

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh pohonu mobilní pásové pily na dřevo

Autor: **Jan HÁJEK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jaroslav KRÁTKÝ, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan HÁJEK**
Osobní číslo: **S15B0398P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Konstrukční návrh pohonu mobilní pásové pily na dřevo**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Zpracovat rešerši pásových pil a vypracovat konkrétní konstrukční návrh pohonu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Rešerše, specifikace požadavků a variant koncepčních návrhů, výběr optimálního řešení
2. Zajištění klíčových vlastností konstrukčního návrhu s potřebnými technickými výpočty a hodnocením
3. Vypracování potřebné technické dokumentace
4. Komplexní hodnocení navrhovaného řešení

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

KRÁTKÝ, J., HOSNEDL, S. Příručka strojího inženýra 1. Praha: COMPUTER PRESS, 1999

PROKEŠ, S. Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. Praha: SNTL, 1982


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jaroslavu Krátkému, Ph.D., za odborné vedení, pomoc a cenné rady při zpracování této práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Hájek	Jméno Jan		
STUDIJNÍ OBOR	B2341 Konstrukce průmyslové techniky			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Krátký, Ph.D.	Jméno Jaroslav		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh pohonu mobilní pásové pily na dřevo			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	59	TEXTOVÁ ČÁST	50	GRAFICKÁ ČÁST	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	Bakalářská práce obsahuje řešerši kmenových pil, výhody a nevýhody jednotlivých konstrukčních řešení. Dále pak návrh a výpočet pohonu pásové pily s konkrétními parametry.
KLÍČOVÁ SLOVA	Pásová pila, obrábění dřeva, pilový pás, řezný výkon, řezný odpor, řemenový převod, CAD, počítačová simulace.

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Hájek	Name Jan	
FIELD OF STUDY	B2341 Design of Manufacturing Machines		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Krátký, Ph.D.	Name Jaroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of drive for mobile band saw for wood		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	59	TEXT PART	50	GRAPHICAL PART	9
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	The Bachelor thesis contains recherche of log saws, advantages and disadvantages of several constructional solutions. The thesis also contains design and calculation of propulsion of log saw with concrete parameters.
KEY WORDS	Log saw, wood machining, saw band, cutting power, cutting resistance, belt gear, CAD, computer simulation.

Obsah

Úvod.....	9
1 Rozdělení kmenových pil	10
1.1 Stabilní.....	10
1.2 Mobilní	11
1.3 Rozdělení mobilních kmenových strojních pil podle pohybu řezného nástroje.....	12
1.3.1 Pily s obíhajícím řezným nástrojem	12
1.3.2 Pily s přímočarým vratným pohybem řezného nástroje.....	15
1.4 Možnosti funkčního uspořádání mobilních pásových pil.....	16
1.4.1 Podle způsobu přepravy	16
1.4.2 Podle konstrukce mostu s pilovým ramenem.....	16
1.4.3 Podle typu posuvu a příslušenství	18
1.4.4 Podle typu vlastního pohonu pily.....	18
2 Základní funkční skupiny pásové pily	20
2.1 Rám.....	20
2.2 Most.....	20
2.3 Pilové rameno	21
2.4 Pilový pás	21
2.5 Motor	22
2.6 Převodovka	23
2.7 Ovládací panel	23
2.8 Bezpečnostní kryty	24
2.9 Vodící kladky a chlazení pilového pásu	24
3 Funkce pily.....	25
3.1 Řezání	25
3.2 Předřez	25
3.3 Manipulace s řezaným materiálem	25
3.4 Ukotvení pily	26
4 Konkrétní parametry navrhované pily	27
5 Návrh a kontrola zadaných funkčních skupin.....	28
5.1 Výpočet řezného výkonu	28
5.2 Napínací síla pilového pásu.....	31
5.3 Převod.....	31

5.4	Návrh a kontrola řemenového převodu	33
5.5	Dimenzování hřídele a ložisek pro hnací oběžné kolo	34
5.5.1	Výpočet radiální síly od řemenového převodu	34
5.5.2	Výpočet sil, působících na ložiska	35
5.5.3	Výpočet potřebné dynamické únosnosti ložisek.	36
5.5.4	Namáhání hřídele hnacího oběžného kola	38
5.6	Dimenzování hřídele a ložisek pro hnané oběžné kolo	40
5.6.1	Výpočet sil, působících na ložiska	40
5.6.2	Výpočet potřebné dynamické únosnosti ložisek.	41
5.6.3	Namáhání hřídele hnaného oběžného kola.....	41
5.7	Výpočet per.....	42
6	Obrázky z 3D modelu navrhovaného řešení	44
	Závěr.....	47
	Seznam použité literatury.....	48
	Seznam volně vložených příloh	50

Úvod

Dřevo je jedním z nejstarších materiálů, které se lidstvo naučilo využívat ke stavbě obydlí, výrobě pracovních nástrojů i jako zdroj energie či suroviny na výrobu papíru. Dřevo z dobře obhospodařovaných lesů patří k obnovitelným surovinám a jeho používání je šetrné k životnímu prostředí. Jelikož dřevo je snadno dostupná a obnovitelná surovina, může být využíváno jako plnohodnotná náhrada řady dražších surovin. V současné době nejsou jeho možnosti v dostatečné míře využívány.^[4] Rozloha lesů v České Republice je 2 666 376 ha, což představuje 33,9 % z celkového území státu.^[5] Roční těžba dřeva se pohybuje mezi 15 a 17 mil. m³.^[6] Z tohoto množství se zhruba polovina zpracovává na pilách, 25 % v celulózpapírenském průmyslu, 7 % tvoří palivové dřevo a zbytek připadá na tzv. rovnané průmyslové dřevo a ostatní sortimenty.^[7] Po roce 1989 započal restituční proces, kdy stát začal původním vlastníkům lesů vracet zpět jejich pozemky, zestátněné komunistickým režimem po roce 1948. Pro drobné vlastníky lesů tak vzniká podle lesního zákona povinnost řádně hospodařit s lesním pozemkem. Například odstraňovat polomy a vývraty, které jsou atraktivní pro rozvoj škůdců.^[8] Právě pro tento případ je vhodné použít mobilní kmenovou pilu, která je určena ke zpracování menšího množství kulatiny. Odpadá tak potřeba těžké mechanizace, která je naopak vhodná pro plošnou těžbu. Také v obtížně přístupných místech je mobilní pila výhodná.

Cílem této bakalářské práce je zpracování rešerše kmenových pil a zhodnocení jednotlivých variant. Na základě této rešerše bude vybráno optimální řešení, vypracován konstrukční návrh pohonu a příslušná technická dokumentace.

Na začátku této práce budou popsány jednotlivé druhy kmenových pil – pil uzpůsobených k podélnému řezání kulatiny, jejich rozdělení podle mobility a podle druhu rezného nástroje, výhody a nevýhody jednotlivých druhů, způsoby použití, konstrukční řešení, druhy pohonu a nároky na obsluhu. Možnosti různých provedení kmenových pil jsou shrnuty v přehledných tabulkách. Další část práce je již zaměřena na pásové pily a jejich funkční skupiny, které jsou náležitě popsány. Následuje výčet hlavních funkcí mobilní pásové pily. Tím končí obecná část této práce a následují konkrétní parametry, na které bude navržen pohon mobilní pásové pily. Zejména se bude jednat o výpočet rezného výkonu, převodu, ložisek, hřídelí, apod.

1 Rozdělení kmenových pil

1.1 Stabilní

Tato skupina kmenových pil je v současném pilařském provozu naprosto převažující. Jejich výhodou je dlouhá doba životnosti, i několik desetiletí. Jsou určeny k účelovému pořezu, tzn., že jsou stavěny vždy na základě požadavků jednotlivých firem, či podniků. Na prvním místě je u nich výtěž.^[9]

Nejčastěji se používají rámové kmenové pily, dále kotoučové a pásové, jejichž název vypovídá o tom, co je jejich řezacím ústrojím. Tyto kmenové pily můžeme také rozdělit podle toho, zda se dané řezací zařízení pohybuje a řezaný sortiment je ve stacionární poloze. Tohoto způsobu se využívá hlavně u pásových a kotoučových kmenových pil. Nebo opačně, že řezací nástroj je stálý a naopak kmen se pohybuje, běžné pro rámové a částečně i pro pásové pily. Tento druhý způsob je častější, ale nevýhodou je, že vyžaduje více místa jak před, tak i za samotnou pilou. Velikost tohoto prostoru musí být tak velká, kolik měří nejdelší řezaný sortiment. Při výstavbě takovéto stacionární kmenové pily je velice důležité správně určit místo a zvolit typ kmenové pily, aby byla maximálně využita v daných podmínkách. Vlastní uložení pily se musí provést s dostatečnou přesností na zpevněné podloží, například betonovými deskami. Je také nutné zajistit dostatečný prostor pro manipulaci a uložení dřevní hmoty určené k pořezu.^[9]



Obrázek 1: Stabilní pásová pila vertikální [10]

1.2 Mobilní

Hlavním úkolem mobilních kmenových pil je provádět pořez kulatiny, buď na odvozním místě, kde je koncentrováno dané množství dřeva určeného k pořezu, nebo přímo v místě těžby. Ušetří se tím náklady na odvoz kulatiny na místo zpracování.^[9]

Nejvíce se jako mobilní kmenové pily používají pásové a kotoučové, dále pak řetězové a výjimečně i rámové pily. Nespornou výhodou při použití pásových nebo kotoučových kmenových pil je jejich variabilita schémat pořezu, kdy je podle kvality daného sortimentu a požadavku zákazníka možné každým řezem vytvořit řezivo jiného rozměru (tloušťky). Při využití mobilních kmenových pil přímo na odvozním místě, za vzniku řeziva, nastává při následujícím odvozu jednodušší manipulace s daným sortimentem. Zásadní rozdíl je v jejich hmotnosti a velikosti. Hmotnost je snížena o množství vzniklých pilin, tzn., že z lesa se odváží opravdu to, co je cílem pilařského průmyslu a je dále zpracováno a finančně nejlépe zhodnoceno. Odvážené sortimenty jsou menších rozměrů a tudíž nižších hmotností. Proto odvozní souprava nemusí být vybavena tak náročným technickým vybavením a může být využito místních dostupných prostředků (traktor s valníkem, nákladní automobil bez hydraulického jeřábu, atd.).^[9]



Obrázek 2: Mobilní pásová pila [11]

Jelikož řezná část těchto pil se ve většině případů pohybuje a zpracováváný sortiment zůstává na místě, nejsou tyto pily tak náročné na potřebné místo před a za řeznou částí stroje. Výhodou je, že může téměř odpadnout třídění před pořezem, tzn., nemusí být tak velká manipulační plocha potřebná k třídění výřezů.^[9]

1.3 Rozdělení mobilních kmenových strojních pil podle pohybu řezného nástroje

1.3.1 Pily s obíhajícím řezným nástrojem

Řetězové pily

Tyto pily jsou v podstatě nejjednodušším provedením kmenových pil. Nástroj, v tomto případě vodící lišta s obíhajícím ozubeným řetězem, koná ve většině případů hlavní i vedlejší řezný pohyb. Hloubka řezu se nastavuje buď úpravou polohy řezaného materiálu, nebo nastavením suportu. K pohonu je možné použít buď klasickou motorovou či elektrickou řetězovou pilu upevněnou na jednoduchém suportu, nebo asynchronní elektromotor s převodovkou. Suport s nástrojem je do řezu většinou posouván ručně po přesném vedení. Vedení suportu je s rámem spojeno do tuhého celku. Maximální šířka či průměr řezaného sortimentu závisí na délce řetězové lišty a pohybuje se cca mezi 50-70 cm. Hlavní nevýhodou těchto pil je velký prořez a tím zbytečné ztráty dřevní hmoty v podobě velkého množství pilin, vyšší spotřeba energie a maziva a v případě použití motorové řetězové pily též velká hlučnost. Rovněž kvalita řezaných ploch není příliš dobrá. Výhodou tohoto řešení jsou zejména nižší pořizovací náklady, velmi jednoduchá konstrukce, snadná obsluha a manipulace. Celková produktivita je oproti jiným druhům pil nižší. Z tohoto důvodu se používá zejména mezi drobnými soukromíky, většinou v provedení jako mobilní pila.



Obrázek 3: Řetězová kmenová pila [12]

Pásové pily

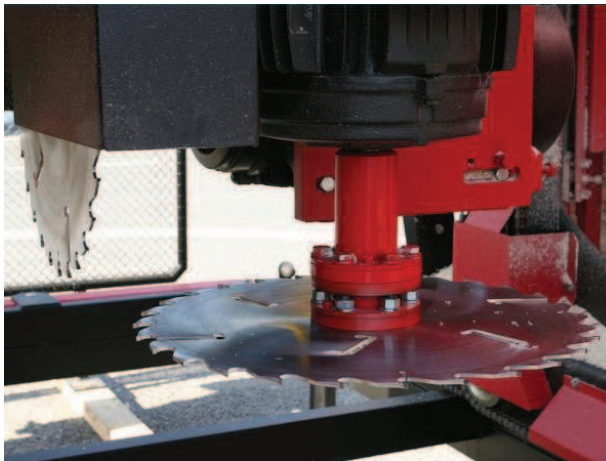
Řezným nástrojem je nekonečný pilový pás, který koná hlavní řezný pohyb a podle způsobu provedení může vykonávat též hlavní posuv. Rozlišují se na pily horizontální a vertikální, podle polohy pilového pásu. Dále bude popisována pouze častěji používaná horizontální pásová pila. Pás obíhá mezi dvěma koly umístěnými v pilovém rameni. Jedno kolo je hnací a druhé napínací. Celé pilové rameno se pohybuje ve svislých vedeních, umístěných v pilovém mostu a tím se nastavuje hloubka řezu. V řezu je pilový pás veden pomocí kalených a broušených vodicích kladek. Tento systém je plně nastavitelný a zaručuje přesnou polohu pohyblivé vodící kladky v jakékoli poloze v závislosti na průměru kmene. Výhodou pásových pil je jejich malý prořez a z toho plynoucí velká výtěžnost dřevní hmoty. Také posuv je oproti řetězovým pilám větší, tyto stroje jsou tedy produktivnější. Základem každého stroje jsou stabilní pojezdové sekce, které jsou u všech našich typů dostatečně dimenzované i pro udávané maximální průměry zpracovávané kulatiny a z praxe počítají i s mnohdy velmi tvrdými provozními podmínkami. Délka řezu je u všech typů prakticky neomezená, podle počtu instalovaných pojezdových sekcí.



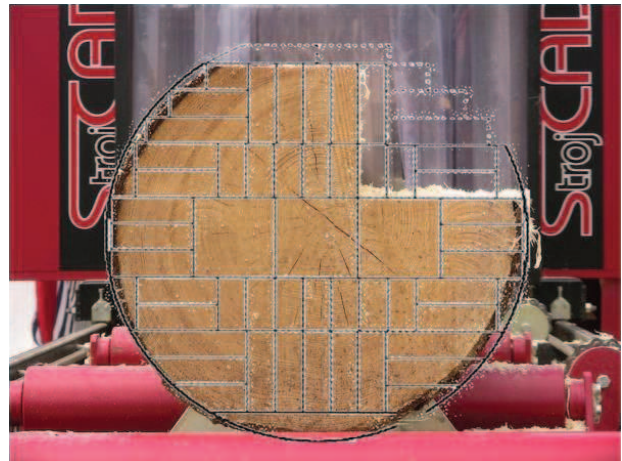
Obrázek 4: Pásová pila [13]

Okružní pily

Nástrojem je rotující pilový kotouč, který koná hlavní a většinou i vedlejší řezný pohyb. Nevýhodou tohoto systému je menší hloubka řezu a tím i menší rozměry výsledného sortimentu. Rovněž prořez je větší než u pásových pil. Tento systém se používá u takzvaných úhlových pil, kde jsou použity buď jeden, nebo dva kotouče, navzájem otočené o 90°, viz Obr. 5. Dále pak u dvouhřídelových pil, které tvoří 2 rovnoběžné hřídele osazené několika pilovými kotouči s osou jak vertikální, tak horizontální. U tohoto provedení se částečně eliminuje nevýhoda menší řezné hloubky. Nezastupitelné postavení mají pilové kotouče u omítacích, rozmítacích a jiných truhlářských pil.



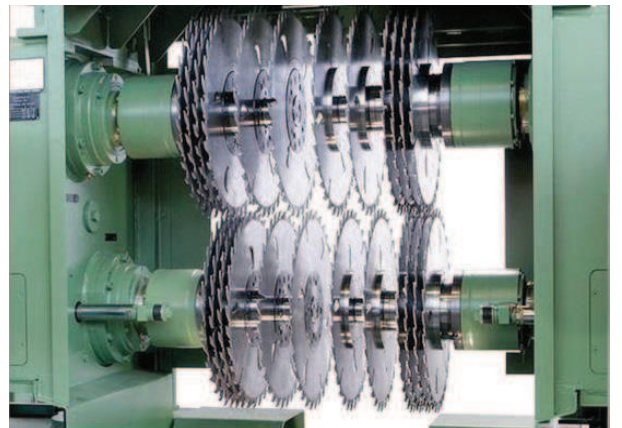
Obrázek 5: Dvoukotoučová úhlová pila [14]



Obrázek 6: Možné pořezové schéma dvoukotoučové úhlové pily [14]



Obrázek 7: Dvouhřídelová pila s vertikální osou [15]



Obrázek 8: Dvouhřídelová vertikální pila s horizontální osou [16]

1.3.2 Pily s přímočarým vratným pohybem řezného nástroje

Rámové pily

Lidově přezdíváné jako „katry“. Hlavní řezný pohyb koná rám s upnutými pilovými listy. Tento pohyb je přímočarý vratný a je vyvozen pomocí klikového mechanismu. Jedná se o nejstarší metodu strojního zpracování kulatiny, kdy se k pohonu využívalo vodní kolo. Nejstarší rámové pily byly vybaveny pouze jedním pilovým listem – odtud název „jednuška“.^[17] V současných pilách poháněných nejčastěji elektrickým proudem může být současně upnuto až 20 pilových listů.^[18] Posuv do řezu je vždy strojní, pomocí posuvových válců. Je to velmi rozšířený a produktivní způsob zpracování dřeva. V naprosté většině případů se jedná o stabilní provedení pil, ovšem existují i výjimky: například rámovou mobilní pilu GKT-60, poháněnou diesellovým motorem používali ženisté Československé armády od roku 1954.^[19]



Obrázek 9: Rámová pila [20]

1.4 Možnosti funkčního uspořádání mobilních pásových pil

1.4.1 Podle způsobu přepravy

Mobilní pásová pila se může převážet na místo určení těmito způsoby:

- Na vlastním podvozku přímo za tažným vozidlem.

