



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

AUTOMATIZACE A OPTIMALIZACE KONSTRUKCE A PRACOVNÍHO PROCESU HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČKY NA PALIVOVÉ DŘEVO

AUTOMATIZATION AND OPTIMALIZATION OF DESIGN AND PROCESS OF FIREWOOD
HORIZONTAL LOG SPLITTER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Čechman

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Jan Čechman
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
Akademický rok:	2018/19

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

Automatizace a optimalizace konstrukce a pracovního procesu horizontální štípačky na palivové dřevo

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

DP navazuje na úspěšně realizovanou stavbu a výrobu prototypu horizontální štípačky na dřevo. Po výrobě štípačky v průběhu testování a následně při používání stroje byly odhaleny nedostatky a byl proveden základní soupis činností vedoucích k podstatnému vylepšení, které by značně stroj zrychlily co do procesu štípání a zdokonalily co do konstrukce. V návrhu budou využity znalosti a zkušenosti implementací prvků automatizace a detailnějším rozбором důležitých uzlů stroje, které nebyly dříve řešeny. Cílem je automatizace, optimalizace vybraných technicko-provozních parametrů konstrukce a implementace nových konstrukčních řešení do vlastního návrhu horizontální štípačky na dřevo. Úkol navazuje na již realizovaný stroj. Kritická analýza stávajícího stavu a návrhy na výrazná zlepšení budou vyplývat z provedeného měření na stroji, jeho vyhodnocení a jako nově získané poznatky z provozu štípačky. Výsledkem činností bude významně zlepšený konstrukční návrh horizontální štípačky na dřevo a to optimalizací tvarů a rozměrů s prvky automatizace, splňující legislativu, včetně 3D modelu a výkresové dokumentace zvolených důležitých uzlů stroje, vše se zohledněním technologie výroby stroje (technologičnost konstrukce).

Cíle diplomové práce:

Systémový rozbor řešené problematiky, měření a návrhy na zlepšení stávajícího provedení štípačky, zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.

Implementace prvků automatizace a konstrukční úpravy.

Vypracování úplné konstrukční výkresové dokumentace štípacího stroje, včetně návrhu schémat elektrického a hydraulického obvodu. Komentář k výkresové dokumentaci a ke schématům.

V rámci koncepce stroje je nutné zohlednit průmyslový design a vypracovat analýzu rizik stroje.

Náklady na realizaci konstrukce a výroby.

Závěr a vyhodnocení nových poznatků, doporučení pro další rozvoj problematiky.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, J. a kol. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Třetí vydání. Praha: MM publishing, s. r. o. ISBN- 978-80-260-6780-1.

KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Práce se zaměřuje na návrh a optimalizaci štípacího stroje. Součástí práce je rešerše trhu a technologií samotný konstrukční návrh, jeho optimalizace, návrh pohonného systému, analýza rizik a finanční zhodnocení návrhu. Navržený štípací stroj je upraven pro požadavky automatizace, zohledňuje bezpečnost, průmyslový design a ergonomii.

ABSTRACT

Diploma thesis is focused on design and optimization of log splitter. Thesis consists of search of log splitter types and common used technologies, mechanical design, optimization, design of propulsion system, risk analysis and financial overview. Log splitter is designed to meet needs of automatization. Safety, industrial design and ergonomomy has been considered in the design.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stroj na zpracování dřeva, štípačka dřeva, štípací automat, automatizace procesu, metoda konečných prvků, MKP, hydraulický systém

KEYWORDS

Wood processor, log splitter, automatic log splitter, process automatization, finite element method, FEM, hydraulic system

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČECHMAN, J. *Automatizace a optimalizace konstrukce a pracovního procesu horizontální štípačky na palivové dřevo*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2019, 91 s., Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat mé rodině a zejména rodičům za podporu, které se mi dostávalo po celou dobu mého studia. Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Radkovi Knoflíčkovi, Dr. za rady a ochotu, kterou prokázal při vedení mé diplomové práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 22.5.2019

.....

Bc. Jan Čechman

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA	17
3	ROZDĚLENÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ	19
3.1	Konstrukce rámu.....	19
3.1.1	Vertikální.....	19
3.1.2	Horizontální.....	20
3.1.3	Kombinované.....	20
3.2	Způsob přepravy a manipulace.....	21
3.2.1	Přenosné.....	21
3.2.2	S koly.....	22
3.2.3	Přívěsné.....	23
3.2.4	Nesené/závěsné.....	23
3.2.5	Stacionární.....	24
3.3	Pohon.....	25
3.3.1	Hydraulický pohon.....	25
3.3.2	Mechanický pohon.....	26
3.4	Agregát.....	27
3.4.1	Elektromotor.....	27
3.4.2	Spalovací motor.....	28
3.4.3	Externí pohon.....	29
3.4.4	Kombinovaný pohon.....	30
3.5	Použití/účel.....	31
3.5.1	Hobby.....	31
3.5.2	Profesionální.....	32
3.5.3	Průmyslové stroje.....	34
3.6	Příslušenství.....	36
3.6.1	Zvedací zařízení.....	36
3.6.2	Posun klád.....	37
3.6.3	Pila.....	38
4	KONCEPCE STROJE	39
4.1	Přehled požadavků na novou štípačku.....	39
4.2	Obecné zařazení stroje.....	39
4.3	Parametry dřeva.....	39
4.3.1	Hmotnost dřeva.....	40
5	NÁVRH A VÝPOČTY	41
5.1	Konstrukční návrh.....	41
5.1.1	Nosný rám.....	41
5.1.2	Štípací nástroj.....	45
5.1.3	Tlačná deska.....	46
5.1.4	Zvedací rampa.....	47
5.1.5	Návrh řetězové pily.....	47
5.1.6	Pásový dopravník.....	48
5.1.7	Přítlačná rolna.....	49
5.1.8	Odpadová dvířka.....	49
5.1.9	Přítlačná páka.....	49

5.1.10	Propadová dvířka.....	50
5.2	Návrh hydraulického systému	51
5.2.1	Hydraulické schéma	51
5.2.2	Elektromotor.....	51
5.2.3	Hydrogenerátor.....	52
5.2.4	Hydromotory	52
5.2.5	Ventily	53
5.2.6	Ostatní hydraulické prvky	54
5.2.7	Výpočty	56
5.3	Automatizace stroje	60
5.3.1	Koncepce	60
5.3.2	Řídící systém	62
6	ANALÝZA RIZIK STROJE	65
6.1	Základní popis	65
6.2	Vstupy a výstupy stroje	65
6.3	Analýza významných nebezpečí	66
6.4	Přehled identifikovaných závažných nebezpečí	68
6.5	Odhad rizik	70
7	FINANČNÍ NÁKLADY	75
8	OPTIMALIZACE	77
8.1	Zhodnocení optimalizace návrhu	77
8.2	Doporučený rozvoj problematiky	78
9	ZÁVĚR	79
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	81
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	85
12	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	87
13	SEZNAM PŘÍLOH	89

1 ÚVOD

V oblasti zpracování dřeva došlo v posledních desetiletích k výraznému technickému pokroku. Dřevo je stále velmi oblíbeným druhem paliva. Díky velké konkurenci si dnešní doba žádá výrazné zvyšování efektivity štípacích strojů. Jelikož zefektivnění pomocí standardní mechanizace již naráží na své limity, dalším krokem pro průmyslové štípací stroje je nevyhnutelně automatizace strojů. Návrh štípacího automatu vyžaduje zkušenosti a znalosti z reálného provozu. Dřevo je složitý vstupní materiál pro automatické stroje, jelikož se s každým kusem mění jeho tvarová pravidelnost, vnitřní struktura, povrch, průměr a další parametry.

Diplomová práce se zaměřuje na návrh nové konstrukce, která umožňuje automatizaci stroje. Díky rešerši a následnému návrhu koncepce vznikl nový návrh stroje. Návrh byl vypracován do podoby 3D CAD modelu. Jednotlivé jeho části jsou rozebrány, optimalizovány, případně navrženy zcela nově. Součástí práce je analýza rizik a finanční zhodnocení.

Pro toto téma jsem se rozhodl, protože chci zužitkovat znalosti nabyté při návrhu a realizaci štípacího stroje, který byl předmětem mé bakalářské práce, zejména pak také zkušenosti, které jsem nabyl při jeho následném provozu. Při návrhu a optimalizaci jsou reálné zkušenosti se strojem vždy velkou výhodou a umožňují lepší pohled na danou problematiku.

2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA

Štípání dřeva je jedna ze základních operací při zpracování palivového dřeva. Jedná se o dělení větších špalků dřeva na kusy menší, které jsou vhodnější k topení v kotlech, krbech, či grilech. Dřevo je anizotropní materiál. Štípání probíhá vždy v podélném směru polena. V případě dělení dřeva v příčném směru mluvíme o tzv. sekání, či řezání. Nejznámějším nástrojem ke štípání dřeva je sekera, která ke štípání využívá kinetickou energii padajícího klínu. Nevýhodou je vysoká náročnost, nízká produktivita a v neposlední řadě také nebezpečí, kterému je člověk při štípání sekerou vystaven. Je zřejmé, že s rozvojem techniky došlo k mechanizaci štípání. Cílem je eliminovat náročnou práci a přenechat ji stroji. Širší výskyt štípacích strojů v domácnostech lze pozorovat zejména v posledních dvou desetiletích. Štípačky se staly cenově dostupnou alternativou ručního štípání. Dříve bylo mechanizované štípání spíše doménou domácích kutilů.

Při výběru štípačky je třeba zvážit parametry stroje. Jedno z hlavních kritérií při výběru je štípací síla. Stejně jako je tomu například u tvářecích strojů, i v tomto odvětví se setkáváme se slangovým uváděním síly v tzv. „tunách“. Je zřejmé, že sílu nelze vyjadřovat jednotkou hmotnosti, nicméně pro laickou veřejnost je to snáze představitelné přirovnání. Slangovou terminologii využívají i prodejci štípacích strojů, kteří udávají štípací sílu téměř výhradně právě v tunách. Lze narazit také na pojem „štípací tlak“, který je zcela chybný. Štípací síla by měla být udávána výhradně v Newtonech [N]. Další parametry, které je třeba brát v potaz při výběru štípacího stroje, jsou konstrukce rámu, délka štípacího (pracovního) prostoru, maximální průměr špalku, hodinová produkce, spotřeba paliva či elektrické energie, počet osob k obsluze, míra mechanizace procesu, mobilita zařízení atd.

Přepočítání tuny na sílu v [N].

$$F = m \cdot g \tag{1}$$

$$F = 1000 \cdot 9,81 = 9810 \text{ N} = 9,81 \text{ kN}$$

Kde:

F – štípací síla [N]

g – gravitační zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

m – hmotnost [kg]

3 ROZDĚLENÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ

Nejlevnější štípací stroj lze pořídit již za pár tisíc korun, avšak u průmyslových štípaček linek může cena sahat až do milionů Kč. Je zřejmé, že při pokrytí tak širokého cenového rozpětí došlo k vývoji mnoha konstrukčních řešení, alternativ a variant. Níže jsou jednotlivé typy štípacích strojů logicky rozčleněny.

3.1 Konstrukce rámu

Konstrukce rámu je jeden z klíčových parametrů, které je třeba zvážit při výběru štípacího stroje. Z orientace rámu se odvíjí následné uložení štípacího mechanismu a orientace polena při štípání. Správně zvolená konstrukce rámu také určuje ergonomii a bezpečnost pro operátora. Obecně lze štípací stroje rozdělit do následujících skupin.

3.1.1 Vertikální

Jedná se o konstrukci, kde je rám a hydraulický přímočarý motor orientován ve vertikální poloze. Vertikálně se umísťuje také poleno, které je sevřeno ovládacími pákami tak, aby nedošlo k převření. Ovládací páky slouží operátorovi nejen k přidržování polena ve vertikálním směru, ale zejména k ovládnutí pohybu klínu. Velkou výhodou jsou nízké nároky na plochu potřebnou k provozu stroje, což napomáhá také jeho snadnému uskladnění. Další velkou výhodou je jednoduchá manipulace po tvrdém povrchu, kterou zpravidla zajišťují kola na zadní straně stroje. Třetí výhodou je možnost volby výšky stolu, tedy i délky štípaného polena. Většina výrobců vertikální štípačky vyrábí s odnímatelnými stoly pro polena o délce 50–60 cm a 100–140 cm. Nevýhodou je složitá a náročná manipulace se strojem na nezpevněném a členitém terénu. Další nevýhodou jsou vyšší požadavky na kolmost a rovnost řezu štípaného špalku, zejména u delších kusů dřeva. Štípačka Scheppach HL1200S, je typickým představitelem nejoblíbenějších horizontálních štípaček. (obr. 1) [3]



Obrázek 1 Vertikální štípačka Scheppach HL1200S [3]

Vertikální štípačky používají k pohybu klínu lineární přímočarý hydromotor. Při štípání dochází k zatahování pístnice do válce, což vede k vyššímu opotřebení těsnění a vedení pístnice. U levnějších modelů se po několika letech často projevují úniky právě v této části přímočarého hydromotoru. Toto zapojení přímočarého hydromotoru neumožňuje dosahovat velkých štípacích sil z důvodu využívání menší plochy pístu při štípání. Naopak toto uspořádání napomáhá při zpětném chodu, kdy je možno využít diferenciální zapojení hydromotoru, a tak dosáhnout vyšší rychlosti zpětného chodu. [3]

3.1.2 Horizontální

Jde o konstrukci, kdy je rám a přímočarý hydromotor orientován v horizontální poloze. Horizontálně se umísťuje také špalek, který je ve správné poloze přidržován operátorem, nebo jeho ustavení zajišťuje miskovitý tvar štípacího prostoru. Toto konstrukční uspořádání rámu je prostorově náročnější než provedení vertikální. U větších horizontálních štípaček je výhodou oddělení operátora z bezprostřední blízkosti štípaného špalku, což zvyšuje bezpečnost horizontálních strojů. Tato konstrukce dále také přináší zvýšený komfort obsluhy, která nemusí pohybovat se špalkem ve vertikálním směru, ale může špalkem jednoduše posouvat, aniž by hrozilo jeho převržení. Větší modely jsou často vybaveny plošinou na zvedání polen, podobně jako štípačka AMT H17. (obr. 2) [10] [8]



Obrázek 2 Horizontální štípačka AMR H17 [10]

3.1.3 Kombinované

Jde o štípačky, které lze provozovat jak v horizontální, tak vertikální poloze. Štípačka má výchozí uspořádání, ve kterém je možno ji transportovat, avšak jednoduchou rotací na čepu lze rám přeorientovat. Toho se využívá například v případě, kdy operátor chce štípat velké špalky, které by nebyl schopen zvednout na pracovní stůl v horizontálním uspořádání. Nejčastější výchozí pozice je poloha horizontální, ve které lze se štípačkou manipulovat. Zajímavou štípačku tohoto uspořádání, s homologací pro provoz na pozemních komunikacích, nabízí firma AMR pod označením VMR 16 EES. (obr. 3) [10]

Alternativou kombinované konstrukce je štípačka A12 VARIO od firmy Balfor (obr. 4), která nabízí až 4 polohy rámu. Výchozí je vertikální uspořádání, které slouží také pro manipulaci se strojem. [11]



Obrázek 4 Štípačka AMR VMR 16 EES [10]



Obrázek 3 Štípačka A12 VARIO [11]

3.2 Způsob přepravy a manipulace

Další důležitý parametr při výběru štípačky je možnost manipulace a převozu. Následující rozdělení mapuje aktuální dostupné varianty na trhu.

3.2.1 Přenosné

Jedná se o stroje s nízkou hmotností do 60 kg, což umožňuje jednoduchou manipulaci. Štípačku dokáže přenést jedna osoba, případně je vybavena koly pro jednodušší transport a vyšší bezpečnost při manipulaci. Typickým představitelem jsou malé horizontální štípačky. (obr. 5) [1]



Obrázek 5 Přenosná hobby štípačka Scheppach 450HL [1]

3.2.2 S koly

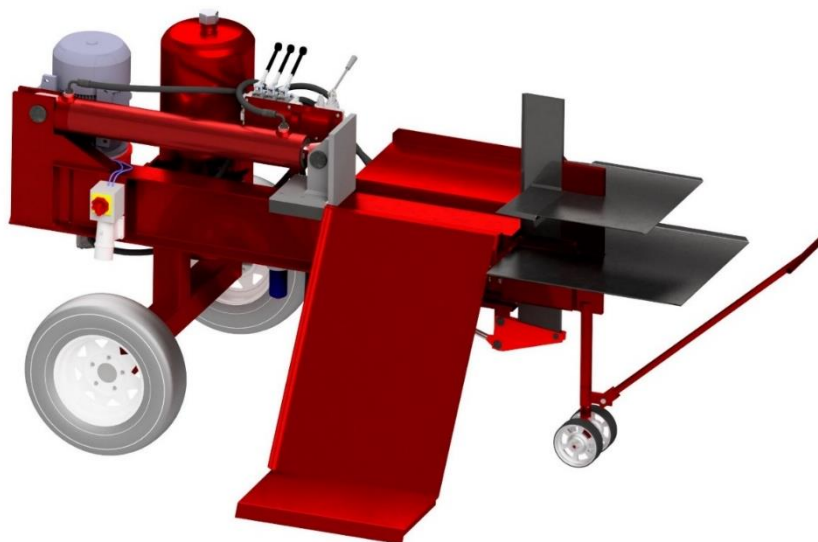
Jde o štípačky, které jsou vybaveny koly k přesunu na krátké vzdálenosti. Zpravidla se jedná o pohyb po pracovišti a převoz z místa skladování k místu uskladnění dřeva. Kola také značně usnadňují přemístění štípačky na přívěs, či nákladní automobil, pokud má být převezena na delší vzdálenosti. U vertikálních štípaček je nutné k převozu stroj naklonit, kola se tak dostanou do kontaktu s podlahou a váha stroje tak spočívá na kolech. Operátor balancuje stroj tak, aby nedošlo k převržení a může jej táhnout, případně tlačit, na požadované místo. (obr. 1)

U horizontálních štípaček jsou kola využívána jako podpora i v případě, když štípačka jen stojí a není sním manipulováno (obr. 7), z toho důvodu je lepší štípačku osadit pevnými koly. V případě použití kol nafukovacích má štípačka tendence poskakovat, při manipulaci s těžkými kusy dřeva, což je nežádoucí. K přemístění je nutné odlehčit opěrné body a štípačku táhnout, či tlačit. Jelikož operátor musí při transportu nést značnou zátěž, tak se těžké součásti jako je motor, či nádrž na hydraulickou kapalinu, montují co nejbližší k ose kol.

U větších modelů může být horizontální štípačka vybavena předním říditelným kolem. Při převozu je potom možné štípačku táhnout a pomocí tyče ovládat směr jízdy. (obr. 6)



Obrázek 7 Horizontální štípačka Green Mech HEL 09 [9]



Obrázek 6 Horizontální štípačka s říditelným předním kolem [12]

3.2.3 Přívěsné

Jde o štípačky, které jsou vybaveny silničními nafukovacími koly, podobně jako přívěsný vozík za automobil. Rám je vybaven ojí s tažným kloubem, pro připojení na tažné zařízení osobního vozu, nebo okem, kterým je možné štípačku připojit například k traktoru. Tato varianta je vhodná v případě, kdy je štípačka často převážena na dlouhé vzdálenosti. Při nákupu přívěsné štípačky je důležité dbát na to, jestli je štípačka homologována pro provoz na pozemních komunikacích. Zajímavé stroje tohoto typu nabízí firma Hakki Pilke. (obr. 8) [13]



Obrázek 8 Přívěsná štípačka Hakki Pilke Hawk 25 [13]

3.2.4 Nesené/závěsné

Jde o štípačky, které ke svému přemístění vyžadují připojení k jinému stroji, zpravidla traktoru. Po připojení štípačky k upínacím bodům traktoru dojde k nadzvednutí celé konstrukce. Štípačka je po zvednutí nesená a je možné ji převážet. U některých modelů je k provozu nutné mít štípačku permanentně připojenou k traktoru a není možné ji provozovat nezávisle. Příkladem je například štípačka King Hydra 20T od firmy Bystroň (obr. 9). [14]



Obrázek 9 Nesená štípačka Bystroň Hydra 20T [14]

Zajímavou a netradiční konstrukcí štípačky je zavěšení štípačky na pohyblivé rameno bagru, harvesteru nebo jiného manipulátoru (obr. 10). Štípačka je pomocí ramene přemístěna ke kusu dřeva, který je následně štípnut. Operátor vše řídí z kabiny vozidla. Podobně jsou vyráběny i varianty určené pro smykem řízené nakladače známé spíše pod názvem UNC. Princip štípačky je totožný, pouze manipulace a navádění je složitější než u jeřábového provedení, jelikož se nakladač musí pohybovat mezi kusy dřeva. Závěsná varianta štípačky je vhodná na těžké špalky o velkém průměru, které by bylo možné jen složitě štípat a přemísťovat na konvenčních strojích.



Obrázek 10 Závěsná štípačka AMR HHY25 [10]

3.2.5 Stacionární

Jde o štípačky, které vykonávají svou práci na jednom místě. Štípačka není vybavena žádným mechanismem, který by umožňoval její přesun. V případě přesunu je nutné využít nakladače a těžkou techniku. Stacionární štípačky jsou zpravidla součástí celé štípací linky, kde na sebe jednotlivé stroje vzájemně navazují. Linka bývá navržena pro konkrétní potřeby zákazníka a ten ji využívá k průmyslové produkci štípaného dřeva. Další typ stacionárních štípaček jsou štípačky na velmi velké průměry špalků, případně na dlouhé kusy dřeva. (obr. 11) [15] [16]



Obrázek 11 Štípačka Super Splitter od firmy Bell's machining [16]

3.3 Pohon

Každá štípačka ke štípání využívá nástroj, který je pomocí síly protlačován dřevem a jednotlivá vlákna jsou tak odtržena od sebe. Princip vzniku této síly se může lišit na základě zvolené technologie. Následující rozdělení mapuje nejběžnější typy pohonů, se kterými se lze běžně setkat.

3.3.1 Hydraulický pohon

Hydraulické štípačky využívají ke své funkci sadu hydraulických prvků, které jako celek tvoří hydraulický systém. Ten funguje na principu přeměny vstupní mechanické energie na hydraulickou. Tato přeměna je vykonávána v hydrogenerátoru, kde vzniká proud hydraulické kapaliny a tlak. Hydraulická kapalina je následně pomocí soustavy vysokotlakých trubek, hadic a ventilů dopravena do lineárního hydromotoru, kde působí na píst. Energie hydraulická je přeměněna zpět na energii mechanickou, konkrétně na translační pohyb pístu a pístnice. [17]

Hydraulické systémy mají řadu pozitivních vlastností, jako je například:

- přenos energie až na vzdálenost několika desítek metrů s uspokojivou účinností
- možnost libovolného prostorového uspořádání komponent hydraulického systému
- jednoduchá ochrana proti přetížení
- snadné řízení parametrů (tlak, průtok, otáčky, rychlost, moment, výkon)
- při využití minerálních olejů je zajištěno mazání a konzervace hydraulického systému
- malá citlivost na přetížení (hydromotor může být z důvodu přiměřeného přetížení zastaven na libovolnou dobu bez poškození)
- snadný odvod tepla kapalinou z hydraulických komponent a následně z kapaliny [17]

Hydraulické systémy mají i řadu nevýhod, patří mezi ně:

- nižší účinnost než u přenosu energie mechanicky
- vysoké nároky na přesnost součástí hydraulických prvků z důvodu maximální těsnosti
- vysoké nároky na čistotu hydraulické kapaliny
- závislost mechanismu na vlastnostech kapaliny (změna teploty způsobuje změnu viskozity kapaliny, což má zásadní vliv na velikost průtoku jak netěsnostmi, tak samotným hydraulickým vedením)
- nepříznivé chemické vlastnosti kapalin a jejich hořlavost (při úniku může dojít ke vznícení kapaliny, případně může způsobit znehodnocení půdy) [17]

Díky převaze pozitivních vlastností jsou štípačky s hydraulickým systémem v dnešní době nejrozšířenější variantou.

