

Česká zemědělská univerzita v Praze

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

DIVOKÝ Pavel

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Technologické systémy zpracování dřevěných jednoúčelových palet

diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. David Herák, Ph.D.

Autor práce: Bc. Pavel Divoký

Praha 2013

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta: technická

Katedra: mechaniky a strojnictví

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant: **Bc. Pavel Divoký**

Studijní obor: Zemědělská technika

Název práce: Technologické systémy zpracování dřevěných jednoúčelových palet

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Cílem této diplomové práce je navrhnout technologickou linku pro zpracování dřevěných jednoúčelových palet s minimálními energetickými nároky, minimálními rozměry a jednoduchou obsluhou.

Osnova práce:

1. Úvod.
2. Stručná rešerše – jednoúčelové palety.
3. Stručná rešerše – typy technologií používaných pro likvidaci dřevěných palet.
4. Návrh technologické linky.
5. Experimentální stanovení energetické náročnosti navržené technologické linky.
6. Diskuze a závěr.

Metodika práce:

Diplomant navrhne technologickou linku pro zpracování dřevěných jednoúčelových palet. V laboratorních podmínkách stanoví velikosti sil a momentů potřebných k deformaci palety a z těchto hodnot určí potřebnou deformační energii a pokusí se predikovat celkovou energetickou náročnost technologické linky.

Rozsah práce: 50 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

Horáček, P.: Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I., MZLU v Brně, 2008

Holopírek, J.: Teorie řezných odporů při obrábění dřeva, VA Brno, 2000

Breyer, E.: Design of Wood structures, McGraw-Hill Professional, 2006

Vedoucí diplomové práce: Ing. David Herák, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 30. 11. 2008

Termín: odevzdání diplomové práce: 07. 4. 2013

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

.....

vedoucí katedry

Prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

.....

děkan

V Praze dne 19. 1. 2009

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Davida Heráka, Ph.D. a použil jen pramenů citovaných v přiložené bibliografii.

V Praze dne 7. 4. 2013

.....
DIVOKÝ Pavel

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat, za pomoc a rady při řešení této diplomové práce, vedoucímu práce Ing. Davidu Herákovi, Ph.D. a Ing. Luboši Sedláčkovi. Dále bych chtěl poděkovat firmám ODES s.r.o., LT-Kovo s.r.o. a SELOS Bohemia s.r.o.

Technologické systémy zpracování dřevěných jednoúčelových palet

Abstrakt: Cílem této diplomové práce bylo navržení technologické linky na zpracování jednoúčelových dřevěných palet s minimálními energetickými nároky, minimálními rozměry a jednoduchou obsluhou. V kapitole „Co to je vlastně paleta?“ jsou popsány druhy palet a jejich použití. V následující kapitole „Způsoby likvidace palet“ jsou popsány možnosti likvidace jednoúčelových dřevěných palet, a také přehled drtičů, které se pro tuto problematiku používají. Kapitola „Návrh technologické linky“ se přímo zaměřuje na návrh linky pro zpracování jednoúčelových dřevěných palet, včetně dopravníků a separátoru kovů. V další kapitole „Experimentální stanovení energetické náročnosti“ jsou určeny potřebné síly a momenty k drcení palet. V závěru práce je shrnut daný problém z hlediska energetické náročnosti linky.

Klíčová slova: jednoúčelová dřevěná paleta, dvouhřídelový drtič, střížné segmenty drtiče

Technological system of wooden single purpose pallet processing

Summary: The objective of the thesis is to design a technology line for wooden single purpose pallet processing with minimal energy demands, minimal dimensions and easy to operate. The chapter “What exactly a pallet is?” describes types of pallets and their use. The following chapter “Methods of disposal of pallets” describes means of disposal of single wooden pallets and lists shredders that are used for this task. The chapter “Design of technological line” directly focuses on the design of processing line for single wooden pallets, including conveyers and metal separators. In the following chapter “Experimental determination of energy consumption” the necessary forces and torques to crush pallets are specified. The conclusion summarizes the problem in terms of energy demands of the line.

Key words: wooden single purpose pallet, twin shaft shredder, shear shredder segments

Obsah:

1. Úvod.....	1
2. Co je to vlastně paleta?	2
2.1 Jednúčelové dřevěné palety.....	3
2.2 Základní požadavky.....	3
3. Způsoby likvidace palet.....	5
3.1 Druhy drtičů	5
3.2 Jednohřídelové drtiče	7
3.3 Dvouhřídelové drtiče	8
3.4 Čtyřhřídelové drtiče.....	9
3.5 Pracovní části drtičů	10
3.5.1 <i>Válce s vyměnitelnými nožovými destičkami</i>	10
3.5.2 <i>Válce tvořené segmentovými noži</i>	11
4. Návrh technologické linky.....	14
4.1 Definice vstupů a výstupů	14
4.2 Posloupnost zpracování palet.....	16
4.3 Základní požadavky na bezpečnost a údržbu linky.....	17
4.3.1 <i>Obsluha stroje</i>	17
4.3.2 <i>Drtič</i>	18
4.3.3 <i>Dopravníky a separátor.....</i>	18
4.3.4 <i>Údržba linky</i>	18
4.4 Automatické řízení linky.....	19
4.5 Návrh pásových dopravníků.....	20
4.5.1 <i>Dopravník na dopravu palet k drtiči.....</i>	21
4.5.2 <i>Dopravník od drtiče přes separátor kovů.....</i>	22
4.5.3 <i>Dopravník na dopravu drtě do kontejneru</i>	24
4.6 Návrh separátoru.....	26

4.7	Návrh dvouhřídelového drtiče.....	28
4.7.1	Násypka.....	30
4.7.2	Podstavec drtiče.....	31
4.7.3	Pracovní část drtiče	31
5.	Experimentální stanovení energetické náročnosti	41
5.1	Statická zkouška tahem	41
5.2	Zkušební vzorky	43
5.3	Naměřené hodnoty a výpočty.....	46
5.3.1	Výpočty a hodnoty z tahové zkoušky	46
5.3.2	Zjištění podmínek stříhu	51
5.3.3	Energetická náročnost.....	55
5.3.4	Porovnání naměřených a spočtených hodnot.....	57
5.3.5	Zjištění potřebné deformační energie.....	58
6.	Přehled nákladů a výnosů	
6.1	Náklady na pořízení linky.....	60
6.2	Výnosy z linky.....	61
7.	Závěr	62
	<i>Seznam použité literatury a zdrojů</i>	<i>64</i>
	<i>Seznam použitých obrázků</i>	<i>65</i>
	<i>Seznam použitých tabulek</i>	<i>67</i>
	<i>Příloha 1: Výkresová dokumentace</i>	
	<i>Příloha 2: Pásový magnetický separátor s permanentními magnety</i>	

1. Úvod

Tato práce řeší problematiku dřevěných jednoúčelových palet a to z hlediska jejich likvidace či recyklace. Jelikož tyto palety nejsou zálohované jako EURO palety, vyvstává problém co s nimi po skončení jejich úlohy v přepravě materiálů, zboží apod. Většina z těchto palet pak končí na skládkách komunálního odpadu nebo jako levný zdroj paliva. Hlavním problémem je ale místo, které zabírají při případném skladování před likvidací a také možné znečištění palet ocelovými prvky nebo nebezpečnými látkami. Tyto problémy by měl vyřešit návrh technologické linky na zpracování těchto palet. Hlavním úkolem linky je minimalizace odpadu s co nejmenšími energetickými nároky.

V kapitole 2 si definujeme co to vlastně paleta je a k čemu slouží. Zde se také zaměříme na základní požadavky, které by měla splňovat. Kapitola 3 nám nastíní možnosti likvidace nebo recyklace těchto palet. Dále se v této kapitole dozvíme něco o válcových drtičích, které se používají pro jejich minimalizaci. V kapitole 4 se budeme přímo věnovat návrhu technologické linky, včetně mezioperační dopravy a separace nežádoucích příměsí. Zde se zaměříme hlavně na návrh drtiče, který představuje nejdůležitější část linky. Nastíníme též požadavky na bezpečnost těchto strojů a obsluhy. V kapitole 5 se pokusíme určit potřebné deformační síly na dezintegraci dřevěné palety. Experimentálně zjistíme pevnost jednotlivých materiálů, z kterých se palety skládají a to pomocí statické tahové zkoušky na několika vzorcích dřeva a oceli. Na konec se zaměříme na ekonomickou stránku věci, tedy výrobní náklady na pořízení linky a možnosti zpeněžení výsledného produktu.

2. Co je to vlastně paleta?

Paleta všeobecně slouží k přepravě a skladování zboží, výrobků nebo polotovarů, které je možno na její ploše stohovat. Používání palet je na celém světě nejrozšířenější metodou manipulace s materiálem v podnicích, obchodech, skladech atd.

Obrázek 1 EURO paleta



Zdroj: <http://www.europal.cz/nova-eur-paleta/>

Využívají se jak pro vnitropodnikovou, tak i mezipodnikovou přepravu. Palety usnadňují a zrychlují převoz či překládku zboží. Výhodou palet je maximální využití ložních ploch přepravních prostředků nebo skladovacích prostorů.

Obrázek 2 Atypické palety



Zdroj: <http://www.herus-palety.cz/kategorie/pouzite-palety-1200x1000.aspx>

Pro snadnou manipulaci jsou palety opatřeny otvory po celém obvodě, které umožňují jednoduché nabrání palety např. vysokozdvížným vozíkem. Palety se vyrábí z rozmanitých materiálů (např. dřevo, kov, plast) a s různými nástavbami

jako jsou ohrádky, klece atd. Nejpoužívanějším typem jsou palety dřevěné, které jsou buď normované - EURO palety 1200x800 mm (viz *Obrázek 1*) nebo atypické (viz *Obrázek 2*).

2.1 Jednoúčelové dřevěné palety

Jednoúčelové dřevěné palety, jak už název napovídá, slouží pouze k jednorázové přepravě zboží. Jejich výrobní náklady jsou nízké a oproti EURO paletám se nevyplatí je zálohovat či posílat zpět k dodavateli. Nízká cena napovídá, že tyto palety nemají velkou životnost a kvalitu. I přes to jsou jejich počty dosti vysoké. Jednoúčelové palety se vyrábí „šité“ na míru požadavkům a potřebám zákazníků, které by měly splňovat, avšak není tomu tak vždy.

2.2 Základní požadavky

- **Nosnost** – paleta by měla být dimenzována na hmotnost přepravovaného materiálu či zboží. Zároveň by neměla paleta sama o sobě mít velkou hmotnost.
- **Velikost a rozměry palety** – vychází z požadavků zákazníka nebo možností výrobců. Nejčastější kombinace rozměrů jsou 750, 800, 1000, 1200, 1800, 2000, 2200, 2400 mm. Malé palety mají pak rozměry 600x400 mm a 800x600 mm.
- **Kvalita dřeva** – používá se dřevo jehličnatých a listnatých stromů, zároveň měkké i tvrdé dřevo. Použitým materiálem mohou být také dřevotřískové desky nebo lisovaný dřevní odpad. Dřevo by nemělo být shnilé, napadené plísněmi, houbami nebo živočišnými škůdci. Ochranné prostředky na dřevo jako laky a barvy se nepoužívají. Vlhkost dřeva by neměla přesahovat 22 % hmoty vysušeného dřeva.
- **Spojovací elementy** - jako pojiva se smějí používat lepidla, která zaručují pevnost materiálu natrvalo. Lepidla musí odpovídat normám úniku do

ovzduší, což je asi $0,8 \text{ mg.m}^{-3}$ formaldehydu. Dále se používají klasické ocelové spojovací prvky, jako jsou hřebíky či spony.

- **Ošetření palety** – tepelné ošetření palet IPPC se provádí při teplotě $56 \text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 30 minut. U jednoúčelových palet tomu tak být nemusí.

3. Způsoby likvidace palet

Oproti likvidaci je lepší způsob palety znovu využít pro další expedici nebo manipulaci uvnitř podniku, pokud to jejich stav umožňuje. Jednoúčelové dřevěné palety se také využívají k opravám stávajících palet nebo k výrobě nových. Většina palet je však likvidována ne zcela ekologickou cestou. V mnoha případech končí na skládkách komunálního odpadu nebo v ohni. Mnoho menších firem je používá jako levný zdroj paliva. Tento způsob není vhodný, jelikož jsou palety většinou znečištěny různorodými látkami (např. olej, barvy atd.), které při nedokonalém spalování unikají do ovzduší. Nejlepším způsobem je minimalizování prostoru a objemu, který paleta zabírá. K tomu jsou nejvhodnější drtiče. Jejich pracovní nástroje jsou dimenzovány na nežádoucí příměsi (např. zemina, hřebíky, špony). Drtiče mají již kvůli zmíněným nežádoucím příměsím robustní konstrukci a jsou většinou naddimenzovány. Mechanicky upravené palety, které jsou zbaveny nežádoucích příměsí, se mohou dále použít ke tvorbě dřevních briket a pelet, ke kompostování, mulčování nebo jako příměsí do cihel či dřevotřískových desek. Znečištěná drť se může skládkovat nebo spalovat. Spalování drtě by mělo probíhat v kotlích k tomu určených, aby se zabránilo nedokonalému spalování.

3.1 Druhy drtičů

Drtičů je nepřeberné množství, jsou konstruovány na přesný druh drceného materiálu a na velikost výsledné drtě. Nejvhodnější pro náš případ jsou drtiče válcové, které dále můžeme dělit dle různých kritérií.

a) Dle mobility:

- *Mobilní* (vyžívají se především pro práci v lese).
- *Stacionární*, které jsou pro náš případ nejvhodnější.

b) Podle druhu pohonu:

- *Elektrické*, kdy je pohon drtiče realizován pomocí jednoho nebo dvou elektromotorů.
- *Hydraulické*, tento pohon se využívá většinou u drtičů s velkými požadavky na výkon a zpracovaný objem drceného materiálu. Opět se používá jeden nebo dva pohony.
- Poháněné *spalovacími motory*, tedy přesně řečeno vývodovými hřídeli např. traktoru. Tento pohon se používá hlavně u mobilních drtičů.

c) Podle počtu hřídelí:

- *Jednohřídelové.*
- *Dvouhřídelové.*
- *Čtyřhřídelové.*

Detailní popis těchto drtičů si popíšeme v následujících kapitolách spolu s nástroji používaných k drcení.

d) Podle otáček drtících válců:

- *Pomaloběžné drtiče*, jejich použití je nejvíce zastoupeno.
- *Vysokootáčkové drtiče*, použití je většinou u jednohřídelových drtičů.

e) Podle válců dělíme drtiče:

- *S hladkými válci* (pro naši aplikaci nevhodné).
- *S ozubenými válci nebo noži.*
- *Kombinace předešlých dvou typů.*

f) Podle vkládání drceného materiálu:

- *Horizontální vkládání.*
- *Vertikální vkládání.*

Drtič může být opatřen dopravníky na odstraňování výsledné drtě nebo na zakládání materiálu určeného k drcení. Součástí drtičů jsou i přítlačná zařízení, většinou na hydraulický pohon. Přítlačné zařízení se používá většinou u jednohřídelových drtičů, které nemají možnost vtáhnutí materiálu. U ostatních drtičů se používá pro zvýšení produkce drtiče. Jinak je drcený materiál přítlačován svoji vahou. Velikost frakce lze u většiny drtičů regulovat výměnnými sítí, které tvoří perforovaný ocelový plech s různými druhy otvorů (kruh, čtverec apod.) a velikostmi. Výsledná drť se může dále třídit na jednotlivé složky pomocí separace odpadu. V našem případě je vhodný separátor kovů.

3.2 Jednohřídelové drtiče

Tyto druhy drtičů se skládají z rotoru a statoru. Fungují na principu stříhání, kde rotor tvoří válec s noži, který proti pevnému statorovému noži ve tvaru hřebene stříhá vkládaný materiál (viz *Obrázek 3*). Jednohřídelové drtiče pracují většinou s vyššími otáčkami kolem 100 ot.min^{-1} . Vyskytují se i pomaloběžné jednohřídelové drtiče. Poháněny jsou většinou jedním elektromotorem popř. hydromotorem.

Obrázek 3 Jednohřídelový drtič



Zdroj: <http://www.terier.cz/cz/399/21/male-jednohridelove-drtice/jednohridelove-drtice/katalogove-listy.htm>

Výhody:

- Jednoduchá konstrukce včetně řešení pohonu.
- Možnost nastavení šířky výstupní štěrby.
- Drcení i vlhkých a lepivých materiálů.

Nevýhody:

- Nutnost použití přtlaku.
- Zvětšování vřelí při broušení statorových nožů.

Použití:

- Na drcení dřeva, plastů, kabelů, papíru, pryže apod.

3.3 Dvuhřidelové drtiče

Dvuhřidelové drtiče se skládají ze dvou hřidelí opatřených noži či ozubenými segmenty (viz *Obrázek 4*). Hřidele se otáčejí proti sobě a mezi sebou drtí materiál. Tyto drtiče jsou tzv. pomaloběžné. Otáčky hřidelí se pohybují max. do 50 ot.min⁻¹. Poháněny jsou pomocí převodovky jedním nebo dvěma elektromotory popř. hydromotory.

Obrázek 4 Dvuhřidelový drtič



Zdroj: [8]

Výhody:

- Nemusí být použit přítlak, válce si drcený materiál sami vtahují.
- Robustní konstrukce.

Nevýhody:

- Nutnost použití dvou pohonů nebo složitějších převodů energie.
- Vyšší energetické nároky.

Použití:

- Na drcení průmyslových a komunálních odpadů mnoha druhů.
- Časté využití v linkách na zpracování odpadů.

3.4 Čtyřhřídelové drtiče

Jak už název napovídá je tento drtič tvořen čtyřmi hřídelemi osazenými noži nebo drtícími segmenty. Drcený materiál prochází dvěma fázemi. V první fázi se materiál drtí mezi hlavními drtícími hřídeli ve spodní části. V druhé fázi se drtí materiál, který neprošel sítím a vrací se zpět do pracovního prostoru pomocí horní dvojice válců. Tyto drtiče jsou přímo určeny pro drcení materiálu, u kterého chceme dosáhnout určité velikosti frakce.

