



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní



# Inovace vykládací stanice pro tuhá alternativní paliva

Diplomová práce

*Studijní program:* N2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 3909T010 – Inovační inženýrství  
*Autor práce:* **Bc. Zbyněk Brodský**  
*Vedoucí práce:* prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Zbyněk Brodský  
Osobní číslo: S14000355  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: Inovační inženýrství  
Název tématu: Inovace vykládací stanice pro tuhá alternativní paliva  
Zadávací katedra: Katedra částí a mechanismů strojů

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

Inovujte stávající vykládací stanici pro tuhá alternativní paliva. Řešení musí splňovat požadavky na co nejlepší využití přepravní kapacity, nesmí být hmotnostně ani konstrukčně nepřijatelné.

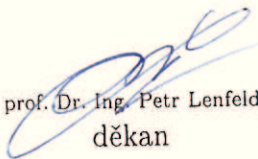
1. Představení úkolu (cíl, seznámení s výrobkem, stávajícím řešením)
2. Naplánování projektu (harmonogram, inovační příležitosti, inovační prohlášení)
3. Návrh čtyř řešení, zhodnocení jednotlivých variant a výběr nejlepšího řešení.
4. Rozpracování konečné varianty (konstrukce, výpočty, výkresy vybrané varianty)
5. Ekonomické zhodnocení
6. Závěrečné zhodnocení

Rozsah grafických prací: přílohy dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 50  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

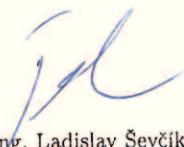
- [1] MAŠÍN, I. a ŠEVČÍK, L. *Metody inovačního inženýrství*. Liberec: IPI 2006. ISBN 80-903533-0-4  
[2] PEŠÍK, L. *Části strojů. 1. díl*. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-938-4  
[3] PEŠÍK, L. *Části strojů. 2. díl*. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-939-2  
[4] POLÁK J. a BICHLER J. *Dopravní zařízení v hlubinných dolech*. Ostrava : Vysoká škola báňská, 1990. Výzkumná zpráva.

[www.tegel-technik.de](http://www.tegel-technik.de)  
[www.f-system.cz](http://www.f-system.cz)  
[www.mecalux.cz](http://www.mecalux.cz)  
[www.schwenk.de](http://www.schwenk.de)

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.  
Katedra částí a mechanismů strojů  
Konzultant diplomové práce: Ing. František Vaněk  
Datum zadání diplomové práce: 14. listopadu 2014  
Termín odevzdání diplomové práce: 25. května 2015

  
prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



  
prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. listopadu 2014

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 8.1.2016

Podpis:





## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Prof. Ing. Ladislavu Ševčíkovi, CSc. za odborné vedení a poskytnutí mnoha cenných rad při zpracovávání této diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Michalu Mikulcovi CSc. ze společnosti Beumer Group Czech Republic a.s., za odborné rady týkající se návrhu vykládací stanice. Rád bych poděkoval pánům Ing. Františku Vaňkovi a Ladislavu Lhotskému také ze společnosti Beumer Group Czech Republic a.s., za poskytnutí rad a podkladů týkajících se konstrukce vykládací stanice.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce je zaměřena na inovaci vykládací stanice pro tuhá alternativní paliva zadané společností Beumer Group Czech Republic a.s. Z inovačních návrhů byl pomocí rozhodovacích kritérií vybrán vítězný návrh, který byl podrobněji zpracován ve výpočtové zprávě a zpracována ve výkresové dokumentaci.

## **Klíčová slova**

Vykládací stanice, tuhá alternativní paliva, inovace

## **Abstract**

This Diploma These is focused on innovation of Unloading Station for Solid Alternative Fuels assigned by Beumer Group Czech Republic a.s. By the decision-making criteria the winning proposal was selected and was further elaborated in the calculation report and developed in the drawing documentation.

## **Key words**

Unloading Station, Solid Alternative Fuels, Innovations

# Obsah

Úvod .....	- 12 -
1 Beumer GROUP .....	- 13 -
1.1 Společnost Beumer GROUP Czech Republic a.s. ....	- 13 -
2 Cíl práce .....	- 14 -
3 Tuhá alternativní paliva.....	- 16 -
4 Popis dopravního systému TAP .....	- 18 -
4.1 Proces vykládky .....	- 18 -
4.1.1 Nákladní vozidla .....	- 18 -
4.1.2 Jízdní soupravy .....	- 19 -
4.2 Magnetický bubnový separátor.....	- 19 -
4.3 Dávkovací váha.....	- 20 -
4.4 Pneumatický dopravník .....	- 21 -
5 Současný stav .....	- 22 -
5.1 Předmět inovace.....	- 23 -
5.2 Inovační záměr.....	- 23 -
5.3 Časový harmonogram .....	- 23 -
6 Přehled známých řešení.....	- 24 -
6.1 Vykládací stanice se šnekovým dnem .....	- 24 -
6.2 Vykládací stanice s řetězovým dopravníkem .....	- 25 -
6.3 Hydraulická vykládací stanice .....	- 26 -
6.4 Vykládací stanice s korečkovým elevátorem.....	- 27 -
7 Konstrukční inovační návrhy .....	- 29 -
7.1 Vykládací stanice s řetězovým pásovým dopravníkem č. 1 .....	- 29 -
7.2 Vykládací stanice s řetězovým pásovým dopravníkem č. 2 .....	- 31 -
7.3 Vykládací stanice s pásovým dopravníkem č. 1 .....	- 31 -
7.4 Vykládací stanice s pásovým dopravníkem č. 2 .....	- 32 -
8 Výběr optimálního konstrukčního návrhu .....	- 33 -

8.1	Objemový průtok .....	- 34 -
8.2	Hmotnostní průtok .....	- 36 -
8.3	Sklon dopravníku .....	- 36 -
8.4	Dopravní výška a vzdálenost .....	- 37 -
8.5	Soudržnost materiálu.....	- 38 -
8.6	Zrnitost materiálu .....	- 38 -
8.7	Chování materiálu během přepravy .....	- 39 -
8.8	Teplota dopravovaného materiálu.....	- 40 -
8.9	Environmentální aspekty.....	- 40 -
8.10	Skladová zásoba materiálu na dopravníku .....	- 40 -
8.11	Prostorová náročnost .....	- 41 -
8.12	Použití standartních dílů .....	- 41 -
8.13	Čištění pásu .....	- 41 -
8.14	Čištění dna dopravníku.....	- 41 -
9	Volba dopravního řetězu a výpočet řetězového kola.....	- 43 -
9.1	Volba řetězu .....	- 43 -
9.2	Výpočet tahové síly dopravního řetězu.....	- 44 -
9.3	FEM analýza dopravního řetězu .....	- 47 -
9.4	Výpočet řetězového kola.....	- 49 -
1.2	Síly působící na pás.....	- 51 -
1.3	Výpočet pohonu .....	- 51 -
10	Výpočet pohonu.....	- 52 -
11	Tvar ložného profilu, šířka pásu .....	- 53 -
12	Ekonomické zhodnocení.....	- 54 -
	Závěr .....	- 55 -
	Použitá literatura .....	- 57 -
	Seznam obrázků .....	- 58 -
	Seznam tabulek .....	- 59 -

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
$B$	$mm$	Šířka pásu
$b$	$mm$	Využitelná šířka pásu
$b_1$	$mm$	Vnitřní šířka řetězu
$b_a$	$mm$	Zaoblení zubu
$b_{f1}$	$mm$	Šířka zubu
$D$	$mm$	Průměr roztečné kružnice
$D_a$	$mm$	Průměr hlavové kružnice
$D_f$	$mm$	Průměr patní kružnice
$D_g$	$mm$	Největší průměr věnce
$d_1$	$mm$	Průměr čepu řetězu
$d_5$	$mm$	Vnější průměr kladky
$F$	$N$	Maximální zatěžující síla řetězu
$F_B$	$N$	Síla potřebná k přetržení řetězu
$F_S$	-	Součinitel provozu
$F_{up}$	$N$	Únosnost pásu
$F_v$	-	Součinitel rychlosti
$f$	$mm$	Rozdíl poloměrů roztečné kružnice a věnce
$f_r$	-	Součinitel tření
$H_d$	$m$	Výškový rozdíl
$i$	-	Převodový poměr
$k$	-	Součinitel bezpečnosti proti přetržení řetězu
$L$	$m$	Osová vzdálenost
$L_{ch}$	$m$	Celková délka řetězu
$L_h$	$m$	Dopravní vzdálenost
$M_B$	$N \cdot m$	Brzdny moment
$M_N$	$N \cdot m$	Jmenovitý výkon

$m_p$	$kg$	Hmotnost pásu
$n$	$s^{-1}$	Otáčky řetězového kola
$n_M$	$s^{-1}$	Otáčky elektromotoru
$n_p$	$s^{-1}$	Výstupní otáčky
$P$	$kg$	Hmotnost řetězu
$P_I$	$kg$	Hmotnost dopravovaného materiálu
$P_{ch}$	$mm$	Rozteč řetězu
$P_H$	$kW$	Výkon hnacího elektromotoru
$P_M$	$kW$	Výkon elektromotoru DRS 132S4 BE5
$Q_m$	$t \cdot h^{-1}$	Hmotnostní průtok
$Q_{mp}$	$t \cdot h^{-1}$	Hmotnostní průtok pásového dopravníku
$Q_{m rp}$	$t \cdot h^{-1}$	Hmotnostní průtok řetězo-pásového dopravníku
$Q_v$	$m^3 \cdot h^{-1}$	Objemový průtok
$Q_{vp}$	$m^3 \cdot h^{-1}$	Objemový průtok pásového dopravníku
$Q_{vpr}$	$m^3 \cdot h^{-1}$	Objemový průtok řetězo-pásového dopravníku
$q$	$kg \cdot m^{-1}$	Hmotnost řetězu vztažena k 1 m délky
$R_2$	$mm$	Poloměr zaoblení zubu
$R_{mp}$	$N \cdot mm^{-2}$	Pevnost pásu
$R_{p0,2}$	$N \cdot mm^{-2}$	Smluvní mez kluzu
$r_a$	$mm$	Poloměr boku zubu
$r_f$	$mm$	Poloměr dna zubní mezery
$S$	$m^2$	Průřez náplně
$T_h$	$N$	Horizontální tahová síla
$T_{hs}$	$N$	Tahová síla v šikmé větvi
$v$	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost
$v_p$	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost pásového dopravníku
$v_{rp}$	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost řetězo-pásových dopravníků
$z_1, z_2$	$l$	Počet zubů řetězového kola
$\varepsilon$	$^\circ$	Sklon dopravníku

---

$\sigma$	$N \cdot mm^{-2}$	Dovolené napětí
$\rho$	$t \cdot m^{-3}$	Sypná hmotnost
$\varphi$	°	Úhel otevření zubové mezery
$\psi$	°	Sypný úhel

---



## Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
<b>CEN</b>	European Committee for Standardization (Evropský výbor pro normalizaci)
<b>ČSN</b>	Česká (Československá) státní norma
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>EHK</b>	Evropská hospodářská komise
<b>FIFO</b>	First In, First Out
<b>IEA</b>	International Energy Agency (Mezinárodní energetická agentura)
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
<b>Kč</b>	Koruna česká
<b>TAP</b>	Tuhé alternativní palivo
<b>TNI</b>	Technické normalizační informace

## Úvod

Diplomová práce se zabývá inovací vykládací stanice na tuhá alternativní paliva. V současné době, kdy se stále hledají nové možnosti úspory fosilních paliv z neobnovitelných zdrojů, začínají být tuhá alternativní paliva vyrobena z odpadů popř. zmetkových výrobků velmi žádanou komoditou. Tento jev má za následek stále se zvětšující poptávku po dopravních zařízeních určených právě pro tuhá alternativní paliva.

Společnost Beumer Group Czech Republic a.s., má mnohaleté zkušenosti s dopravními zařízeními různého typu a zadala podnět k vypracování této diplomové práce na téma inovace vykládací stanice pro tuhá alternativní paliva. Snahou inovace tohoto zařízení je dosažení co nejefektivnějších přepravních parametrů.

## 1 Beumer GROUP

Beumer GROUP je nezávislá rodinná společnost, vlastněná a řízená již třetí generací. Společnost byla založena roku 1935 se sídlem v německém Beckumu. K dnešnímu dni působí společnost Beumer GROUP pomocí přidružených společností, prodejních agentur a vlastních dceřiných společností ve více než 70-ti zemích světa a zaměstnává na 3000 lidí.

Výrobním portfoliem společnosti Beumer GROUP jsou dopravní technologie, nakládací technologie, paletizační technologie, balicí technologie, letištní systémy pro zavazadla a logistické systémy.



Obrázek 1.: Beumer Group ve světě

### 1.1 Společnost Beumer GROUP Czech Republic a.s.

BEUMER Group Czech Republic a.s. je akciovou společností se stoprocentním vlastnictvím mateřské společnosti BEUMER Group se sídlem v Ústí nad Labem.

Hlavní činností společnosti je projektová a inženýrská činnost, dodávky a kompletace dopravních a manipulačních technologií pro různá průmyslová odvětví. Je kompetenčním centrem pro technologie trubkových dopravníků v rámci skupiny BEUMER Group.

## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo provést inovaci vykládací stanice pro tuhá alternativní paliva. Snahou inovace je optimalizace celé koncepce vykládací stanice, tak, aby co nejvíce splňovala požadavky, které jsou na tyto vykládací stanice kladeny.

Popis současného stavu vykládací stanice s pohledu výhod a nevýhod. Dále, pak popsat již známá řešení vykládacích stanic s uvedením jejich výhod resp. nevýhod.

Vykládací stanice řadíme do sekce dopravních zařízení. Základními parametry těchto zařízení jsou objemový a hmotnostní průtok, dále pak vynášecí výška a materiál, pro který jsou určeny. Právě vynášecí přeprava tuhých alternativních paliv má svá specifika a to právě díky jejich materiálovým vlastnostem.

Tuhá alternativní paliva se vyznačují nízkou sypanou hmotností, velkým sypaným úhlem, velkou prašností a nehomogenitou. Nehomogenita je výsledkem výroby tuhých alternativních paliv, které obsahují různé druhy materiálu např. plasty, papír, dřevo, pryž apod.

Další velmi podstatnou vlastností tuhých alternativních paliv je jejich zápach a zapříčinění chemické koroze. Z těchto, důvodů musí být samotná konstrukce vykládací stanice uzpůsobena k přepravě takového materiálu, což znamená umožnění přepravy nehomogenního materiálu, odolnost vůči chemické korozi, zabezpečení bezprašného provozu popř. minimalizace úniku zápachu do okolí.