3.3.2 Mechanický pohon

Mechanické štípačky ke své funkci zpravidla využívají změnu rotačního pohybu na pohyb translační. Níže jsou rozebrány jednotlivé varianty mechanických pohonů.

Štípačka kinetická

Kinetické štípačky akumulují energii do rotujícího setrvačníku. Tato kinetická energie je spotřebovávána v krátkých a rychlých cyklech, kdy dochází ke štípání špalku. Při štípání dochází k poklesu otáček setrvačníku. V mezičase, kdy obsluha připravuje další špalek ke štípání, motor pomocí řemenového převodu roztáčí setrvačnick zpět na jmenovité otáčky. [18]

Setrvačnick je pevně spojen s pastorkem o malém počtu zubů. Při zahájení štípání dochází k zařazení ozubení hřebenové tyče do ozubení pastorku pomocí pákového mechanismu. Jakmile je celá délka hřebenové tyče pastorkem vytlačena, pákový mechanismus automaticky vyskakuje a hřebenová tyč je tažnou pružinou vrácena zpět do výchozí polohy. (obr. 12) [18]

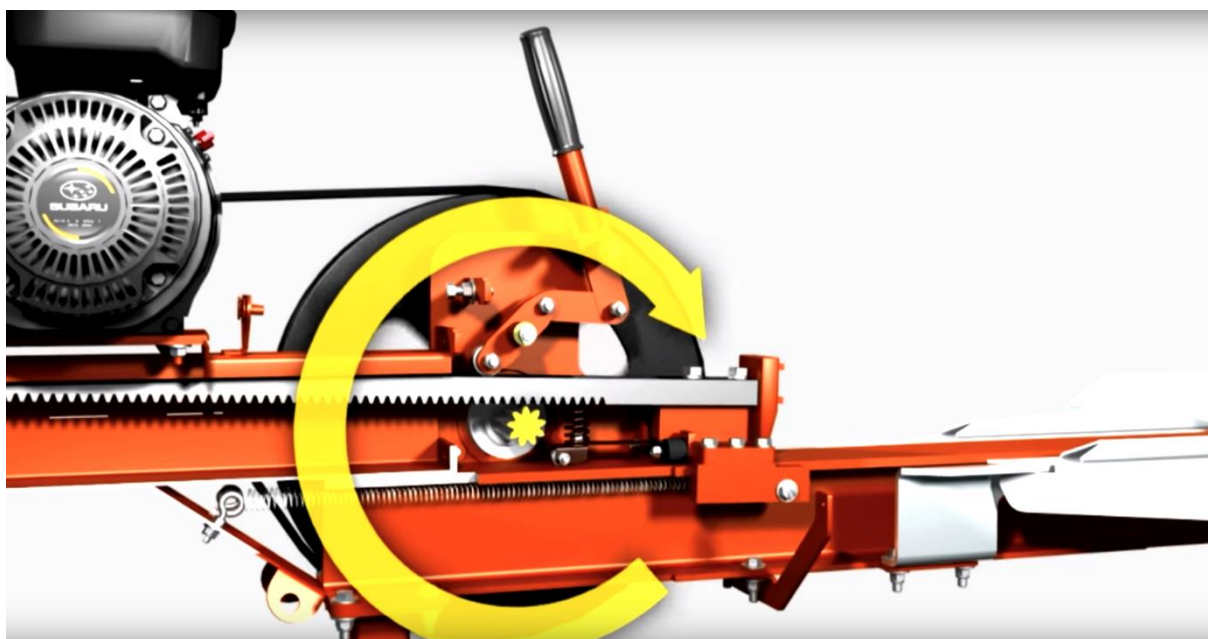
Níže je výčet pozitivních a negativních vlastností systému.

Výhody:

- velmi rychlý systém (kompletní cyklus i s návratem trvá cca 3 s)
- nevyžaduje provozní kapaliny

Nevýhody:

- absence regulace rychlosti
- prakticky nemožné zastavení štípacího cyklu (potenciálně velmi nebezpečný systém)
- opotřebení ozubení z důvodu opakovaného řazení
- vyžaduje pravidelné mazání a čištění ozubeného převodu
- nevhodné na štípání velkých, či dlouhých špalků [18]



Obrázek 12 Princip funkce kinetické štípačky Dr Rapid Fire XL [18]

Štípačka kuželová

Jedná se o mechanismus, který ke štípaní využívá rotujícího kuželu s nesymetrickým závitem. Kužel je poháněn vývodovou hřídelí traktoru, jejíž kroučící moment je přenášen pomocí kardanové hřídele. Celá štípačka je uchycena na traktoru třibodovým závěsem. Štípaní probíhá nabodnutím špalku na špičku kužele. Působením rotace kužele dochází k zašroubování závitu do dřeva. Díky zvětšujícímu se průměru kužele dochází k roztržení špalku, tedy jeho štípnutí. Štípačku tohoto typu prodává mimo jiné firma Tlamka – zahradní technika. (obr. 13) [19]



Obrázek 13 Kuželová/šroubová štípačka [19]

Alternativním pohonem kuželu je asynchronní elektromotor. Spojení motoru a kužele je zprostředkováno řemenovým převodem, který zároveň plní funkci pojistky proti přetížení. Některá provedení štípaček mají kužel pevně spojen hřídelí motoru, otáčky kužele se tedy rovnají otáčkám motoru.

Kuželová štípačka je velmi nebezpečné zařízení. V případě, že využívá pohonu traktoru, neexistuje varianta nouzového vypnutí. Hrozí zachycení rukavice, či rukávu do závitu kužele, ze kterého není úniku. Následky takové nehody mohou být fatální. Pro její nebezpečnost je kuželová štípačka spíše doménou domácích kutilů. [20]

3.4 Agregát

Ať už se jedná o jakoukoli strojovou štípačku, vždy ke své funkci vyžadují rotační agregát, který danému štípacímu mechanismu dodává požadovaný výkon a kroučící moment. Níže je přehled možných variant pohonu štípaček, které se objevují na trhu.

3.4.1 Elektromotor

Pro elektrický pohon štípaček se používají výhradně asynchronní elektromotory. U malých štípaček jsou to malé jednofázové motory s jmenovitým výkonem do 1,5 kW a provozním napětím 230 V. U větších strojů se používají třífázové asynchronní elektromotory jmenovitým výkonem 2 kW – 7,5 kW s provozním napětím 400 V. U průmyslových strojů pak jmenovitý výkon motoru může dosahovat až 20 kW. Při rozběhu elektromotoru je nutné použít speciálních spouštěcích mechanismů, aby byly omezeny proudové rázy.

Asynchronní elektromotor je velmi všestranný a může být použit u všech typů štípaček. V případě, že se jedná o štípačku hydraulickou, je na asynchronní elektromotor nejčastěji přišroubována příruba, na kterou je následně přišroubován hydrogenerátor (obr. 14). Elektromotor a hydrogenerátor je spojen spojkou s elastickým členem, který slouží k tlumení rázů a vibrací.

Výhody asynchronních elektromotorů jsou:

- tichý, čistý a bezúdržbový chod (neprodukuje zplodiny)
- dlouhá životnost
- velký krouticí moment
- nízké provozní a pořizovací náklady
- klidný chod bez vibrací

Nevýhody asynchronních elektromotorů:

- nutnost připojení do rozvodné sítě (nelze použít v odlehlých oblastech)
- proudové špičky/rázy při spouštění motoru
- pro plynulou regulaci otáček nutno dovybavit frekvenčním měničem (vysoké pořizovací náklady)

Díky převaze výhod asynchronních elektromotorů se tento typ agregátu stal populární variantou napříč všemi typy štípaček.



Obrázek 14 Sestava asynchronního elektromotoru, příruby a hydrogenerátoru [21]

3.4.2 Spalovací motor

Pro pohon štípaček spalovacím motorem se používají téměř výhradně zážehové čtyřtaktní motory o výkonu 3–40 koňských sil. Motor je většinou startován manuálně, u lepších modelů se můžeme setkat se startováním elektrickým. Stejně jako je tomu u elektromotorů, i spalovací motor může být použit u všech typů štípaček.

Výhody spalovacích motorů:

- možnost provozu v oblastech, kde není připojení k elektrické síti
- jednoduchá regulace otáček a výkonu motoru

Nevýhody spalovacích motorů:

- hlučnost provozu
- emise zplodin
- vibrace při provozu
- nutná údržba a doplňování pohonných hmot (nebezpečí vzplanutí/výbuchu par, nebo kontaminace půdy)
- nižší životnost
- nízká účinnost

Z přehledu kladů a záporů spalovacích motorů je zřejmé, že spalovací motory mají významné negativní vlastnosti a je vhodné je použít pouze tehdy, je-li to nezbytně nutné, tzn. že zákazník vyžaduje možnost provozu štípačky v odlehlých oblastech bez připojení do elektrické sítě, nebo v dané lokalitě elektrická síť není uzpůsobena na provoz tak výkonného spotřebiče. [22]

3.4.3 Externí pohon

Štípačka s externím pohonem není vybavena vlastním agregátem a musí být poháněna agregátem jiného zařízení. Tento typ pohonu se využívá zejména u hydraulických štípaček. Níže jsou rozděleny jednotlivé varianty externích pohonů.

Vývodová hřídel traktoru

Jedná se o pohon, kdy je hydrogenerátor poháněn vývodovou hřídelí traktoru pomocí kardanové hřídele. Ta přenáší kroutící moment vývodové hřídele na hřídel hydrogenerátoru. Průtok hydrogenerátoru je závislý na zařazených otáčkách vývodové hřídele (540/1000 ot/min) a otáčkách motoru traktoru. Tento typ pohonu při provozu vyžaduje permanentní připojení pomocí třibodového závěsu. Pohon se vyznačuje vysokými provozními náklady, z důvodu nutnosti provozu traktoru při štípání. Manipulace se štípačkou a její přemísťování je s ohledem na přejezd traktoru složitá. Není možné štípat ve stísněných a uzavřených prostorech.

Alternativou od firmy Hakki Pilke, která nahrazuje traktor, je převozný spalovací agregát, který lze spojit se štípačkou pomocí kardanové hřídele (obr. 15). Zážehový motor má výkon 35 koňských sil. Celé zařízení váží 260 kg. Maximální otáčky motoru jsou 3600 ot/s. Maximální otáčky vývodové hřídele jsou redukovány pomocí převodovky na 500 ot/s. [13]



Obrázek 15 Externí agregát Hakki Pilke Powerpack [13]

Hydraulický okruh traktoru

Jde o systém, kdy je hydraulický systém štípačky poháněn hydraulickým systémem traktoru. Propojení hydraulického systému štípačky s hydraulickým systémem traktoru je zprostředkováno pomocí rychlospojek a hydraulických hadic. Štípačka je vybavena hydraulickým rozvaděčem, který slouží k řízení pohybu lineárního hydromotoru, traktor pouze dodává do systému štípačky tlakový olej. Výhody, nevýhody a podmínky provozu jsou totožné jako u pohonu pomocí vývodové hřídele.

Externí hydraulický agregát

Dalším alternativním zdrojem tlakového oleje pro hydraulické štípačky je externí hydraulická jednotka. Jednotka je vybavena motorem, který pohání hydrogenerátor. Tlakový olej je poté dodáván do hydraulického systému štípačky. Stejně jako je tomu u traktorů, i zde je spojení zajištěno hadicemi a rychlospojkami. Hydraulická jednotka má vlastní zásobník oleje. Externí hydraulická jednotka může být osazena spalovacím motorem zážehovým, vznětovým a elektromotorem. (obr. 16) [23]

3.4.4 Kombinovaný pohon

Jedná se o hydraulické štípačky, které ke svému chodu využívají buď asynchronního elektromotoru, kterým jsou vybaveny, nebo pohonu pomocí vývodové hřídele traktoru. Tyto stroje kombinují dvě možnosti pohonu a jsou tak vhodné jak pro odlehlá místa bez elektřiny, kde jsou poháněny traktorem, tak pro štípání na zahradě rodinného domu, či v areálu podniku, kde je možné využít pohon elektromotoru. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady takové štípačky. Oproti standardnímu pohonu pomocí elektromotoru musí být stroj vybaven dvěma hydrogenerátory, připojením na kardanovou hřídel a dodatečnými prvky hydraulického systému. (obr. 17) [24]



Obrázek 17 Externí hydraulická jednotka firmy Procházka MP [23]



Obrázek 16 Štípačka Lumag HEZ 25 s kombinovaným pohonem [24]

3.5 Použití/účel

Cíleným rozšířením produktového portfolia výrobců štípaček, za účelem širšího pokrytí trhu a výrazným snížením ceny základních modelů, došlo k velkému nárůstu prodeje štípaček mezi chalupáře, domácnosti využívající k vytápění dřevo, či podnikatele zabývající se prodejem štípaného dřeva. Snížením ceny profesionálních štípaček a poloautomatů došlo také k nárůstu počtu firem poskytující štípané dřevo, případně štípaní dřeva jako službu. Na základě využití stroje lze štípačky dělit do tří následujících skupin.

3.5.1 Hobby

Malé hobby štípačky jsou stroje určené pro malé domácnosti a chaty. Vychází se z předpokladu, že štípačka bude používána na štípaní kratších kusů dřeva o malém průměru. Maximální štípací síla u těchto typů štípaček se pohybuje mezi 50–70 kN. Konstrukce rámu je zpravidla horizontální. Hobby štípačky jsou většinou vybaveny jednofázovým asynchronním elektromotorem o malém výkonu (1,5–2,2 kW), který je osazen hydrogenerátorem. Štípací proces zajišťuje lineární hydromotor. Tato kombinace neumožňuje dosažení vysoké maximální štípací síly, z důvodu nízkého výkonu elektromotoru. Jde o zařízení s nízkou hodinovou produkcí, nízkou mírou automatizace a nevhodnou ergonomií pro obsluhu. Od hobby strojů také nelze očekávat dlouhou životnost. Jsou to zařízení nejnižší cenové kategorie, což se promítá v kvalitě jednotlivých komponent. Hydraulické hobby štípačky také nejsou konstruovány k nepřetržitému provozu, jelikož nemají dostatečnou zásobu oleje, která by zajistila odvod tepla. Při nepřetržitém chodu, v teplých letních měsících, hrozí přehřátí oleje a zničení hydraulických těsnění v tlakovém okruhu. [2][3]

Výhodou těchto štípaček je nízká hmotnost kolem 50 kg. Se strojem může lehce manipulovat jeden člověk, případně je možno štípačku přenést. Dalšími výhodami jsou kompaktní rozměry, malý objem pracovních kapalin, možnost připojení do elektrické sítě 230 V, což zaručuje použití téměř kdekoli. Cena hobby štípaček začíná cca na 5000 Kč včetně DPH [2].

O hobby štípačkách lze říci, že se jedná o stroje bezpečné a při jejich použití nehrozí velké riziko vzniku úrazu. Jsou konstruovány pro širokou veřejnost bez nároků na manuální zručnost. Hobby štípačky jsou oblíbené zejména u starší populace, která klade důraz právě na bezpečnost a jednoduchou manipulaci se strojem.

Typickým zástupcem malých hobby štípačů je stroj Scheppach HL450 (obr. 5). Konkurenční firma Hecht nabízí konstrukčně velmi podobný stroj pod označením 670 (obr. 18).



Obrázek 18 Štípačka Hecht 670 [2]

3.5.2 Profesionální

Profesionální štípačky jsou ve srovnání s hobby variantou výkonnější, silnější a větší. Jsou konstruovány pro zpracování špalků středního průměru a větších délek. Profi štípačky mají delší životnost, můžou být více zatěžovány a většinou zvládají nepřetržitý provoz. Výkon agregátu se zpravidla pohybuje od 2 do 7 kW. Konstrukce těchto štípaček je nejčastěji vertikální (obr. 20), ale své zastoupení mají i štípačky horizontální. (obr. 2) [2] [9] [14]

Profesionální štípačky dosahují vysokých hodnot maximální štípací síly (100–360 kN) a relativně vysoké produktivity. Vstupním polotovarem do štípačky jsou kolmo uřezané špalky v délkách od 30 do 120 cm. U dražších modelů jsou vertikální štípačky vybaveny navijákem, který slouží k vytažení polena do štípacího prostoru, popřípadě bočním zvedákem, na který se poleno položí a následně je zvednuto. (obr. 19) [2] [6]



Obrázek 19 Přídavný naviják ke štípačkám KRPAN CV [6]

Profi štípačky se vyznačují nízkou mírou automatizace štípacího procesu, kromě automatizovaného návratu do výchozí polohy je veškerá obsluha stroje na operátorovi. Profesionální štípačku lze pořídit jak ve variantě s elektromotorem, tak s motorem spalovacím. Pořizovací cena takového stroje se pohybuje v širokém rozmezí od 10 000 Kč do 100 000 Kč. [2] [3] [6]



Obrázek 20 Vertikální štípačka Hecht 6414 [2]

Zajímavou kombinovanou konstrukcí štípačky nabízí firma Hecht. Jedná se o profi štípačku, kterou lze provozovat jak v horizontální (obr. 23), tak vertikální poloze (obr.22). Štípačka je vybavena nápravou a tažným zařízením, tudíž ji lze pohodlně převážet. [2]



Obrázek 21 Kombinovaná štípačka Hecht 6422 ve vertikální poloze [2]



Obrázek 22 Kombinovaná štípačka Hecht 6422 v horizontální poloze [2]

U profi vertikálních štípaček je typické ovládání pomocí dvou pák, které výrobci zvolili pro splnění požadavků normy ČSN EN 609-1. Tyto páky jsou zpravidla vybaveny plechovým krytovaní, které zakrývá páky ovládání v celé délce. Dále se o bezpečnost ruky stará vnější ochrana ze silného drátu, který je uchycen pomocí šroubového spoje. Šroubový spoj je značen na obrázku 23 písmenem B. Písmeno A označuje hranu krytovaní. Právě tato hrana krytovaní se v praxi ukázala jako nebezpečná. Při štípání dochází k neustálému otláčování ruky o tuto hranu. Ostré hrany šroubového spoje způsobují odřeniny ruky. Tento příklad z praxe zde uvádím, jako nevhodné konstrukční řešení, které má zvyšovat bezpečnost obsluhy, avšak zapříčiňuje značný diskomfort při ovládání stroje. Kupodivu právě tato varianta ochrany a krytovaní je velmi rozšířená. [7]



Obrázek 23 Krytovaní ovládacích pák štípačky Scheppach 1500 [3]

Profesionální štípačky se samozřejmě vyrábí i v horizontálním provedení (obr. 2). Nespornou výhodou je oddělení obsluhy od bezprostřední blízkosti procesu štípání, což značně zvyšuje bezpečnost stroje. Horizontální provedení je vhodná varianta k zavedení prvků automatizace. [2] [3]

3.5.3 Průmyslové stroje

Tento typ strojů je určen zejména pro dřevařské firmy, které se zabývají prodejem štípaného dřeva. Jedná se o štípačky, jejichž účelem je co nejvyšší produkce v nejkratším možném čase. Je zřejmé, že pořízení průmyslové štípačky vyžaduje velkou investici. Její návratnost je podmíněna každodenním provozem, z toho vyplývají vyšší nároky na životnost celého stroje.

Průmyslové štípačky jsou schopny zpracovávat celé části klád o délce 1–6 m. Kláda je přisunuta k dorazu, jehož posunutím je možno nastavit požadovanou výslednou délku špalků. K uříznutí dochází těsně před štípáním pomocí řetězové nebo kotoučové pily. Po uřezání je špalek přesunut k druhé operaci štípání a je protlačen přes štípací nástroj. Jednotlivé, již štípnuté kusy dřeva, následně volně padají, nebo jsou pomocí pásového dopravníku dopraveny do sběrného koše.

Manuální

Základním provedením průmyslových štípaček jsou stroje s manuálním ovládním jednotlivých operací. Obsluha kontroluje a ovládá každý jednotlivý krok stroje. Operátor stroj ovládá pomocí pák, jimiž ovládá hydraulické prvky stroje. V některých případech operátor ovládá přímo mechaniku stroje, např. ruční ovládním řetězové/kotoučové pily nebo manuální přisouvání klády do stroje. [25]

Výrobci tyto stroje často označují jako „automaty“, případně „štípací linky“, avšak o plně automatizované stroje se nejedná. Automaticky dochází pouze k protlačení špalku skrz štípací nástroj a následnému návratu zpět do výchozí polohy. Cyklus štípání spouští operátor, případně je štípání spuštěno návratem páky pily do výchozí polohy elektronickým spínačem. Levné průmyslové manuální štípačky nabízí firma Vari. (obr. 24) [25]



Obrázek 24 Manuální průmyslová štípačka Variomatic 300 od firmy Vari [25]

Poloautomatické

Průmyslové štípací stroje poloautomatické disponují částečnou automatizací procesu. Jedná se o nejrozšířenější variantu průmyslových štípaček. Operátor kontroluje štípací proces z řídicího postu. Všechny funkce štípačky jsou mechanizovány do té míry, že obsluha fyzicky nezasahuje do žádného z kroků stroje, kromě přípravy vstupního materiálu. Z bezpečnostních důvodů je pracovní prostor kompletně oddělen perforovaným odnímatelným krycím plechem, který plní bezpečnostní funkci. Nejmodernější stroje používají jako hlavní ovladač joystick, pomocí kterého lze ovládat všechny hlavní funkce poloautomatu. Technicky velmi propracované štípací poloautomaty nabízí firma Hakki Pilke ve své řadě Pro. (obr. 25) [13]



Obrázek 25 Štípací poloautomat Hakki Pilke 50 Pro [13]

Automatické

Stroje automatické se řadí mezi nejpokročilejší a nejproduktivnější štípačky na trhu. Jedná se o kombinaci zásobníku klád, pily, štípačky a pásového dopravníku v jednom stroji. Operátor pomocí ovladačů řídí nejproblematictější operaci, což je přísun klád do stroje, zbytek operací je již plně automatický.

