

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**NÁVRH MOBILNÍHO ŠTÍPACÍHO ZAŘÍZENÍ NA  
DŘEVO S HYDRAULICKÝM POHONEM**

CONCEPTION OF A MOBILE SPLITTER FOR WOOD WITH HYDRAULIC DRIVE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Josef Změlík

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Lukáš Zeizinger

BRNO 2019

## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	<b>Josef Změlík</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	<b>Ing. Lukáš Zeizinger</b>
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 bakalářské práce:

### **Návrh mobilního štípacího zařízení na dřevo s hydraulickým pohonem**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Návrh mobilní štípačky dřevěné kulatiny s těmito základními technickými parametry:

- max. síla na břítu 110 kN,
- zdvih 600 mm,
- průměr štípaného dřeva do 350 mm,
- max. délka polena 1100 mm,
- hydraulický pohon.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Koncepce návrhu štípacího stroje.

Rešeršní pojednání o aktuálních výrobcích tohoto zařízení na trhu.

Analýza rámu stroje a pevnostní výpočet.

Výkres celkové sestavy.

Výkres podsestavy rámu.

Výkresy výrobní dokumentace.

#### **Seznam doporučené literatury:**

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTIUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.

KLIMEŠ, Pavel. Části a mechanismy strojů. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2422-2.

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

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

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

## ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je v první části vypracování rešerše týkající se základních vlastností štípaného materiálu – tedy dřeva. Dále se rešerše zabývá dostupností štípacích zařízení na trhu. Zhodnocení konstrukčních řešení, jejich výhody a nevýhody. Druhou částí bakalářské práce je vytvoření vlastního návrhu konstrukčního řešení a vymodelování modelu štípacího zařízení v 3D modeláři Autodesk Inventor Professional 2019. Pro návrh rámu a všech komponent štípače bylo zapotřebí znát výchozí parametry, kterými jsou: maximální rozměry štípaného polena, maximální štípací síla a požadovaný výsuv hydromotoru. Výkresová dokumentace určená pro výrobu byla vytvořena pomocí 2D programu Autodesk AutoCAD 2018. K bakalářské práci je doložen výkres sestavení štípačky, výkres svařence rámu, výkres podstavy podstavce a hydraulické schéma. V práci jsou řešeny pevnostní výpočty hlavních částí štípačky jak analyticky, tak i pomocí simulace zatížení ve výpočtovém softwaru NX I-deas 6.1.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Štípací zařízení, dřevo, hydraulický obvod, vertikální štípač, elektromotor, přímočarý hydromotor

## ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is in the first part to evaluate basic characteristics of materials used for splitting – mainly wood. In the next part of this thesis there is focus on the availability of splitting machines on the market. Evaluation of their design and characteristics of those machines, their advantages and disadvantages. In the last part of the work I propose a new design of a splitting machine and make a model in 3D modeler Autodesk Inventor Professional 2019. For the proposed frame and all the other components of the splitting machine it was necessary to know those basic parameters like: maximal size of the wood used for splitting, maximal splitting power and required hydraulic engine extension. The documentation used for the assembling the machine was made in 2D programme Autodesk AutoCAD 2018. To this bachelor thesis there is also attached a documentation on how to assemble the wood splitting machine, documentation of welded frame, pedestal and a hydraulic scheme. In the work there are also included strengths calculations of the main parts of the splitting machine, analytically and with simulations in a programme NX I-deas 6.1.

## KEYWORDS

Splitting machine, wood, hydraulic circuit, vertical splitter, electric engine, straightforward hydro engine

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZMĚLÍK, J. *Návrh mobilního štípacího zařízení na dřevo s hydraulickým pohonem*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 44 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lukáš Zeizinger.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 20. května 2019

.....

Josef Změlík

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce p. Ing. Lukáši Zeizingerovi za cenné rady, ochotu při konzultacích a spolupráci při simulacích v MKP. Dále bych chtěl poděkovat všem mým blízkým za podporu po dobu celého studia.

## OBSAH

Úvod .....	9
1 Vlastnosti dřeva .....	10
1.1 Výhřevnost dřeva .....	10
1.2 Tvrdost dřeva .....	11
1.3 Štípatelnost dřeva .....	12
2 Rozdělení štípačů .....	14
2.1 Rozdělení dle štípacího nástroje .....	14
2.2 Orientace stroje při práci .....	16
2.2.1 Horizontální štípače .....	16
2.2.2 Vertikální štípače .....	17
2.3 Rozdělení dle maximální štípací síly .....	17
2.4 Rozdělení štípačů dle použitého pohonu .....	18
2.4.1 Štípače poháněné elektrickým motorem .....	18
2.4.2 Štípače poháněné spalovacím motorem .....	18
2.4.3 Štípače poháněné traktorem či bagrem .....	19
2.5 Rozdělení štípačů dle mobility .....	20
3 Návrh vlastního řešení .....	22
3.1 Návrh hydraulického obvodu .....	22
3.1.1 Návrh přímočarého hydromotoru .....	22
3.1.2 Návrh hydrogenerátoru .....	25
3.1.3 Návrh rozváděče .....	27
3.1.4 Návrh filtru .....	28
3.1.5 Návrh hydraulické nádrže .....	28
3.2 Návrh elektromotoru .....	29
3.3 Návrh rámu .....	31
3.3.1 Analytická kontrola rámu .....	32
3.3.2 Kontrola rámu pomocí metody konečných prvků .....	35
Závěr .....	39
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	42
Seznam příloh .....	44

## ÚVOD

Spalování dřeva je odpradáвна nejstarším způsobem získávání tepla. Při současných cenách elektrické energie, plynu či uhlí je dřevo stále nejlevnější způsob vytápění. Ze dřeva lze získávat tepelnou energii pro vytápění nejrůznějších objektů ať, už se jedná o rodinné domy či teplárny, která zásobují teplem celá města. Biomasu je možno použít v kotlech na tuhá paliva, v krbech anebo přímo ve formě dřevěné štěpky spalováním v teplárnách. Hlavní nevýhodou vytápění objektů dřevem je nutnost jeho zpracování, protože dřevěné kulatiny jsou často velkých rozměrů. Zdravá dřevěná kulatina se používá v dřevařském průmyslu. Kulatina, kterou nelze použít na výrobu běžného sortimentu (desky, hranoly atd.), najde uplatnění pro výrobu palivového dřeva. Dřevo může mít celou řadu vad jako jsou například: trhliny, plísně, hniloba, poškození dřeva hmyzem, ptactvem a cizopasnými rostlinami.

Práce s dřevěnými kulatinami je namáhavá, protože čerstvě pokácené dřevo je těžké. To souvisí s vysokou vlhkostí dřeva. Ruční štípání dřeva je málo efektivní a fyzicky náročná práce. Z tohoto důvodu se neustále vyvíjí nové štípací zařízení, aby práce s rozměrnými kulatinami byla co možná nejsnadnější.

Hlavním cílem štípacího zařízení je ulehčit lidem přípravu dřeva na zimní období. Průměrná spotřeba palivového dřeva za zimní období pro vytápění rodinného domu se může pohybovat od 5 prostorových metrů do 30 prostorových skládaných metrů. Záleží přitom zejména na velikosti vytápěné plochy, stavu oken a izolačních vlastnostech domu. Dalším faktorem, který ovlivňuje spotřebu dřeva je bezesporu délka zimního období. V našem rodinném domě se ročně spálí v kotli na tuhá paliva průměrně 20 prostorových skládaných metrů tvrdého dřeva. Vysokou spotřebu dřeva zapříčiňuje ohřev vody v bojleru a velké obytné prostory. Z tohoto důvodu byl projeven zájem z mé strany o konstrukci štípacího zařízení, protože s přípravou palivového dřeva se setkávám každým rokem. Cílem práce je zhotovení rámu štípacího zařízení a navržení jednotlivých komponent jakými jsou: přímočarý hydromotor, rotační hydrogenerátor, elektromotor, hydraulický filtr a hydraulický rozváděč. [14]

V dnešní době nahradily těžkou práci v dřevařském průmyslu štípací automaty. Takové stroje však nejsou příliš vhodné pro domácí použití. Jejich provozní náklady a náročnost na obsluhu jsou nerentabilní vzhledem k pořizovací ceně stroje. Existuje několik typů štípačů vhodných pro domácí použití. Ať už se jedná o mechanické či hydraulické stroje. Každý, kdo přemýšlí o koupi štípače, musí pečlivě zvážit, jak často a jak velká polena bude štípat. Podle toho si vybere specifický druh štípače, který bude splňovat všechny jeho požadavky.

# 1 VLASTNOSTI DŘEVA

Dřevo je anizotropní materiál, což znamená, že se jeho anatomická stavba a mechanické vlastnosti liší ve 3 základních směrech: příčném, radiálním a tangenciálním. Tato vlastnost způsobuje to, že orientace vazebných sil ve dřevě není všude stejná. Z předchozího poznatku lze usoudit, že při štípaní dřeva směrem kolmo na vlákna, bude štípací síla několikanásobně menší, než kdybychom se snažili dřevo přestřípnout ve směru vláken.

Dřevo má schopnost měnit svoji vlhkost dle okolní vlhkosti. S rostoucí vlhkostí okolního vzduchu roste i vlhkost dřeva a naopak. Nežádoucím následkem tohoto jevu je sesychání a bobtnání, což v praxi znamená výrazné objemové změny dřeva.

Vlhkostí dřeva rozumíme přítomnost vody ve dřevě. Tuto vlastnost můžeme vyjádřit následujícími dvěma způsoby. Buďto jako podíl hmotnosti vody ku hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu – vlhkost absolutní  $w_{abs}$ , nebo jako podíl hmotnosti dřeva dělený podílem hmotnosti mokrého dřeva – vlhkost relativní  $w_{rel}$ . Tyto dvě hodnoty se nejčastěji vyjadřují pomocí procent. Rovnice vyjadřující absolutní vlhkost dřeva je definována rovnicí (1) a relativní vlhkost dřeva vyjadřuje rovnice (2). [1]

$$w_{abs} = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100 = \frac{m_v}{m_0} \cdot 100 [\%], \quad (1)$$

$$w_{rel} = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100 = \frac{m_v}{m_w} \cdot 100 [\%], \quad (2)$$

kde	$w_{abs}$	absolutní vlhkost dřeva	[%],
	$w_{rel}$	relativní vlhkost dřeva	[%],
	$m_w$	hmotnost vlhkého dřeva	[kg],
	$m_0$	hmotnost absolutně suchého dřeva	[kg],
	$m_v$	hmotnost vody	[kg].

Palivové dřevo musí být dostatečně suché, aby jej bylo možné používat pro topení. Dřevo, které obsahuje velký podíl vody, ztrácí svou výhřevnost a ničí kotle na tuhá paliva. Čerstvě pokácené dřevo má přibližně 50 % vlhkosti. Při spalování vlhkého dřeva dochází ke zvýšené tvorbě dehtu a sazí. Kvůli tomu se rychleji zanášá kouřovod. Před použitím je dobré mít dřevo již našťípané a uskladněné minimálně po dobu 2 let tak, aby bylo ochráněno před deštěm. Po dvou letech klesne vlhkost dřeva pod doporučenou hranici 20 %. Některé druhy dřeva, jako např. bříza, není dobré skladovat déle než 1 rok, protože ztrácejí na kvalitě.