Dalším podstatným cílem práce je navrhnout vykládací stanici tak, aby bylo možné přijímat různé typy nákladních automobilů resp. jízdních souprav. Jízdní soupravou se myslí souprava tvořena sedlovým tahačem návěsu a návěsem s různými typy nástaveb jako např. sklopná nástavba popř. skříňová nástavba s pohyblivou podlahou tzv. "Walkig-Floor-Trailer". Z toho požadavku plyne na vykládací stanici nárok nejen na dostatečný již zmiňovaný objemový a hmotnostní průtok ale i na velikost vnitřního vstupního otvoru. Pro samotný vynášecí dopravník z výše uvedeného plyne požadavek na možnost vytvoření určité zásoby materiálu na samém počátku dopravníku pro urychlení vykládky jízdní soupravy s návěsem vybaveným sklopnou nástavbou.

Veškeré požadavky na konstrukci a parametry vykládací stanice přehledně udává následující tabulka.

Pomocí moderních metod inovačního inženýrství definovat inovační záměr a vysvětlit postup inovačního procesu, naplánovat projekt inovace vykládací stanice pro tuhá alternativní paliva a při samotném návrhu projektu využít software MS Office Project pro řízení projektů a s jeho pomocí sestavit časový harmonogram projektu.

Tabulka 1: Tabulka požadovaných parametrů

Parametr (požadavek)	Hodnota
Objemový průtok	600 m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>
Hmotnostní průtok	120 t·h <sup>-1</sup>
Dopravní výška	5,7 m
Přeprava nehomogenního materiálu	
Eliminace prašnosti	
Odolnost proti chemické korozi	
Možnost vykládání různých typů nákladních automobilů resp. jízdních souprav	
Eliminace zápachu	

Následně pomocí metod pro kreativní řešení problémů navrhnout nová možná řešení. Na danou inovaci nahlížet především z pohledu bezpečnosti a zároveň také z pohledu proveditelnosti konstrukce. Každé inovativní řešení stručně popsat a znázornit pomocí skici popř. hrubého 3D modelu zhotoveného pomocí CAD softwaru.

Z navržených konceptů inovovaných vykládacích stanic pro tuhá alternativní paliva vybrat nejvhodnější variantu. Pro výběr nejvhodnější varianty použít rozhodovací tabulku. U veškerých hodnotících se parametrů vysvětlit jejich význam a zdůvodnit jejich hodnocení.

Pro hlavní prvky vítězného konceptu provést potřebné výpočty. Vhodně zvoleným softwarem provést pevnostní analýzu vybrané součásti.

Zkonstruovat podrobný model a vytvořit výkresovou dokumentaci sestavy a vybraných dílců. Ke zpracování výkresové dokumentace použít vhodný CAD software.

V neposlední řadě provést srovnání vítězného návrhu vykládací stanice, s již známými provedeními stanic z hlediska finančních pořizovacích nákladů.

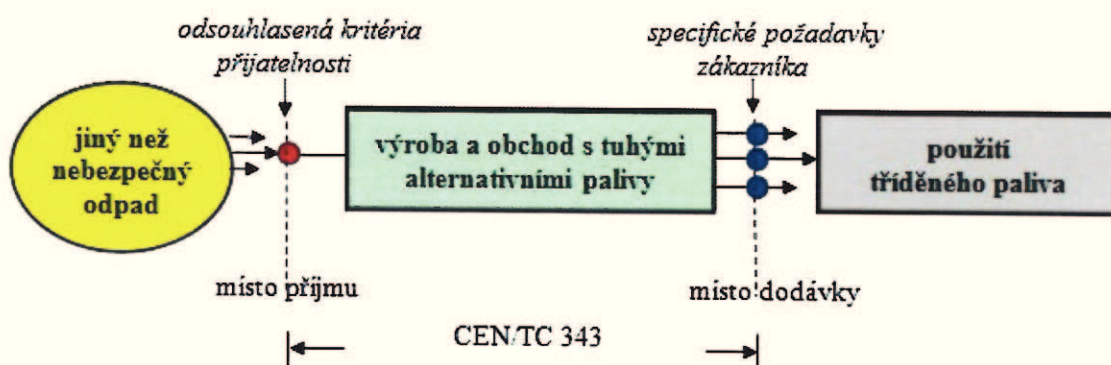
V závěru práce provést zhodnocení přínosu inovovaného výrobku, což znamená, jestli bylo nalezeno řešení splňující všechny předem stanovené požadavky.



### 3 Tuhá alternativní paliva

V současné době je vyvíjeno velké úsilí na hledání nových alternativních zdrojů energie. Světová poptávka po energii bude vzrůstat ve všech regionech. Dle Mezinárodní energetické agentury (IEA) vzroste spotřeba energie v Evropě mezi roky 2005 - 2030 bezmála o 15%. Závislost na fosilních zdrojích energie je vysoká a v době, kdy díky vysoké poptávce neustále roste i jejich cena, nutí tato skutečnost společnost k hledání nových alternativních zdrojů energie.

Samotné tuhé alternativní palivo (dále jen "TAP") je definováno jako tuhé palivo vyrobené z jiného než nebezpečného odpadu (resp. z odpadu neklasifikovaných jako nebezpečné), určené k energetickému využití a zužitkování ve spalovnách (spalovacích zařízeních) nebo zařízeních pro spolu spalování a splňující požadavky na třídění a specifikaci, stanovené v CEN/TS 15359. [1]



Obrázek 2.: Spojení mezi vybranými názvy v oblasti odpadů

Technický standard TNI 83 8302, popisuje třídící systém a šablonu, zahrnující třídu, původ a fyzikálně-chemické parametry, pro specifikaci jejich vlastností. Technická specifikace slouží jako nástroj, umožňující efektivní obchodování s "TAP", zajišťuje jejich přijatelnost na trhu s palivy a zvýšení důvěry veřejnosti. Umožňuje i porozumění mezi prodávajícím a nakupujícím, usnadňuje nákup, použití a kontrolu, i dobrou komunikaci s výrobcí spalovacích zařízení. [2]

Tabulka 2: Třídy TAP

Třídící vlastnost	Statistická míra	Jednotka	Třídy				
			1	2	3	4	5
Výhřevnost (NCV)	střední hodnota (aritmetický průměr)	MJ/kg (ar)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Vchlor (Cl)	střední hodnota (aritmetický průměr)	% (m/m) d	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3
Rtuť (Hg)	medián 80. percentil	mg/MJ (ar) mg/MJ (ar)	≤ 0,02 ≤ 0,04	≤ 0,03 ≤ 0,06	≤ 0,08 ≤ 0,16	≤ 0,15 ≤ 0,30	≤ 0,50 ≤ 1,00

Obvyklé požadavky na TAP jsou následující [2]:

- zrnitost
  - granulometrický rozměr drtě max. 30 x 30 mm
  - měrná hmotnost po výstupu min 200 kg/m<sup>3</sup>
- obsah vody, popela a hořlavin
  - obsah vody max. 20% předpoklad 0 – 16%
  - obsah popela max. 22% předpoklad 0 – 10%
  - obsah spalitelných látek min. 60%
- teplota vznícení, výhřevnost
  - teplota vznícení cca 500 °C
  - výhřevnost min. 15 MJ/kg předpoklad 23 – 32 MJ/kg
- obsah síry a chloridů
  - Cl max. 1% předpoklad do 0,5%
  - S max. 8% předpoklad 0 – 3%
- obsah těžkých kovů a dalších znečišťujících látek
  - PCB max. 30 ppm (stanovuje se 4x ročně)
  - TI max. 10 ppm
  - Hg max. 2 ppm
  - Pb max. 0,2 %
  - Zn max. 1%

Pro výrobu TAP se obvykle využívá více druhů odpadů např.:

- směsné plasty (70%),
- papír, kartony (20%),
- textil, textilní vlákno, koberce,
- pryž, pneumatiky,
- dřevo, dřevotříska

Některé složky komunálního odpadu disponují vysokým energetickým obsahem. Následující tabulka zobrazuje základní parametry některých druhů odpadů, které jsou významné pro posuzování vhodnosti jejich energetického využití:

Tabulka 3: Výhřevnost materiálů

Druh materiálu	Výhřevnost [MJ/kg]	Obsah CL [%]
Papír suchý	17	0.04
Pryž	35	0.5
PET Láhve	23	0.07
Plast z třídění v obcích	25	0.3
Plastová folie	42	< 0.01
Plast tvrdý	34	0.12
Textil smíšený	20	0.06
Dřevo suché	17	< 0.01
Kůže, boty, kompozitní mate.	19	0.15



## 4 Popis dopravního systému TAP

Celkový proces od vykládky až po samotnou dodávku TAP do spalovacího zařízení je značně složitý. Následující kapitoly blíže popisují jednotlivé fáze celého dopravního systému TAP.

### 4.1 Proces vykládky

První fází celého dopravního systému je proces vykládky, kdy jdou TAP dopraveny k odběratelům od dodavatelů prostřednictvím nákladních automobilů resp. jízdních souprav.

#### 4.1.1 Nákladní vozidla

Jedná se zpravidla o nákladní automobily kategorie N3 dle technických předpisů EHK s různým uspořádáním pohonu např. 6x4, 8x4 atd. Vozidla zpravidla disponují sklápěcí nástavbou o objemu 16 – 30 m<sup>3</sup>. Nástavba musí být vybavena krycí plachtou popř. pevnou střechou, aby nedocházelo k úniku "TAP" při přepravě do okolí a též sloužila jako ochrana "TAP" před nepříznivými povětrnostními podmínkami.



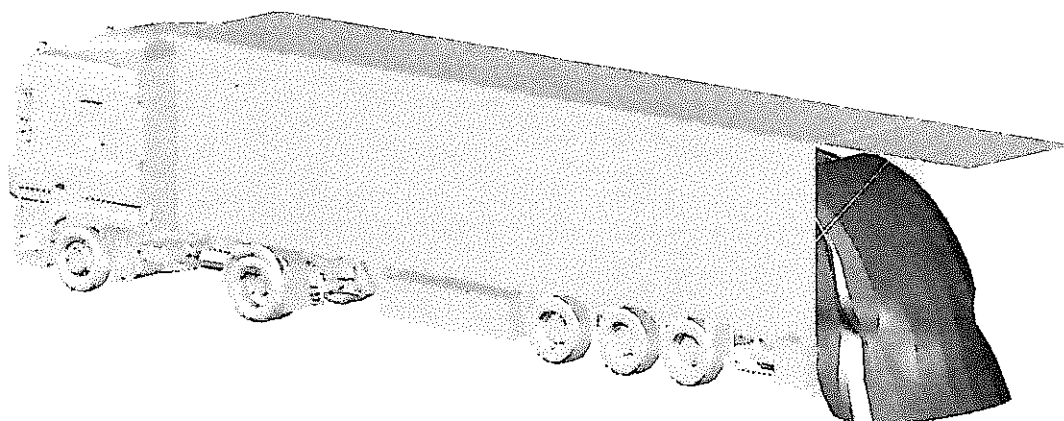
Obrázek 3.: Nákladní automobil s pohonem 8x4 se sklopnou nástavbou

#### 4.1.2 Jízdní soupravy

Jízdní soupravy jsou složeny z tahače návěsu a návěsu nebo nákladního vozidla s přívěsem. Tahače návěsů patří dle technických předpisů EHK do stejné kategorie N3 jako nákladní automobily, návěsy jsou začleněny v kategorii O4. [3]

U návěsové techniky se lze, tak jako u nákladních vozidel setkat s různými modifikacemi. V dnešní době se pro dopravu TAP nejčastěji využívá návěsová jízdní souprava se skříňovým návěsem s posuvnou podlahou tzv. "Walking-Floor-Trailer", jejichž velkou výhodou je snadné vyložení nákladu bez nutnosti zvedání nástavby a řízenou rychlostí vykládky. Tyto návěsy jsou také vybaveny krycí střešní plachtou a zadní část může být tvořena dvoukřídlími vraty nebo hydraulicky ovládaným výklopným čelem (obr. č. 4).

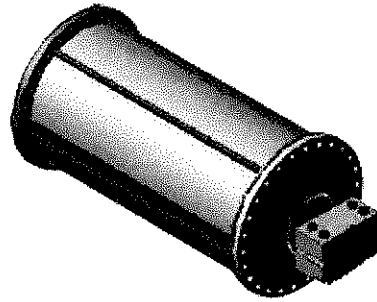
Celkový objem těchto návěsů se pohybuje kolem  $90 \text{ m}^3$ . Minimální čas potřebný na vyložení celého návěsu udávaný výrobcem se pohybuje kolem 10 - 15 minut. [4]



Obrázek 4.: Jízdní souprava s návěsem "Walking-Floor"

#### 4.2 Magnetický bubnový separátor

Magnetické bubnové separátory (obr. č. 5), jsou určeny pro kontinuální separaci cizorodých magnetických částic ze suchých sypkých materiálů malé zrnitosti. Používají se všude tam, kde hrozí riziko poškození nebo nežádoucího ovlivnění následujících technologických procesů vlivem přítomnosti magnetických částic v základním materiálu, nebo tam, kde je separace magnetických a nemagnetických částic přímo součástí technologie z toho vyplývá, že tyto separátory mohou, ale nemusí být součástí dopravního systému TAP.



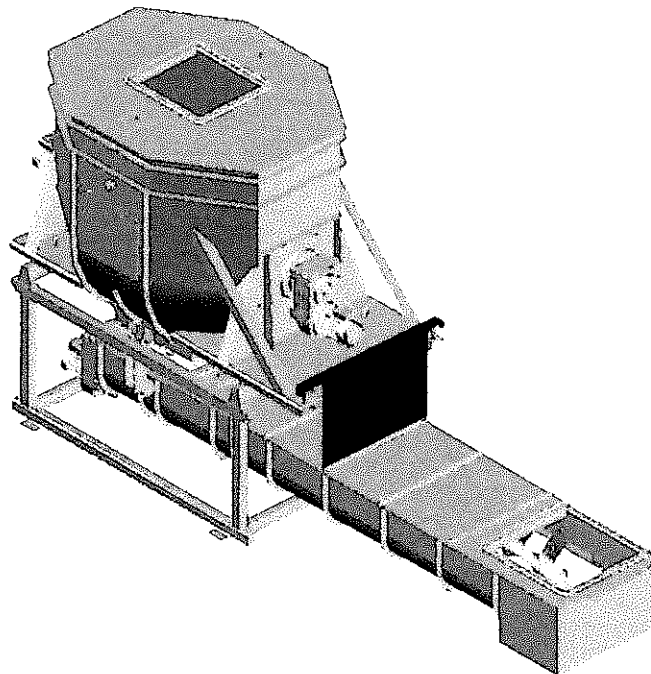
Obrázek 5.: Magnetický bubnový separátor

### 4.3 Dávkovací váha

Dávkovací váha (obr. č. 6), je zařízení pro kontinuální vážení a dávkování sypkých hmot a je převážně určeno pro dávkování různých druhů alternativních paliv.