Pila se doveze na místo určení, ovšem pouze do takového terénu, který lze překonat celou jízdní soupravou. Následuje ustavení do pracovní pozice a může se začít pracovat. Odpadá tedy vykládka a popřípadě montáž zařízení pily.

- Na přívěsu, návěsu či ložné ploše automobilu vcelku.

Po příjezdu na místo určení následuje vyložení. Pro ruční vykládku může být zařízení pily pouze omezených rozměrů a hmotnosti. V případě vykládky s pomocí mechanizace může být pila i větších rozměrů. Ustavení do pracovní pozice bývá poněkud problematictější, oproti předchozímu způsobu, opět z důvodu obtížnější manipulace. Absence vlastního podvozku pily se také může jevit jako výhoda, která spočívá v celkovém snížení výšky zařízení a tedy i usnadnění navalování řezané kulatiny.

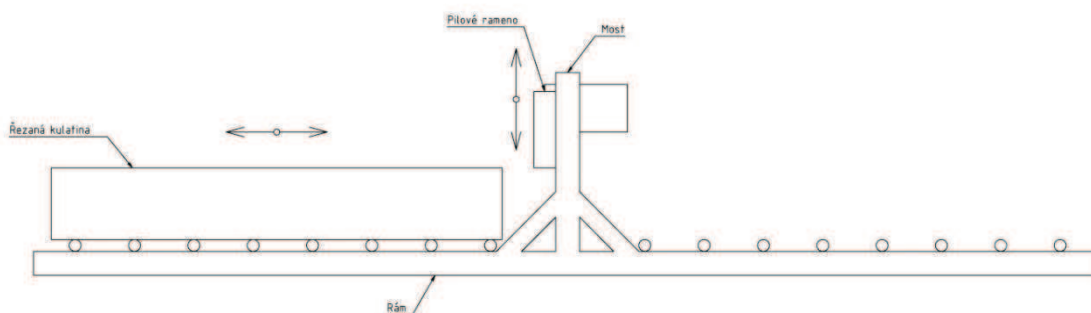
- Na přívěsu či návěsu v rozloženém stavu.

Pila je rozložena na menší části, které mají takové rozměry a hmotnosti aby s nimi bylo možné manipulovat ručně. Tyto části lze ručně přepravit i do míst kam se nelze s mechanizací za rozumných podmínek dostat. Ovšem je třeba počítat s tím, aby i hotový výřez měl takové rozměry a zejména hmotnost aby jej bylo možné z místa pořezu dopravit. Oproti předchozím způsobům přibývá montáž částí, která ovlivňuje výsledný čistý čas práce na stroji. Proto je zde snaha o co nejjednodušší a nejpřesnější způsob montáže/demontáže z konstrukčního hlediska.

1.4.2 Podle konstrukce mostu s pilovým ramenem

- S pevným mostem

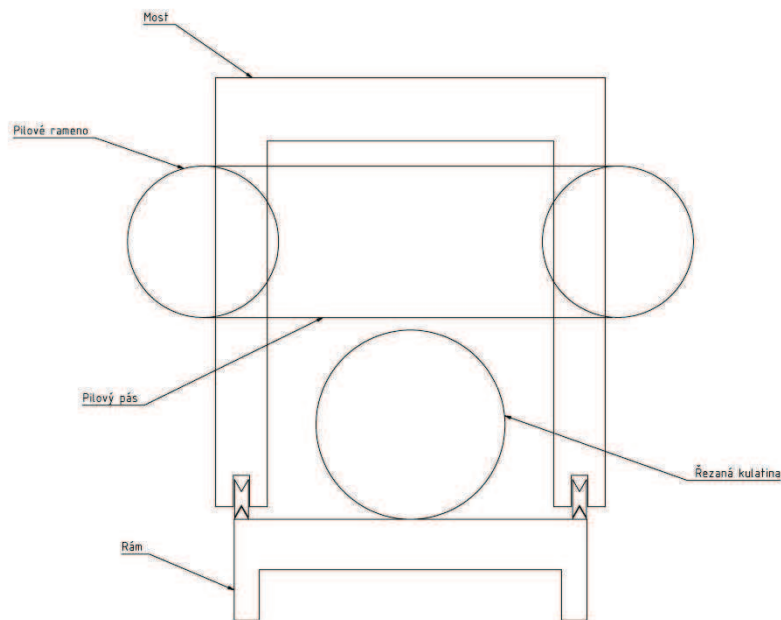
Most, který zároveň tvoří vedení pro pilové rameno je pevně spojen s rámem stroje. Posuv do řezu tedy vykonává řezaný materiál. Z toho vyplývá téměř 2x větší konstrukční délka celého zařízení pro stejně dlouhý výřez oproti pilám s pohyblivým mostem. Proto je toto řešení nevhodné pro mobilní pily a používá se zejména pro pily stabilní. Naopak výhodou je větší tuhost celého stroje.



Obrázek 10: Schéma pásové pily s pevným mostem, Vlastní zpracování, 2016

- S pohyblivým mostem se dvěma sloupy

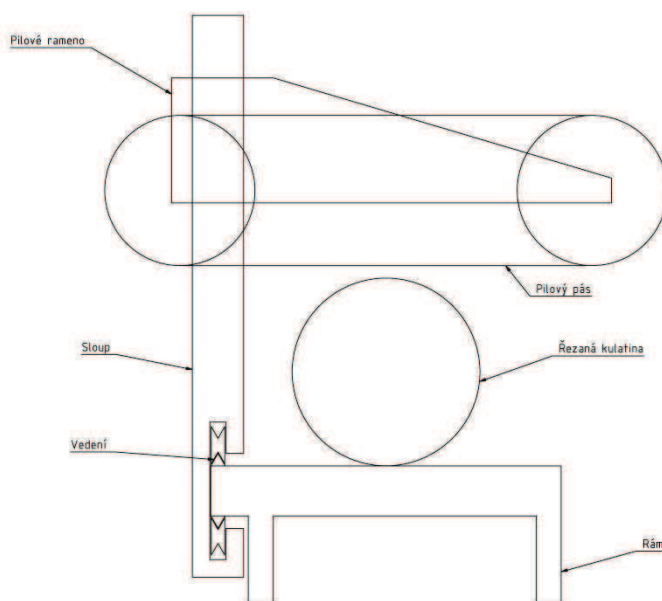
Most s pilovým ramenem tvoří celek, pohybující se po vedení na hlavním rámu stroje a vykonávající tak posuv do řezu. Délka výřezu může být skoro stejná jako délka hlavního rámu, což je výhodné pro mobilní pily.



Obrázek 11: Schéma pásové pily s pohyblivým mostem, Vlastní zpracování, 2016

- S pohyblivým ramenem s jedním sloupem

Podobné jako předcházející způsob. Rozdíl spočívá v tom, že pilové rameno je podepíráno pouze jedním sloupem. Je zapotřebí pouze jedno vedení na hlavním rámu.



Obrázek 12: Schéma pásové pily s jedním sloupem a pohyblivým ramenem, Vlastní zpracování, 2016

1.4.3 Podle typu posuvu a příslušenství

- S ručním posuvem

Pilový most posouvá do řezu přímo obsluha a ovlivňuje tak rychlost posuvu. Nastavení hloubky řezu je ruční. Tento vertikální pohyb ramene je vyvozen nejčastěji posuvovým šroubem, nebo řetězovým převodem, obojí s možností aretace. Odečítání hloubky řezu je možné buď na jednoduchém pravítku, nebo pomocí noniusu. Manipulace s řezaným materiálem probíhá většinou ručně, nebo s pomocí jednoduché mechanizace, která není součástí pily.

- S elektrickým posuvem

Pohyb mostu je zabezpečen pomocí řetězového převodu poháněného elektromotorem se šnekovou převodovkou s plynulou regulací rychlosti do řezu a zpět pomocí frekvenčního měniče. Velmi jednoduchá a rychlá obsluha z ergonomicky umístěného centrálního ovládacího panelu se zobrazením pojezdové rychlosti na digitálním displeji. Manipulace s řezaným materiálem probíhá stejně jako v předcházejícím bodě.

- S elektrickým posuvem a hydraulickým příslušenstvím

Posuv je řešen obdobně jako v předešlém případě. Veškerá manipulace s řezaným materiálem je usnadněna hydraulickým zařízením. Na obsluhu stroje postačí pouze jeden pracovník.

1.4.4 Podle typu vlastního pohonu pily

- Elektrickým proudem

Veškeré pohony stroje jsou poháněny elektromotory. Toto řešení je vhodné, pokud je v místě pořezu k dispozici elektrická přípojka s adekvátními jističi.

- Spalovacím motorem

Toto řešení je nejvhodnější do odlehlých míst bez možnosti napojení na rozvodnou síť. Problém může činit pohon hydraulického čerpadla a posuvu a proto se většinou jedná o pily s ručním posuvem a s ruční manipulací s kmenem. Je také možné pro vlastní pohon pily i posuvů použít samostatné hydromotory. Spalovací motor v tomto případě pohání jedno hydraulické čerpadlo a pomocí tlakových hadic se hydraulická kapalina rozvádí na místo určení. Je třeba dbát na dokonalou těsnost celého systému, což se ne vždy podaří splnit.

- Smíšeným pohonem

Při absenci elektrické přípojky se o výrobu elektrické energie pro pilu, která je vybavena pouze elektromotory, stará dieselový nebo benzinový agregát. Toto řešení není příliš vhodné kvůli velkým pořizovacím nákladům.

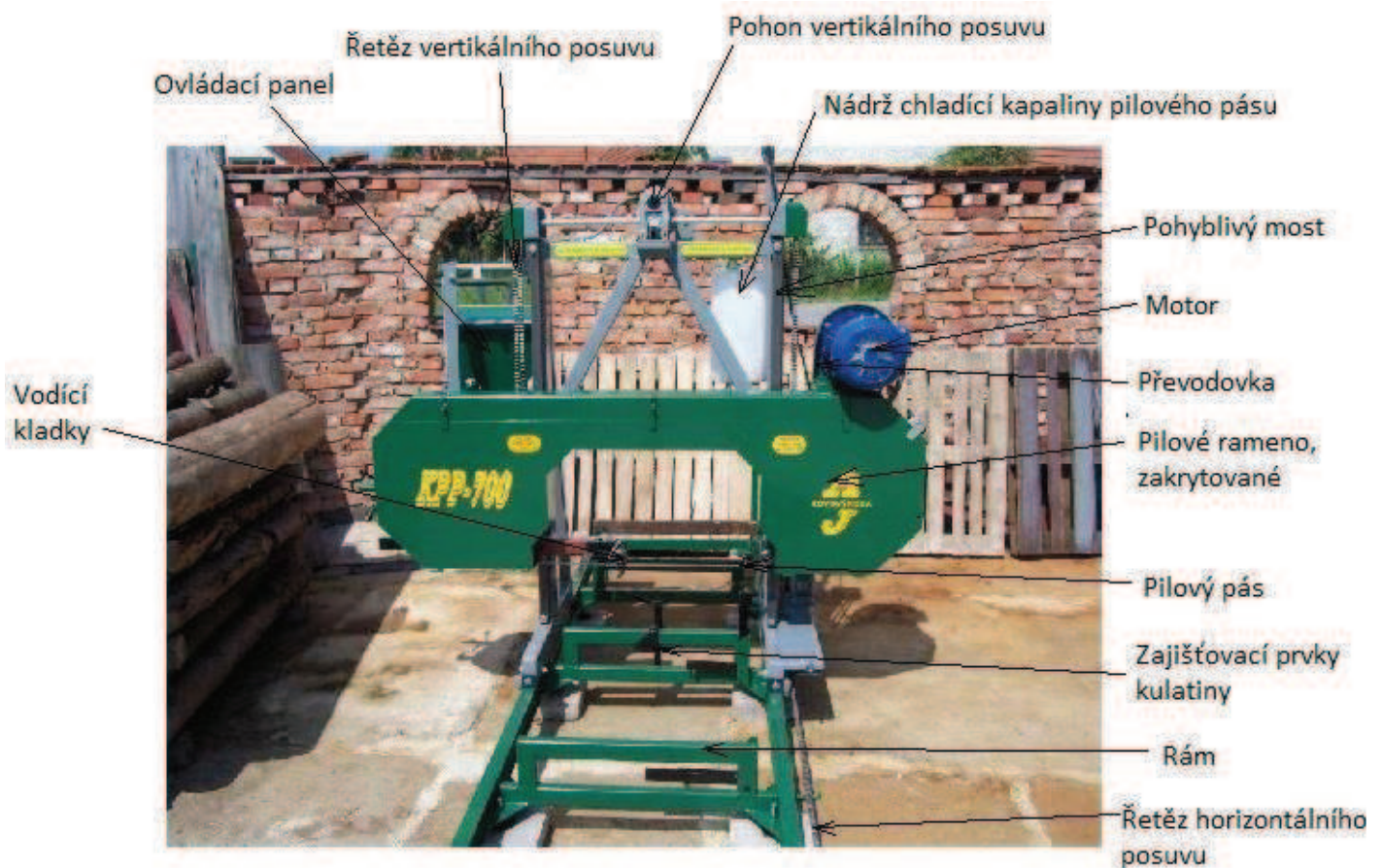
Souhrn základních možných provedení kmenových pil

- Základní typy
 - Stabilní
 - Mobilní
- Podle nástroje
 - Řetězové
 - Pásové
 - Okružní
 - Rámové
- Podle pohonu
 - Elektrický pohon
 - Spalovací motor
 - Smíšený pohon
- Podle přepravy
 - Vlastní podvozek
 - Vcelku
 - Rozložený
- Konstrukce
 - S pevným mostem
 - S pohyblivým mostem
 - S pohyblivým ramenem
- Posuv
 - Ruční
 - Elektrický
 - Elektrický + hydraulika

		Kmenová pila	
		Stabilní	Mobilní
Druh nástroje	Řetězové	výjimečně	ano
	Pásové	ano	ano
	Okružní	ano	ano
	Rámové	ano	výjimečně
Pohon	Elektrický pohon	ano	ano
	Spalovací motor	ne	ano
	Smíšený pohon	ne	ano
Způsob přepravy	Vlastní podvozek	ne	ano
	Vcelku	ne	ano
	Rozložený	ano	ano
Konstrukce	S pevným mostem	ano	ne
	S pohyblivým mostem	ano	ano
	S ramenem	ano	ano
Posuv	Ruční	ne	ano
	Elektrický	ano	ano
	Elektrický + hydraulika	ano	ano

Tabulka 1: Možná provedení kmenových pil, Vlastní zpracování, 2016

2 Základní funkční skupiny pásové pily



Obrázek 13: Základní funkční části pily [21]

2.1 Rám

Tvoří základ každého stroje, měl by být co nejtužší pro zajištění požadované přesnosti řezu, ale také co nejlehčí pro usnadnění manipulace se strojem. Rám může tvořit vedení pohyblivého mostu či ramena, nebo sloužit k uložení pohyblivých elementů potřebných k posuvu řezaného sortimentu. Na rámu je také připevněno zařízení, sloužící k upevnění a manipulaci s řezaným materiálem. U mobilní pily se pomocí rámu přemostují různé nerovnosti terénu a pomocí ustavovacích elementů se rám, a tím i celý stroj, vyrovná do optimální roviny. Rám bývá většinou namáhán hlavně ohybem a tlakem, ale při špatném ustavení též krutem. Většinou bývá svařen či smontován z ocelových profilů, nebo z profilů vyrobených z hliníkových slitin kvůli snížení hmotnosti.

2.2 Most

Může být buď pevný, v tomto případě je pevně spojen s rámem, nebo pohyblivý kdy se pohybuje ve vedení v rámu. Most slouží pro nesení pilového ramena, které se pohybuje ve svislém směru v přesném vedení. Pomocí řetězového převodu, šroubu či ozubeného hřebene, poháněném buď elektromotorem se šnekovou převodovkou, nebo ručně pomocí noniusu, je možné nastavování hloubky řezu. Konstrukce mostu by měla být dostatečně tuhá a přesná. Z důvodu snížení tření mezi mostem a vedením se pohyblivý most pohybuje na přesných

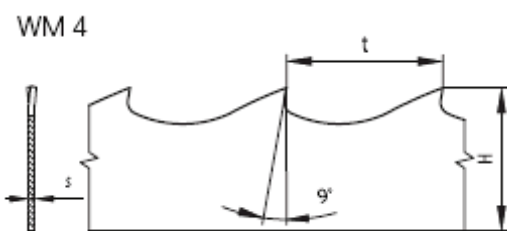
kolečkách, či kladkách s valivými nebo kluznými ložisky. Nemělo by se zapomenout na čisticí příložky vedení, které mají za úkol odstraňovat nečistoty z ploch vedení, zejména třísek.

2.3 Pilové rameno

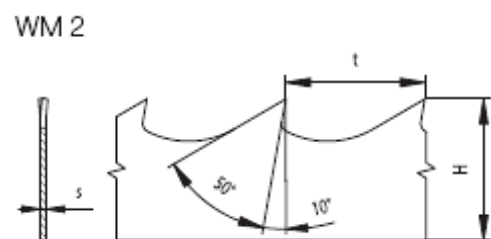
Tvoří jakýsi malý pohyblivý rám, ve kterém je uložen hlavní pohon stroje včetně motoru a převodovky. Pilový pás v pilovém rameni obíhá mezi dvěma koly, z nichž jedno je hnací a jedno napínací. Točivý moment vyvozený motorem se na hnací kolo přenáší hřídelem pomocí pera a drážky. Hnací hřídel je uložen v rámu ve valivých ložiscích. Ložiska napínacího kola jsou v rámu uložena tak aby jimi bylo možno posouvat. Napínací sílu je možné vyvodit například šroubem. Obě kola a pilový pás, který je mimo záběr, jsou zakryty bezpečnostním krytem. Pro přesnější vedení pilového pásu se používají vodící kladky.