Automatické štípačky se vyrábí v mobilním provedení jako přívěs (obr. 26), nebo stacionární. K pohonu jednotlivých operací a funkcí je využíván hydraulický systém. V jedné části stroje se nachází agregát s několika hydrogenerátory. Hydraulická kapalina je následně rozváděna na jednotlivé spotřebiče pomocí potrubí a hadic. Stroj je zároveň vybaven elektronikou, která se stará o automatizaci jednotlivých operací. [8]



Obrázek 26 Mobilní štípací automat Posch K-550 [8]

Automatické štípací linky

Štípací linky jsou nejpokročilejší průmyslové stroje sloužící ke zpracování klád na palivové dřevo. Koncepty vychází z automatických štípaček, liší se pouze větším a technicky propracovanějším zásobníkem klád a rozšířením o další periferie, jako je čištění špalků od kůry a následné balení zpracovaných kusů. (obr. 27) [8]

Automatické štípací linky jsou nejčastěji koncipovány jako stroje stacionární, jelikož se skládají z jednotlivých periférií, které by šly jen složitě uspořádat do mobilního celku. K obsluze celé linky teoreticky stačí jeden operátor, který se stará o přísun klád ze zásobníku, chod linky a výměnu sběrných košů. V praxi linku provozují operátoři dva, aby byl zajištěn nepřetržitý chod linky. První operátor nakladačem zajišťuje přísun dřeva do zásobníku klád a vyváží zabalené dřevo z košů na konci linky. Druhý operátor kontroluje správný chod linky.



Obrázek 27 Štípací linka Posch SpaltFix K-Vario [8]

3.6 Příslušenství

Průmyslové štípačky jsou často vybaveny příslušenstvím, které zajišťuje a dopomáhá k automatizaci a usnadnění štípacího procesu. Níže je přehled nejdůležitějších prvků.

3.6.1 Zvedací zařízení

Z rešerše průmyslových strojů vyplývá jasný trend, kdy jsou štípačkami zpracovávány klády o větší délce a o řezání na požadovanou délku se stará pila štípacího stroje. Je zřejmé, že tímto přístupem dochází ke snížení frekvence zakládání nové klády, tudíž je zkracován manipulační čas, kdy stroj nevykonává štípání. Tento přístup výrazně zvyšuje efektivitu celého stroje, ale přináší i negativní vlivy, jako je například nutnost dovybavení štípacího stroje podavačem klád. Na tento podavač je potřeba klády transportovat nakladačem, což v případě navrhovaného řešení není možné. Alternativním řešením je externí zvedací zařízení nebo zařízení přímo integrované do konstrukce rámu štípačky. Hlavním parametrem vstupních klád je jejich délka. Se zvětšující se délkou klád musí úměrně růst délka stolu štípačky. Větší délka klády se negativně projevuje v podobě vyšší hmotnosti, která ovlivňuje nosnost stolu štípacího stroje a v neposlední řadě také pohony, které případně zprostředkovávají posun klády do pracovního prostoru štípačky.

3.6.2 Posun klád

U horizontální stolové konstrukce je k posunu klád nejčastěji využíván pásový dopravník s pryžovým pásem. (obr. 30) Výhodou je nutnost pouze jednoho pohonu na konci pásu a bezpečnost celého systému. Nevýhodou tohoto řešení je možnost poškození, roztržení pásu a nutnost pás udržovat napnutý, což je zajištěno proměnlivou osovou vzdáleností koncových válců dopravníku nebo nastavitelnou napínací rolnou mimo pracovní prostor pásu.

Dalším řešením posunu klády po stole do stroje jsou rotační profilované ocelové válce. (obr. 28) Ostré trny válců zajišťují dostatečnou adhezi mezi kládou a válcem. Válce jsou v určitém intervalu rozmístěny po celé délce stolu a všechny musí být poháněny. O pohon se stará rotační motor. Krouťací moment motoru je na válce transferován soustavou řemenových nebo řetězových převodů. Systém má hned několik nevýhod:

- Problematický posun krátkých kusů dřeva
- U nerovných klád se můžou některé válce protáčet tzv. „na prázdno“
- Složitý řetězový/řemenový pohon
- Nízká bezpečnost systému



Obrázek 28 Posuvný systém pomocí ocelových válců [8]

Dalším řešením je posun klád pomocí řetězového systému. (obr. 29) Klády jsou posouvány konzolami, které jsou pevně spojeny s řetězem, který je poháněn. Nevýhodou systému je nutnost mazání a pravidelné údržby. Nevýhodou je nebezpečnost systému.



Obrázek 29 Řetězový dopravník [26]

3.6.3 Pila

Jedním z hlavních prvků průmyslových štípaček je řezání vstupních klád pomocí pily zabudované přímo do štípacího stroje. Existují dva hlavní typy pil, které jsou rozebrány níže.

Řetězová

Jedná se o ekvivalent řetězové motorové pily, jak je široké veřejnosti známa. Princip funkce zůstává identický, pouze se mění typ pohonu řetězu. (obr. 30) Mechanismus pily většinou vykonává rotační pohyb. Přítlačnou sílu zpravidla generuje přímočarý motor. Levnější alternativou je ovládání pohybu pily pomocí páky, systém je tedy manuální a přítlak pily kontroluje obsluha pákou. Pohon řetězu nejčastěji zajišťuje rotační hydromotor nebo asynchronní elektromotor. Díky nastavitelnému dorazu je možné klády řezat na požadovanou délku.



Obrázek 30 Mechanismus řetězové pily Hakki Pilke AC10 [13]

Kotoučová

Druhým typem pily, u štípacích strojů, je pila kotoučová, která je známa spíše pod pojmem „cirkulárka“, případně jako pila „okružní“. Jde o rotující kotouč velkého průměru, který je přítlačným mechanismem přisouvám směrem do klády. Jedná se o velmi efektivní a rychlou pilu. Nevýhodou je velká hlučnost, velké rozměry, nemožnost okamžitého zastavení kotouče a náročná výměna opotřebovaného kotouče.



Obrázek 31 Průmyslový štípač Posch s kotoučovou pilou [8]

4 KONCEPCE STROJE

V následující kapitole jsou definovány požadavky na nově navrhovaný stroj, které vychází z vlastních zjištění, měření, požadavků a rešerše, která byla provedena.

4.1 Přehled požadavků na novou štípačku

Níže jsou uvedeny jednotlivé požadavky, které by nový návrh stroje měl splňovat.

- bezpečnost
- odolnost
- vysoká životnost
- maximální délka štípaného špalku 55 cm
- jmenovitá délka zpracovávané klády 165 cm (3 x 55 cm)
- maximální délka zpracovávané klády 200 cm
- zpracování měkkého i tvrdého dřeva
- konstantní velikost výstupních kusů dřeva
- plná automatizace procesu
- zvýšení produktivity proti dosavadnímu řešení
- primárně stacionární stroj (možnost převozu traktorem pomocí tříbodového zavěšení)
- minimální fyzická námaha pro operátora

4.2 Obecné zařazení stroje

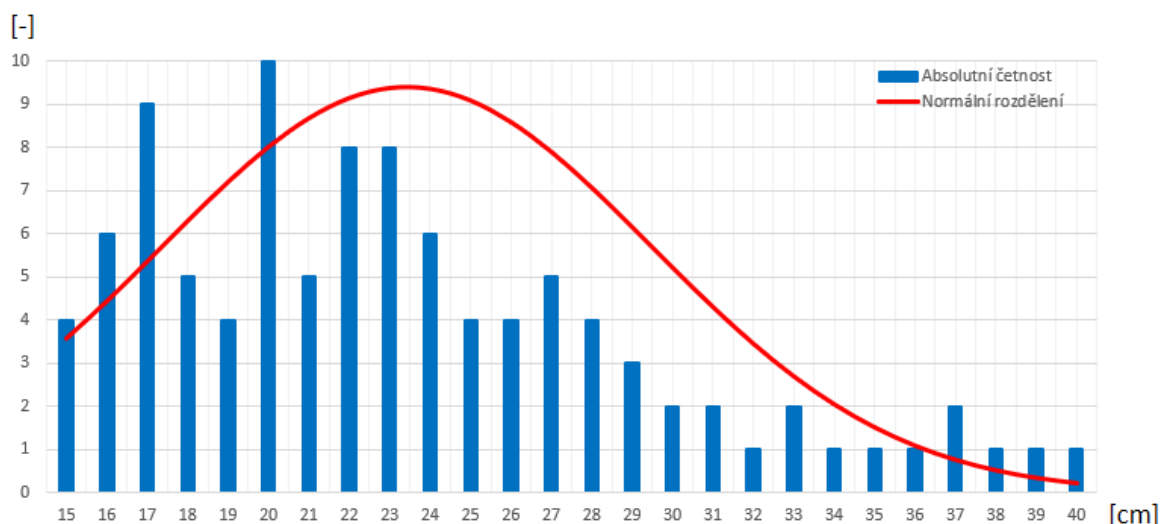
Z předešlé rešerše je zřejmé, že pro automatizaci štípacího procesu je nejvhodnější horizontální konstrukce rámu štípačky, a proto bylo zvoleno toto uspořádání. Stroj je koncipován jako průmyslový jednoúčelový automat, jelikož se jedná o návrh stroje do konkrétního prostoru s konkrétními parametry, které má splňovat. Pro zvýšení efektivity je také nutné zakomponovat prvky, kterými se vyznačují průmyslové štípačky, jako je například zvedací plošina, pásy pro posun dřeva atd. Jednotlivé navržené prvky jsou rozebrány v následující kapitole.

Pro své kladné vlastnosti byla zvolena technologie hydraulického pohonu, která umožňuje jednoduchý rozvod tlakového oleje k jednotlivým spotřebičům stroje.

4.3 Parametry dřeva

Jednou z nejdůležitějších věcí při návrhu štípacího stroje je určení parametrů špalků, které má stroj zpracovávat. Na základě průměru, délky, hustoty a z toho vycházející hmotnosti špalku se odvíjí dimenzování všech prvků stroje. Jedním ze základních požadavků na stroj je zpracování kusů dřeva o maximální délce 55 cm, tento požadavek musí být bezpodmínečně dodržen.

Na základě měření byl určen minimální a maximální průměr špalků, které by stroj měl zpracovávat. Měření bylo provedeno na 100 náhodně vybraných kusech dřeva. Výsledky jsou prezentovány ve formě grafu na obrázku 28.



Obrázek 32 Měření průměru špalků

Sloupcový graf představuje četnost špalků v závislosti na průměru. Červená křivka znázorňuje normální rozložení sloupcového grafu. Z grafu vyplývá, že minimální průměr špalku je 15 cm a maximální průměr je 40 cm. V rozmezí průměrů 15–30 cm se pohybovalo 87 % vzorků, pouze 13 % vzorků se pohybovalo v intervalu 31–40 cm.

Z grafu je tedy zřejmé, že je výhodné štípačku optimalizovat primárně na efektivní zpracování špalků o průměru 15–30 cm. Tato optimalizace se týká zejména štípacího nástroje a hydraulického systému

4.3.1 Hmotnost dřeva

Pro návrh stroje je nezbytné znát maximální hmotnost klád, které budou transportovány a pracovány.

Výpočet objemu klády maximálních dovolených rozměrů.

$$V_k = \pi \cdot r^2 \cdot l \quad (2)$$

$$V_k = \pi \cdot 0,2^2 \cdot 2 = 0,251 \text{ m}^3$$

Kde:

V_k – objem klády max. rozměrů [m^3]

r – max. poloměr klády [m]

l – max. délka klády [m]

Výpočet maximální hmotnosti klády.

$$m_k = V_k \cdot \rho_{\text{dřeva}} \quad (3)$$

$$m_k = 0,251 \cdot 1000 = 251 \text{ kg}$$

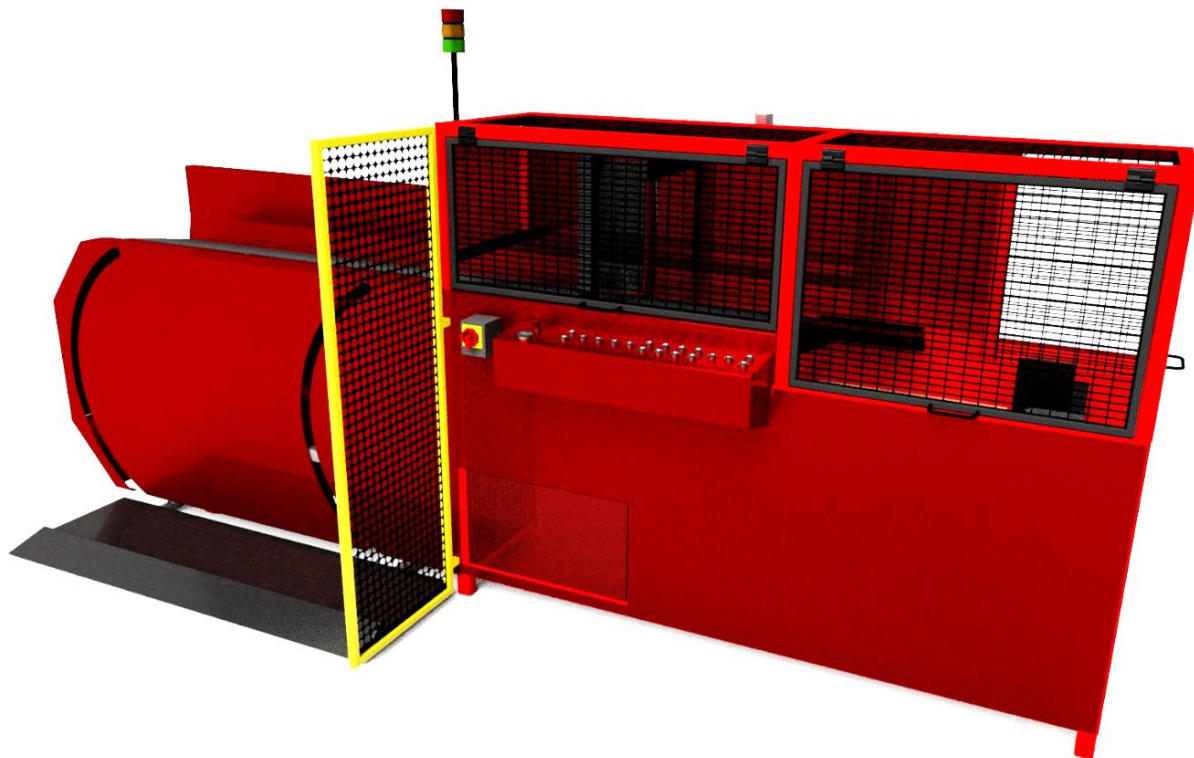
Kde:

m_k – maximální hmotnost klády [kg]

$\rho_{\text{dřeva}}$ – hustota dřeva [kg/m^3] [28]

5 NÁVRH A VÝPOČTY

Následující kapitola obsahuje návrh konstrukce a technických prvků štípacího automatu, který byl navržen. CAD model stroje byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2019. (obr. 33)



Obrázek 33 CAD model nového štípacího automatu

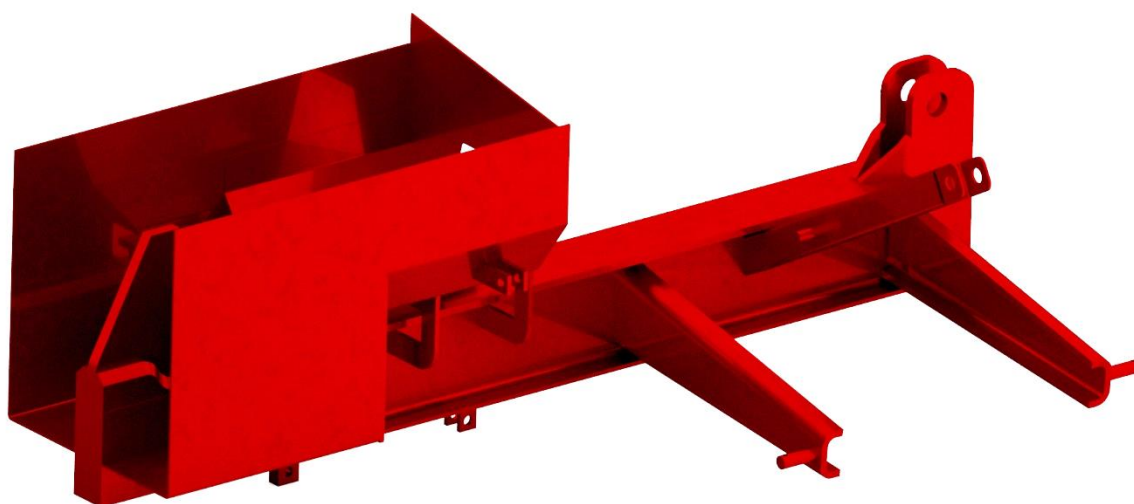
5.1 Konstrukční návrh

Štípací stroj byl navržen s ohledem na požadavky, které má splňovat a zároveň je celá koncepce podřízena možnosti automatizace celého procesu zpracování dřeva. Hlavními prvky stroje jsou: nosný rám, doplňkový rám, štípací prostor s tlačnou deskou a štípacím nástrojem s nastavitelnou výškou, dva pásové dopravníky, zvedací plošina, přítlačná rolna, odpadová dvířka, řetězová pila, přítlačná páka a propadová dvířka. Celá konstrukce je doplněna také o plechové krytování, ovládací panel, bezpečnostní krycí odklopná dvířka, olejové nádrže atd. Všechny hlavní konstrukční prvky jsou rozebrány v následujících podkapitolách. Po dohodě s vedoucím diplomové práce bylo přistoupeno k vytvoření části výkresové dokumentace a schémat. Kompletní technická dokumentace by svým rozsahem významně přesahovala rozsah diplomové práce.

5.1.1 Nosný rám

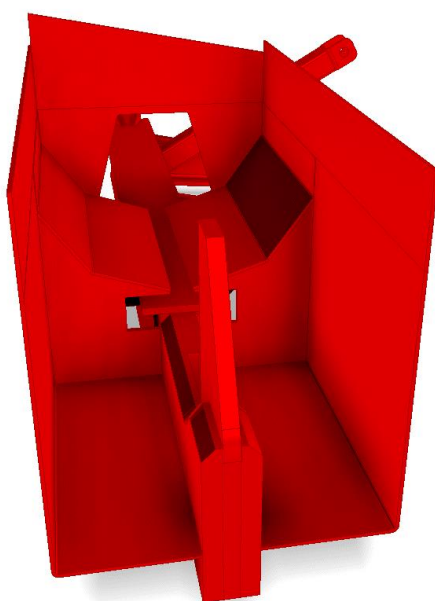
Byla zvolena horizontální orientace rámu pro své kladné vlastnosti s ohledem na automatizaci stroje. (obr. 34) Původním záměrem byla úpravu rámu ze štípačky, která byla realizována v mé bakalářské práci, nicméně z důvodu dimenzování nového rámu na větší zatížení musel být nový rám kompletně přepracován. Hlavním prvkem rámu je za tepla válcovaný nosník

IPE 220 o délce 1543 mm z konstrukční oceli S355J2. Nosník je z horní strany vyztužen plechem, který zároveň slouží jako kluzné vedení štípací desky. Ostatní nosné části rámu jsou z výpalků plechu. Kromě nosníku jsou všechny díly navrženy z oceli Hardox 400, která díky své tvrdosti disponuje vysokou odolností vůči otěru, má vysokou mez kluzu (900–1100 MPa) a je svařitelná. K rámu byla vytvořena část výkresové dokumentace, která je součástí práce. [27]



Obrázek 34 Nosný rám stroje – izometrický pohled

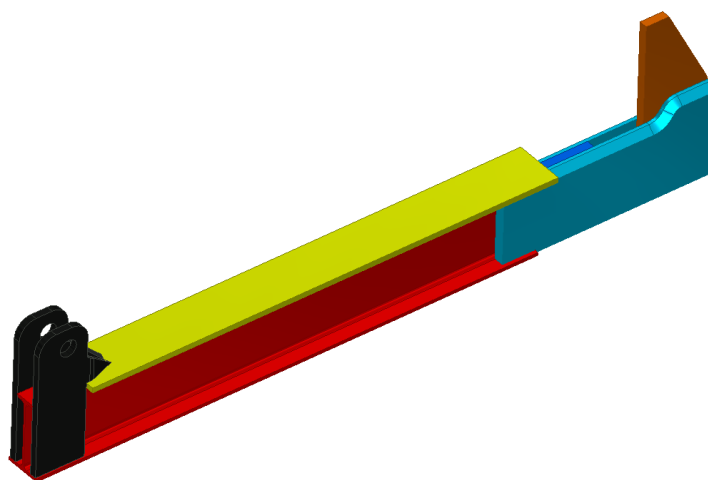
Rám je koncipován jako svarek a jeho součástí je i speciálně tvarovaný štípací prostor. Plechy štípacího prostoru jsou ohýbány progresivně ve dvou úhlech, aby docházelo k centrování jak u malých, tak velkých průměrů polen, které díky své hmotnosti vyžadují větší sklon nakloněné roviny. (obr. 35)



Obrázek 35 Štípací prostor

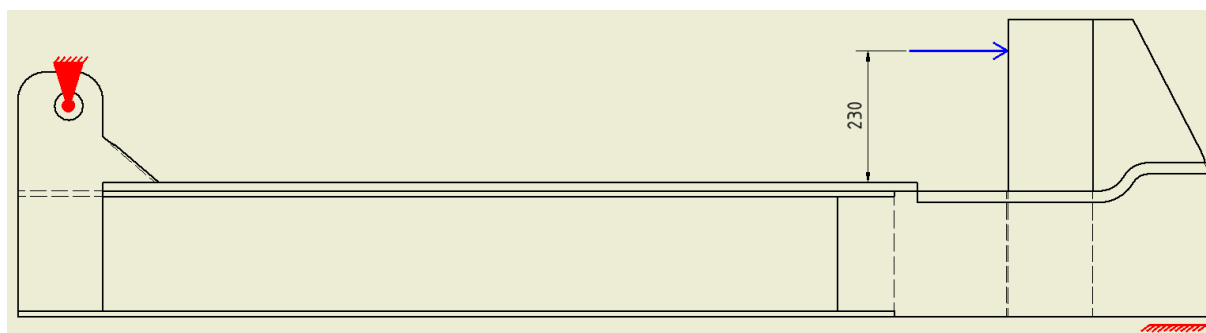
MKP analýza

Při návrhu nosného rámu byla opakovaně použita MKP analýza, aby byla navržena dostatečně pevná a tuhá konstrukce, ale zároveň bylo použito minimum materiálu s optimální geometrií. Pro zvýšení efektivity a zkrácení výpočetního času byl rám nejprve přijatelně zjednodušen. Analýza nezahrnuje plechy krytování, díly tříbodového závěsu a přidružené držáky, protože se nejedná o nosné díly a jejich odebrání nesníží přesnost výsledků analýzy. Naopak byly ponechány díly, které jsou při štípání přímo namáhány a jejich úkolem je zachytit silové účinky. Zjednodušený rám lze vidět na následujícím obrázku. Pro názornost byly jednotlivé díly rámu na následujícím obrázku barevně odlišeny. MKP analýza byla provedena v SW Autodesk Inventor Nastran 2019.