## 1.1 VÝHŘEVNOST DŘEVA

Pod pojmem výhřevnost dřeva si můžeme představit energii, která se uvolní spálením 1 kg dřeva ve formě tepla. Výhřevnost dřeva je téměř konstantní veličina. Hodnota získaného tepla spálením 1 kg dřeva se pohybuje od 17 do 20 MJ. kg<sup>-1</sup>. V Tabulce 1. lze vidět výhřevnosti běžně dostupných dřevin, které se využívají pro vytápění. Dřeva, která obsahují velké množství pryskyřice či dalších látek podporujících hoření, mívají vyšší hodnotu získané tepelné energie. Hodnoty získaného tepla se zjišťují pomocí následující rovnice (3).

$$H = \frac{18850 - 30 \cdot w}{100 + w} \cdot 100 \text{ [kJ} \cdot \text{kg}^{-1}\text{]}, \quad (3)$$

kde H výhřevnost dřeva [kJ.kg<sup>-1</sup>],  
w vlhkost dřeva [%].

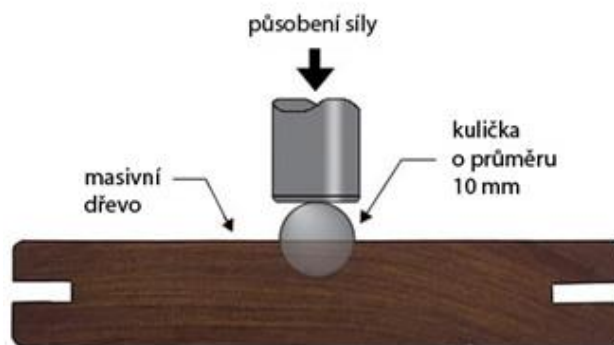
Tabulka 1: Výhřevnost dřeva v závislosti na druhu a vlhkosti dřeva [3]  
\*vypočteno dle rovnice (3)

Druh dřeva	Výhřevnost H [MJ.kg <sup>-1</sup> ] při vlhkosti w		
	0 %	15 %	60 %
Smrk	17,9	13,4	-
Borovice	18,7	14,5	10,6*
Bříza	19,9	15,8	-
Dub	17,0	14,5	-
Buk	17,6	15,4	-

## 1.2 TVRDOST DŘEVA

Měření se provádí obdobně jako u mechanických zkoušek měření tvrdosti kovových materiálů. Pro provedení zkoušky tvrdosti dřeva se využívá Jankova tvrdost ( $H_J$ ). Princip zkoušky spočívá působením mechanické síly na kuličku. Injektor je v tomto případě kulička z tvrdokovu o průměru 11,28 mm. Kulička vniká do zkušební dřeva do hloubky 5,64 mm, čímž vytvoří otlačenou plochu o velikosti 100 mm<sup>2</sup>. Síla, potřebná k zatlačení kuličky do požadované vzdálenosti, udává tvrdost dřeva.

Dalším ze dvou možných způsobů, jak lze změřit tvrdost dřeva, je provedení zkoušky dle Brinella ( $H_B$ ). Injektorem je taktéž kulička z tvrdokovu jako v prvním případě. Schematické znázornění zkoušky je znázorněno na Obr. 1. Kulička o průměru 10 mm je silou vtlačována do zkušební materiálu. Pro měkká dřeva je doporučeno použít sílu o velikosti 100 N, pro středně tvrdá dřeva 500 N a pro tvrdá dřeva sílu o velikosti 1000 N. Vyhodnocuje se průměr důlku, který po sobě zanechal injektor. Pro zpřesnění měření se měří průměr dvakrát. Z odečtených hodnot se vypočítá průměrná hodnota průměru vpichu.



Obr. 1 Zkouška tvrdosti dřeva [16]

Statická tvrdost dle obou metod měření vykazuje vyšší hodnoty tvrdosti v příčné rovině. Dynamickou tvrdost lze charakterizovat jako podíl potencionální energie kuličky, která padá ze stanovené výšky volným pádem a plochy otláčení, kterou kulička zanechá. Dynamická tvrdost s klesající vlhkostí dřeva roste. Na základě čelní tvrdosti při obsahu vlhkosti  $w=12\%$  se dřevo dělí do následujících 5 skupin uvedených v Tabulce 2.

Tabulka 2: Přehled druhů dřeva dle jejich tvrdosti [2]

Skupina	Hodnota tvrdosti v [MPa]	Druh dřeva
Měkká dřeva	<40	smrk, lípa
Středně tvrdá dřeva	41-80	buk, dub, modřin
Tvrdá dřeva	81-100	habr, akát
Velmi tvrdá dřeva	110-150	zimostráz
Super tvrdá dřeva	>150	eben, quajak

### 1.3 ŠTÍPATELNOST DŘEVA

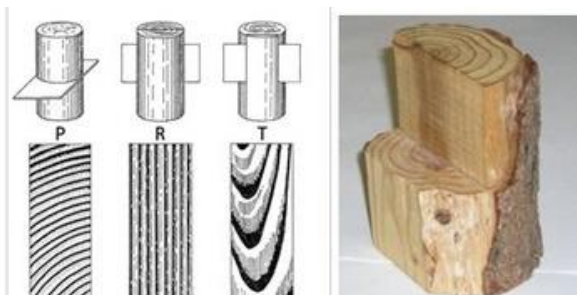
Štípatelnost je určena silou, která způsobí porušení zkušebního tělesa. Předmětem štípaní může být klín, který je vtlačován plynule do dřeva. Sekera či klín zarážený pomocí kladiva rozdělí dřevo na principu rázu. V obou případech se dřevěná kulatina rozštípne na dvě části ve směru vláken růstu dřeva. Proces štípaní způsobuje ve dřevě kombinaci napětí ohybu a tlaku. Energetická náročnost štípaní vykazuje rozdílné hodnoty v rovinách znázorněných na Obr. 2. Odolnost vůči štípaní lze vyjádřit obecným vztahem pro napětí. Tuto závislost vyjadřuje rovnice (4).

$$R_w = \frac{F_{\max}}{S} \quad [MPa], \quad (4)$$

kde:  $R_w$  odolnost proti štípaní [Pa],  
 $F_{\max}$  síla při rozdělení tělesa [N],  
 $S$  plocha štípaní [m<sup>2</sup>].

$$S = b \cdot l \quad [mm^2], \quad (5)$$

kde:  $S$  plocha štípaní [m<sup>2</sup>],  
 $b$  šířka zkušebního tělesa [m],  
 $l$  délka štípaní [m].



Obr. 2 Makroskopická stavba dřeva [15]  
*P-příčná rovina, R-radiální rovina, T tangenciální rovina*

Štípatelnost můžeme vyjádřit jako odolnost dřeva vůči štípání. Štípáním rozumíme rozdělení dřeva na nejméně dvě části po směru vláken. Listnaté dřeviny jsou odolnější proti štípání v tangenciální rovině než v radiální rovině.

Obecně lze říci, že jehličnaté dřeviny se snáze štípají než listnaté dřeviny. Nejmenší odpor proti vnikání štípacího nástroje do dřeva klade smrkové dřevo. Naopak nejhůře se štípe habrové či akátové dřevo. Méně vzrostlé stromy kladou menší odpor při štípání než staré vzrostlé stromy.

Čerstvě pokácené dřevo se lehčeji štípe, protože s postupem času dřevo křehne a štípací nástroj vyskakuje ze dřeva. Tato vlastnost závisí na množství vázané vody ve dřevě. S klesající vlhkostí dřeva se jeho odolnost vůči štípání zvyšuje, což je zřejmé z hodnot uvedených v Tabulce 3. Z toho vyplývá, že je výhodnější štípat čerstvě pokácené dřevo. Čím déle necháme dřevěnou kulatinu vcelku, tím více bude klást odpor při štípání. [2]

*Tabulka 3: Odolnost dřeva proti štípání [2]*

Druh dřeva	Odolnost proti štípání [MPa]			
	V radiální rovině při vlhkosti		V tangenciální rovině při vlhkosti	
	12 %	>30 %	12 %	>30 %
Smrk	0,18	0,11	0,18	0,11
Borovice	0,22	0,14	0,22	0,14
Dub	0,32	0,20	0,44	0,27
Buk	0,33	0,20	0,50	0,30
Habr	0,41	0,25	0,55	0,34

## 2 ROZDĚLENÍ ŠTÍPAČŮ

Štípacích zařízení existuje několik druhů a můžeme je rozčleňovat dle několika kritérií. Mezi nejzákladnější dělení se řadí orientace stroje při práci, varianta pohonu, maximální štípací síla či mobilita zařízení. Na trhu se vyskytuje velké množství elektricky poháněných štípačů, které bývají zpravidla levnější než štípače poháněné spalovacím motorem.

Rozměrově nejsou štípače nijak omezeny. Některé modely disponují velkou štípací silou. To je však vykoupeno jejich velkými rozměry a vysokou hmotností stroje. S takovými stroji je ruční manipulace téměř nemožná. Velké štípače jsou vybaveny tažným zařízením na automobil nebo mají konstrukci přizpůsobenou pro manipulaci pomocí zemědělských strojů či jiné těžké techniky.

Další způsob dělení je dle štípacího nástroje. Rozlišujeme mechanické a hydraulické štípače. Mechanických štípačů existuje celá řada. Ať už se jedná o primitivní sekeru, rotující kužel či mechanickou štípačku, která pro přeštípnutí polena využívá princip setrvačnicku. Mechanické štípače jsou ekologičtější, a to z toho důvodu, že pro jejich funkci není zapotřebí hydraulického oleje. U hydraulických štípačů je pracovním nástrojem buďto štípací klín nebo nastavitelná protlačovací mříž.

Hydraulické štípače můžeme dále dělit dle řízení hydraulického obvodu. Přímočarý hydromotor může být poháněn přímo z hydraulického okruhu stroje (traktor, bagr,...). Další z možných řešení pohánění přímočarého hydromotoru je pomocí hydrogenerátoru, který je součástí štípače.

### 2.1 ROZDĚLENÍ DLE ŠTÍPACÍHO NÁSTROJE

Nejlevnější variantou je bezesporu ruční štípaní dřeva pomocí sekery, kalače či štípacího klínu. Tyto nástroje od společnosti Fuxtec lze vidět na Obr. 3. Práce s kalačem je pro člověka namáhavější, protože jeho hmotnost je vyšší než u sekery. Avšak vyšší hmotnost nástroje má výhodu, která spočívá ve větší energii při úderu. V dnešní době existuje několik druhů seker či kalačů. Liší se od sebe tvarem ostří, použitým materiálem či váhou.