Obrázek 5 Čtyřhřídelový drtič



Zdroj: [8]

Výhody:

- Dosažení potřebné výstupní velikosti materiálu.

Nevýhody:

- Nutnost použití síta.
- Složitá konstrukce.

Použití:

- Všeobecně v odpadovém průmyslu.

3.5 Pracovní části drtičů

Pracovními částmi drtičů jsou válce různých druhů. Konstruktivní řešení drtících válců může být různé. Setkáme se s válci hladkými nebo opatřenými různými výstupky či noži. Důležitým faktorem je také údržba, čištění a broušení pracovních nástrojů, kterými je válec opatřen. V následující části si stručně popíšeme nejpoužívanější druhy těchto konstrukčních variant, které jsou vhodné pro naši aplikaci. O hladkých válcích se více zmiňovat nebudeme, jelikož pro naši aplikaci nejsou použitelné.

3.5.1 Válc s vyměnitelnými nožovými destičkami

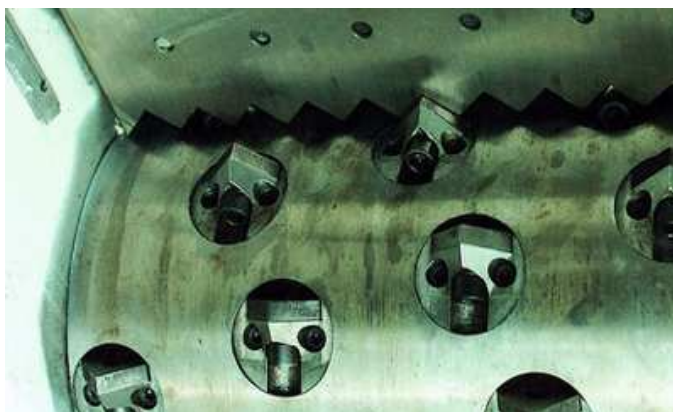
Obrázek 6 Nožová destička



Zdroj: [8]

Tato konstrukce spočívá v tom, že drtící válec je po obvodu opatřen držáky, do kterých je možno jednoduše pomocí šroubu upevnit nožovou destičku (viz *Obrázek 6*). Držáky na destičky jsou pravidelně rozmístěny na válci a tvoří tím šroubovici (viz *Obrázek 7*). Podobný typ řešení je zřejmý i z *Obrázku 3*. Destičky mohou být vyrobeny buď z kalených nástrojových ocelí, nebo ze slinutých karbidů. Jedna destička má 4 pracovní ostří, z čehož vyplývá, že ji můžeme použít celkem 4 krát. Avšak v praxi tomu tak není, jelikož opotřebované dosedací plochy destiček posléze znemožňují dokonalé upevnění destičky.

Obrázek 7 Válec s vyměnitelnými destičkami



Zdroj: [8]

Výhody:

- Jednoduchá výměna pracovních nástrojů.
- Možnost využití jednoho nástroje vícekrát.
- Nižší náklady na obnovu nástrojů.

Použití:

- Většinou u jednohřídelových drtičů.

3.5.2 Válcové tvořené segmentovými noži

Nejčastější typ konstrukčního řešení využívaný u všech druhů válcových drtičů. Princip spočívá v tom, že na hřídel jsou nasunuty segmenty

(viz *Obrázek 9*), které jsou opatřeny zuby. Segmenty tvoří opět spirálu (viz *Obrázek 8 a 5*),

Obrázek 8 Jednohřídelový drtič opatřený segmenty



Zdroj: [8]

čehož je dosaženo šestihrannými otvory v segmentech. Počty zubů a šířka segmentů se liší podle použití a potřebné výsledné velikosti drtě. Segmenty jsou vyrobeny z kalené nástrojové oceli v podobě výkovků, které se následně obrábí a brousí. U dvouhřídelových a čtyřhřídelových drtičů se materiál drtí na střížných hranách segmentů a zuby slouží k podávání materiálu. Zuby mají různý tvar, který je dán opět použitím. Střížná vůle mezi segmenty se pohybuje v desetínách milimetrů. Nastavení střížné vůle segmentů proti sobě se provádí pomocí vymezovacích kroužků, též se šestihrannou dírou. U jednohřídelových drtičů jsou pracovními nástroji zuby (viz *Obrázek 8*).

Obrázek 9 Segmenty



Zdroj: [8]

Výhody:

- V případě poškození se vymění jen špatný segment.
- Delší životnost nástrojů.

Nevýhody:

- Složitá demontáž, musí se rozebrat celý stroj.
- Dražší výrobní a udržovací náklady.
- Nutnost odstavení stroje při výměně nebo ostření nástrojů.

Použití:

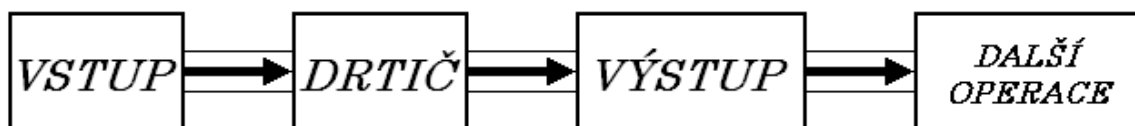
- Využívá se u všech druhů drtičů.

Vyskytují se i jiné druhy pracovních nástrojů, které se využívají u válcových drtičů. Jejich použití je specifické pro určité druhy materiálů jako např. sklo, karton apod. Setkáváme se i s kombinací již zmíněných segmentů spolu s vyměnitelnými břity, avšak jejich použití je minimální a mnoho se nepoužívají.

4. Návrh technologické linky

Při návrhu technologické linky na zpracování dřevěných jednoúčelových palet budeme vycházet z jednoduchého blokového schématu na *Obrázku 10*. Ze schématu jsou zřejmé jednotlivé části technologické linky (vstup, drtič, výstup a další operace). Mezi těmito částmi je nutné materiál nějakým způsobem dopravovat, což je naznačeno šipkami. Samotný návrh drtiče je závislý na vstupních a výstupních parametrech. Tyto parametry je nutné hned na začátku definovat. Z vstupních a výstupních parametrů se posléze bude vycházet při celkovém návrhu drtiče a jeho konstrukce. Obecně nám parametry nastíní velikost, výkon a jiné potřebné věci k návrhu stroje.

Obrázek 10 Blokové schéma technologické linky



Další operace navazující na výstup, jsou již zmíněné formy další desintegrace sloužící k zmenšení a sjednocení frakce. Tyto stroje jako např. kladivové mlýny jsou používány hlavně pro další výrobu briket nebo pelet. Další z operací může být např. stroj na tvorbu již zmíněných pelet nebo briket.

4.1 Definice vstupů a výstupů

Zřejmě nejdůležitějším parametrem je výstup z drtiče, tedy velikost frakce drceného materiálu. Velikost drtě je důležitá pro další použití. Využití drtě je velmi rozmanité a závislé na vstupním materiálu, tedy znečištění tohoto materiálu a počtu nežádoucích příměsí (ocelové hřeby a spony, zemina apod.). Hlavním hlediskem jsou počty dokonale či nedokonale rozdrcených složek. V některých případech není dobré, aby byla drť nerovnoměrně zastoupená, tedy obsahovala velké kusy nebo naopak příliš jemné částičky. Tento problém lze odstranit použitím sít, popř. dalším ze způsobů desintegrace.

Obrázek 11 Příklad nadrceného materiálu



Zdroj: <http://www.sg-stroj.cz/sekani-stepkovani-dreva>

Příklady použití drtě:

- Výroba dřevních briket nebo pelet.
- Spalování.
- Skládkování.
- Mulčování.
- Kompostování.
- Příměsí do cihel nebo dřevotřískových desek.

Pro tento příklad předpokládáme, že výsledná drť bude využívána pro následné spalování za účelem vytápění. Proto velikost ani rozmanitost výsledné frakce není příliš důležitá. Při spalování je důležitější spíše větší rozměr nadrceného materiálu z hlediska lepšího spalování a prohoření. Jde nám hlavně o objemové zmenšení palet a tím i ušetření skladovacích prostor.

Jako vstup do drtiče jsou jednoúčelové dřevěné palety. Drtič bude navržen právě na likvidaci těchto palet. Mimo jiné může sloužit i k likvidaci starých, poškozených nebo vyřazených EURO palet, ale i k drcení jiného dřevěného odpadu. Jelikož jednoúčelové palety nejsou nijak standardizovány, je potřeba si vytvořit nějaký standard nebo konstantu, z které budeme vycházet. Jednoúčelové palety nejsou sjednoceny rozměrově, tvarově ani podle materiálového složení. Jak je uvedeno v kapitole 2, palety se vyrábí z různých druhů dřeva a jeden z rozměrů se pohybuje nejčastěji kolem 1,2 m. Z těchto předpokladů budeme tedy vycházet.

Jako tzv. konstantu si zvolíme standardizovanou EURO paletu. Důvodů je pro to několik. EURO palety jsou vyráběny z kvalitního dřeva a jejich konstrukce je navržena tak, aby odolávala konkrétnímu zatížení a vyhovovala požadovanému použití.

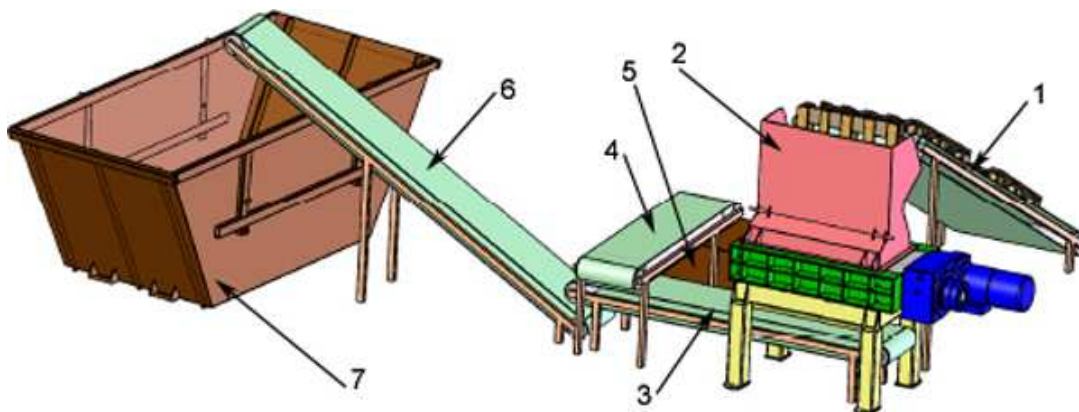
Základní údaje o EURO paletě:

- Rozměry – 1200x800x144 mm.
- Váha – 20-24 kg podle vlhkosti dřeva.
- Objem – 1 ks EUR paleta dle ČSN 26 9110 = 0,0452 m³.

4.2 Posloupnost zpracování palet

Technologická linka je navržena tak, aby její obsluhu zvládla jedna osoba. Obsluha bude zajišťovat plynulou dodávku palet do drtiče, kontrolovat chod stroje a odvod výsledného materiálu, tedy i výměnu plných kontejnerů.

Obrázek 12 Model technologické linky



- (1) Pásový dopravník.
- (2) Dvouhřídelový drtič.
- (3) Pásový dopravník.
- (4) Separátor kovů.
- (5) Kontejner na ocelový odpad.
- (6) Pásový dopravník.
- (7) Kontejner na dřev.

Vstupem do drtiče je pásový dopravník (1). Na tento dopravník budou ručně zakládány palety, nebo jejich části popř. dřevo určené pro drcení. Materiál určený pro drcení by neměl mít větší rozměr, než pro který je drtič navržen. Na tento rozměr bude navržen i tento dopravník. V případě větších rozměrů materiálu musí obsluha materiál, tedy paletu předpřipravit. Předpřípravou se myslí rozřezání palety na kusy, které je možno do drtiče dopravit. Rozřezání palet na vhodný rozměr se může provést např. motorovou nebo elektrickou pilou. Pásový dopravník přivede paletu do násypky drtiče, která navede paletu do pracovní části dvouhřídelového drtiče (2). Podání palety do drtiče je ve vertikálním směru bez přítlaku. Přítlak není nutný, protože dvouhřídelový drtič si materiál sám vtahuje za pomoci zubů a vlastní váhy materiálu. Nadrcená paleta bude samospádem vypadávat ve spodní části drtiče na další pásový dopravník (3). Tento dopravník bude opatřen separátorem kovů (4), přes který bude výslednou drť přesunovat na další dopravník (6) a následně do přistaveného kontejneru (7). Separátor kovů bude nad výstupním dopravníkem upevněn na ocelové konstrukci. Vyseparované ocelové prvky z palet budou odváděny do přistaveného kontejneru (5). Výkres sestavy linky v *Příloze 1*.

4.3 Základní požadavky na bezpečnost a údržbu linky

Technologická linka by měla splňovat bezpečnostní předpisy, které se týkají obsluhy stroje, elektrických zařízení a nebezpečných prvků konstrukce drtiče a dopravníků. Tato kapitola obsahuje základní výčet těchto nebezpečí.

4.3.1 Obsluha stroje

- Obsluha bude používat ochranné pomůcky jako rukavice, vhodný oděv, ochranné brýle a ochranu sluchu za předpokladu zvýšeného hluku.
- Obsluha bude proškolená k používání zařízení.
- Obsluha zkontroluje stroj před každým spuštěním linky. Hlavně zda nejsou v násypce drtiče, popř. na dopravnících nežádoucí předměty.

4.3.2 Drtič

- Stroj by měl být pevně ukotven k podlaze, aby nedošlo k jeho převrácení.
- Všechny díly a ochranné kryty musí mít odpovídající pevnost a být konstruovány tak, aby odolaly i špatnému zacházení, které se v běžném provozu může vyskytnout.
- Vstupní a výstupní otvory musí být zabezpečeny kryty tak, aby se zabránilo přímému přístupu k řeznému nástroji nebo náhodnému styku s ním a zároveň zamezovaly možnému vymrštění předmětů.
- Silové části stroje, kromě pracovních nástrojů, musí být opatřeny krytem.
- Nebezpečné a důležité části stroje, jako např. ovládání musí být viditelně a srozumitelně označeny.
- Elektrické části zařízení musí být chráněny proti mechanickému poškození a splňovat příslušné normy.
- Odejmutí jednotlivých krytů musí znemožnit chod stroje.
- Ovládání stroje musí být v bezpečném prostoru. Stroj musí být vybaven pohotovostními STOP tlačítky, která v případě nutnosti stroj nouzově zastaví.

4.3.3 Dopravníky a separátor

- Stroj by měl být pevně ukotven k podlaze, aby nedošlo k jeho převrácení.
- Silové části stroje, kromě pracovních nástrojů, musí být opatřeny krytem.
- Elektrické části zařízení musí být chráněny proti mechanickému poškození a splňovat příslušné normy.

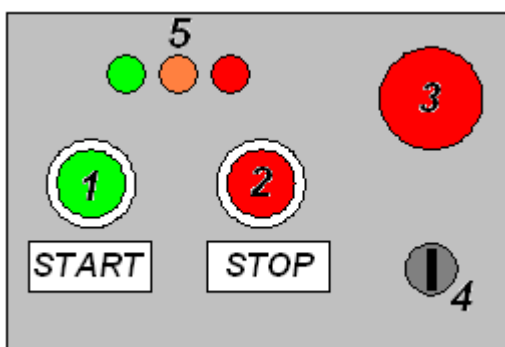
4.3.4 Údržba linky

Údržba se provádí v pravidelných termínech osobou k tomu určenou a proškolenou. Kontrola se provádí při odstavení stroje. Předmětem kontroly jsou hlavní pracovní části stroje spolu s pohony a aktivními členy. Kontrolou musí projít též všechny šroubové spoje, ložiska a elektroinstalace.

4.4 Automatické řízení linky

Všechny části linky - drtič, dopravníky a separátor jsou spolu propojeny pomocí jednoduchého obvodu automatizační techniky. Linka je ovládána pomocí jednoduchého panelu u vstupního dopravníku (viz *Obrázek 13*).

Obrázek 13 Schematický návrh ovládacího panelu



Vysvětlivky ke schématu ovládacího panelu:

1 – START, tlačítko postupně spustí chod celého stroje včetně dopravníků a separátoru.

2 – STOP, tlačítko postupně zastaví chod celého stroje včetně dopravníků a separátoru. Dopravníky se zastaví, až poté co bude všechn materiál přesunut. Drtič se zastaví až po indikaci chodu na prázdno.

3 – CENTRAL STOP, okamžitě přeruší veškerý chod všech částí linky.

4 – ODEMYKÁNÍ KLÍČEM, ovládací panel nefunguje, není-li odemknut.

Zabezpečení proti užívání neoprávněnými osobami.

5 – KONTROLNÍ SVĚTELNÁ SIGNALIZACE, pro přehled v jakém módu je linka nebo jestli se nevyskytla nějaká porucha.

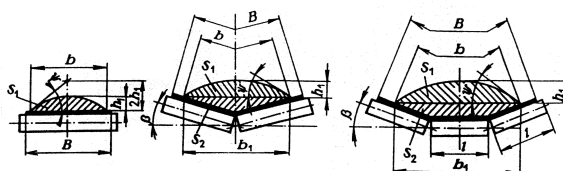
Automatika zajišťuje postupný rozběh drtiče a spuštění dopravníků a separátoru v lince. Také hlídá možné přetížení drtiče a to následujícím způsobem. V případě přetížení se drtič vypne a provede se zpětný chod drtiče o několik otáček. Tento proces se zopakuje maximálně třikrát za sebou, a pokud

bude přetížení přetrvávat, bude celá linka zastavena. Při takovémto odstavení je nutno pracovní prostor drtiče vyčistit ručně. Při první reverzaci drtiče se zastaví i dopravník, který dopravuje do pracovního prostoru materiál, aby se drtič nepřehltl. Celá linka je pomocí automatizace seřízena tak, aby jednotlivé operace na sebe plynule navazovaly a nenastávala prodleva či přetížení jednotlivých částí linky. Ruční zakládání palet je pro obsluhu znázorňováno světelnou signalizací, opět za účelem nechtěného přetížení drtiče.