2.4 Pilový pás

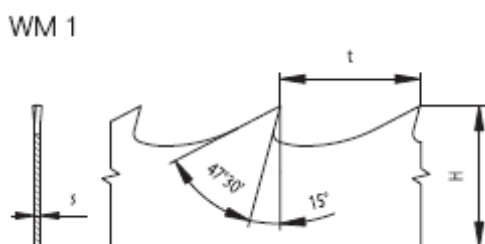
Pilový pás je řezný nástroj, který vykonává hlavní řezný pohyb. Je vyráběn lisováním zubů požadovaného tvaru do kalené pásky. Následuje svaření na požadovaný rozměr na automatické svářečce. Místo svaru je tepelně zpracováno a zabroušeno. Po zabroušení se pás rovná a válcuje, aby celou plochou doléhal na kola stroje. Před samotným broušením zubů se může provést buď stelitování - navaření speciální slitiny na hroty zubů, nebo rozvedení zubů. Pro výrobu pásů se používá materiál 80NiCr11 (DIN 1.2705), speciálně vyvinutý pro pásové pily. Tvrdost tohoto materiálu je 43 ± 2 HRC a pevnost v tahu 1430 ± 80 MPa. Základní rozměry zubů záleží na řezaném materiálu.^[22] Pro menší kmenové pily, zejména mobilní, s ruční obsluhou a malými výkony se vyrábějí pásy široké od 32 do 50 mm.^[23] Pro velké, výkonné, stabilní i mobilní pily se vyrábějí pásy o šířce 80 až 265 mm.^[24]



Obrázek 15: Pás pro řezání velmi tvrdého dřeva [23]



Obrázek 14: Pás pro řezání tvrdého dřeva [23]



Obrázek 16: Pás pro řezání měkkého dřeva [23]

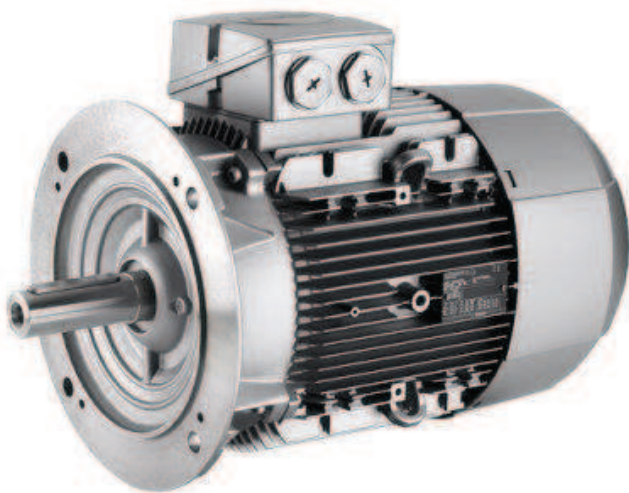
Rozměry pásů jsou shrnuty v následující tabulce

Šířka H [mm]	Tloušťka S [mm]	Rozteč t [mm]	Typ zubu
32	0,9	22	WM1,WM2
32	1,0	22	WM1,WM2
32	1,1	22	WM1,WM2
35	0,9	22	WM1,WM2
35	1,0	22	WM1,WM2
35	1,1	22	WM1,WM2
40	0,9	22	WM1,WM2
40	1,0	22	WM1,WM2
40	1,1	22	WM1,WM2
50	1,1	22	WM1,WM2
32	0,9	22,2	WM4
32	1,0	22,2	WM4
32	1,1	22,2	WM4
35	0,9	22,2	WM4
35	1,0	22,2	WM4
35	1,1	22,2	WM4
40	0,9	22,2	WM4
40	1,0	22,2	WM4
40	1,1	22,2	WM4
50	1,1	22,2	WM4

Tabulka 2: Rozměry pásů o šířce do 50 mm [23]

2.5 Motor

Vyvozuje hlavní řezný moment, který se na vstupní hřídel převodovky může přenášet například pružnou čepovou spojkou. Motor je buď elektrický, nebo spalovací. Elektrický motor bývá nejčastěji 3 fázový, asynchronní s kotvou nakrátko. Spalovací motor může být zážehový i vznětový. Vhodné je použití 4 dobého motoru, kvůli menším emisím a tím i zlepšení pracovních podmínek obsluhy. U spalovacího motoru je dobré z důvodu bezpečnosti před převodovku zařadit odstředivou třecí spojkou. Díky tomu může motor v případě nečinnosti pily běžet pouze na volnoběh a nástroj se nebude pohybovat, protože spojka při nízkých otáčkách prokluzuje. Při přidání plynu spojka začne zabírat a pás se začne pohybovat. Toto řešení se používá například u klasických ručních motorových řetězových pil. Motor se tedy nemusí po každém řezu zhasínat.



Obrázek 17: Přírubový asynchronní motor [25]



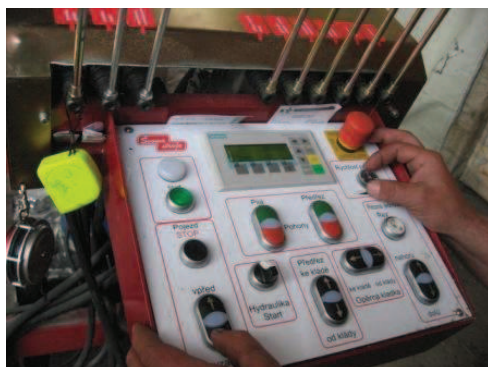
Obrázek 18: Zážehový spalovací motor [26]

2.6 Převodovka

Může upravovat točivý moment a otáčky, které přenáší z motoru na hnací kolo. Jako přenosový člen se u pásových pil používá nejčastěji klínový nebo plochý řemen. Kola převodovky bývají se vstupním a výstupním hřídelem spojeny pomocí pera a drážky. Převodovky pásových pil většinou bývají konstruované do „pomala“ tzn., že převodový poměr $i > 1$.

2.7 Ovládací panel

Slouží k ovládání všech funkcí pily. Podle stupně vybavení stroje příslušenstvím může obsahovat různé ovládací prvky. U manuální pily obsahuje pouze tlačítka spouštění a zastavení motoru, popřípadě nouzové zastavení motoru tzv. centrální stop. Vertikální posuv se ovládá ručně klikou a do řezu je pilový most tlačěn silou pracovníka. Ovládací panel je umístěn na pilovém mostu co nejbližže obsluze, aby bylo možné případně stroj rychle zastavit. U pily vybavené elektrickými posuvy obsahuje ovládací panel navíc prvky ovládání nastavování hloubky řezu vertikálním posuvem, nastavení rychlosti, spouštění a vypínání horizontálního posuvu. V případě chyby pracovníka jsou na konci hlavního rámu umístěny koncové spínače, které včas zastaví posuv. Ovládací panel může být umístěn buď na pilovém mostu jako v předchozím případě, obsluha má pak blízký kontakt s řezaným materiálem, nebo může být umístěn na zvláštním ergonomickém stanovišti poblíž pily. V tomto případě ale obsluha nemá blízký kontakt s řezaným materiálem. Toto řešení se používá spíše u pil vybavených i hydraulickým příslušenstvím. U tohoto případu obsahuje ovládací panel ještě prvky pro obsluhu hydraulického příslušenství jako nakladače, obraceče a úchyty kulatiny.



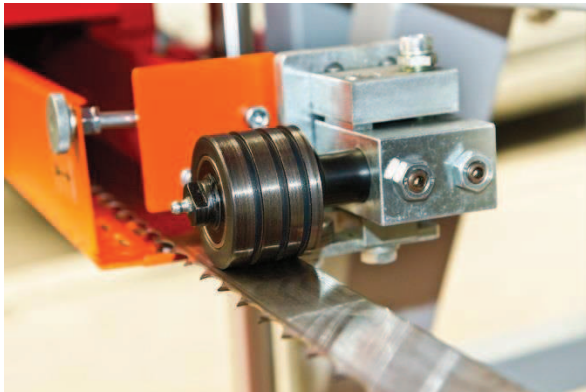
Obrázek 19: Ovládací panel pily s hydraulickým příslušenstvím [27]

2.8 Bezpečnostní kryty

Slouží k zakrytí rotujících částí, které jsou mimo řezný proces. Jedná se zejména o kryty hnacího a napínacího kola a nečinné obíhající části pilového pásu. Kryty slouží k zamezení dotyku obsluhy s pilovým pásem, či koly, dále pak k zachytávání odletujících třísek a pilin. Součástí krytu je i zachytávač pilin, který piliny vzniklé při řezání svádí a hromadí na jedno místo, například do plátěného pytle. Takto nahromaděné piliny se dají dále využít jako biomasa k energetickým účelům, k výrobě dřevotřísky, v lesních školkách jako hnojivo pro malé stromky nebo jako stelivo pro domácí zvířata. Bezpečnostní kryty by měly být uzpůsobené na rychlé odejmutí, či odklopení aby obsluha mohla zkontrolovat kola popřípadě vyměnit pilový pás.

2.9 Vodící kladky a chlazení pilového pásu

K přesnějšímu vedení pilového pásu se používají kalené a broušené vodící kladky. Není nutné je používat, ale zlepši se tím kvalita řezu. Podle provedení může být vodící kladka buď pouze před řezem, nebo před i za řezem. Kladka umístěná za řezem je uložena v ložiscích pevně v rámu pilového mostu. Kladka před řezem je uložena v malém posuvném rameni a posouvá se těsně před místo řezu podle velikosti kulatiny. Při řezání zejména tvrdého dřeva vzniká velké množství tepla, což má za následek rychlejší opotřebení pásu. V extrémním případě může dojít až k vyhřátí pásu, což lze poznat jeho tmavomodrým zbarvením. Aby se předešlo této nepříjemné situaci, bývá pilový pás chlazen. Jako chladicí kapalina se používá voda, která je do místa řezu přiváděna samospádem z plastové nádrže, umístěné v horní části pilového ramena. Voda i částečně snižuje tření mezi pásem a řezaným materiálem.



Obrázek 20: Vodící kladka [28]

3 Funkce pily

3.1 Řezání

Základní funkcí pily je možnost pořezu kulatiny určitých rozměrů na požadovaný sortiment a to s co největší přesností, efektivitou a s co nejmenším prořezem.

3.2 Předřez

Samostatně poháněný pilový kotouč, který má za úkol odstranit nečistoty z kmene v dráze před místem vniku pilového pásu do materiálu. Zabraňuje rychlému otupení pilového pásu, zvyšuje jeho životnost a tím i produktivitu stroje. Předřezový kotouč, většinou s SK plátky, bývá řazen cca 30 cm před pilový pás na samostatném odpruženém rameni, které přtlakem pružiny kopíruje tvar kmene.



Obrázek 21: Předřez [29]

3.3 Manipulace s řezaným materiálem

Může být buď ruční, nebo mechanizovaná. Při ruční manipulaci s řezaným materiálem se veškeré manipulační operace provádějí ručně, nebo s pomocí jednoduchých zařízení, například páky. Zejména manipulace s velkými kmeny je velmi obtížná a vyžaduje více pracovníků. Mechanizovaná manipulace využívá složitějších zařízení, například různé navijáky, hydraulické kmenové nakladače, řetězové obraceče, apod. V tomto případě stačí k obsluze pily pouze jeden pracovník.



Obrázek 22: Kmenový nakladač [30]



Obrázek 23: Řetězový obraceč [30]

3.4 Ukotvení pily

K zajištění stability pily v terénu a její vyrovnání může sloužit například několik speciálních šroubových zvedáků. Menší pily je možné ustavit přímo na zem a do roviny ustavit vypořádáním špalky, prkny nebo klíny.

4 Konkrétní parametry navrhované pily

Následující parametry byly určeny na základě rozboru průmyslově vyráběných mobilních pásových pil, pilových pásů a doporučených hodnot v odborné literatuře, včetně vlastností zpracovávané kulatiny.

Mobilní pásová pila bude navrhována na tyto parametry:

Délka řezané kulatiny	$l_k = 1000 - 4500$ mm (možnost prodloužení)
Maximální průměr kulatiny	$D_k = 800$ mm
Maximální hmotnost kulatiny	$m_k = 3000$ kg
Řezaný materiál	Borovice
Šířka pilového pásu	80 mm
Tloušťka pilového pásu	$s_1 = 1$ mm
Šířka řezné spáry	$b = 1,8$ mm
Délka záběru jednoho zubu	$h = 400$ mm
Řezná rychlost	$v_c = 33$ m/s
Posuv na zub	$u_z = 0,3$ mm
Rozteč zubů	$t = 50$ mm
Úhel řezu	$\varphi = 90^\circ$
Výchozí poloměr zaoblení břitu	$\rho_0 = 10 \mu m$
Průměr oběžných kol	$D = 800$ mm
Vzdálenost os oběžných kol	$L = 1600$ mm

5 Návrh a kontrola zadaných funkčních skupin

Po dohodě se zadavatelem bude proveden návrh pohonu mobilní pásové pily. Pohon bude navržen a dimenzován podle výše uvedených parametrů. Nejdříve bude vypočítán potřebný řezný výkon, který je důležitý pro určení potřebného motoru. Dále bude navržen samotný převod, včetně trvanlivosti ložisek, pevnostního výpočtu hřídelí a výpočtu namáhání per.

5.1 Výpočet řezného výkonu

Metodika výpočtu, veškeré koeficienty, diagramy jsou dle literatury uvedené v seznamu.

Řezný výkon P se spočítá vzorcem:

$$P = \frac{K \cdot b \cdot h \cdot u}{60 \cdot 102} [kW]$$

Hodnoty šířky řezné spáry b [mm] a délky záběru jednoho zubu h [mm] jsou zadány. Řezný odpor K [MPa] a posuvová rychlost u [m.min⁻¹] jsou neznámé a musí se nejprve spočítat.

Posuvová rychlost u :

$$u = u_z \cdot \frac{v_c}{t} = 0,0003 \cdot \frac{33}{0,05} = 0,198 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 11,88 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Všechny hodnoty jsou známé - posuv na zub u_z [m], řezná rychlost v_c [m.s⁻¹] i rozteč zubů t [m].

Řezný odpor K :

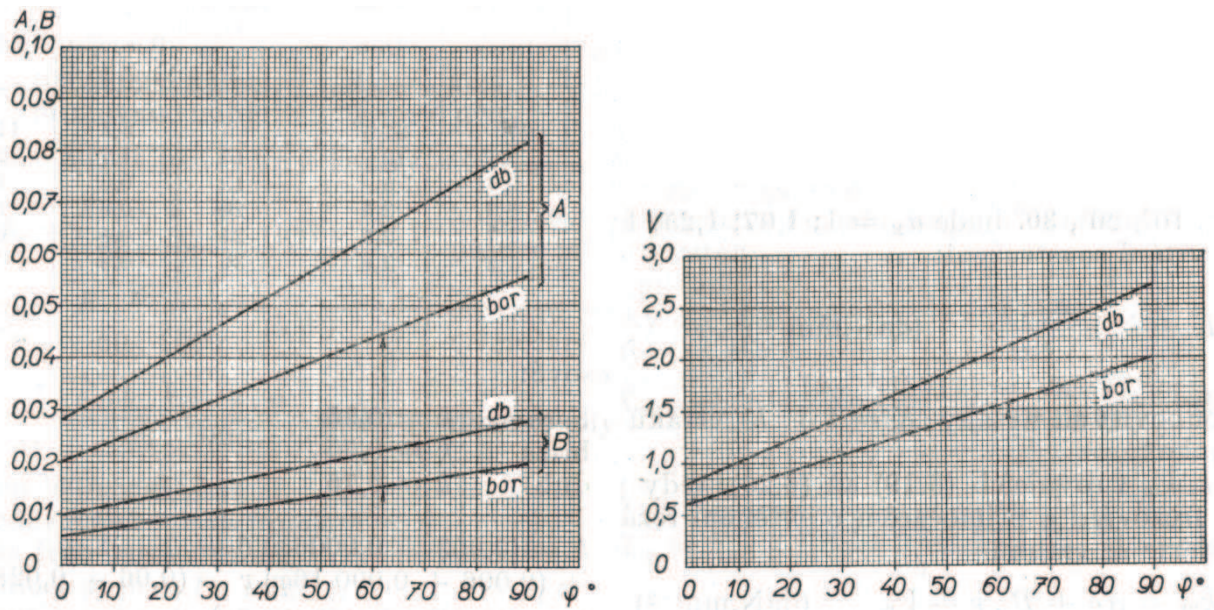
$$K = k + \frac{a_\rho \cdot p}{u_z} + \frac{k_t \cdot h}{b}$$

Neznáme však hodnotu koeficientu k a koeficient otupení břitu a_ρ . Ostatní členy jsou buď známé, nebo jsou uvedeny v literatuře.

Koeficient k :

$$k = A\delta + B(90 - v_c) - V = 0,056 \cdot 75 + 0,02 \cdot (90 - 33) - 2 = 3,34$$

Hodnoty součinitelů A , B a V jsou pro úhel řezu $\varphi = 90^\circ$ a borovici dle diagramu 6.14: $A = 0,056$ a $B = 0,02$ a dle diagramu 6.12 je $V = 2$. Viz obrázek 24.



Obrázek 24: Diagramy 6.14 a 6.12 [1]

Koeficient otupení břitu a_q :

$$a_q = 1 + \frac{0,2\Delta q}{q_0}$$

Výchozí poloměr zaoblení břitu q_0 [μm] je zadáný. Změna poloměru zaoblení břitu po daném čase Δq [μm] je vyjádřena níže.

Změna poloměru zaoblení břitu Δq po době $T = 60$ minut:

$$\Delta q = \frac{\varepsilon \cdot h \cdot n \cdot T}{1000 \cdot \frac{\pi \cdot D + 2L}{\pi \cdot D}}$$

Kde k výpočtu chybí pouze otáčky oběžných kol n [min^{-1}]

Otáčky oběžných kol

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{33}{\pi \cdot 0,8} = 13,13 s^{-1} = 788 min^{-1}$$

Řezná rychlost v [$m \cdot s^{-1}$] a průměr oběžných kol D [m] jsou zadány.

Nyní je možno se přes dílčí výpočty vrátit zpět až k výpočtu řezného výkonu.

Změna poloměru zaoblení břitu Δq po době $T = 60$ minut:

$$\Delta q = \frac{\varepsilon \cdot h \cdot n \cdot T}{1000 \cdot \frac{\pi \cdot D + 2L}{\pi \cdot D}} = \frac{0,001 \cdot 400 \cdot 788 \cdot 60}{1000 \cdot \frac{\pi \cdot 800 + 2 \cdot 1600}{\pi \cdot 800}} = \frac{18912}{2273,24} = 8,319 \mu m$$

kde ε je koeficient, vyjadřující zvětšení poloměru zaoblení břitu při řezné dráze dlouhé 1 m, $\varepsilon = 0,001$ [1, str. 69]

Koeficient otupení břitu a_q :

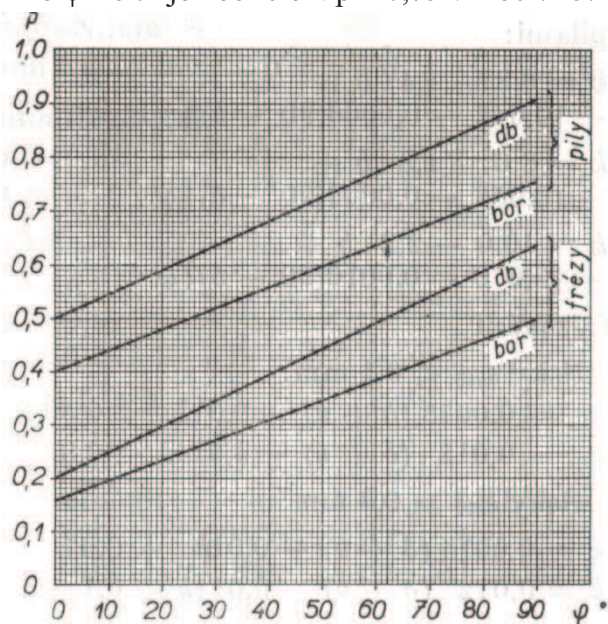
$$a_q = 1 + \frac{0,2\Delta q}{e_0} = 1 + \frac{0,2 \cdot 8,319}{10} = 1,166$$

Řezný odpor K :

$$K = k + \frac{a_q \cdot p}{u_z} + \frac{k_t \cdot h}{b} = 3,34 + \frac{1,166 \cdot 0,75}{0,3} + \frac{0,02 \cdot 400}{1,8} = 10,669 \text{ MPa}$$

Síla k_t , je síla potřebná k překonání tření pily na ploše 1 mm^2 řezné spáry. Pro pásové pily s pěchovanými zuby je $k_t = 0,02 \text{ MPa}$ [1, str. 75]

Pro $\varphi = 90^\circ$ je koeficient $p = 0,75$ viz obr. 25.