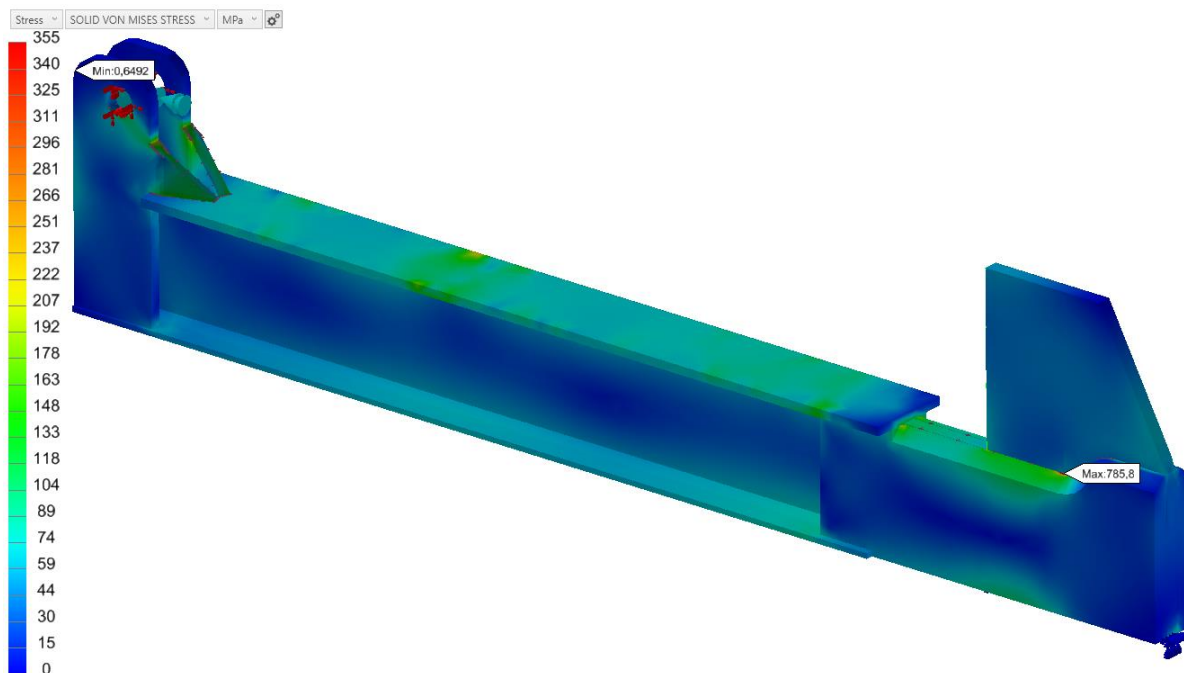
Obrázek 36 Zjednodušený nosný rám stroje – izometrický pohled

Následující obrázek znázorňuje uvolnění nosníku a silové zatížení, které bylo v MKP analýze na nosník aplikováno. Nosník byl zavazben rotační vazbou v místě čepu a jednoduchou podporou na druhém konci nosníku. (obr. 37) Pro získání přesnějších výsledků byla do analýzy rámu zahrnuta i svislá deska štípacího nástroje. Analýza byla provedena při zatížení silou 230 kN. Hodnota vychází z výpočtů maximální zatěžující síly vypočítané v podkapitole 6.2.7.



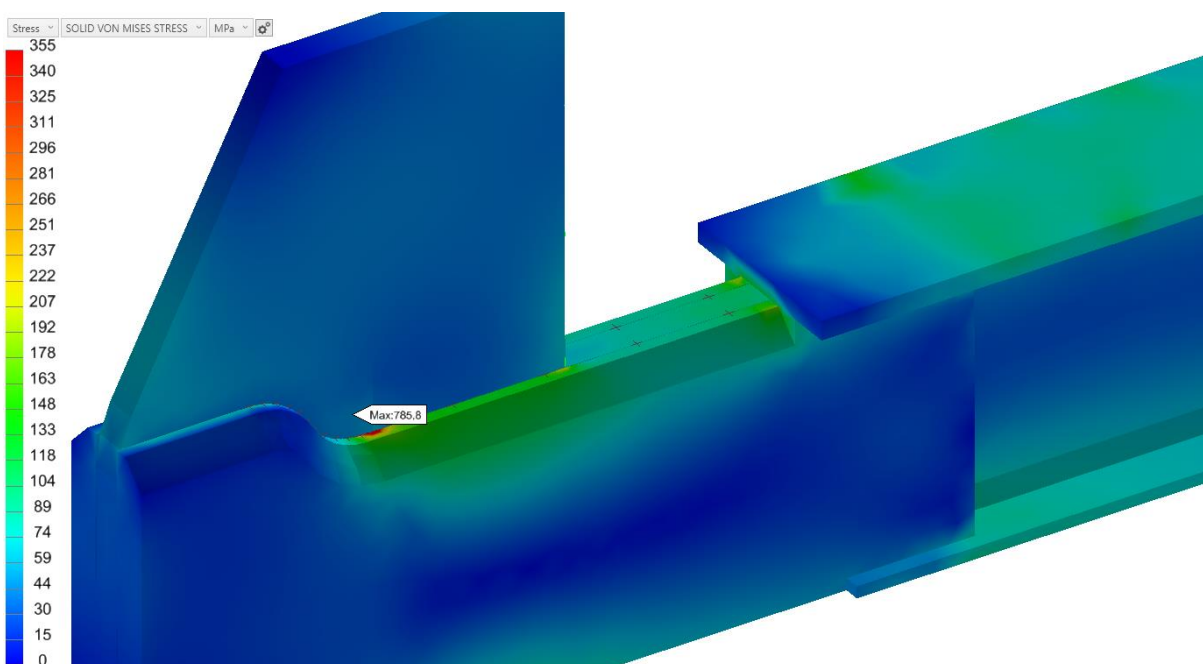
Obrázek 37 Nosný rám – zatěžující síla a vazby

Pro provedení analýzy je nutné vygenerovat síť modelu. Základní vzdálenost mezi uzly sítě byla stanovena na 30 mm, u menších těles byla redukována na 20 mm. Pro ještě přesnější výsledek byla síť v místě namáhaných spojů zjemněna na 5 mm. Síť byla vygenerována s počtem uzlů 68 334. Výsledek analýzy je zobrazen na následujícím obrázku.



Obrázek 38 Výsledek MKP analýzy – Napětí Von Mises

Kromě dvou míst, kde se koncentruje napětí (obr. 39), se v celém rámu nevyskytuje napětí vyšší než 200 MPa. Maximální napětí v nosníku z oceli S355 je 79,3 MPa. V místě ostrého zlomu dosahuje napětí maxima 785,8 MPa. Maximální průhyb dosahuje hodnoty 2,85 mm a nachází se uprostřed nosníku.



Obrázek 39 Detail koncentrace napětí na rámu

Výpočet koeficientu bezpečnosti pro místo koncentrace napětí viz obr. 39.

$$k_1 = \frac{R_{e1}}{R_{m1}} \quad (4)$$

$$k_1 = \frac{1000}{785,8} = 1,27$$

Kde:

k_1 – koeficient bezpečnosti pro materiál Hardox 400 [–]

R_{e1} – Mez kluzu pro materiál Hardox 400 [MPa]

R_{m1} – Maximální napětí v plátech [MPa]

Výpočet koeficientu bezpečnosti hlavního nosník.

$$k_2 = \frac{R_{e2}}{R_{m2}} \quad (5)$$

$$k_2 = \frac{355}{79,3} = 4,48$$

Kde:

k_2 – koeficient bezpečnosti pro hlavní nosník [–]

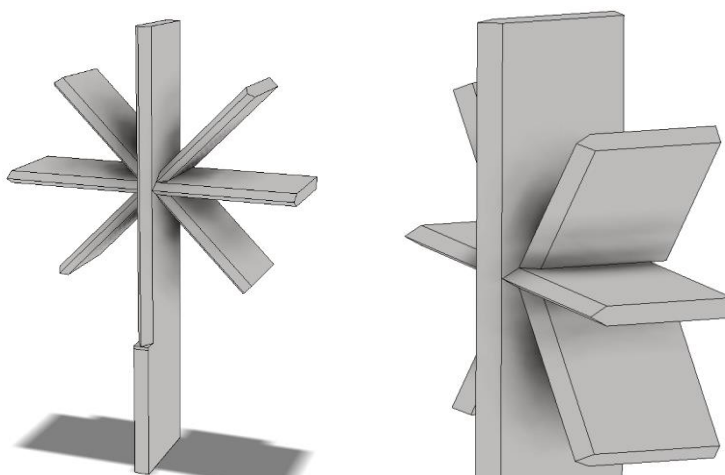
R_{e2} – Mez kluzu pro materiál S355 [MPa]

R_{m2} – Maximální napětí v nosníku [MPa]

Nebyla překročena mez kluzu, rám je vyhovující.

5.1.2 Štípací nástroj

Aby bylo dosaženo stejné velikosti štípnutých kusů dřeva u různých průměrů polen, byla zvolena geometrie nástroje ve tvaru osmicípé hvězdy, která špalek dělí na 8 stejných kusů. (obr. 40) Byla navržena progresivní vzdálenost umístění štípacích rovin tak, aby docházelo ke štípaní postupně. Tato konstrukce umožňuje štípaní špalků o větším průměru a vyšší tvrdosti. Štípací nástroj byl navržen z 25 mm silných výpalků z plechu. Byl zvolen materiál Hardox 400, stejně jako u konstrukce nosného rámu, pro svou odolnost vůči otěru. Vrcholový úhel ostří nožů je 60°.



Obrázek 40 Štípací nástroj (klín)

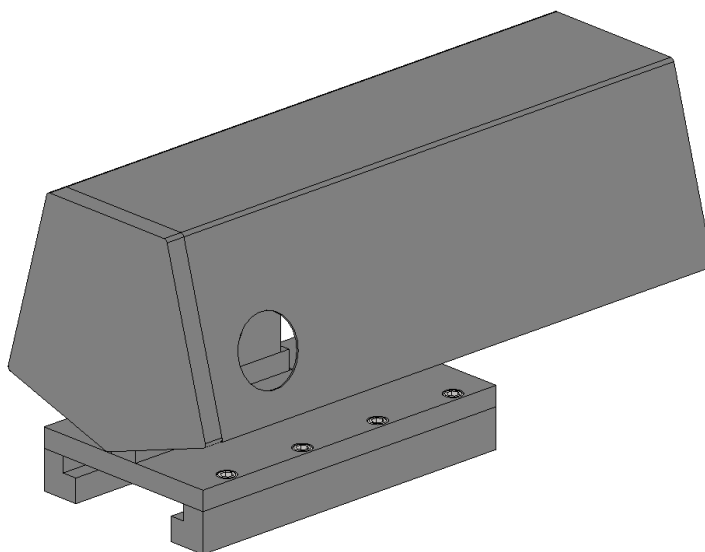
Štípací nástroj je doplněn o mechanismus zajišťující vertikální pohyb nástroje, který je možno měnit na základě průměru štípaného dřeva. (obr. 41)



Obrázek 41 Zvedací mechanismus štípacího nástroje

5.1.3 Tlačná deska

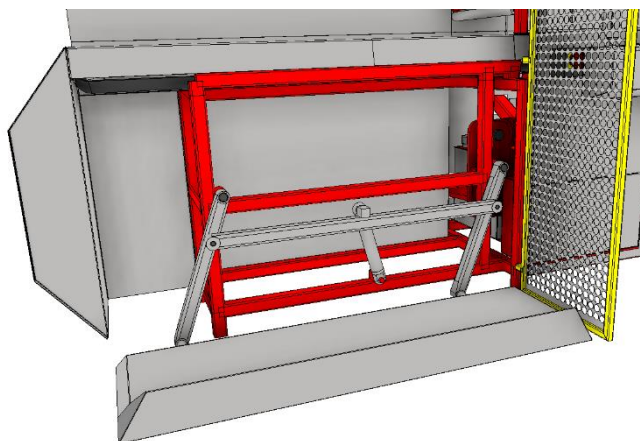
Navrhovaný štípací stroj využívá principu vertikálně pohyblivého štípacího nástroje a horizontálně se posouvající tlačné desky. Tlačná deska se skládá z kluzného uložení, tlačné desky, která je čepem spojena s přímočarým hydromotorem, a krytování, které slouží jako bezpečnostní prvek. Z boční strany krytování se nachází díra pro montáž čepu, tato díra je po montáži osazena zátkou. (Obr. 42) Horní deska kluzných sání je sešroubována se spodními L profily osmi šrouby M12x45–10.9. Tvar tlačné desky je přizpůsoben tvaru štípacího prostoru, aby bylo dosaženo co nejmenších mezer mezi tlačnou deskou a krytováním stroje.



Obrázek 42 Tlačná deska

5.1.4 Zvedací rampa

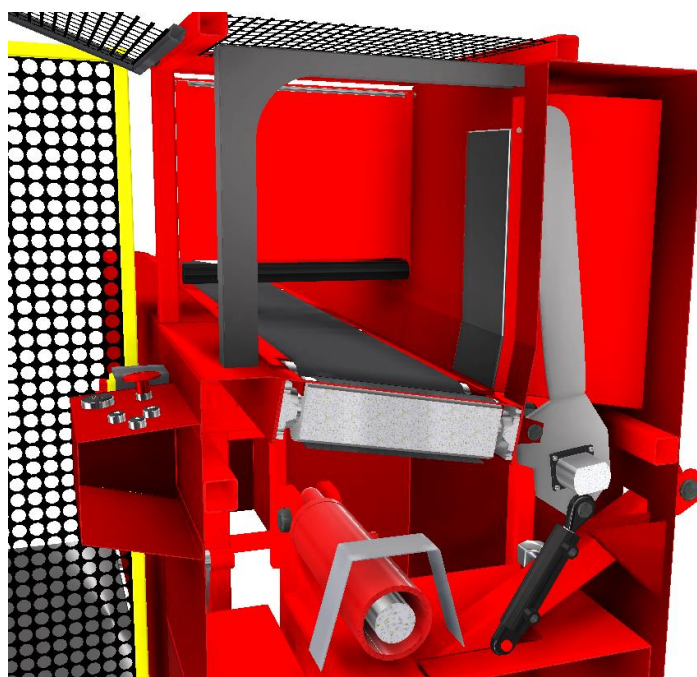
Stroj byl vybaven zvedací rampou, která slouží ke zvedání klád na pásový dopravník. (obr. 43) Mechanismus se skládá z plošiny, dvou rotačních ramen a příčného jeklu, kterým pohybuje přímočarý hydromotor. Plošina je profilována tak, aby nedošlo k samovolnému pádu klády. Požadovaná nosnost plošiny byla dle 5.3.1. vypočítána na 251 kg. Zvedací plošina byla vybavena přímočarým hydromotorem o výsuvu 387 mm, aby byl zaručen chod plošiny v plném rozsahu požadovaného zdvihu.



Obrázek 43 Zvedací rampa bez krytování

5.1.5 Návrh řetězové pily

Aby bylo možné zpracovávat klády o délce až 200 cm, štípací stroj musí být nutně vybaven pilou. (obr. 44) Byla zvolena pila řetězová pro svou jednoduchou konstrukci a malé zástavbové rozměry. U průmyslových strojů je řetězová pila standardním vybavením. Byl navržen mechanismus, který k pohybu využívá přímočarý hydromotor. Díky použití přímočarého hydromotoru je možné jednoduše měnit přítlačnou sílu pily pomocí řízení tlaku hydraulického tlakového oleje. Řetěz je poháněn rotačním hydromotorem o vysokých otáčkách, aby bylo dosaženo optimální řezné rychlosti. Z důvodu zamezení vymrštění pilin, oleje a nečistot směrem k obsluze, byl stroj v pracovním prostoru doplněn o fixní plechový kryt.



Obrázek 44 Mechanismus řetězové pily

Pila je vybavena vodící lištou Oregon POWER MATCH 24" o délce 60 cm. (obr. 45) Upevnění vodící lišty k základně je fixní. Při výměně řetězu je nutné mechanické napnutí obsluhou stroje. Pro vodící lištu byl zvolen pilový řetěz Oregon POWERCUT 3/8" 1,6mm - 84 článků (hranatý zub). Kroutící moment pohonu je na řetěz přenášen pomocí sedmizubého pastorku. Řetěz je gravitačně mazán olejem z nádrže, která je umístěna v blízkosti pily. Objem nádrže je 12,5 l. Mazivo přitéká mezi vodící lištu a řetěz potrubím. [30]

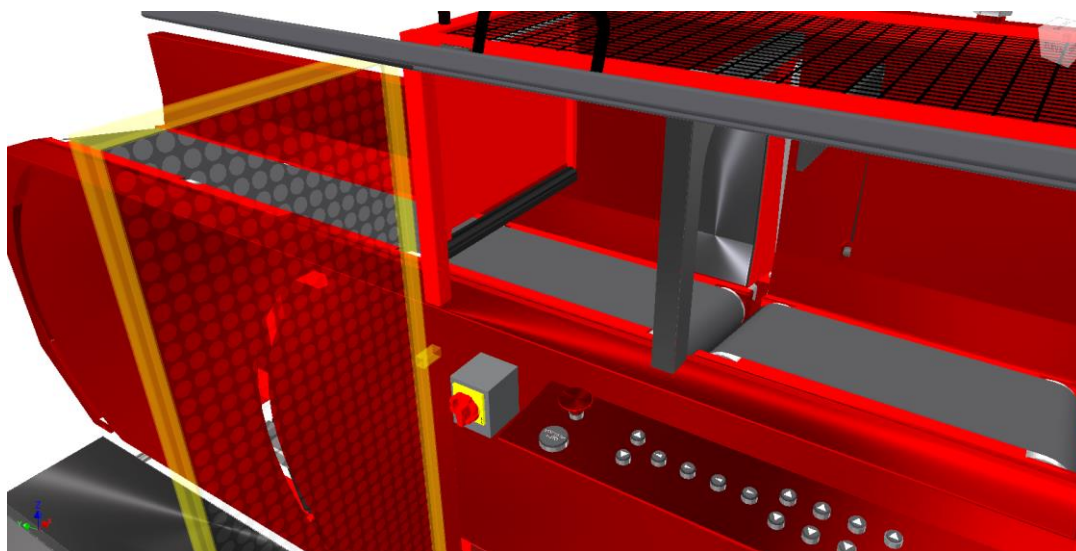


Obrázek 45 Vodící lišta Oregon Power Match 24" [30]

5.1.6 Pásový dopravník

Při výběru optimální varianty dopravníku bylo přistoupeno k variantě dvou dopravníků, aby bylo možné vytvořit mezeru mezi pásy pro řetězovou pilu, která k dokončení řezu musí nutně zasahovat pod rovinu pásu. (obr. 46) Toto uspořádání také umožňuje nezávislý pohon jednotlivých pásů. Stroj byl vybaven dvěma pásovými dopravníky o délce 2100 a 600 mm. Dopravníky slouží k posouvání klád do štípacího prostoru. Pásy jsou poháněny nezávisle a k pohonu jsou použity rotační hydromotory. Dopravníky jsou vybaveny válci o průměru 100 mm, přičemž vždy je poháněn poslední válec, aby byl pás z horní strany namáhán v tahu.

Pro dopravníky byl zvolen pás P24/A/DG od firmy Gumex, o šířce 300 mm a tloušťce 4 mm. Pás je odolný vůči tukům a olejům. Provozní teplota pásu je -30 °C až 100 °C. Tento typ pásu je vhodný pro extrémně náročné provozy a má vysokou odolnost vůči prořezání a prožezání. [29]



Obrázek 46 Render dopravníků

5.1.7 Přítlačná rolna

Aby bylo zabráněno přístupu do potenciálně nebezpečného prostoru, kde se pohybuje pila, byl štípací stroj vybaven přítlačnou rolnou. (obr. 46) Rolna blokuje přístup cizích předmětů a zároveň plní funkci přidržovače klády, která je pomocí dopravníku posouvána do pracovního prostoru pily. Rolna byla osazena na hřídel s vývodem do krytování stroje. Přítlačná síla rolny je generována zkrutnou pružinou, kterou byla hřídel osazena. Celý mechanismus byl doplněn o hydraulický tlumič, který zajišťuje plynulý návrat přítlačné rolny do výchozí pozice a zabraňuje nebezpečnému rázu, který by bez tlumiče nastal působením zkrutné pružiny při uvolnění.

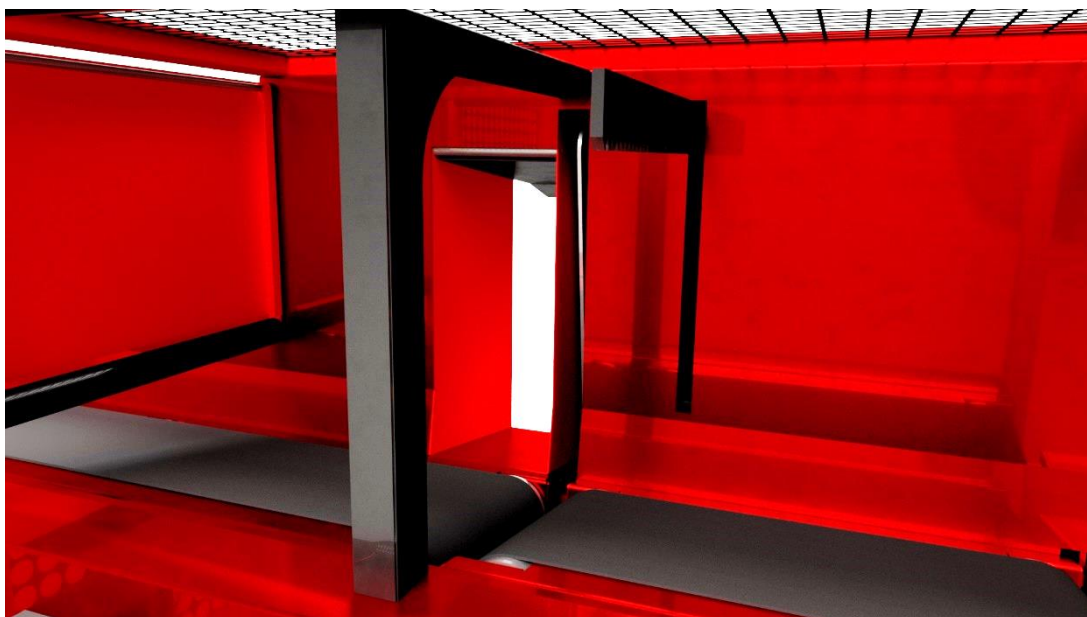
Mechanismus přítlačné rolny byl doplněn o snímač natočení hřídele, díky kterému je možné snímat průměr klády vstupující do pracovního prostoru. Hodnota průměru špalku je následně použita k řízení výšky štípacího nástroje, aby byla zajištěna maximální efektivita stroje.

5.1.8 Odpadová dvířka

Jedná se o mechanismus, kterým byl štípací stroj opatřen z důvodu zpracování krátkých zbytků dřeva. Krátké zbytky po uřezání mohou nabývat většího průměru než délky, čímž se stávají nestabilní. (obr. 47) Zbytek je nutné zpracovat na konci každé klády, která nejde nařezat na požadovanou délku beze zbytku. V případě detekce zbytkového kusu kratšího než 200 mm, dochází po uřezání k otevření odpadových dvířek a díky náklonu pracovního stolu dochází k samovolnému odvalení zbytku odpadovým prostorem. Mechanismus dvířek je poháněn přímočarým hydromotorem.