4.5 Návrh pasových dopravníků

Pro přepravu palet do drtiče a výsledné drtě se jeví jako nejvhodnější pásové dopravníky, jelikož jsou vhodné pro přepravu sypkých i kusových materiálů ve vodorovném i šikmém směru. Tyto dopravníky se skládají z tažného a nosného orgánu - pásu, který je podpírán válečky nebo rovinnou plochou. Pohon a vedení pásu zajišťují bubny umístěné na krajích dopravníků. Všechny tyto části jsou uloženy na nosné konstrukci dopravníku. Nosná konstrukce je dimenzována na druh a váhu přepravovaného materiálu a hmotnost svých součástí. Na *Obrázku 14* je přehled nejčastěji používaných ložných profilů pásových dopravníků. Zleva doprava je to rovný pás na jednoválečkové stolici, korýtkový pás na dvouválečkové stolici, korýtkový pás na tříválečkové stolici. Návrhem a výrobou pásových dopravníků se zabývá mnoho firem na trhu, jak tuzemských tak i zahraničních. V následujících pasážích navrhne pásové dopravníky pro použití v technologické lince.

Obrázek 14 Ložné profily pásových dopravníků

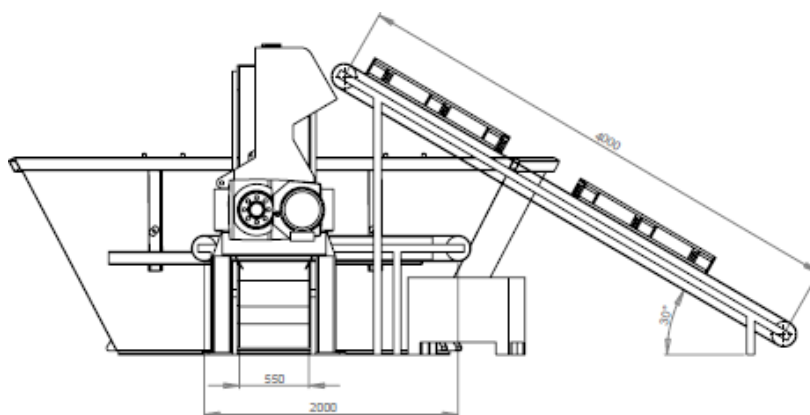


Zdroj: [1]

4.5.1 Dopravník na dopravu palet k drtiči

Tento dopravník slouží k dopravení palet do ústí násypky drtiče (viz *Obrázek 15*). Konstrukce dopravníku je samonosná, pevně upevněná k podlaze. Zakládání na dopravník je ruční. Dopravník je po bocích opatřen vodícími lištami, aby se paleta nepřetáčela nebo nespadla z dopravníku. Povrch nosného pásu zdrsňují jednoduché výstupky, které by měly zabránit sjíždění palety zpět dolů. Dopravník pohání horní válec za pomoci asynchronního elektromotoru s převodovkou. Napínání dopravníku je tuhé za pomoci šroubů.

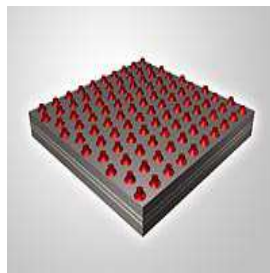
Obrázek 15 Náskres začlenění dopravníku do linky



Základní údaje o dopravníku:

- Šířka dopravníku – 1200 mm.
- Délka dopravníku – 4000 mm.
- Výška dopravníku – 2000 mm.
- Sklon dopravníku – 30 °.
- Druh dopravníku – samonosná stabilní konstrukce, jednoválečkový, šikmý.
- Druh použitého pásu – gumový rovný profilovaný pás.

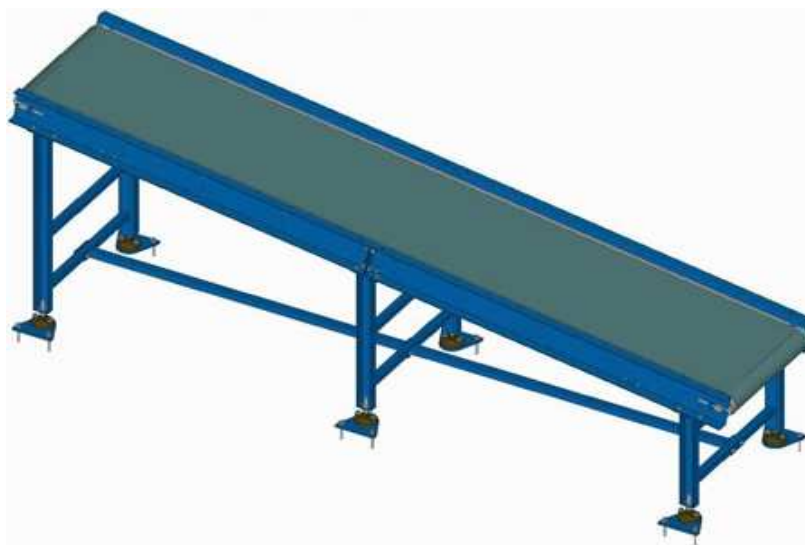
Obrázek 16 Příklad profilovaného pásu



Zdroj: <http://www.eurobelt.cz/pvc-a-pu-pasy.php>

- *Dopravovaný materiál* – celé dřevěné palety, jejich rozlomené kusy nebo části, popř. dřevěný odpad.
- *Rychlost dopravníku* – $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- *Příkon dopravníku (hnacího motoru)* – 2 kW.

Obrázek 17 Příklad konstrukce šikmého dopravníku

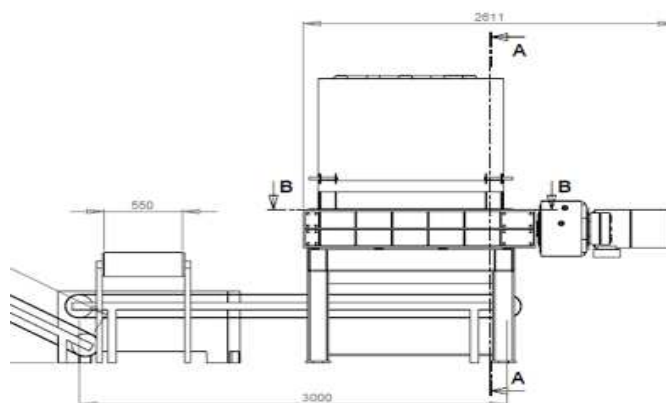


Zdroj: http://www.dasfm.cz/katalog/pasovy_dopravnik_pd_7309/

4.5.2 Dopravník od drtiče přes separátor kovů

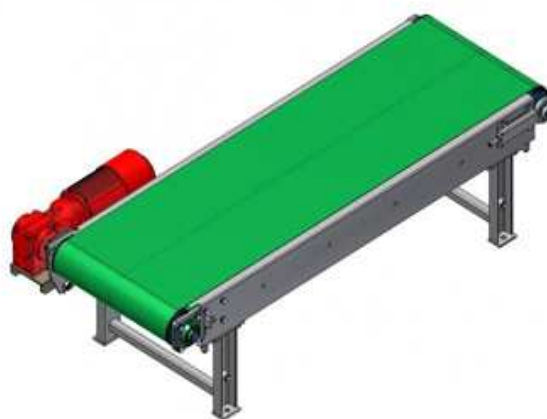
Funkce tohoto dopravníku spočívá v přesunu nadrceného materiálu, který na dopravník vypadává samovolně z odhazovacího kanálu na dopravník vedoucí do kontejneru (viz Obrázek 18).

Obrázek 18 Náskres začlenění dopravníku do linky



Konstrukce dopravníku je samonosná, dopravník nebude napevno kotven z důvodu přístupu k pracovním částem drtiče. Dopravník na jeho konci pohání asynchronní elektromotor s převodovkou. Přes tento dopravník je umístěn separátor kovů, proto je nutné, aby v tomto místě nebyly žádné magnetické prvky. Rychlost dopravníku by měla být odpovídající funkci separátoru. Napínání dopravníku je tuhé za pomoci šroubů. Dopravník bude opatřen bočnicemi proti spadávání materiálu.

Obrázek 19 Příklad konstrukce vodorovného dopravníku

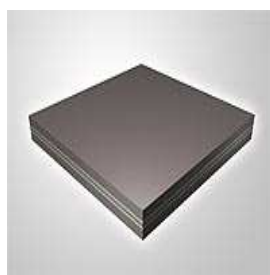


Zdroj: http://www.dasfm.cz/katalog/pasovy_dopravnik_pd_6728/

Základní údaje o dopravníku:

- Šířka dopravníku – 550 mm.
- Délka dopravníku – 3000 mm.
- Druh dopravníku – samonosná stabilní konstrukce, jednoválečkový, vodorovný.
- Druh použitého pásu – gumový rovný hladký pás.

Obrázek 20 Příklad hladkého pásu



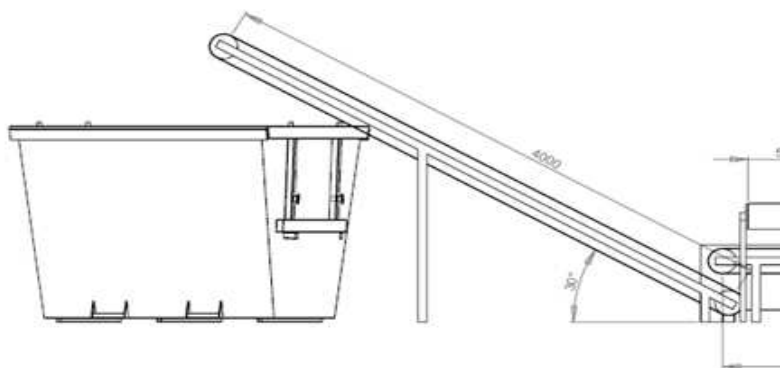
Zdroj: <http://www.eurobelt.cz/pvc-a-pu-pasy.php>

- Dopravovaný materiál – dřevěná nadrcená frakce.
- Rychlost dopravníku – $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Příkon dopravníku (hnacího motoru) – 1,1 kW.

4.5.3 Dopravník na dopravu drtě do kontejneru

Poslední z dopravníků dopraví vytříděnou drť do přistaveného kontejneru, což je zřejmé z *Obrázku 21*. Konstrukce dopravníku je samonosná, dopravník nebude napevno kotven, ale opatřen kolečky z důvodu možnosti nastavení popř. přesunu nad jiný kontejner. Dopravník pohání asynchronní elektromotor s převodovkou na konci dopravníku. Napínání dopravníku je tuhé za pomoci šroubů.

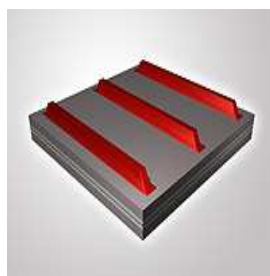
Obrázek 21 Nákres začlenění dopravníku do linky



Základní údaje o dopravníku:

- Šířka dopravníku – 550 mm.
- Délka dopravníku – 4000 mm.
- Výška dopravníku – 2000 mm.
- Sklon dopravníku – 30 °.
- Druh dopravníku – samonosná stabilní konstrukce, dvouválečkový, šikmý.
- Druh použitého pásu – gumový korýtkový hladký pás.

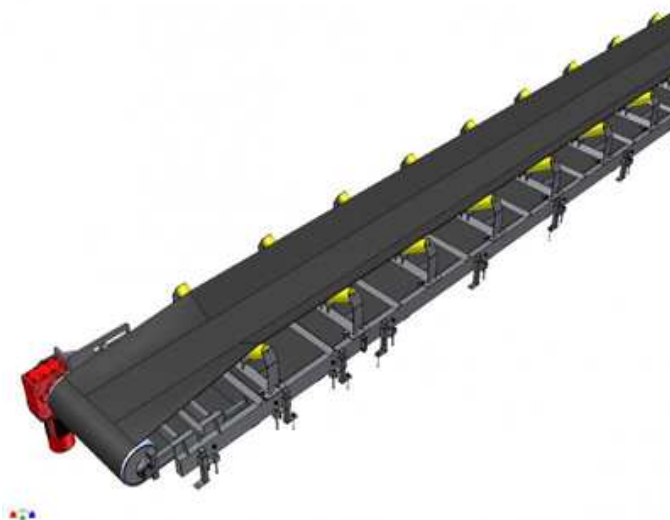
Obrázek 22 Příklad pásu s unášeči



Zdroj: <http://www.eurobelt.cz/pvc-a-pu-pasy.php>

- Dopravovaný materiál – dřevěná nadrcená frakce, vyseparovaná od ocelových prvků.
- Rychlost dopravníku – 0,5 m.s⁻¹.
- Příkon dopravníku (hnacího motoru) – 1,1 kW.

Obrázek 23 Příklad konstrukce korýtkového dopravníku



Zdroj: http://www.dasfm.cz/katalog/pasovy_dopravnik_s_gumovymi_pasy_pd_7323/

4.6 Návrh separátoru

Výsledná drť vycházející z drtiče se skládá ze dvou složek, dřeva a ocelových spojovacích elementů. Tyto dvě složky je potřeba od sebe oddělit, pro tento případ je nejvhodnější magnetický pásový separátor. Magnetický separátor pracuje na principu přitahování feromagnetických látek v magnetickém poli. Jedná se vlastně o dopravník, který v sobě má elektromagnet nebo permanentní magnet.

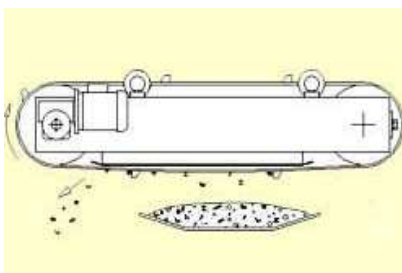
Obrázek 24 Příklad použití magnetického separátoru



Zdroj: <http://www.magsy.cz/page/1372.magnet-nad-dopravnik/>

Ten se umístí nad dopravník, většinou ve vodorovné poloze otočen o 90°, který vychází od výstupního otvoru drtiče (viz *Obrázek 24*). Z procházejícího materiálu pak přitahuje ocelové části a pomocí dopravníku je odvádí do přistaveného kontejneru (viz *Obrázek 25*).

Obrázek 25 *Funkce pásového magnetického separátoru*



Zdroj: <http://www.profimagnet.cz/page.php?page=121>

Možnosti umístění separátoru jsou různé, mohou být zavěšeny pomocí řetězů na ocelové konstrukci (viz *Obrázek 26*) nebo být součástí ocelové konstrukce. Výrobou magnetických separátorů se zabývá mnoho firem, které jsou schopny je navrhnout a zkonstruovat pro specifické použití zákazníka.

Obrázek 26 *Příklad začlenění magnetického separátoru v lince*



Zdroj: <http://www.klimexc.cz/products/ekologicka-likvidace-starych-palet-a-beden/>

Pro tento účel jsme zvolili pásový magnetický separátor s permanentními magnety (typ BM28.105) od firmy *SELOS Bohemia s.r.o.* Detailní informace o tomto separátoru nalezneme v *Příloze 2*.

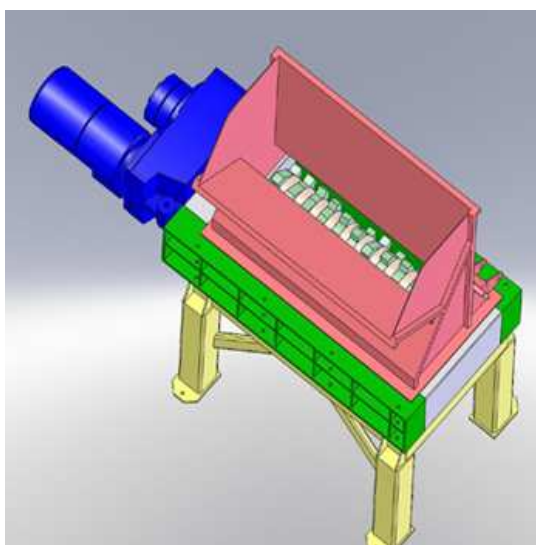
Základní údaje o magnetickém separátoru:

- Šířka dopravníku – 650 mm.
- Délka dopravníku – 1455 mm.
- Výška dopravníku – 1000 mm.
- Druh použitého pásu – gumový pás s unašeči.
- Dopravovaný materiál – vyseparované ocelové prvky.
- Příkon dopravníku (hnacího motoru) – 1,1 kW.

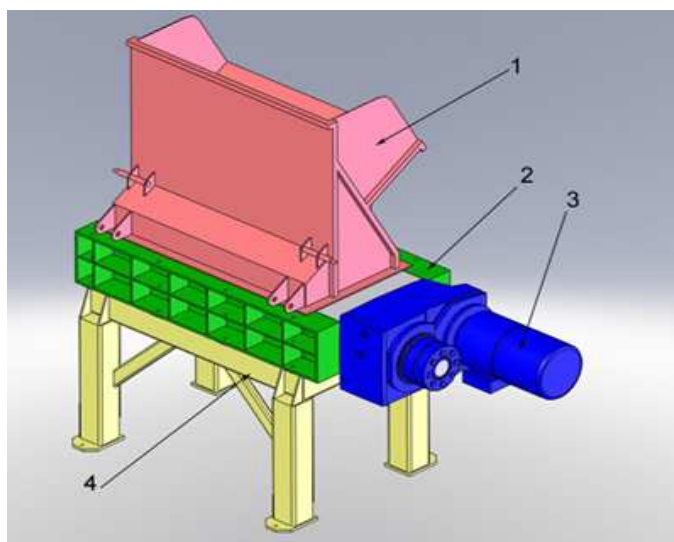
4.7 Návrh dvouhřídelového drtiče

Konstrukce drtiče je robustní, za to ale jednoduchá, jak je vidět na *Obrázku 27 a 28*. Celková sestava by měla být stabilní, aby se stroj při zakládání a zpracování materiálu nepřeklopil. Toto zaručuje podstavec drtiče (4), na kterém je vše připevněno. Rám z důvodu větší bezpečnosti bude kotven k podlaze. Drtič se skládá z násypky (1), jejímž úkolem je přivedení palety do pracovního prostoru (2) drtiče. Drtič je poháněn elektromotorem s převodovkou (3). Jednotlivé části, z kterých se drtič skládá, jsou k sobě připevněny pomocí vysoko pevnostních šroubových spojů.