Obrázek 25: Diagram 6.13 [1]

Řezný výkon:

$$P = \frac{K \cdot b \cdot h \cdot u}{60 \cdot 102} = \frac{10,669 \cdot 1,8 \cdot 400 \cdot 11,88}{60 \cdot 102} = 14,95 \text{ kW}$$

Zvolen asynchronní elektromotor SIEMENS 1LE1002-1DA33-4AA4, 15 kW, 2930 min^{-1} , patkový, IMB3.

Možnost záměny za spalovací motor HONDA GX690 o maximálním výkonu 16,5 kW/3600 min^{-1} a trvalém výkonu 11,5 kW/3000 min^{-1} .

Výše uvedené motory byly zvoleny z důvodu možnosti vzájemné záměny. Pokud bychom nepožadovali tuto výměnu, bylo by lepší použít elektromotor se 1460 otáčkami za minutu. Tím by došlo ke snížení převodového poměru převodovky i jejímu prostorovému zmenšení. Použití elektromotoru s ještě nižšími otáčkami, již není vhodné z cenových důvodů a vysoké hmotnosti.

5.2 Napínací síla pilového pásu

Zejména kvůli zabránění prokluzu pásu po oběžných kolech je v literatuře [1] doporučeno napnout pás tak, aby bylo v něm bylo dosaženo tahového napětí minimálně 50 MPa. Toho se docílí zvětšením osové vzdálenosti oběžných kol. Napínací síla se vypočítá jako součin plochy pásu a tahového napětí. Nesmíme opomenout také na odlehčenou větev, proto celý výraz násobíme dvojkou. Výsledná napínací síla namáhá hřídele oběžných kol i jejich ložiska a bude tedy figurovat v příslušných výpočtech.

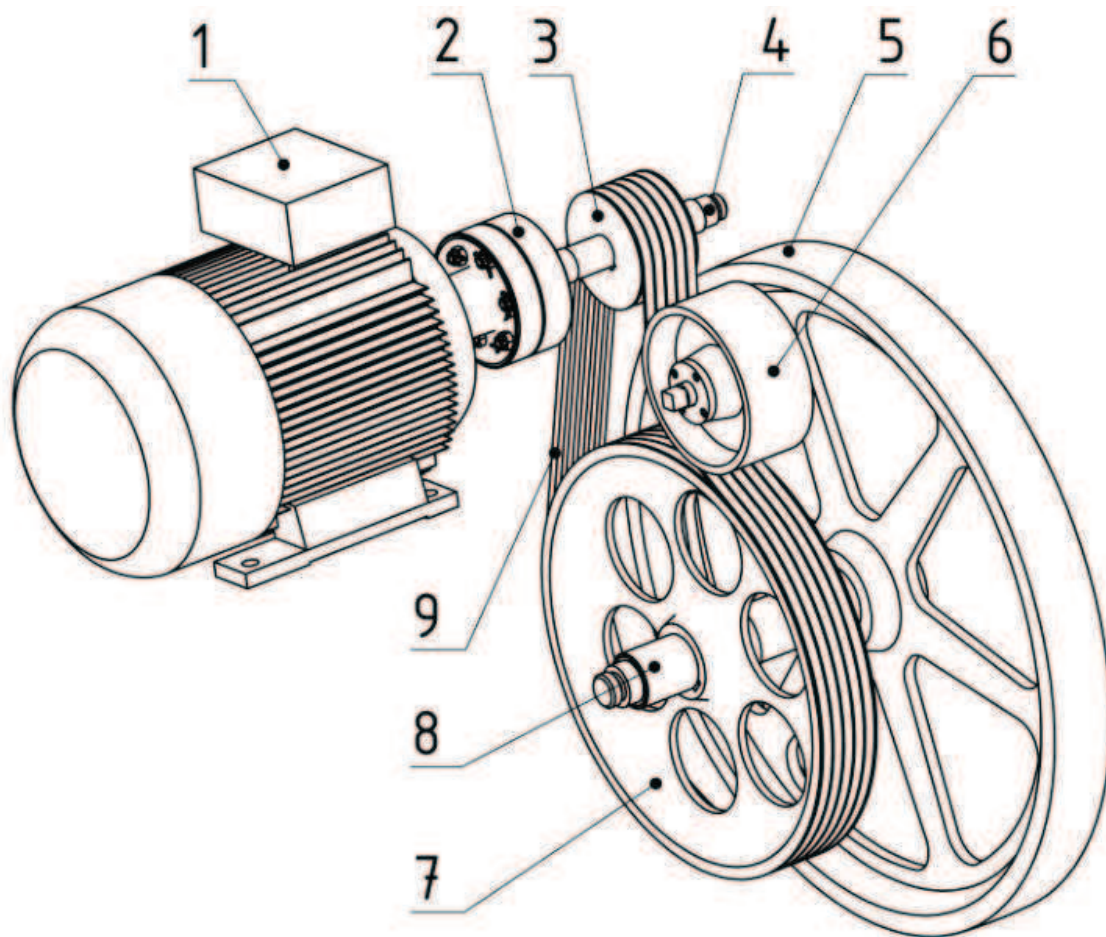
Tah v pásu: $\sigma_p = 50 \text{ MPa}$ [2]

Průřez pásu: $S_p = 80 \text{ mm}^2$

Napínací síla: $F_p = \sigma_p \cdot S_p \cdot 2 = 50 \cdot 80 \cdot 2 = 8000 \text{ N}$ (zxy)

5.3 Převod

Převod slouží ke změně otáček a točivého momentu z hodnot daných použitým motorem na hodnoty potřebné k provádění řezného procesu. Existuje mnoho rozdílných řešení převodu, které by bylo možné použít pro pásovou pilu – převody ozubenými koly, řetězové či různé druhy řemenových převodů (plochý, klínový ozubený). Možné je také řešení bez převodu, v tomto případě je motor umístěn na stejné hřídeli jako oběžné kolo. Jako nevhodné se mohou jevit převody s tvarovým stykem. Při náhlém přetížení nemohou proklouznout a více tak zatěžují celý pohon. U mobilních pásových pil se často používají převody plochými nebo klínovými řemeny.

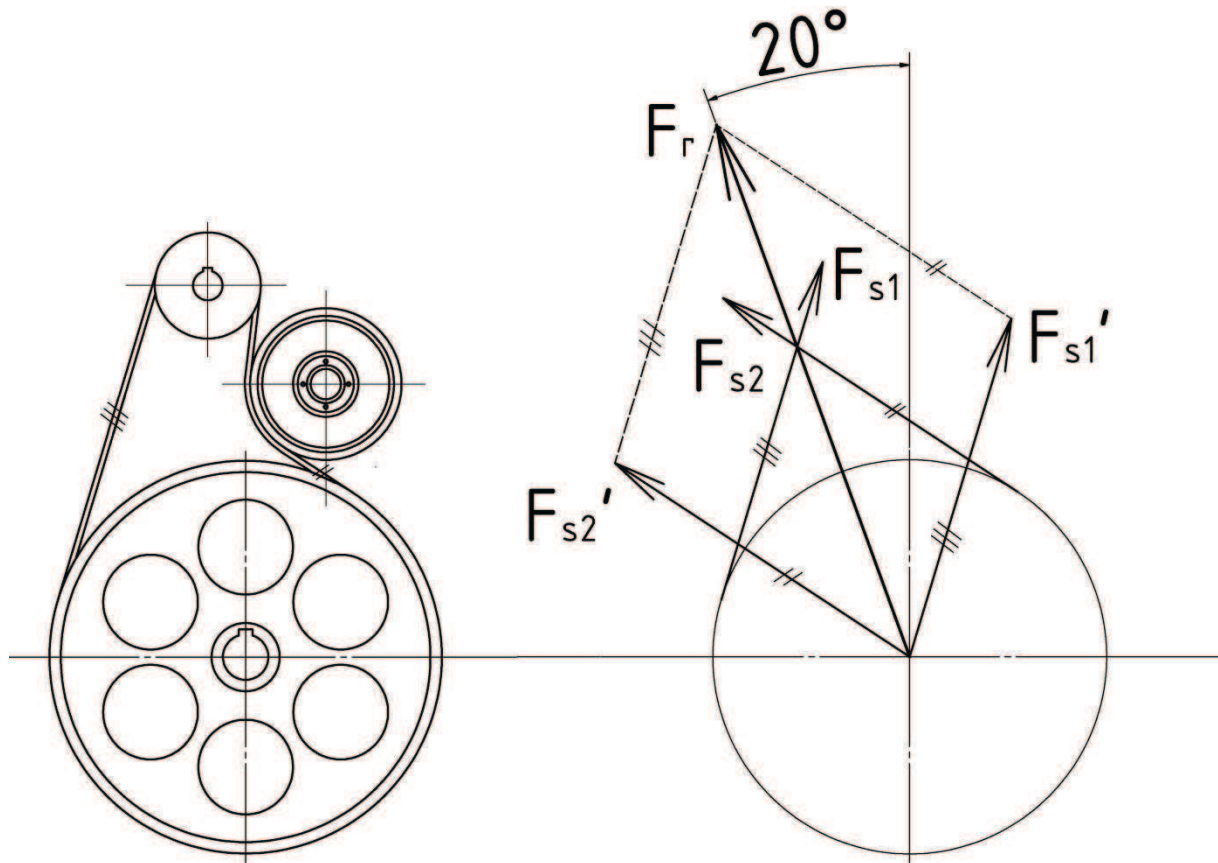


Obrázek 26: Schéma pohonu, Vlastní zpracování, 2016

- 1 – elektromotor
- 2 – spojka
- 3 – malá řemenice
- 4 – hnací hřídel
- 5 – oběžné kolo pilového pásu
- 6 – napínací kladka
- 7 – velká řemenice
- 8 – hřídel oběžného kola
- 9 – klínový řemen

5.4 Návrh a kontrola řemenového převodu

Pro tuto práci byl zvolen převod klasickými klínovými řemeny průřezu A. Napínání řemenu je zvoleno pomocí napínacího kola. Výhodou tohoto řešení je, že motor i oběžné kolo mohou být uloženy pevně, což se projeví v jednodušší konstrukci pilového ramena. Další výhodou je zvětšení úhlu opásání malé řemenice. Nevýhodou je vyšší namáhání řemenů a tím pádem jejich nižší životnost.



Obrázek 27: Řemenový převod a silové poměry, Vlastní zpracování, 2016

Vstupní otáčky: $n_1 = 2930 \text{ min}^{-1}$

Výstupní otáčky: $n_2 = 788 \text{ min}^{-1}$

Převodový poměr i :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2930}{788} = 3,718$$

Průměr hnací řemenice D_1 zvolen: $D_1 = 140 \text{ mm}$

Průměr hnané řemenice D_2 :

$$D_2 = D_1 \cdot i = 140 \cdot 3,718 \doteq 520 \text{ mm}$$

Osová vzdálenost A :

Pro klínové řemeny by měla být v rozmezí: $A = (0,7 \div 2) \cdot (D_1 + D_2)$

$$A = 462 \div 1320 \text{ mm}$$

Skutečná osová vzdálenost je změřena ve 3D modelu.

$$A_{skut} = 492,54 \text{ mm}$$

Úhel opásání malé řemenice (z 3D modelu):

$$\alpha \approx 170^\circ$$

Výpočtová délka řemene (z 3D modelu):

$$L_p = L_w = 2122 \text{ mm}$$

Zvolen řemen: 13x2090 Li-A 2120 Lw

Výkon N_p přenášený jedním řemenem průřezu A [2, str. 538]:

$$N_p = N_o \cdot \frac{C_\alpha \cdot C_L}{C_p} = 3,97 \cdot \frac{0,98 \cdot 1,045}{1,2} = 3,388 \text{ kW}$$

kde: N_o ... jmenovitý výkon přenášený jedním řemenem [2, str. 539]

C_α ... součinitel úhlu opásání [2, str. 540]

C_L ... součinitel vlivu délky řemene [2, str. 540]

C_p ... součinitel dynamičnosti a pracovního režimu [2, str. 541]

Potřebný počet řemenů K [2, str. 542]:

$$K = \frac{N}{N_p \cdot C_k} = \frac{15}{3,388 \cdot 0,9} = 4,919 \rightarrow 5$$

kde: N ... přenášený výkon na hnacím hřídeli

N_p ... výkon přenášený jedním hřídelem

C_k ... součinitel počtu řemenů v převodu [2, str. 542]

5.5 Dimenzování hřídele a ložisek pro hnací oběžné kolo

Na hřídel působí radiální síla od řemenového převodu F_r a napínací síla F_p .

5.5.1 Výpočet radiální síly od řemenového převodu

$$M_{k_1} = \frac{P}{2\pi \cdot n_1} = \frac{15000}{2\pi \cdot 48,83} \doteq 49 \text{ Nm}$$

kde: M_{k_1} ... točivý moment na malé řemenici [Nm]

P ... výkon motoru [W]

n_1 ... otáčky malé řemenice [s^{-1}]

$$M_{k_2} = \frac{P}{2\pi \cdot n_2} = \frac{15000}{2\pi \cdot 13,33} = 182 \text{ Nm}$$

kde: M_{k_2} ... točivý moment na velké řemenici [Nm]

P ... výkon motoru [W]

n_2 ... otáčky velké řemenice [s^{-1}]

$$F_o = \frac{2 \cdot M_{k1}}{D_1} = \frac{2 \cdot 49}{0,14} = 700 \text{ N}$$

kde: F_o ... obvodová síla [N]

M_{k1} ... točivý moment na malé řemenici [Nm]

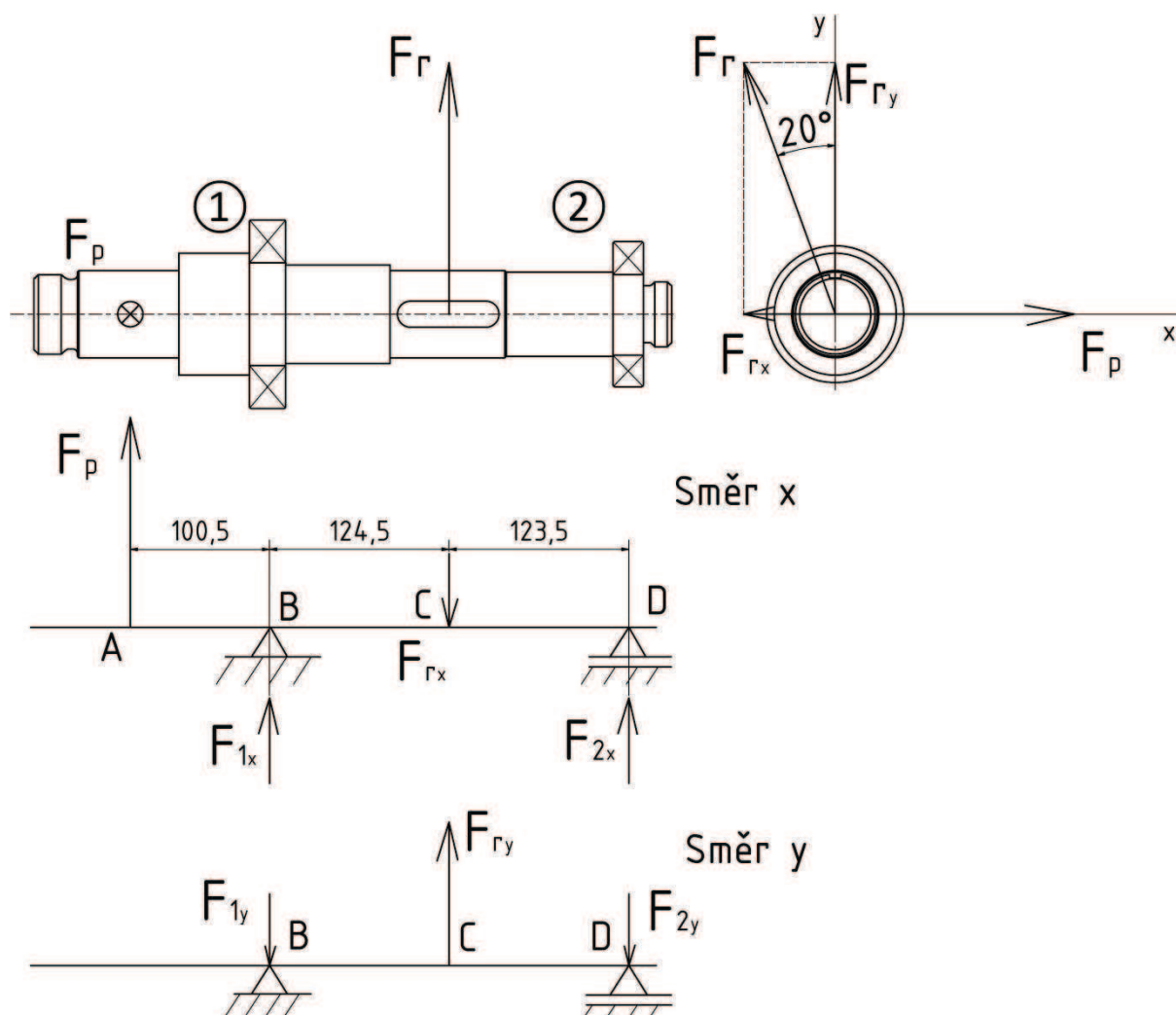
D_1 ... průměr malé řemenice [m]

S ohledem na bezpečnost a případné vyšší pracovní předpětí řemenu se dimenzují hřídele a ložiska na sílu [3]:

$$F_r \doteq 2 \cdot F_o = 2 \cdot 700 = 1400 \text{ N}$$

Směr působení této síly je znázorněn na obrázku 27. Od osy y je odchýlen o 20° .

