimatické zatížení jako sníh, vítr a námraza zde nehrají žádnou roli.

5.3 Nosná konstrukce

5.3.1 Optimalizace nosného průřezu

- Řešení staticky určitého nosníku na dvou podporách

Výpočet vnitřních sil vaznice

$$M_d = \frac{1}{8}(g_n + u_n) \cdot L^2 [kNm] \quad \text{Rovnice 1}$$

$$V_d = \frac{1}{2}(g_n + u_n) \cdot L [kN]$$

Návrh na základě mezního stavu únosnosti

Plastický průřezový modul

$$W_{pl,y,\min} = \frac{M_{sd} \cdot \gamma_{MO}}{f_y} [mm^3] \quad \text{Rovnice 2}$$

Návrh na základě mezního stavu použitelnosti

Minimální moment setrvačnosti

$$\delta_d = L \div 400 [mm]$$
$$I_{y,\min} = \frac{5 \cdot (g_c + u_c) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot \delta_d} [mm^4] \quad \text{Rovnice 3}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

Největší ohybový moment vyvolaný zatížením

$$M_d = \bar{M}_d + \frac{1}{8} \cdot \gamma_G \cdot g^{IPE}_k \cdot L^2 [kNm] \quad \text{Rovnice 4}$$

Moment únosnosti

$$M_{pl,rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{MO}} [kNm] \quad \text{Rovnice 5}$$

$$M_d \leq M_{pl,rd}$$

Největší smyková síla

$$V_d = \bar{V}_d + \frac{1}{2} \cdot \gamma_G \cdot g^{IPE}_k \cdot L [kN] \quad \text{Rovnice 6}$$

Navrhovaná únosnost ve smyku

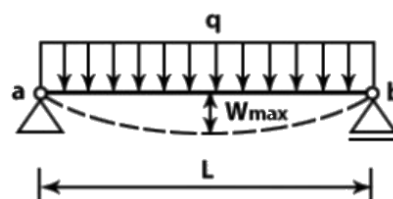
$$V_{pl,rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{MO} \cdot \sqrt{3}} [kN] \quad \text{Rovnice 7}$$

$$V_d \leq V_{pl,rd}$$

Posouzení mezního stavu použitelnosti

$$W_{max} = \frac{5 \cdot (g_c + u_c) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y} [mm] \quad \text{Rovnice 8}$$

$$W_{max} \leq W_d$$



- Řešení centricky tlačенého prutu

Zatřídění průřezu

$$\frac{d}{t_w} \leq 38 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} ; \frac{c}{t_f} \leq 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \text{Rovnice 9}$$



Štíhlost při vybočení v hlavních rovinách

$$\lambda_y = \frac{L_y}{i_y} ; \lambda_z = \frac{L_z}{i_z} \quad \text{Rovnice 10}$$

Součinitel vzpěrnosti (pro poměrné štíhlosti, viz tab., rozhoduje χ_{min})

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\gamma_1} \cdot \sqrt{\beta_A} ; \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\gamma_1} \cdot \sqrt{\beta_A} \quad \text{Rovnice 11}$$

Vzpěrná únosnost prutu

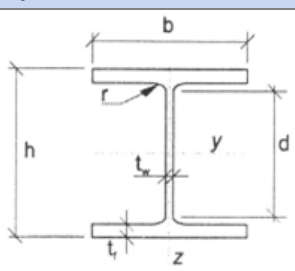
$$N_{bRd} = \frac{\chi_{min} \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} [N] \quad \text{Rovnice 12}$$

Tabulka 6: Výpočet průřezu nosníku (kolejnice) dráhy

		IPE100	IPE120	IPE140	IPE160	
stálé zatížení	g	0,081	0,104	0,129	0,158	kN/m
užitné zatížení	u	5,000	5,000	5,000	5,000	kN/m
zatížení od koček	k	0,250	0,250	0,250	0,250	kN/m
celkové charakteristické zatížení		5,331	5,354	5,379	5,408	kN/m
celkové navrhované zatížení		7,097	7,125	7,155	7,190	kN/m
součinitel zatížení g	γ_G	1,2				-
součinitel zatížení s	γ_S	1,35				-
součinitel zatížení k	γ_K	1				-
dílčí součinitel spolehlivosti mat.	γ_{MO}	1,15				-
Délka	L	3000				mm
modul pružnosti	E	210				GPa
mez kluzu	f_y	235				Mpa
plocha stěny (osa "z") ve smyku	A_V	508	631	764	966	mm ²
Vnitřní síly						
ohybový moment	M_{sd}	7,984	8,015	8,049	8,088	kNm
	M_{sd}^{IPE}	0,036	0,047	0,058	0,071	kNm
vnitřní síla	V_{sd}	10,646	10,687	10,732	10,784	kN
Návrh na základě mezního stavu únosnosti						
minimální průřezový modul	$W_{ply\ min}$	34731	34866	35013	35183	mm ³
průřezový modul	W_{ply}	39410	60730	88340	123900	mm ³
Návrh na základě mezního stavu použitelnosti						
Průhyb	w_d	7,500				mm
	w_{max}	15,657	8,461	4,994	3,124	mm
	ΔW	-8,157	-0,961	2,506	4,376	mm
moment setrvačnosti k ose y	$I_{y,\ min}$	3569866	3585268	3602009	3621429	mm ⁴
	I_y	1710000	3178000	5410000	8693000	mm ⁴
Posouzení mezního stavu únosnosti						
moment únosnosti	$M_{pl,\ rd}$	8,053	12,410	18,052	25,319	kNm
největší ohybový moment	M_{sd}	8,021	8,062	8,107	8,159	kNm
Posouzení únosnosti ve smyku						
únosnost ve smyku	$V_{pl,\ rd}$	59,934	74,446	90,137	113,969	kN
největší smyková síla	V_{sd}	10,7916	10,8744	10,9644	11,0688	kN

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že průřezy IPE100 a IPE120 nemohou být při uvažovaném užitném zatížení použity, a to z důvodu nevyhovujících hodnot průhybů. Pro konstrukci kolejnice dopravníkové dráhy je, s přihlédnutím na specifikace požadavků viz kapitola 4 zvolen průřez **IPE140**.