Obrázek 27 Model dvouhřídelového drtiče – pohled shora



Obrázek 28 Model dvouhřídelového drtiče

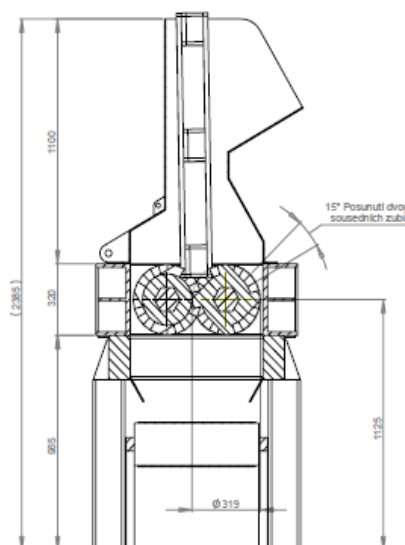


- (1) **Násypka.**
- (2) **Rám pracovní části.**
- (3) **Pohon.**
- (4) **Podstavec drtiče.**

Základní rozměrové parametry:

- Celková výška – 2385 mm.
- Celková délka – 1130 mm.
- Celková šířka včetně motoru – 2611 mm.

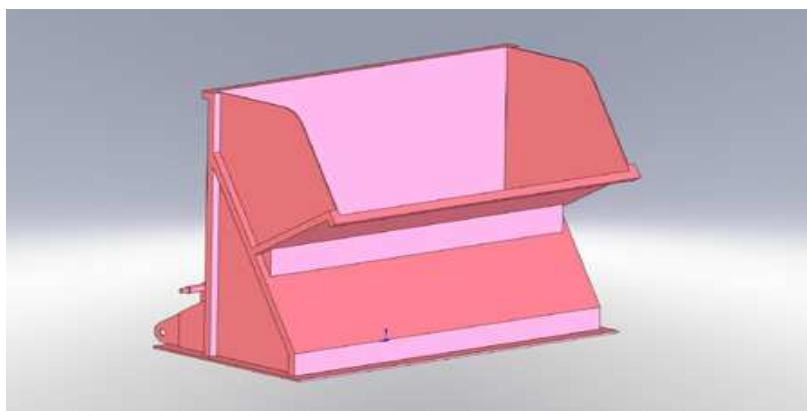
Obrázek 29 Řez drtičem



4.7.1 Násypka

Nezbytná část drtícího zařízení sloužící k navedení materiálu určeného pro drcení do pracovního prostoru drtiče. Mimo navádění plní funkci bezpečnostní. Svoji konstrukcí zabraňuje osobnímu kontaktu s drtícím ústrojím a brání možnému vymrštění předmětů z pracovního prostoru. Násypka je vyrobena jako svařovaná ocelová konstrukce (viz *Příloha 1*), kterou tvoří ocelová kostra, která je svařená z profilů 30x30x3 mm a vyztužená žebry. Na kostru jsou navařeny ocelové plechy tloušťky 5 mm, jejichž síla by měla postačovat proti proražení odhozenými předměty a proti odírání. Násypka je opatřena oky v zadní části (viz *Obrázek 29*), které slouží pro připojení hydraulických pístů. Pomocí těchto pístů je možno násypku odklopit a dostat se do pracovního prostoru za účelem údržby. Násypka je k pracovní části připevněna pomocí příruby ve spodní části. Povrchovou úpravu tvoří barva s otěru vzdornými vlastnostmi.

Obrázek 30 Model násypky



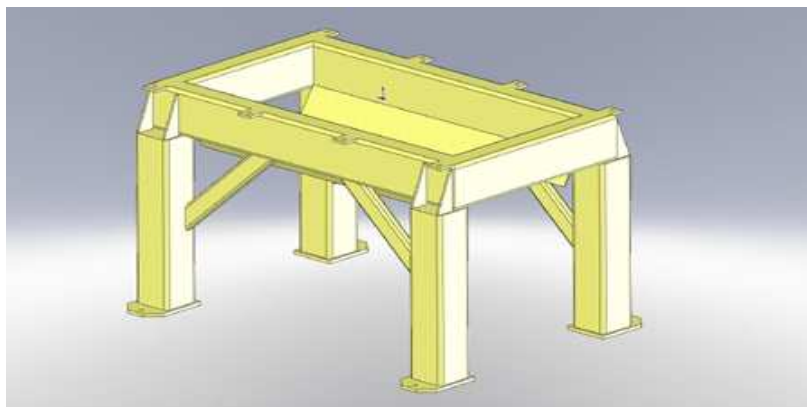
Základní rozměrové parametry:

- *Celková výška násypky* – 1100 mm.
- *Celková šířka násypky* – 750 mm.
- *Celková délka násypky* – 1420 mm.
- *Velikost vstupního prostoru* – 1290x290 mm.
- *Velikost výstupního otvoru* – 1300x405 mm.

4.7.2 Podstavec drtiče

Podstavec drtiče je vyroben jako masivní svařovaná konstrukce. Rám je vyroben z profilů 200x100x6 mm, na jehož vrchní části je přivařena příruba pro přichycení pracovní části drtiče. Nohy tvoří profil 150x150x6 mm, který je opatřen kotvicími deskami z 15 mm plechu. Celá konstrukce je vyztužena profilem 80x40x5 mm a žebry. Ve spodní části, kde ústí vývod z drtiče, jsou navařeny plechy, které zabraňují styku s rotačními prvky drtiče a zároveň usměrňují výslednou frakci na dopravník. Detailní výkres podstavce (viz Příloha 1). Povrch konstrukce je natřen otěru vzdornou barvou.

Obrázek 31 Model podstavce drtiče



Základní rozměrové parametry:

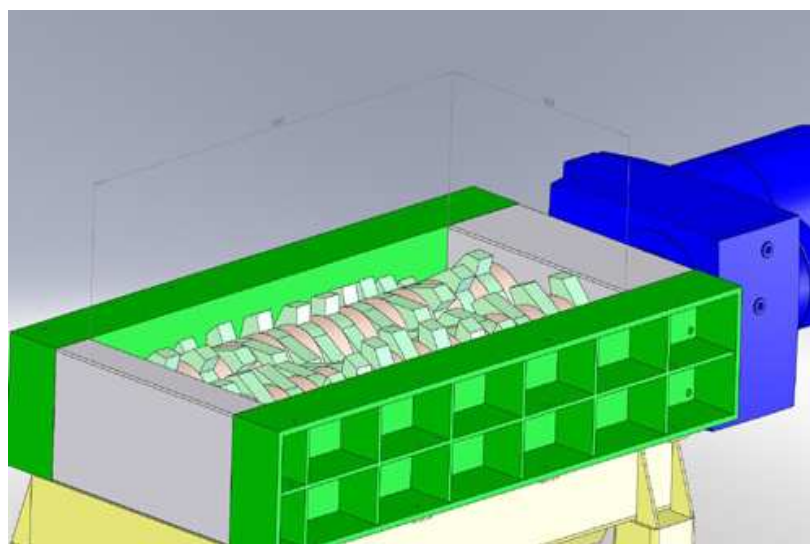
- Celková výška podstavce – 965 mm.
- Celková šířka podstavce – 1130 mm.
- Celková délka podstavce – 1470 mm.
- Výstupní otvor pro dopravník – 1250x490 mm.

4.7.3 Pracovní část drtiče

Drtič je nejdůležitější částí celé technologické linky na zpracování dřevěných jednoúčelových palet. V ocelové skříni jsou uloženy dvě hřídele osazené drticími segmenty. Hřídele jsou uloženy v ložiscích zasazených do

ložiskových těles, která jsou součástí ocelové skříň. Pohon drtiče zajišťuje elektromotor s převodovou skříňí. Na převodovou skříň je přímo nasazena jedna z hřídelí. Pohon druhé z hřídelí zajišťuje ozubené soukolí osazené na obou hřídelích. Detailní výkres je v *Příloze 1*.

Obrázek 32 Model pracovní části drtiče



Pracovní část drtiče se skládá z následujících prvků:

- a) Svařovaná ocelová skříň.
- b) Nosné hřídele.
- c) Ložiska.
- d) Drtící segmenty a vymežovací mezikroužky.
- e) Elektropřevodovka.
- f) Ozubené soukolí.

a) Svařovaná ocelová skříň

Ocelová skříň je tvořena ze čtyř částí, které jsou navzájem sešroubovány. Jednotlivé části jsou svařeny z ocelových plechů, které jsou po svaření obrobny s vysokou přesností. V bočnicích jsou uloženy ložiskové domky, na *Obrázku 32* znázorněny šedou barvou. Bočnice umístěná blíže k motoru je uzpůsobená pro

uchycení motoru s převodovkou a obsahuje prostor pro ozubené soukolí. Svařená konstrukce má ve spodní a horní části otvory pro uchycení k podstavě a násypce.

Základní rozměrové parametry:

- Celková výška – 320 mm.
- Celková šířka – 940 mm.
- Celková délka – 1630 mm.

b) Nosné hřídele

Nosné hřídele musí být vyrobeny přesně na požadovanou aplikaci. Nosná část má tvar šestihranu, na který budou nasunuty drtící segmenty a vymezovací mezikroužky. Hřídel bude zušlechtěna a přesně broušena. Spojení s ozubenými koly bude řešeno pomocí těsných per. Hnací i hnaná hřídel je uložena v ložiscích ložiskových domků.

Předběžný výpočet průměru hřídele na zkrut:

Příkon motoru $P = 22 \text{ kW}$.

Výstupní otáčky $n = 19 \text{ min}^{-1}$.

Použitý materiál – ČSN 16 420 (ocel pro velmi namáhané hřídele).

Dovolené napětí v krutu $\tau_{DKIII} = 45 \text{ MPa}$.

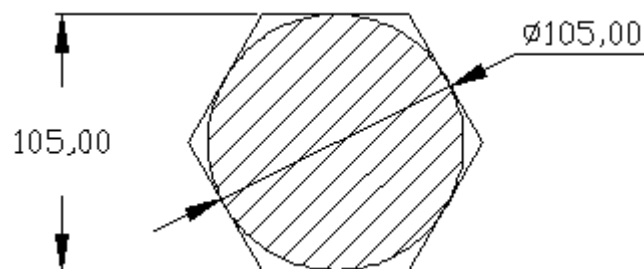
$$D = \frac{362,5}{\sqrt[3]{\tau_{DKIII}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{P}{n}} \quad (1)$$

$$[mm] = \frac{362,5}{\sqrt[3]{[MPa]}} \cdot \sqrt[4]{\frac{[kW]}{[\text{min}^{-1}]}}$$

$$D = \frac{362,5}{\sqrt[3]{45}} \cdot \sqrt{\frac{22}{19}} = 105,72\text{mm}$$

Dle výpočtu volíme plný průměr hřídelí **105 mm**. Vzhledem k tomu, že hřídel je šestihranná, plný průměr musí být vepsaná kružnice, (viz *Obrázek 33*).

Obrázek 33 Průřez hřídelí drtiče



c) Ložiska

Ložiska vybraná pro uložení hřídelí jsou zvolena soudečková naklápěcí (viz *Obrázek 34*).

Obrázek 34 Soudečkové naklápěcí ložisko

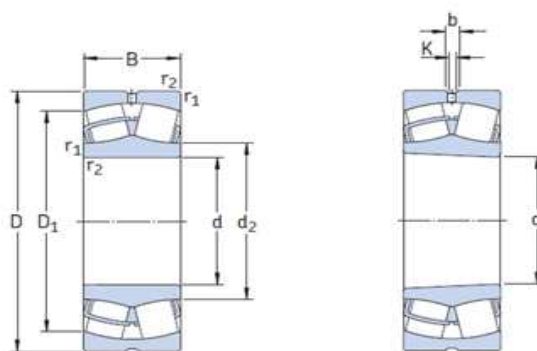


Zdroj: http://www.brammer.cz/cz/cz_brammer_spherical_roller_bearings.aspx

Soudečková ložiska tvoří dvě řady soudečků a společná kulová oběžná dráha vnějšího kroužku. Tyto konstrukční vlastnosti umožňují atraktivní kombinaci, čímž se stávají použitelnými pro mnoho druhů aplikací. Důležitou vlastností je také naklápění ložisek, což umožňuje použití u aplikací, kde se vyskytuje nesouosost hřídele vzhledem k ložiskovým tělesům nebo eliminuje ohyb a zakřivení hřídele. Další výhodou těchto ložisek je jejich robustní konstrukce, která zaručuje zachytávat spolu s velkým radiálním zatížením i vysoká axiální zatížení v obou směrech.

Použitá ložiska (s válcovou dírou):

Obrázek 35 Soudečková ložiska – hlavní rozměry



Zdroj: [11]

Tabulka 1 Přehled hlavních rozměrů a vlastností použitých ložisek

Označení ložiska s válcovou dírou	Hlavní rozměry [mm]			Únosnost [kN]		Mezní únavové zatížení P_u [kN]	Přípustné otáčky [min^{-1}]		Hmotnost [kg]
	d	D	b	Dynamická C	Statická C_o		Referenční otáčky	Mezní otáčky	
24120 CC/W33	100	165	65	455	640	68	2400	3200	5,65
24024 CC/W33	120	180	60	430	670	68	2400	3400	5,45

Zdroj: [11]

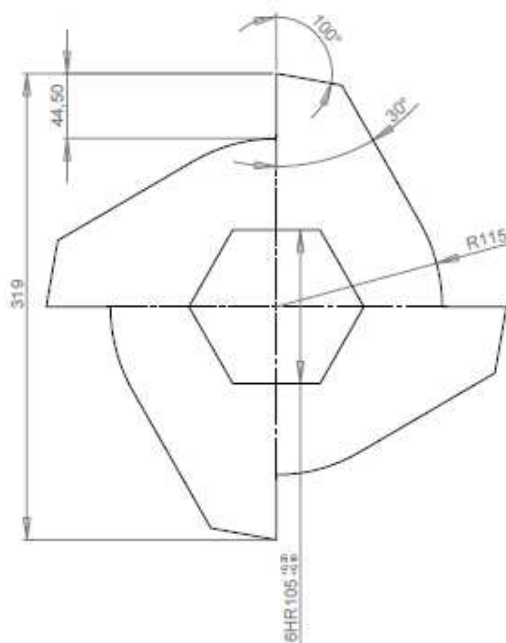
CC - Dvě lisované plovoucí okénkové ocelové klece, vnitřní kroužek bez vodících přírub a vodící kroužek středěný na vnitřním kroužku.

W33 - Obvodová drážka se třemi mazacími otvory ve vnějším kroužku.

d) Drtící segmenty a vymežovací mezikroužky

Hlavními pracovními nástroji drtiče jsou již zmíněné segmenty (viz *Obrázek 36*). Detailní výkres nalezneme v *Příloze 1*.

Obrázek 36 Drtící segment



Segment je vyroben z nástrojové oceli ČSN 19 313, jejíž název dle terminologie „POLDI“ je „STABIL SPECIAL“. Jak už název napovídá tato ocel je rozměrově velmi stálá i po kalení. Tato vlastnost nám usnadní zbavit se především zbytečných přídavků na obrábění nebo rovnání výrobku po zakalení.

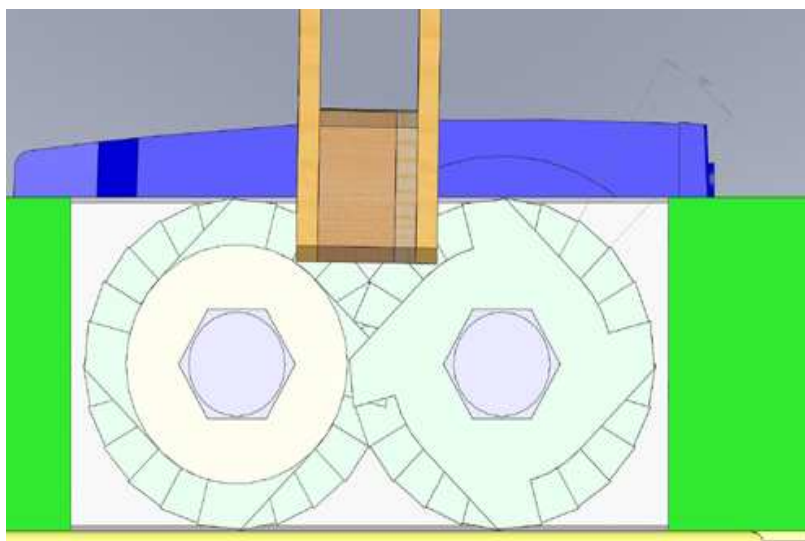
Tabulka 2 Základní vlastnosti materiálu 19 313

Označení ČSN	Informativní chemické složení				Tvrдость po žíhání [H _B]	Tvrдость po kalení [H _{RC}]	Kování při teplotě [°C]	Žíhání [°C]	Kalení [°C]	Kalicí prostředí	Obvyklé popuštění [°C]
	C	Mn	Cr	V							
19 313	0,85	1,9	0,3	0,15	211	63	850 - 1050	680 - 710	Malé kusy 740 - 780 Velké kusy 780 - 800	Olej	100 - 300

Zdroj: [5]

Segmenty se vyrábí z výkovků daného materiálu. Následně se obrábějí na požadované rozměry s přídavky na broušení. Po těchto operacích se polotovary zakalí na příslušnou hodnotu. Jako poslední a nejdůležitější operací je broušení. Segmenty jsou opatřeny čtyřmi zuby, které především slouží k podávání materiálu (viz *Obrázek 37*). Vymezovací kroužky mají podobnou konstrukci jako segmenty, avšak nejsou opatřeny podávacími noži. Nevýhodou této konstrukce je, že při opotřebení nožů se musí jednotlivé části naostřit. Naostření se provádí opětovným přebroušením povrchů segmentů, které se tímto procesem zmenšují, a tím vzniká větší střížná mezera. Nejvhodnějším východiskem je výroba nových vymezovacích kroužků, protože jejich výrobní náklady nejsou tak velké jako u segmentů.