Dávkovací váha vyvíjená ve společnosti Beumer GROUP je vybavena dvojitým dávkovacím šnekem se dvěma oddělenými pohony.

Výhodou tohoto řešení je možnost dávkování střídavě pouze jedním z dvojice šneků, čímž lze snížit dávkovací výkon na polovinu a tím téměř zdvojnásobit projektovaný regulační rozsah.

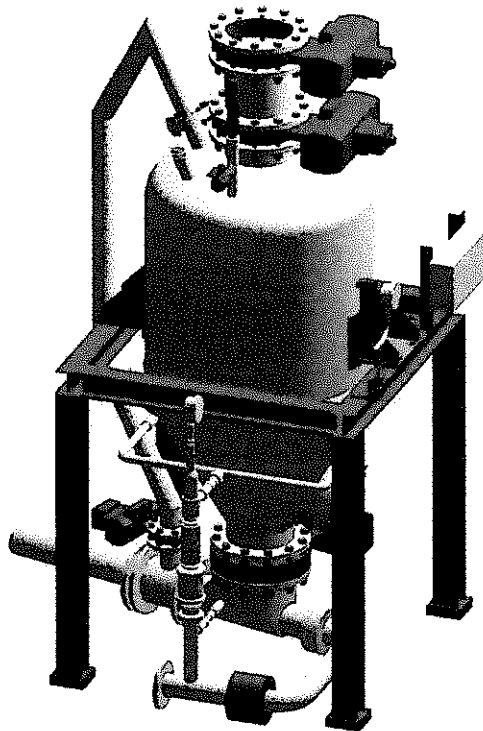


Obrázek 6.: Dávkovací váha

#### 4.4 Pneumatický dopravník

Pneumatický dopravní systém je založený na jednoduchém principu přenosu materiálu. Hlavním přepravním médiem je stlačený vzduch. K přepravě materiálu využíváme uzavřené soustavy, nejčastěji potrubí, kde je stlačeným vzduchem materiál poháněn v požadovaném směru.

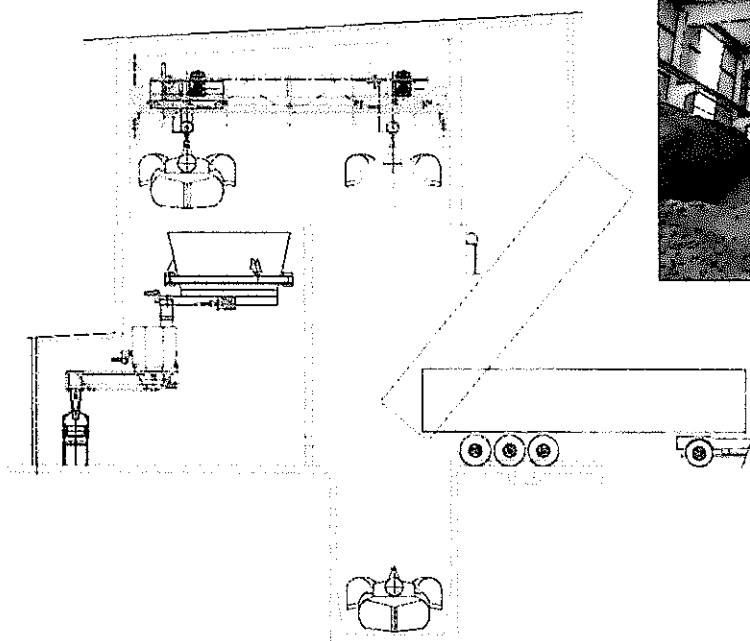
Výhodou pneumatických dopravních systémů je možnost použití automatizační techniky, která slouží ke snadné kontrole rychlosti a množství přepravovaného materiálu.



Obrázek 7.: *Pneumatický dopravník*

## 5 Současný stav

Vykládací stanice (obr. č. 9) využívána v cementárně je již v havarijním stavu. Provozovatel této vykládací stanice s portálovým nakladačem ročně vynakládá nemalé finanční prostředky pro udržení stanice v provozu. Největším problémem je spodní voda prosakující do zásob "TAP" což způsobuje nemalé problémy v následujících procesech dopravy. Další nevýhodou představuje portálový jeřáb (obr. č. 8) sloužící jako dávkovač "TAP". Tento jeřáb je pro provoz značně nevýhodný s ohledem na úplné využití zásob v zásobníku. S tímto portálovým nakladačem se bohužel nedocílí 100 % vyčištění skladovací plochy, čímž vznikají další náklady spojeny s jejím čištěním a složité naprogramování nakladače pro účely dávkování. Poslední nevýhodou této stanice představuje absence systému FIFO (First In, First Out), volně přeloženo jako první dovnitř a první ven, což v praxi znamená, že se u tohoto uspořádání stanice může stát při delších intervalech mezi čistícími pracemi, že materiál přivezený před měsícem či dříve bude neustále zasypáván novými dodávkami materiálu. Z této skutečnosti může dojít ke zhoršení požadovaných vlastností paliva (např. zvýšený obsah vody, zvýšení zápachu atd.). Naopak velkou výhodou tohoto uspořádání vykládací stanice představuje možnost použití jízdní soupravy se sklopným návěsem a jeho rychlým vyložením.



Obrázek 8.: Nakladač

Obrázek 9.: Schéma vykládací stanice

## 5.1 Předmět inovace

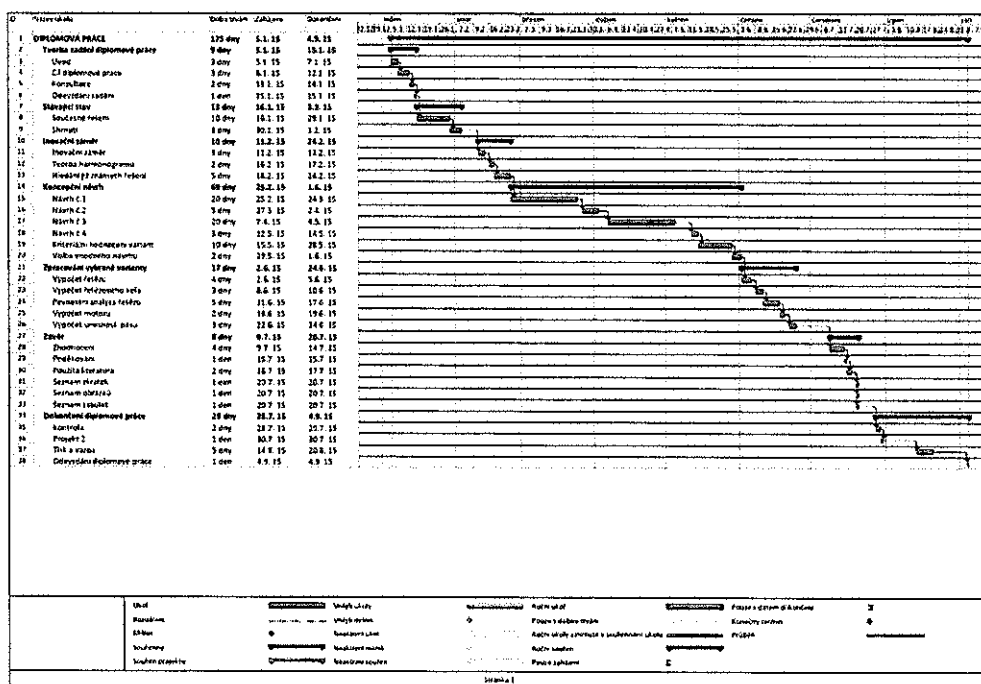
Předmětem inovace je vykládací stanice na "TAP", řadící se mezi dopravní zařízení určené k přijetí a následné dopravě potřebného paliva ke spalovacímu procesu. S tímto zařízením se v dnešní době setkáme v cementárnách a spalovnách.

## 5.2 Inovační záměr

Navrhnout vykládací stanici, pro vykládku nákladních vozidel resp. jízdních souprav. Navržená stanice musí splňovat veškerá technicky přípustná řešení a zohledňující požadavky zákazníka. Velký důraz ze strany zákazníků je kladen na environmetální požadavky a rychlost vyložení nákladního automobilu resp. jízdní soupravy. Z této skutečnosti plyne požadavek na objemový průtok stanice, který by měl být minimálně  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  tento údaj vyjadřuje součin objemu jízdní soupravy ( $90 \text{ m}^3$ ) a času potřebného k vyložení (cca. 10 – 15 min) s 10% rezervou.

## 5.3 Časový harmonogram

Vytvoření časového harmonogramu zobrazuje logický sled kroků při zpracování koncepčního návrhu s důležitými údaji např. termíny odevzdání nebo doba potřebná na splnění daného úkoly. K vytvoření harmonogramu byl použit program Microsoft Project, který je v současné době nejrozšířenějším softwarem pro řízení projektů. Časový harmonogram projektu inovace vykládací stanice zobrazuje (obr. č. 10 a příloha č. 1). [5]



Obrázek 10.: Časový harmonogram projektu

## 6 Přehled známých řešení

Nejčastěji se v provozech využívajících TAP používají vykládací stanice se šnekovým dnem doplněny dalším dopravníkem zajišťující dopravu TAP na určené místo (kap. č. 6.1). Velmi často používané byly vykládací stanice s řetězovými dopravníky (kap. č. 6.2), které se k dopravě TAP moc neosvědčily. Méně obvyklé provedení představuje hydraulická vykládací stanice (kap. č. 6.3), popř. stanice kombinující pásový dopravník s korečkovým elevátorem (kap. č. 6.4).

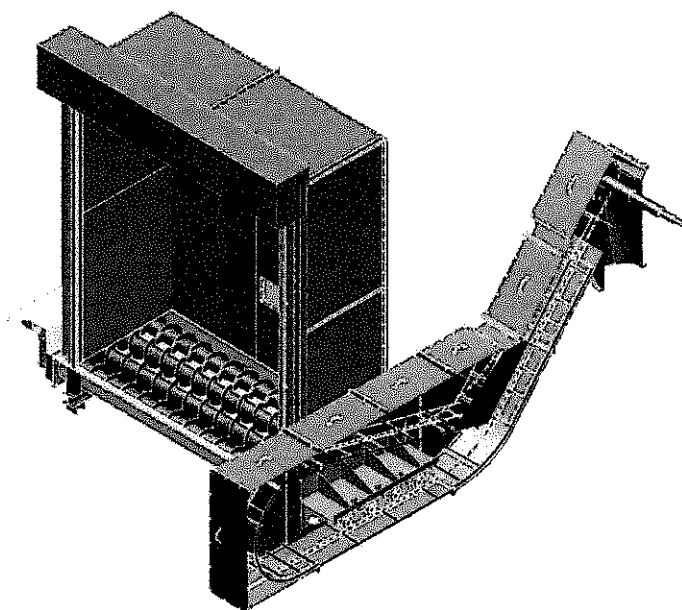
### 6.1 Vykládací stanice se šnekovým dnem

Vykládací stanice se šnekovým dnem (obr. č. 11) pracuje se čtyřmi popř. pěti příčně uloženými šnekovými dopravníky. Dopravníky odebírají dodávané TAP a dopravují je na řetězový popř. jiný druh dopravníku, který následně palivo dopraví do místa určení např. do sila.

Šnekové dopravníky jsou v provedení 2 + 2 resp. 2 + 3 s levotočivou resp. pravotočivou šroubovicí. Toto uspořádání je nutné k tomu, aby byl materiál dopravován do středu šnekového dna a nedocházelo k jeho hromadění po stranách krajních žlabů.

K ochraně životního prostředí při samotné vykládce TAP jsou u některých typů těchto vykládacích stanic použity pneumaticky ovládané těsnicí pryžové lišty, které utěsní prostor mezi stěnou stanice a vykládacím vozidlem. Po dokončení vykládky lze pracovní prostor stanice uzavřít pomocí roletových vrat.

K základnímu vybavení stanice patří vlastní hydraulická jednotka nutná pro obsluhu návěsu s pohyblivou podlahou, pokud není připojen k tahači.



Obrázek 11.: Vykládací stanice se šnekovým dnem



Výhody vykládací stanice se šnekovým dnem:

- uzavřený pracovní prostor
- dopravní výkon

Nevýhody šnekové vykládací stanice:

- velké opotřebení šneku vlivem tření
- délka šneku max. 10 m
- stoupání max. 10°
- velká energetická náročnost
- nutnost dalšího dopravníku při vynášení materiálu do síla
- nutnost hlubšího uložení šneku pod úroveň terénu při dodávce materiálu sklápěcím návěsem (platí u podélně uložených šneků)
- technicky náročné uzavření vstupu šneků pro umožnění vstupu obsluhy stanice k otevření vrat návěsu

Další nevýhodou je nutnost stání vozidla popř. návěsu u vykládací stanice po celou dobu vynášecího procesu, nelze vyložit vše najednou, docházelo by totiž k velkému tření při brodění šneku materiálem. Z tohoto důvodu jsou většinou kvůli plynulosti dodávek tyto stanice opatřeny dvojitým stáním, což je z ekonomického hlediska nevýhodné.

## 6.2 Vykládací stanice s řetězovým dopravníkem

Řetězový dopravník tzv. "redler" (obr. č. 12), patří mezi mechanické hrnouce dopravníky. Hrnoucí dopravník znamená, že na rozdíl od dopravníků článkových není materiál nesen orgány připevněnými k tažnému elementu, ale je posouván spodní větví řetězu s unášeči v plechovém žlabu o průřezu větším, než je čelní plocha unášeče. Hlavním tažným a nosným prostředkem je již zmiňovaný speciální nekonečný řetěz resp. dva a více řetězů, s unášeči vedený v kluzných profilech přes hnané napínací řetězové kladky.