5.5.2 Výpočet sil, působících na ložiska



Obrázek 28: Silové poměry na hřídeli hnacího kola, Vlastní zpracování, 2016

Podmínky rovnováhy:

směr osy x:

$$F_p + F_{1x} - F_{rx} + F_{2x} = 0$$

$$F_{rx} = F_r \cdot \sin 20^\circ = 1400 \cdot \sin 20^\circ \doteq 479 \text{ N}$$

Moment k bodu D:

$$F_p \cdot 348,5 + F_{1x} \cdot 248 - F_{rx} \cdot 123,5 = 0$$

$$F_{1x} = \frac{-F_p \cdot 348,5 + F_{rx} \cdot 123,5}{248} = \frac{-8000 \cdot 348,5 + 479 \cdot 123,5}{248} = -11003 \text{ N}$$

$$F_p + F_{1x} - F_{rx} + F_{2x} = 0 \rightarrow F_{2x} = -F_p - F_{1x} + F_{rx} = -8000 + 11003 + 479 = 3482 \text{ N}$$

Reakce F_{1x} vyšla záporná. Na obrázku 28 je tedy ve skutečnosti směr šipky, označující tuto sílu, opačný.

směr osy y:

$$-F_{1y} + F_{ry} - F_{2y} = 0$$

$$F_{ry} = F_r \cdot \cos 20^\circ = 1400 \cdot \cos 20^\circ \doteq 1316 \text{ N}$$

Moment k bodu D:

$$-F_{1y} \cdot 248 + F_{ry} \cdot 123,5 = 0$$

$$F_{1y} = \frac{F_{ry} \cdot 123,5}{248} = \frac{1316 \cdot 123,5}{248} = 655 \text{ N}$$

$$-F_{1y} + F_{ry} - F_{2y} = 0 \rightarrow F_{2y} = -F_{1y} + F_{ry} = -655 + 1316 = 661 \text{ N}$$

Vypočtené dílčí reakce, shrnutí:

$$F_{1x} = -11003 \text{ N}$$

$$F_{1y} = 655 \text{ N}$$

$$F_{2x} = 3482 \text{ N}$$

$$F_{2y} = 661 \text{ N}$$

Pro vypočtení výsledných sil na ložiska ① a ② je možné použít Pythagorovu větu.

$$F_1 = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2} = \sqrt{-11003^2 + 655^2} = 11022 \text{ N}$$

$$F_2 = \sqrt{F_{2x}^2 + F_{2y}^2} = \sqrt{3482^2 + 661^2} = 3544 \text{ N}$$

5.5.3 Výpočet potřebné dynamické únosnosti ložisek.

Předpokladem je životnost ložisek přibližně 15 let. Pracovní doba stroje je uvažována z důvodu přepravy do místa určení a nezbytné přípravy cca 6,5 hodiny denně. Předpokládaný počet pracovních dní stroje v roce je 100 (sezonní práce). Ložiska tedy budou navrhována na životnost: $15 \cdot 6,5 \cdot 100 = 9750 \doteq 10000 \text{ hod}$

$$L_{hod} = \frac{16667}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^p \rightarrow C = F_e \cdot \sqrt[p]{\frac{L_{hod} \cdot 16667}{n}}$$

kde: L_{hod} ... trvanlivost ložiska [hod]

n ... otáčky [min^{-1}]

C ... základní dynamická únosnost [N]

F_e ... ekvivalentní dynamické zatížení [N]

p ... exponent (pro kuličková ložiska: $p = 3$, pro ostatní: $p = 10/3$)

Ekvivalentní dynamické zatížení:

$$F_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

kde: X, Y ... koeficienty [2]

F_r ... radiální zatížení ložiska [N]

F_a ... axiální zatížení ložiska [N]

Ložisko 1

Označeno jako ① na obr. 28. Typ ložiska - válečkové. Radiální síla na toto ložisko je: $F_{r_1} = F_1 = 11022 \text{ N}$, axiální síla bude nulová: $F_{a_1} = 0$. Hodnoty X a Y jsou uvedeny v literatuře [2, str. 511, tab. 8]. Ekvivalentní síla na ložisko ① F_{e_1} , se vypočte vztahem:

$$F_{e_1} = X \cdot F_{r_1} + Y \cdot F_{a_1} = 1 \cdot 11022 + 0 \cdot 0 = 11022 \text{ N}$$

Potřebná dynamická únosnost tohoto ložiska:

$$C_1 = F_e \cdot \sqrt[p]{\frac{L_{hod}}{\frac{16667}{n}}} = 11022 \cdot \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{10000}{\frac{16667}{788}}} = 69930 \text{ N}$$

Zvoleno ložisko NUP 215, $C_{1_{skut}} = 78000 \text{ N}$ [2, str. 484]

Skutečná trvanlivost ložiska ①:

$$L_{3hod} = \frac{16667}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^p = \frac{16667}{788} \cdot \left(\frac{78000}{11022}\right)^{\frac{10}{3}} = 14391 \text{ hod}$$

Ložisko 2

Označeno jako ② na obr. 28. Typ ložiska - kuličkové. Radiální síla na toto ložisko je: $F_{r_2} = F_2 = 3544 \text{ N}$, axiální síla bude nulová: $F_{a_2} = 0$. Hodnoty X a Y jsou uvedeny v literatuře [2, str. 507, tab. 3]. Ekvivalentní síla na ložisko ② F_{e_2} , se vypočte vztahem:

$$F_{e_2} = X \cdot F_{r_2} + Y \cdot F_{a_2} = 1 \cdot 3544 + 0 \cdot 0 = 3544 \text{ N}$$

Potřebná dynamická únosnost tohoto ložiska:

$$C_2 = F_e \cdot \sqrt[p]{\frac{L_{hod}}{\frac{16667}{n}}} = 3544 \cdot \sqrt[3]{\frac{10000}{\frac{16667}{788}}} = 27609 \text{ N}$$

Zvoleno kuličkové jednořadé ložisko 6211, $C_{2skut} = 33500 N$

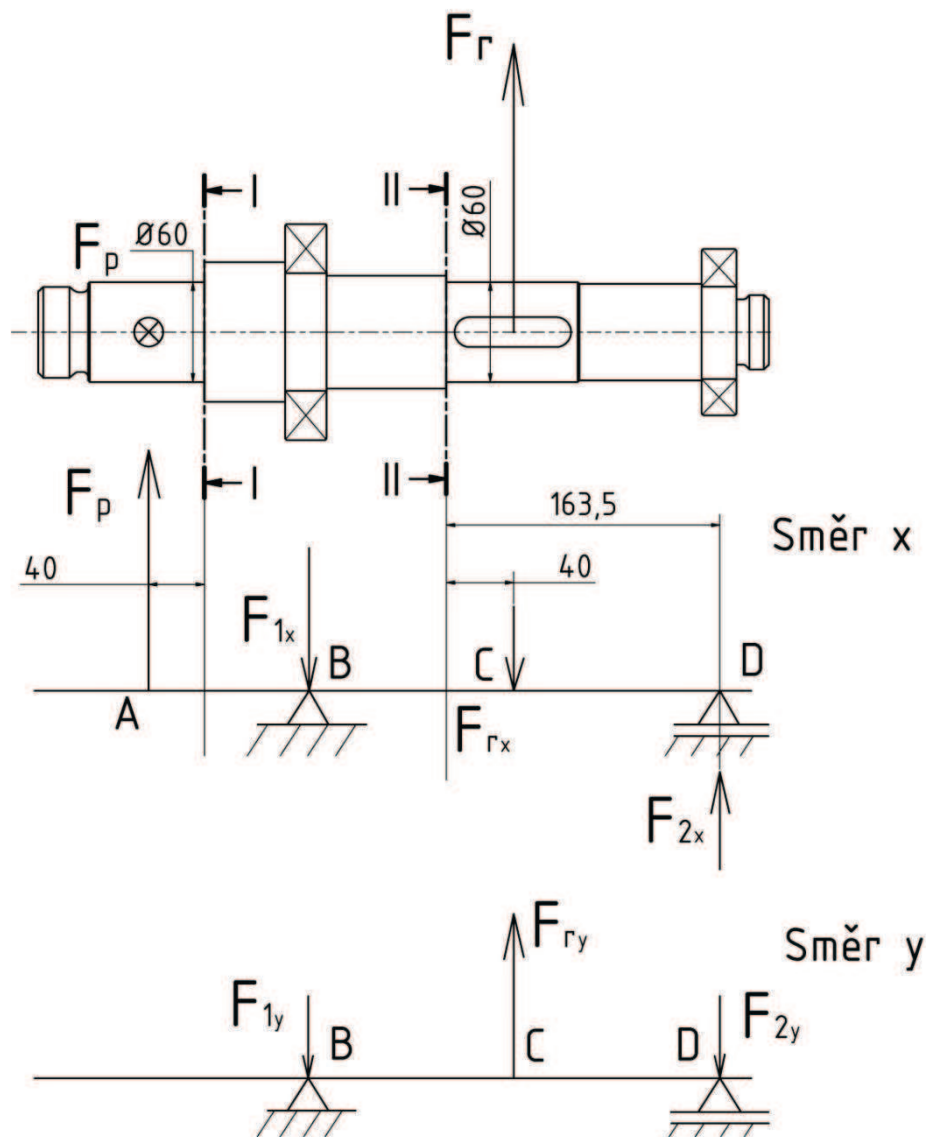
Skutečná trvanlivost ložiska ②:

$$L_{2hod} = \frac{16667}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^p = \frac{16667}{788} \cdot \left(\frac{33500}{3544}\right)^3 = 17864 \text{ hod}$$

Ložiska ① a ② vyhovují minimální požadované trvanlivosti 10000 hod.

5.5.4 Namáhání hřídele hnacího oběžného kola

Hřídel je namáhána na ohyb, krut a smyk. Dovolené napětí pro materiál 11500 je 70 MPa. Pro ukázkou budou vypočteny konkrétní hodnoty napětí v průřezích, označených jako I a II, viz obrázek 29. Smykové napětí je zanedbatelné, proto bude vypočítáno pouze ohybové napětí a krut. Z těchto hodnot se následně vypočte redukované napětí. V průřezu II se nejdříve vypočte ohybový moment od dílčích reakcí a výsledný moment se vyjádří Pythagorovou větou. Hodnoty jsou dosazeny v milimetrech, v newtonech a v newtonmilimetrech.



Obrázek 29: Označení průřezů a zatěžující síly na hřídeli hnacího kola, Vlastní zpracování, 2016

Průřez I

ohybové napětí

$$\sigma_{oI} = \frac{M_{oI}}{W_{oI}} = \frac{F_p \cdot 40}{0,1 \cdot d_I^3} = \frac{8000 \cdot 40}{0,1 \cdot 60^3} = 14,81 \text{ MPa}$$

krut

$$\tau_{kI} = \frac{M_k}{W_{kI}} = \frac{M_k}{\frac{\pi \cdot d_I^3}{16}} = \frac{182000}{\frac{\pi \cdot 60^3}{16}} = 4,29 \text{ MPa}$$

redukované napětí

$$\sigma_{redI} = \sqrt{\sigma_{oI}^2 + 4 \cdot \tau_{kI}^2} = \sqrt{14,81^2 + 4 \cdot 4,29^2} = 20,67 \text{ MPa}$$

Průřez II

ohybové napětí

$$\sigma_{oII} = \frac{M_{oII}}{W_{oII}}$$

$$M_{oII} = \sqrt{M_{oIIx}^2 + M_{oIIy}^2}$$

$$M_{oIIx} = -F_{2x} \cdot 163,5 + F_{Rx} \cdot 40 = -3482 \cdot 163,5 + 479 \cdot 40 = -550147 \text{ Nmm}$$

$$M_{oIIy} = F_{2y} \cdot 163,5 - F_{Ry} \cdot 40 = 661 \cdot 163,5 - 1316 \cdot 40 = 55434 \text{ Nmm}$$

$$M_{oII} = \sqrt{M_{oIIx}^2 + M_{oIIy}^2} = \sqrt{-550147^2 + 55434^2} = 552933 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{oII} = \frac{M_{oII}}{W_{oII}} = \frac{M_{oII}}{0,1 \cdot d_{II}^3} = \frac{552933}{0,1 \cdot 60^3} = 25,6 \text{ MPa}$$

krut

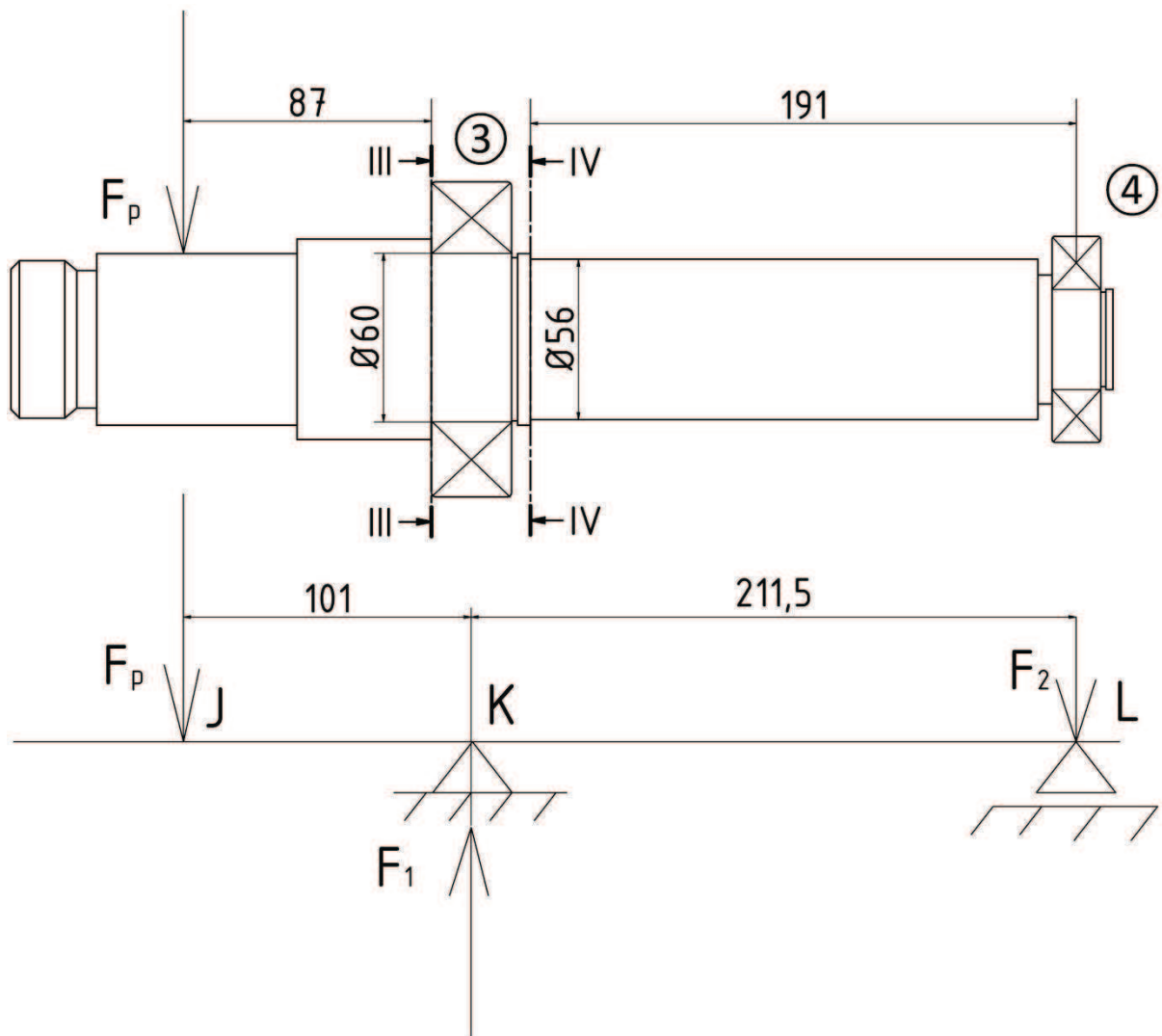
$$\tau_{kII} = \frac{M_k}{W_{kII}} = \frac{M_k}{\frac{\pi \cdot d_{II}^3}{16}} = \frac{182000}{\frac{\pi \cdot 60^3}{16}} = 4,29 \text{ MPa}$$

redukované napětí

$$\sigma_{redII} = \sqrt{\sigma_{oII}^2 + 4 \cdot \tau_{kII}^2} = \sqrt{25,6^2 + 4 \cdot 4,29^2} = 27 \text{ MPa}$$

V průřezech I a II nebylo překročeno dovolené napětí 70 MPa.

5.6 Dimenzování hřídele a ložisek pro hnané oběžné kolo



Obrázek 30: Silové poměry a označení průřezů na hřídeli hnaného oběžného kola, Vlastní zpracování, 2016

5.6.1 Výpočet sil, působících na ložiska

Podmínky rovnováhy:

směr x: \emptyset

směr y: $-F_p + F_3 - F_4 = 0$

Moment k bodu L:

$$-F_p \cdot 312,5 + F_3 \cdot 211,5 = 0$$

$$F_3 = \frac{F_p \cdot 312,5}{211,5} = \frac{8000 \cdot 312,5}{211,5} = 11820 \text{ N}$$

$$-F_p + F_3 - F_4 = 0 \rightarrow F_4 = F_3 - F_p = 11820 - 8000 = 3820 \text{ N}$$

5.6.2 Výpočet potřebné dynamické únosnosti ložisek.

Ložisko 3

Označeno jako ③ na obr. 30. Typ ložiska - válečkové. Radiální síla na toto ložisko je: $F_{r_3} = F_3 = 11820 \text{ N}$, axiální síla bude nulová: $F_{a_3} = 0$. Hodnoty X a Y jsou uvedeny v literatuře [2, str. 511, tab. 8]. Ekvivalentní síla na ložisko ③ F_{e_3} , se vypočte vztahem:

$$F_{e_3} = X \cdot F_{r_3} + Y \cdot F_{a_3} = 1 \cdot 11820 + 0 \cdot 0 = 11820 \text{ N}$$

$$C_3 = F_{e_3} \cdot \sqrt[p]{\frac{L_{hod}}{\frac{16667}{n}}} = 11820 \cdot \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{10000}{\frac{16667}{788}}} = 74993 \text{ N}$$

Zvoleno ložisko NUP 2212, $C_{3skut} = 85000 \text{ N}$ [3, str. 486]

Skutečná trvanlivost ložiska ③:

$$L_{3hod} = \frac{16667}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^p = \frac{16667}{788} \cdot \left(\frac{85000}{11820}\right)^{\frac{10}{3}} = 15182 \text{ hod}$$

Ložisko 4

Označeno jako ④ na obr. 30. Typ ložiska - kuličkové. Radiální síla na toto ložisko je: $F_{r_4} = F_4 = 3820 \text{ N}$, axiální síla bude nulová: $F_{a_4} = 0$. Hodnoty X a Y jsou uvedeny v literatuře [2, str. 507, tab. 3]. Ekvivalentní síla na ložisko ④ F_{e_4} , se vypočte vztahem:

$$F_{e_4} = X \cdot F_{r_4} + Y \cdot F_{a_4} = 1 \cdot 3820 + 0 \cdot 0 = 3820 \text{ N}$$

$$C_4 = F_e \cdot \sqrt[p]{\frac{L_{hod}}{\frac{16667}{n}}} = 3820 \cdot \sqrt[3]{\frac{10000}{\frac{16667}{788}}} = 29759 \text{ N}$$

Zvoleno ložisko 6308, $C_{4skut} = 31000 \text{ N}$

Skutečná trvanlivost ložiska ④:

$$L_{4hod} = \frac{16667}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^p = \frac{16667}{788} \cdot \left(\frac{31000}{3820}\right)^3 = 11303 \text{ hod}$$

Ložiska ③ a ④ vyhovují minimální požadované trvanlivosti 10000 hod.