Obrázek 37 Řez pracovní částí drtiče



Na hnací hřídeli je nasunuto 13 drtících segmentů střídavě s vymezovacími kroužky. Na hnané hřídeli je tomu naopak, tedy 13 vymezovacích kroužků střídavě poskládáno s 12-ti drtícími segmenty. Segmenty jsou na hřídelích nasunuty do spirály s natočením zubů o 15 °, což je patrné z *Obrázku 38*. Natočení segmentů umožňuje jejich šestihranný otvor.

Základní údaje o elektropřevodovce:

- Příkon $P = 22 \text{ kW}$.
- Otáčky na výstupu $n_2 = 19 \text{ min}^{-1}$.
- Moment na výstupu $M_2 = 11058 \text{ Nm}$.
- Váha – 522 kg.
- Průměr násuvného hřídele – 100H7 mm.
- Převody – $i = 75, 69$.

A – násuvný hřídel.

VS – zesílený svěrný spoj.

H – zakrytováno.

G – silentbloky.

Bre 250 – brzda elektromotoru 250 Nm.

f) Ozubené soukolí

Ozubené soukolí je využito pro přenos otáček z hřídele připojené k převodovce na druhou hřídel drtiče. K tomu nám poslouží čelní ozubená kola s přímými zuby. Jelikož je nutné zachovat shodné otáčky z výstupního hřídele převodovky i na druhé hřídeli budou ozubená kola totožná. Z tohoto důvodu se bude jejich převodový poměr rovnat jedné. Kola musí být masivní a z kvalitního materiálu, aby nedocházelo k jejich brzkému opotřebení. Nejlepší pro toto použití jsou oceli vhodné k zušlechťení. Kola se budou vyrábět ze zakoupených polotovarů, které se standardně vyrábějí.

Základní parametry převodu:

- Převodový poměr $i = 1$.
- Modul $m = 11$.
- Počet zubů $z_{1,2} = 25$.
- Průměr roztečné kružnice $D_{1,2} = 275 \text{ mm}$.

- Šířka kola $b = 62$ mm.
- Osová vzdálenost $a = 275$ mm.

Obrázek 40 Čelní ozubené kolo s přímými zuby



Zdroj: <http://www.challengept.cz/ozubena-kola-soukoli-hrebeny/>

Shrnutí celkových parametrů drtiče:

- *Příkon motoru* – 22 kW.
- *Otáčky* – 19 min^{-1} .
- *Typ drtiče* – dvouhřídelový.
- *Rozměr pracovního prostoru* – 1260x620 mm.
- *Maximální rozměr zpracované palety* – 1200 mm.
- *Výkonnost* – až 60 ks palet za hodinu.
- *Hlavní rozměry* – 2385x1130x2611 mm.
- *Počet nožů* – 25 ks.
- *Přibližná hmotnost* – 3500 kg.

5. Experimentální stanovení energetické náročnosti

Stanovení potřebných sil pro rozdrcení palety je komplikovaná záležitost. Firmy vyrábějící drtiče většinou své stroje silně předimenzovávají. Při konstrukci stroje a návrhu potřebného výkonu většinou vycházejí z aplikací, které jsou již zavedené a v praxi fungují. Návrh takového stroje je otázkou praxe v tomto oboru a jistého citu pro věc. Přesné postupy výpočtu těchto strojů jsou velmi složité. Proto se upravují stávající drtiče a typ od typu se zdokonalují a inovují. Hlavním problémem návrhu drtiče je drcení materiálu s rozličnými vlastnostmi. V našem případě je to o to těžší, že jednocelové dřevěné palety mohou být vyrobeny prakticky z jakéhokoliv dřeva a spojovacích prvků. Dále musíme přihlídnout také k možnosti vyskytnutí různých znečišťujících látek jako např. kameny, zemina atd.

Pro náš případ je nutné podrobit palety, tedy dřevo a ocelové hřebíky, mechanickým zkouškám. Díky mechanickým zkouškám zjistíme, jak se daný materiál chová při různém charakteru zatížení a jeho schopnost odolávat mechanickému namáhání. Mechanické zkoušky jsou tzv. destruktivní zkoušky, při kterých dochází k deformaci zkoušených materiálů. Nás bude především zajímat, jakou sílu budeme potřebovat právě k destrukci zkoušených materiálů. Pro tento experiment je nejvhodnější statická zkouška tahem.

5.1 Statická zkouška tahem

Tato zkouška se provádí pozvolným zatěžováním zkušební vzorku tahovým napětím předepsanou rychlostí až do jeho přetržení. Během zkoušky lze zjistit okamžitou velikost zatěžující síly a velikost deformace zkušební vzorku. Z naměřených hodnot lze dále vypočítat základní mechanické hodnoty jako mez pevnosti, mez kluzu, tažnost a kontrakce. Z těchto mechanických vlastností nás bude zajímat hlavně mez pevnosti daného vzorku.

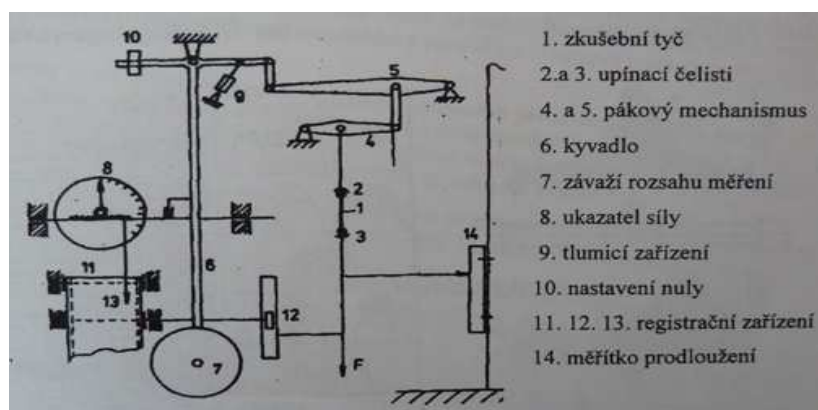
Zkoušku jsem provedl na univerzálním stroji ZDM 5t (*Obrázek 41*) od firmy VEP Werkstoffprüfmaschinen Leipzig (v. č. 2313/56/18). Tento stroj vyvozuje maximální síly 50 kN. Je určen pro zkoušky tahových a tlakových deformací materiálů. Funkce stroje je založena na principu mechanického zatěžovacího

Obrázek 41 Univerzální stroj ZDM 5t



zařízení se systémem šroubového vřetene na táhlu pohyblivé části a matice šroubového kola. Deformace zkušební tyče je snímána prostřednictvím pohybu příčnicku s upínací čelistí a zatěžující síla pákovým mechanismem. Schéma stroje s jednotlivými částmi a popisky jsou na *Obrázku 42*.

Obrázek 42 Schéma stroje ZDM 5t



1. zkušební tyč
2. a 3. upínací čelisti
4. a 5. pákový mechanismus
6. kyvadlo
7. závaží rozsahu měření
8. ukazatel síly
9. tlumicí zařízení
10. nastavení nuly
11. 12. 13. registrační zařízení
14. měřítko prodloužení

Zdroj: [3]

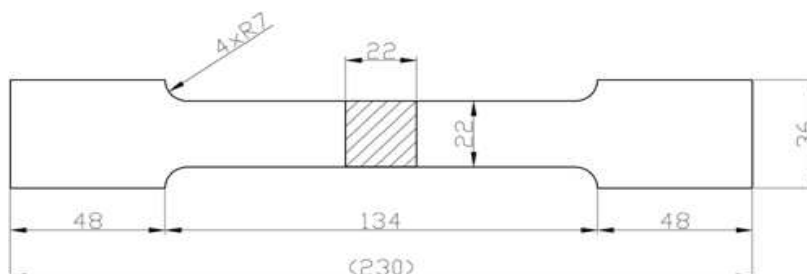
Postup měření:

1. Příprava zkušebních vzorků (viz následující kapitola).
2. Na trhacím stroji se nastaví vhodný rozsah zatížení a vyváží se na nulovou hodnotu.
3. Zkušební vzorek se upne do upínacích klínových čelistí, tak aby síla působila ve vertikální ose.
4. Zapneme stroj a spustíme zatěžování zkušebního vzorku až do jeho přetržení. Následně zatěžování vzorku vypneme.
5. Odečteme naměřenou hodnotu a vyjmeeme přetržený vzorek materiálu.

5.2 Zkušební vzorky

Pro statickou zkoušku tahem, bylo potřeba udělat zkušební vzorky. Zkušební vzorky jsem udělal dle složení palety dřevěné a ocelové.

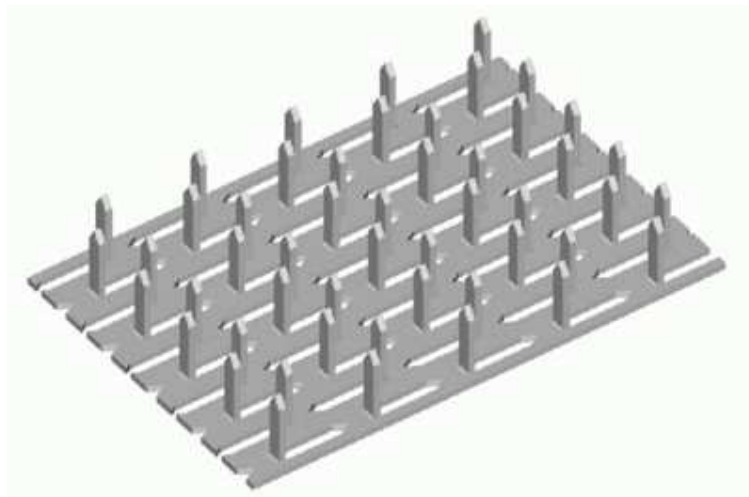
Obrázek 43 Výkres zkušebního vzorku dřeva



Dřevěné vzorky jsem vyrobil ze dvou druhů dřeva, jejichž vlastnosti přesně neznám. U palet, které budu zpracovávat tyto vlastnosti, též vědět nebudu. Dřevo jsem použil v jednom případě přímo z EURO palety (měkké dřevo) a v druhém případě z nestandardní palety (tvrdé dřevo). Tyto vzorky, 10ks od každého druhu dřeva, jsem vyrobil na frézce podle výkresu (viz *Obrázek 43*). Tloušťka vzorku odpovídá tloušťce prkna EURO palety. Zkušební etalony jsou vyrobeny tak, aby zkouška tahem působila v ose dřevěného vlákna. V tomto směru je totiž dřevo nejodolnější proti namáhání. Vzorky bylo nutné opatřit, v širší části sloužící

k upnutí do kleštin zkušebního stroje, ocelovými plechy tloušťky 1,5 mm (zřejmé z *Obrázku 45*). Použil jsem tzv. styčnickové desky sloužící jako tesařské kování (viz

Obrázek 44 Styčnicková deska



Zdroj:[<http://www.killich.cz/tesarske-kovani/tesarske-kovani---stycnikove-desky.htm>]

Obrázek 44). Ocelové desky slouží pro lepší upnutí ve zkušebním stroji a zároveň zabraňují rozmačkání vzorku kleštinami v místě upnutí. Na *Obrázku 45* jsou znázorněny zkušební vzorky po tahové zkoušce.

Obrázek 45 Dřevěné vzorky po tahové zkoušce



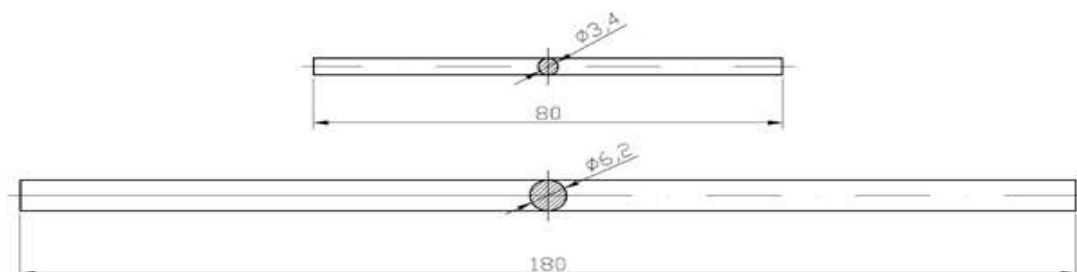
Jako ocelové vzorky pro zkoušku tahem jsem použil ocelové hřebíky. Palety jsou spojovány tzv. tesařskými hřebíky. Tyto hřebíky mají dle ČSN EN 10230-1

Obrázek 46 Vzorky hřebíků



dřík vroubkovaný, spirálový válcový nebo prstencový válcový. Tato úprava dřívku zabraňuje vylézání hřebíků ze spoje při manipulaci s paletou (na *Obrázku 46* první dva hřebíky ze shora). Zároveň tato úprava dřívku však zmenšuje plný průřez hřebíku a tím snižuje jeho pevnost v tahu, což jsem zjistil při zkušebních tahových zkouškách. Nakonec jsem pro tahovou zkoušku použil stavební hřebíky se zápusťnou hlavou (ČSN 02 2825), na *Obrázku 46* dole. Hřebíkům bylo nutné odříznout hlavičky z důvodu upnutí do kleštin zkušebního stroje. Opět jsem připravil 10 a 10 ks vzorků vyrobených z hřebíků, jejichž nákres je na *Obrázku 47*. Testoval jsem hřebíky o průměru 6,2 mm a 3,4 mm. Na *Obrázku 48* jsou znázorněny ocelové vzorky po tahové zkoušce.

Obrázek 47 Výkres ocelových zkušebních vzorků



Obrázek 48 Ocelové vzorky po tahové zkoušce



5.3 Naměřené hodnoty a výpočty

V této kapitole vypočítáme potřebné hodnoty k určení energetické náročnosti linky, dále potřebné síly a momenty k deformaci palety a potřebnou deformační energii.

5.3.1 Výpočty a hodnoty z tahové zkoušky

Pomocí statické tahové zkoušky jsme naměřily potřebné hodnoty k určení pevnosti jednotlivých materiálů používaných na výrobu palet. Z tahové zkoušky jsme dostali hodnoty v kilogramech, které jsou uvedeny ve sloupci „Naměřená hodnota“ v *Tabulkách 3 až 6*. Abychom vypočítali mez pevnosti materiálu, musíme nejdříve spočítat průřez jednotlivých vzorků pro dřevěné vzorky podle vzorce (2) a *pro ocelové vzorky* podle vzorce (3). Další z hodnot, které potřebujeme pro výpočet je síla působící na zkušební vzorek. Tuto hodnotu získáme vynásobením naměřené hodnoty gravitační zrychlením - g , jak je patrné ze vzorce (4). Po spočtení předešlých hodnot můžeme spočítat mez pevnosti jednotlivých materiálů ze vzorce (5). Všechny výsledky měření jednotlivých vzorků a výpočtů jsou

přehledně zapsány do *Tabulek 3 až 6*, kde jsou i průměrné hodnoty všech výpočtů.

Výpočet průřezu S [mm^2] měkkého a tvrdého dřeva:

K výpočtu průřezu dřevěných vzorků použije hodnotu 22 mm, patrnou z *Obrázku 43*.

$$a = 22\text{mm}$$

$$S_{12} = a^2 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (2)$$

$$[\text{mm}^2] = [\text{mm}]^2$$

$$S_{12} = 22^2 = 484\text{mm}^2$$

Výpočet průřezu S_{12} [mm^2] ocelových vzorků:

K výpočtu průřezu ocelových vzorků použije hodnoty, které jsou patrné z *Obrázku 47*.

$$d_1 = 6,2\text{mm}$$

$$d_2 = 3,4\text{mm}$$

$$S_{34} = \frac{\pi \cdot d_{12}^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (3)$$

$$[\text{mm}^2] = \frac{\pi \cdot [\text{mm}]^2}{4}$$

$$S_3 = \frac{\pi \cdot 6,2^2}{4} = 30,19\text{mm}^2$$

$$S_4 = \frac{\pi \cdot 3,4^2}{4} = 9,08 \text{mm}^2$$

Příklad výpočtu síly F [N]:

m_n [kg] – naměřené hodnoty viz *Tabulky 3 až 6* (dosadíme první naměřenou hodnotu 525 kg z *Tabulky 3* – označeno zelenou barvou).

Sílu získáme, vynásobením naměřené hodnoty gravitačním zrychlením, viz níže.