Obr. 3 Sada pro ruční štípaní dřeva [7]

Klínem lze, na rozdíl od sekery, štípat i metrová polena. Klíny bývají vyrobeny z oceli. Při tomto způsobu štípání nastává problém tehdy, když se na klínu objevují první otřepy. Otřepy jsou způsobeny boucháním kladiva na patku klínu. Ulomený otřep může zranit obsluhu. Z toho důvodu se vyrábí kombinované klíny, které mají z bezpečnostních důvodů upravenou patku klínu. Ruční štípání dřeva vyžaduje zručnost a značné zkušenosti. V opačném případě je práce mnohem namáhavější a zdlouhavá. Ruční štípání dřeva je málo efektivní a fyzicky náročná práce.

Další z možných způsobů štípání dřeva s využitím lidské síly se nabízí možnost zakoupit nožní štípačku, která je znázorněna na Obr. 4. Tlakem nohy na pedál se vytváří síla, která je převáděna na posuvné lože. Posuvné lože tlačí poleno na štípací klín a následně dojde k přeštípnutí. Tento druh štípačky není vhodný pro větší polena.



Obr. 4 Nožní štípačka dřeva [8]

Existují štípače, které jsou poháněny buďto elektromotorem, spalovacím motorem nebo jsou naháněny náhonovým kardanem. Jedná se o štípače, které využívají princip setrvačnicku nebo o tzv. kuželové štípače, jež jsou konstrukčně jednoduché. Ostrý, rotující kužel představuje velké riziko vzniku poranění. Z toho důvodu se tento druh štípače nevyrábí továrně. Kinetické štípače nejsou náročné na údržbu a jejich pracovní cyklus je velmi rychlý, což je značná výhoda. Jejich nevýhodou je vysoká pořizovací cena a velké rozměry stroje.[9]



Obr. 5 Kinetický štípač Jansen FS-20speed [10]

## 2.2 ORIENTACE STROJE PŘI PRÁCI

Při práci je velmi důležitá poloha stroje, kterou zvolíme na základě uživatelských požadavků. Dle polohy štípaného polena dělíme štípače na následující kategorie.

### 2.2.1 HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČE

Tento typ štípačů se vyrábí ve všech výkonnostních třídách od hobby strojů až po velké štípací automaty. Hobby horizontální štípače jsou rozměrově a váhově přívětivé pro jejich snadnou manipulaci a skladování. Typickým představitelem hobby stroje je štípač od firmy Scheppach, který lze vidět na Obr. 6. Tyto štípače jsou vhodné pro zpracování menších polen a méně časté použití. Negativní vlastnost horizontálního štípače je nutnost umístit štípané poleno na pracovní stůl. Stroje z vyšších tříd tento problém nemají. Jsou totiž vybaveny hydraulickým podavačem polen.



Obr. 6 Štípací stroj Scheppach HL 650 [13]

Štípací automaty disponují velkou štípací silou a velkými rozměry. Jsou poháněny pomocí elektromotoru nebo náhonovým kardanem traktoru. Většina automatů je vybavena nastavitelnou protlačovací mříží. Stoj je schopen pomocí řezné lišty nařezat několikametrovou kulatinu na požadovanou délku polena. Po přeštípnutí je poleno pomocí dopravníku odstraněno z pracovního prostoru stroje. Jejich hlavní výhodou je, že při spuštění procesu není zapotřebí obsluha stroje. Mezi další výhody patří velká produktivita práce. Tyto stroje jsou určeny pouze pro firmy, které se zabývají prodejem palivového dřeva. Popsaný stroj lze vidět na Obr. 7.



Obr. 7 Štípací automat SpaltFixS-375 [4]

### 2.2.2 VERTIKÁLNÍ ŠTÍPAČE

Jak je zřejmé z názvu, konstrukce stoje a orientace polena při práci je ve svislém směru. Vertikální štípače patří mezi výkonnější stroje oproti předchozímu konstrukčnímu řešení. Na trhu existuje několik druhů vertikálních štípačů. Přímočarý hydromotor může být umístěn ve spodní části stoje nebo nad štípaným polenem. Štípačky, které mají přímočarý hydromotor umístěný ve spodní části, jsou lépe skladovatelné hlavně díky nízké přepravní výšce. Avšak nevýhodou takového konstrukčního řešení je nevyužití síly přímočarého hydromotoru, protože při chodu „naprázdno“ tlačí tlak kapaliny na větší plochu pístu. Popsané konstrukční řešení štípače je možné vidět na Obr.8. Značnou výhodou vertikálních štípačů je snadnější manipulace s polenem, protože zde mizí nutnost zvedat celé poleno. Pokud stojí samostatně může být jejich nevýhodou malá stabilita.



Obr. 8 Schnepf HL 850 [5]

### 2.3 ROZDĚLENÍ DLE MAXIMÁLNÍ ŠTÍPACÍ SÍLY

Štípače lze dále dělit do následujících třech skupin uvedených v Tabulce 4.

Tabulka 4: Rozdělení štípačů dle štípací síly

Třída	Maximální štípací síla	Zástupce na trhu
Hobby (domácí)	<80 kN	AL-KO LSH 4
Poloprofesionální	80-120 kN	Schnepf HL 1010
Profesionální	>120 kN	Vari 20 TON Super Force DUO

Hobby štípače jsou zpravidla poháněny elektromotory využívajícími napětí 230 V. Omezeny jsou především již zmiňovaným štípacím tlakem, ale také délkou výsuvu. Štípačům z poloprofesionální třídy zajišťuje pohon elektromotor, který čerpá energii ze silnoproudu, tj. 400 V. Stroje z této třídy jsou určeny pro široké použití. Jejich pořizovací cena je příznivá vzhledem k výkonosti stroje. Profesionální štípače disponují velkou štípací silou, a z toho důvodu jsou poháněny silnějšími zdroji. Pohon může zajišťovat například spalovací motor

nebo kombinace elektromotoru s náhonovým hřídelem traktoru. Tento typ štípače lze vybavit navijákem pro manipulaci se dřevem.

## 2.4 ROZDĚLENÍ ŠTÍPAČŮ DLE POUŽITÉHO POHONU

Při výběru štípače bude jako první zákazníka zajímat, jakým druhem pohonu bude stroj vybaven. Na trhu je k dostání velké množství různých variant. Některé štípače ve vyšších třídách využívají kombinovaného pohonu. Nejčastější kombinace pohonu může být využití elektromotoru s možností připojení přímočarého hydromotoru přímo do hydraulického okruhu jiného zařízení. Další varianta se nabízí využití náhonového kardanu traktoru opět s kombinací s elektromotorem. Přístup k elektrické síti hraje zásadní roli při volbě účelného stroje.

### 2.4.1 ŠTÍPAČE POHÁNĚNÉ ELEKTRICKÝM MOTOREM

V hobby třídě se s jiným druhem pohonu prakticky nesetkáme. To je dáno hlavně kvůli ceně zařízení. Elektromotor je nejčastějším druhem pohonu u štípačů i kvůli tichosti chodu. Méně výkonné štípače jsou napájeny z elektrické sítě běžnou zásuvkou (220-230 V).



Obr. 9 Štípač dřeva Levita 5t [11]

Pro velké stroje, které potřebují dostatek energie, aby byly schopny dosáhnout štípací síly, je zapotřebí zajistit přístup k silnoprůdu, tj. 400 V. Jejich velkou nevýhodou je nutnost dostupnosti elektrické sítě. Tudíž je jejich použití omezeno na malé vzdálenosti kolem domova. Je možné vyrábět elektrickou energii i mimo dosah elektrické sítě pomocí elektrocentrály. Taková varianta je však velmi neúspěšná.

### 2.4.2 ŠTÍPAČE POHÁNĚNÉ SPALOVACÍM MOTOREM

Štípače jsou určeny pro široké použití. Tento typ pohonu využívají především stroje, které se vyskytují ve vyšších výkonnostních třídách. Nejčastější druh motoru je benzinový

čtyřtakoví BriggsStratton. Jejich hlavní výhodou je, že je lze použít i mimo dosah elektrické sítě. Nevýhodou může být vyšší hmotnost, hlučnost stroje a vysoká pořizovací cena. Ukázku nastavitelného štípače lze vidět na Obr. 10. Kvůli snadnějšímu převážení je konstrukčně navržena tak, aby bylo možné stroj ustavit do horizontální polohy a tím tak zajistit lepší manipulaci.



*Obr. 10 benzinový štípač LS 550 MTD [12]*

### 2.4.3 ŠTÍPAČE POHÁNĚNÉ TRAKTOREM ČI BAGREM

Vertikální i horizontální štípače lze snadno připojit pomocí třibodového závěsu na traktor nebo pomocí upínacího systému na jakýkoliv pásový či kolový bagr. Štípačka na Obr. 11 je určena pro kolové nebo smykem řízené nakladače či lesnické hydraulické ruky. Výhodou takové štípačky je bezesporu možná operační a mezioperační manipulace se dřevem během štípání.



*Obr. 11 Příkladné zařízení na bagr [18]*

Hydraulický hydrogenerátor může být naháněn pomocí kardanu traktoru. Náhonový hřídel může mít buď 540 ot/min nebo 1000 ot/min. Všechny moderní traktory jsou vybaveny dvěma stupni otáček kardanu. Tudíž není zapotřebí mít v systému přidavnou převodovku.

Tento druh pohonu se používá u profesionálních štípaček, které disponují velkou štípací silou a produktivitou práce. Varianta, kdy je přímočarý hydromotor připojen pomocí hydraulických rychlospojek k hydraulickému okruhu traktoru či bagru, má řadu výhod. Jedna z výhod je jednoduchost konstrukce štípačky. Štípačka nemusí mít na svém rámu žádný hydraulický prvek kromě přímočarého hydromotoru a rozdělovače, který ovládá přímočarý hydromotor. Štípací stoj nesený v třibodovém závěsu na traktoru je možné vidět na Obr. 12 a Obr. 13.



Obr. 12 Lumag HEZ 18 [6]



Obr. 13 Štípačka za traktor poháněná z hydraulického okruhu [17]

Tato výhoda je bohužel na úkor kvality hydraulického okruhu stroje. Pro dosažení požadované délky pracovního cyklu je obsluha nucena zvýšit otáčky stroje. Takový druh dlouhodobého provozu je neekonomický.

Ne všechny stroje mají dostatečný hydrogenerátor k tomu, aby práce se štípačkou byla produktivní. Tlak v hydraulickém obvodu je omezen přetlakovým ventilem, který je součástí traktoru. Hydraulický hydrogenerátor musí mít parametry doporučené výrobcem štípače. V opačném případě nebude štípačka disponovat předepsaným štípacím tlakem a pracovní doba se značně prodlouží.