5.6.3 Namáhání hřídele hnaného oběžného kola

Hřídel je namáhána ohybem a smykem. Dovolené napětí je 70 MPa. Pro ukázkou je vypočteno napětí v průřezích označených jako III a IV. Umístění průřezů je znázorněno na obrázku 30. Namáhání smykem bude opět vypuštěno.

Průřez III

ohybové napětí

$$\sigma_{oIII} = \frac{M_{oIII}}{W_{oIII}} = \frac{F_p \cdot 87}{0,1 \cdot d_{III}^3} = \frac{8000 \cdot 87}{0,1 \cdot 60^3} = 32,22 \text{ MPa}$$

Průřez IV

ohybové napětí

$$\sigma_{oIV} = \frac{M_{oIV}}{W_{oIV}} = \frac{F_2 \cdot 190,85}{0,1 \cdot d_{IV}^3} = \frac{3820 \cdot 190,85}{0,1 \cdot 56^3} = 41,51 \text{ MPa}$$

V průřezech III a IV nebylo překročeno dovolené napětí 70 MPa.

5.7 Výpočet per

Točivý moment je přenášen z motoru na oběžné kolo přes spojku a řemenový převod. K přenosu tohoto momentu mezi jednotlivými členy pohonu jsou využity pera. Jejich schématické umístění je znázorněno na obrázku 31. Pera jsou namáhána tlakem a smykem. Jelikož je smykové napětí oproti tlakovému o mnoho nižší, můžeme jej zanedbat. Podle stanoveného průměru hřídele d je zvolen z ČSN 02 2562 normalizovaný průřez pera $b \times h$. Ukázka výpočtu namáhání pera je provedena pouze pro pero, umístěné mezi členy 8 a 5. Rozměry tohoto pera jsou 18h9x11x63 a průměr hřídele je 60 mm. Celkové výsledky jsou uvedeny v tabulce 3.

$$F_{op} = \frac{2 \cdot M_k}{D} = \frac{2 \cdot 182}{0,06} = 6067 \text{ N}$$

kde: F_{op} ... obvodová síla působící na pero [N]

M_k ... točivý moment [Nm]

D ... průměr hřídele [m]

Otlačení

Tlak mezi bokem drážky v náboji a perem,

$$\sigma_d = \frac{F_{op}}{\frac{h}{2} \cdot (l - b)} = \frac{6067}{\frac{11}{2} \cdot (63 - 18)} = 24,51 \text{ MPa}$$

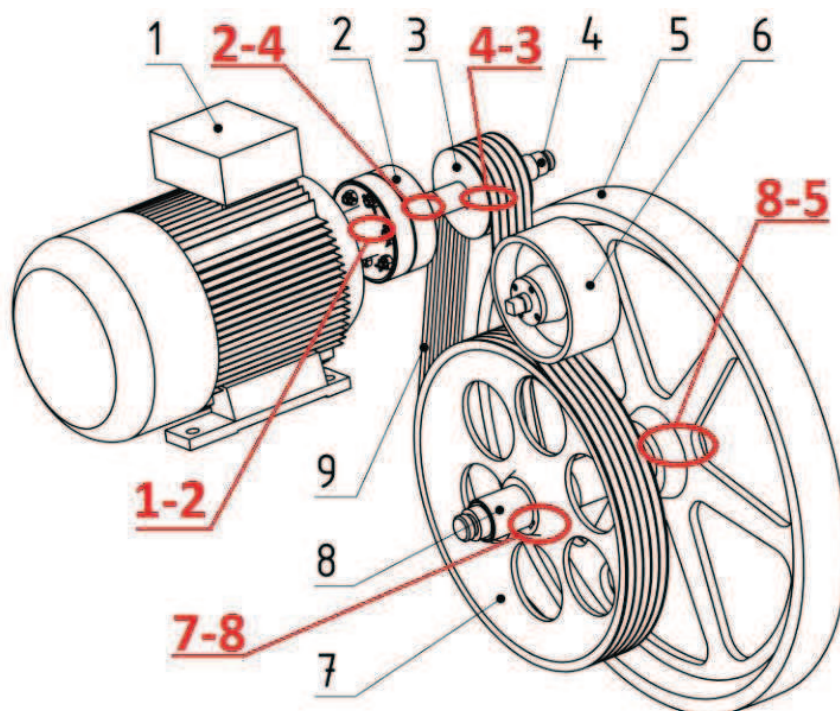
kde: σ_d ... tlakové napětí [MPa]

F_{op} ... obvodová síla působící na pero [N]

h ... výška pera [mm]

l ... délka pera [mm]

b ... šířka pera [mm]

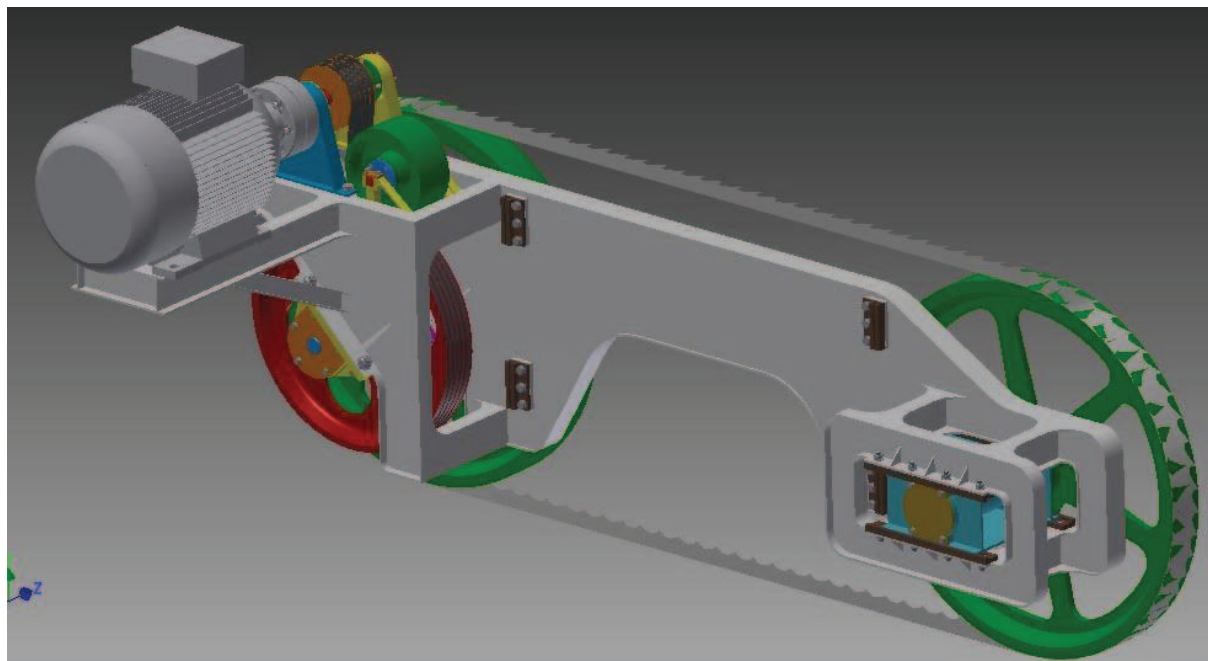


Obrázek 31: Umístění per, Vlastní zpracování, 2016

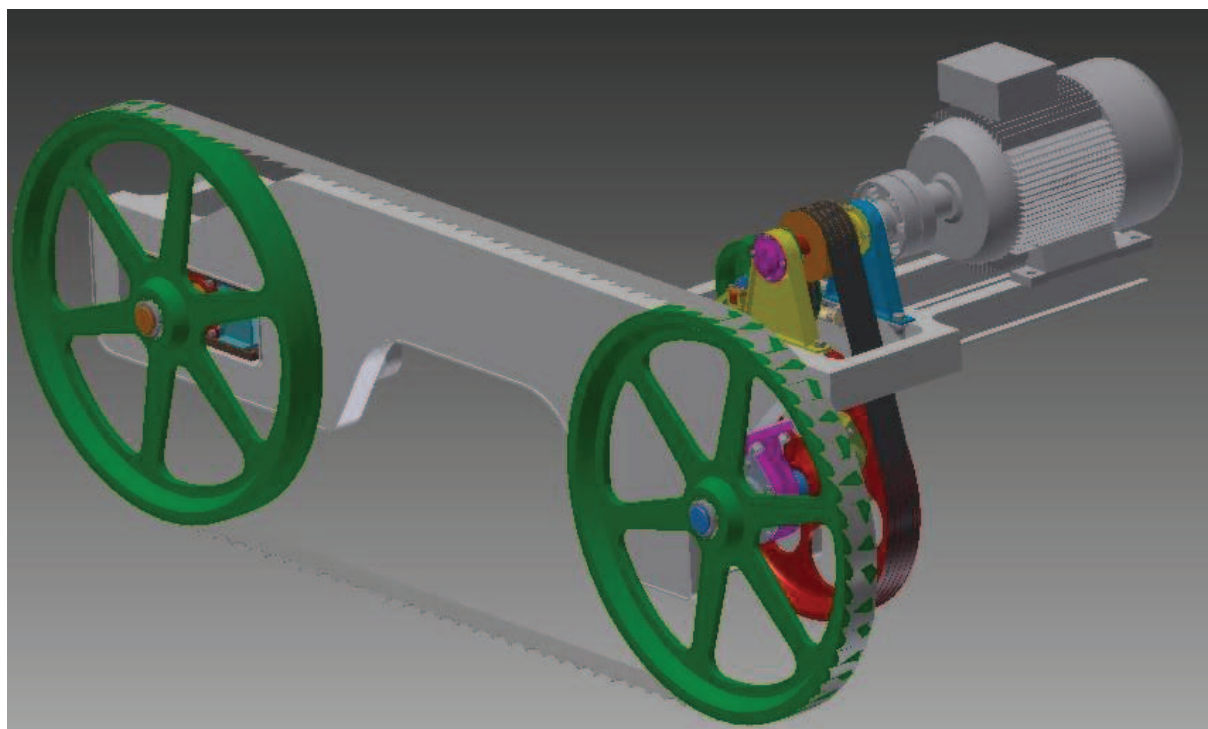
Umístění	Točivý moment [Nm]	Obvodová síla [N]	Rozměr pera [mm]	Tlak [MPa]
1 - 2	49	2333	12h9x10x90	5,98
2 - 4	49	2450	12h9x10x56	11,13
4 - 3	49	2513	12h9x10x70	8,66
7 - 8	182	6067	18h9x11x70	21,21
8 - 5	182	6067	18h9x11x63	24,51

Tabulka 3: Namáhání per, Vlastní zpracování, 2016

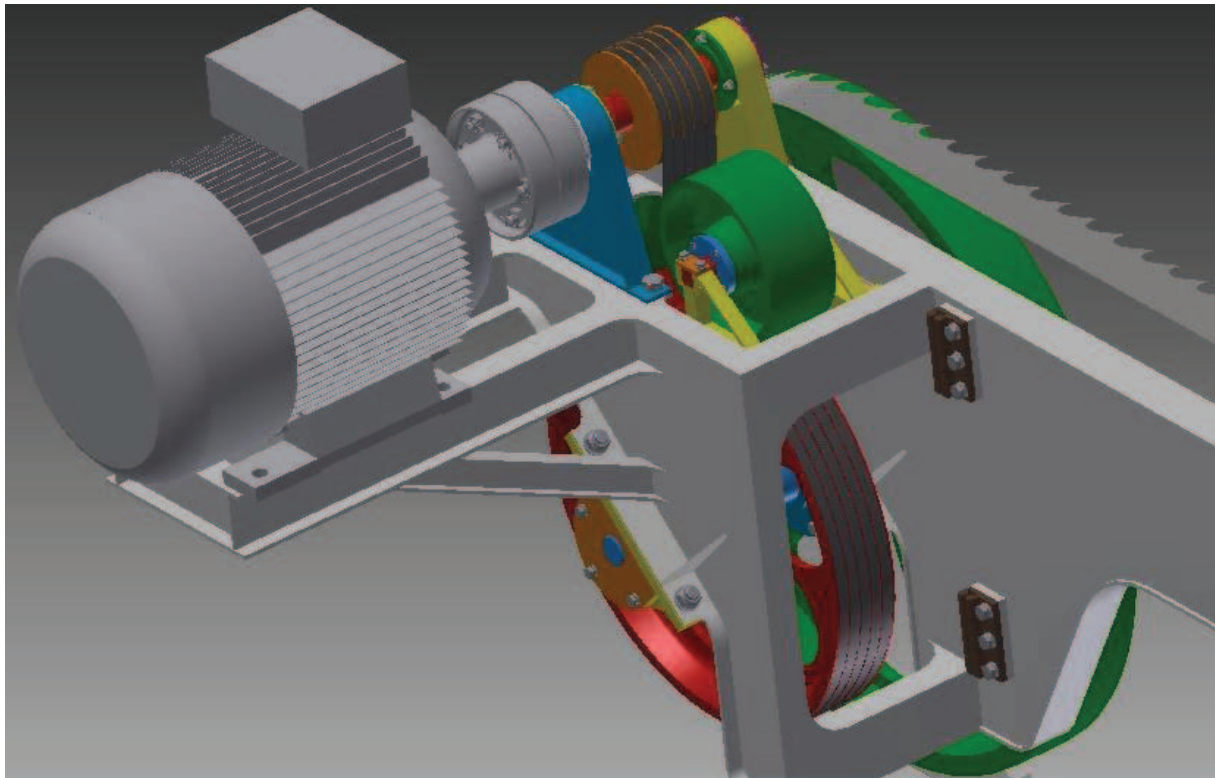
6 Obrázky z 3D modelu navrhovaného řešení



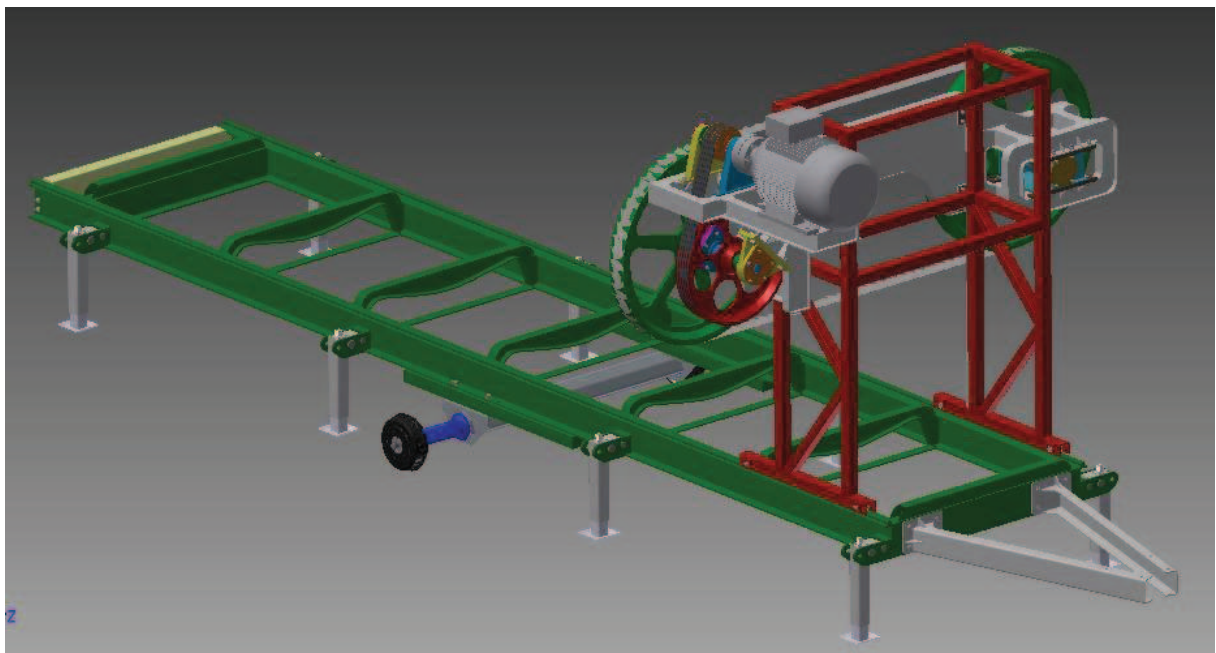
Obrázek 32: Pilové rameno, Vlastní zpracování, 2016



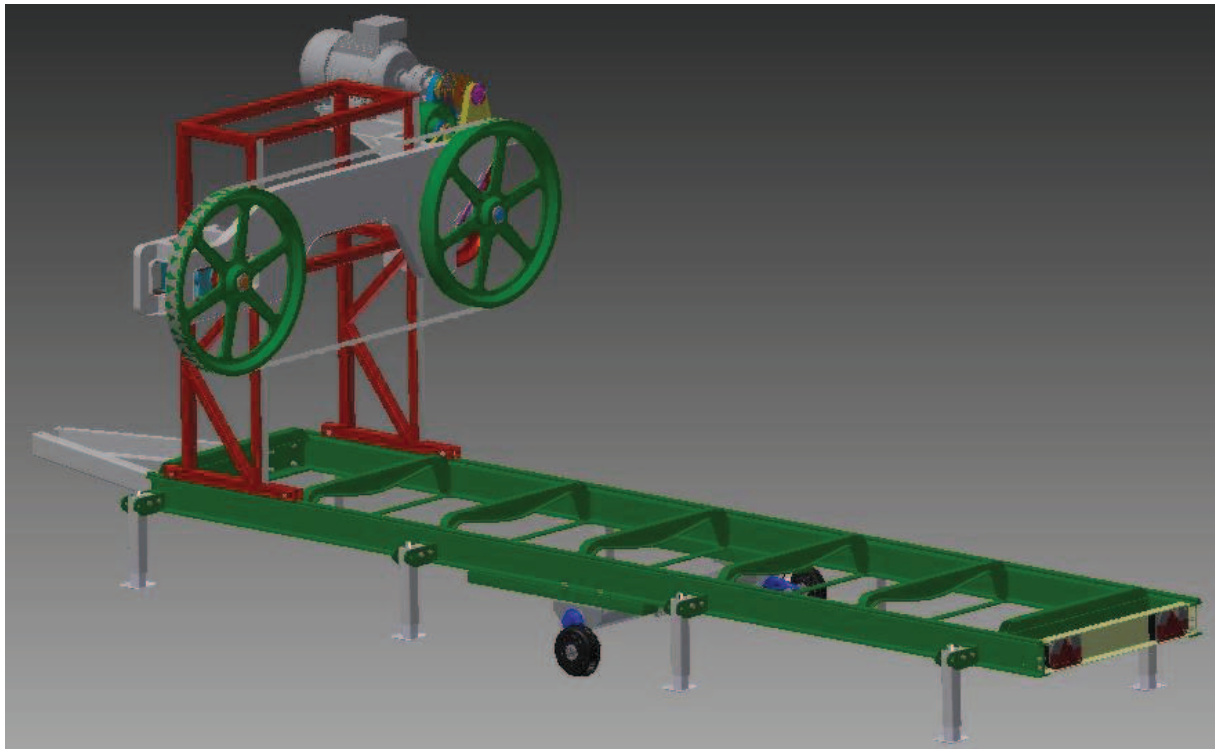
Obrázek 33: Pilové rameno, Vlastní zpracování, 2016



Obrázek 34: Detail pohonu, Vlastní zpracování, 2016



Obrázek 35: Pila - celkový pohled, Vlastní zpracování, 2016



Obrázek 36: Pila - celkový pohled, Vlastní zpracování, 2016

Závěr

Na začátku této práce byla popsána jednotlivá řešení kmenových pil, jejich výhody a nevýhody, druhy používaných řezných nástrojů a základní funkční skupiny. Dále proběhla volba druhu pohonu a jeho návrh na konkrétní parametry. Tyto parametry byly zvoleny na základě rozboru průmyslově vyráběných mobilních pásových pil, pilových pásů a doporučených hodnot v odborné literatuře, včetně vlastností zpracovávané kulatiny.