Gravitační zrychlení: $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$F_1 = m_{n1} \cdot g \quad [\text{N}] \quad (4)$$

$$[\text{N}] = [\text{kg}] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$F_1 = 525 \cdot 9,81 = 5150,25 \text{N}$$

Příklad výpočtu meze pevnosti materiálu R_{mn} [MPa]:

$$R_{mn1} = \frac{F_1}{S_{12}} \quad [\text{MPa}] \quad (5)$$

$$[\text{MPa}] = \frac{[\text{N}]}{[\text{mm}^2]}$$

$$R_{mn1} = \frac{5150,25}{484} = 10,64 \text{MPa}$$

Tabulka 3 Hodnoty pro měkké dřevo

Vzorek	Naměřená hodnota m_{n1} [kg]	Síla F_1 [N]	Průřez S_1 [mm²]	Mez pevnosti R_{mn1} [MPa]	Gravitační zrychlení g [m.s⁻²]
1.	525,00	5 150,25	484,00	10,64	9,81
2.	750,00	7 357,50	484,00	15,20	9,81
3.	1 125,00	11 036,25	484,00	22,80	9,81
4.	900,00	8 829,00	484,00	18,24	9,81
5.	450,00	4 414,50	484,00	9,12	9,81
6.	800,00	7 848,00	484,00	16,21	9,81
7.	850,00	8 338,50	484,00	17,23	9,81
8.	500,00	4 905,00	484,00	10,13	9,81
9.	975,00	9 564,75	484,00	19,76	9,81
10.	775,00	7 602,75	484,00	15,71	9,81
Průměr hodnot:	765,00	7 504,65	484,00	15,51	9,81

Tabulka 4 Hodnoty pro tvrdé dřevo

Vzorek	Naměřená hodnota m_{n2} [kg]	Síla F_2 [N]	Průřez S_2 [mm²]	Mez pevnosti R_{mn2} [MPa]	Gravitační zrychlení g [m.s⁻²]
1.	1 525,00	14 960,25	484,00	30,91	9,81
2.	1 000,00	9 810,00	484,00	20,27	9,81
3.	775,00	7 602,75	484,00	15,71	9,81
4.	1 025,00	10 055,25	484,00	20,78	9,81
5.	1 050,00	10 300,50	484,00	21,28	9,81
6.	700,00	6 867,00	484,00	14,19	9,81
7.	1 125,00	11 036,25	484,00	22,80	9,81
8.	1 070,00	10 496,70	484,00	21,69	9,81
9.	660,00	6 474,60	484,00	13,38	9,81
10.	900,00	8 829,00	484,00	18,24	9,81
Průměr hodnot:	983,00	9 643,23	484,00	19,92	9,81

Tabulka 5 Hodnoty pro hřebík ø 6,2 mm

Vzorek	Naměřená hodnota m_{n3} [kg]	Síla F_3 [N]	Průřez S_3 [mm ²]	Mez pevnosti R_{mn3} [MPa]	Gravitační zrychlení g [m.s ⁻²]
1.	1 950,00	19 129,50	30,19	633,64	9,81
2.	2 030,00	19 914,30	30,19	659,63	9,81
3.	2 010,00	19 718,10	30,19	653,13	9,81
4.	2 000,00	19 620,00	30,19	649,88	9,81
5.	2 025,00	19 865,25	30,19	658,01	9,81
6.	1 975,00	19 374,75	30,19	641,76	9,81
7.	2 050,00	20 110,50	30,19	666,13	9,81
8.	2 000,00	19 620,00	30,19	649,88	9,81
9.	1 950,00	19 129,50	30,19	633,64	9,81
10.	1 975,00	19 374,75	30,19	641,76	9,81
Průměr hodnot:	1 996,50	19 585,67	30,19	648,75	9,81

Tabulka 6 Hodnoty pro hřebík ø 3,4 mm

Vzorek	Naměřená hodnota m_{n4} [kg]	Síla F_4 [N]	Průřez S_4 [mm ²]	Mez pevnosti R_{mn4} [MPa]	Gravitační zrychlení g [m.s ⁻²]
1.	800,00	7 848,00	9,08	864,32	9,81
2.	825,00	8 093,25	9,08	891,33	9,81
3.	875,00	8 583,75	9,08	945,35	9,81
4.	825,00	8 093,25	9,08	891,33	9,81
5.	275,00	2 697,75	9,08	297,11	9,81
6.	830,00	8 142,30	9,08	896,73	9,81
7.	800,00	7 848,00	9,08	864,32	9,81
8.	810,00	7 946,10	9,08	875,12	9,81
9.	830,00	8 142,30	9,08	896,73	9,81
10.	850,00	8 338,50	9,08	918,34	9,81
Průměr hodnot:	827,22	8115,05	9,08	893,73	9,81

Hodnoty z měření uvedené na řádce číslo 5 (označené červenou barvou), nebudeme započítávat do průměru. Tato hodnota je zřetelně nižší než ostatní hodnoty. Z největší pravděpodobností byla v hřebíku materiálová vada nebo se stala chyba při měření.

5.3.2 Zjištění podmínek stříhu

Další z kroků je výpočet potřebné síly, kterou musí drtič vyvinout. Nejdříve však musíme určit podmínky stříhu, viz vzorec (6), pro dřevo a vzorec (11), pro ocel.

Podmínka stříhu pro dřevo:

T_{sd} – smykové napětí dřeva [MPa], hodnota vypočítaná z průměrné nejvyšší naměřené hodnoty (7).

T_{psd} – povolené smykové napětí dřeva [MPa], viz použitá literatura [13] str. 176 – volím hodnotu 30MPa.

$$\tau_{sd} > \tau_{psd} \quad (6)$$

R_{mnd} – průměrná nejvyšší naměřená hodnota meze pevnosti (viz *Tabulka 4*).

$$\tau_{sd} = 0,6 \cdot R_{mnd} \quad [\text{MPa}] \quad (7)$$

$$[\text{MPa}] = 0,6 \cdot [\text{MPa}]$$

$$\tau_{sd} = 0,6 \cdot 19,92 = 11,95 \text{MPa}$$

Podmínka stříhu není splněna.

$$11,95 \text{MPa} > 30 \text{MPa}$$

Zvolená hodnota 30 MPa je pro tvrdé dřevo, kolmo na jeho vlákna. Zkoušené vzorky byli s nespécifikovaného dřeva, z čehož vyplývá, že T_{sd} by mělo být větší než hodnota 30 MPa.

Volím $T_{sd} = 40 \text{ MPa}$.

Potřebná síla pro přestřížení dřeva F_d [N]:

S_d – plocha stříhu, tato hodnota, odpovídá ploše zubu nože, viz *Obrázek 36*.

$a = 49,5 \text{ mm}$; $b = 44,5 \text{ mm}$.

Dále předpokládáme, že tento zub nebude vždy zabírat celou svou plochou. Funkční plocha bude odpovídat maximálně 75% plochy zubu.

$$S_d = \frac{3}{4} \cdot S = \frac{3}{4} \cdot (a \cdot b) \quad [\text{mm}^2] \quad (8)$$

$$[\text{mm}^2] = \frac{3}{4} \cdot ([\text{mm}] \cdot [\text{mm}])$$

$$S_d = \frac{3}{4} \cdot (49,5 \cdot 44,5) = 1652,06 \text{mm}^2$$

$$\tau_{sd} = \frac{F_d}{S_d} \Rightarrow F_d = \tau_{sd} \cdot S_d \quad [\text{N}] \quad (9)$$

$$[\text{N}] = [\text{MPa}] \cdot [\text{mm}^2]$$

$$F_d = 40 \cdot 1652,06 = 66,1 \text{kN}$$

Síla potřebná k přestřížení dřeva je 66,1 kN.

Podmínka stříhu pro ocel:

T_{so} – smykové napětí oceli [MPa], hodnota vypočítaná z průměrné nejvyšší naměřené hodnoty (11).

T_{pso} – povolené smykové napětí oceli [MPa], hodnota vypočítaná z maximálního tahového napětí příslušné k dané oceli (12).

$$\tau_{so} > \tau_{pso} \quad (10)$$

R_{mno} – průměrná nejvyšší naměřená hodnota meze pevnosti (viz *Tabulka 6*).

$$\tau_{so} = 0,6 \cdot R_{mno} \quad [\text{MPa}] \quad (11)$$

$$[\text{MPa}] = 0,6 \cdot [\text{MPa}]$$

$$\tau_{so} = 0,6 \cdot 893,73 = 536,24 \text{MPa}$$

$R_{mpo} = 800$ MPa; mez pevnosti, kterou musí splňovat hřebík použitý při výrobě EURO palet.

$$\tau_{pso} = 0,6 \cdot R_{mpo} \quad [\text{MPa}] \quad (12)$$

$$[\text{MPa}] = 0,6 \cdot [\text{MPa}]$$

$$\tau_{pso} = 0,6 \cdot 800 = 480 \text{MPa}$$

Podmínka stříhu je splněna.

$$536,24 \text{MPa} > 480 \text{MPa}$$

Potřebná síla pro přestřižení oceli F_o [N]:

S_o – plocha stříhu, tato hodnota, odpovídá dvojnásobku průřezu hřebu.

Bereme v úvahu, že v paletě bude použit hřebík maximálního průměru $d = 8$ mm.

$$S_o = 2 \cdot S = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad [\text{mm}^2] \quad (13)$$

$$[\text{mm}^2] = 2 \cdot [\text{mm}^2] = 2 \cdot \frac{\pi \cdot [\text{mm}]^2}{4}$$

$$S_o = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 100,53 \text{mm}^2$$

$$\tau_{so} = \frac{F_o}{S_o} \Rightarrow F_o = \tau_{so} \cdot S_o \quad [\text{N}] \quad (14)$$

$$[\text{N}] = [\text{MPa}] \cdot [\text{mm}^2]$$

$$F_o = 536,24 \cdot 100,53 = 53,9 \text{kN}$$

Síla potřebná k přestřižení hřebíku o průměru 8mm je 53,9 kN.

V dalších výpočtech budeme pracovat se silou $F_d = 66,1$ kN, jelikož je větší než síla potřebná k přestřižení ocelových vzorků.

5.3.3 Energetická náročnost

Účinnost drtiče η_D

Elektropřevodovka $\eta_1 = 0,9$.

Ložiska (4ks) $\eta_2 = 0,995^4 = 0,98$.

Ozubený převod $\eta_3 = 0,99$.

$$\eta_D = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \quad [-] \quad (15)$$

$$\eta_D = 0,9 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 0,87$$

Skutečný výkon drtiče P_{sk}

Příkon drtiče $P = 22 \text{ kW}$.

$$\eta_D = \frac{P_{sk}}{P} \Rightarrow P_{sk} = \eta_D \cdot P \quad [\text{kW}] \quad (16)$$

$$[\text{kW}] = [-] \cdot [\text{kW}]$$

$$P_{sk} = 0,87 \cdot 22 = 19,14 \text{ kW}$$

Skutečný kroutící moment drtiče M_{sk} :

Otáčky drtiče $n = 19 \text{ ot. min}^{-1}$.

$$M_{sk} = 9550 \cdot \frac{P_{sk}}{n} \quad [\text{Nm}] \quad (17)$$

$$[\text{Nm}] = 9550 \cdot \frac{[\text{kW}]}{\left[\frac{\text{ot.}}{\text{min}}\right]}$$

$$M_{sk} = 9550 \cdot \frac{19,14}{19} = 9620,37 \text{ Nm}$$

Skutečná síla F_{sk} :

$d = 0,2745 \text{ m}$; vzácnost mezi středy pracovních ploch zubů nože.

$$F_{sk} = \frac{2 \cdot M_{sk}}{d} \quad [\text{N}] \quad (18)$$

$$[\text{N}] = \frac{2 \cdot [\text{Nm}]}{[\text{m}]}$$

$$F_{sk} = \frac{2 \cdot 9620,37}{0,2745} = 70,09 \text{ kN}$$

Účinnost vstupního dopravníku $\eta_{vs} = 0,65$.

Účinnost mezioperačního dopravníku $\eta_m = 0,75$.

Účinnost výstupního dopravníku $\eta_{vys} = 0,7$.

Účinnost separátoru $\eta_s = 0,8$.

V *Tabulce 7* je přehled skutečných výkonů jednotlivých prvků linky, které jsou spočítány podle vzorce (16).

Tabulka 7 Přehled hodnot a výpočtů skutečných výkonů prvků linky

	η	Příkon P [kW]	Skutečný výkon P [kW]
Vstupní dopravník η_{vs}	0,65	2	1,3
Mezioperační dopravník η_m	0,75	1,1	0,825
Výstupní dopravník η_{vys}	0,7	1,1	0,77
Separátor η_s	0,8	1,1	0,88

Celková energetická náročnost linky:

$$P = \sum P \quad [\text{kW}] \quad (19)$$

$$P = 1,3 + 0,825 + 0,77 + 0,88 + 19,14 = 22,915 \text{ kW}$$

Celková energetická náročnost všech komponentů linky je 22,915 kW.

5.3.4 Porovnání naměřených a spočtených hodnot

V této části si porovnáme jednotlivé hodnoty síly. V prvním případě se bude jednat o hodnoty vypočtené ze statické tahové zkoušky a v druhém případě o hodnoty, které nám dodá pohon drtiče.

Tahová zkouška:

Síla potřebná k přestřižení dřeva - spočtená podle vzorce (9): $F_d = 66,1 \text{ kN}$.

Drtič:

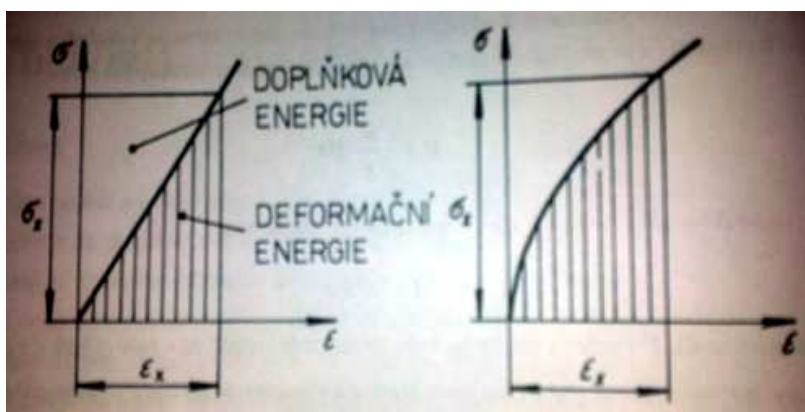
Skutečná síla drtiče - spočtená podle vzorce (18): $F_{sk} = 70,09 \text{ kN}$.

Z hodnot výše je patrné, že síla, kterou vyvine drtič, je větší než síla potřebná k přestřížení dřeva. Z toho vyplývá, že drtič je navrhnut dobře a bude pracovat správně při dodržení podmínek jeho provozu.

5.3.5 Zjištění potřebné deformační energie

V důsledku působení vnějších sil na těleso, mění těleso svůj tvar – deformuje se. Tyto síly konají v důsledku změny tvaru práci W [J]. Deformační energii si určíme z tahové zkoušky pro dřevo (viz. *Obrázek 49*), která je popsána v předešlé kapitole 5.1. Tuto energii spočítáme z tabulkových hodnot pro tvrdé dřevo, jehož hodnoty jsou níže.

Obrázek 49 Oblast deformační energie v tahové zkoušce



Zdroj: [9]

Modul pružnosti dřeva podél vláken $E = 0,12 \cdot 10^5$ MPa.

Mez pevnost dřeva v tahu podél vláken $\sigma = 120$ MPa.

Výpočet prodlužení ϵ :

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad [-] \quad (20)$$

$$[-] = \frac{[\text{MPa}]}{[\text{MPa}]}$$

$$\varepsilon = \frac{120}{0,12 \cdot 10^5} = 0,01$$

V tomto případě vychází prodloužení jako bezrozměrná jednotka. Ve skutečnost má rozměr metr, což bude dosazeno do následující vzorce.

Výpočet deformační energie W [J]:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \sigma \cdot \varepsilon \quad [\text{J}] \quad (21)$$

$$[\text{J}] = \frac{1}{2} \cdot [\text{Pa}] \cdot [\text{m}]$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot (120 \cdot 10^6) \cdot 0,01 = 0,6 \text{ MJ}$$

K deformaci dřevěné palety je potřeba energie 0,6 MJ.

6. Přehled nákladů a výnosů

V této kapitole se zaměříme hlavně na náklady spojené s pořízením linky a na výnosy z produktu, který bude linka vyrábět.

6.1 Náklady na pořízení linky

Cenovou nabídku na výrobu a zprovoznění této linky vypracovala firma LT-Kovo s.r.o. se sídlem v Kladně. Jednotlivé položky a ceny jsou uvedeny v *Tabulce 8*. Veškeré ceny jsou uvedeny bez 21-ti % DPH.

Tabulka 8 Cenová nabídka na výrobu a zprovoznění linky

Název položky	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem
Násypka drtiče	1	19 360 Kč	19 360 Kč
Podstavec drtiče	1	16 260 Kč	16 260 Kč
Odklápěcí píst	2	10 270 Kč	20 540 Kč
Dopravník na dopravu drtě do kontejneru	1	62 500 Kč	62 500 Kč
Dopravník na dopravu palet k drtiči	1	65 300 Kč	65 300 Kč
Dopravník od drtiče přes separátor kovů	1	51 300 Kč	51 300 Kč
Magnetický separátor	1	239 114 Kč	239 114 Kč
Motor NORD SK8382AVSHG – 180LH/4	1	128 500 Kč	128 500 Kč
Ložisko SKF 24 120 CC/W33	2	10 631 Kč	21 262 Kč
Ložisko SKF 24 024 CC/W33	2	7 707 Kč	15 414 Kč
Ozubené kolo m = 11, z = 25	2	8 000 Kč	16 000 Kč
Skříň; drtiče	1	90 000 Kč	90 000 Kč
Drtící segment	25	15 400 Kč	385 000 Kč
Vymezovací kroužek	25	4 500 Kč	112 500 Kč
Hřídel drtiče	2	10 700 Kč	21 400 Kč
Nátěr	1	15 000 Kč	15 000 Kč
Automatizace linky a elektrorozvody	1	250 000 Kč	250 000 Kč
Montáž a zprovoznění	1	196 000 Kč	196 000 Kč
Náklady celkem			1 725 450 Kč

6.2 Výnosy z linky

Výsledným produktem linky je dřevěná drť a ocelový šrot, který zároveň slouží jako zdroj financování firmy. Modelově si teď spočítáme možný příjem z této činnosti. Jako vstupní konstantu opět použijeme EURO paletu. Hodnoty budeme volit nižší, než ve skutečnosti mohou být.