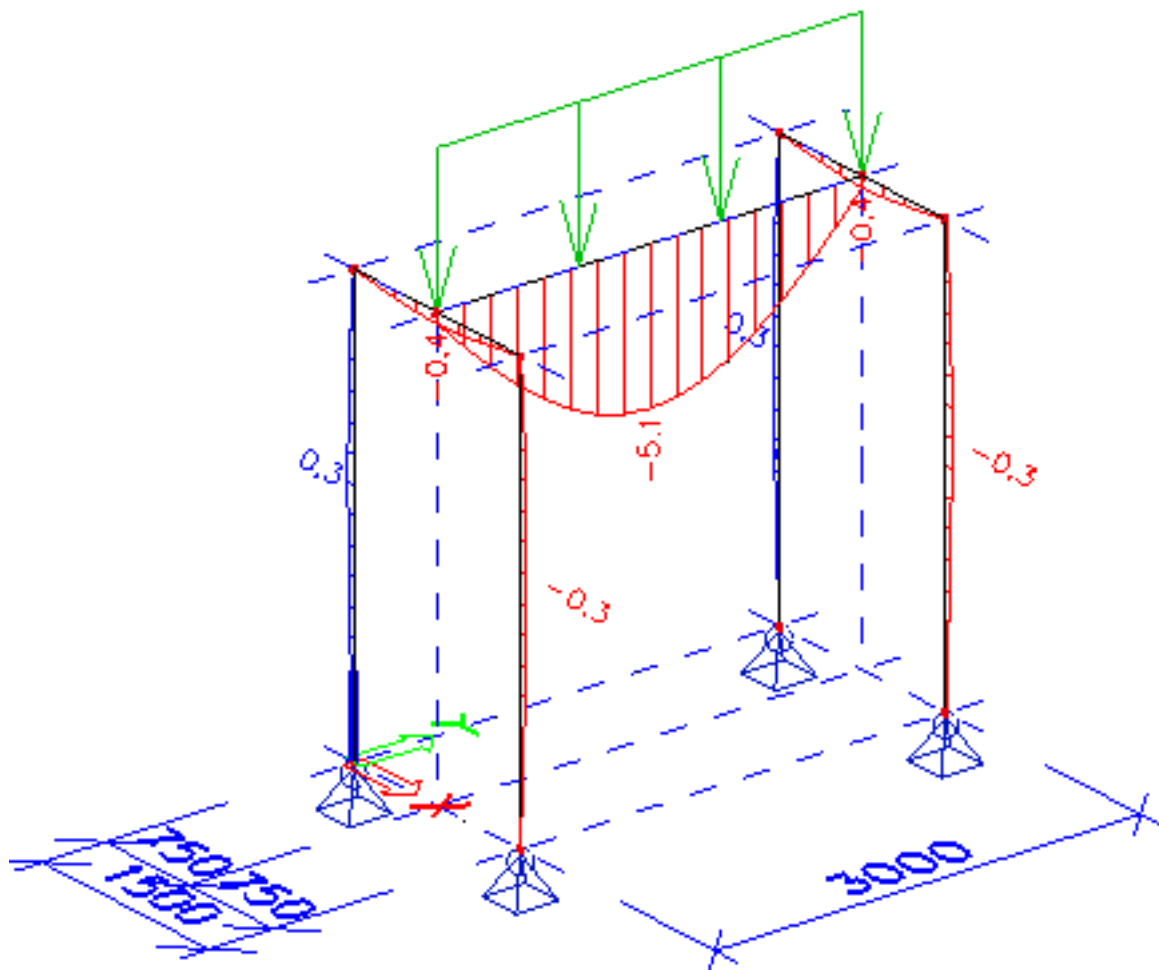
Tabulka 7: Výpočet průřezu nosníku stojny

		HEA100	HEA120	HEA140	HEA160	
Délka	L	3000	3000	3000	3000	mm
	h	96,0	114,0	133,0	152,0	mm
	b	100,0	120,0	140,0	160,0	mm
	t_w	5,0	5,0	5,5	6,0	mm
	t_f	8,0	8,0	8,5	9,0	mm
	r_1	12,0	12,0	12,0	15,0	mm
	$c=b/2$	50,0	60,0	70,0	80,0	
	d	56,0	74,0	92,0	104,0	mm
plocha průřezu	A	2129,0	2530,0	3140,0	3880,0	mm ²
momenty setrvačnosti k ose y,z	I_y	3492000	6062000	10330000	16370000	mm ⁴
	I_z	1338000	2309000	3893000	6156000	mm ⁴
poloměr setrvačnosti k ose y,z	i_y	40,5	48,9	57,3	65,7	mm
	i_z	25,1	30,2	35,2	39,8	mm
mez kluzu	f_y	235	235	235	235	MPa
pro třídy průřezu 1,2,3	β_A	1	1	1	1	
únosnost pro stabilitu prutu	γ_{M1}	1,15	1,15	1,15	1,15	
Zatřídění průřezu						
Stojna	d/t_w	11,200	14,800	16,727	17,333	
	38ϵ	38,000	38,000	38,000	38,000	
	$d/t_w \leq 38\epsilon$	ok	ok	ok	ok	
pásnice	c/t_f	6,250	7,500	8,235	8,889	
	38ϵ	10,000	10,000	10,000	10,000	
	$c/t_f \leq 10\epsilon$	ok	ok	ok	ok	
Štíhlost při vybočení v hlavních rovinách						
	λ_y	74,074	61,350	52,356	45,662	
	λ_z	119,522	99,338	85,227	75,377	
	λ_1	93,900	93,900	93,900	93,900	
pro křivku a	$\lambda_{y'}$	0,789	0,653	0,558	0,486	
	χ_y	0,807	0,870	0,905	0,930	
pro křivku b	$\lambda_{z'}$	1,273	1,058	0,908	0,803	
	χ_z	0,442	0,559	0,655	0,724	
součinitel vzpěrnosti	χ_{min}	0,442	0,559	0,655	0,724	
Navrhovaná únosnost prutu						
vzpěrná únosnost	N_{brd}	192,29	289,00	420,28	574,04	kN
max. síla působící na stojnu= $V_{sd}/2$	$V_{sd}/2$	5,32	5,34	5,37	5,39	kN
	$V_{sd}/2 \leq N_{brd}$	ok	ok	ok	ok	

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že pro stojny (sloupy) konstrukce mohou být použity všechny uvažované průřezy.