Výhody redlerové vykládací stanice:

- uzavřený pracovní prostor
- přeprava horkých materiálů do teploty 300°C
- možnost dopravy ve stoupání

Nevýhody redlerové vykládací stanice:

- brodění obou větví unášečů materiálem
- možnost zahlcení dopravníku
- není možné vytvoření větší zásoby TAP v samotném dopravníku



Obrázek 12.: Řetězový dopravník

### 6.3 Hydraulická vykládací stanice

Hydraulická vykládací stanice (obr. č. 13), je složena z nájezdové hydraulicky zvedané plošiny vybavené bezpečnostními prvky pro zajištění vykládaného vozidla proti pohybu při náklonu plošiny při vykládce. Plošinu na obou stranách podpírají hydraulické teleskopické válce ukotvené mezi plošinou a vnějším rámem stanice. Vnější rám ukotvený k betonovým základům slouží i pro uchycení hydraulických rozvodů.

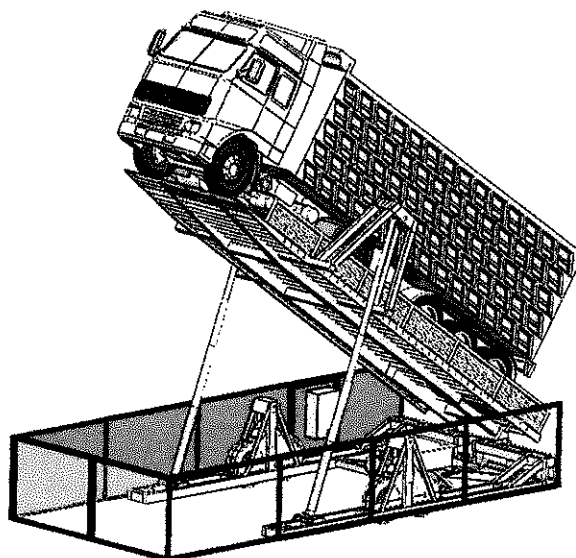
Přes celkem jednoduchou konstrukci se tato stanice v cementárnách resp. spalovnách využívá minimálně z důvodu složitého zakrytí stanice vůči klimatickým vlivům a nutnosti použití v kombinaci s dalším dopravním systémem např. pásovým dopravníkem aby bylo možné TAP dopravit do sila.

Výhody hydraulické vykládací stanice:

- jednoduchá konstrukce
- jednoduchá montáž (jediná podmínka betonová základová deska)
- možnost vykládání nákladních vozidel popř. jízdních souprav bez sklopných nástaveb

Nevýhody hydraulicko-gravitační vykládací stanice:

- nutnost dalšího dopravníku při dopravě materiálu do sila
- složité zakrytí stanice
- nutná zvýšená kontrola hydraulických komponentů
- odtokové kanály se zásobníkem pro zachycení hydraulického oleje při havárii



Obrázek 13.: Hydraulická vykládací stanice

## 6.4 Vykládací stanice s korečkovým elevátorem

Korečkové elevátory jsou dnes nejrozšířenější mechanické dopravníky. Hlavním tažným prostředkem může být pás pryžový, PVC, pletivový a sponový nebo článkový řetěz. Materiál je dopravován pomocí korečků, které jsou připevněny k tažnému prostředku. Korečkové elevátory jsou vhodné pro vertikální dopravu materiálu jemnozrnných a drobně kusovitých se sypaným úhlem  $15^\circ \div 60^\circ$ . Při dopravě abrazivních materiálů se používá jako tažného prostředku řetězu.

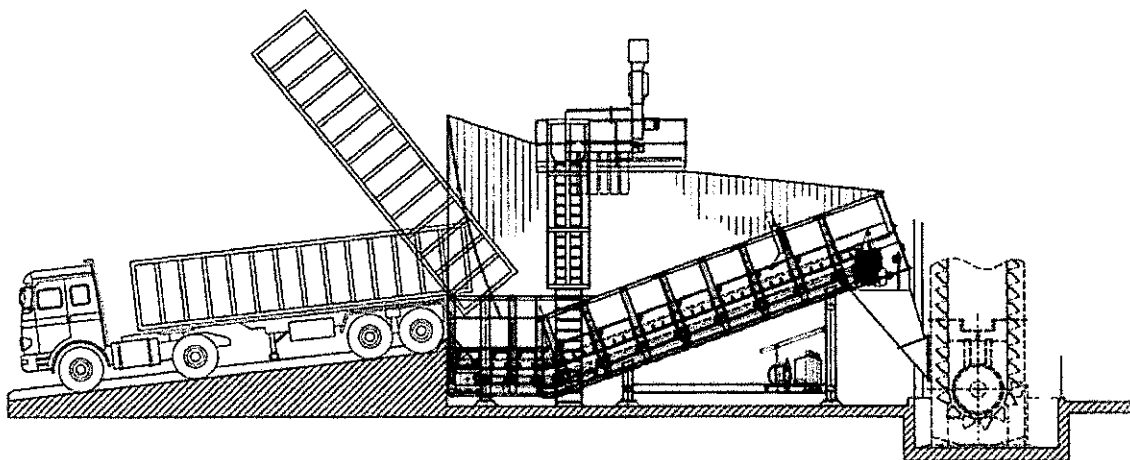
Dopravní rychlosti řetězových elevátorů jsou od 0,315 do 1,6 m.s-1, u pásových dosahují až 3,5 m.s-1. Dopravované množství může být u pásových elevátorů až 180 m<sup>3</sup>.h-1, u řetězových až 400 m<sup>3</sup>.h-1, v extrémních případech dosáhne dopravované množství až k 1000 m<sup>3</sup>.h-1. Pásové elevátory mohou dopravovat materiál až do výšky 35 m, řetězové až do výšky 70 m. [6]

Výhody vykládací stanice s korečkovým elevátorem:

- uzavřený pracovní prostor
- možnost dopravy ve stoupání
- částečné samočištění

Nevýhody vykládací stanice s korečkovým elevátorem:

- pracovní šířka korečků
- problémy s plněním a vyprazdňováním korečků (lehký materiál)
- nutnost dalšího dopravníku při dopravě materiálu do síla



Obrázek 14.: Kombinovaná stanice s elevátorem



## 7 Konstrukční inovační návrhy

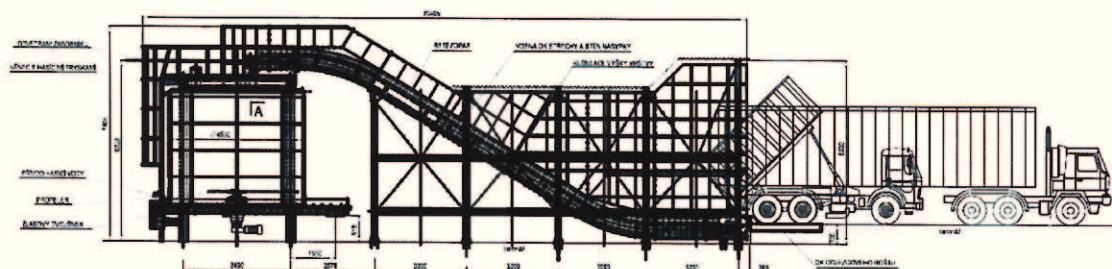
Koncept, dále jen návrh je přibližný popis technologie, tvarů a funkčních principů inovovaného výrobku. Zpravidla má formu skici či hrubého 3D modelu včetně stručného popisu a obrázku.

V této části práce jsou znázorněny skici vykládacích stanic, které splňují požadavky zákazníků uvedené v (kap. č. 5.2). Veškeré skici popř. hrubé 3D modely byly vytvořeny pomocí softwaru AutoCAD® a AdvanceSteel® pro navrhování a tvorbu výkresové dokumentace.

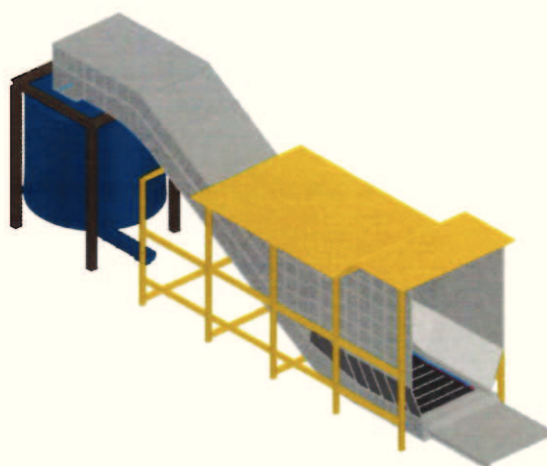
### 7.1 Vykládací stanice s řetězovým pasovým dopravníkem č. 1

Tento návrh vykládací stanice je kombinací řetězového resp. pasového dopravníku, kde řetěz plní funkci tažného elementu a pas slouží jen jako nosný element materiálu.

Velký vstupní rám stanice umožňuje snadné přistavení vozidla se sklopnou nástavbou a následné vyložení. K omezení prašnosti tvoří stanice jeden kompaktní celek, což zabezpečuje co nejmenší vliv provozu na životní prostředí.



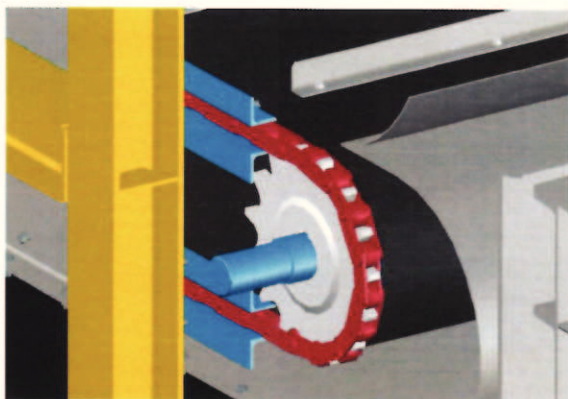
Obrázek 15.: Návrh vykládací stanice č. 1



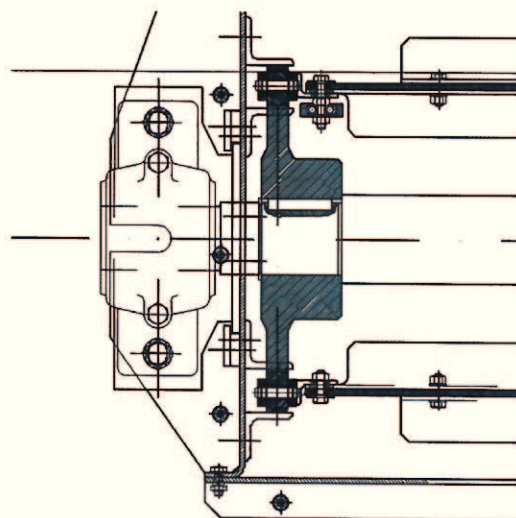
Obrázek 16.: Vykládací stanice - 3D model

Vedení řetězu, který je osazen na obou stranách pásu zajišťují vždy dva L-profilů o rozměru 50x50x5 usazené nad sebou a tvořící vodící dráhu řetězu. Spojení mezi řetězem a pásem zajišťují příčnický z L-profilů o rozměru 60x40x5 a to jak na vnější tak vnitřní straně pásu, spojené pomocí šroubů. Spojovací šrouby jsou na koncích opatřeny pouzdry pro valivá kuličková ložiska, která zabraňují vybočování pásu.

Řetěz pohání rozetová ozubená kola spojená hřídelí, která je osazena elektromotorem a převodovkou. Správný chod řetězu zajišťuje napínání tvořené pružinou a vodícím šroubem s okem.



Obrázek 17.: Detail dopravního řetězu



Obrázek 18.: Řez řetězového kola

Velký vstupní rám stanice umožňuje snadné přistavení vozidla se sklopnou nástavbou a následné vyložení. K omezení prašnosti tvoří stanice jeden kompaktní celek, což zabezpečuje co nejmenší vliv provozu na životní prostředí.

## 7.2 Vykládací stanice s řetězovým pásovým dopravníkem č. 2

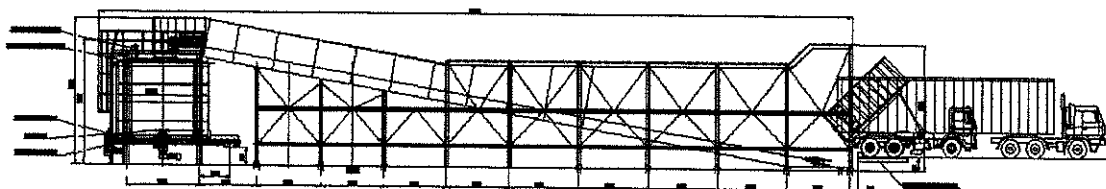
Tento návrh přejímá mnoho prvků z výše uvedeného návrhu. Rozdílem u tohoto návrhu je použití profilového pásu (obr. č. 19). Jedná se o pás, který je osazen pryžovými unášeci (lopatkami) o výšce 60 mm.



Obrázek 19.: Pryžový pás s lopatkami

## 7.3 Vykládací stanice s pásovým dopravníkem č. 1

Vykládací stanice je tvořena pásovým dopravníkem s tažným elementem. Tažným elementem je hladký pás, který je napnutý mezi dvěma bubny, z nichž jeden je poháněcí a druhý vratný. Pás je po celé délce v nosné i ve vratné větvi podpírán válečkovými stolicemi.

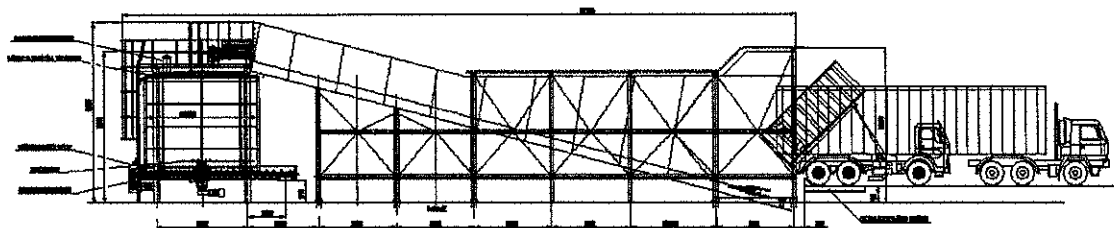


Obrázek 20.: Návrh vykládací stanice č. 3



## 7.4 Vykládací stanice s pásovým dopravníkem č. 2

Tento návrh má oproti návrhu s pásovým dopravníkem použít nekonečný pás s pryžovými unášecí, které umožňují vyšší sklon dopravníku.