## 2.5 ROZDĚLENÍ ŠTÍPAČŮ DLE MOBILITY

Jedním z hlavních požadavků při koupi štípače je oblast jeho použití. Hobby štípače lze snadno přemístit pomocí kol. Velikost kol u tohoto druhu štípače není nijak velká. To je dáno zejména tím, že hobby štípače jsou lehké a snadno uskladnitelné. Pro štípače středních tříd jsou samozřejmostí velká kola, která snáze překonávají nerovnost terénu a ulehčují tak práci. Vertikální i horizontální štípač lze připojit do třibodového závěsu traktoru. Takto nesenou

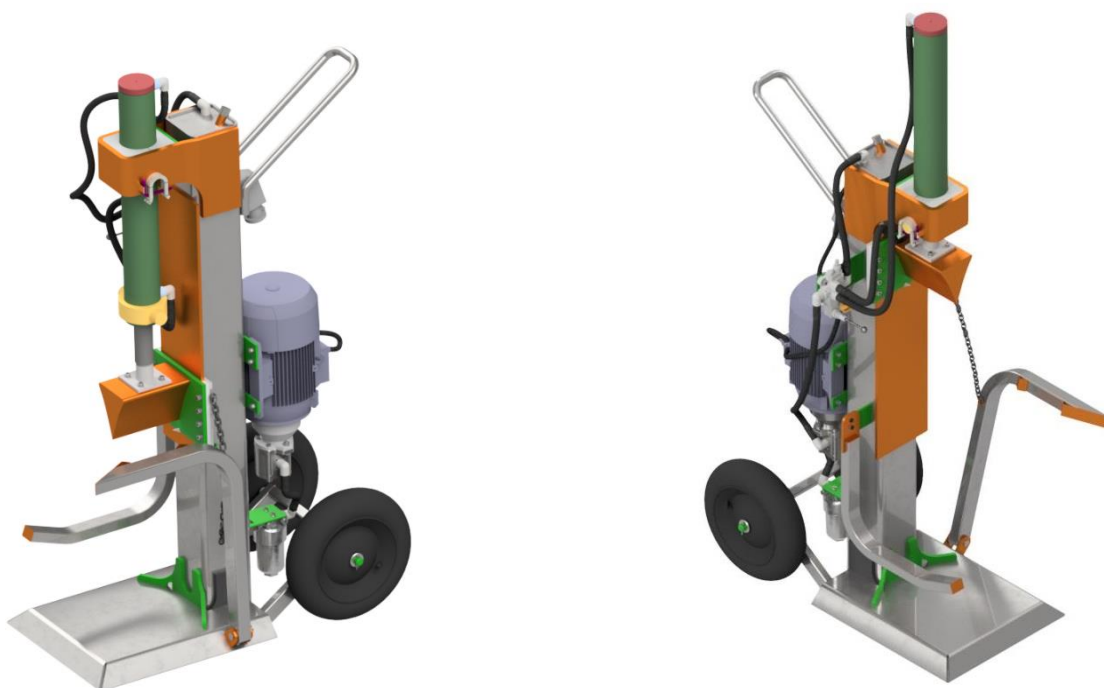
štípačku je možné dopravit i do těžce dostupných míst. Dřevo se tak může štípat přímo v lese. Další možností mobilní štípačky je varianta, kdy má štípačka svůj vlastní podvozek. Podvozek je možno připojit za automobil či jiný stroj, který je vybaven tažným zařízením. Štípačku s tažným zařízením lze vidět na Obr. 14. Štípací automaty jsou stacionárními stroji. Jsou tedy umístěné napevno a manipulace s nimi není možná.



*Obr. 14 Hecht-motorová štípačka  
s vlastním podvozkem [19]*

### 3 NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ

Zadanými parametry je síla na břitu a délka polena, které musí štípač přeštípnout. Jako první byl navržen profil stojiny tak, aby dokázal odolat napětí, které vytváří během procesu štípání přímočarý hydromotor. Rozměry podstavce jsou přizpůsobeny polenu o průměru 350 mm jak je dáno v zadání. Hlavní části rámu štípače jsou vyrobeny z normalizovaných dílů. Všechny komponenty rámu jsou navrženy z oceli S355J2 (1.0576) s mezí kluzu 355 MPa a pevností v tahu 470-630 MPa.



Obr. 15 Vlastní návrh štípače v převozní a pracovní poloze

#### 3.1 NÁVRH HYDRAULICKÉHO OBVODU

Schéma hydraulického obvodu je znázorněno v příloze P4. Hydraulický obvod se skládá ze 7 hlavních částí, kterými jsou: pohonná jednotka (elektromotor spojen pomocí spojky s hydrogenerátorem), přímočarý hydromotor, filtr, rozvaděč, tlakový ventil a nádrž. Všechny komponenty jsou spojeny pomocí hydraulických hadic.

##### 3.1.1 NÁVRH PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Přímočarý hydromotor musí být schopen vyvinout sílu o velikosti 110 kN. Pro výpočet minimální plochy přímočarého hydromotoru je zapotřebí v první řadě pracovní tlak v hydraulickém obvodu. Tlak v obvodu byl zvolen na 20 MPa.

$$S_{\min} = \frac{F}{p_{\max}} \quad [\text{m}^2], \quad (6)$$

$$S_{\min} = \frac{110 \cdot 10^3}{22 \cdot 10^6} = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2,$$

$$S_{\min} = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2,$$

kde  $S_{\min}$  minimální plocha hydromotoru [m<sup>2</sup>].  
 $p_{\max}$  maximální tlak [Pa].

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\min}}{\pi}} \text{ [m]}, \quad (7)$$

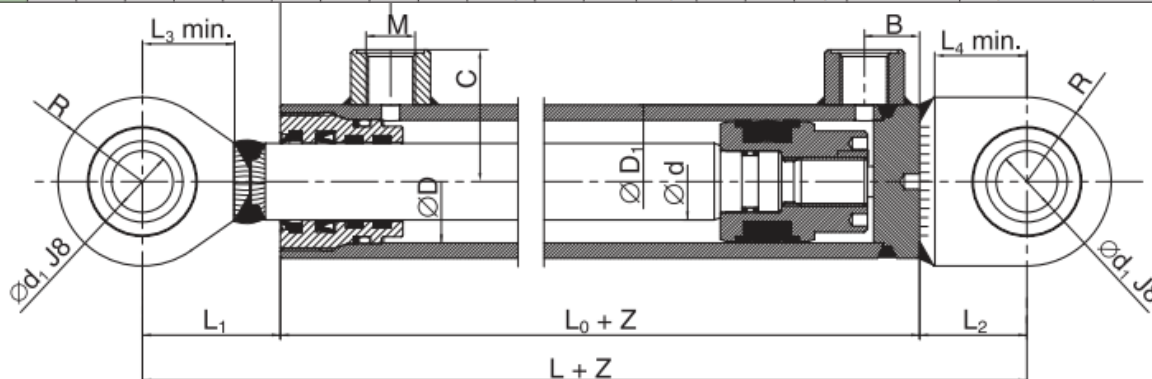
$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,005}{\pi}} = 83,683 \cdot 10^{-3} \text{ m},$$

$$D_{\min} \cong 84 \text{ mm},$$

kde  $D_{\min}$  minimální průměr hydromotoru [m].

Na základě rovnice (7) volím přímočarý dvojčinný hydromotor s označením ZH2 od firmy Hydraulics. Tento typ hydromotoru pracuje s tlakem 20 MPa, což odpovídá navrhovanému maximálnímu tlaku v systému.

∅D	∅d	∅D <sub>1</sub>	∅d <sub>1</sub>	L	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub> ±1	L <sub>4</sub> ±1	M	A	B	C	E	K <sub>1</sub>	R	Maximální doporučené zdvihy dle zvol. ∅d	Hmotnost při zdvihu Z (kg)
90	55	105	40	310	165	85	60	57	53	22x1,5	64	35	70,5	28	35	52,5	710	15,60 + Z x 0,03668



Obr. 16 Parametry přímočarého hydromotoru ZH2 [22]

$$S_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ [m}^2\text{]}, \quad (8)$$

$$S_h = \frac{\pi \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{4} = 6,362 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2,$$

$$S_h = 6,362 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2,$$

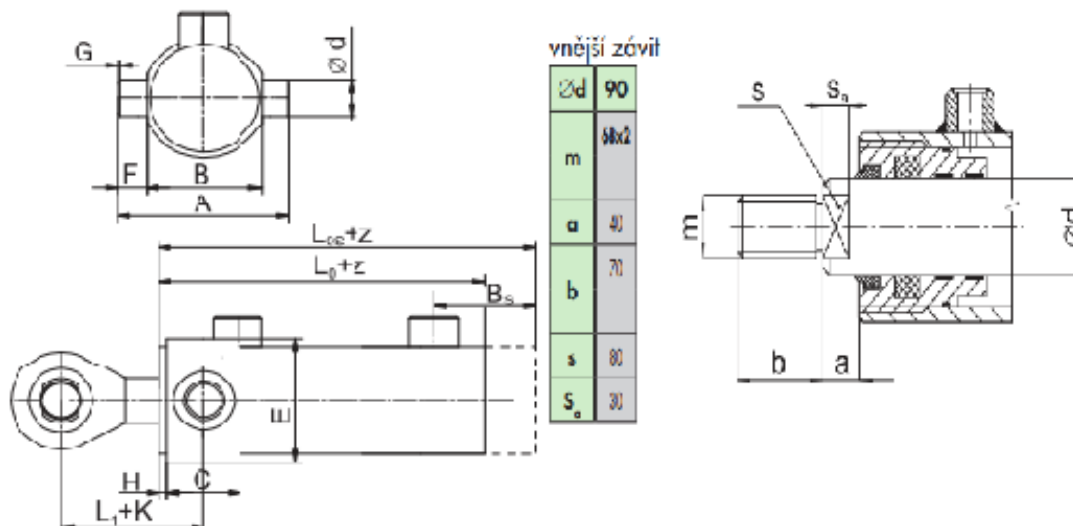
kde  $S_h$  skutečná plocha hydromotoru [m<sup>2</sup>].  
 $D$  skutečný průměr hydromotoru [m].

Pro mé konstrukční řešení byl zvolen typ uchycení ZH2-C a pístní tyč je ukončena vnějším závitem.