5.1.9 Přítlačná páka

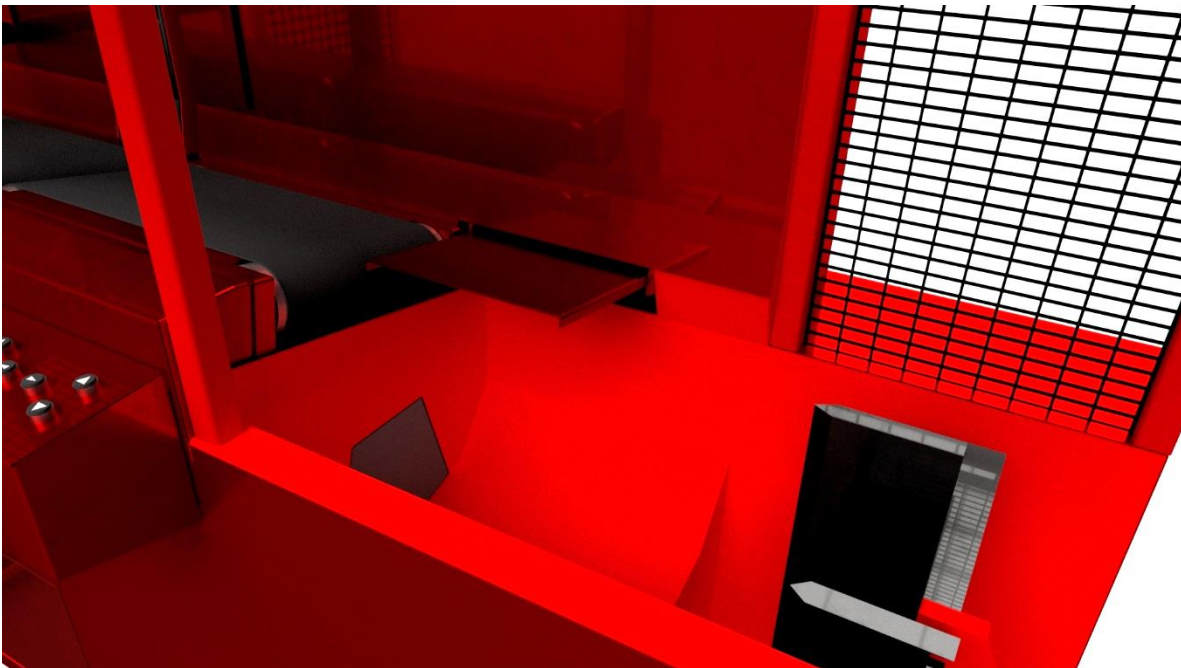
Stroj byl vybaven přítlačnou pákou, která slouží k přítlačení a fixaci polena při řezání řetězovou pilou. (obr. 47) Před započítím řezání dojde k přítlačení páky, následně dochází k řezu a po jeho dokončení dochází k návratu páky do výchozí polohy. Pro styčnou plochu páky se dřevem byla navržena geometrie ve tvaru ostrých zubů, což zabraňuje rotaci klády. Páka je ovládána přímočarým hydromotorem.



Obrázek 47 Pracovní prostor stroje

5.1.10 Propadová dvířka

Stoj byl doplněn o propadová dřívka, která mají za úkol uřezaný špalek spustit do štípacího prostoru tak, aby nedošlo k odskoku, či vzpříčení špalku. (obr. 48) Dvířka jsou upevněna na hřídeli a konají rotační pohyb v rozsahu 100 stupňů. Jejich pohyb je zajištěn pomocí přímočarého hydromotoru. Jelikož je pro správné spuštění špalku nutné dvířka otevřít v krátkém čase a není vyžadována velká síla, byl zvolen přímočarý hydromotor o malém průměru pístu viz podkapitola 6.2. Byl zvolen jednokřídlový mechanismus. Nevýhodou jednokřídlového mechanismu je možnost předčasného pádu špalku do štípacího prostoru stroje, když je zpracovávána kláda o nepravidelném tvaru. Výhodou jednokřídlového mechanismu je jeho jednoduchost. Mechanismus nevyžaduje zabudování kinematiky z obou stran štípacího prostoru.



Obrázek 48 Propadové dvířka a štípací prostor

5.2.3 Hydrogenerátor

Bylo zvoleno tandemové provedení dvou pravotočivých zubových hydrogenerátorů od firmy Harpex s.r.o, jejichž průtok je 15 (14,7) a 39 (38,22) dm³/min při 1500 (1470) ot/min. (obr. 50) Maximální dovolený tlak hydrogenerátorů je 30 MPa. Standardní mechanická účinnost hydrogenerátorů je dle výrobce 0,85, objemová účinnost je 0,95. Hydrogenerátor je připojen na elektromotor pomocí příruby a šroubových spojů. Kroutící moment motoru je na hydrogenerátor přenášen pomocí pevné spojky s pružným členem. Pro účel lepší orientace ve výpočtech byl hydrogenerátor s průtokem 15 dm³/min označen číslem 1 a hydrogenerátor s průtokem 39 dm³/min číslem 2. [34]



Obrázek 50 Tandemový hydrogenerátor se spojkou od firmy Herpex s.r.o. [34]

5.2.4 Hydromotory

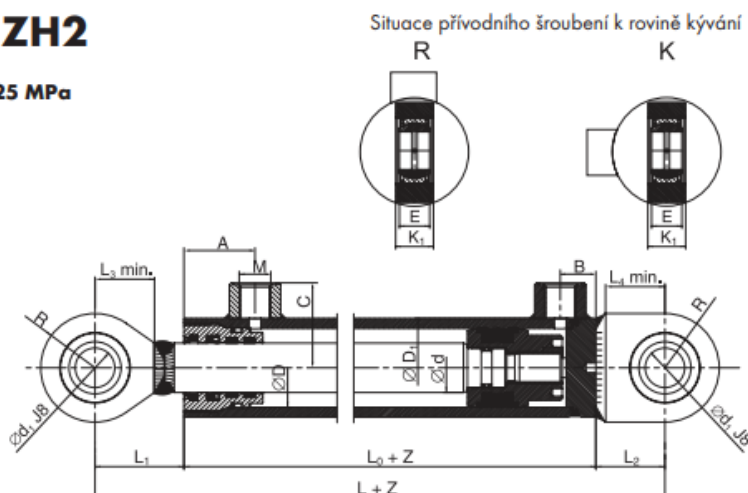
Hlavní přímočarý hydromotor

Byl zvolen dvojčinný přímočarý hydromotor ZH2 od firmy Hydraulics s průměrem pístu 110 mm, výšuvem 600 mm a průměrem pístní tyče 70 mm. Motor má provedení uchycení pomocí dvou závěsných ok s průměrem otvoru pro čep 50 mm. Jmenovitý tlak hydromotoru je 20 MPa a maximální dovolený tlak 25 MPa. [32]

Hlavní funkcí motoru je pohon tlačné desky, tedy samotné štípání polen. Hydraulický přímočarý hydromotor je tak namáhán zejména při roztahování, kde je využita jeho maximální plocha pístu. Při návratu/stažení je naopak navržen co nejrychlejší návrat do výchozí polohy, aby byla zkrácena doba jednoho cyklu na minimum. Při tomto zpětném chodu na tlačnou desku nepůsobí žádné zatížení, hydrogenerátory jsou namáhány zanedbatelně a jejich výkon tedy může být spotřebováván na jiných spotřebičích stroje a dochází k chlazení elektromotoru.

Série ZH2

pro P_{max} 25 MPa



Obrázek 51 Schématický obrázek hydromotoru ZH2 firmy Hydraulics [32]

Vedlejší přímočaré hydromotory [VS1]

Pro řízení pohybu pily, přítlačné páky a dalších doplňkových mechanismů stroje, byly zvoleny dvojčinné přímočaré hydromotory ZH2RT od firmy Hydraulics s nastavitelným tlumením v koncových polohách. Jmenovitý tlak přímočarého hydromotoru je 20 MPa a maximální tlak je 25 MPa. Maximální dovolená rychlost pohybu pístu je $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. [32]

Pro zvedací rampu byl zvolen přímočarý hydromotor s průměrem pístu 60 mm, průměrem pístní tyče 36 mm a výsuvem 387 mm. Výpočtové ověření zvoleného přímočarého hydromotoru není součástí diplomové práce.

Z důvodu úspory nákladů byla pro všechny další vedlejší mechanismy zvolen stejný přímočarý hydromotor s průměrem pístu 50 mm, průměrem pístní tyče 28 mm a výsuvem 200 mm. Výpočtové ověření zvoleného přímočarého hydromotoru není součástí diplomové práce, jelikož se jedná o mechanismy, kde na přímočarý hydromotor působí zanedbatelné silové zatížení vzhledem k jejich maximální síle.

Rotační hydromotory

Pro pohon obou dopravníků byl zvolen rotační zubový hydromotor s maximálním stálým průtokem 28 l/min od firmy Harpex. Maximální otáčky hydromotoru jsou 3500 ot/min a maximální stálý tlak 230 bar. Maximální povolený výkon hydromotoru je 10,5 kW a maximální kroutící moment je 30 Nm. [34]

Pro pohony řetězu řetězové pily byl zvolen vysokootáčkový rotační zubový hydromotor s maximálním stálým průtokem 16 l/min, od firmy Harpex. Maximální otáčky hydromotoru jsou 4000 ot/min a maximální stálý tlak 230 bar. Maximální povolený výkon hydromotoru je 6,5 kW a motor dosahuje kroutícího momentu až 15 Nm. Tento hydromotor byl zvolen zejména pro své vysoké provozní otáčky a malý průtok, za kterého lze těchto otáček dosáhnout. [34]

Pro zajištění konstantního průtoku do hydromotorů při proměnném zatížení byl zvolen dvoucestný škrťací ventil se stabilizací.

5.2.5 Ventily

Pro řízení pohybu přímočarých hydromotorů byly zvoleny 3 monoblokové elektromagneticky ovládané hydraulické rozvaděče od firmy Badestnost. Jedná se o dva rozvaděče se třemi ventily a jeden rozvaděč s šesti ventily. Jednotlivé sekce rozvaděče jsou zapojeny k tlakové větvi paralelně. (obr. 52) Paralelní zapojení umožňuje otevření více ventilů najednou, v takovém případě se hydraulická kapalina dělí mezi otevřené ventily dle poměru odporů spotřebičů. [17] [35]



Obrázek 52 Hydraulický rozvaděč Badestnost [35]

5.2.6 Ostatní hydraulické prvky

Aby byla zajištěna bezvadná funkce hydraulického systému, je třeba systém doplnit o nezbytné doplňkové hydraulické komponenty.

Filtr

Byl zvolen hydraulický filtr od firmy Hydraulikapo s maximálním průtokem 95 l/min. Filtr je určen do sací větve, čímž je eliminováno případné zanesení nečistot z nádrže do hydraulického okruhu. (obr. 53) [34]



Obrázek 53 Hydraulický filtr sací [34]

Nádrž

Hydraulický systém byl doplněn o nádrž, která je součástí konstrukce stroje. Jedná se nádrž ve tvaru kvádrů o rozměrech 550x420x400 mm s maximálním objemem 92,4 l a užitným objemem 80 l. Nádrž je vyrobena z plechu o tloušťce 3 mm a je vybavena hrdlem se zátkou s integrovaným odvětrávacím otvorem a sítkem, sacím a zpětným potrubím, přepážkami a vypouštěcím ventilem. Dále je nádrž vybavena olejznakem, který slouží ke kontrole výšky hladiny oleje. [35]

Aby bylo možné štípačku bezpečně provozovat i v zimních měsících, byla nádrž vybavena také ponorným topným tělesem CEC 750 od firmy Eurofluid hydraulik. Těleso zajišťuje ohřev hydraulické kapaliny na provozní teplotu při nízkých teplotách. Výkon ponorného topného tělesa je 2 W/cm², což je maximální doporučená hodnota pro minerální oleje. [17] [36]

Chladič

Hydraulický systém byl doplněn o průtokový chladič od firmy Hydraulikapo, který zajišťuje chlazení hydraulické kapaliny v horkých letních měsících, kdy by nebylo možné udržet dostatečně nízkou provozní teplotu pouze pasivním chlazením kapaliny v nádrži. (obr. 54) Chladič má celkový objem 1,5 l a maximální průtok hydraulické kapaliny je 120 l/min. Chladič je vybaven ventilátorem, který je automaticky spínán díky vestavěnému termostatu. [34]



Obrázek 54 Chladič hydraulické kapaliny od firmy Hydraulikapo [34]

Teplotní senzor

Hydraulický systém byl doplněn o teplotní senzor, který monitoruje teplotu hydraulické kapaliny. Bylo zvoleno proudové analogové teplotní čidlo SCT 150 od firmy Parker. Senzor měří teplotu v rozsahu -25 až 125 °C s přesností ± 7 K. Výstupním signálem senzoru je proud v rozsahu 0–20 mA. [37]



Obrázek 55 Teplotní senzor Parker SCT 150 [37]

Tlakový senzor

Hydraulický systém byl vybaven několika senzory tlaku, které slouží k monitorování tlaku hydraulické kapaliny v tlakových větvích hydraulického okruhu. Byl zvolen senzor SCP01-250-14-7 od firmy Parker, s rozsahem měření 0–250 bar a teplotním rozsahem -40 až 125 °C. Výstupním signálem senzoru je proud v rozsahu 0–20 mA. Přesnost senzoru je $\leq \pm 0,5$ % celkového rozsahu měřidla. [37]

Hydraulická kapalina

Pro provoz stroje byl zvolen hydraulický olej Paramo HM 32, který je vhodný pro celoroční provoz stroje. Olej má následující charakteristické vlastnosti:

- chrání mazané soustavy proti opotřebení
- vynikající protikorozní vlastnosti
- odolnost proti oxidaci
- nepůsobí agresivně na elastomery
- dobře odlučuje vzduch a má velmi dobrou schopnost odolávat tvorbě trvalé emulze
- nízká pěnovost
- dobrý průběh viskozity v závislosti na změnách teploty
- dobrá filtrovatelnost [38]

5.2.7 Výpočty

Následující kapitola obsahuje kontrolní výpočty ověřující správnou funkci některých zvolených komponent.

Ověření funkce pohonu a hydrogenerátorů

Jako první bylo pomocí rovnice 6 a 7 provedeno ověření, zda-li byla vhodně zvolena kombinace elektromotoru a hydrogenerátorů. Jelikož nyní není možné určit, jak by vypadalo stupňovité proměnné zatížení motoru, byl využit vztah pro trvalé zatížení motoru.

$$Pm_1 = \frac{p_{1max} \cdot Q_{1max}}{\eta_m \cdot \eta_{HGm} \cdot \eta_{HGV}} [W] \quad (6)$$

$$Pm_1 = \frac{23 \cdot 10^6 \cdot 2,45 \cdot 10^{-4}}{0,92 \cdot 0,85 \cdot 0,95} = 7585 W$$

Kde:

Pm_1 – požadovaný příkon elektromotoru pro pohon hydrogenerátoru 1 [W]

p_{1max} – maximální výstupní tlak hydrogenerátoru 1 [Pa]

Q_{1max} – maximální průtok hydrogenerátoru 1 [$m^3 \cdot s^{-1}$]

η_m – účinnost asynchronního elektromotoru [-]

η_{HGm} – mechanická účinnost hydrogenerátoru [-]

η_{HGV} – objemová účinnost hydrogenerátoru [-] [17] [31]

Předchozím výpočtem bylo ověřeno, že hydrogenerátor 1 lze pohánět zvoleným elektromotorem bez přetížení elektromotoru, s omezením maximálního výstupního tlaku na hodnotu 23 MPa. Při tomto tlaku je vyžadován příkon 7585 W, což je 101,1 % jmenovitého příkonu zvoleného elektromotoru.

Následuje kontrola hydrogenerátoru 2. (rovnice 7)

$$Pm_2 = \frac{p_{2max} \cdot Q_{2max}}{\eta_m \cdot \eta_{HGm} \cdot \eta_{HGV}} [W] \quad (7)$$

$$Pm_2 = \frac{8,5 \cdot 10^6 \cdot 6,533 \cdot 10^{-4}}{0,92 \cdot 0,85 \cdot 0,95} = 7475 W$$

Kde:

Pm_2 – požadovaný příkon elektromotoru pro pohon hydrogenerátoru 2 [W]

p_{2max} – maximální výstupní tlak hydrogenerátoru 2 [Pa]

Q_{2max} – maximální průtok hydrogenerátoru 2 [$m^3 \cdot s^{-1}$]

[17] [31]

Předchozím výpočtem bylo ověřeno, že hydrogenerátor 2 lze pohánět zvoleným elektromotorem bez přetížení elektromotoru s omezením maximálního výstupního tlaku na hodnotu 8,5 MPa. Při tomto tlaku je vyžadován příkon 7475 W, což je 99,7 % jmenovitého příkonu zvoleného elektromotoru.

Výpočet sil hlavního přímočarého hydromotoru

Se známou hodnotou maximálních tlaků pro jednotlivé hydrogenerátory bylo přistoupeno k výpočtu síly hlavního přímočarého hydromotoru. Nejprve je nutné vypočítat činné plochy diferenciálního pístu. (rovnice 8 a 9)

$$S_{1HM1} = \frac{\pi}{4} \cdot D_1^2 [m^2] \quad (8)$$

$$S_{1HM1} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,11^2 = 9,503 \cdot 10^{-3} m^2$$

Kde:

S_{1HM1} – plocha pístu hlavního přímočarého hydromotoru při dopředném chodu [m^2]

D_1 – průměr pístu hlavního přímočarého hydromotoru [m]

[31]

$$S_{2HM1} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - d_2^2) [m^2] \quad (9)$$

$$S_{2HM1} = \frac{\pi}{4} \cdot (0,11^2 - 0,07^2) = 5,655 \cdot 10^{-3} m^2$$

Kde:

S_{2HM1} – plocha pístu hlavního přímočarého hydromotoru při zpětném chodu [m^2]

d_2 – průměr pístnice hlavního přímočarého hydromotoru [m]

[31]

Následně byly dopočítány štípací síly hlavního přímočarého hydromotoru. (rovnice 10 a 11)

$$F_{1HM1} = p_{1max} \cdot S_{1HM1} [N] \quad (10)$$

$$F_{1HM1} = 23 \cdot 10^6 \cdot 9,503 \cdot 10^{-3} = 218\,569\, N$$

Kde:

F_{1HM1} – maximální síla hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 1 [N]

Z předchozího výpočtu je zřejmé, že při napájení hlavního přímočarého hydromotoru hydrogenerátorem 1 je maximální štípací síla 218,6 kN.

$$F_{2HM1} = p_{2max} \cdot S_{1HM1} [N] \quad (11)$$

$$F_{2HM1} = 8,5 \cdot 10^6 \cdot 9,503 \cdot 10^{-3} = 80\,776\, N$$

Kde:

F_{2HM1} – maximální síla hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2 [N]

Z předchozího výpočtu je zřejmé, že při napájení hlavního přímočarého hydromotoru hydrogenerátorem 2, je maximální štípací síla 80,8 kN. Zbývá vypočítat sílu přímočarého hydromotoru při diferenciálním zapojení a napájení hydrogenerátorem 2.

$$F_{3HM1} = p_{2max} \cdot (S_{1HM1} - S_{2HM1}) [N] \quad (12)$$

$$F_{3HM1} = 8,5 \cdot 10^6 \cdot (9,503 \cdot 10^{-3} - 5,655 \cdot 10^{-3}) = 32\,708\,N$$

Kde:

F_{3HM1} – maximální síla hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2 a diferenciálním zapojení [N]

Z předchozího výpočtu je zřejmé, že při napájení hlavního přímočarého hydromotoru hydrogenerátorem 2 a diferenciálním zapojení, je maximální štípací síla 32,7 kN. Toto zapojení přímočarého hydromotoru umožňuje velmi rychlý pohyb pístu při nízké zátěži. U štípacího stroje je toto zapojení využito výhradně na rychlý příjezd štípací desky ke špalku a k rychlému protlačení špalku skrz štípací nástroj v případě, když dojde k jeho prasknutí při samotném začátku štípaní a k jeho protlačení je již vyžadována pouze velmi malá síla.

Výpočet pracovních časů hlavního přímočarého hydromotoru

Následuje výpočet objemů komor hlavního přímočarého hydromotoru.

$$V_{1HM1} = S_{1HM1} \cdot l_{HM1} [m^3] \quad (13)$$

$$V_{1HM1} = 9,503 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 = 5,702 \cdot 10^{-3} m^3$$

Kde:

V_{1HM1} – maximální objem hlavního přímočarého hydromotoru při dopředném chodu [m^3]

l_{HM1} – maximální výsuv hlavního přímočarého hydromotoru [m]

$$V_{2HM1} = S_{2HM1} \cdot l_{HM1} [m^3] \quad (14)$$

$$V_{2HM1} = 5,655 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 = 3,393 \cdot 10^{-3} m^3$$

Kde:

V_{2HM1} – maximální objem hlavního přímočarého hydromotoru při zpětném chodu [m^3]

l_{HM1} – maximální výsuv hlavního přímočarého hydromotoru [m]

Z výše vypočítaných objemů hlavního přímočarého hydromotoru lze dopočítat dobu pracovních chodů pístu. Rovnice 15 slouží k výpočtu doby maximálního vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 1.

$$t_{1HM1} = \frac{V_{1HM1}}{Q_{1max}} [s] \quad (15)$$

$$t_{1HM1} = \frac{5,702 \cdot 10^{-3}}{2,45 \cdot 10^{-4}} = 23,273\,s$$

Kde:

t_{1HM1} – čas vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 1 [s]

Z výpočtu je zřejmé, že při pohonu hlavního přímočarého hydromotoru hydrogenerátorem 1 je doba vysunutí pístu extrémně dlouhá. Toto zapojení bude využíváno pouze k roztržení špalku, kdy je potřeba velká síla po krátkou dobu. Následující rovnice 16 slouží k výpočtu doby maximálního vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2.

$$t_{2HM1} = \frac{V_{1HM1}}{Q_{2max}} [s] \quad (16)$$

$$t_{2HM1} = \frac{5,702 \cdot 10^{-3}}{6,533 \cdot 10^{-4}} = 8,728 \text{ s}$$

Kde:

t_{2HM1} – čas vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2 [s]

Z výpočtu je zřejmé, že při pohonu hlavního přímočarého hydromotoru hydrogenerátorem 2, je doba vysunutí pístu výrazně kratší. Toto zapojení bude využíváno nejčastěji. Následující rovnice 17 slouží k výpočtu doby vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2 a diferenciálním zapojení.

$$t_{3HM1} = \frac{V_{1HM1} - V_{2HM1}}{Q_{2max}} [s] \quad (17)$$

$$t_{3HM1} = \frac{5,702 \cdot 10^{-3} - 3,393 \cdot 10^{-3}}{6,533 \cdot 10^{-4}} = 3,534 \text{ s}$$

Kde:

t_{3HM1} – čas vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2 [s]

Z výpočtu je zřejmé, že při pohonu hlavního přímočarého hydromotoru hydrogenerátorem 2 a diferenciálním zapojení, je doba vysunutí pístu velmi krátká. Toto zapojení bude využíváno na začátku štípacího cyklu, a poté dle potřeby na konci při finálním dotlačení již štípnutých kusů dřeva skrz štípací nástroj.