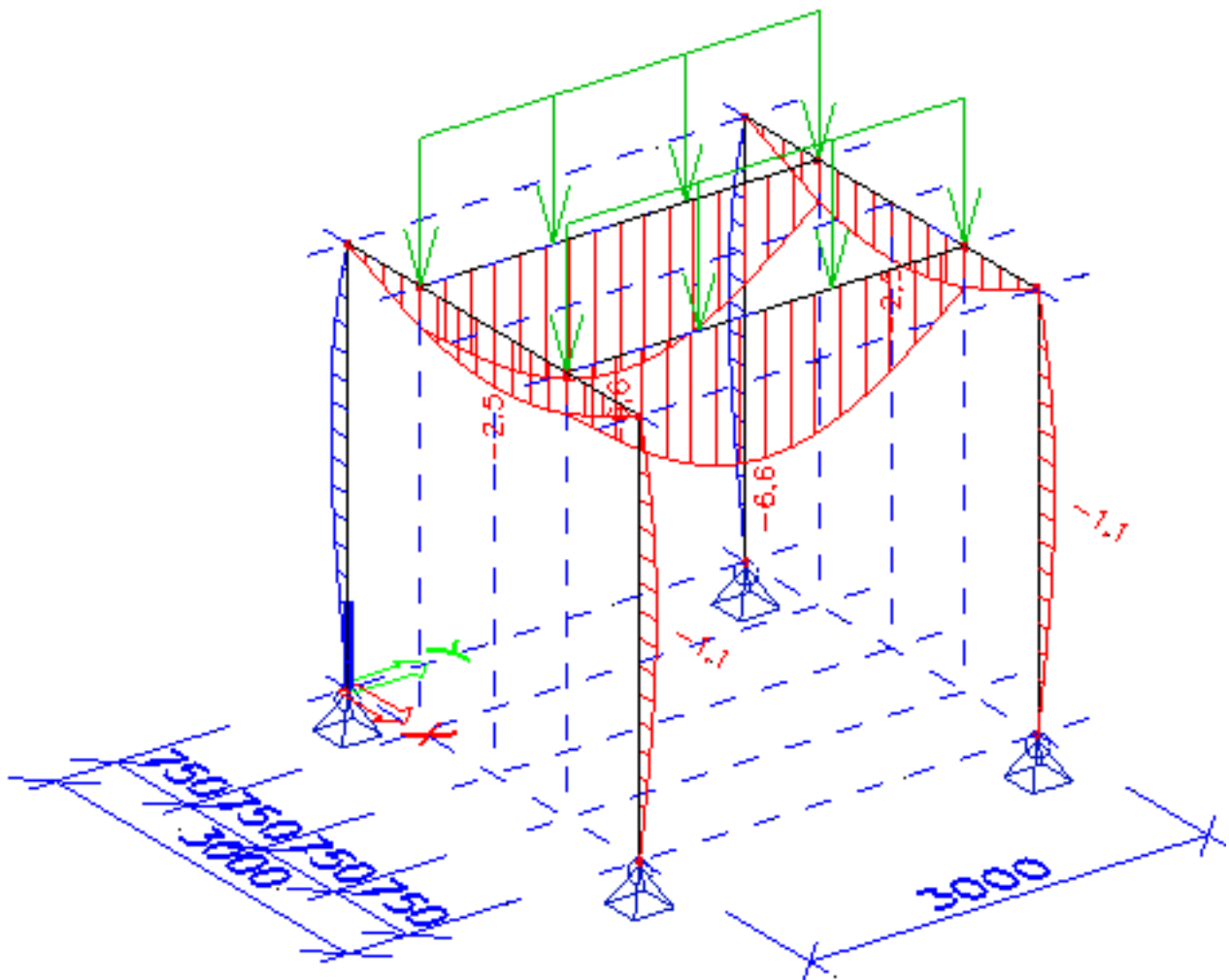
5.3.2 Simulace

V programu Scia Engineer 2009 byly vypracovány jednotlivé modely modulů dopravníku. Kolejnice jsou zatíženy spojitým zatížením, nabývajícím hodnoty $5\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$. Přípoje modulu jsou uvažovány tuhé, kotvení k podlaze kloubové. Modely konstrukcí jsou na následujících obrázcích. Jednotlivé spoje nosníků a stojen jsou realizovány šroubovými spoji, pomocí šroubů M16 či v případě zájmu dodatečně svařeny.



Obrázek 30: Deformace jednosměrného modulu [21]

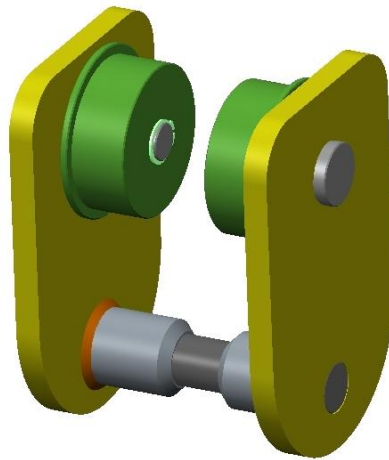
Maximální průhyb činí 5,1mm. Po odečtení dílčího průhybu příčnicku nosné brány, kdy je pojezdová kolejnice uvažována jako obyčejný nosník na dvou podporách, je průhyb pojezdové kolejnice 4,7mm. Tato hodnota se přibližuje vypočítané viz tabulka 6, příslušný průřez.



Obrázek 31: Deformace obousměrného modulu [21]

V případě modulu pro obousměrný provoz je průhyb jednotlivých pojezdových kolejnic roven hodnotě 6,6mm což je stále menší než $3000/400=7,5\text{mm}$ (viz norma ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí). Dojde pouze ke zvýšení hodnoty průhybu u příčníků jednotlivých nosných bran a to z hodnoty 0,4mm v případě jednosměrného modulu na hodnotu 2,5mm. Vzhledem k této skutečnosti musí být sjednoceny dilatace na jednotlivých spojích kolejnic.

5.4 Kočka



Obrázek 32: Kočka [20]

5.4.1 Popis konstrukce

Základ konstrukce tvoří jednoduchý svařenec, který se skládá z několika dílů, a to bočních plechů, čepů, osy a trubičky pro její vyztužení. Boční plechy jsou díly pálené z plechu materiálu ST52-3 tloušťky 15mm v požadovaném tvaru. Čepy pojízdných koleček tvoří ocelová kulatina, materiálu 14220, s osazením a úpravou pro pojistný kroužek. Osa kočky je ocelová kulatina opatřená vyztužovacími nákrůžky přivařenými k bočním plechům. Konstrukce se dále skládá z koleček a ložisek typu 6002 (pod každým kolečkem 2ks). Kolečka jsou rovněž z materiálu 14220.

5.4.2 Zatížení

5.4.2.1 Stálé

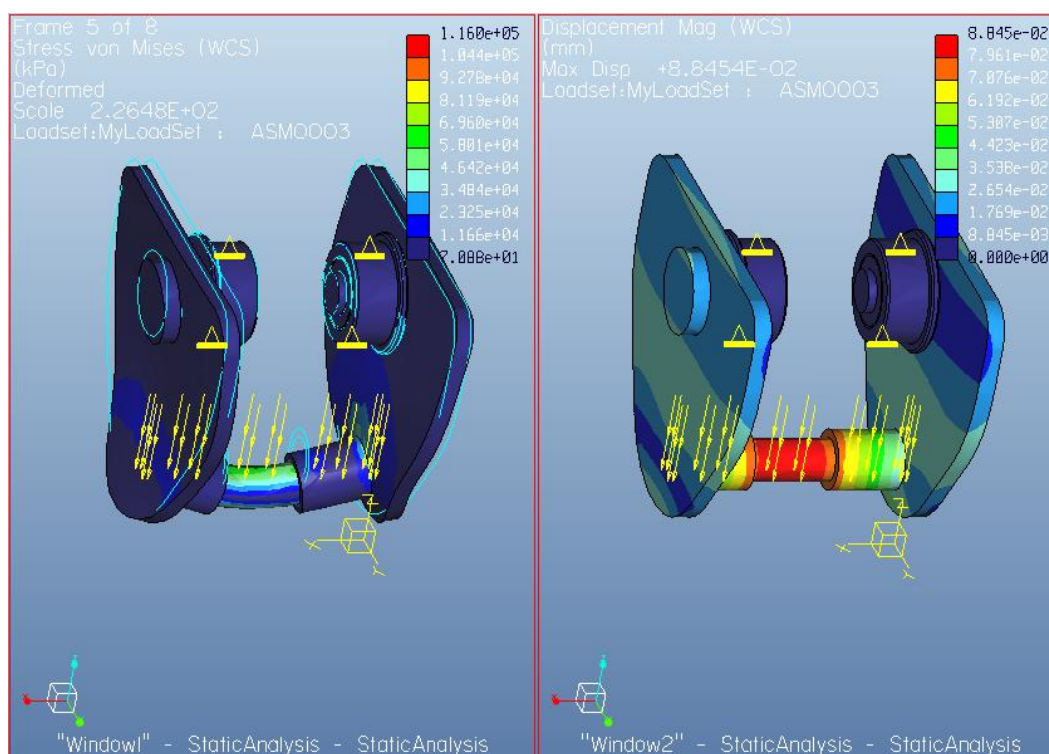
Stálé zatížení je zatížení od vlastní hmotnosti kočky. Hmotnost jedné kočky je 5,89kg, což udává při počtu pěti koček na 1m délky dráhy hodnotu stálého zatížení přibližně 0,295 kN.m⁻¹. Při výpočtu stálého zatížení je uvažována měrná hmotnost oceli 7850kg.m⁻³.