### Uchycení ZH2-C

**ZH2-CS**

Typ válce	A	B h11	C	d f8	E	F	Gx45°	H	K	L <sub>0</sub>	L <sub>0s</sub>	B <sub>s</sub>
90	205	135	50	40	135	35	1,5	8	33	165	203	73



Obr. 17 Parametry uchycení a ukončení přímočarého hydromotoru ZH2 [22]

Nyní je nezbytné vypočítat stálý tlak v hydraulickém okruhu pomocí rovnice (9), který bude regulován pomocí přetlakového ventilu.

$$p = \frac{F}{S_h} \text{ [MPa]}, \quad (9)$$

$$p = \frac{110 \cdot 10^3}{6,362 \cdot 10^{-3}} = 17,291 \text{ MPa},$$

$$p = 17,291 \text{ MPa},$$

kde  $p$  tlak nastavený na přetlakovém ventilu [MPa],

Pro výpočet doby zpětného zdvihu hydromotoru je zapotřebí spočítat obsah mezikruží.

$$S_T = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4} \text{ [m}^2\text{]}, \quad (10)$$

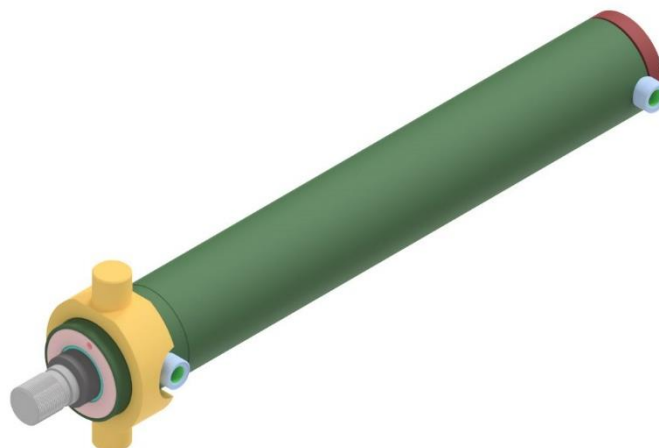
$$S_T = \frac{\pi \cdot 55 \cdot 10^{-3}}{4} = 2,376 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2,$$

$$S_T = 2,376 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2,$$

kde  $S_T$  obsah pístní tyče [m<sup>2</sup>],  
 $d_T$  průměr pístní tyče [m].

$$\begin{aligned}
 S_m &= S_h - S_T \text{ [m}^2\text{]}, \\
 S_m &= 6,362 \cdot 10^{-3} - 2,376 \cdot 10^{-3} = 3,986 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2, \\
 S_m &= 3,986 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2,
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

kde  $S_m$  plocha mezikruží [m<sup>2</sup>].



Obr. 18 Přímočarý hydromotor Hydraulics ZH2

Díky velikosti přímočarého hydromotoru není zapotřebí počítat sílu při zpětném chodu. Je předpokládáno, že se bude pístnice zasouvat bez významných vnějších odporů. Odpor, který může vzniknout při zaklínění klínu ve štípaném špalku, nebude hrát velkou roli. Klín je navrhnout tak, aby při vzniku takové situace kladl co možná nejmenší odpor při vyprošťování. Taktéž zde záměrně není uváděna kontrola pístní tyče na vzpěr. Díky velkému průměru pístní tyče a výsuvu 600 mm nedojde k meznímu stavu vzpěrné stability. Pro správnou volbu hydrogenerátoru je zapotřebí znát objem přímočarého hydromotoru při plném vysunutí. Dále je nutné znát objem oleje, který musí hydrogenerátor dodat k zasunutí pístní tyče. Z vypočtených hodnot pak lze určit minimální čas, za který se bude schopen přímočarý hydromotor plně vysunout a vrátit do původní polohy.

$$\begin{aligned}
 V_v &= v_p \cdot S_h \text{ [m}^3\text{]}, \\
 V_v &= 0,6 \cdot 6,362 \cdot 10^{-3} = 3,817 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \\
 V_v &= 3,817 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3,
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

kde  $V_v$  objem hydromotoru při pracovním zdvihu [m<sup>3</sup>],  
 $v_p$  výsuv pístnice (dle zadání  $z=0,6$  m) [m].

$$\begin{aligned}
 V_z &= v_p \cdot S_m \text{ [m}^3\text{]}, \\
 V_z &= 0,6 \cdot 3,986 \cdot 10^{-3} = 2,392 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \\
 V_z &= 2,392 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3,
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

kde  $V_z$  objem hydromotoru při zpětném chodu [m<sup>3</sup>].

### 3.1.2 NÁVRH HYDROGENERÁTORU

Výběr hydrogenerátoru je ovlivněn několika zásadními faktory. Velkou roli při koupi hydrogenerátoru hraje bezesporu jeho pořizovací cena. Avšak rozhodujícím kritériem

je požadovaná doba pracovního zdvihu. S tím souvisí geometrický objem hydrogenerátoru, který je nepřímo úměrný s dobou pracovního zdvihu. Geometrickým objemem hydrogenerátoru  $V_o$  rozumíme množství oleje dodané hydrogenerátorem za jednu otáčku. Z toho vyplývá, že záleží na otáčkách elektromotoru. Bude-li zvolen nevhodný hydrogenerátor, bude pro provoz stroje vyžadován silný elektromotor, což není žádoucí z ekonomických důvodů. Je zapotřebí zvolit vhodný kompromis mezi dobou pracovního zdvihu a pořizovacími náklady všech komponent. Z toho důvodu je zvolen čas pracovního zdvihu na 11 s a otáčky elektromotoru  $2950 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ .

$$\begin{aligned} Q_T &= \frac{V_v}{t} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}], \\ Q_T &= \frac{3,817 \cdot 10^{-3}}{11} = 0,347 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \\ Q_T &= 0,347 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \end{aligned} \quad (14)$$

kde  $Q_T$  teoretický průtok  $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ ,  
 $t$  zvolený čas výsuvu  $[\text{s}]$ .

$$\begin{aligned} V_{oT} &= \frac{Q_T}{n} [\text{m}^3 \cdot \text{ot}^{-1}], \\ V_{oT} &= \frac{0,347 \cdot 10^{-3}}{49,167} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{ot}^{-1}, \\ V_{oT} &= 7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{ot}^{-1} = 7 \text{ cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}, \end{aligned} \quad (15)$$

Kde  $V_{oT}$  teoretický geometrický objem hydrogenerátoru  $[\text{m}^3 \cdot \text{ot}^{-1}]$ ,  
 $n$  jmenovité otáčky elektromotoru [27]  $[\text{ot} \cdot \text{s}^{-1}]$ .

Na základě výše uvedených výpočtů je vybrán hydrogenerátor od firmy Jihostroj. Čerpadlo patří do standardní řady čerpadel T3 8 s geometrickým objemem  $V_o=8,05 \text{ cm}^3$ . Zubové čerpadlo s vnějším ozubením je zvoleno hlavně kvůli jeho spolehlivosti a nenáročnosti na údržbu. Celková účinnost hydrogenerátoru je definována jako součin objemové a hydraulicko-mechanické účinnosti. Objemová účinnost  $\eta_v$  se pohybuje v rozmezí 0,92 – 0,98 (závisí přitom na otáčkách a výstupním tlaku). Pro výpočet potřebného výkonu elektromotoru je zvolena hodnota objemové účinnosti  $\eta_v$  na hodnotu 0,96. Mechanická účinnost  $\eta_m$  zahrnuje mechanické ztráty a její hodnota je 0,85. Hydrogenerátor je pomocí příruby a spojky spojen s elektromotorem. [23]

Nyní je zapotřebí přepočítat skutečný průtok hydrogenerátoru pomocí rovnice (16).

$$\begin{aligned} Q_s &= V_o \cdot n [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}], \\ Q_s &= 8,05 \cdot 10^{-6} \cdot 49,167 = 0,3958 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, \\ Q_s &= 0,3958 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 23,75 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}, \end{aligned} \quad (16)$$

kde  $Q_s$  skutečný průtok hydrogenerátorem  $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ ,  
 $V_o$  geometrický objem hydrogenerátoru  $[\text{m}^3 \cdot \text{ot}^{-1}]$ .

Kvůli změně průtoku je nutné vypočítat čas, za který se přímočarý hydromotor zcela vysune a vrátí zpět do počátečního stavu.

$$t_{s1} = \frac{V_v}{Q_s} \text{ [s]}, \quad (17)$$

$$t_{s1} = \frac{3,817 \cdot 10^{-3}}{0,3958 \cdot 10^{-3}} = 9,64 \text{ s,}$$

$$t_{s1} = 9,64 \text{ s,}$$

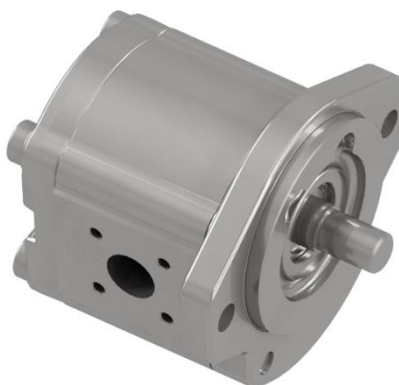
kde  $t_{s1}$  skutečný čas vysunutí přímočarého hydromotoru [s].

$$t_{s2} = \frac{V_z}{Q_s} \text{ [s]}, \quad (18)$$

$$t_{s1} = \frac{2,392 \cdot 10^{-3}}{0,3958 \cdot 10^{-3}} = 6,04 \text{ s,}$$

$$t_{s1} = 6,04 \text{ s,}$$

kde  $t_{s2}$  skutečný čas zpětného chodu přímočarého hydromotoru [s].



Obr. 19 Zubový hydrogenerátor Jihostroj T3 8

### 3.1.3 NÁVRH ROZVÁDĚČE

Pro ovládání přímočarého hydromotoru byl zvolen jednosekční monoblokový rozváděč. Rozváděč s typovým označením HDM 140 od společnosti Bucher lze vidět na Obr. 23. Tento typ byl vybrán hlavně kvůli jeho vlastnostem. Součástí rozváděče je i přetlakový ventil, maximální průtok činí  $40 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  a maximální stálý pracovní tlak může být až 25 MPa. [24]



Obr. 20 Rozváděč HDM 140 [24]

### 3.1.4 NÁVRH FILTRU

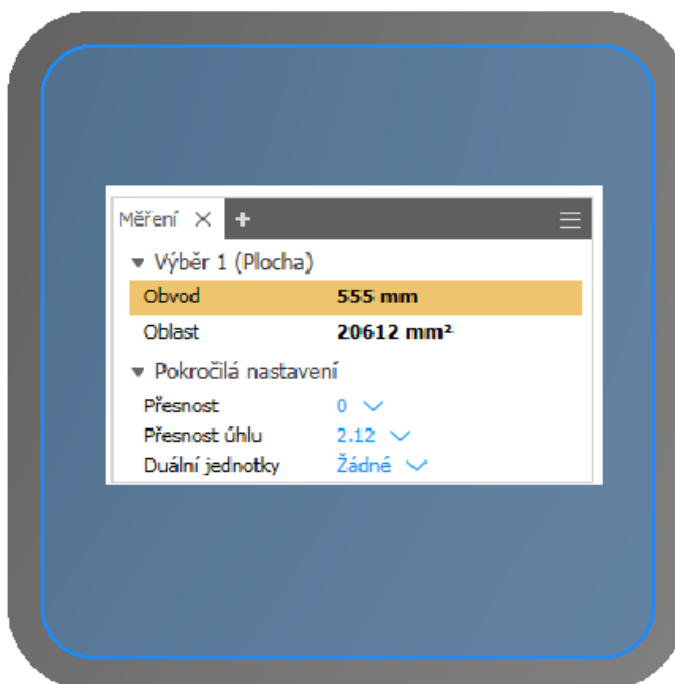
Pro správnou funkci přímočarého hydromotoru musí být hydraulický minerální olej OH-HM 46 filtrován. Výrobce doporučuje hodnotu propustnosti filtru je 25  $\mu\text{m}$ . Na základě toho byl zvolen filtr na sání od firmy AGRO-HYTOS s typovým označením ES 075. Maximální minutový průtok činí 45 l. [25], [26]



Obr. 21 Sací filtr ES 075 [26]

### 3.1.5 NÁVRH HYDRAULICKÉ NÁDRŽE

Stojina štípačky je vyrobena z dutého profilu. Tento prostor je využit jako zásobník hydraulického oleje. Toto konstrukční řešení přináší řadu výhod. Není zapotřebí externí nádrže, která by jistě zvětšovala zástavbové prostory. Pro výpočet obsahu stojiny byl použit software Autodesk Inventor Professional 2019.