Obrázek 21.: Návrh vykládací stanice č. 3

## 8 Výběr optimálního konstrukčního návrhu

Z výše uvedených čtyř návrhů na vykládací stanice s různými typy dopravníků bude pomocí rozhodovací tabulky vybrán návrh, který svými technickými parametry pokryje co největší část požadavků zákazníka. Ke zjištění nejlepšího návrhu bude použita rozhodovací analýza, což je metoda vhodná k řešení jednoduchých či složitějších rozhodovacích problémů. Tato metoda hodnotí každý návrh řešení na základě předem stanovených kritérií, která mohou mít různé váhy podle toho, jak důležitá jsou jednotlivá kritéria pro danou společnost, pro kterou je tento výrobek vyvíjen. [6]

Na základě dlouholeté praxe společnosti Beumer Group Czech Republic a.s. a požadavků zákazníků, byla pro zadané návrhy zvolena nejdůležitější kritéria s hodnotou váhy. Váha přidělená ke kritériu vyjadřuje jeho důležitost. Součet vah dává dohromady 100%.

Tabulka 4: Zvolená kritéria a jejich váha

Zvolená kritéria a jejich váha			
Kritérium	Váha	Kritérium	Váha
Objemový průtok	15,00%	Teplota dopravovaného materiálu	5,00%
Hmotnostní průtok	5,00%	Environmentální aspekty	7,00%
Sklon dopravníku	9,00%	Skladová zásoba materiálu na dopravníku	5,00%
Dopravní výška a vzdálenost	9,00%	Prostorová náročnost	6,00%
Zrnitost materiálu	7,00%	Použití standartních dílů	4,00%
Soudržnost materiálu	7,00%	Čištění pásu	7,00%
Chování materiálu během dopravy	7,00%	Čištění dna dopravníku	7,00%

Každému návrhu a kritériu bude přidělena známka. Známky jsou přidělovány v rozmezí od 1 do 5, kde 5 znamená nejlepší hodnocení a 1 nejhorší. Přidělená známka bude vynásobena váhou kritéria a součinem těchto hodnot bude vážená hodnoty (dále jen VU). Návrh s nejvyšším součtem VU bude brán jako návrh vítězný. Vítězný návrh měl by nejlépe splnit cíle daného projektu. Ostatní návrhy zůstanou dále neřešeny a diplomová práce se bude zabývat již jen vítězným konceptem.

Jednotlivá kritéria budou popsána v následujících kapitolách s přesným popisem, proč byla zvolena a jaký daný návrh je vyhovující popř. nevyhovující. Kritéria, obsažená v kapitolách číslo 8.1 - 8.8 jsou základní kritéria potřebná pro následné určení, vhodnosti dopravního zařízení. Doplnující kritéria pro vykládací stanici popisují kapitoly číslo 8.9 - 8.14.

Před začátkem vlastního hodnocení kritérií vykládacích stanic budou shrnuty základní zadané parametry:

Objemový průtok:  $Q_v = 600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Výškový rozdíl:  $H_d = 5,7 \text{ m}$

Přepravovaný materiál: TAP

Sypná hmotnost TAP:  $\rho = 0,1 - 0,3 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$  (dále počítáno s hodnotou 0,2)

Sypný úhel TAP:  $\psi = 70^\circ$

## 8.1 Objemový průtok

Objemový průtok značený jako  $Q_v$  udávaný v jednotkách:  $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}, \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ , patří mezi hlavní parametry každého dopravníku udávající přepravované množství materiálu. [6]

Pro objemový průtok platí následující vztah:

$$Q_v = S \cdot v \quad (1)$$

kde  $S$  ... průřez náplně dopravního zařízení  $[\text{m}^2]$ ,

$v$  ... rychlost dopravního zařízení  $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$ .

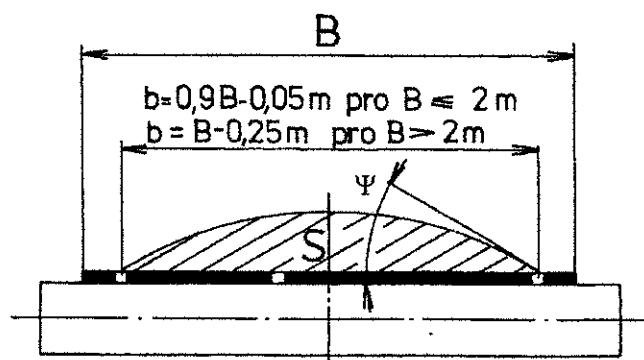
Parametry dopravníků:

Rychlost pásových dopravníků:  $v_p = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

Rychlost řetězový pásových dopravníků:  $v_{rp} = 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

rychlosti dopravníků byly zvoleny dle poznatků získaných v dopravě TAP.

Vzhledem k šířce návěsu (2 550 mm), pracují všechny návrhy s šířkou pásu 2 800 mm. Z této podmínky lze dle ČSN ISO 5048 vypočítat využitelnou šířku pásu:



Obrázek 22.: Výpočet využitelné šířky pásu

Využitelná šířka pásu:

$$b = B - 0,25 = 2,8 - 0,25 \quad (2)$$

$$b = 2,55 \text{ m} = 2\,550 \text{ mm}$$

K výpočtu objemového průtoku je nutné znát průřez materiálu na pásu.

Výpočet průřezu pásu:

$$S = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg} \psi \quad (3)$$

$$S = \frac{1}{6} \cdot 2,55^2 \cdot \operatorname{tg} 70^\circ = 2,97 \text{ m}^2$$

Na výslednou velikost průřezu pásu nemají lopatky pásu v návrzích 1,2 a 4 žádný vliv jelikož šířka pásu a sypný úhel materiálu je pro všechny varianty stejný.

Výpočet objemového průtoku:

$$Q_v = S \cdot v = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h_1 \cdot v = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot v \quad (4)$$

- pro pásový dopravník:

$$Q_{vp} = 2,97 \cdot 1,0 = 2,97 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_{vp} = 2,97 \cdot 1,0 \cdot 3600 = 10692 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

- pro řetězový pásový dopravník:

$$Q_{vvp} = 2,97 \cdot 0,3 = 0,273 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_{vvp} = 2,97 \cdot 0,3 \cdot 3600 = 3207,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Z tohoto hlediska všechny návrhy splňují požadavek na objemový průtok  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Požadovaná hodnota zahrnuje i potřebnou rezervu a tak jsou všechny návrhy oznámkovány hodnotou 5.

## 8.2 Hmotnostní průtok

Hmotnostní průtok značený jako  $Q_m$  udávaný v jednotkách:  $[t \cdot h^{-1}, kg \cdot h^{-1}]$ , atd. Patří tak jako hmotnostní průtok k hlavním parametrům dopravníku, souhrnně jsou oba zmíněné průtoky nazývány jako parametr dopravovaného množství materiálu. [6]

Výpočet hmotnostního průtoku:

$$Q_m = Q_v \cdot \rho \quad (5)$$

- pro pásový dopravník:

$$Q_{mp} = 10692 \cdot 0,2 = 2138,4 t \cdot h^{-1}$$

- pro řetězo-pásový dopravník:

$$Q_{mp} = 3207,6 \cdot 0,2 = 641,5 t \cdot h^{-1}$$

Z vypočtených hodnot vyplývá, že pásový dopravník je značně předimenzován a bylo by dobré zabývat se změnou šířky vlastního pásu, což by mělo za následek kompletní změnu vstupního rámu stanice a nutnost vložit do stanice zužující se násypku ta ale není pro dopravu TAP vhodná a proto změna nebude akceptována. V případě dopravy TAP není hmotnostní průtok, tak důležitý jako u jiných materiálů. Hmotnost plného návěsu o objemu  $90 m^3$  se pohybuje kolem 18 tun.

Všechny návrhy parametr hmotnostního průtoku splňují s výslednou známkou 5.

## 8.3 Sklon dopravníku

Tento parametr udává, v jakém max. sklonu pro daný materiál může dopravník plnit svou přepravní funkci. Dle poznatků společnosti Beumer Group jsou vhodné sklony dopravníků následující:

- hladký pás  $\varepsilon_{max} = 10^\circ$

- pás s lopatkami  $\varepsilon_{max} = 38^\circ$

Dle tohoto parametru návrhy číslo 1,2 a 4 značně překračují možnosti dopravníku s hladkým pásem. Návrhy 1,2 a 4 jsou ohodnoceny známkou 5 a návrh číslo 3 obdržel známku 1.

## 8.4 Dopravní výška a vzdálenost

Dopravní výška a vzdálenost patří také k základním, tedy důležitým parametrům každého dopravníku. Udává, jaký výškový rozdíl od místa nakládky do místa vykládky musí dopravník překonat resp., jak dlouhou trasu musí překonat. Tyto parametry jsou ve vzájemném vztahu. [6]

Ze zadání resp. z kapitoly č. 7.3 jsou známy jak dopravní výška resp. sklon dopravníku. Z těchto hodnot lze vypočítat dopravní vzdálenost:

Dopravní výška resp. výškový rozdíl  $H_d = 5,7 \text{ m}$ ,

Sklon dopravníku: - hladký pás  $\varepsilon_{max} = 10^\circ$ ,

- pás s lopatkami  $\varepsilon_{max} = 38^\circ$ ,

Výpočet dopravní vzdálenosti:

- hladký pás

$$L_h = \frac{H_d}{\operatorname{tg}\alpha} \quad (6)$$

$$L_h = \frac{5,7}{\operatorname{tg}10^\circ} = 32,33 \text{ m}$$

- pás s lopatkami

$$L_h = \frac{H_d}{\operatorname{tg}\alpha}$$

$$L_h = \frac{5,7}{\operatorname{tg}38^\circ} = 7,3 \text{ m}$$

Z výsledků výpočtu dopravní vzdálenosti vyplývá velká nevýhoda návrhu číslo 3, z tohoto důvodu návrhy číslo 1,2 a 4 získávají známku 5 a návrh číslo 3 získává známku 2.

## 8.5 Soudržnost materiálu

K základním parametrům materiálu patří jeho soudržnost. Soudržnost je udávána arabskými číslicemi v tomto odstupňování:

1. materiál ve vzduchu se vznášející a tekoucí jako tekutina,
2. lehce tekoucí materiál, sypný úhel menší než 30°,
3. normálně tekoucí materiál, sypný úhel mezi 30 a 45°,
4. těžko tekoucí se sypným úhlem mezi 45 a 60°,
5. soudržný materiál, sypný úhel větší než 60°,
6. materiál netvořící skluzy, netekoucí, se sklonem ke tvoření kleneb a těžko od sebe oddělitelný. [6]

TAP se řadí do skupiny číslo 5 a 6.

Nejhůře z tohoto porovnání vychází návrh č. 2 s plochým pásem. V krajních mezích může dojít k situaci, že vnitřní tření v "TAP" bude tak velké, že pás bude prokluzovat. Proto udělena známka 1. Ostatním návrhům udělena známka 5.

## 8.6 Zrnitost materiálu

Základním parametrem přepravovaného materiálu je jeho zrnitost. Jeden z návrhů pro klasifikaci roztrídění do skupin vytvořila FEM. Zrnitost je udávána dvěma znaky. První znak udává velikost, resp. rozměr zrna a je označen velkým písmenem A až K, které se dělí do deseti skupin podle (tab. č. 5): [6]

Tabulka 5: Zrnitost materiálu

Označení	Většina zrn má rozměr (mm)	
A	do 0,4	
B	od 0,4	do 1,0
C	od 1	do 3
D	od 3	do 10
E	od 10	do 25
F	od 25	do 50
G	od 50	do 75
H	od 75	do 150
J	od 150	do 300
K	od 300 výše	

Druhý znak označený římskými číslicemi, udává tvar zrna takto:

- I. - Ostré hrany s přibližně stejnými rozměry ve všech dimenzích,
- II. - Ostré hrany, u nichž je jeden rozměr zřetelně větší než ostatní,
- III. - Ostré hrany, u nichž je jeden rozměr podstatně menší než ostatní,
- IV. - Zaoblené hrany s přibližně stejnými ve všech třech dimenzích,
- V. - Oblé hrany mající jeden rozměr podstatně větší než ostatní.
- VI. - Oblé hrany mající jeden rozměr podstatně menší než ostatní.

Z výše uvedené tabulky a přehledu o tvaru zrna lze "TAP" zařadit do skupin C VI - G VI.

Velikost zrna a tvar materiálu přímo ovlivňují i soudržnost materiálu proto bude převzato známkování z (kap. č. 8.5).

## 8.7 Chování materiálu během přepravy

Chování materiálu během přepravy se označuje malými písmeny a obsahuje 10 skupin vlastností, které jsou pro dopravu významné a uvádí je (tab. č. 6): [6]

*Tabulka 6: Skupiny vlastností materiálu během přepravy*

o	abrazivní (obrusivý)	koks, křemen, vysokopecní struska
p	korozivní	kuchyňská sůl
q	rozbitelný, křehký	mýdlové vločky
r	explozivní	uhelný prach
s	hořlavý	dřevěné hobliny a třísky
t	prachovitý	cement
u	vlhký (v %)	
v	lepivý	vlhká hlina
w	hygroskopický	sádra, kuchyňská sůl
x	páchnoucí	odpadky



"TAP" se vyznačují různorodostí vstupního materiálu a lze je přiřadit do více skupin. Skupinami charakterizujícími vlastnosti "TAP" jsou p, s, v a x.

Nejhorší vlastnost dopravovaného materiálu je chemická koroze, která nejvíce škodí ocelovým částem stanice. Jelikož všechny návrhy používají k zakrytí dopravníku ocelové plechy, bude známka 4 u všech návrhů stejná.

## 8.8 Teplota dopravovaného materiálu

Nutným a tedy základním parametrem je teplota dopravovaného materiálu. Teplota materiálu má velký vliv při rozhodování, který dopravní systém může být použit. Vzhledem k tomu, že TAP mají teplotu kolem 20 - 40°C lze všem návrhům přidělit známku 5. Při této teplotě nejsou nutná žádná speciální opatření popř. požadavky na dopravníky.

## 8.9 Environmentální aspekty

Pod pojmem environmentální aspekty jsou zahrnuty požadavky zákazníků na co nejnižší dopady dopravy "TAP" na životní prostředí. Jedná se zejména o možnost zcela uzavřeného prostoru dopravy, z čehož vyplývá následující požadavek na co nejmenší propad materiálu (drobné částice, prach atd.). Z konstrukčního hlediska je nutné, aby byl celý dopravník po celé své délce zakrytován.

Veškeré výhody lehké konstrukce pásového dopravníku tímto ztrácejí na významu. Proto všem návrhům byla udělena známka 4.

## 8.10 Skladová zásoba materiálu na dopravníku

Možnost využití vlastního dopravníku jako meziskladu materiálu je dobrou devizou u zákazníků, kteří jsou omezováni velikostí prostoru využitelného pro vykládací stanici. Z čehož plyne další výhoda např. možnost montáže menšího síla.