5.4.2.2 Nahodilé užité

Navrhované užité zatížení kočky je srovnatelné s mezním bodovým zatížením dráhy a činí $7,5\text{kN} = 750\text{Kg}$.

5.4.3 Pevnostní analýza

V programu Pro Engineer/Creo byl vypracován model zatěžovacího stavu kočky. Síla působící na kolík je v rovině „z“ o velikosti 10kN . Opěrné plochy tvoří kolečka. Veškeré spoje jsou uvažovány jako tuhé. Maximální průhyb a napětí je čitelné z obrázku viz níže. Kočka požadované zatížení vyhoví.



Obrázek 33: Zatížení kočky [20]

5.5 Povrchová úprava konstrukce

Konstrukce bude v celém svém rozsahu ošetřena vodou ředitelnou nátěrovou hmotou na bázi epoxidové pryskyřice (od firmy J.Sigel & Sohn GmbH). Tloušťky nátěrových vrstev budou odpovídat standardnímu nátěrovému systému pro ocelové konstrukce tzn. základová vrstva 80 μ m, krycí vrstva 80 μ m, celkem tedy min. 160 μ m. Požadovaný odstín barvy pak dle výběru vzorníku RAL.

5.6 Upevnění konstrukce

Sloupy nosné konstrukce je nutno po celé délce dráhy řádně upevnit k podlaze. Materiály podložky zde jsou podlahový beton tzv. drátkobeton, v prostoru lakovacího a odmašťovacího boxu pak ocelové rošty (s maximálním užitným zatížením viz kapitola 3.2). Sloupy budou v prostorách betonové podlahy spojeny pomocí chemických kotev (pro jeden sloup 2 kotvy). V lakovacím a odmašťovacím boxu bude nutno použít ocelové svorníky a přírubu.

5.7 Výkaz materiálu

Tabulka 8: Výkaz materiálu

	díl	materiál	mm	kg/mj	Počet [ks]	hmotnost [kg]	
konstrukce	kolejnice přímá	IPE 140	3000	38,70	31	1199,70	1494,30
	kolejnice 90°	IPE 140	3000	38,70	6	232,20	
	kolejnice 180°	IPE 140	6000	62,40	1	62,40	
	příčník	HEA120	1500	31,85	17	541,45	4436,25
	příčník	HEA120	3000	61,70	10	617,00	
	stojna	HEA120	3000	60,70	54	3277,80	
	pásnice	ST52-3	300	1,00	40	40,00	
	pásnice 90°	ST52-3			1,20	108	129,60
šroub M14				0,20	378	75,60	
Kočka	počet koček				20		
	boční plech	ST52-3		1,56	40	62,40	79,80
	čep	ST37K		0,10	40	4,00	
	TR \varnothing 30x5	ST37K	30	0,10	40	4,00	
	osa \varnothing 20	ST37K	110	0,27	20	5,40	
	ložisko 6002ZZ			0,05	80	4,00	
celkem						6255,55	

5.8 Ekonomické zhodnocení

Tabulka 9: Ekonomické zhodnocení

Materiál	mj	Kč/mj	Kč
IPE 140	1494,3	22,05	32949,32
HEA120	4436,25	24,87	110329,54
ST52-3 3000x1000x15	169,6	26,40	4477,44
šroub M14	378	0,68	257,04
matka M14	378	0,37	139,86
podložka	378	0,20	75,60
čep	40	10	400,00
TRØ30x5	1200	139,00	166,80
ST37K Ø20	2200	30,00	66,00
ložisko 6002ZZ	80	10,89	871,20
Dopravník			149732,80
vrata lakovna DOORHAN	1	130000,00	130000,00
vrata sušárna DOORHAN (přední)	2	130000,00	260000,00
vrata sušárna DOORHAN (boční)	1	25000,00	25000,00
Dodatečné vybavení			415000,00
CELKEM			564732,80

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout řešení dopravníku ke zlepšení průchodu výrobků technologickým procesem lakování. Práce je zaměřená na komplexní technický návrh zařízení určeného pro dané pracoviště a poukazuje na veškerou problematiku spojenou s výstavbou.

Její první polovina je věnována rešeršní části, kde byly například uvedeny druhy a dělení dopravníků, jejich historie a skici jednotlivých konstrukcí. Pomyslná druhá polovina byla věnována řešení víceoperačního pracoviště, jeho dispozic a již vybranému typu zařízení, které by bylo instalováno. Návrh dopravníku obsahuje na základě výpočtů zvolené průřezy ocelové konstrukce, konstrukční řešení kočky a základní ověření statiky těchto dílců. Práce obsahuje také ostatní, neméně důležité, části technické zprávy jako dispoziční úpravy, bezpečnost práce, výkaz materiálu a příklad výrobní dokumentace.

Důležitým aspektem pro návrh dopravníku jsou vstupní data a informace, které jsem získal od zadavatele práce - v průmyslu, a osvojil si tak budoucí spolupráci ve strojírenství. Vzhledem k tomu, že je práce pojata spíše koncepčně, nejsou všechny detaily návrhu vypracované do produkční podoby. Zařízení bylo navrhováno s ohledem na dvě důležité specifikace dané zadavatelem, které práci udávají hlavní myšlenku a směr. Jedná se o vlastní výrobu tzv. samovýrobu a vestavbu do požadovaných prostorů.

Myslím, že stanovené zadání s vypracováním této práce nijak nekoliduje a že některé ze zde obsažených myšlenek mohou pomoci při budoucí realizaci dopravníku ve výrobním podniku.

6.1 Seznam použitých zdrojů

- [1] STUDNIČKA, J.: Ocelové konstrukce, Vydavatelství ČVUT Praha, 2004. 144s ISBN80-01-02942-5
- [2] VRANÝ, T, WALD, F.: Ocelové konstrukce – tabulky, Vydavatelství ČVUT Praha, 2009. 56s
- [3] MOTYČKA L.: Kovové konstrukce, Sobotáles Praha, 2010. 139s
- [4] POLÁK, J. PAVLISKA, J. SLÍVA, A.: Dopravní a manipulační zařízení I., Vydavatelství VŠBT Ostrava, 106s
- [5] Doprava a manipulace s materiálem, Ing. Hartl, J. www.ulozto.cz 2010 [cit. 2014-02-11]
<http://uloz.to/xSckQZPv/2-doprava-a-manipulace-s-materialem-pdf>
- [6] DURKOVIČ, O.: Dopravní a manipulační stroje, Vydavatelství VŠZ Praha, 1995. 221s ISBN 80-213-0134-1
- [7] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J Příručka strojího inženýra Brno, Computer Press, 1999
- [9] WIKIPEDIA [online], Henry Ford. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Ford
- [10] Tůma, V. Dopravník v automobilce. Dostupné z:
<http://www.moskvichklub.cz/clanek40.htm>
- [11] D.S.K. engineering s.r.o.. Dopravník s modulárním pásem . Dostupné z:
<http://www.dskengineering.cz/?page=vyrobek-dopravnik-DMP.php>
- [12] Dopravníky, Ing. Staková, A. Dostupné z: <http://www.ulozto.cz/xXNk3aeW/dopravniky-pptx>
- [13] JK Machinery, s.r.o., Pneumatický dopravník. Dostupné z: <http://www.jk-machinery.sk/630/mobilne-pneumaticke-dopravniky-pre-polnohospodarstvo/>
- [14] OXYGENIC s.r.o., Pojízdny vĚšák. Dostupné z: <http://www.party-vybaveni.cz/pojizdne-vesaky-a-paravany/3375-pojizdny-vesak-rio.html>
- [15] 2TS s.r.o., Vázací prostředky. Dostupné z: <http://www.2ts.cz>
- [16] Vertikálně posuvná vrata. Dostupné z: <http://www.cekov.cz/praskova-lakovna>
- [17] Hydraulický dopravník. Dostupné z: [www. Obchod.pumpa.cz](http://www.obchod.pumpa.cz)
- [18] Řetězový pohon. Dostupné z: <http://www.nimmrichter.cz/dopravniky-podcon.php>
- [19] Reis , Výkresová dokumentace.
- [20] PTC Creo, dokumentace.
- [21] Scia Engineer, dokumentace.
- [22] Reis, fotodokumentace.