Obr. 22 Obsah stojiny štípačky

Celkový objem stojiny lze vyčíslit pomocí rovnice (19).

$$\begin{aligned} V_N &= S_d \cdot x \text{ [m}^3\text{]}, \\ V_N &= 20,612 \cdot 10^{-3} \cdot 1,42 = 0,02927 \text{ m}^3, \\ V_N &= 0,02927 \text{ m}^3 \cong 29,3 \text{ l}, \end{aligned} \quad (19)$$

kde  $V_N$  objem nádrže [m<sup>3</sup>],  
 $S_d$  obsah dutiny stojiny [m<sup>2</sup>],

Objem stojiny činí 29,3 l. Taková kapacita nádrže je pro provoz štípače dostatečná. Nádrž bude schopna pojmut všechny olej, který je potřebný pro činnost obvodu. Nadále zajistí ustálení kapaliny a stabilizaci teploty. [20]

### 3.2 NÁVRH ELEKTROMOTORU

Elektromotor byl zvolen na základě potřebných otáček dle průtoku hydrogenerátorem. Předběžný výkon elektromotoru je přibližně určen dle rovnice (20). Do vztahu vstupují účinnosti hydrogenerátoru  $\eta_v$  a  $\eta_m$ . Byla vybrána řada elektromotorů s vysokou účinností od společnosti Siemens. Účinnost  $\eta_{el}$  je rovna 0,90 při plném zatížení elektromotoru. [27]

$$\begin{aligned} P_{pot} &= \frac{Q_s \cdot p}{\eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_{el}} \text{ [W]}, \\ P_{pot} &= \frac{0,3958 \cdot 10^{-3} \cdot 17,291 \cdot 10^6}{0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,90} = 9319 \text{ W}, \\ P_{pot} &= 9,319 \text{ kW}, \end{aligned} \quad (20)$$

kde  $P_{pot}$  potřebný výkon elektromotoru [W],  
 $\eta_v$  objemová účinnost hydrogenerátoru [23] [-],  
 $\eta_m$  mechanická účinnost hydrogenerátoru [23] [-],  
 $\eta_{el}$  účinnost elektromotoru [27] [-].

Z výpočtu je zřejmé, že výkon elektromotoru by měl mít minimálně 9,319 kW. Nejbližší vyšší výkon je však 11 kW. Takový elektromotor by byl však zbytečně drahý. Jak je známo, elektromotory lze krátkodobě přetěžovat. Díky tomuto poznatku byl zvolen dvoupólový trojfázový asynchronní elektromotor Siemens s typovým označením 1LE1003-1CA1. Jmenovitý výkon  $P_j$  činí 7,5 kW a otáčky elektromotoru  $n$  jsou 2950 ot  $\cdot$  min<sup>-1</sup>.

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{pot} - P_j \text{ [W]}, \\ \Delta P &= 9319 - 7500 = 1819 \text{ W}, \\ \Delta P &= 1,819 \text{ kW}, \end{aligned} \quad (21)$$

kde  $\Delta P$  přetížení elektromotoru [W],  
 $P_j$  jmenovitý výkon elektromotoru [W].

Ze vztahu (21) je patrné, že došlo k překročení jmenovitého elektromotoru o 1819 W. Nyní je zapotřebí vypočítat maximální přetížení, a tím tak bude provedena kontrola elektromotoru. V katalogu je uveden jmenovitý moment  $M_N=24,5$  Nm a moment zvratu je roven  $m_z=3,9$ . [27]

Maximální moment, kterým bude elektromotor krátkodobě zatěžován, lze vypočítat z rovnice (22), která je uvedena v katalogu od výrobce. [27]

$$M_{max} = \frac{9,55 \cdot P_{pot}}{n \cdot 60} [Nm], \quad (22)$$

$$M_{max} = \frac{9,55 \cdot 9319}{49,167 \cdot 60} = 30,168 Nm,$$

$$M_{max} = 30,168 Nm,$$

kde  $M_{max}$  maximální potřebný moment elektromotoru [Nm],

$$m_{z_{max}} = \frac{M_{max}}{M_N} [-], \quad (23)$$

$$m_{z_{max}} = \frac{30,168}{24,5} = 1,231,$$

$$m_{z_{max}} = 1,231,$$

kde  $m_{z_{max}}$  maximální moment zvratu elektromotoru [-],  
 $M_N$  jmenovitý moment elektromotoru [Nm].

$$př_{dov} = (m_{z_{max}} - 1) \cdot 100 [\%], \quad (24)$$

$$př_{dov} = (3,2 - 1) \cdot 100 = 220 \%,$$

$$př_{dov} = 220 \%,$$

kde  $př_{dov}$  dovolené přetížení [%].  
 $m_z$  moment zvratu [-].

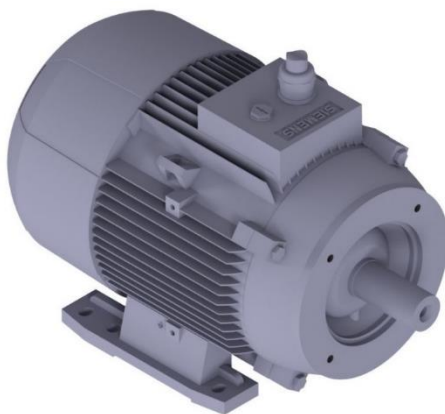
$$př_{max} = (m_{z_{max}} - 1) \cdot 100 [\%], \quad (25)$$

$$př_{max} = (1,231 - 1) \cdot 100 = 23,1 \%,$$

$$př_{max} = 23,1 \%,$$

$př_{max}$  maximální přetížení [%].

Z výpočtu je patrné, že elektromotor bude přetěžován o 23,1 % svého jmenovitého výkonu, což je zlomek dovoleného přetížení. Elektromotor tedy lze použít.



Obr. 23 Elektromotor Siemens 7,5 kW

### 3.3 NÁVRH RÁMU

Celkovou konstrukci rámu tvoří několik svařených dílů. Hlavní nosnou část tvoří profil dutý svařovaný se čtvercovým průřezem EN 10219// rozměr 160x8 od firmy Feron. Dutý profil byl zvolen hlavně kvůli možnosti využití dutiny rámu pro hydraulickou nádrž. Kapalina v okruhu se vlivem tření zahřívá. Aby bylo zajištěno dostatečné chlazení oleje v systému, je zapotřebí hydraulickou nádrž objemově naddimenzovat. Doporučená velikost nádrže pro uzavřené hydraulické obvody by měla být minimálně dvakrát větší, než je navrhovaný průtok hydrogenerátoru. [20]

Jak je u vertikálních štípačů známo, jejich nevýhodou můžou být pro některé uživatele být velké skladovací rozměry. Z toho důvodu je rám štípače přizpůsoben k tomu, aby bylo možné přímočarý hydromotor po práci přesunout do spodní polohy, a to bez odpojení hydraulických hadic. Nižší převozní výška je také výhodou pro manipulaci kvůli lepší stabilitě stroje.

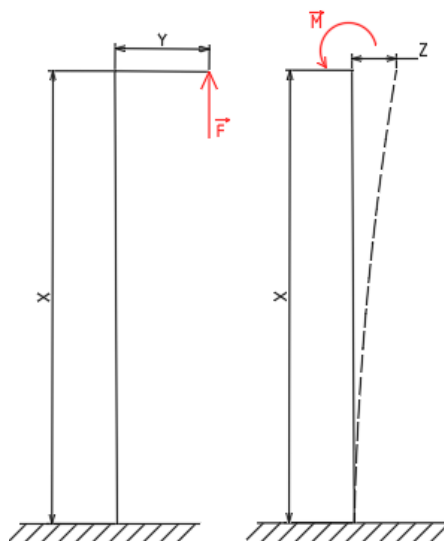
Podstavec je svařen U profilů a je vyztužen jak podélně, tak i příčně. Povrch podstavce je vyroben z lístkového (slzičkového) plechu válcovaným za tepla o tloušťce 10 mm. Lístkový povrch plechu byl vybrán hlavně kvůli tomu, aby nedocházelo k nechtěnému posuvu dřeva při štípání.



*Obr. 24 Rám štípačky*

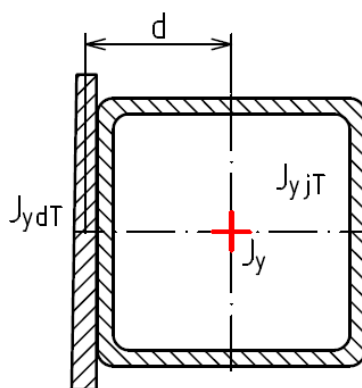
### 3.3.1 ANALYTICKÁ KONTROLA RÁMU

Kvůli působení štipací síly, která činí 110 kN, je nutné provést pevnostní kontrolu celkového rámu. Rám musí být dostatečně tuhý, aby odolal napětí, které vznikne působením štipací síly. Kvůli složitosti konstrukce rámu je nezbytné pro analytický výpočet vytvořit zjednodušený model ve 2D. Takto zjednodušený rám lze zkontrolovat pomocí znalostí pružnosti pevnosti. Pro zjednodušení výpočtu uvažujeme rameno jako ideálně tuhé těleso a provádíme pouze kontrolu stojiny.



Obr. 25 Schéma zatížení konstrukce rámu silou  $\vec{F}$  a momentem  $\vec{M}$

Výsledný kvadratický modul stojiny se skládá z kvadratického modulu jákelu a přepočteného kvadratického modulu ochranného vedení. Kvadratický modul jákelu není zapotřebí počítat, protože ho udává výrobce na svých stránkách.



Obr. 26 Průřez stojiny

$J_{ydT}$  kvadratický modul ochr. vedení [ $m^4$ ]  
 $J_y$  celkový kvadratický modul [ $m^4$ ],  
 $J_{yjT}$  kvadratický modul jákelu[21] [ $m^4$ ].

$$\begin{aligned}
 J_{ydr} &= \frac{t_v \cdot h^3}{12} [m^4], & (26) \\
 J_{ydr} &= \frac{0,01 \cdot 0,218^3}{12} = 8,63 \cdot 10^{-6} m^4, \\
 J_{ydr} &= 8,63 \cdot 10^{-6} m^4,
 \end{aligned}$$

kde	$J_{ydr}$	kvadratický modul ochr. vedení	$[m^4]$ ,
	$h$	šířka ochr. vedení	$[m]$ ,
	$t_v$	tloušťka ochr. vedení	$[m]$ .