Velkou výhodou mají návrhy č. 1 a 2, které mají dopadovou část dopravníku vodorovnou, a lze u těchto návrhů použít jízdní soupravy se sklupnými návěsy bez větších problémů, proto udělena známka 5. U návrhů č. 3 a 4 by se možnost vykládání těchto jízdních souprav neobešla bez nutnosti velkých terénních úprav. Z tohoto důvodu jsou oba návrhy ohodnoceny známkou 2.

## 8.11 Prostorová náročnost

Významným parametrem pro celkové prostorové nároky je parametr prostorové náročnosti. Dle požadavku zákazníka by celková délka dopravního zařízení včetně sila neměla přesáhnout 22 m a šířka dokonce 5 m.

Parametr prostorové náročnosti velkou měrou ovlivňuje sklon dopravníku, z tohoto důvodu je uděleno stejné známkování jako v kap. č. 8.3, která popisuje dopady sklonu úhlu dopravníku na celkové rozměry.

## 8.12 Použití standartních dílů

S ohledem na pracovní úkony potřebné pro údržbu popř. opravu vykládací stanice, je velkou výhodou každé konstrukce je-li zkonstruována s minimálním počtem nestandardních dílů, které ovlivňují celkovou cenu a zároveň neprodlužují dobu odstavení zařízení během poruchy z čehož vyplívá nižší finanční ztráta.

Veškeré návrhy jsou zkonstruovány s normovaných ocelových profilů a plechů. Jedinými nestandardními díly jsou pásy o šířce 2 800 mm s přilepenými lopatkami vyskytující se u návrhů číslo 2 a 4, u kterých je delší doba dodání od výrobce. Totéž platí i o článkovém nerezovém řetězu u návrhů 1 a 2.

Z těchto důvodů návrh č. 3 obdržel známku 5, návrhy č. 1 a 4 obdržely známku 4 a návrh č. 2 získal známku 3.

## 8.13 Čištění pásu

Možnosti čištění pásu má velký vliv na dobu provozu dopravníku bez nutnosti odstávek k jeho vyčištění.

U dopravníku s rovným pásem lze bez problému naistalovat stěrače pásu, které z pásu odstraní zůstatkový materiál což u dopravníků s pásy vybavenými lopatkami nelze. Profilové pásy lze čistit pomocí rotujících kartáčů. Proto návrh číslo 3 získal známku 5 a ostatní návrhy známku 2.

## 8.14 Čištění dna dopravníku

Stejný dopad na provoz dopravníku jako má čištění pásu (kap. 7.13) má i čištění dna dopravníku pod vratnou větví.

Nejhůře v tomto kritériu obstál návrh č. 3, který by pro čištění dna musel být vybaven dodatečným sběrným systémem. Udělena známka 1.

## Inovace vykládací stanice pro tuhá alternativní paliva

Další návrhy, čištění dna umožňují pomocí lopatek pásu ale návrhy č. 2 a 4 mohou rychlejším opotřebením svých lopatek o tuto výhodu přijít. Jejich lopatky jsou ze stejného materiálu jako vlastní pás. Kvůli vznikajícímu většímu tření mezi dopravovaným materiálem, dnem a lopatkou může docházet k jejich opotřebení popř. odlomení. Udělena známka 3.

Nejlepším řešením je návrh č. 1, jehož lopatky jsou tvořeny ocelovými L-profilů.

*Tabulka 7: Rozhodovací tabulka*

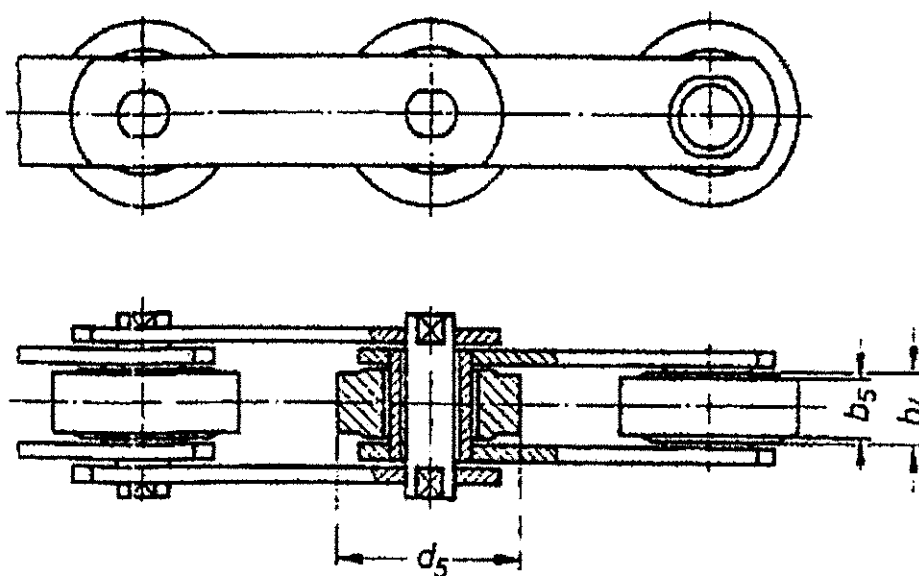
Kritérium	Váha	Návrhy na vykládací stanici pro TAP								Max. hodnota
		Návrh č. 1		Návrh č. 2		Návrh č. 3		Návrh č. 4		
		Známka	VU	Známka	VU	Známka	VU	Známka	VU	
Objemový průtok	15,00%	5	0,75	5	0,75	5	0,75	5	0,75	0,75
Hmotnostní průtok	5,00%	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	0,25
Sklon dopravníku	9,00%	5	0,45	5	0,45	1	0,09	5	0,45	0,45
Dopravní výška a vzdálenost	9,00%	5	0,45	5	0,45	2	0,18	5	0,45	0,45
Soudržnost materiálu	7,00%	5	0,35	5	0,35	1	0,07	5	0,35	0,35
Zrnitost materiálu	7,00%	5	0,35	5	0,35	1	0,07	5	0,35	0,35
Chování materiálu během dopravy	7,00%	4	0,28	4	0,28	4	0,28	4	0,28	0,35
Teplota dopravovaného materiálu	5,00%	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	0,25
Environmetální aspekty	7,00%	4	0,28	4	0,28	4	0,28	4	0,28	0,35
Skladová zásoba materiálu na dopravníku	5,00%	5	0,25	5	0,25	2	0,1	2	0,1	0,25
Prostorová náročnost	6,00%	5	0,3	5	0,3	1	0,06	5	0,3	0,3
Použití standartních dílů	4,00%	4	0,16	3	0,12	5	0,2	4	0,16	0,2
Čištění pásu	7,00%	2	0,14	2	0,14	5	0,35	2	0,14	0,35
Čištění dna dopravníku	7,00%	5	0,35	3	0,21	1	0,07	3	0,21	0,35
<b>Součet</b>		4,61		4,43		3		4,32		5
<b>Relativní užítost</b>		0,922		0,886		0,6		0,864		100%
<b>Pořadí</b>		1.		2.		4.		3.		
<b>Další postup</b>		ANO		NE		NE		NE		

## 9 Volba dopravního řetězu a výpočet řetězového kola

### 9.1 Volba řetězu

Dle normy DIN 8167 volím dopravní řetěz M80 s roztečí řetězu  $P_{ch} = 80 \text{ mm}$ , v provedení B s rolnami. S vlastní hmotností  $q = 17,43 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ . [7]

Form B, C, D und E



Obrázek 23.: Skica dopravního řetězu

Tabulka 8: Rozměry a vlastnosti dopravních řetězů typu M

Rollen nach DIN 8169 Form	Ketten-Nr	$a$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$c$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$	$f$	$r$	$k^{(1)}$	$s$
		max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.
A, B, F	M 20	36	16	22	22,2	15	14	24,5	1	6	6,1	9	12,5	25	30	7	3	16	7	2,5
	M 28	40	18	25	25,2	17	16	28	1	7	7,1	10	15	30	36	8,5	3,5	20	8	3
	M 40	45	20	28	28,3	19	18	31,5	1	8,5	8,6	12,5	18	35	42	10	3,5	25	9	3,5
	M 56	52	24	33	33,3	23	22	35	1,5	10	10,1	15	21	43	50	12	4,5	30	10	4
	M 80	62	28	39	39,6	27	26	43	2	12	12,1	18	25	50	60	15	5	35	12	5
A, B, C F, G	M 112	73	32	45	45,5	31	29	50,5	2,5	15	15,1	21	30	60	70	18	5	40	14	6
	M 160	85	37	52	52,5	36	34	58,5	3	18	18,1	25	36	70	85	21	5,5	50	16	7
	M 224	98	43	60	60,6	42	40	67	3	21	21,2	30	42	85	100	25	7	60	18	8
A, B, C, D, E, F, G, H, J	M 315	112	48	70	70,7	47	45	77	3	25	25,2	36	50	100	120	30	7,5	70	21	10
	M 450	135	56	82	82,8	55	51	92,5	3,5	30	30,2	42	60	120	140	35	8	80	25	12
	M 630	154	66	96	97	65	61	107	3,5	36	36,2	50	70	140	170	42	11	100	30	14
	M 900	180	78	112	113	76	70	127	3,5	44	44,2	60	85	170	210	50	13,5	120	37	16

Základní rozměry dopravního řetězu:

$d_1$  ... průměr čepu řetězu

$d_5$  ... vnější průměr kladky

Počet článků řetězu:

$$x = 2 \cdot \frac{L}{P_{ch}} + \frac{z_1 + z_2}{2} \quad (7)$$

$$x = 2 \cdot \frac{17840}{80} + \frac{15+15}{2} = 461$$

kde:

$L$  ... osová vzdálenost mezi hnacím a hnaným řetězovým kolem,

$P_{ch}$  ... rozteč řetězu,

$z_1, z_2$  ... počet zubů dopravního řetězového kola.

## 9.2 Výpočet tahové síly dopravního řetězu

Horizontální tahová síla: [6]

$$T_h = 9,81 \cdot \frac{(P+P_1) \cdot f_r \cdot F_s \cdot F_v}{\text{počet řetězů}} \quad (8)$$

$$T_h = 9,81 \cdot \frac{(P+P_1) \cdot f_r \cdot F_s \cdot F_v}{\text{počet řetězů}} = 9,81 \cdot \frac{(642,8+2973) \cdot 0,2 \cdot 1,728 \cdot 0,7}{2} = 4\,290,6 \text{ N}$$

Tahová síla v šikmé větvi:

$$T_{hs} = 9,81 \cdot \frac{[\cos\alpha \cdot (P+P_1) \cdot f_v + \sin\alpha \cdot P_1] \cdot F_s \cdot F_v}{\text{počet řetězů}}$$

$$T_{hs} = 9,81 \cdot \frac{[\cos 30^\circ \cdot (642,8+2973) \cdot 0,2 + \sin 30^\circ \cdot 2973] \cdot 1,728 \cdot 0,7}{2} = 12\,535,2 \text{ N}$$

kde:

$f_r$  ... součinitel tření

$F_s$  ... součinitel provozu

$F_v$  ... součinitel rychlosti

$P$  ... hmotnost řetězu

$P_1$  ... hmotnost dopravovaného materiálu

$\alpha$  ... sklon dopravníku



Součinitel tření  $f_r$  představuje hodnotu definující sílu nezbytně nutnou k překonání odporu při pohybu dvou částí, které jsou ve styku. U řetězů pracujících "s dotykem" na drahách, pak dochází ke kluznému, smykovému tření. Pro dopravní řetězy, které kloužou na vlastních válečcích resp. kladkách na příslušných drahách, nastávají podmínky kombinovaného kluzného tření a valivého tření. Hodnoty součinitele tření pro různá tělesa udává (tab. č. 8): [6]

Tabulka 9: Součinitelé tření

Dotýkající se tělesa	součinitel smykového tření " $f_r$ " suchý povrch	součinitel smykového tření " $f_r$ " mazaný povrch
Ocelové řetězy na vedení z tvrdého dřeva	0,44	0,29
Ocelové řetězy na ocelových vedeních	0,30	0,20
Ocelové řetězy na drsných, nerovných nebo zrezivělých vedeních	0,35	0,25
Ocelové řetězy na vedeních z polyethylenu o vysoké hustotě a o velmi vysoké molekulové váze	0,18	0,05

Zvolen součinitel tření  $f_r = 0,2$ .

Součinitel provozu  $F_s$ , jedná se o korekční součinitel tahové síly. Tento korekční součinitel je aplikován na tahovou sílu, která závisí na podmínkách a provozních charakteristikách dopravníku. V následující (tab. č. 9), jsou uvedeny hodnoty nejobvyklejších aplikací. Výsledný součinitel provozu je součinem dílčích hodnot  $F_s$ . [6]

Tabulka 10: Součinitelé provozu

Podmínky provozu	$F_s$
<b>Poloha nákladu</b> - vystředěná - nevystředěná	1,0 1,5
<b>Charakteristiky zatížení materiálem</b> - stejnoměrné: Výskyt přetížení méně než 5% - s mírnými změnami, kolísáním: Výskyt přetížení 5-20% - s velkými změnami, kolísáním: Výskyt přetížení 20-40%	1,0 1,2 1,5
<b>Frekvence rozběhu – zastavování pod zatížením</b> - méně než 5 krát za den - od 5 krát za den až do 2 krát za hodinu - častěji než 2 krát za hodinu	1,0 1,2 1,5
<b>Pracovní prostředí</b> - relativně čisté - středně prašné nebo špinavé - vlhké, velice špinavé nebo korozivní	1,0 1,2 1,3
<b>Počet provozních hodin za den</b> - do 10 - do 24	1,0 1,2

$$F_s = 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,728$$

Součinitel rychlosti  $F_v$  je korekční součinitel tahové síly. Tento korekční součinitel závisí na rychlosti posuvného pohybu řetězu v poměru k počtu zubů hnacích kol. K určení součinitele rychlosti  $F_v$  slouží (tab. č. 10): [6]

Tabulka 11: Součinitelé rychlosti

rychlost m/min.	Počet zubů ozubeného kola						
	6	7-8	9-10	11-12	13-16	17-20	21-24
3,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
7,5	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
15,0	1,4	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
30,0	2,0	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
60,0	4,4	2,0	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9

Z tabulky vychází součinitel rychlosti  $F_v = 0,7$ .