Následující rovnice 18 slouží k výpočtu času návratu hlavního přímočarého motoru do výchozí polohy z maximálního vysunutí.

$$t_{4HM1} = \frac{V_{2HM1}}{Q_{2max}} [s] \quad (18)$$

$$t_{4HM1} = \frac{3,393 \cdot 10^{-3}}{6,533 \cdot 10^{-4}} = 5,194 \text{ s}$$

Kde:

t_{4HM1} – čas zasunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2 [s]

Předchozím výpočtem byl určen čas potřebný pro zasunutí hlavního přímočarého motoru do výchozí polohy.

Kontrola rychlosti pístu

Jelikož je maximální dovolená rychlost zvoleného hlavního přímočarého hydromotoru omezena na hodnotu $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, je nutné provést kontrolní výpočet. Nejvyšší rychlosti dosahuje píst při diferenciálním zapojení.

$$v_{1HM1} = \frac{l_{HM1}}{t_{3HM1}} [m \cdot s^{-1}] \quad (19)$$

$$v_{1HM1} = \frac{0,6}{3,534} = 0,17 m \cdot s^{-1}$$

Kde:

v_{1HM1} – maximální rychlost pohybu pístu hlavního přímo. hydromotoru [$m \cdot s^{-1}$]

Píst dosahuje maximální rychlosti $0,17 m \cdot s^{-1}$, což je hodnota nižší, než maximální dovolená rychlost $0,5 m \cdot s^{-1}$. Hlavní přímočarý hydromotor je tedy vyhovující.

Kontrola ostatních přímočarých a rotačních motorů není součástí diplomové práce, protože by byl překročen rozsah.

5.3 Automatizace stroje

Aby byla možná plná automatizace stroje, byl navržen řídicí systém a další nezbytné komponenty. Podkapitola pojednává o důležitých částech hardwaru, díky kterému by bylo možné automatizace dosáhnout. Kompletní návrh hardwaru a softwaru není součástí práce.

5.3.1 Koncepce

Ovládání

Aby bylo možno provozovat stroj plně automaticky, bylo navrženo ovládání pomocí ovládacího panelu s fyzickými tlačítky. Panel obsahuje tlačítka pro manuální ovládání jednotlivých funkcí stroje. (obr. 46) Manuální ovládání je koncipováno zejména pro nastavení, kalibraci a servis stroje. Dále panel obsahuje tlačítka pro start a zastavení automatického chodu stroje a nouzové stop tlačítko pro případ nouzového zastavení. Vedle ovládacího panelu je také umístěn hlavní vypínač stroje.

Popis cyklu stroje

Nejprve je operátorem umístěna kláda na zvedací rampu stroje a následně operátor tlačítkem na ovládacím panelu spustí proces zvedání plošiny. Aby byla zajištěna bezpečnost stroje, ke zvedání plošiny dochází pouze za současného držení ovládacího tlačítka, a to ve směru pohybu plošiny nahoru i dolů. Jakmile dojde ke zvednutí, operátor postrčením převalí kládu na pásový dopravník stroje a opět se vrací k ovládacímu panelu. Nyní operátor spustí pomocí tlačítka automatický režim a zároveň spouští zvedací rampu dolů, aby bylo možné přichystat další kládu ke zvednutí.

Po spuštění automatického režimu operátorem dojde k sepnutí pohonu dopravníků a začíná posun klády po dopravníku. Na hydraulickém okruhu hydromotorů, které pohánějí pásy, jsou instalovány snímače tlaku. Při neobvyklém nárůstu tlaku hydraulické kapaliny na hydromotoru lze předpokládat přetížení, případně zaseknutí klády. Takový neobvyklý nárůst tlaku automaticky okamžitě zastaví pohony, přičemž je současně vydán zvukový a vizuální signál operátorovi. Zároveň je senzorem otáček snímán rotační pohyb hnaných roln dopravníkového pásu a dále pohyb samotného pásu. Díky této kombinaci senzorů lze snímat prokluz pásu na hnané rolně, a tak detekovat právě přetížení a zaseknutí pásu, případně v kombinaci se známou hodnotou tlaku hydraulické kapaliny lze ověřit správnost předepnutí dopravníkového pásu.

Kláda při pohybu po dopravníku nejprve narazí na přítlačnou rolnu, která má za úkol blokovat vstup cizích předmětů do nebezpečného prostoru. Rolna je na své hřídeli vybavena

senzorem natočení, pomocí kterého lze snímat úhel natočení rolny. Na základě této hodnoty lze určit průměr vstupující klády do pracovního prostoru a zároveň lze vytvořit podmínku, že se rolna může pohybovat pouze pokud dochází k pohybu dopravníkového pásu. Touto podmínkou je částečně zamezeno nežádoucího vsunutí předmětů a končetin do pracovního prostoru přes přítlačnou rolnu, když dopravník není v pohybu.

Na horní straně ochranné konstrukce pracovního prostoru je ve vzdálenosti 40 až 55 cm za řetězovou pilou umístěn na kolejnici senzor měření vzdálenosti, který slouží k detekci klády a následnému zastavení pohonů dopravníků. Dle posunu tohoto senzoru po kolejnici lze měnit délku špalků, které budou řezány z klády. Tento senzor musí být vždy umístěn v kratší vzdálenosti, než je požadovaná výsledná délka špalku z důvodu zpoždění celého systému a setrvačnosti.

Jakmile dojde k zastavení dopravníků, dochází k aktivaci přítlačné páky, která fixuje kládu. Poloha přímočarého hydromotoru, který slouží k pohonu páky, je snímána snímačem polohy. Následuje spuštění pohonu řetězu řetězové pily a řetěz je roztočen na pracovní otáčky. Po roztočení dochází k sepnutí pohonu pohybu pily, pila vyjíždí z krytu a začíná proces řezání. Na hydraulickém okruhu pohonu řetězu a pohonu pohybu pily jsou instalovány tlakové snímače, pomocí kterých lze detekovat zatížení a provést manuální optimalizaci rychlosti posuvu pily v závislosti na typu zpracovávaného dřeva, či jeho průměru. Jelikož je senzorem snímána i poloha přímočarého hydromotoru, který slouží k pohybu pily, lze jednoduše určit koncová poloha, kdy došlo k úplnému dořezání špalku. Po dořezání dochází k zastavení pohonu řetězu a současnému zvednutí pily zpět do krytování stroje.

Jakmile dojde k dořezání špalku, dochází ke zvednutí přítlačné páky a uřezaný špalek je kratším dopravníkem posunut na propadová dvířka. Po ověření výchozí polohy hlavního přímočarého hydromotoru, který pohání tlačnou desku štípačky a ověření, že je prázdný štípací prostor pomocí senzoru vzdálenosti, který je instalován nad štípacím prostorem, dochází k rychlému otevření dvířek a pádu špalku do štípacího prostoru. Poloha přímočarého hydromotoru, který slouží k otvírání dvířek, je snímána senzorem polohy.

Před začátkem štípání je díky známé hodnotě průměru špalku (úhel natočení přítlačné rolny) a snímání polohy přímočarého hydromotoru, který slouží k nastavení výšky štípacího nástroje, nastavena optimální výška štípacího nástroje.

Následuje proces štípání, který je řízen pomocí snímání polohy hlavního přímočarého hydromotoru a tlakových senzorů v hydraulickém okruhu. Při dojezdu tlačné desky ke špalku je použito diferenciální zapojení s napájením z hydrogenerátoru 2, díky kterému lze sevřít špalek mezi tlačnou desku a štípací nástroj velmi rychle. Po nárůstu tlaku na hodnotu 8,5 MPa dochází k přepnutí ventilů z diferenciálního zapojení na standardní zapojení z hydrogenerátoru 2. Tímto přepnutím dochází ke zvětšení pracovní plochy pístu a štípání dál pokračuje. V případě, že již nedojde ke zvýšení tlaku na hodnotu 8,5 MPa, štípání pokračuje dál se stávajícím zapojením až do chvíle, než tlak klesne pod hodnotu 4 MPa. V tu chvíli dochází k opětovnému sepnutí diferenciálního zapojení. Tato tlaková hystereze spínání byla navržena záměrně, aby nedocházelo k cyklickému zapínání a vypínání jednotlivých režimů napájení z hydrogenerátoru 2.

V případě, že je vyžadována síla vyšší, než jaké lze dosáhnout při napájení hydrogenerátorem 2 a tlak vzroste na hodnotu vyšší než 8,5 MPa, dochází k přepnutí zapojení na hydrogenerátor 1, díky kterému lze dosáhnout tlaku až 23 MPa. Po prasknutí špalku a překonání maximálního odporu pro daný špalek tlak opět klesá a při snížení tlaku na

hodnotu 8,5 MPa se opět mění zapojení na hydrogenerátor 2. Při dosažení tlaku 23 MPa dochází k aktivaci pojistného ventilu, aby nedošlo k poškození komponent a přetížení elektromotoru. Tento stav detekuje senzor tlaku, štípání je zastaveno a současně je vydán zvukový a vizuální signál operátorovi stroje.

Při vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru na hodnotu 300 mm dochází ke zvednutí propadových dvířek, zároveň se štípáním dochází k opětovnému posunu klády do prostoru pily a k přípravě na další řez. Jakmile je štípání dokončeno a hlavní přímočarý hydromotor se začne vracet do výchozí polohy, je spuštěn další cyklus řezání. Pracovní smyčka se opakuje až do chvíle, než dojde k zavření přitlačné rolly. Toto zavření indikuje blížící se konec klády. Se zavřením přitlačné rolly se uvolňuje výhled pro senzor vzdálenosti, který je umístěn 200 mm před lištou řetězové pily. V případě, že senzor detekuje kládu po dokončení posledního řezu, je detekovaný zbytek posunut dále do pracovního prostoru a štípnut stejně jako kusy řezané na požadovanou délku. Jestliže však senzor nedetekuje ve vzdálenosti 200 mm před řetězovou pilou kládu, v prostoru před řetězovou pilou se nachází zbytek kratší než 200 mm. Dochází ke spuštění řezání a zároveň se otevírají odpadová dvířka, která slouží k odstranění přebytečného zbytku, který není možné dále automaticky zpracovat. K samovolnému odvalení po uřezání dochází díky naklonění pracovního stolu o 10° od horizontální roviny.

Po zpracování celé klády a štípnutí posledního špalku dochází k návratu všech mechanismů do výchozí polohy a stroj je připraven pro spuštění dalšího cyklu. V průběhu zpracování klády v automatickém režimu může operátor připravovat další kládu na zvedací rampu, čímž dochází k redukci nezbytného počtu operátorů ze dvou na jednoho při 100% využití stroje. Operátor zasahuje pouze v případě chybového hlášení, jehož indikaci zprostředkovává zvukový a vizuální signál ve formě barevného majáku a reproduktoru.

5.3.2 Řídicí systém

Jako řídicí systém byl pro štípací stroj zvolen systém Simatic S7–1500, který je vhodný zejména pro svou modularitu. Byla zvolena konstrukční sestava s jednotkou 6ES7511-1CK00-0AB0, která má 16 digitálních vstupů, 16 digitálních výstupů, 5 analogových vstupů a 2 analogové výstupy. Sestava obsahuje všechny nezbytné prvky pro zprovoznění systému, včetně softwaru.



Obrázek 56 Konstrukční sestava Simatic S7 - 1500 od firmy Siemens [40]

Sada byla doplněna o 2 rozšiřující moduly 6ES7531-7NF10-0AB0 obsahující 8 analogových vstupů na modul a o jeden rozšiřující modul 6ES7522-1BH01-0AB0 obsahující 16 digitálních výstupů. Po rozšíření má řídicí systém celkem 16 digitálních vstupů, 32 digitálních výstupů, 18 analogových vstupů a 2 analogové výstupy. 6 digitálních výstupů řídicího systému je použito ke spínání cívek hydraulických ventilů a spínání elektromotoru. [39] [40]

Senzorika

Aby bylo možné plně automatizovat stroj a zároveň dodržet bezpečnost, stroj nutně musí být vybaven senzory, které snímají aktuální stav stroje. Pro štípací stroj bylo navrženo celkem 18 analogových senzorů tlaku, natočení, polohy hydraulického motoru, vzdálenosti, teploty a otáček. Stroj je také vybaven pěti digitálními senzory, které snímají polohy krytování stroje. V případě, že dojde k otevření krytu při pracovním cyklu, dojde k zastavení všech mechanismů a veškeré funkce jsou blokovány.

Pro účely nastavení a kalibrace je nutné zapnout řídicí systém do režimu, kdy je povolen přístup do pracovního prostoru stroje. V tomto režimu není možné aktivovat přítlačnou páku, pohon pily a pohyb pily. Zbylé funkce jsou povoleny. Jejich manuální spuštění je podmíněno současným držením dvou tlačítek, čímž je eliminována možnost poranění obsluhy v případě chyby, či nechtěného spuštění. Kompletní návrh senzoriky není součástí diplomové práce.

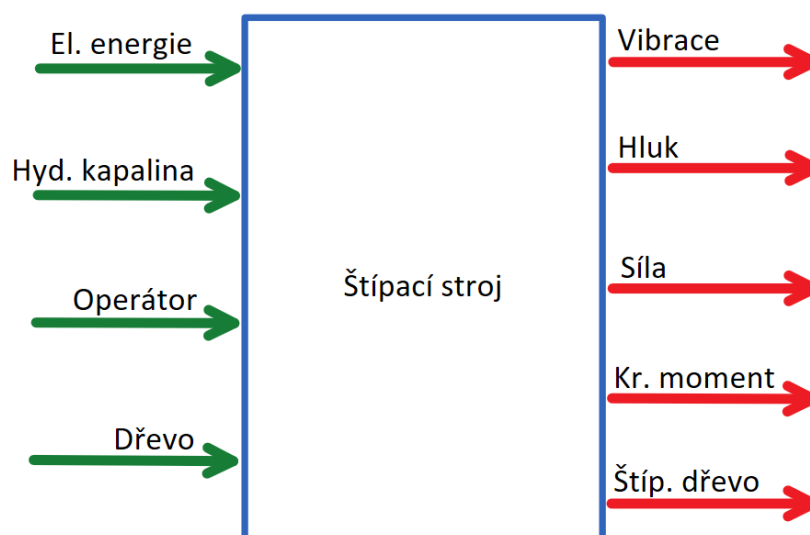
6 ANALÝZA RIZIK STROJE

6.1 Základní popis

Navržený štípací stroj je komplexní zařízení. V následující kapitole je vypracována částečná analýza rizik stroje, aby byla zajištěna potřebná bezpečnost. K vypracování analýzy byly použity zejména normy ČSN EN ISO 12100:2011 Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika a ČSN EN 609-1 Zemědělské a lesnické stroje - Bezpečnost štípačů polen - Část 1: Klínové štípače.

6.2 Vstupy a výstupy stroje

Pro lepší představu a orientaci byl vypracován diagram vstupních a výstupních veličin. Vstupními veličinami do stroje jsou elektrická energie, hydraulická kapalina, dřevo a síla operátora stroje. Výstupem ze stroje jsou vibrace, hluk, teplo, štípnuté dřevo, síla a krouticí moment.



Obrázek 57 Diagram vstupů a výstupů stroje

6.3 Analýza významných nebezpečí

Byla provedena analýza významných nebezpečí. Analýza je zpracována v následující tabulce.

Tabulka 1 Analýza významných nebezpečí

ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ				Typ stroje: Štípací stroj
Během přepravy, montáže a instalace				
č.	Fáze životního cyklu	Typ nebezpečí (dle ČSN EN ISO 12100)		Popis nebezpečné události:
		Stručný popis	id. číslo	
1 Přeprava				
1.1	Přeprava	Nezdravé polohy, nebo nadměrná námaha při přepravě;		1.1-1 8.1-1 Při přepravě může dojít k přitlačení osoby. Při přepravě může dojít k nadměrné námaze.
2 Montáž a instalace/Uvedení do provozu				
2.1	Sestavení a instalace	Nebezpečí stlačení; Nebezpečí říznutí, uříznutí;		1.1-2 1.3-2 Při manipulaci se štípacím nástrojem může dojít ke stlačení ruky. Při manipulaci se štípacím nástrojem může dojít k říznutí o ostří klínu.
2.2	Zapojení do elektrické sítě	Elektrická nebezpečí dotykem;		2.1-1 Při zapojování do el. sítě hrozí nebezpečí úrazu el. proudem.
3 Seřizování				
3.1	Pohyb v pracovním prostoru stroje	Nebezpečí stlačení; Nebezpečí říznutím, uříznutím; Nebezpečí zachycení; Popálení;		1.1-3 1.3-3 1.4-5 1.4-6 1.4-7 1.4-1 3.1-3 Při manipulaci v pracovním prostoru může dojít ke stlačení krytem. Při seřizování řetězu může dojít k říznutí o řetěz. Při seřizování může dojít k zachycení o dopravník. Při seřizování může dojít o zachycení řetězovou pilou. Při seřizování může dojít k zachycení rotujícím válcem dopravníku. Při seřizování může dojít k zachycení tlačnou deskou. Při seřizování může dojít k popálení o pilu.
4 Provoz				
4.1	Zvedání klády rampou	Nebezpečí stlačení; Nebezpečí říznutím, uříznutím; Nebezpečí bodnutím nebo proražením; Nebezpečí stříhem; Nebezpečí upadnutí; Nebezpečí převržení; Nepřiměřené nároky na anatomii lidské paže (ruky) nebo nohy; Nebezpečí nárazu;		1.1-4 1.1-5 1.2-2 1.3-2 1.4-4 1.7-1 1.8-1 1.8-4 1.9-1 Při zvedání klády a manipulaci s rampou může dojít k pohmoždění končetiny, říznutí ruky, bodnutí/probodnutí, pádu polena na dolní končetinu, převržení stroje, nadměrnému namáhání horních končetin, stlačení, upadnutí břemene, nárazu a zakopnutí.

		Nebezpečí zakopnutí; Nebezpečí způsobená upadnutí;	8.2-1 1.6-1 1.6-2 1.5-1	
4.2	Pohyb v pracovním prostoru pily	Nebezpečí stlačení; Nebezpečí říznutím, uříznutím; Nebezpečí bodnutím nebo proražením; Nebezpečí zachycení; Popálení;	1.1-5 1.1-7 1.2-3 1.2-4 1.3-4 1.7-2 1.4-5 1.4-6 1.4-7 3.1-3	Při pohybu v pracovním prostoru může dojít k pohmoždění končetin, říznutím o ostří klínu, k pádu, bodnutí/proražení, popálení, či nebezpečnému zachycení.
4.3	Štípání polena	Nebezpečí stlačení; Nebezpečí stříhem; Nebezpečí zachycení; Nebezpečí bodnutí nebo proražení; Nebezpečí vymrštění; Ztráta sluch (hluchota), psychologické poruchy při provozu stroje; Rušení při řečové komunikaci, zvukových signálech při provozu stroje; Vdechování škodlivých výparů kapalin, plynů, mlh a prachu nebo styk s nimi;	1.1-2 1.2-1 1.1-8 1.4-1 1.7-1 1.8-2 4.1-1 4.2-1 7.1-1	Při štípání může dojít k přimáčknutí, pořezání, zachycení, bodnutí, nebo proražení. Při štípání je obsluha vystavena zvýšené hladině hluku a množství prachu. Díky vyšší hladině hluku je také zhoršeno verbální dorozumívání s ostatními pracovníky.
4.4	Provoz stroje	Ztráta sluch (hluchota), psychologické poruchy při provozu stroje; Rušení při řečové komunikaci, zvukových signálech při provozu stroje	4.1-1 4.2-1	Nebezpečí poškození sluchu provozním hlukem stroje. Zhoršená verbální komunikace s dalšími pracovníky.
5 Čištění a údržba				
5.1	Oprava rozvodů elektřiny	Dotyk osob živých částí;	2.1-2	Vlivem poškozené izolace může dojít ke styku s živou částí.
5.2	Oprava rozvodů hydraulické kapaliny	Nebezpečí ohně nebo výbuchu od vystříknutého hydraulického oleje; Nebezpečí vymrštění kapaliny; Popálení od rozvodů hydraulického oleje; Únik provozní kapaliny;	1.8-3 3.1-2 7.2-1 7.3-1	Hrozí nebezpečí výbuchu při úniku provozních kapalin. Nebezpečí popálení o rozvody hydraulické kapaliny a vymrštění kapaliny.
5.3	Oprava motoru	Zachycení, Dotyk osob živých částí; Popálení;	1.4-2 1.4-3 2.1-3 3.1-1	Při opravě motoru může dojít k zachycení. Může dojít k dotyku s živou částí. Popálení o motor.
5.4	Čištění stolu	Říznutí;	1.3-4	Hrozí pořezání o ostré hrany rámu a stolu stroje.
5.5	Výměna oleje	Únik provozní kapaliny při doplňování, výměně a vypouštění; Nebezpečí stlačení;	1.1-6 7.3-1	Při doplňování, výměně a vypouštění hydraulického oleje může dojít k úniku. Může dojít ke stlačení krytováním stroje.
6 Vyřazení z provozu, demontáž				

6.1	Vypouštění oleje	Únik provozní kapaliny při doplňování, výměně a vypouštění;	7.3-1	Nebezpečí úniku při doplňování, výměně a vypouštění hydraulického oleje.
6.2	Odpojení z elektrické sítě	Elektrická nebezpečí dotykem;	2.1-1	Při odpojování od el. sítě hrozí nebezpečí úrazu el. proudem.

6.4 Přehled identifikovaných závažných nebezpečí

Do tabulky byl vypracován přehled identifikovaných závažných nebezpečí. Celkem bylo identifikováno 47 nebezpečí.