6.2 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Henry Ford [9]	10
Obrázek 2 Dopravník v automobilovém průmyslu [10]	10
Obrázek 3: Mechanický pásový dopravník [11]	14
Obrázek 4: Pásový dopravník [6]	15
Obrázek 5: Článkový dopravník [6]	15
Obrázek 6: Šnekový dopravník [6]	16
Obrázek 7: Závěsový dopravník [6]	16
Obrázek 8: Hřeblový dopravník [6]	17
Obrázek 9: Korečkový dopravník [6]	17
Obrázek 10: Válečkový dopravník [6]	18
Obrázek 11: Vibrační dopravník [6]	18
Obrázek 12: Skluzový dopravník [6]	19
Obrázek 13: Hydraulický dopravník [17]	19
Obrázek 14: Pneumatický dopravník [13]	20
Obrázek 15: Pojízdny věšák [14]	21
Obrázek 16: Situace popisovaného pracoviště [20].....	22
Obrázek 17: Půdorys popisovaného pracoviště [19]	26
Obrázek 18: Ilustrační ukázka uzavřené dopravníkové dráhy [12]	30
Obrázek 19: Závěsný dopravník jednodráhový [6]	31
Obrázek 20: Závěsný dopravník dvoudráhový [6]	31
Obrázek 21: Závěs [6]	32
Obrázek 22: Řetězový pohon [18].....	34
Obrázek 23: Vázací a uchopovací prostředky [15]	35
Obrázek 24: Halter (4,9kg) [19]	37
Obrázek 25: Jochplatte TUS130 (2320kg) [19].....	37
Obrázek 26: Budoucí vertikálně [22].....	38
Obrázek 27: Stávající horizontálně [16]	38
Obrázek 28: Půdorys výrobní haly č.2 [19]	38
Obrázek 29: Jednotlivé části konstrukce [20]	40
Obrázek 30: Deformace jednosměrného modulu [21]	46

Obrázek 31: Deformace obousměrného modulu [21]	47
Obrázek 32: Kočka [20]	48
Obrázek 33: Zatížení kočky [20]	49

6.3 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Řády manipulačních jednotek	13
Tabulka 2: Shrnutí specifikace požadavků	28
Tabulka 3: Druhy válcovaných tyčí	33
Tabulka 4: Spotřeba barev	36
Tabulka 5: Příklady dílů	37
Tabulka 6: Výpočet průřezu nosníku (kolejnice) dráhy.....	44
Tabulka 7: Výpočet průřezu nosníku stojny	45
Tabulka 8: Výkaz materiálu	50
Tabulka 9: Ekonomické zhodnocení.....	51

6.4 Seznam použitého software

Microsoft Office

PTC Creo 2.0

Scia Engineer 2009

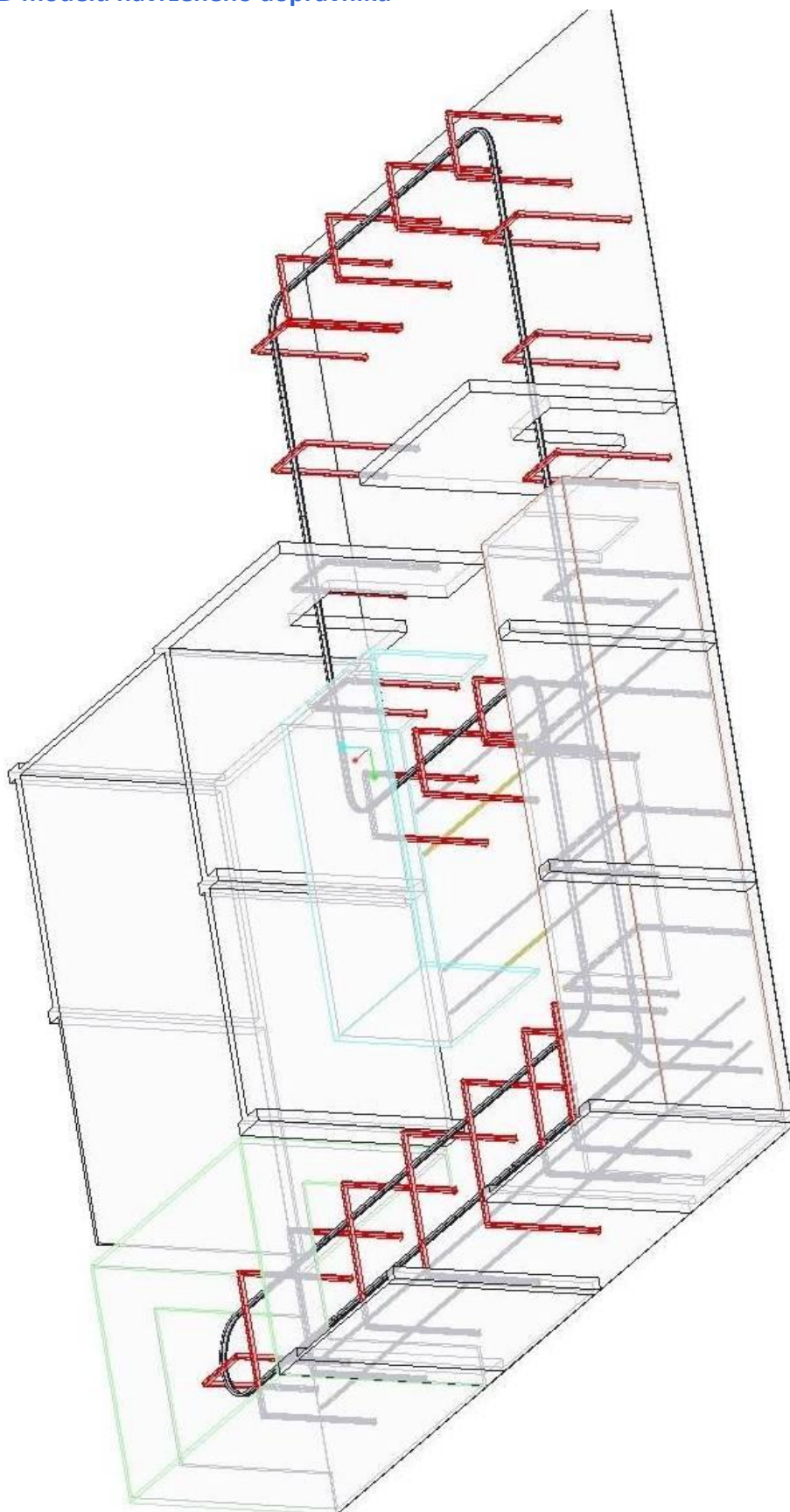
6.5 Seznam použitých značek a symbolů

zkratka	jednotky	popis
m	[kg]	hmotnost
t	[s]	čas
p	[N]	tlak
L	[m]	délka
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
π	[-]	Ludolfovo číslo
\varnothing	[mm]	průměr
M14	[mm]	metrické označení závitu
γ_G	[-]	součinitel zatížení od gravitačního zrychlení
γ_S	[-]	součinitel užitečného zatížení