Hmotnost dopravního řetězu:

$$P = L_{ch} \cdot q \quad (9)$$

$$L_{ch} = 2 \cdot L + \pi \cdot d_t = 2 \cdot 17,84 + \pi \cdot 0,385 = 36,89 \text{ m} \quad (10)$$

$$d_t = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{z}} = \frac{80}{\sin \frac{180^\circ}{15}} = 384,8 \text{ mm} = 0,385 \text{ m} \quad (11)$$

$$P = 36,89 \cdot 17,43 = 642,98 \text{ kg}$$

kde:

$L_{ch}$  ... celková délka řetězu na dopravníku

$q$  ... hmotnost řetězu 1 m délky

Hmotnost dopravovaného materiálu:

$$P_1 = L \cdot \frac{Q_m}{3,6 \cdot v} \quad (12)$$

$$P_1 = 17,84 \cdot \frac{120}{3,6 \cdot 0,2} = 2973 \text{ kg} \dots 29\,165 \text{ N}$$

Kontrola řetězu s pohledu bezpečnosti:

S ohledem na zatížení řetězu hmotností dopravovaného materiálu a požadovanou bezpečnost proti přetržení  $k = 5$ , musí mít zvolený řetěz vyhovující minimální pevnost proti přetržení.

$$F_B = P_1 \cdot k = 29165 \cdot 5 = 145\,825 \text{ N} \quad (13)$$

Zvolený řetěz vyhovuje, síla potřebná k přetržení dle DIN 8167 se rovná 160 000 N.

### 9.3 FEM analýza dopravního řetězu

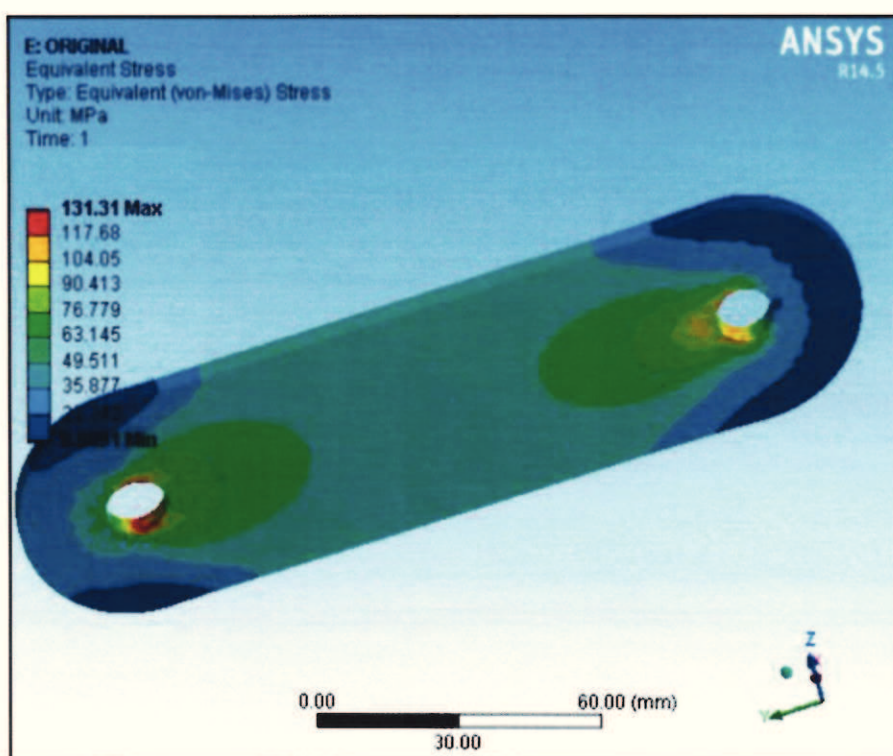
Pomocí FEM analýzy tzv. Metody konečných prvků byla ověřena vhodnost použití dopravního řetězu M80 - 80 pro danou vykládací stanici. [8]

Výpočet je proveden na vnější destičce řetězu.

Maximální zatěžující síla dle normy DIN 8167:  $F = 11\,600\text{ N}$

Mez kluzu materiálu 1.4301 (nerezová ocel):  $R_{p0,2} = 200\text{ MPa}$

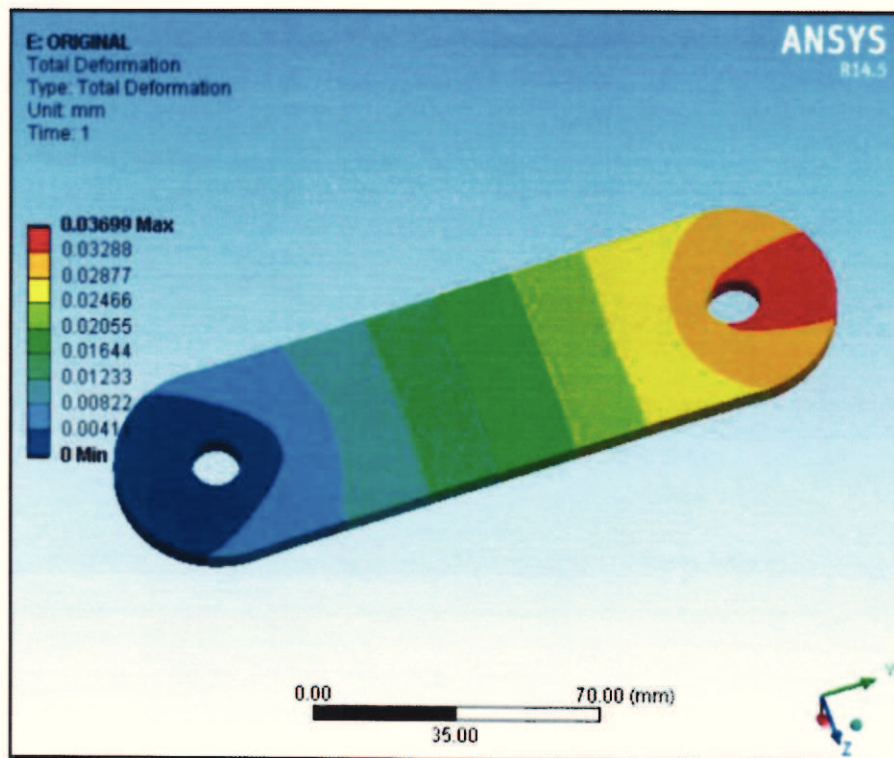
Dovolené napětí:  $\sigma = \frac{200}{1,5} = 133,33\text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  (14)



Obrázek 24.: FEM analýza desky dopravního řetězu

Dovolené napětí z programu Ansys:  $\sigma_{Ansys} = 131,31\text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$





Obrázek 25.: Deformace otvoru pro čep

Maximální deformace otvoru pro čep činí dle programu Ansys 0,03699 mm.  
Ze vzájemného porovnání výsledků vyplívá, že navržený řetěz vyhovuje.

## 9.4 Výpočet řetězového kola

Průměr roztečné kružnice:

$$D = \frac{P_{ch}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_1}\right)} \quad (15)$$

$$D = \frac{80}{\sin\left(\frac{180^\circ}{15}\right)} = 384,8 \text{ mm}$$

Otáčky řetězového kola:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D} \quad (16)$$

$$n = \frac{0,3}{\pi \cdot 0,38} = 0,167 \text{ s}^{-1}$$

kde:

$v$  ... rychlost řetězu ( $v = 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Poloměr dna zubní mezery:

$$r_{fmin} = 0,505 \cdot d_5 \quad (17)$$

$$r_{fmin} = 0,505 \cdot 50 = 25,25 \text{ mm}$$

$$r_{fmax} = 0,505 \cdot d_5 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{d_5}$$

$$r_{fmax} = 0,505 \cdot 50 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{50} = 25,5 \text{ mm}$$

Zvolen poloměr dna zubní mezery  $r_f = 25,4 \text{ mm}$ .

Poloměr boku zubu:

$$r_{amin} = 0,12 \cdot d_5 \cdot (z_1 + 2) \quad (18)$$

$$r_{amin} = 0,12 \cdot 50 \cdot (15 + 2) = 102 \text{ mm}$$

$$r_{amax} = 0,008 \cdot d_5 \cdot (z_1^2 + 180) \quad (19)$$

$$r_{amax} = 0,008 \cdot 50 \cdot (15^2 + 180) = 162 \text{ mm}$$

Zvolen poloměr boku zubu  $r_a = 132 \text{ mm}$ .

Úhel otevření zubové mezery:

$$\varphi_{min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z} \quad (20)$$

$$\varphi_{min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{15} = 114^\circ$$

$$\varphi_{max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z} \quad (21)$$

$$\varphi_{max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{15} = 134^\circ$$

Zvolen úhel otevření zubové mezery  $\varphi = 120^\circ$ .

Průměr hlavové kružnice:

$$D_{amin} = D + 0,5 \cdot d_5 \quad (22)$$

$$D_{amin} = 384,8 + 0,5 \cdot 50 = 409,8 \text{ mm}$$

$$D_{amax} = D + 1,25 \cdot P_{ch} - d_5 \quad (23)$$

$$D_{amax} = 384,8 + 1,25 \cdot 80 - 50 = 434,8 \text{ mm}$$

Zvolen průměr hlavové kružnice  $D_a = 425 \text{ mm}$ .

Průměr patní kružnice:

$$D_f = D - 2 \cdot r_f \quad (24)$$

$$D_f = 384,8 - 2 \cdot 25,4 = 334 \text{ mm}$$

Rozdíl poloměrů roztečné kružnice a věnce:

$$f = 0,4 \cdot P_{ch} \quad (25)$$

$$f = 0,4 \cdot 80 = 32 \text{ mm}$$

Největší průměr věnce:

$$D_g = D - 2 \cdot f \quad (26)$$

$$D_g = 384,8 - 2 \cdot 32 = 320,8 \text{ mm}$$

Šířka zubu:

$$b_{f1} = 0,95 \cdot b_1 \quad (27)$$

$$b_{f1} = 0,95 \cdot 28 = 26,6 \text{ mm}$$

kde:

$b_1$  ... vnitřní šířka řetězu.

Hodnota zaoblení zubu:

$$b_a = (0,1 \div 0,15) \cdot d_5 \quad (28)$$

$$b_a = (0,1 \div 0,15) \cdot 50 = (5 \div 7,5) \text{ mm}$$

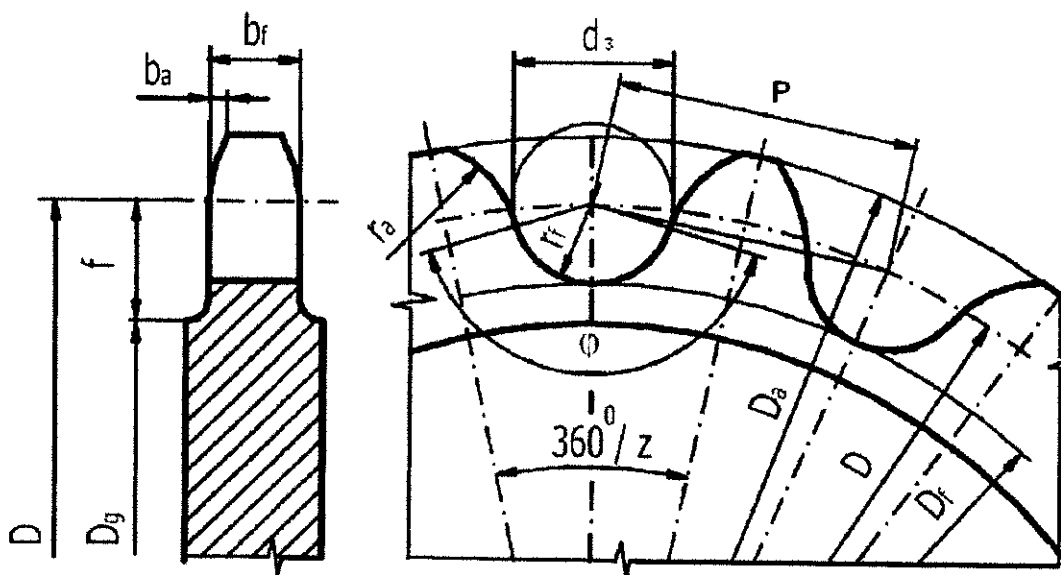
Zvolena hodnota zaoblení zubu  $b_a = 6 \text{ mm}$ .

Poloměr zaoblení zubu:

$$R_2 = 1,3 \cdot d_5 \quad (29)$$

$$R_2 = 1,3 \cdot 50 = 65 \text{ mm}$$

Veškeré vypočtené hodnoty jsou zobrazeny na (obr. č. 25):



Obrázek 26.: Rozměry ozubeného kola

## 10 Výpočet pohonu

Výkon hnacího elektromotoru:

$$P_H = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta_c} \quad (30)$$

$$P_H = 7,08 \text{ kW}$$

Z důvodu použití pohonu na obou koncích dopravníků vyjde požadovaný výkon pro jeden pohon dle vzorce:

$$P_1 = \frac{P_H}{2} = \frac{7,08}{2} = 3,55 \text{ kW}. \quad (31)$$

Dle vypočteného požadovaného výkonu pro jeden pohon byl zvolen elektromotor o výkonu 5,5 kW se šnekovou převodovkou, která je kombinovaná s čelním soukolím. Motor byl zvolen od společnosti SEW s označením S 97 DRS 132S4 BE5.

Technické parametry motoru DRS 132S4:

$$\text{Výkon} - P_M = 5,5 \text{ kW}$$

$$\text{Jmenovitý výkon} - M_N = 36,5 \text{ Nm}$$

$$\text{Otáčky motoru} - n_M = 1445 \text{ min}^{-1}$$

Technické parametry převodovky S 97:

$$\text{Výstupní otáčky} - n_p = 8,9 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{Výstupní krouticí moment} - M_p = 4500 \text{ Nm}$$

$$\text{Převodový poměr} - i = 161,7$$

Výpočet účinnosti převodovky:

$$\eta_p = \frac{M_p}{i_p \cdot M_N} \cdot 100 \quad (32)$$

$$\eta_p = \frac{4500}{161,7 \cdot 36,5} \cdot 100 = 76,24 \%. \quad [6]$$

Pohonná jednotka je vybavena stejnosměrně buzenou elektromagnetickou kotoučovou brzdou s elektrickým odbrzděním a brzděním pomocí síly vinutých pružin.

$$\text{Brzdný moment} - M_B = 55 \text{ Nm}.$$

## 11 Tvar ložného profilu, šířka pásu

Z konstrukce řetězového pásového dopravníku vyplívají nižší nároky na pás než je tomu u klasického pásového dopravníku. V tomto uspořádání neslouží pás jako tažný element a jako element nosný.

Zvolen byl pás od společnosti Gumex s.r.o. s označením EP315/2 v požadované šířce 2800 mm.