Tabulka 2 Přehled identifikovaných závažných nebezpečí

Přehled identifikovaných závažných nebezpečí	
1	Mechanická nebezpečí vyvolaná strojními součástmi nebo nahromaděním energie uvnitř strojního zařízení
1.1	Nebezpečí stlačením
1.1-1	Nebezpečí stlačení při přepravě stroje
1.1-2	Nebezpečí stlačení štípacím nástrojem
1.1-3	Nebezpečí stlačení krytem pracovního prostoru
1.1-4	Nebezpečí stlačení rampou
1.1-5	Nebezpečí stlačení dřevem při manipulaci
1.1-6	Nebezpečí stlačení krytováním
1.1-7	Nebezpečí stlačení přítlačnou pákou
1.1-8	Nebezpečí stlačení propadovými dvířky
1.2	Nebezpečí stříhem
1.2-1	Nebezpečí stříhem mezi polenem a štípacím nástrojem
1.2-2	Nebezpečí stříhem mezi rampou a krytováním
1.2-3	Nebezpečí stříhem mezi přítlačnou pákou a krytováním
1.2-4	Nebezpečí stříhem mezi pilou a krytováním
1.3	Nebezpečí říznutím, uříznutím
1.3-1	Nebezpečí říznutím, uříznutím o štípací nástroj
1.3-2	Nebezpečí říznutím, uříznutím o dřevo
1.3-3	Nebezpečí říznutím, uříznutím o řetěz pily
1.3-4	Nebezpečí říznutím, uříznutím od ostrých hran stroje
1.4	Nebezpečí zachycením

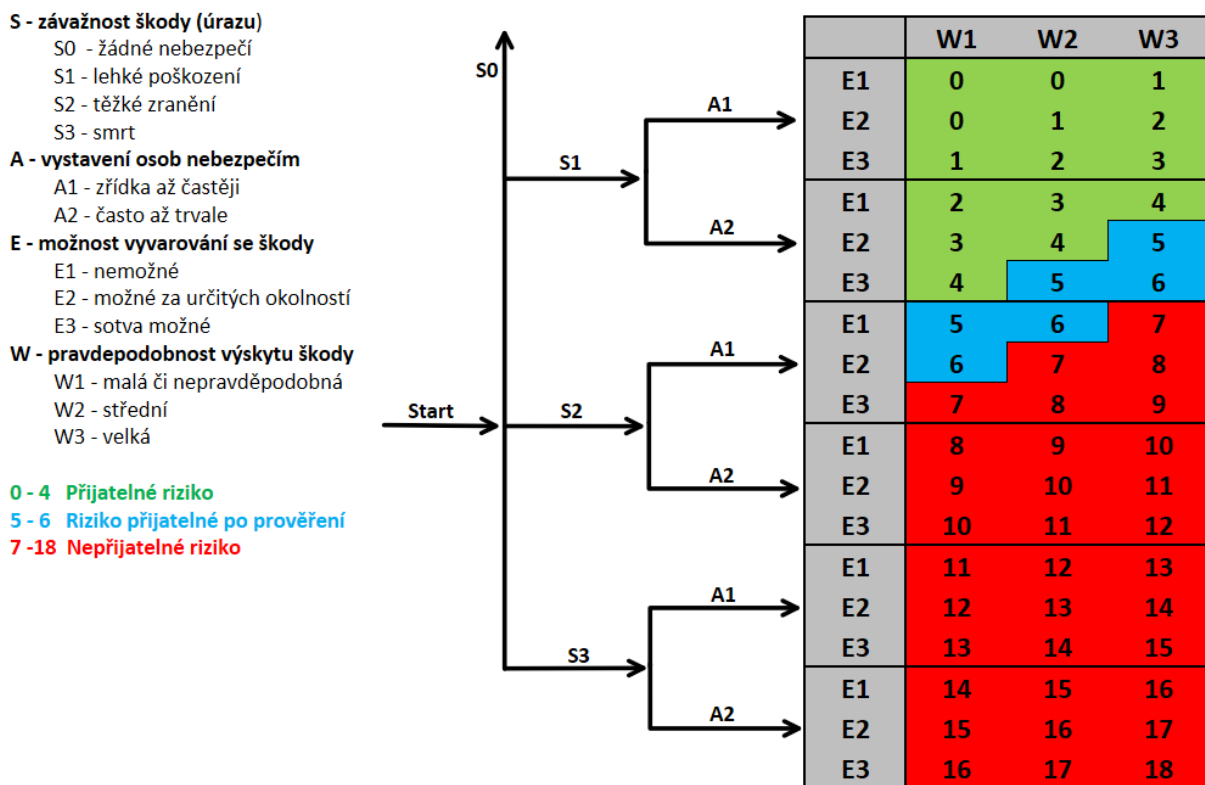
1.4-1	Nebezpečí zachycení tlačnou deskou
1.4-2	Nebezpečí zachycení od rotující spojky
1.4-3	Nebezpečí zachycení do ozubení
1.4-4	Nebezpečí zachycení o zvedací rampu
1.4-5	Nebezpečí zachycení o dopravník
1.4-6	Nebezpečí zachycení pilou
1.4-7	Nebezpečí zachycení o rotující válce dopravníku
1.5	Nebezpečí uklouznutí, zakopnutí a upadnutí osob
1.5-1	Nebezpečí zakopnutí o zvedací rampu
1.6	Nebezpečí nárazu
1.6-1	Nebezpečí nárazu do bezpečnostního oddělovače
1.6-2	Nebezpečí nárazu do zvednuté rampy
1.7	Nebezpečí bodnutí nebo proražení
1.7-1	Nebezpečí bodnutí nebo proražení třískou, polenem
1.7-2	Nebezpečí bodnutí nebo proražení zubem řetězové pily
1.8	Nebezpečí způsobená upadnutím nebo vymrštěním předmětů nebo kapaliny
1.8-1	Nebezpečí upadnutí polena ze stolu
1.8-2	Nebezpečí vymrštění polena, nebo třísky
1.8-3	Nebezpečí vymrštění kapaliny
1.8-4	Nebezpečí upadnutí polena ze zvedací rampy
1.9	Nebezpečí způsobená ztrátou stability/převrácením stroje
1.9-1	Nebezpečí převržení stroje
2	Elektrická nebezpečí
2.1	Dotyk osob živých částí (přímý dotyk)
2.1-1	Dotyk osob živých částí zásuvky
2.1-2	Dotyk osob živých částí rozvodů
2.1-3	Dotyk osob živých částí motoru
3	Tepelná nebezpečí
3.1	Popálení
3.1-1	Popálení od motoru
3.1-2	Popálení od rozvodů hydraulického oleje
3.1-3	Popálení od pily
4	Nebezpečí způsobená hlukem
4.1	Ztráta sluch (hluchota), psychologické poruchy (ztráta rovnováhy, ztráta vědomí)
4.1-1	Ztráta sluch (hluchota), psychologické poruchy od provozu stroje
4.2	Rušení při řečové komunikaci, zvukových signálech
4.2-1	Rušení při řečové komunikaci, zvukových signálech od provozu stroje

7	Nebezpečí způsobená materiály a látkami
7.1	Vdechování škodlivých výparů kapalin, plynů, mlh a prachu nebo styk s nimi
7.1-1	Nebezpečí vdechnutí prachu
7.2	Oheň nebo výbuch
7.2-1	Nebezpečí ohně nebo výbuchu od vystříknutého hydraulického oleje
7.3	Biologická nebo mikrobiologická nebezpečí
7.3-1	Únik provozní kapaliny při doplňování, výměně a vypouštění
8	Nebezpečí způsobená zanedbáním ergonomických principů při konstrukci stroje
8.1	Nezdravé polohy nebo nadměrná námaha (opakované přetížení)
8.1-1	Nezdravé polohy nebo nadměrná námaha (opakované přetížení) při přepravě
8.2	Nepřiměřené nároky na anatomii lidské paže (ruky) nebo nohy
8.2-1	Nepřiměřené nároky na anatomii lidské paže (ruky) nebo nohy při manipulaci s polenem

6.5 Odhad rizik

Celkem bylo identifikováno 47 rizik, pro které by měl být zpracován odhad rizika. Náhodně byly vybrány 3 rizika, pro které byly formuláře vypracovány. Odhad velikosti rizik byl zpracován za pomoci formulářů.

Při vypracovávání formulářů byla použita následující rozhodovací matice. (obr. 58)



Obrázek 58 Rozhodovací matice odhadu rizika [41]


Tabulka 3 Formulář pro odhad rizika 1

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Jan Čechman		Stroj: Štípací stroj Datum: 6.5.2019	
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100			
		1.Mechanické nebezpečí			
1.1	1.1-1	Nebezpečí stlačení			
Životní etapa stroje:	Přeprava		Nebezpečný prostor: Okolí stroje		
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje		Provozní stav stroje: Mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:	Nebezpečí stlačení končetin (těla) při převozu stroje.				
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2- těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 8	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1- zřídka, až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 - možné za určitých okolností			
	Prs. výskytu nebezpečné události	W3 - střední			
Krok:1 Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:	Pro štípací stroj byla zvolena dobře viditelná výstražná červená barva.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2- těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 7	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1- zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – možné za určitých okolností			
	Prs. výskytu nebezpečné události	W2 - střední			
Krok:2 Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:	Neexistuje žádná účinná bezpečnostní ochrana.				
Krok:3 Informace pro používání					
Popis opatření:	Štípací stroj je opatřena štítkem s uvedenou hmotností. Bezpečnostní sdělení na stroji: Před použitím a manipulací čtete návod k obsluze! Při manipulaci se štípačkou jedněte tak, aby nedošlo k úrazu a dodržujte bezpečnou vzdálenost od pohybujícího se stroje. Při přepravě stroje udržujte vizuální kontakt a nevěnujte se jiným činnostem.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 - těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 5	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1- zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - možné			
	Prs. výskytu nebezpečné události	W1 - malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Bc. Jan Čechman		6.5.2019	

Tabulka 4 Formulář pro odhad rizika 2

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Jan Čechman		Stroj: Štípací stroj Datum: 6.5.2019	
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100			
		1.Mechanické nebezpečí			
1.2	1.2-1	Nebezpečí stříhem mezi polenem a štípacím nástrojem			
Životní etapa stroje:	Provoz		Nebezpečný prostor: Pracovní prostor stroje		
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje		Provozní stav stroje: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:	Při štípání může dojít k ustříhnutí končetin vložení končetiny mezi poleno a štípací nástroj.				
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2- těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 11	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2- často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 - možné za určitých okolností			
	Prs. výskytu nebezpečné události	W3 - velké			
Krok:1 Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:	Štípací prostor je vybaven krytem, který blokuje přístup do pracovního prostoru stroje.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2- těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1- zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – možné za určitých okolností			
	Prs. výskytu nebezpečné události	W2 - střední			
Krok:2 Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:	Při otevření krytu dojde k zastavení stroje.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1- lehké poškození (dočasné následky)		Velikost rizika 1	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1- zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – možné za určitých okolností			
	Prs. výskytu nebezpečné události	W2 - střední			
Krok:3 Informace pro používání					
Popis opatření:	Štípací stroj je opatřena varovným piktogramem. Bezpečnostní sdělení na stroji: Před použitím a manipulací čtěte návod k obsluze! Při provozu stroje je zakázán pohyb v pracovním prostoru stroje.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1- lehké poškození (dočasné následky)		Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1- zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1- možné			
	Prs. výskytu nebezpečné události	W1 - malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Bc. Jan Čechman		6.5.2019	

Tabulka 5 Formulář pro odhad rizika 3

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Jan Čechman		Stroj: Štípací stroj
				Datum: 6.5.2019
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		
4.1	4.1-1	4. Nebezpečí způsobená hlukem		
Životní etapa stroje:	Provoz	Nebezpečný prostor: Pracovní prostor		
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje, pracovník údržby	Provozní stav stroje: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:	Nebezpečí způsobená hlukem.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2- těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 12	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2- často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 - nemožné		
	Prs. výskytu nebezpečné události	W3 - velká		
Krok:1 Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:	Zdroj hluku (motor) je opatřen odhlučňovacím krytem			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1- lehké poškození (dočasné následky)	Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2- často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 - nemožné		
	Prs. výskytu nebezpečné události	W3 - velká		
Krok:2 Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:	Použití ochranných sluchátek.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1- lehké poškození (dočasné následky)	Velikost rizika 5	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2- často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2-možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události	W3 - velká		
Krok:3 Informace pro používání				
Popis opatření:	Štípací stroj je opatřena varovným piktogramem. Bezpečnostní sdělení na stroji: Před použitím a manipulací čtěte návod k obsluze! Při provozu stroje je nutné používat bezpečnostní pomůcky, jako jsou sluchátka, nebo špunty.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1- lehké poškození (dočasné následky)	Velikost rizika 4	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2- často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 - možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události	W3 - velká		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Bc. Jan Čechman		6.5.2019

7 FINANČNÍ NÁKLADY

Pro návrh stroje byl zpracován hrubý odhad nákladů na nákup potřebných dílů pro sestavení stroje. (tabulka 6) Seznam zahrnuje nejnákladnější položky pro stavbu stroje, neobsahuje kompletní soupis dílů. Cena byla stanovena z ceníků jednotlivých prodejců, individuálních cenových nabídek a odhadů. Přehled nezahrnuje náklady na vývoj, operativu, montáž, testování atd. Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

Tabulka 6 Přehled nákupních cen jednotlivých dílů

Součást	Jednotková cena	Jednotka	Celkem
Výroba konstrukce štípacího stroje	183 999 Kč	1 ks	183 999 Kč
Mechanické komponenty	28 643 Kč	1 ks	28 643 Kč
Pás dopravníku dlouhý	2 825 Kč	1 ks	2 825 Kč
Pás dopravníku krátký	1 756 Kč	1 ks	1 756 Kč
Spojovací materiál	2 000 Kč	1 ks	2 000 Kč
Ostatní	25 000 Kč	1 ks	25 000 Kč
Elektromotor	15 830 Kč	1 ks	15 830 Kč
Hydrogenerátor	9 230 Kč	1 ks	9 230 Kč
Hlavní přímočarý hydromotor	11 325 Kč	1 ks	11 325 Kč
Přímočarý hydromotor zvedací rampy	8 748 Kč	1 ks	8 748 Kč
Přímočarý hydromotor pily	7 969 Kč	1 ks	7 969 Kč
Přímočarý hydromotor odpadových dvířek	7 969 Kč	1 ks	7 969 Kč
Přímočarý hydromotor přítlačné páky	7 969 Kč	1 ks	7 969 Kč
Přímočarý hydromotor propadových dvířek	7 969 Kč	1 ks	7 969 Kč
Přímočarý hydromotor štípacího nástroje	7 969 Kč	1 ks	7 969 Kč
Rotační hydromotor dopravník 1	4 810 Kč	1 ks	4 810 Kč
Rotační hydromotor dopravník 2	4 810 Kč	1 ks	4 810 Kč
Rotační hydromotor pila	5 125 Kč	1 ks	5 125 Kč
Sestava hydraulických hadic, potrubí a šroubení	10 399 Kč	1 ks	10 399 Kč
Hydraulický rozvaděč 6 sekcí	22 600 Kč	1 ks	22 600 Kč
Hydraulický rozvaděč 3 sekce	11 690 Kč	2 ks	23 380 Kč
Chladič hydraulické kapaliny	7 982 Kč	1 ks	7 982 Kč
Pojistný ventil	805 Kč	18 ks	14 490 Kč
Manometr budík	700 Kč	5 ks	3 500 Kč
Zpětný ventil	730 Kč	10 ks	7 300 Kč
Škrtící ventil	640 Kč	5 ks	3 200 Kč
Filtr hydraulické kapaliny	1 295 Kč	2 ks	2 590 Kč
Topné těleso	3 328 Kč	1 ks	3 328 Kč
Indikátor hladiny oleje	530 Kč	1 ks	530 Kč
Hyd. zámek	730 Kč	1 ks	730 Kč
Hydraulická kapalina	46 Kč	100 l	4 600 Kč
Řídicí systém, základní sestava	42 290 Kč	1 ks	42 290 Kč
Doplňkový modul řs digitální	6 054 Kč	1 ks	6 054 Kč

Doplňkový modul řs analogový	23 427 Kč	2 ks	46 854 Kč
Senzor pozice přím. hyd. motoru	4 865 Kč	3 ks	14 595 Kč
Senzor natočení	1 734 Kč	1 ks	1 734 Kč
Senzor vzdálenosti	4 560 Kč	2 ks	9 120 Kč
Senzor teploty hyd. oleje	6 300 Kč	1 ks	6 300 Kč
Senzor tlaku hyd. oleje	7 903 Kč	7 ks	55 321 Kč
Snímač otáček	940 Kč	1 ks	940 Kč
Snímač rychlosti - rolna	1 255 Kč	1 ks	1 255 Kč
Mechanický koncový snímač	1 320 Kč	1 ks	1 320 Kč
Maják	2 576 Kč	1 ks	2 576 Kč
Zásuvka	141 Kč	1 ks	141 Kč
Kabeláž	2 000 Kč	1 ks	2 000 Kč
Vybavení ovládacího panelu	3 860 Kč	1 ks	3 860 Kč
Hlavní vypínač	825 Kč	1 ks	825 Kč
Ostatní el. komponenty	10 000 Kč	1 ks	10 000 Kč
Celkem			653 760 Kč

8 OPTIMALIZACE

Pod pojmem optimalizace je nejčastěji myšleno zlepšení parametrů stroje. V průmyslu je optimalizace nedílnou součástí každého návrhu, aby byla zajištěna konkurenceschopnost produktu. Za největší posun v oblasti optimalizace lze považovat přechod konstrukce z 2D do 3D navrhování pomocí CAD programů. Pomocí CAD lze navrhovat a optimalizovat tvary těles jednoduše již při návrhu dílů a sestav a v reálném čase odhalit kolize, nepřesnosti a chyby. V dnešní době jsou součástí těchto programů také pokročilé možnosti simulací, jako je například hojně využívaná analýza MKP aj.

Aktuálním trendem v oblasti optimalizace konstrukcí je tzv. generativní design, který umožňuje velké snížení hmotnosti součástí, při zachování požadovaných mechanických vlastností. Největší uplatnění se nabízí v leteckém průmyslu, kde je kladen velký důraz na hmotnost jednotlivých komponent.

Ruku v ruce s generativním designem jdou nekonvenční aditivní výrobní technologie, pod kterými si lze představit zejména 3D tisk. Tisk kovů umožňuje naplno využít generativní design a vytvořit tak funkční součásti, které by bylo možné jen složitě vyrábět obráběním. (obrázek 59)



Obrázek 59 Ukázka generativního designu [42]

8.1 Zhodnocení optimalizace návrhu

Byla kompletně přepracována celá konstrukce stroje tak, aby bylo možné stroj automatizovat. Proběhla optimalizace nosné konstrukce rámu pomocí MKP. Díky změně materiálů a úpravě geometrie byl navržen nový optimalizovaný rám, který je schopen odolávat o 62 % vyššímu zatížení oproti původnímu návrhu rámu. Na MKP analýzu byl použit SW Autodesk Nastran. Díky propojení Nastranu s Inventorem lze při konstrukční změně rychle provést novou analýzu a sledovat vliv této změny ve velmi krátkém čase.

Byl přepracován hydraulický systém. V rámci optimalizace byl zvolen větší hlavní přímočarý hydromotor. Díky této změně bylo dosaženo o 54,7 % vyšší maximální štípací síly. Došlo k výraznému zkrácení pracovního cyklu hlavního přímočarého hydromotoru. Konkrétní hodnota snížení doby štípacího cyklu by musela být určena experimentálně, nicméně díky

dosažení vyšších pracovních rychlostí je možné odhadovat redukci o 30–50 % v závislosti na typu dřeva a nastavení stroje.

V rámci přepracování hydraulického systému byl zvolen výkonnější a účinnější elektromotor. Tato změna přispěla ke zvýšení štípacích sil a zvýšení životnosti stroje. Došlo ke změně uchycení motoru k rámu stroje. Bylo navrženo uchycení pomocí silenbloků, které výrazně snížilo hlučnost stroje.

Byla kompletně přepracována ergonomie stroje. Výška stroje byla navržena tak, aby byla maximálně snížena fyzická námaha pro obsluhu stroje. Ovládací panel byl umístěn tak, aby byla zaručena dobrá ergonomie obsluhy.

Díky návrhu automatizace bylo dosaženo vyšší efektivity stroje. Byly sníženy prostoje a došlo ke zvýšení taktu stroje. Tohoto zlepšení bylo dosaženo pomocí dvou hydrogenerátorů a automaticky spínaných hydraulických ventilů. Využívání různých tlaků v hydraulickém systému umožňuje rychlý posun tlačné desky při malém zatížení a pomalý chod při vysokém zatížení.

Díky vypracování analýzy rizik byla významně zvýšena taky bezpečnost stroje. Konstrukce stroje byla doplněna o velké množství bezpečnostních prvků, aby bylo maximální možnou mírou zamezeno vzniku nebezpečné situace, či zranění.

8.2 Doporučený rozvoj problematiky

V rámci práce bylo navrženo několik doplňkových prvků stroje, aby bylo možné stroj automatizovat. Nebylo možné zabývat se těmito mechanismy do detailů, proto právě u těchto mechanismů je prostor pro vylepšení a úpravy.

Pro zefektivnění spotřeby oleje mazání řetězu řetězové pily by bylo možné navrhnout tlakové mazání. Mechanismus by bylo možné řídit na základě otáček řetězu, a tak dodávat vždy optimální množství oleje.

Pro zvýšení uživatelského komfortu a bezpečnosti, by bylo možné navrhnout hydraulické napínání řetězu řetězové pily. Tím by bylo dosaženo vyšší efektivity, lepších kluzných vlastností řetězu, kratšího času výměny řetězu a zvýšení životnosti řetězu.

Nabízí se možnost navrhnout dvoukřídlový mechanismu propadových dvířek. Došlo by ke zlepšení spolehlivosti mechanismu, který by zajistil spolehlivější umístění špalku doprostřed štípacího prostoru.

Výrazným vylepšením stroje by bylo zakomponování pásového dopravníku pro zpracované dřevo na konec štípacího prostoru. Doplněním o dopravník by vznikl kompletní stroj, který nevyžaduje ke svému efektivnímu fungování žádné doplňkové stroje. Nevýhodou umístění dopravníku by byla vyšší prostorová náročnost celého stroje a zvýšená hmotnosti. Aktuální řešení je navrženo pro provoz s externím dopravníkem štípnutého dřeva.

Značným vylepšením by bylo také umístění navijáku, který by sloužil k přitahování vstupních klád ke stroji a na plošinu stroje.

Na základě testování stroje se nabízí optimalizace elektromotoru. Při přesném určení zatěžovacího cyklu a určení doby chlazení motoru, by bylo možné teoreticky zvolit motor o menším výkonu, případně nižší účinnosti, čímž by byly uspořeny náklady.

9 ZÁVĚR

V rámci práce byla zpracována podrobná rešerše dostupných štípacích strojů. Teoretická část obsahuje přehled jak levných domácích zařízení, tak profesionálních strojů. Část rešerše je věnována i přehledu technologií, které se využívají u štípacích strojů a v neposlední řadě také doplňkovým mechanismům, které se objevují u průmyslových strojů.

Požadované parametry byly určeny na nový optimalizovaný stroj a byla navržena nová koncepce stroje. Pomocí měření byl zjištěn efektivní průměr dřeva, pro který byl stroj koncipován. V rámci návrhu konstrukce jsou popsány jednotlivé mechanismy štípacího stroje a jejich účel. Pro účely diplomové práce byl vytvořen CAD model štípacího stroje. Popis jednotlivých mechanismů je doplněn o obrázky modelu. Při navrhování a tvorbě CAD modelu bylo využito MKP analýzy k optimalizaci rámu stroje. Byla navržena funkční konstrukce a krytování, aby byla zajištěna dostatečná bezpečnost stroje. Z důvodu velkého počtu komponent, ze kterých se stroj skládá, byla vytvořena pouze část výkresové dokumentace.

Byl navržen nový hydraulický systém. V rámci návrhu bylo vypracováno hydraulické schéma. Byly zvoleny hlavní hydraulické komponenty a elektromotor, který se stará o pohon hydrogenerátorů. Byl navržen způsob řízení jednotlivých hydromotorů a zabudovány opatření pro bezproblémový chod systému při nízkých a vysokých teplotách. Součástí návrhu jsou výpočty ověřující vybrané komponenty.

Byla nastíněna a popsána koncepce automatizace stroje, popis sensoriky a vysvětlení návazností mezi snímanými veličinami a jejich řízení. Byl navržen základní řídicí systém, který má za úkol řízení stroje a hrubý návrh ovládacího panelu pro obsluhu stroje.