Kapacitní přepočet:

- 1ks EURO palety dle ČSN 26 9110 = 0,0452 m³, což odpovídá zhruba 20 kg materiálu dle vlhkosti dřeva a zhruba 0,3kg oceli.
- Linka dokáže zpracovat přibližně 400 palet za osmi hodinovou pracovní dobu.
- Výkupní cena dřevní štěpky či drtě je 1,20 Kč/kg (*Zdroj: Brikmat s.r.o.*).
- Výkupní cena oceli je 3,- Kč/kg. (*Zdroj: Sunex s.r.o.*).

Z kapacitního přepočtu viz výše, nám vychází následující data:

Hmotnost dřevěné drtě za pracovní dobu – 8000 kg.

Hmotnost ocelového šrotu za pracovní dobu – 120 kg.

Výnos z dřevěné drtě za pracovní dobu – 9 600,- Kč.

Výnos z ocelového šrotu za pracovní dobu – 360,- Kč.

Výnosy celkem – 9 960,- Kč za pracovní dobu (8 hodin).

7. Závěr

Mým úkolem bylo navrhnout technologickou linku na zpracování dřevěných jednoúčelových palet, která slouží k zmenšení objemu palet za účelem spalování či dalšího zpracování. Hlavním prvkem linky je dvouhřídelový drtič s příkonem 22kW. Linku jsem navrhl včetně mezioperačních dopravníků, které slouží k dopravě palet do drtiče a k odvodu výsledné drtě přes separátor kovů do kontejneru. Linka je plně automatizovaná a k obsluze postačí jeden člověk, který zároveň bude zakládat palety na vstupní dopravník. Prostor, který linka zabírá, jsem se snažil co nejvíce minimalizovat. Minimalizace prostoru u těchto linek je složitá vzhledem k použití dopravníků a potřebné robustní konstrukci drtiče. Energetické nároky celé linky činí 22,915 kW při zpracování až 50 ks palet za hodinu. Síla potřebná k dezintegraci palety je 66,1 kN. Motor drtiče vyvine sílu 70,09 kN při momentu 9620,37 Nm. Deformační energie na rozdrčení palety se pohybuje okolo 0,6 MJ.

Důležitou stránkou užívání této linky, potažmo drtiče je dodržování provozních podmínek a pravidelného servisu. Obsluha je zároveň i vstupní kontrola linky, která musí kontrolovat zakládání materiál. Touto kontrolou se rozumí vizuální kontrola palet, jak z hlediska rozměrů (drtič je konstruován na maximální rozměr palet - 1200mm), tak z hlediska nežádoucích předmětů obsažených v paletách. Nežádoucí předměty představují např. kameny nebo větší kusy ocelových prvků (drtič je konstruován na hřeby maximálního průměru 8mm). V případě větších rozměrů je nutno paletu manuálně přizpůsobit rozměrům vhodným ke zpracování. Pokud paleta obsahuje nežádoucí předměty, musí být obsluhou odstraněny.

Při návrhu linky jsem se inspiroval především již fungujícími aplikacemi v praxi, z kterých jsem vycházel i při návrhu potřebného výkonu pohonné jednotky. Touto problematikou se v České republice zabývá pouze hrstka firem a literatura tuto problematiku popisuje pouze okrajově výčtem druhů. Z těchto důvodů jsem navrhnul drtič dle aplikací používaných v praxi. Pořízení takové linky je dosti nákladná záležitost, jelikož se drtič vyrábí na zakázku. Podle nabídky firmy LT-Kovo s.r.o. pořízení a zprovoznění takové linky vyjde na *1 725 450 Kč bez*

21-ti % DPH. Zároveň je linka schopna za osmi hodinovou pracovní dobu zpracovat materiál, jehož prodejní hodnota je přibližně 9 960,- Kč.

Použití této linky je vhodné především pro firmy, které se zabývají dopravou nebo skladováním zboží. Výsledný produkt lze použít pro další zpracování, jako například výroba peletek nebo k výrobě energie.

Díky této práci jsem si udělal dokonalý přehled o drtičích odpadů a jejich začlenění a použití v linkách na zpracování nejen dřevěného odpadu.

Seznam použité literatury a zdrojů:

- [1] DRAŽAN, František – JEŘÁBEK, Karel. *Manipulace s materiálem*. 1. Vydání. Praha: SNTL, 1979. 454s.
- [2] FRIES, Jiří – VOŠTOVÁ, Věra. *Zpracování pevných odpadů*. 1. Vydání. Praha: vydavatelství ČVUT, 2003. 157s. ISBN 80-01-02672-8.
- [3] HORÁČEK, Jaroslav. *Nauka o materiálu (návody na cvičení)*. Praha: ČZU, 1998. 51s. ISBN 80-213-0372-7.
- [4] HORÁČEK, Petr. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. 2. Přepřacované vydání. MZLU v Brně, 2008. 124s. ISBN 978-80-7375-169-2.
- [5] LEINVEBER, Jan – ŘASA, Jaroslav – VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3. Doplněné vydání. Praha: Scientia, 1999. 985s. ISBN 80-7183-164-6.
- [6] MICHALEC, Jiří a kolektiv. *Pružnost a pevnost I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. 320s. ISBN 80-01-02359-1.
- [7] MÜLLER, Miroslav. *Zpracovny nekovového odpadu*. Praha: ČZU, 2008. 154s. ISBN 978-80-213-1840-3.
- [8] ODES s.r.o., *Zařízení pro ekologii*. Dostupné z: <http://www.odes.cz/>
- [9] PODEŠVA, Jiří. *Základy mechaniky*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2002. 172s. ISBN 80-248-0152-3.
- [10] Terier s.r.o. Dostupné z: <http://www.terier.cz>
- [11] Výrobce a dodavatel ložisek SKF. Dostupné z: <http://www.skf.com>
- [12] Výrobce motorů a převodovek NORD. Dostupné z: http://www2.nord.com/cms/cz/hp_home_CZ.jsp
- [13] ZACHARIÁŠ, Ladislav. *Části strojů*. Praha: ČZU, 2005. 345s. ISBN 80-213-1342-0.

Seznam použitých obrázků:

Obrázek 1 EURO paleta

Obrázek 2 Atypické palety

Obrázek 3 Jednohřídelový drtič

Obrázek 4 Dvouhřídelový drtič

Obrázek 5 Čtyřhřídelový drtič

Obrázek 6 Nožová destička

Obrázek 7 Válec s vyměnitelnými destičkami

Obrázek 8 Jednohřídelový drtič opatřený segmenty

Obrázek 9 Segmenty

Obrázek 10 Blokové schéma technologické linky

Obrázek 11 Příklad nadrceného materiálu

Obrázek 12 Model technologické linky

Obrázek 13 Schematický návrh ovládacího panelu

Obrázek 14 Ložné profily pásových dopravníků

Obrázek 15 Náčrt začlenění dopravníku do linky

Obrázek 16 Příklad profilovaného pásu

Obrázek 17 Příklad konstrukce šikmého dopravníku

Obrázek 18 Náčrt začlenění dopravníku do linky

Obrázek 19 Příklad konstrukce vodorovného dopravníku

Obrázek 20 Příklad hladkého pásu

Obrázek 21 Náčrt začlenění dopravníku do linky

Obrázek 22 Příklad pásu s unášeči

Obrázek 23 Příklad konstrukce korýtkového dopravníku

Obrázek 24 Příklad použití magnetického separátoru

Obrázek 25 Funkce pásového magnetického separátoru

Obrázek 26 Příklad začlenění magnetického separátoru v lince

Obrázek 27 Model dvouhřídelového drtiče – pohled shora

Obrázek 28 Model dvouhřídelového drtiče

Obrázek 29 Řez drtičem

Obrázek 30 Model násypky

Obrázek 31 Model podstavce drtiče
Obrázek 32 Model pracovní části drtiče
Obrázek 33 Průřez hřídelí drtiče
Obrázek 34 Soudečkové naklápěcí ložisko
Obrázek 35 Soudečková ložiska – hlavní rozměry
Obrázek 36 Drtící segment
Obrázek 37 Řez pracovní částí drtiče
Obrázek 38 Uspořádání segmentů na hřídelích
Obrázek 39 Elektropřevodovka
Obrázek 40 Čelní ozubené kolo s přímými zuby
Obrázek 41 Univerzální stroj ZDM 5t
Obrázek 42 Schéma stroje ZDM 5t
Obrázek 43 Výkres zkušebního vzorku dřeva
Obrázek 44 Styčnicková deska
Obrázek 45 Dřevěné vzorky po tahové zkoušce
Obrázek 46 Vzorky hřebíků
Obrázek 47 Výkres ocelových zkušebních vzorků
Obrázek 48 Ocelové vzorky po tahové zkoušce
Obrázek 49 Oblast deformační energie v tahové zkoušce

Seznam použitých tabulek:

Tabulka 1 Přehled hlavních rozměrů a vlastností použitých ložisek

Tabulka 2 Základní vlastnosti materiálu 19 313

Tabulka 3 Hodnoty pro měkké dřevo

Tabulka 4 Hodnoty pro tvrdé dřevo

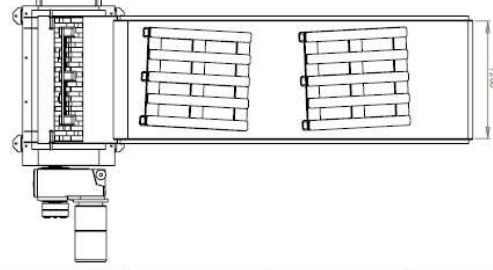
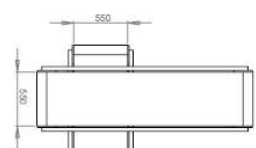
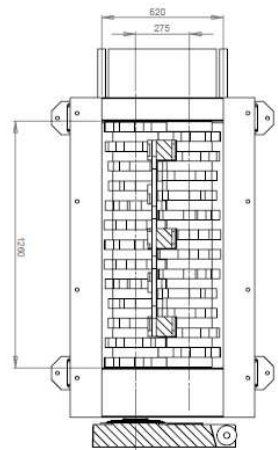
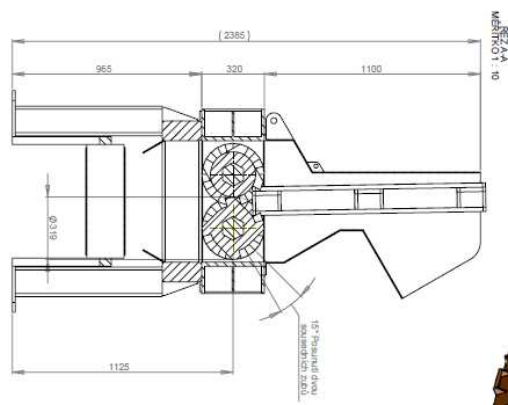
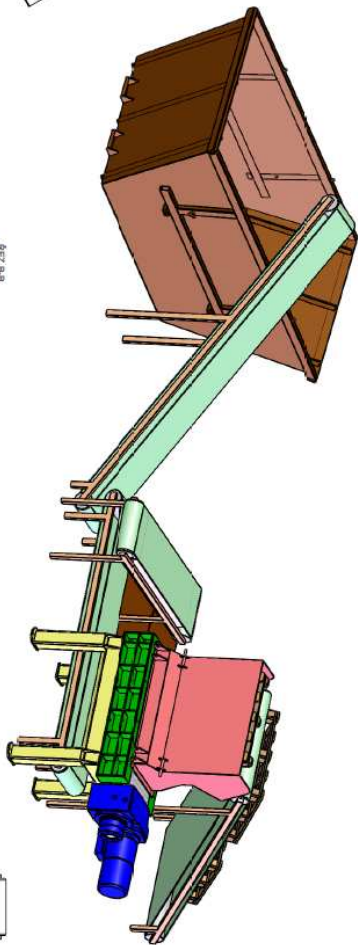
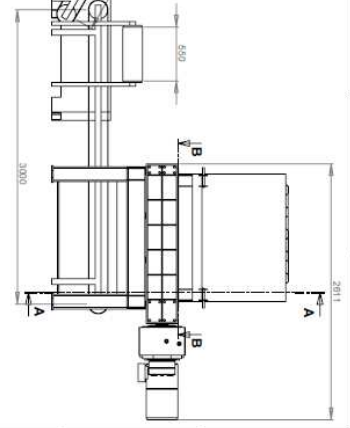
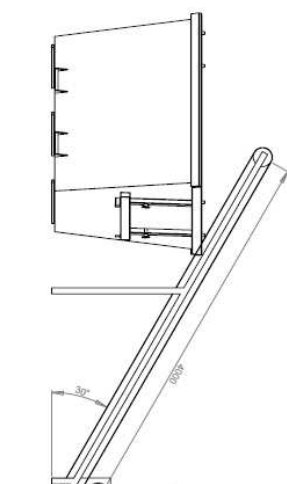
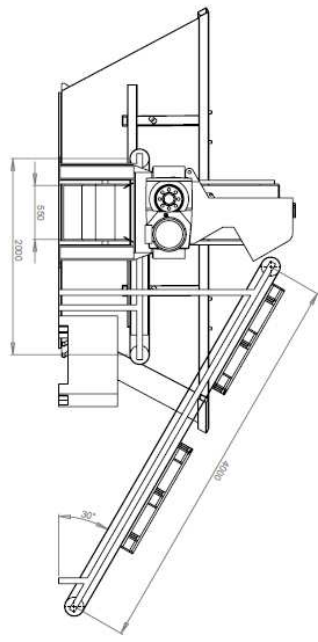
Tabulka 5 Hodnoty pro hřebík \varnothing 6,2 mm