γ_{MO}	[-]	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M1}	[-]	součinitel únosnosti pro zatížení sloupu
E	[MPa]	modul pružnosti
f_y	[MPa]	mez kluzu
β_A	[-]	součinitel pro třídy průřezu 1,2,3,
λ_y	[-]	součinitel štíhlosti
χ_y	[-]	součinitel štíhlosti
χ_{min}	[-]	součinitel vzpěrnosti
A_V	[mm ²]	plocha stěny (osa "z") ve smyku
M_{sd}	[kNm]	ohybový moment
V_{sd}	[kN]	vnitřní síla
W_{ply}	[mm ³]	plastický průřezový modul
w_d	[mm]	dovolený průhyb
I_y	[mm ⁴]	moment setrvačnosti k ose
i_y	[mm]	poloměr setrvačnosti k ose
$M_{pl,rd}$	[kNm]	moment únosnosti
$V_{pl,rd}$	[kN]	únosnost ve smyku
h	[mm]	výška profilu
b	[mm]	šířka profilu
t_w	[mm]	tloušťka stojny
t_f	[mm]	tloušťka pásnice
$c=b/2$	[mm]	polovina šířky pásnice
d	[mm]	výška stojny
A	[mm ²]	plocha průřezu
N_{brd}	[kN]	vzpěrná únosnost
$V_{sd/2}$	[kN]	maximální síla působící na sloup

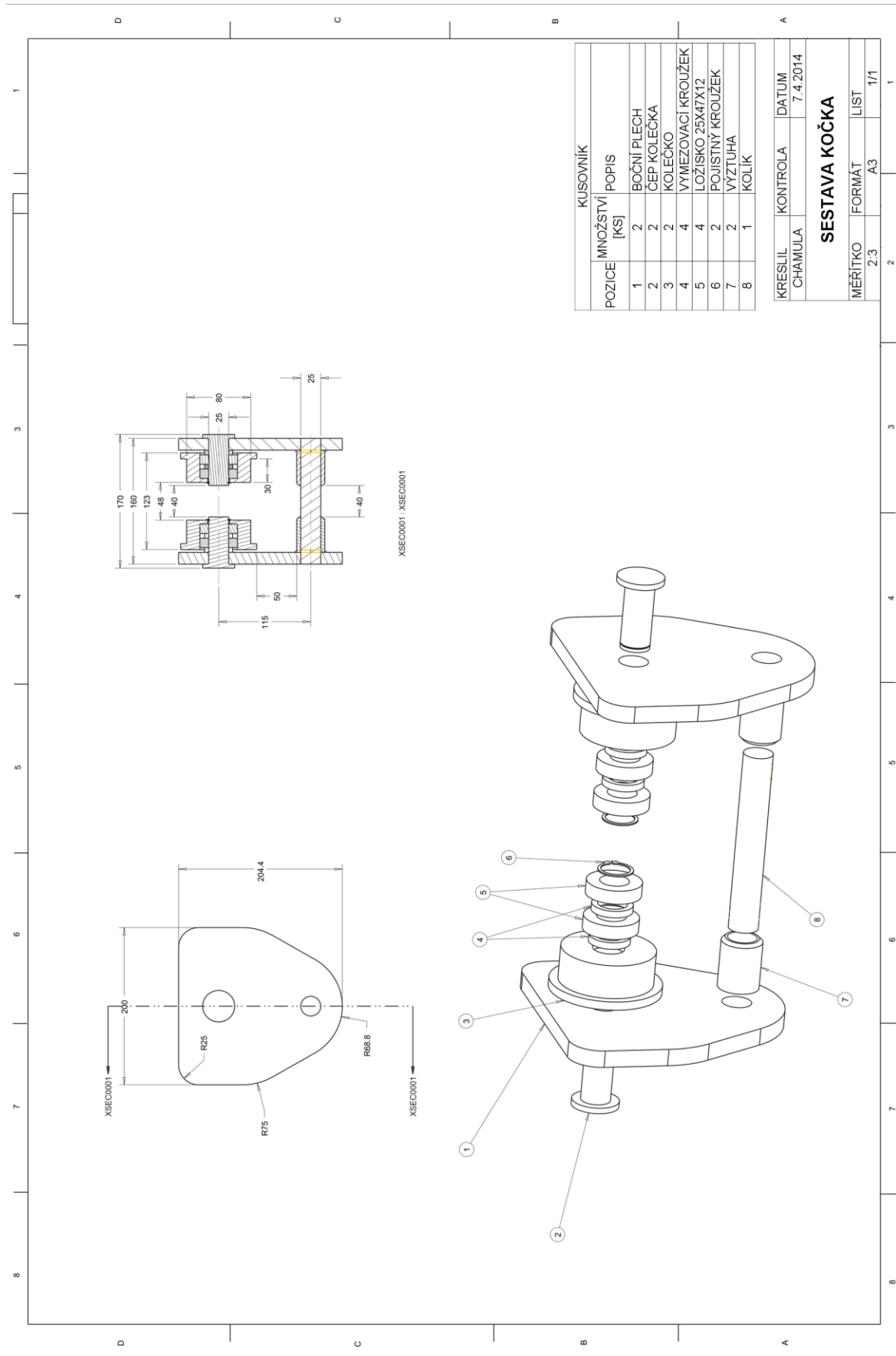
PŘÍLOHA č. 1

Obrázky CAD modelu navrženého dopravníku



PŘÍLOHA č. 2

Výrobní výkres dílce



PŘÍLOHA č. 3

Posudek oceli (jednosměrný modul)

Posudek prutu podle ČSN 731401 - 1998

Součinitele spolehlivosti $\gamma_{M0} = 1.15$ $\gamma_{M1} = 1.15$
Standardní výpis.

Nosník : B1, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-3.8	0.0	-0.2	-0.0	-0.6	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.03

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.38$ $N_{sd}=3.8$ $N_{brd}=197.8$ 0.02

Ohyb y-y : $\chi=0.87$ $M_{sd}=0.6$ $M_{brd}=21.3$ 0.03

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.43$ $m_{iz}=0.11$ $miLT=0.13$

- vzpěr: $\chi=0.38$ $\kappa_y=1.01$ $\kappa_z=1.00$ 0.05

- klopení: $\chi_Z=0.51$ $\kappa_{LT}=1.00$ $\kappa_z=1.00$ 0.04

Maximální jednotkový posudek = **0.05 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B2, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-3.8	0.0	0.2	0.0	0.6	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.03

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.33$ $N_{sd}=3.8$ $N_{brd}=170.8$ 0.02

Ohyb y-y : $\chi=0.87$ $M_{sd}=0.6$ $M_{brd}=21.3$ 0.03

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.48$ $m_{iz}=0.11$ $miLT=0.13$