Kvadratický modul ochranného vedení je zapotřebí přepočítat k ose stojiny pomocí Steinerovi věty.

$$\begin{aligned}
 S_v &= h \cdot t_v [m^2], & (27) \\
 S_v &= 0,218 \cdot 0,01 m^2, \\
 S_v &= 0,00218 m^2,
 \end{aligned}$$

kde	$S_v$	plocha ochr. vedení	$[m^2]$ .
-----	-------	---------------------	-----------

$$\begin{aligned}
 J_{yd} &= J_{ydr} + d^2 \cdot S_v [m^4], & (28) \\
 J_{yd} &= 8,63 \cdot 10^{-6} + 0,085^2 \cdot 0,00218 = 2,43810^{-5} m^4, \\
 J_{yd} &= 2,43810^{-5} m^4,
 \end{aligned}$$

kde	$J_{ydr}$	kvadratický modul ochr. vedení	$[m^4]$ ,
	$d$	vzdálenost posunutí těžiště	$[m]$ .

$$\begin{aligned}
 J_y &= J_{yjr} + J_{yd} [m^4], & (29) \\
 J_y &= 1741,23 \cdot 10^{-8} + 2,438 \cdot 10^{-5} = 4,179 \cdot 10^{-5} m^4, \\
 J_y &= 4,179 \cdot 10^{-5} m^4,
 \end{aligned}$$

kde	$J_y$	celkový kvadratický modul	$[m^4]$ ,
	$J_{yjr}$	kvadratický modul jákelu [21]	$[m^4]$ ,

$$\begin{aligned}
 M_o &= F \cdot y [Nm], & (30) \\
 M_o &= 110 \cdot 10^3 \cdot 210 \cdot 10^3 = 23100 Nm, \\
 M_o &= 23100 Nm,
 \end{aligned}$$

kde:	$M_o$	ohybový moment	$[Nm]$ ,
	$F$	štípací síla	$[N]$ ,
	$y$	rameno síly	$[m]$ .

Síla, vyvolaná vlivem štípaní, způsobí na stojině ohybový moment o velikosti 23100 Nm.

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{M_o \cdot x}{E \cdot J_y} = [m], & (31) \\
 z &= \frac{23100 \cdot 1,42}{207 \cdot 10^9 \cdot 4,179 \cdot 10^{-5}} = 3,79 \cdot 10^{-3} m, \\
 z &= 3,79 mm,
 \end{aligned}$$

kde	$z$	maximální průhyb	[m],
	$x$	délka stojiny	[m],
	$E$	Youngův modul pružnosti pro ocel S355J2H=207 · 10 <sup>3</sup>	[MPa].

Ohybový moment způsobí průhyb stojiny v nejvzdálenějším bodě od podstavce 3,79 mm.

Kontrola rámu na ohyb:

$$\begin{aligned}\sigma_o &= \frac{M_o}{W_o} \text{ [MPa]}, & (32) \\ \sigma_o &= \frac{23100}{217,65 \cdot 10^{-6}} = 106,134 \text{ MPa}, \\ \sigma_o &= 106,134 \text{ MPa},\end{aligned}$$

kde	$\sigma_o$	normálové napětí v ohybu	[MPa],
	$W_o$	modul průřezu v ohybu [21]	[m <sup>3</sup> ].

Kontrola rámu na tah:

$$\begin{aligned}\sigma_N &= \frac{F}{S_s} \text{ [MPa]}, & (33) \\ \sigma_N &= \frac{110 \cdot 10^3}{46,44 \cdot 10^{-4}} = 23,686 \text{ MPa}, \\ \sigma_N &= 23,686 \text{ MPa},\end{aligned}$$

kde	$\sigma_N$	normálové napětí v tahu	[MPa],
	$S_s$	plocha průřezu stojiny [21]	[m <sup>2</sup> ].

Výsledné napětí se skládá z kombinace napětí v ohybu a tahu. Tyto dvě hodnoty lze sečíst. Není zapotřebí používat pro výpočet výsledného napětí metodu pro výpočet redukovaného napětí, protože obě působící napětí mají stejný charakter.

Kontrola napětí:

$$\begin{aligned}\sigma &= \sigma_o + \sigma_N < R_e \text{ [MPa]}, & (34) \\ \sigma &= 106,134 + 23,686 < 355 \text{ MPa}, \\ \sigma &= 129,82 < 355 \text{ MPa},\end{aligned}$$

kde	$\sigma$	celkové nomilnální napětí	[MPa],
	$R_e$	mez kluzu pro ocel S355J2H (1.0576)=355	[MPa].

Z rovnice (34) je patrné, že výsledné napětí vyvolané při procesu štípání je menší než mez kluzu oceli, ze které je rám vyroben. Z toho důvodu lze považovat rám za bezpečný.

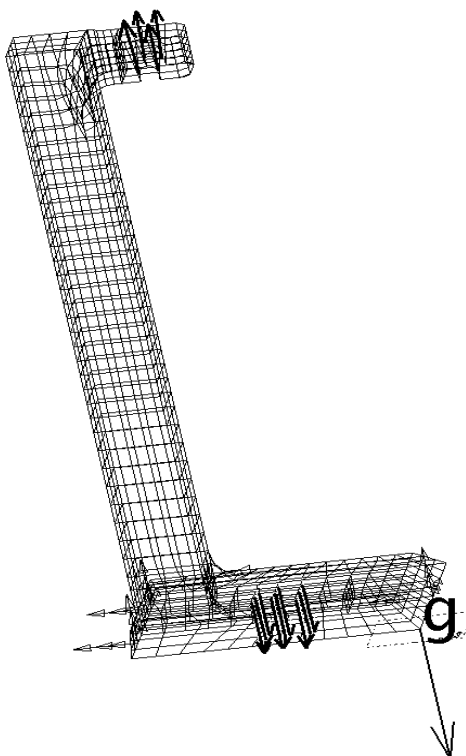
### 3.3.2 KONTROLA RÁMU POMOCÍ METODY KONEČNÝCH PRVKŮ

Pro ověření dostatečné tuhosti rámu byla zvolena cesta ověření správnosti analytického výpočtu pomocí metody MKP v programu NX I-deas 6.1. Metoda konečných prvků slouží k nahrazení reálného objektu pomocí matematického modelu pomocí sítě prvků, tj. konečnoprvkové sítě. Tento matematický model je zatížen a je sledován důsledek silového zatížení.

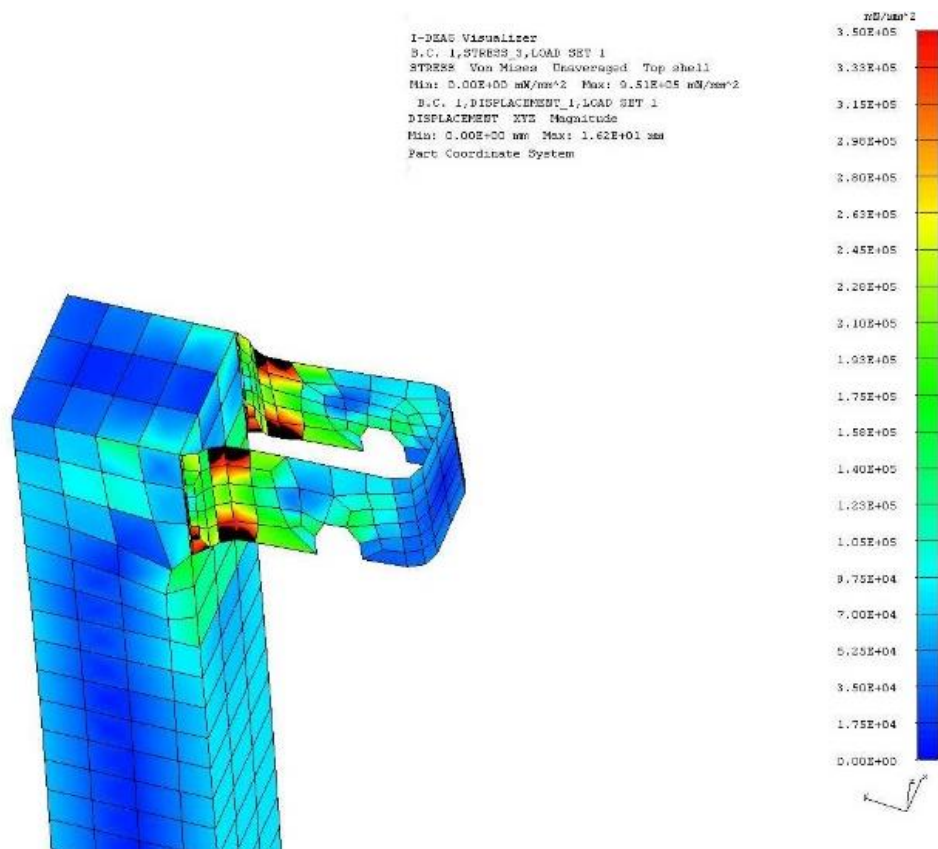
Nejprve je zapotřebí vytvořit 3D model tělesa. Jeho geometrie je postupně tvořena z entit jako jsou např.: body, křivky, ... Poté se jednotlivým prvkům zadají jejich vlastnosti. Jedná se zejména o tloušťku, modul pružnosti v tahu, Poissonovu konstantu a součinitel tepelné roztažnosti. Následuje generování sítě. Plochy byly rozděleny téměř na pravidelnou síť čtyřúhelníkových prvků.

Jako poslední krok před spuštěním simulace zbývá vytvoření zatížení a uložení konstrukce. Celkovou zatěžující sílu je vhodné rozpočítat do několika uzlů. Při použití jedné síly by totiž vzniklo velké lokální napětí. Uložení slouží k odebrání stupňů volnosti a zároveň může představovat reálné použití součásti. Vazby jsou realizovány jako dvě rotační, které jsou umístěny blíže ke stojině a jedna posuvná vazba.