Parametry pásu:

Počet vložek	3
Pevnost pásu	$R_{mp} = 400 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$
Tloušťka pásu	9 mm
Šířka pásu	$B_p = 2\,800 \text{ mm}$
Hmotnost	$m_p = 4,84 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$

Využitelná šířka pásu  $b = 2\,550 \text{ mm}$ , dle vzorce (2) v (kap.č. 8.1).

Únosnost pásu:

$$F_{up} = R_{mp} \cdot B_p \tag{33}$$

$$F_{up} = 400 \cdot 2\,800 = 1,12 \cdot 10^6 \text{ N [6]}$$

## 12 Ekonomické zhodnocení

Výslednou cenu vykládací stanice nejvíce ovlivňují pořizovací ceny elektromotorů, dopravního nerezového řetězu a nosného pryžového pásu. V této kapitole dojde k porovnání pořizovacích cen u vítězného návrhu se známými stanicemi uvedenými v kapitole č. 6. Veškeré uvedené ceny v (tab. č. 11), zahrnují pouze vlastní stanici a jsou pouze informativní (dodáno obchodním oddělením společnosti Beumer Group Czech Republic a.s.), a mohou se v konečném znění lišit s ohledem na různé dodatečné vybavení popř. použití jakostních materiálů.

Jednotlivé ceny vykládacích stanic tvoří součet cen základních komponentů a hutního materiálu, u kterého se je stanovena tzv. kilová cena. Mezi základní komponenty patří:

- dopravní pás
- elektromotor s převodovkou
- dopravní řetěz
- šnek
- hydraulický válec s čerpadlem
- dopravní řetěz

Typ (dopravníku) stanice	Pořizovací náklady [Kč]
Řetězový pásový dopravník	2.700.000,-
Šnekové dno + řetězový dopravník kap. č. 6.1	2.850.000,-
Řetězový dopravník kap. č. 6.2	2.500.000,-
Hydraulická vykládací stanice kap. č. 6.3	1.950.000,-
Pásový dopravník + korečkový elevátor kap. č. 6.4	3.200.000,-

Tabulka 12: Přehled pořizovacích nákladů

Celá vykládací stanice je řešena co nejjednodušeji s použitím běžně dostupných materiálů a dílů.



## Závěr

Cílem diplomové práce zadané společností Beumer Group Czech Republic a.s. bylo navrhnout inovaci vykládací stanice pro tuhá alternativní paliva při respektování moderních metod inovačního inženýrství. Navržená inovace respektuje hlavní požadavky definované v samotném úvodu této práce.

Byly zjištěny důvody, proč jsou "TAP" v posledních letech stále žádanější komoditou co to vlastně "TAP" jsou, jaké nové příležitosti a problémy z této skutečnosti plynou pro dodavatele dopravních zařízení.

Byl proveden popis technického procesu přepravy s uvedením dalších zařízení, která se v tomto procesu používají např. dávkovací váha a pneumatický dopravník.

Jako inovační záměr bylo vybráno vyřešení resp. splnění všech zadávacích požadavků. Pomocí programu MS Project byl sestaven harmonogram projektu inovace.

V další části diplomové práce jsou popsána již známá řešení vykládacích stanic s uvedenými výhodami resp. jejich nevýhodami.

Na tuto přehledovou část plynule navazuje přehled možných návrhů, které obsahují již výše uvedené požadavky na stanice. Veškeré návrhy jsou podrobně popsány a ohodnoceny váženými kritérii a všechna hodnocení jsou zdůvodněna, proč byl návrh ohodnocen zrovna tou známkou, která mu byla přidělena.

Následná část práce se již věnuje pouze vybranému nejlepšímu návrhu a to z hlediska konstrukčního, doplněného nutnými výpočty dopravního řetězu, pohonu (elektromotoru) a dopravního pásu.

Výsledkem je vlastní koncepce vykládací stanice pracující s řetězovým pásovým dopravníkem o objemovém průtoku  $Q_{vpp} \cong 3200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a hmotnostním průtoku  $Q_{mp} = 641,5 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  a o požadované vynášecí výšce dopravníku 5,7 m. Návrh také splňuje požadavek na co nejnižší dopad provozu stanice na životní prostředí. Ke splnění tohoto požadavku velmi příznivě přispívá celková stavba stanice, tvořící jeden ucelený celek bez nutných přesypů, tato vlastnost má i příznivý vliv na eliminaci úniku zápachu do okolí stanice. Vzhledem, k počáteční horizontální části dopravníku, zůstala zachována možnost vykládání jízdních souprav se sklopnými návěsy, což byla obrovská výhoda stávajícího provedení stanice s portálovým jeřábem. Z důvodu vzniku tzv. chemické koroze při přepravě TAP byl u dopravního řetězu M80 – 80 zvolen materiál z nerezové oceli Wr. 1.4301.

Dosažené výsledky u inovované stanice byly porovnány se stávajícím řešením stanice a přehledně zpracovány v následující tabulce:

Tabulka 13: Porovnání vlastností vykládacích stanic

Porovnání stávající a inovované vykládací stanice					
Stávající vykládací stanice		Inovovaná vykládací stanice		Stávající vykládací stanice	
Výhody:		Výhody:		Nevýhody:	
1.	Možnost rychlé vykládky (návěsy se sklápnou nástavbou)	1.	Využití systému FIFO	1.	Vysoké pořizovací náklady
2.	Uzavřený systém: - eliminace prachu - eliminace zápachu	2.	Uzavřený systém: - eliminace prachu - eliminace zápachu	2.	Delší doba výstavby
3.	Možnost vykládky různých typů dopravních prostředků	3.	Možnost vykládky různých typů dopravních prostředků	3.	Výskyt podzemní vody
4.	Možnost velké zásoby materiálu (pokud je potřeba)	4.	Možnost využít dopravník jako dodatečný zásobník	4.	Nutnost izolace
		5.	Nižší pořizovací náklady	5.	Nakladače není schopen odebrat
		6.	Kratší doba výstavby	6.	Nutnost čistících prací v kratších intervalech
		7.	Neovlivňuje stanici podzemní voda	7.	Absence systému FIFO při vyšší zásobě materiálu
		8.	Není nutná izolace proti podzemní vodě	8.	Složitě naprogramování nakladače s ohledem na dávkování
		9.	Nutnost čištění stanice pouze při plánovaných odstávkách		

Inovovaná vykládací stanice by se měla objevit ve výrobním programu společnosti Beumer Group Czech Republic a.s. v druhé polovině roku 2016.

Z porovnání různých typů vykládacích stanic v této diplomové práci vyplívá i určité doporučení a to vyvarovat se podzemním skladovacím prostorám z důvodů vysoké ceny při výstavbě, vysoké riziko podzemní vody, nutná izolace, absence systému FIFO.

V samotném závěru práce je vítězný návrh srovnán se známými řešeními stanic uvedenými v (kap. č. 6) ohledně pořizovacích nákladů.

## Použitá literatura

- [1] TNI 83 8300 Tuhá alternativní paliva – Terminologie, definice a popis. 2007
- [2] TNI 83 8302 Tuhá alternativní paliva – Specifikace a třídy. 2007
- [3] KŘIVDA, V.; OLIVKOVÁ, I.; PALO, J. A RICHTÁŘ, M. *Dopravní telematika*. Vysokoškolská učebnice. Žilina: Žilinská univerzita Žilina, Slovenská republika, 2009, 384 s. ISBN 978-80-8070-981-5.
- [4] Konstruktiewerkhuizen STAS nv [online]. [vid. 2015]. Images. Dostupné z WWW: <[http://stas.be/images/PRODUCTEN/Folders/2012%20STAS\\_MF%20NED.pdf](http://stas.be/images/PRODUCTEN/Folders/2012%20STAS_MF%20NED.pdf)>.
- [5] MAŠÍN, I.; ŠEVČÍK, L.: *Metody inovačního inženýrství*. Vysokoškolská učebnice. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009, ISBN 80-903533-0-4
- [6] POLÁK, J., BAILOTTI, K., PAVLISKA, J., HRABOVSKÝ, L., *Dopravní a manipulační zařízení II*. Skriptum. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2001.
- [7] DIN 8167 *Förderketten mit Vollbolzen*, Berlin 1976
- [8] HRUŠ, T., *Základy metody konečných prvků*. Skripta TUL FS, 2005.

## Seznam obrázků

Obrázek 1.: Beumer Group ve světě .....	- 13 -
Obrázek 2.: Spojení mezi vybranými názvy v oblasti odpadů .....	- 16 -
Obrázek 3.: Nákladní automobil s pohonem 8x4 se sklopnou nástavbou .....	- 18 -
Obrázek 4.: Jízdní souprava s návěsem "Walking-Floor" .....	- 19 -
Obrázek 5.: Magnetický bubnový separátor .....	- 20 -
Obrázek 6.: Dávkovací váha .....	- 20 -
Obrázek 7.: Pneumatický dopravník .....	- 21 -
Obrázek 8.: Nakladač .....	- 22 -
Obrázek 9.: Schéma vykládací stanice .....	- 22 -
Obrázek 10.: Časový harmonogram projektu .....	- 23 -
Obrázek 11.: Vykládací stanice se šnekovým dnem .....	- 24 -
Obrázek 12.: Řetězový dopravník .....	- 26 -
Obrázek 13.: Hydraulická vykládací stanice .....	- 27 -
Obrázek 14.: Kombinovaná stanice s elevátorem .....	- 28 -
Obrázek 15.: Návrh vykládací stanice č. 1 .....	- 29 -
Obrázek 16.: Vykládací stanice - 3D model .....	- 29 -
Obrázek 17.: Detail dopravního řetězu .....	- 30 -
Obrázek 18.: Řez řetězového kola .....	- 30 -
Obrázek 19.: Pryžový pás s lopatkami .....	- 31 -
Obrázek 20.: Návrh vykládací stanice č. 3 .....	- 31 -
Obrázek 21.: Návrh vykládací stanice č. 3 .....	- 32 -
Obrázek 22.: Výpočet využitelné šířky pásu .....	- 34 -
Obrázek 23.: Skica dopravního řetězu .....	- 43 -
Obrázek 24.: FEM analýza desky dopravního řetězu .....	- 47 -
Obrázek 25.: Deformace otvoru pro čep .....	- 48 -
Obrázek 26.: Rozměry ozubeného kola .....	- 51 -

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Tabulka požadovaných parametrů .....	- 15 -
Tabulka 2: Třídy TAP .....	- 16 -
Tabulka 3: Výhřevnost materiálů .....	- 17 -
Tabulka 4: Zvolená kritéria a jejich váha .....	- 33 -
Tabulka 5: Zrnitost materiálu .....	- 38 -
Tabulka 6: Skupiny vlastností materiálu během přepravy .....	- 39 -
Tabulka 7: Rozhodovací tabulka .....	- 42 -
Tabulka 8: Rozměry a vlastnosti dopravních řetězů typu M .....	- 43 -
Tabulka 9: Součinitelé tření .....	- 45 -
Tabulka 10: Součinitelé provozu .....	- 45 -
Tabulka 11: Součinitelé rychlosti .....	- 46 -
Tabulka 12: Přehled pořizovacích nákladů .....	- 54 -
Tabulka 13: Porovnání vlastností vykládacích stanic .....	- 56 -

## Seznam příloh

Příloha č. 1	Časový harmonogram projektu	
Příloha č. 2	Sestava vykládací stanice	v.č. DP – Brodský - 001
Příloha č. 3	Ozubené kolo	v.č. DP – Brodský - 002
Příloha č. 4	Sestava dopravního řetězu	v.č. DP – Brodský - 003

## Další přílohy

- CD: Diplomová práce ve formátu (pdf)
- Výkresová dokumentace ve formátu (dwg – AutoCad 2015)
- 3D model vykládací stanice ve formátu (dwg – Advance Steel 2015)



ID	Název úkolu	Doba trvání	Zahájení	Dokončení	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září
1	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	175 dny	5.1.15	4.9.15									
2	Tvorba zadání diplomové práce	9 dny	5.1.15	15.1.15									
3	Úvod	3 dny	5.1.15	7.1.15									
4	Cíl diplomové práce	3 dny	8.1.15	12.1.15									
5	Konzultace	2 dny	13.1.15	14.1.15									
6	Odevzdání zadání	1 den	15.1.15	15.1.15									
7	<b>Stávající stav</b>	13 dny	16.1.15	3.2.15									
8	Současné řešení	10 dny	16.1.15	29.1.15									
9	Shrnutí	3 dny	30.1.15	3.2.15									
10	<b>Inovační záměr</b>	10 dny	11.2.15	24.2.15									
11	Inovační záměr	3 dny	11.2.15	13.2.15									
12	Tvorba harmonogramu	2 dny	16.2.15	17.2.15									
13	Hledání již známých řešení	5 dny	18.2.15	24.2.15									
14	<b>Koncepční návrh</b>	69 dny	25.2.15	1.6.15									
15	Návrh č.1	20 dny	25.2.15	24.3.15									
16	Návrh č.2	5 dny	27.3.15	2.4.15									
17	Návrh č.3	20 dny	7.4.15	4.5.15									
18	Návrh č.4	3 dny	12.5.15	14.5.15									
19	Kritériální hodnocení variant	10 dny	15.5.15	28.5.15									
20	Volba vhodného návrhu	2 dny	29.5.15	1.6.15									
21	<b>Zpracování vybrané varianty</b>	17 dny	2.6.15	24.6.15									
22	Výpočet řetězu	4 dny	2.6.15	5.6.15									
23	Výpočet řetězového kola	3 dny	8.6.15	10.6.15									
24	Pevnostní analýza řetězu	5 dny	11.6.15	17.6.15									
25	Výpočet motoru	2 dny	18.6.15	19.6.15									
26	Výpočet únosnosti pásu	3 dny	22.6.15	24.6.15									
27	<b>Závěr</b>	8 dny	9.7.15	20.7.15									
28	Zhodnocení	4 dny	9.7.15	14.7.15									
29	Poděkování	1 den	15.7.15	15.7.15									
30	Použitá literatura	2 dny	16.7.15	17.7.15									
31	Seznam zkratek	1 den	20.7.15	20.7.15									
32	Seznam obrázků	1 den	20.7.15	20.7.15									
33	Seznam tabulek	1 den	20.7.15	20.7.15									
34	<b>Dokončení diplomové práce</b>	29 dny	28.7.15	4.9.15									
35	Kontrola	2 dny	28.7.15	29.7.15									
36	Projekt 2	1 den	30.7.15	30.7.15									
37	Tisk a vazba	5 dny	14.8.15	20.8.15									
38	Odevzdání diplomové práce	1 den	4.9.15	4.9.15									