Na základě těchto parametrů byl vypočten potřebný řezný výkon a zvolen typ motoru. Bylo uvažováno s možností záměny elektromotoru spalovacím motorem pro případ použití pily mimo dostupnou elektrickou síť. Byl vybrán převod klínovými řemeny s napínacím kolem.

Tento převod je jednoduchý na výrobu, není náročný na údržbu a má přiměřeně dlouhou životnost. Výhodou je také možnost prokluzu řemenů v případě náhlého přetížení. Předepínací síla je menší než u převodu s plochým řemenem, který se rovněž používá u pásových pil.

V další části práce byla navržena valivá ložiska v převodovce tak, aby jejich trvanlivost byla stejná, nebo vyšší než 10 000 hodin. Následovala pevnostní kontrola hřídelí a per. Po dohodě s vedoucím byla vytvořena výkresová dokumentace v požadovaném rozsahu.

Seznam použité literatury

Literární zdroje

- [1] PROKEŠ, Stanislav, *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha: SNTL, 1982. 2. přepracované vydání, 584 s., ISBN (Váz.) : 46 Kčs
- [2] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2006. 3. doplněné vydání, 914 s., ISBN 80-7361-033-7
- [3] KRŮŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů II*. Praha: SNTL, 1978. 1. vydání. 176 s.

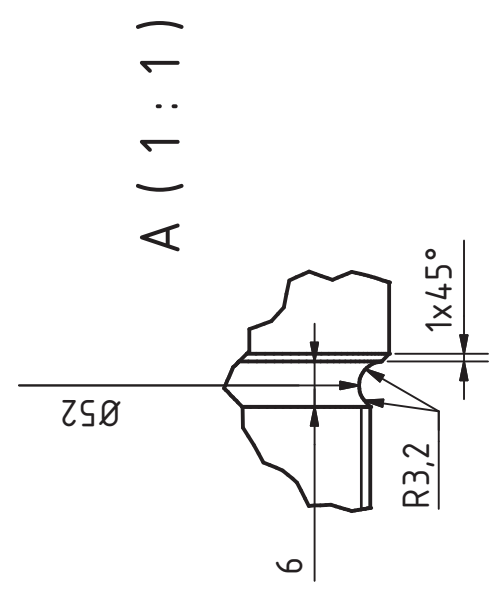
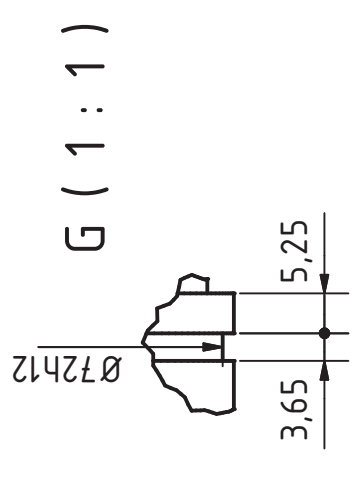
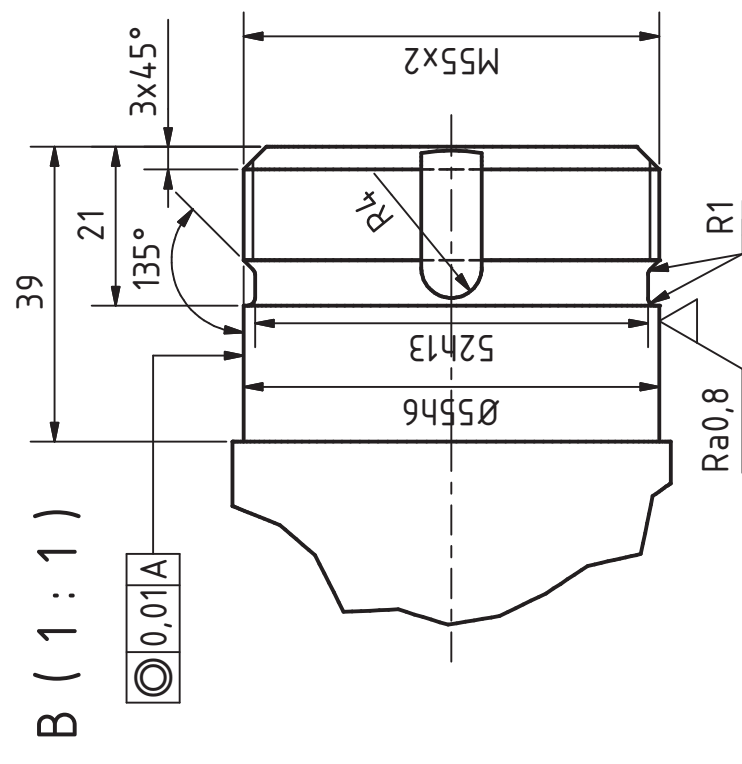
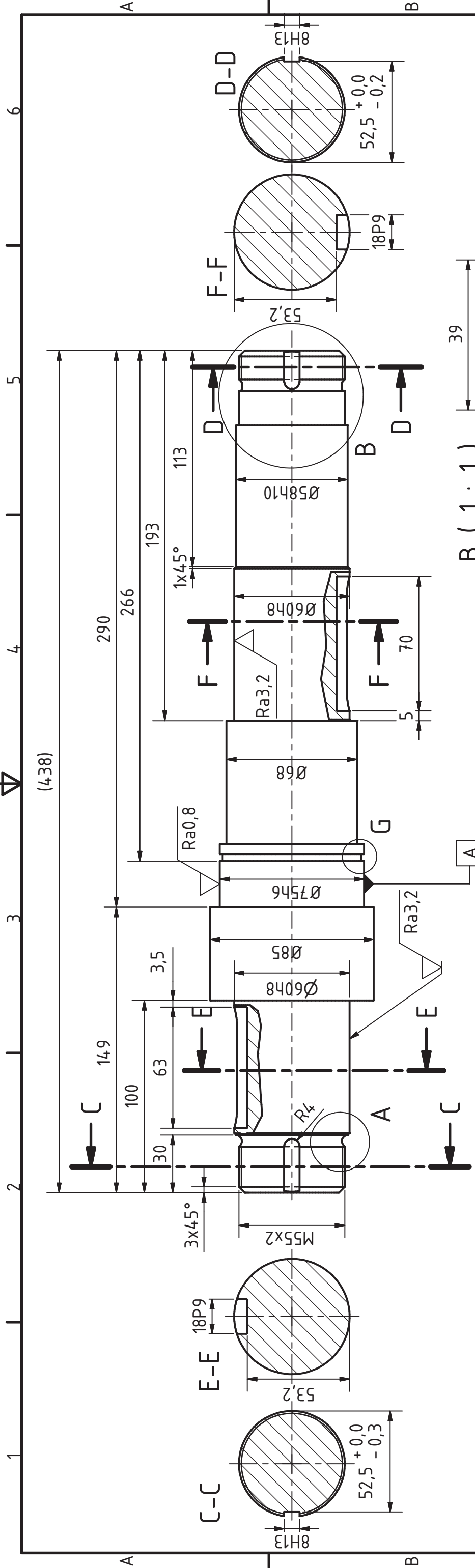
Internetové zdroje

- [4] [Online 2016-04-15] Dostupné z: <http://drevostavebniportal-popularizace.msdk.cz/zajimavosti-ze-sveta-dreva/drevo/>
- [5] [Online 2016-03-20]] Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/>
- [6] [Online 2016-04-15]] Dostupné z: <http://www.uhul.cz/rychle-informace/444-rocne-se-v-cr-tezi-cca-16-mil-m3-dreva>
- [7] [Online 2016-04-09]] Dostupné z: <http://www.mezistromy.cz/cz/zpracovani-dreva/tezba-dreva>
- [8] [Online 2016-04-09]] Dostupné z: http://www.uhul.cz/images/poradenstvi/Radce_vlastnika_lesa_01.pdf
- [9] [Online 2016-04-15]] Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjRhJChu8zMAhVCuhQKHVZQBIAQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fis.mendelu.cz%2Fzp%2Fportal_zp.pl%3Fprehled%3Dvyhledavani%3Bpodrobnosti%3D6442%3Bdownload_prace%3D1&usg=AFQjCNHiPyS2kaajZ79bGvh-osF31kon5Q&bvm=bv.121421273,d.bGg&cad=rja
- [10] [Online 2016-02-10]] Dostupné z: <http://www.strojcad.cz/cz/produkty/vykonne-pilarske-technologie/vertikalni-pasove-pily>
- [11] [Online 2016-03-19]] Dostupné z: http://www.awstavby.cz/?cz_porez-kulatiny-mobilnim-katrem,22
- [12] [Online 2016-04-18]] Dostupné z: <http://www.logosol.com/store/farmer-s-sawmill-excl-chainsaw.html>
- [13] [Online 2016-04-16]] Dostupné z: <http://jihomoravsky-kraj.all.biz/kmenova-pasova-pila-pkp-810-g17889#.VzBwQ4SLTIU>
- [14] [Online 2016-04-05]] Dostupné z: <http://www.strojcad.sk/sk/produkty/kotucove-pily/dvojkotucova-uhlova-pila-dkp6>
- [15] [Online 2016-04-05]] Dostupné z: <http://www.strojcad.sk/sk/produkty/kotucove-pily/dvojkotucova-horizontalna-kmenova-pila-kp58>

- [16] [Online 2016-04-05]] Dostupné z: <http://www.reparo.cz/technologie-a-produkty/pilarska-technika/kotoucove-a-profilovaci-pily/vnk-dwk-nku-fr12>
- [17] [Online 2016-04-25]] Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/uvod/pila-jednaska.htm>
- [18] [Online 2016-04-25]] Dostupné z: http://www.zsbr.cz/soubory/VY_32_INOVACE_334.pdf
- [19] [Online 2016-04-24]] Dostupné z: <http://forum.valka.cz/topic/view/70635/POL-GKT-60-tazka-ramova-pila>
- [20] [Online 2016-04-24]] Dostupné z: <http://www.pilasulovice.wz.cz/uvod.htm>
- [21] [Online 2016-04-19]] Dostupné z: <http://www.bazar-stroju.cz/nabidka/7959-kmenova-pasova-pila-700.htm>
- [22] [Online 2016-04-19]] Dostupné z: <http://www.pilana.cz/?download=cz/pilana-kmenove-pilove-pasy-cz.pdf>
- [23] [Online 2016-04-18]] Dostupné z: <http://www.pilana.cz/cz/pilove-pasy-na-drevo-kmenove-do-sirky-50-mm>
- [24] [Online 2016-04-18]] Dostupné z: <http://www.pilana.cz/cz/pilove-pasy-na-drevo-kmenove-od-sirky-80-mm>
- [25] [Online 2016-04-12]] Dostupné z: <http://www.elektromotory-siemens.cz/pic.html?img=1le-imb5.jpg>
- [26] [Online 2016-04-11]] Dostupné z: <http://www.hondastroje.cz/motory/motory-s-horizontalni-hrideli/profi-rada-gx>
- [27] [Online 2016-04-11]] Dostupné z: <http://www.svoma-stroje.cz/8-47-kmenova-pasova-pila-sn-85.aspx>
- [28] [Online 2016-03-15]] Dostupné z: <http://www.uni-naradi.cz/kmenova-pasova-pila-holzmann-bbs-850->
- [29] [Online 2016-03-15]] Dostupné z: http://www.resch-3.com/media/400_x_240/502f4121-e44f-477d-80ac-e2b3a94ca600/blockbandsaege-resch-3-compact-vorschneider-ea.jpg
- [30] [Online 2016-04-14]] Dostupné z: <http://www.resch-3.com/cz/produkty/jednoduche-pily.html#!prettyPhoto>