- vzpěr: $\chi=0.33$ $\kappa_y=1.01$ $\kappa_z=1.00$ 0.05

- klopení: $\chi_Z=0.51$ $\kappa_{LT}=1.00$ $\kappa_z=1.00$ 0.04

Maximální jednotkový posudek = **0.05 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B3, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-3.8	-0.0	-0.2	0.0	-0.6	-0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.03

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.33$ $N_{sd}=3.8$ $N_{brd}=170.8$ 0.02

Ohyb y-y : $\chi=0.87$ $M_{sd}=0.6$ $M_{brd}=21.3$ 0.03

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.48$ $m_{iz}=0.11$ $miLT=0.13$

- vzpěr: $\chi=0.33$ $\kappa_y=1.01$ $\kappa_z=1.00$ 0.05

- klopení: $\chi_Z=0.51$ $\kappa_{LT}=1.00$ $\kappa_z=1.00$ 0.04

Nosník : B4, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-3.8	-0.0	0.2	0.0	0.6	-0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.03

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.38$ $N_{sd}=3.8$ $N_{brd}=197.8$ 0.02

Ohyb y-y : $\chi=0.87$ $M_{sd}=0.6$ $M_{brd}=21.3$ 0.03

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.43$ $m_{iz}=0.11$ $miLT=0.13$

- vzpěr: $\chi=0.38$ $\kappa_y=1.01$ $\kappa_z=1.00$ 0.05

- klopení: $\chi_Z=0.51$ $\kappa_{LT}=1.00$ $\kappa_z=1.00$ 0.04

Maximální jednotkový posudek = **0.05 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B9, L=3.000m, Průřez : IPE140, S 235

třída 1

řez=1.500m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.0	-0.0	0.0	0.0	5.6	0.0
Limit	335.1	118.9	77.6	0.0	18.1	3.9
souč.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.31

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.22$ $N_{sd}=0.0$ $N_{brd}=74.7$ 0.00

Ohyb y-y : $\chi=0.62$ $M_{sd}=5.6$ $M_{brd}=11.1$ 0.50

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.77$ $m_{iz}=-0.21$ $miLT=0.26$

- vzpěr: $\chi=0.22$ $\kappa_y=1.00$ $\kappa_z=1.00$ 0.31

- klopení: $\chi_Z=0.22$ $\kappa_{LT}=1.00$ $\kappa_z=1.00$ 0.50

Maximální jednotkový posudek = **0.50 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B10, L=1.500m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=0.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.2	0.0	3.8	0.0	-0.6	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.02

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.90$ $N_{sd}=0.2$ $N_{brd}=465.6$ 0.00

Ohyb y-y : $\chi=0.99$ $M_{sd}=0.6$ $M_{brd}=24.4$ 0.02

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.42$ $m_{iz}=0.43$ $miLT=-0.07$

- vzpěr: $\chi=0.90$ $\kappa_y=1.00$ $\kappa_z=1.00$ 0.02

- klopení: $\chi_Z=0.97$ $\kappa_{LT}=1.00$ $\kappa_z=1.00$ 0.02

Maximální jednotkový posudek = **0.05 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B10, L=1.500m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=0.750m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.2	0.0	3.8	0.0	2.2	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.06	0.00	0.09	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.09

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.90 Nsd=0.2 Nbrd=465.6 0.00

Ohyb y-y : chi=0.99 Msd=2.2 Mbrd=24.4 0.09

Tlak + ohyb : miy=-0.42 miz=0.43 miLT=-0.07

- vzpěr: chi=0.90 ky=1.00 kz=1.00 0.09

- klopení: chiZ=0.97kLT=1.00 kz=1.00 0.09

Maximální jednotkový posudek = **0.09 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B10, L=1.500m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=1.500m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.2	-0.0	-3.8	-0.0	-0.6	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.02

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.90 Nsd=0.2 Nbrd=465.6 0.00

Ohyb y-y : chi=0.99 Msd=0.6 Mbrd=24.4 0.02

Tlak + ohyb : miy=-0.42 miz=0.43 miLT=-0.07

- vzpěr: chi=0.90 ky=1.00 kz=1.00 0.02

- klopení: chiZ=0.97kLT=1.00 kz=1.00 0.02

Maximální jednotkový posudek = **0.06 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B11, L=1.500m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=0.000m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.2	-0.0	3.8	-0.0	-0.6	-0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.02

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.90 Nsd=0.2 Nbrd=465.6 0.00

Ohyb y-y : chi=0.99 Msd=0.6 Mbrd=24.4 0.02

Tlak + ohyb : miy=-0.42 miz=0.43 miLT=-0.07

- vzpěr: chi=0.90 ky=1.00 kz=1.00 0.02

- klopení: chiZ=0.97kLT=1.00 kz=1.00 0.02

Maximální jednotkový posudek = **0.06 - průřez vyhovuje.**

Maximální jednotkový posudek = **0.06 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B11, L=1.500m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=0.750m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.2	-0.0	3.8	-0.0	2.2	-0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.06	0.00	0.09	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.09

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.90 Nsd=0.2 Nbrd=465.6 0.00

Ohyb y-y : chi=0.99 Msd=2.2 Mbrd=24.4 0.09

Tlak + ohyb : miy=-0.42 miz=0.43 miLT=-0.07

- vzpěr: chi=0.90 ky=1.00 kz=1.00 0.09

- klopení: chiZ=0.97kLT=1.00 kz=1.00 0.09

Maximální jednotkový posudek = **0.09 - průřez vyhovuje.**

Nosník : B11, L=1.500m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=1.500m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.2	0.0	-3.8	0.0	-0.6	-0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.02

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.90 Nsd=0.2 Nbrd=465.6 0.00

Ohyb y-y : chi=0.99 Msd=0.6 Mbrd=24.4 0.02

Tlak + ohyb : miy=-0.42 miz=0.43 miLT=-0.07

- vzpěr: chi=0.90 ky=1.00 kz=1.00 0.02

- klopení: chiZ=0.97kLT=1.00 kz=1.00 0.02

Maximální jednotkový posudek = **0.06 - průřez vyhovuje.**

Posudek oceli (obousměrný modul)

Posudek prutu podle ČSN 731401 - 1998

Součinitele spolehlivosti $\gamma_{M0} = 1.15$ $\gamma_{M1} = 1.15$
Standardní výpis.

Nosník : B1, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-7.5	0.0	-0.8	-0.0	-2.5	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.01	0.00	0.01	0.00	0.10	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.11

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.37$ $N_{sd}=7.5$ $N_{brd}=191.1$ 0.04

Ohyb y-y : $\chi=0.87$ $M_{sd}=2.5$ $M_{brd}=21.3$ 0.12

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.44$ $m_{iz}=0.11$ $m_{iLT}=0.13$

- vzpěr: $\chi=0.37$ $k_y=1.02$ $k_z=1.00$ 0.15

- klopení: $\chi_Z=0.51$ $k_{LT}=1.00$ $k_z=1.00$ 0.15

Maximální jednotkový posudek = 0.15 - průřez vyhovuje.

Nosník : B3, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-7.5	-0.0	-0.8	0.0	-2.5	-0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.01	0.00	0.01	0.00	0.10	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.11

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.27$ $N_{sd}=7.5$ $N_{brd}=137.2$ 0.05

Ohyb y-y : $\chi=0.87$ $M_{sd}=2.5$ $M_{brd}=21.3$ 0.12

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.57$ $m_{iz}=0.11$ $m_{iLT}=0.13$

- vzpěr: $\chi=0.27$ $k_y=1.03$ $k_z=1.00$ 0.16

- klopení: $\chi_Z=0.51$ $k_{LT}=1.00$ $k_z=1.00$ 0.15

Maximální jednotkový posudek = 0.16 - průřez vyhovuje.