Nedílnou součástí práce je i analýza rizik. Byla provedena analýza jednotlivých rizik, soupis všech rizik, krátké vysvětlení metodiky a odhad rizik. Z důvodu velkého počtu individuálních rizik byl odhad vypracován pouze pro tři náhodně vybraná rizika.

Poslední částí diplomové práce bylo vypracování odhadu finančních nákladů na realizaci stroje. Do odhadu byly zahrnuty hlavní komponenty štípacího stroje. Odhad nezahrnuje náklady na vývoj, montáž a testování stroje.

Díky postupnému rozkrývání problematiky a objevování nových řešení, byl vypracován i krátký přehled doporučení pro vylepšení stroje a další rozvoj. Byl vypracován krátký přehled, který hodnotí míru optimalizace nově navržené koncepce stroje vůči původnímu návrhu.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Štípače In: Elektromarket PRO DOMOV [online]. Jeseník, [2018] [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: https://www.elektromarket.cz/katalog/zbozi/zahrada_16660/stipace
- [2] Štípače. HECHT [online]. Tehovec, 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/zahrada/stipace/>
- [3] Hydraulic log splitter. Scheppach [online]. Ichenhausen, [2018] [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: https://www.scheppach.com/products/Hydraulic_Log_Splitter.aspx
- [4] Cirkulárky a štípačky. Fuxtec [online]. Sedlčany, 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://www.fuxtec.cz/kategorie-produktu/cirkularky-a-stipacky/>
- [5] Štípače dřeva. In: Kardanka [online]. Hradec Králové, 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://www.kardanka.cz/zpracovani-drevni-hmoty/stipace-dreva/>
- [6] Hydraulické štípačky dřeva. In: INTERFORST: Příkladový naviják ke štípačkám KRPA CV [online]. Prostějov: INTERFORST, 2019 [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <https://www.interforst.cz/>
- [7] ČSN EN 609-1 Zemědělské a lesnické stroje - Bezpečnost štípačů polen - Část 1: Klínové štípače. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [8] Posch: Štípačky dřeva [online]. Leibnitz: Posch, 2019 [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <https://www.posch.com/cs/vyroby/stipani/>
- [9] Green Mech s.r.o.: PŮJČOVNA A PRODEJ ŠTÍPAČE NA DŘEVO [online]. Bořetice: Green Mech, 2017 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <http://www.greenmech.cz/stipani/>
- [10] AMR: Splitting [online]. Elsenheim (Francie): AMR, 2019 [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <http://www.a-m-r.fr/en/catalog/category/fendre/>
- [11] Balfor: Kombinované štípačky na dřevo [online]. Hlučín: Balfor, 2019 [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <http://www.balfor.cz/kombinovane-stipacky-na-drevo.asp>
- [12] ČECHMAN, J. Horizontální štípačka na palivové dřevo. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 55s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
- [13] Hakki Pilke: Firewood processor [online]. Velimotie (Finland): Hakki Pilke, 2019 [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <https://hakkipilke.fi/en/products/firewood-processors>
- [14] Bystroň: Štípače dřeva [online]. Valašské Meziříčí: Bystroň, 2017 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/produkty/kategorie/16/stipace-dreva/>

- [15] Drekos made s.r.o.: Pilo Štípací Automaty [online]. Hrade Králové: Drekos made, 2019 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.drevoobrabeci-stroje.eu/pilo-stipaci-automaty/>
- [16] Bell's machining: Super Splitter [online]. Perth (Canada): Bell's machining, 2016 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <http://bellsmachining.com/supersplitter/>
- [17] ŠKOPÁN, Miroslav. HYDRAULICKÉ POHONY STROJŮ: studijní text – sylabus. Brno, 2009.
- [18] DR Power Equipment RapidFire Flywheel Kinetic Gas Log Splitter. Lowe's [online]. 2019 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.lowes.com/pd/DR-Power-Equipment-RapidFire-Flywheel-Kinetic-Gas-Log-Splitter/1000087651>
- [19] Kuželový/šroubový štípač dřeva. Tlamka-zahradní technika [online]. Boskovice: Tlamka-zahradní technika, 2019 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <http://www.tlamka.cz/kuzelovy-sroubovy-stipac-dreva.htm>
- [20] Hovězana zabila štípačka na dřevo. Kriminalisté vylučují cizí zavinění. Jalovec [online]. Jalovec, 2019, 11.12.2017 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: <http://www.jalovec.cz/hovezana-zabila-stipacka-na-drevo-kriminaliste-vylucuji-cizi-zavineni/>
- [21] Agregáty AC400V. Hydrolider [online]. Český Těšín, 2019 [cit. 2019-02-11]. Dostupné z: https://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Motor-3-fazove-380V-5%2C5kW-hydraulicke-cerpadlo/14571
- [22] Štípačka dřeva pod drobnohledem: jak vybrat správně?. Abeceda zahrady a bydlení [online]. 2019 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://abecedazahrady.dama.cz/clanek/stipacka-dreva-pod-drobnohledem-jak-vybrat-spravne>
- [23] HYDRAULICKÉ JEDNOTKY. Procházka MP: Profesionální zdvihací a manipulační technika [online]. Blansko, 2018 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.prochazka-mp.cz/produkt/pohonne-hydraulicke-jednotky/>
- [24] Štípačka na dřevo. Lumag CZ [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.lumag.cz/stipacka-na-drevo>
- [25] ŠTÍPAČE DŘEVA. VARI [online]. Liberec nad Cidlinou, 2019 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.vari.cz/produkty/stipace-dreva/cc:61/>
- [26] FIREWOOD PROCESSORS. MULTITEK [online]. 375 Progress Street Prentice, WI 54556 USA, [2019], 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.multitekinc.com/products/firewood-processors/1610>
- [27] HARDOX renomovaná tvrdá ocel pro agresivní prostředí: renomovaná tvrdá ocel pro agresivní prostředí. Gama Ocel [online]. Bratislavská 406/4 695 01 HODONÍN, 2019, 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.gamaocel.cz/4861/hardox/>

- [28] Objemová hmotnost dřeva. Dřevorubec.cz [online]. Ústí nad Labem, 2019, 2019 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <http://drevorubec.cz/prodej-dreva/objemova-hmotnost-dreva>
- [29] P24/A/DG - PU DOPRAVNÍKOVÝ PÁS. Gumex [online]. Moravany u Brna, 2019 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/h/p24adg-pu-dopravnikovy-pas-05694?Filter=True&>
- [30] Řetězová pila. OREGON: volba profesionálů [online]. Písek, 2019 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.oregonobchod.cz/5-retezova-pila>
- [31] MAŇAS, Stanislav. Hydraulické mechanismy strojů a zařízení. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1991. ISBN 80-01-00689-1.
- [32] Přímočaré hydromotory: Katalogové hydromotory. Hydraulics: Výroba hydraulických válců a hydromotorů [online]. Slopné, 2017 [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.hydraulics.cz/24971-katalogove-primocare-hydromotory-hydraulicke-valce>
- [33] Elektromotory SIEMENS s premium účinností IE4 Elektromotory SIEMENS s premium účinností IE4. Elektromotory Moravec s.r.o.[online]. Zábřeh, 2011 [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <http://www.elektromotory.net/siemens/1400-ot-min-1-standardni-provedeni/1le1001-6-1-1-4-1.html>
- [34] Hydraulikapo: komponenty pre vaše hydrauliké systémy [online]. Drienov, 2019 [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.hydraulikapo.sk/>
- [35] Hydraulické rozvaděče. Hydrolier hydraulic components [online]. Český Těšín, 2019 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.hydrolider.cz/hydraulicke-rozvadece>
- [36] Elektronika. Eurofluid hydraulik [online]. Chrašřany, 2019 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.eurofluid.cz/z451-cec-750-s3t38-q2-tr-230v-50hz>
- [37] Hydraulická čidla a indikátory - tlakoměry, hladinoměry. Kovaz hydraulika&pneumatika [online]. Pardubice, 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/hydraulicka-cidla-a-indikatory-tlakomery-hladinomy-c4635/>
- [38] Hydraulický olej PARAMO HM 32. HI-OIL s.r.o. [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: https://www.eshop-hi-oil.cz/product/hydraulicke-oleje-_ho_/ho-tridy-hlp/hydraulicky-olej-paramo-hm-32/433
- [39] Řídicí systém Simatic S7-1500. Jork spol s.r.o. [online]. 2015 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://www.jork.shop/kategorie/automatizacni-systemy/ridici-system-simatic-s7-1500/>
- [40] Siemens SIMATIC S7. Conrad [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/siemens-simatic-s7.c1101119>

- [41] BLECHA, P. Management technických rizik u výrobních strojů. Brno: VUTIUM, 2010. 32s. Habitační práce. VUT v Brně. ISSN 1213-418X
- [42] Generative Design for Additive Manufacturing. Eventbrite [online]. 2019 [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://www.eventbrite.com/e/generative-design-for-additive-manufacturing-tickets-53903332318>

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 Vertikální štípačka Scheppach HL1200S [3]	19
Obrázek 2 Horizontální štípačka AMR H17 [10]	20
Obrázek 3 Štípačka A12 VARIO [11]	21
Obrázek 4 Štípačka AMR VMR 16 EES [10]	21
Obrázek 5 Přenosná hobby štípačka Scheppach 450HL [1]	21
Obrázek 6 Horizontální štípačka s říditelným přením kolem [12].....	22
Obrázek 7 Horizontální štípačka Green Mech HEL 09 [9].....	22
Obrázek 8 Přívěsná štípačka Hakki Pilke Hawk 25 [13]	23
Obrázek 9 Nesená štípačka Bystroň Hydra 20T [14].....	23
Obrázek 10 Závěsná štípačka AMR HHY25 [10]	24
Obrázek 11 Štípačka Super Splitter od firmy Bell's machining [16]	24
Obrázek 12 Princip funkce kinetické štípačky Dr Rapid Fire XL [18].....	26
Obrázek 13 Kuželová/šroubová štípačka [19]	27
Obrázek 14 Sestava asynchronního elektromotoru, příruby a hydrogenerátoru [21] ..	28
Obrázek 15 Externí agregát Hakki Pilke Powerpack [13]	29
Obrázek 16 Štípačka Lumag HEZ 25 s kombinovaným pohonem [24]	30
Obrázek 17 Externí hydraulická jednotka firmy Procházka MP [23].....	30
Obrázek 18 Štípačka Hecht 670 [2]	31
Obrázek 19 Přídavný naviják ke štípačkám KR PAN CV [6]	32
Obrázek 20 Vertikální štípačka Hecht 6414 [2].....	32
Obrázek 21 Kombinovaná štípačka Hecht 6422 ve vertikální poloze [2]	33
Obrázek 22 Kombinovaná štípačka Hecht 6422 v horizontální poloze [2]	33
Obrázek 23 Krytování ovládacích pák štípačky Scheppach 1500 [3].....	33
Obrázek 24 Manuální průmyslová štípačka Varimatic 300 od firmy Vari [25]	34
Obrázek 25 Štípací poloautomat Hakki Pilke 50 Pro [13].....	35
Obrázek 26 Mobilní štípací automat Posch K-550 [8].....	35
Obrázek 27 Štípací linka Posch SpaltFix K-Vario [8].....	36
Obrázek 28 Posuvný systém pomocí ocelových válců [8].....	37
Obrázek 29 Řetězový dopravník [26]	37
Obrázek 30 Mechanismus řetězové pily Hakki Pilke AC10 [13]	38
Obrázek 31 Průmyslový štípač Posch s kotoučovou pilou [8].....	38
Obrázek 32 Měření průměru špalků.....	40
Obrázek 33 CAD model nového štípacího automatu.....	41
Obrázek 34 Nosný rám stroje - izometrický pohled	42
Obrázek 35 Štípací prostor	42
Obrázek 36 Zjednodušený nosný rám stroje – izometrický pohled.....	43
Obrázek 37 Nosný rám - zatěžující síla a vazby	43
Obrázek 38 Výsledek MKP analýzy - Napětí Von Mises.....	44
Obrázek 39 Detail koncentrace napětí na rámu	44
Obrázek 40 Štípací nástroj (klín)	45
Obrázek 41 Zvedací mechanismus štípacího nástroje	46
Obrázek 42 Tlačná deska	46
Obrázek 43 Zvedací rampa bez krytování	47

Obrázek 44 Mechanismus řetězoové pily	47
Obrázek 45 Vodící lišta Oregon Power Match 24" [30].....	48
Obrázek 46 Render dopravníků	48
Obrázek 47 Pracovní prostor stroje	49
Obrázek 48 Propadové dvířka a štípací prostor	50
Obrázek 49 Rozměry asynchronního elektromotoru Siemens 1LE1004 [33].....	51
Obrázek 50 Tandemový hydrogenerátor se spojkou od firmy Herpex s.r.o. [34]	52
Obrázek 51 Schématický obrázek hydromotoru ZH2 firmy Hydraulics [32]	52
Obrázek 52 Hydraulický rozvaděč Badestnost [35]	53
Obrázek 53 Hydraulický filtr sací [34]	54
Obrázek 54 Chladič hydraulické kapaliny od firmy Hydraulikapo [34]	54
Obrázek 55 Teplotní senzor Parker SCT 150 [37]	55
Obrázek 56 Konstrukční sestava Simatic S7 - 1500 od firmy Siemens [40].....	62
Obrázek 57 Digram vstupů a výstupů stroje.....	65
Obrázek 58 Rozhodovací matice odhadu rizika [41].....	70
Obrázek 59 Ukázka generativního designu [42].....	77
Tabulka 1 Analýza významných nebezpečí.....	66
Tabulka 2 Přehled identifikovaných závažných nebezpečí	68
Tabulka 3 Formulář pro odhad rizika 1	71
Tabulka 4 Formulář pro odhad rizika 2	72
Tabulka 5 Formulář pro odhad rizika 3	73
Tabulka 6 Přehled nákupních cen jednotlivých dílů.....	75

12 SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

F	[N]	štípací síla
g	[$m \cdot s^{-2}$]	gravitační zrychlení
m	[kg]	hmotnost
V_k	[m^3]	objem klády max. rozměrů
r	[m]	max. poloměr klády
l	[m]	max. délka klády
m_k	[kg]	maximální hmotnost klády
$\rho_{dřeva}$	[kg/m^3]	hustota dřeva
k_1	[-]	koeficient bezpečnosti pro materiál Hardox 400
R_{e1}	[MPa]	Mez kluzu pro materiál Hardox 400
R_{m1}	[MPa]	Maximální napětí v plátech
k_2	[-]	koeficient bezpečnosti pro hlavní nosník
R_{e2}	[MPa]	Mez kluzu pro materiál S355
R_{m2}	[MPa]	Maximální napětí v nosníku
P_{m1}	[W]	požadovaný příkon elektromotoru pro pohon hydrogenerátoru 1
p_{1max}	[Pa]	maximální výstupní tlak hydrogenerátoru 1
Q_{1max}	[$m^3 \cdot s^{-1}$]	maximální průtok hydrogenerátoru 1
η_m	[-]	účinnost asynchronního elektromotoru
η_{HGm}	[-]	mechanická účinnost hydrogenerátoru
η_{HGV}	[-]	objemová účinnost hydrogenerátoru
P_{m2}	[W]	požadovaný příkon elektromotoru pro pohon hydrogenerátoru 2
p_{2max}	[Pa]	maximální výstupní tlak hydrogenerátoru 2
Q_{2max}	[$m^3 \cdot s^{-1}$]	maximální průtok hydrogenerátoru 2
S_{1HM1}	[m^2]	plocha pístu hlavního přímočarého hydromotoru při dopředném chodu
D_1	[m]	průměr pístu hlavního přímočarého hydromotoru
S_{2HM1}	[m^2]	plocha pístu hlavního přímočarého hydromotoru při zpětném chodu
d_2	[m]	průměr pístnice hlavního přímočarého hydromotoru
F_{1HM1}	[N]	maximální síla hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 1
F_{2HM1}	[N]	maximální síla hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2

F_{3HM1} [N]	maximální síla hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2 a diferenciálním zapojení
V_{1HM1} [m ³]	maximální objem hlavního přímočarého hydromotoru při dopředném chodu
V_{2HM1} [m ³]	maximální objem hlavního přímočarého hydromotoru při zpětném chodu
l_{HM1} [m]	maximální výsuv hlavního přímočarého hydromotoru
t_{1HM1} [s]	čas vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 1
t_{2HM1} [s]	čas vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2
t_{3HM1} [s]	čas vysunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2
t_{4HM1} [s]	čas zasunutí hlavního přímočarého hydromotoru při napájení hydrogenerátorem 2
v_{1HM1} [m · s ⁻¹]	maximální rychlost pohybu pístu hlavního přímo. hydromotoru

MKP Metoda konečných prvků

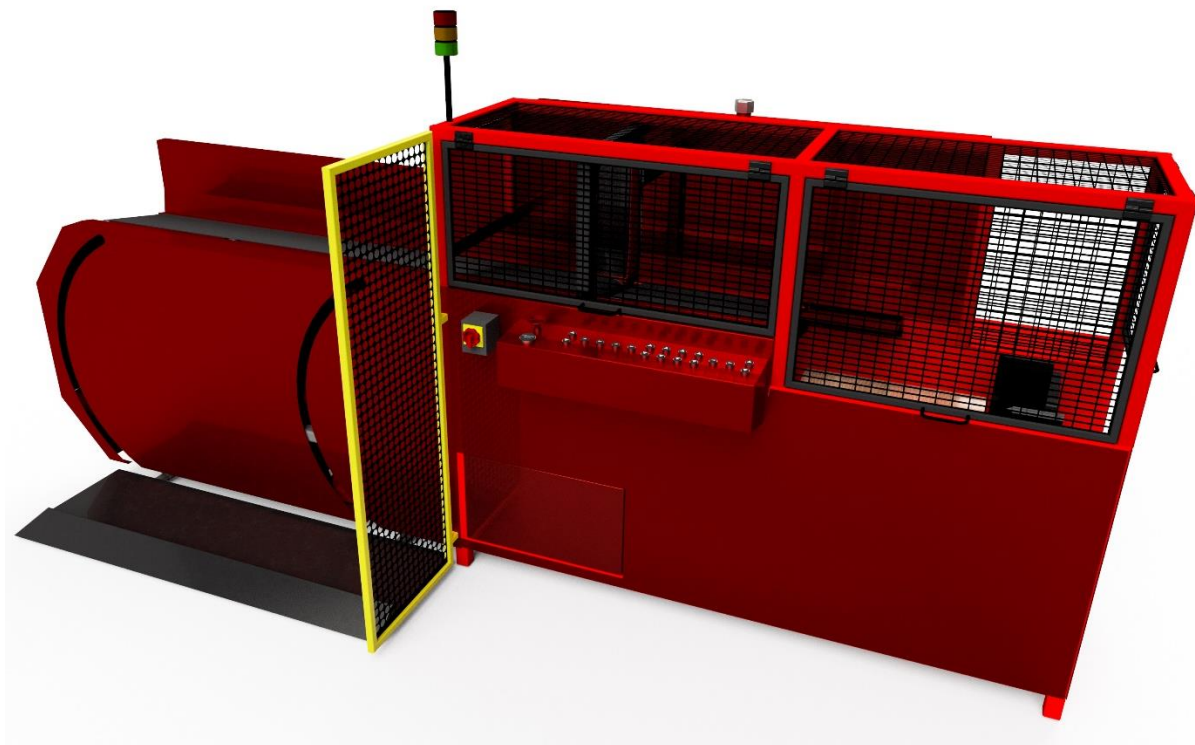
SW Software

HW Hardware

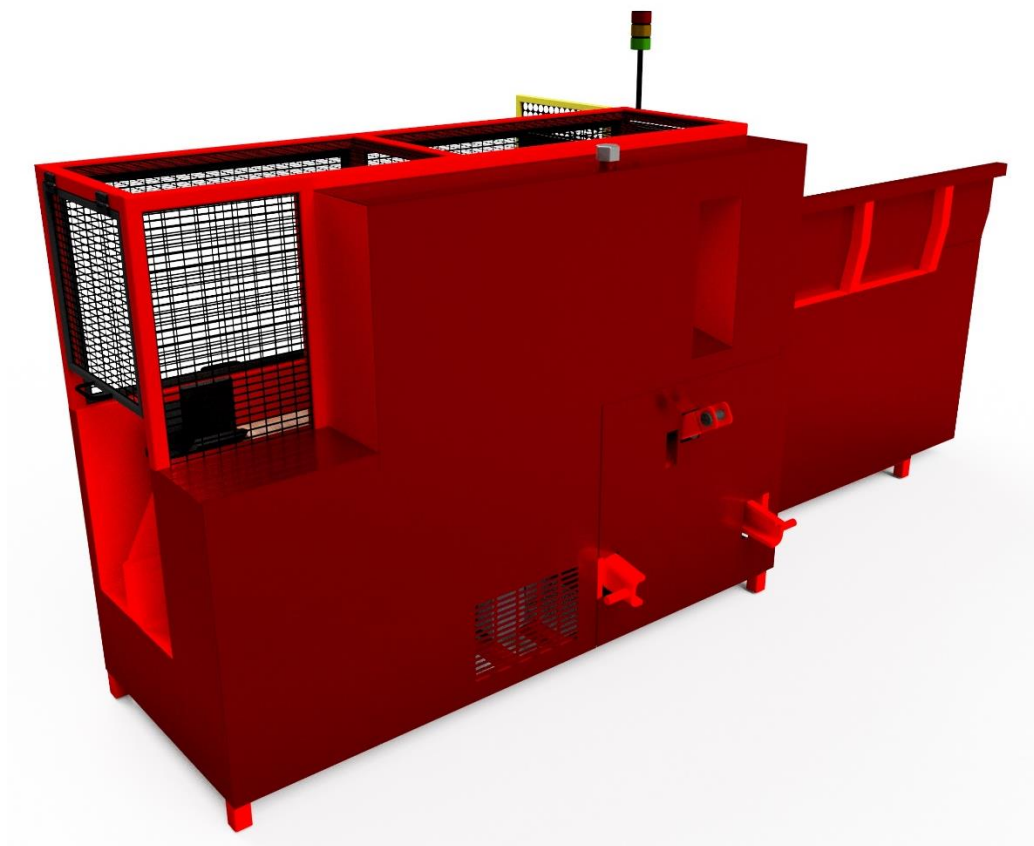
13 SEZNAM PŘÍLOH

<i>Render 1</i>	Render 3D modelu	Obrázek
<i>Render 2</i>	Render 3D modelu	Obrázek
<i>DP-99_01</i>	HYDRAULICKÉ SCHÉMA	1 list formátu A2
<i>DP_01</i>	ŠRÍPACÍ STROJ DP	1 list formátu A1
<i>DP_02</i>	SESTAVA HLAVNÍ RÁM	1 list formátu A2
<i>DP_02-08</i>	PLÁT LEVÝ	1 list formátu A3
<i>DP_02-05</i>	OKO ZADNÍ LEVÉ	1 list formátu A3
<i>DP_02-14</i>	UCHO	1 list formátu A3
<i>DP_02-15</i>	DÍL ZÁVĚS LEVÝ	1 list formátu A3

PŘÍLOHY



Render 1



Render 2