Tabulka 6 Hodnoty pro hřebík \varnothing 3,4 mm

Tabulka 7 Přehled hodnot a výpočtů skutečných výkonů prvků linky

Tabulka 8 Cenová nabídka na výrobu a zprovoznění linky

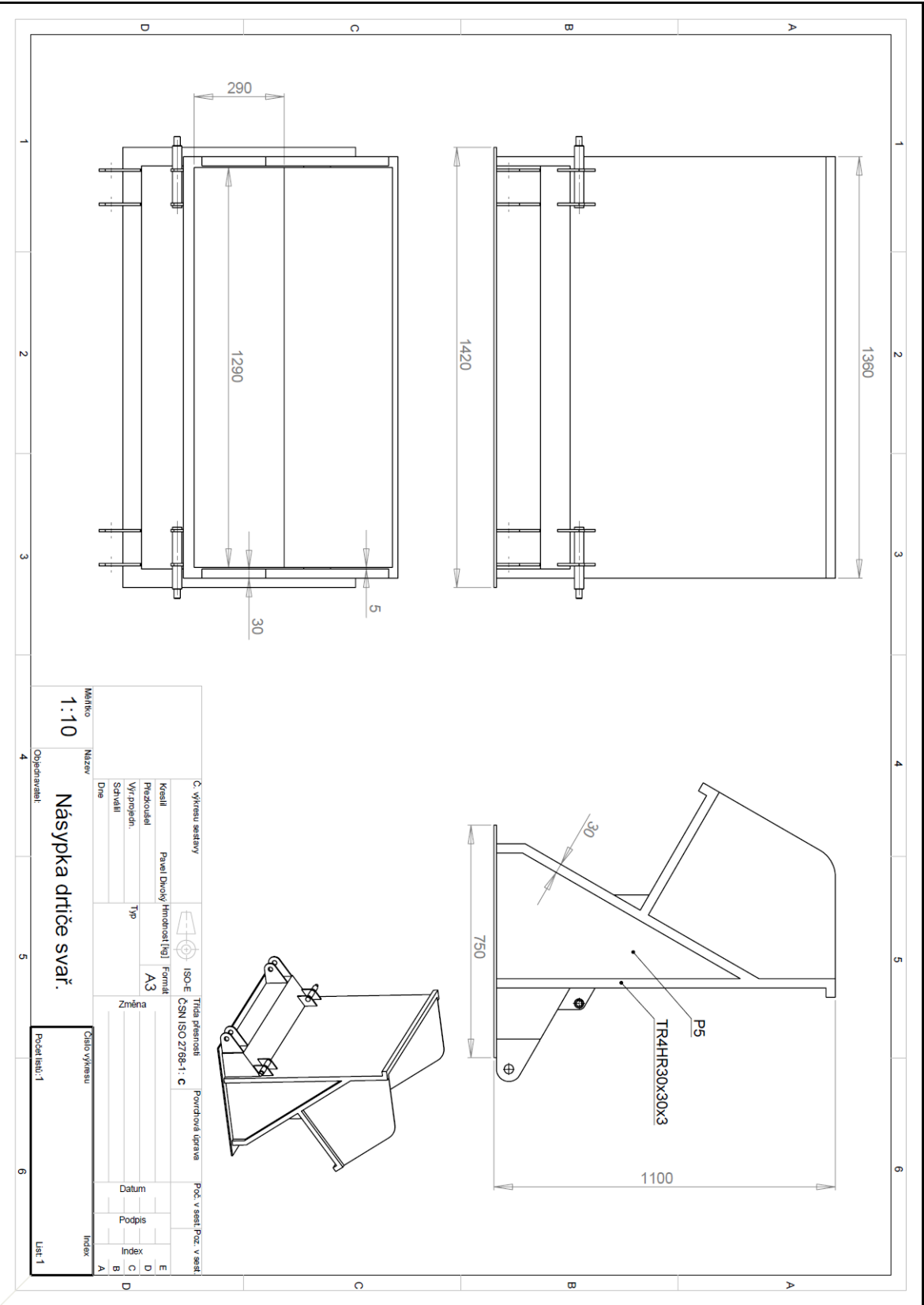
Příloha 1: Výkresová dokumentace



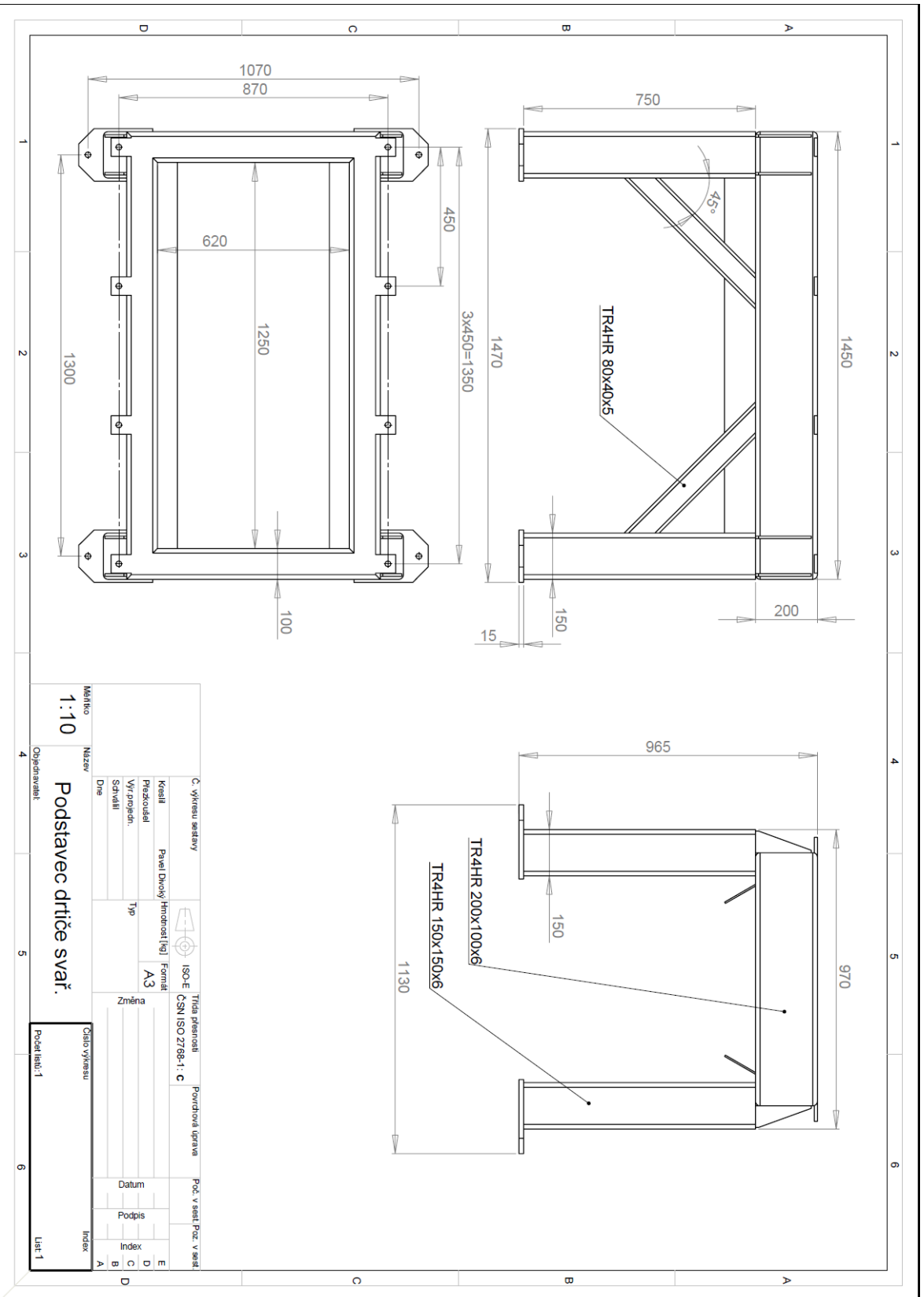
1:20

Linka pro šikmá zvláštních páteř

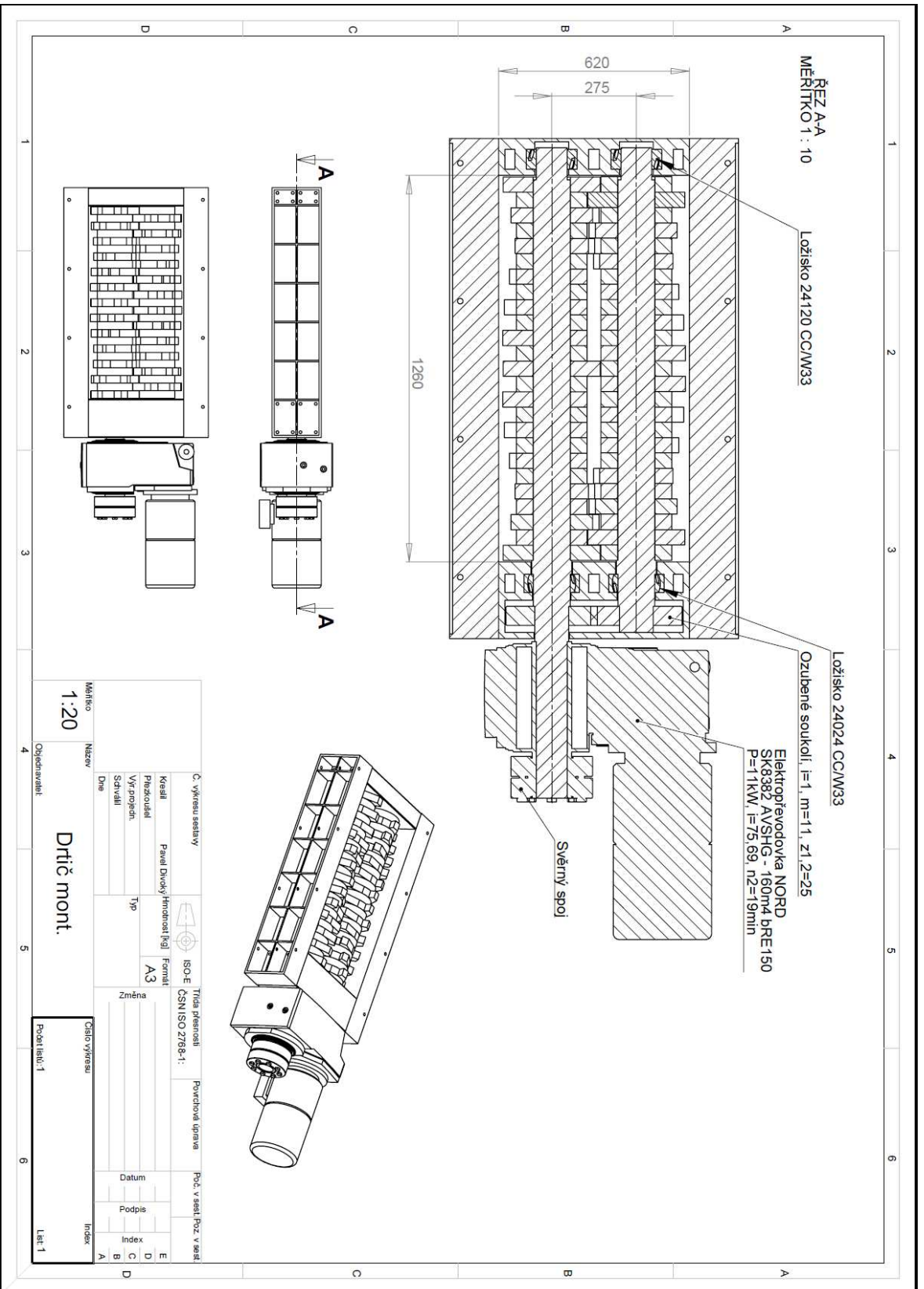
Číslo výkresu	1:20	Objekt	Podnik
Název	Linka pro šikmá zvláštních páteř	Stavba	Podnik
Stupeň	AI	Projektant	Podnik
Číslo		Projektant	Podnik
Stupeň		Projektant	Podnik
Číslo		Projektant	Podnik
Stupeň		Projektant	Podnik
Číslo		Projektant	Podnik
Stupeň		Projektant	Podnik



Měřítko 1:10		Název Nášypka drtiče svař.		Číslo výkresu		Index	
Objednávka: 4		Kreslí Pavel Dvořák		Třída přesnosti ČSN ISO 2768-1: C		Poč. v sest. / Poř. v sest.	
Výr. proveden.: Schválil		Typ A3		Formát A3		Podpis	
Dne		Změna		Podřizová úprava		Datum	
						Index	
						A	
						B	
						C	
						D	
						E	
						1	
						2	
						3	
						4	
						5	
						6	
						Líst. 1	



C. výkresu sestavy		Třída přesnosti		Počet úprav		Počet sest. poz. v sest.	
Kreslí	Pařel Divočý	ISO-E	C				
Průzkoušel		Formát	A3				
Výř. a opravn.		Typ					
Svařil		Změna					
Dne							
Měřítko			Číslo výkresu				
1:10			Podstavec držiče svař.				
Objedn. avazil			Podst. (číslo): 1				
			Index				
			E				
			D				
			C				
			B				
			A				
Datum			Podpis				
Index			Líst 1				



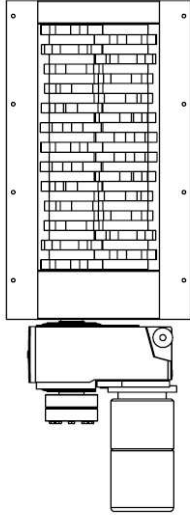
REZ AA
MĚŘITKO 1 : 10

Ložisko 24120 CC/W33

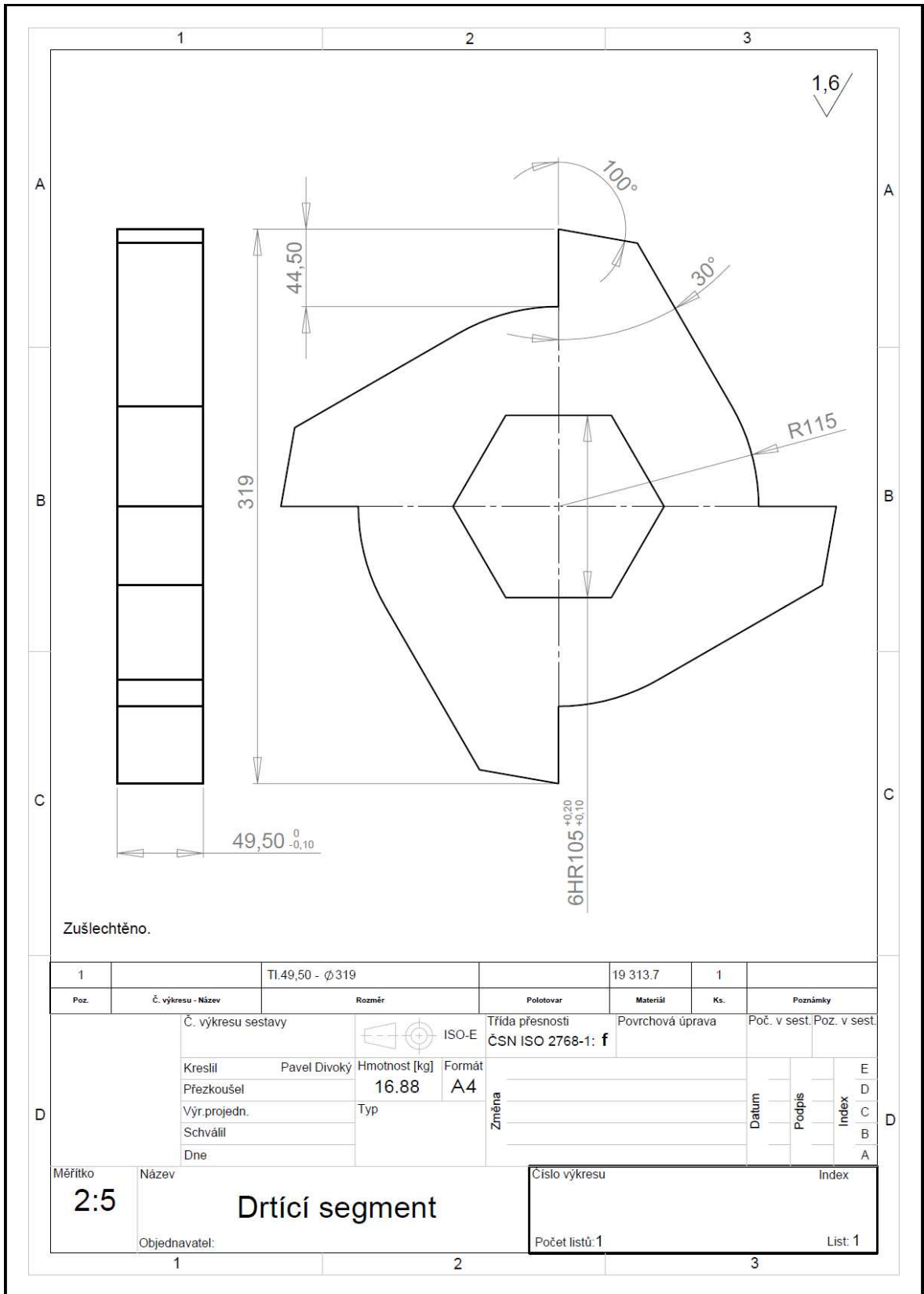
Ložisko 24024 CC/W33

Ozubené soukolí, z1=11, z2=25
Elektropevňovka NORD
SK8382 AV/SHG - 160m4 BRE 150
P=11kW, I=75,69, n2=19min

Svěrný spoj



C. výkresu sestavy		ISO-E		Třída přesnosti		Povrchová úprava		Pod. v sest. Poz. v sest.	
Keskl	Panel Dvuký/hmotnost [kg]	Formát	A3	CSN	ISO 2768-1:				
Přizpůsobení	Typ	Změna							
Výr. popisek									
Sčítání	Dne								
Název	1:20	Dřič mont.		Číslo výřezu		Podst. listů 1		Index	
Měřítko								A	
Objednávka								Lst 1	



Zušlechtěno.

1		TI.49,50 - Ø319		19 313.7	1	
Poz.	Č. výkresu - Název	Rozměr	Polotovar	Materiál	Ks.	Poznámky
	Č. výkresu sestavy		Třída přesnosti CSN ISO 2768-1: f	Povrchová úprava	Poč. v sest.	Poz. v sest.
	Kreslil Pavel Divoký	Hmotnost [kg] 16.88	Formát A4			
	Přezkoušel	Typ	Změna		Datum	Podpis
	Vyr. projedn.					Index
	Schválil					
	Dne					
Měřítko	Název	Číslo výkresu		Index		
2:5	Drtící segment					
Objednavatel:		Počet listů: 1	List: 1			

Příloha 2:
Pásový magnetický separátor s permanentními
magnety



SELOS Bohemia, s.r.o.
Šumavská 416/15
602 00 Brno
Česká republika

Telefon: +420 541 592 233
Fax: +420 541 592 234
E-mail: magnety@selos.cz
www.selos.cz

Pan
Pavel Divoký

10. dubna 2012

Tel:
E-mail: Divoky.Pavel@seznam.cz

© © ©

Cenová nabídka č. 12CNC024

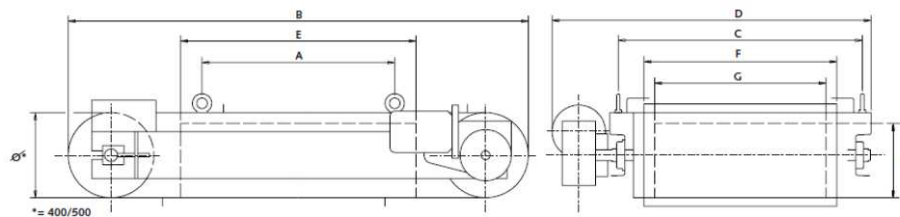
Vážený pane Divoký,

na základě Vaší poptávky Vám posílám technickou a cenovou nabídku na magnetické separační systémy z našeho sortimentu následovně:

1. Pásový magnetický separátor s permanentními magnety

Tyto systémy jsou určeny k separaci feromagnetických částic z dopravníkových pásů. Jsou umístovány nad dopravníkovým pásem. Po zachycení feromagnetických částic permanentním magnetem dochází k jeho unášení vlastním dopravníkovým pásem k místu sběru. V momentu kdy se dostanou magnetické částice mimo působení magnetického pole permanentního magnetu, magnetický odpad spadne z pásu a shromažďuje se na jednom místě.

Napájení těchto systémů je většinou 3x400 V, 50 Hz, standardní krytí je IP54. Tyto systémy se většinou používají v aplikacích, kdy je nutné odstranit feromagnetické částice ze suroviny aby se zabránilo poškození stroje, do kterého surovina proudí na další zpracování (drtiče, mlýny a pod.).



Pro šířku pásu 550 mm

Obj. č.	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	Výkon motoru (kW)	Hmotnost (kg)
BM28.105	475	1455	850	1015	835	650	505	180	1,1	515

Efektivní hloubka magnetického pole:

Model	Efektivní hloubka magnetického pole (mm)		
	tyč Ø 5 x 25 mm	tyč Ø 5 x 75 mm	matice M16
BM28.105	225	370	180

Nabídková cena:

Typ	Popis	Cena za kus (bez DPH)
BM28.105	Pásový magnetický separátor s permanentním magnetem, průměr hnacího válce Ø220 mm, rozměr magnetu 835 x 505 x 180 mm, feritový magnetický systém	239,114,-

Ceny jsou uvedeny v Kč bez 20% DPH

Pásový separátor je opatřen čtyřmi závěsnými oky, připojení 3x400 V AC na svorkovnici stroje.

Instalace stroje zavěšení na lana nebo řetězy příčně nad dopravník výška nad dopravníkem do 150 mm. Při potřebě větší výšky pro instalaci je nutné použít výkonnější separátor. Instalaci stroje nejsme schopni zajistit.

Dodací termín: do 6-8 týdnů od objednání
Platební podmínky: 50 % do 14 dnů po podpisu kupní smlouvy, 50 % před dodávkou (dohodou)
Dodací podmínky: EXW Trenčín (doprava Top Trans, cena dle hmotnosti a vzdálenosti)
Platnost nabídky: 1 měsíc od vystavení

Děkují za Vaši poptávku.
S pozdravem,

Ing. Ladislav Hajduch
Technický prodejce
GSM: +420 739 652 142
E-mail: magnety@selos.cz