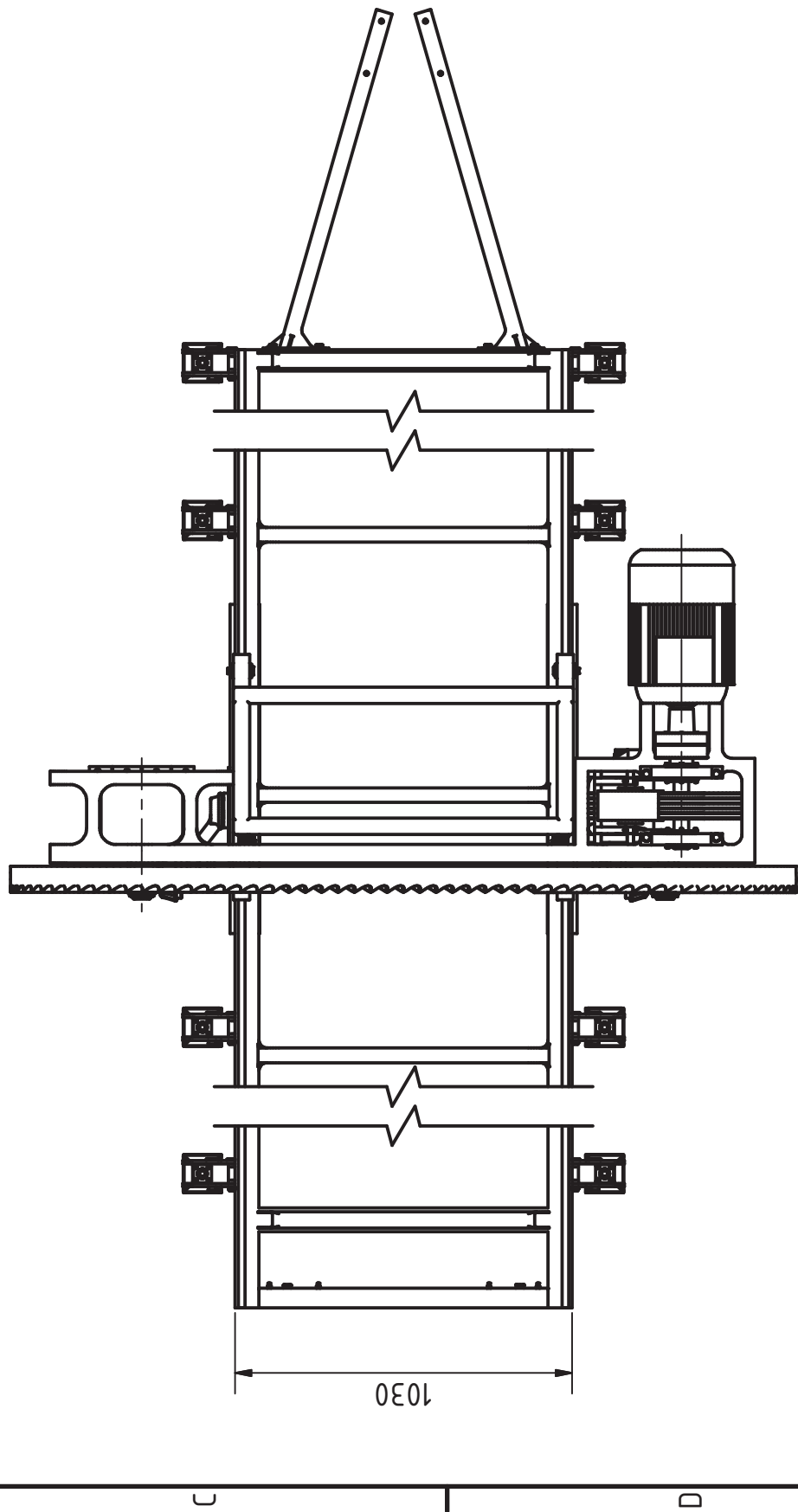
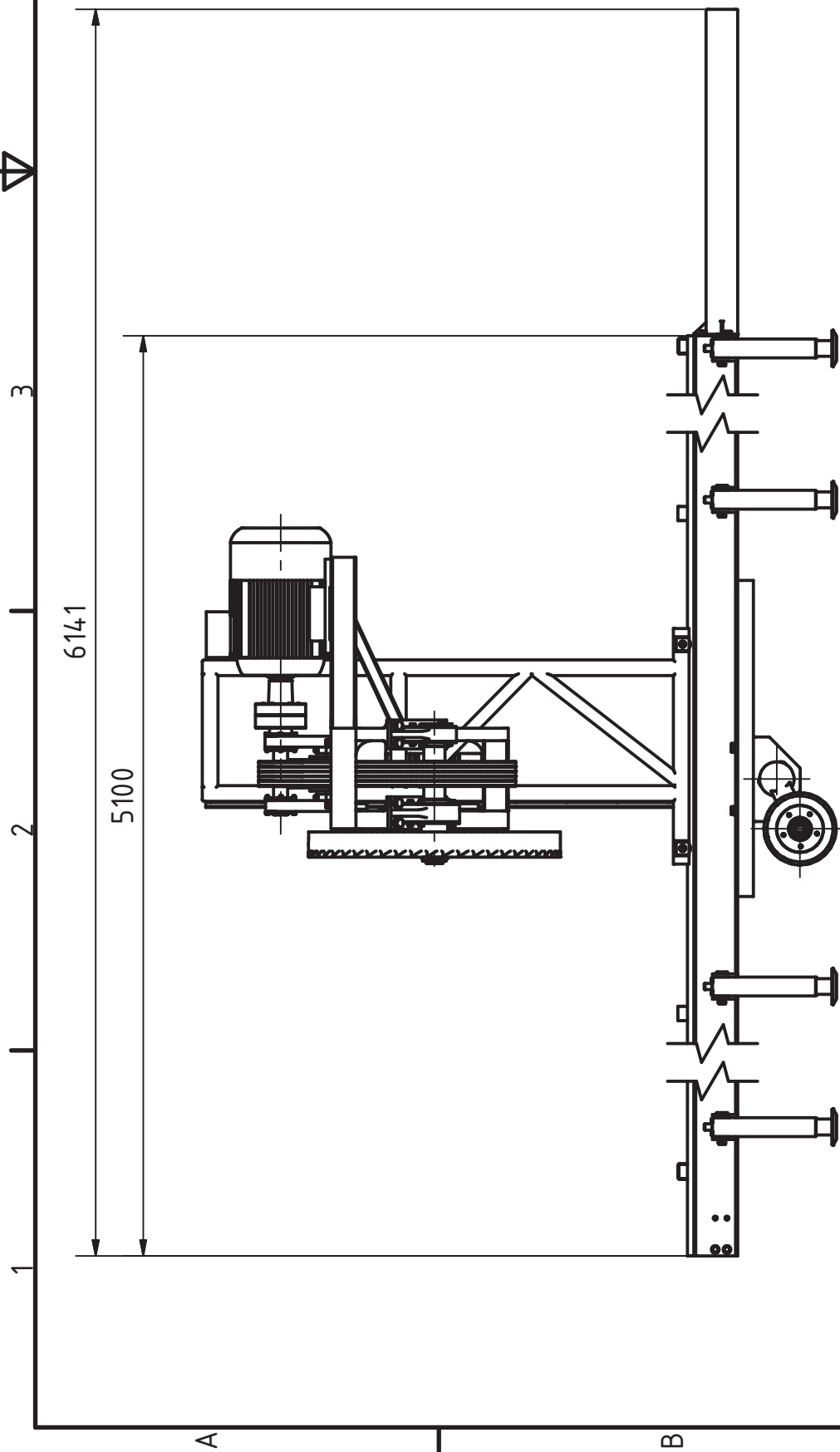
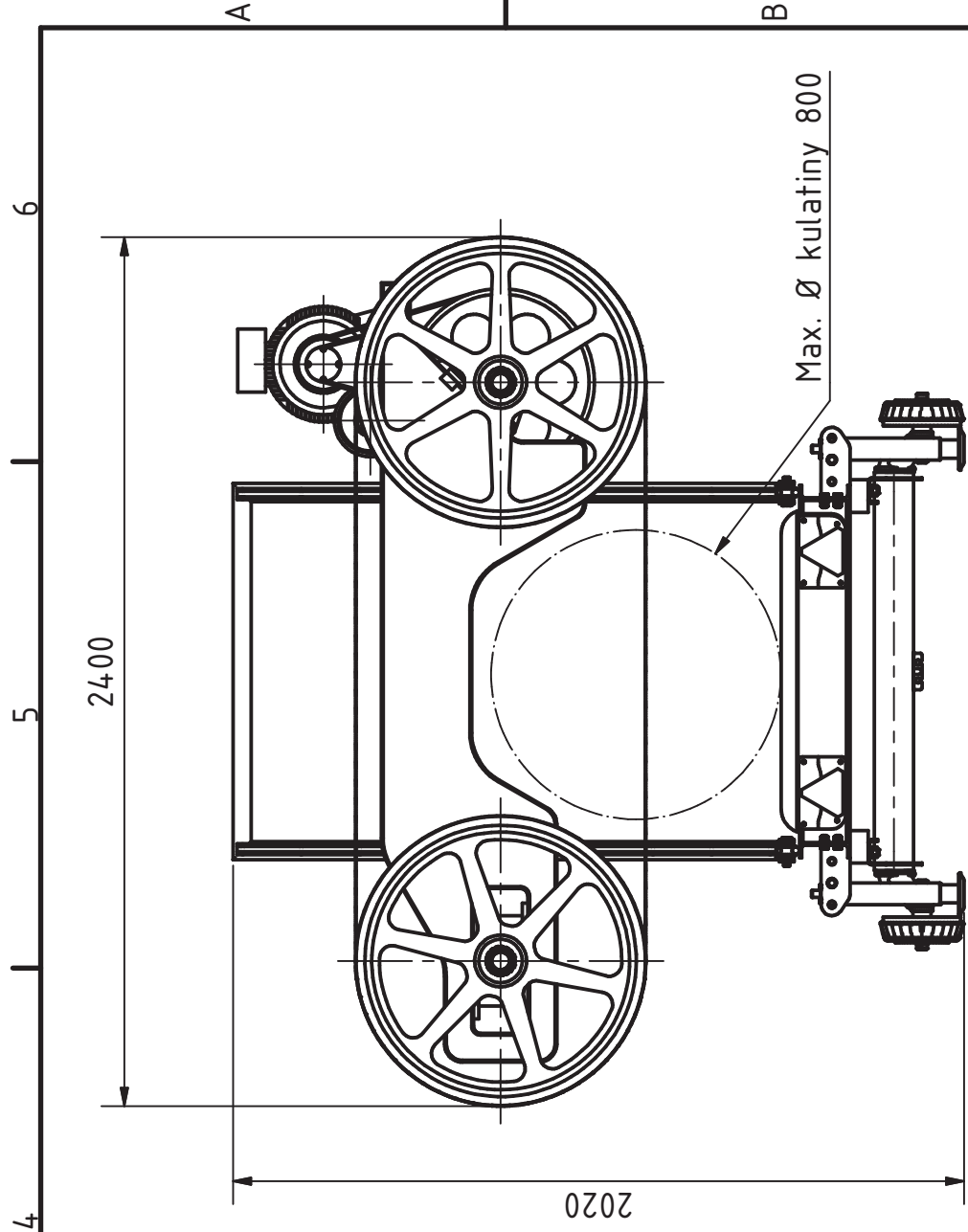
Seznam volně vložených příloh

- [1] Výrobní výkres hřídele hnacího kola
- [2] Dispoziční výkres mobilní pásové pily
- [3] Dispoziční výkres pilového ramene
- [4] Výkres sestavy uložení hřídele hnacího kola
- [5] Kusovník sestavy uložení hřídele hnacího kola

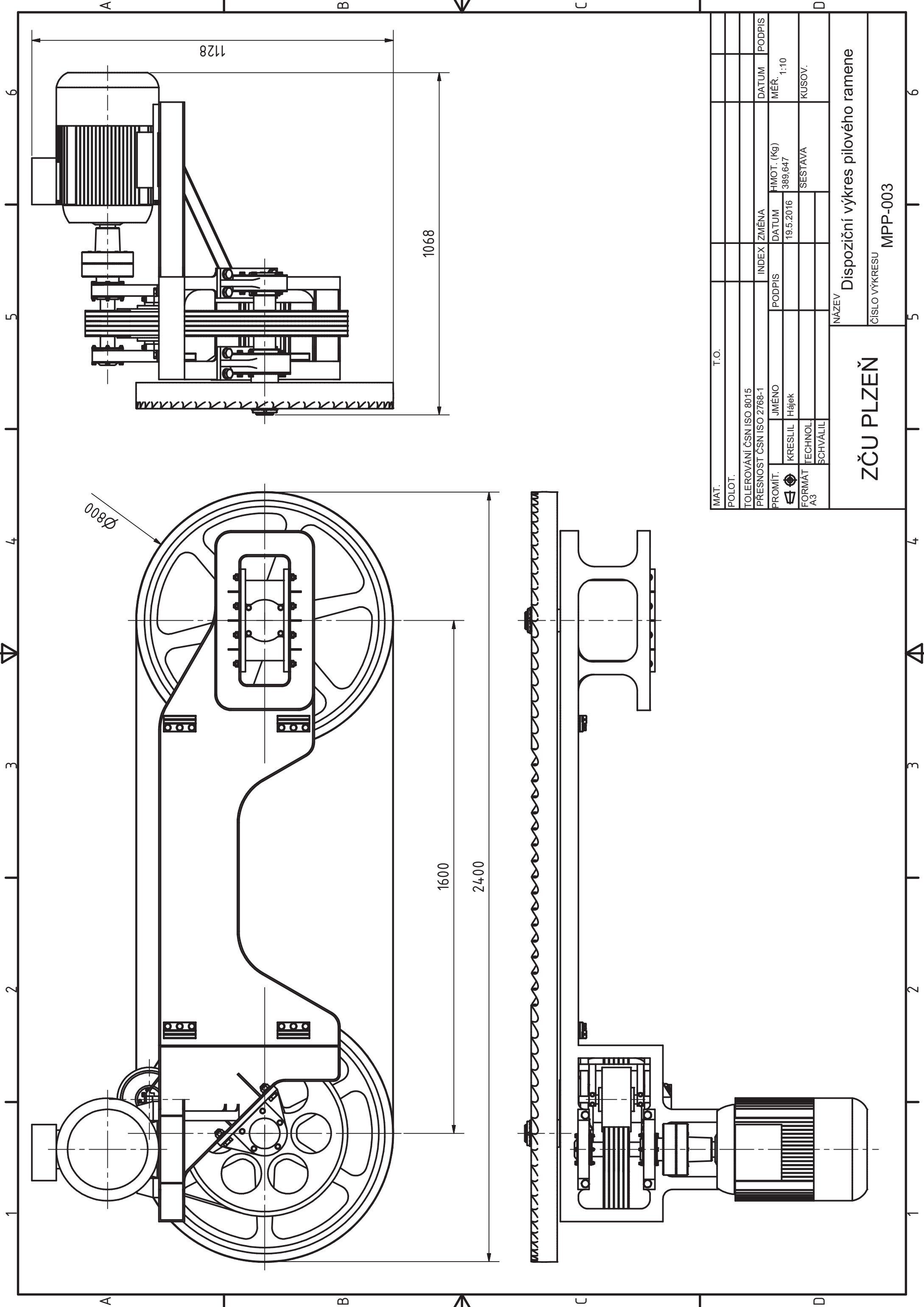


MAT. 11500		T.O. 001					
POLOT. Ø85 ČSN 42 5510							
TOLEROVÁNÍ ČSN ISO 8015							
PŘESNOST ČSN ISO 2768-1							
PROMÍT.	JMÉNO	PODPIS	INDEX	ZMĚNA	HMOT. (Kg)	DATUM	PODPIS
☞	KRESLIL Hájek				11,11	4.4.2016	MÉR. 1:2
FORMÁT A3	TECHNOL.				SESTAVA MPP-004		KUSOV.
	SCHVÁLIL						
NÁZEV				Hřídel hnacího oběžného kola			
ČÍSLO VÝKRESU				MPP-001			

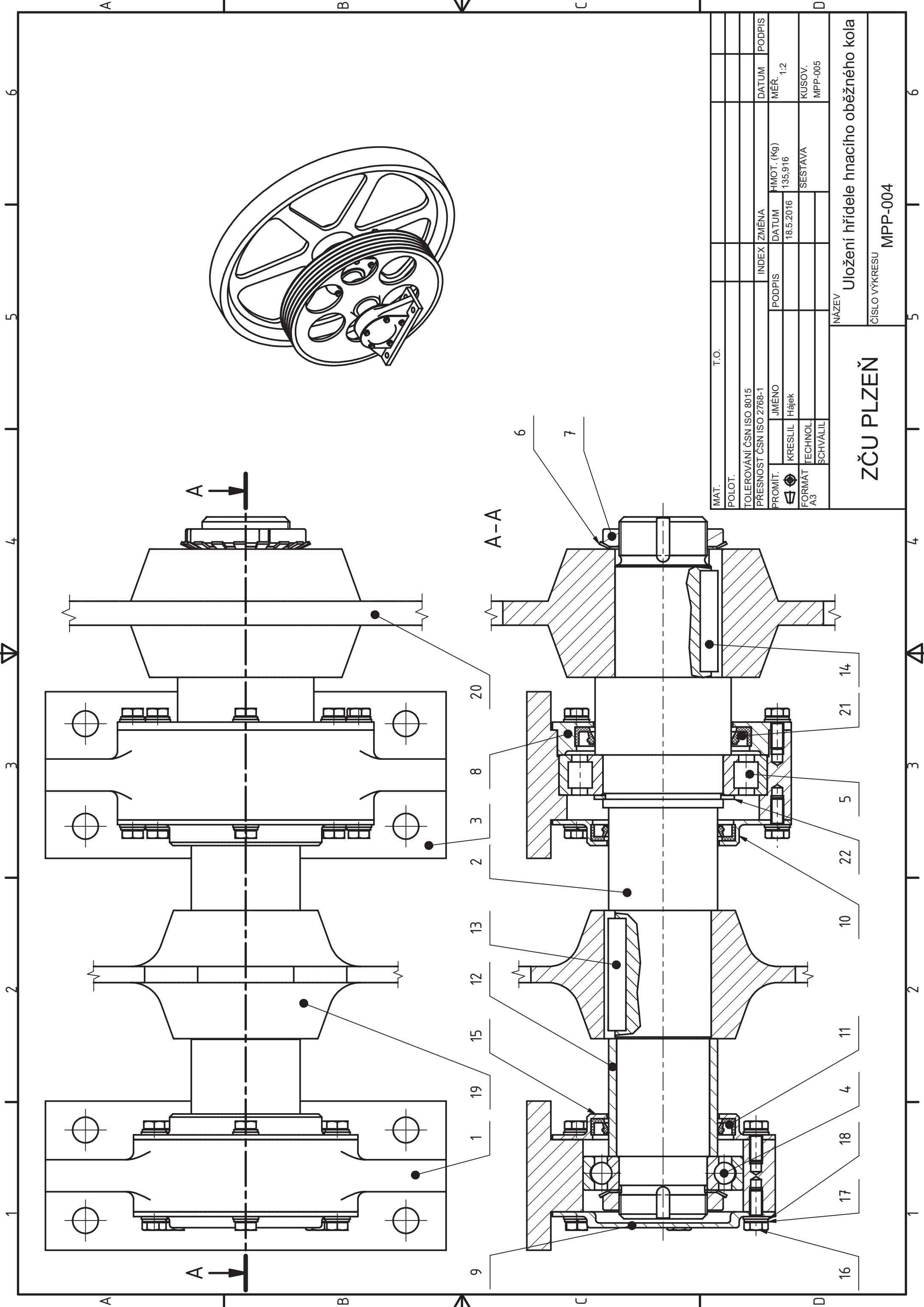
ZČU PLZEŇ



MAT.	T.O.	INDEX	ZMĚNA	DATUM	HMOT. (Kg)	DATUM	PODPIS	DATUM	PODPIS
POLOT.					821,39	19.5.2016		MĚR. 1:20	
TOLEROVÁNÍ ČSN ISO 8015									
PŘESNOST ČSN ISO 2768-1									
PROMÍT.	JMĚNO	PODPIS							
☑	KRESLIL Hájek								
☑	TECHNOL.								
A3	SCHVÁLIL								
NÁZEV		DISPOZIČNÍ VÝKRES		SESTAVA		KUSOV.			
ZČU PLZEŇ		Dispoziční výkres mobilní pásové pily		MPP-002					
ČÍSLO VÝKRESU									




MAT.	T.O.	INDEX	ZMĚNA	DATUM	HMOT. (Kg)	DATUM	PODPIS	DATUM	PODPIS
POLOT.									
TOLEROVÁNÍ ČSN ISO 8015									
PŘESNOST ČSN ISO 2768-1									
PROMÍT.	JMĚNO	PODPIS	DATUM	HMOT. (Kg)	MĚR.				
☑	KRESLIL Hájek		19.5.2016	389,647	1:10				
FORMÁT A3	TECHNOL.			SESTAVA					
	SCHVÁLIL								
NÁZEV		Dispoziční výkres pilového ramene							
ČÍSLO VÝKRESU		MPP-003							



MAT.	T.O.	INDEX	ZMĚNA	DATUM	HMOT. (Kg)	PODPIS	DATUM
POLOT.					135,916		
TOLEROVÁNÍ ČSN ISO 8015							
PŘESNOST ČSN ISO 2768-1				18.5.2016			MĚR. 1:2
PROMÍT.							
FORMÁT A3							
KRESLIL Hájek							
TECHNOL.							
SCHVÁLIL							
NÁZEV		Uložení hřídele hnacího oběžného kola		KUSOV. MPP-005			
ČÍSLO VÝKRESU		MPP-004					

PO	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	NORMA	MATERIÁL	HMOTNOST
1	1	LOŽISKOVÝ DOMEK 1		ČSN 42 2420	6,795 kg
2	1	HŘÍDEL HNACÍHO KOLA		ČSN 41 1500	11,110 kg
3	1	LOŽISKOVÝ DOMEK 2		ČSN 42 2420	7,258 kg
4	1	LOŽISKO - SKF 6211	DIN 625		0,588 kg
5	1	LOŽISKO - SKF NUP 215 EC	DIN 5412 SKF		1,274 kg
6	2	PODLOŽKA - MB11	DIN 981		0,024 kg
7	2	MATICE - KM 11	DIN 981		0,175 kg
8	1	VÍKO LOŽISKOVÉHO DOMKU 2A		ČSN 41 1500	1,005 kg
9	1	VÍKO LOŽISKOVÉHO DOMKU 1B		ČSN 41 1500	0,488 kg
10	1	VÍKO LOŽISKOVÉHO DOMKU 2B		ČSN 41 1500	0,481 kg
11	2	GUFERO - 68 x 90 x 10 - NBR	DIN 3760		0,012 kg
12	1	ROZPĚRNÁ TRUBKA		ČSN 41 1500	0,570 kg
13	1	PERO 18 x 11 x 70	DIN 6885		0,103 kg
14	1	PERO 18 x 11 x 63	DIN 6885		0,092 kg
15	1	VÍKO LOŽISKOVÉHO DOMKU 1A		ČSN 41 1500	0,393 kg
16	20	ŠROUB - M8 x 20	DIN EN 24 017		0,014 kg
17	20	PODLOŽKA 8	DIN 128		0,001 kg
18	20	PODLOŽKA 8	DIN 126		0,002 kg
19	1	GUFERO - 85 x 110 x 12 - NBR	DIN 3760		0,021 kg
20	1	POJISTNÝ KROUŽEK - 75x2,5	DIN 471		0,024 kg
21	1	OBĚŽNÉ KOLO		ČSN 42 2420	79,545 kg
22	1	VELKÁ ŘEMENICE		ČSN 42 2420	25,407 kg

MAT.		T.O.					
POLOT.							
TOLEROVÁNÍ ČSN ISO 8015							
PŘESNOST ČSN ISO 2768-1		INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS		
PROMÍT.		JMÉNO	PODPIS	DATUM	HMOT. (Kg)	MĚŘ.	
	KRESLIL	Hájek		18.5.2016	135,916		
FORMÁT A4	TECHNOL.				SESTAVA MPP-004	KUSOV.	
	SCHVÁLIL						
ZČU PLZEŇ		NÁZEV Kusovník					
		ČÍSLO VÝKRESU MPP-005					