Nosník : B10, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-7.5	0.0	0.8	0.0	2.5	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.01	0.00	0.01	0.00	0.10	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.11

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.27$ $N_{sd}=7.5$ $N_{brd}=137.2$ 0.05

Ohyb y-y : $\chi=0.87$ $M_{sd}=2.5$ $M_{brd}=21.3$ 0.12

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.57$ $m_{iz}=0.11$ $m_{iLT}=0.13$

- vzpěr: $\chi=0.27$ $k_y=1.03$ $k_z=1.00$ 0.16

- klopení: $\chi_Z=0.51$ $k_{LT}=1.00$ $k_z=1.00$ 0.15

Maximální jednotkový posudek = 0.16 - průřez vyhovuje.

Nosník : B11, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-7.5	-0.0	0.8	-0.0	2.5	-0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.01	0.00	0.01	0.00	0.10	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.11

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.37$ $N_{sd}=7.5$ $N_{brd}=191.1$ 0.04

Ohyb y-y : $\chi=0.87$ $M_{sd}=2.5$ $M_{brd}=21.3$ 0.12

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.44$ $m_{iz}=0.11$ $m_{iLT}=0.13$

- vzpěr: $\chi=0.37$ $k_y=1.02$ $k_z=1.00$ 0.15

- klopení: $\chi_Z=0.51$ $k_{LT}=1.00$ $k_z=1.00$ 0.15

Maximální jednotkový posudek = 0.15 - průřez vyhovuje.

Nosník : B12, L=3.000m, Průřez : IPE140, S 235

třída 1

řez=1.500m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	-0.0
Limit	335.1	118.9	77.6	0.0	18.1	3.9
souč.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.31

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.38$ $N_{sd}=0.0$ $N_{brd}=125.8$ 0.00

Ohyb y-y : $\chi=0.62$ $M_{sd}=5.6$ $M_{brd}=11.1$ 0.50

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.81$ $m_{iz}=-1.98$

$m_{iLT}=0.15$

- vzpěr: $\chi=0.38$ $k_y=1.00$ $k_z=1.00$ 0.31

- klopení: $\chi_Z=0.38$ $k_{LT}=1.00$ $k_z=1.00$ 0.50

Maximální jednotkový posudek = 0.50 - průřez vyhovuje.

Nosník : B13, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=0.000m kombi únos.=1 $f_y=235.0\text{MPa}$

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.8	0.0	7.5	0.0	-2.5	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.11	0.00	0.10	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.10

Posudek stability souč.

Tlak : $\chi=0.66$ $N_{sd}=0.8$ $N_{brd}=340.5$ 0.00

Ohyb y-y : $\chi=0.99$ $M_{sd}=2.5$ $M_{brd}=24.4$ 0.10

Tlak + ohyb : $m_{iy}=-0.95$ $m_{iz}=0.43$ $m_{iLT}=-0.06$

- vzpěr: $\chi=0.66$ $k_y=1.00$ $k_z=1.00$ 0.11

- klopení: $\chi_Z=0.97$ $k_{LT}=1.00$ $k_z=1.00$ 0.11

Maximální jednotkový posudek = 0.11 - průřez vyhovuje.

Nosník : B13, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=0.750m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.8	-0.0	-0.0	-0.0	3.1	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.13

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.66 Nsd=0.8 Nbrd=340.5 0.00

Ohyb y-y : chi=0.95 Msd=3.1 Mbrd=23.3 0.13

Tlak + ohyb : miy=-0.95 miz=-0.42 miLT=-0.06

- vzpěr: chi=0.66 ky=1.00 kz=1.00 0.13

- klopení: chiZ=0.83kLT=1.00 kz=1.00 0.14

Maximální jednotkový posudek = 0.14 - průřez vyhovuje.

Nosník : B13, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.8	-0.0	-7.5	-0.0	-2.5	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.11	0.00	0.10	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.10

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.66 Nsd=0.8 Nbrd=340.5 0.00

Ohyb y-y : chi=0.99 Msd=2.5 Mbrd=24.4 0.10

Tlak + ohyb : miy=-0.95 miz=0.43 miLT=-0.06

- vzpěr: chi=0.66 ky=1.00 kz=1.00 0.11

- klopení: chiZ=0.97kLT=1.00 kz=1.00 0.11

Maximální jednotkový posudek = 0.11 - průřez vyhovuje.

Nosník : B14, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=0.000m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.8	-0.0	7.5	-0.0	-2.5	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.11	0.00	0.10	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.10

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.66 Nsd=0.8 Nbrd=340.5 0.00

Ohyb y-y : chi=0.99 Msd=2.5 Mbrd=24.4 0.10

Tlak + ohyb : miy=-0.95 miz=0.43 miLT=-0.06

- vzpěr: chi=0.66 ky=1.00 kz=1.00 0.11

- klopení: chiZ=0.97kLT=1.00 kz=1.00 0.11

Maximální jednotkový posudek = 0.11 - průřez vyhovuje.

Nosník : B14, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=0.750m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.8	-0.0	0.0	0.0	3.1	-0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.13

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.66 Nsd=0.8 Nbrd=340.5 0.00

Ohyb y-y : chi=0.95 Msd=3.1 Mbrd=23.3 0.13

Tlak + ohyb : miy=-0.95 miz=-0.42 miLT=-0.06

- vzpěr: chi=0.66 ky=1.00 kz=1.00 0.13

- klopení: chiZ=0.83kLT=1.00 kz=1.00 0.14

Maximální jednotkový posudek = 0.14 - průřez vyhovuje.

Nosník : B14, L=3.000m, Průřez : HEA120, S 235

třída 1

řez=3.000m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.8	0.0	-7.5	0.0	-2.5	0.0
Limit	517.0	226.5	67.2	0.0	24.5	12.1
souč.	0.00	0.00	0.11	0.00	0.10	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.10

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.66 Nsd=0.8 Nbrd=340.5 0.00

Ohyb y-y : chi=0.99 Msd=2.5 Mbrd=24.4 0.10

Tlak + ohyb : miy=-0.95 miz=0.43 miLT=-0.06

- vzpěr: chi=0.66 ky=1.00 kz=1.00 0.11

- klopení: chiZ=0.97kLT=1.00 kz=1.00 0.11

Maximální jednotkový posudek = 0.11 - průřez vyhovuje.

Nosník : B15, L=3.000m, Průřez : IPE140, S 235

třída 1

řez=1.500m kombi únos.=1 fy=235.0MPa

Posudek únosnosti	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Návrh	-0.0	0.0	0.0	-0.0	5.6	0.0
Limit	335.1	118.9	77.6	0.0	18.1	3.9
souč.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00

Obecná podmínka - vzorec (6.19) 0.31

Posudek stability souč.

Tlak : chi=0.38 Nsd=0.0 Nbrd=125.8 0.00

Ohyb y-y : chi=0.62 Msd=5.6 Mbrd=11.1 0.50

Tlak + ohyb : miy=-0.81 miz=-1.98

miLT=0.15

- vzpěr: chi=0.38 ky=1.00 kz=1.00 0.31

- klopení: chiZ=0.38kLT=1.00 kz=1.00 0.50

Maximální jednotkový posudek = 0.50 - průřez vyhovuje.