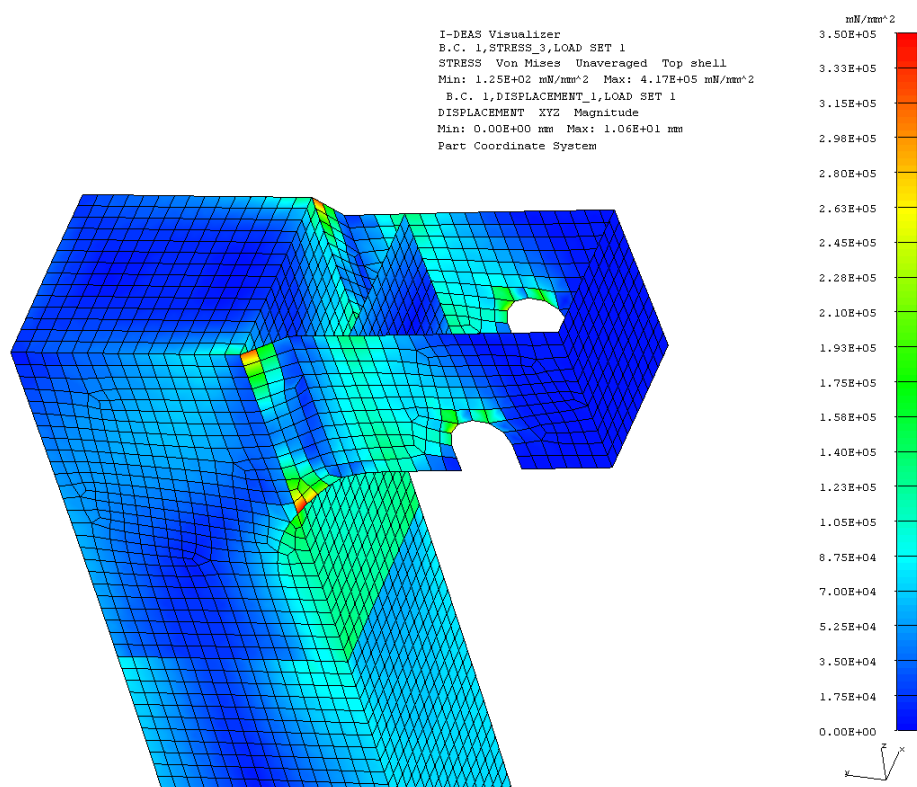
Na Obr. 28 je znázorněno napětí na rameni, které přesáhlo mez kluzu materiálu. Původní návrh ramene byl totiž vyroben z plechu o tloušťce 12 mm. Na následujícím obrázku lze vidět napětí, které je již v pořádku. Současný model štípačky je vyroben z plechu o tloušťce 16 mm a je navíc vybaven příčným ztužením. Na snímcích z MKP jsou v popisu vidět potřebné údaje z programu NX I-deas 6.1. V popisku od programu se vyskytuje vyšší hodnota napětí, než je mez kluzu. Toto napětí je však pouze lokální s nejpravděpodobnějším místem vzniku na hranách modelu. Okolí rohů a hran nevykazuje vysoké napětí, a z toho lze usoudit, že napětí je v pořádku.



Obr. 27 Zatížení a vytvoření vazeb

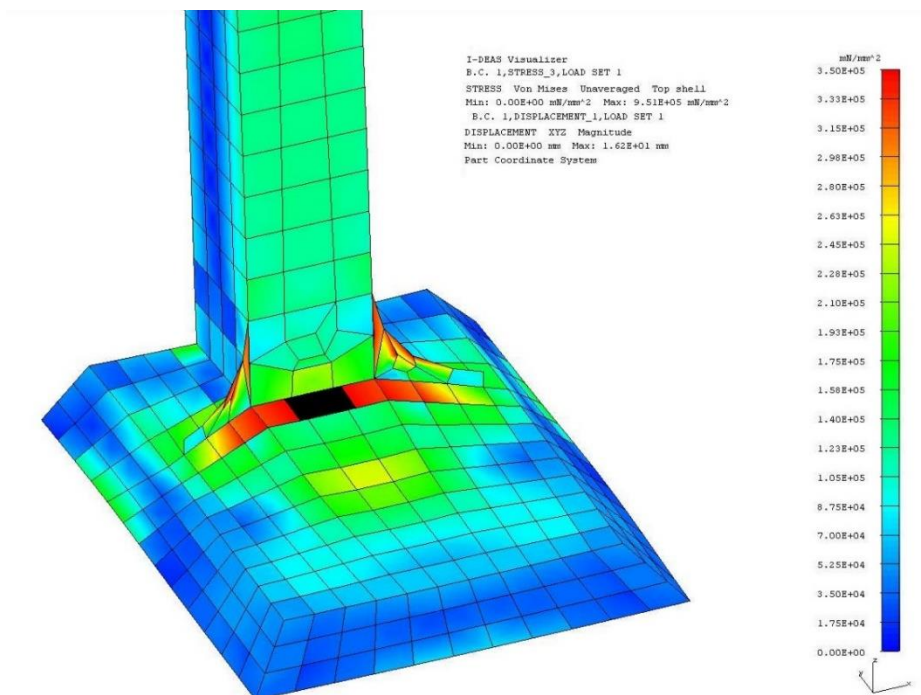


Obr. 28 Nevyhovující napětí na rameni



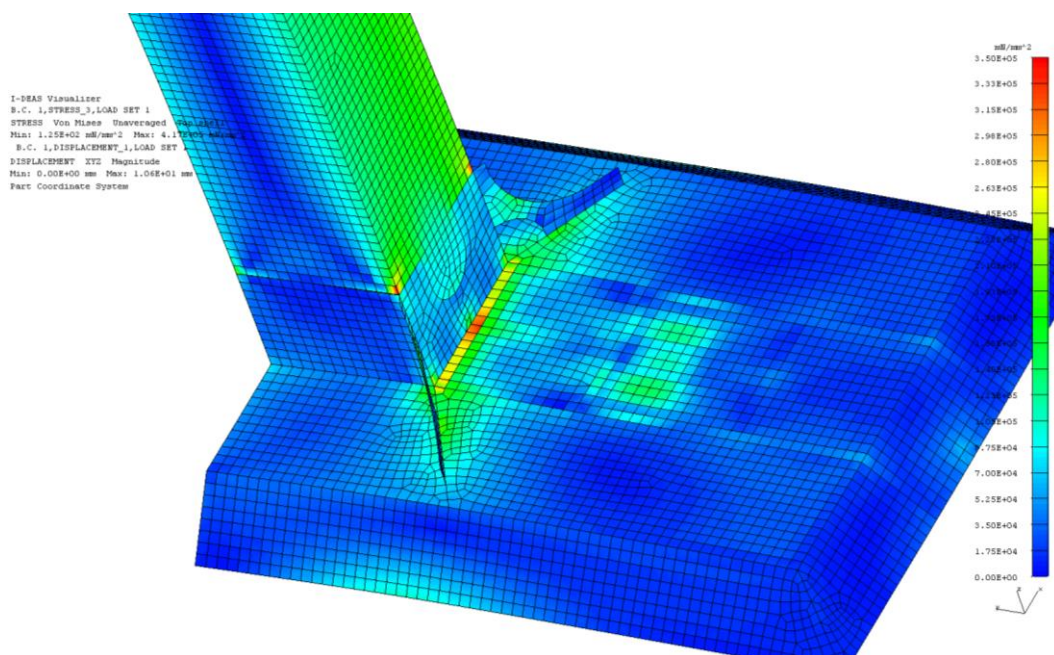
Obr. 29 Napětí na rameni

Původní návrh plechu na podstavci byl vyroben z lístkového plechu válcovaného za tepla o tloušťce 5 mm. Ztužení mělo nevhodný tvar a nedokázalo účelně rozložit napětí do podstavce. Tyto dva hlavní faktory vedly k nevyhovujícímu napětí na podstavci.



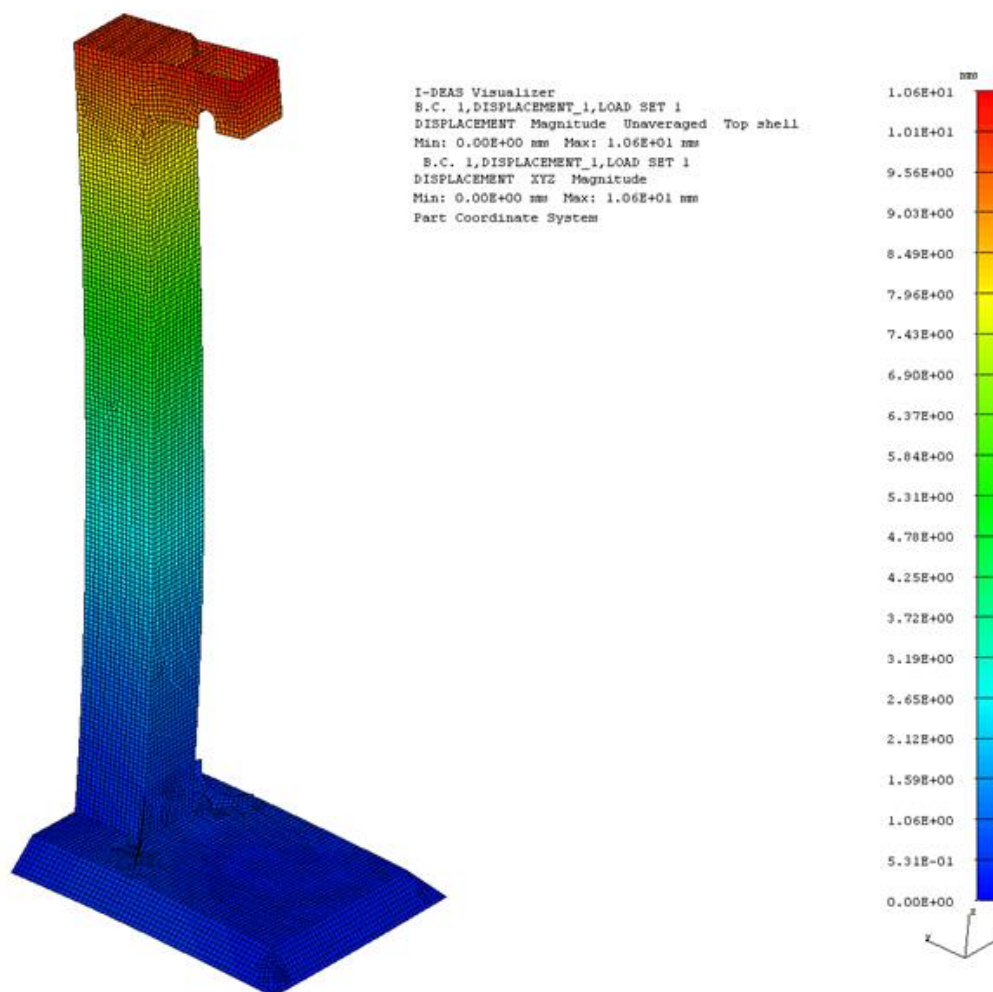
Obr. 30 Nevyhovující napětí na podstavci

Tato chyba se napravila upravením ztužení a zesilení plechu na 10 mm. Ztužení má zcela jiný tvar a ve spojnici mezi podstavcem a stojinou je rádius, díky kterému se napětí plynule rozkládá dál do podstavce.



Obr. 31 Napětí na podstavci

Na Obr. 32 lze vidět celkovou deformační charakteristiku. K největšímu posunutí dojde v místě uchycení přímočarého hydromotoru.



Obr. 32 Deformační charakteristika

## ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na problematiku týkající se štípačů dřeva. Práce se skládá z teoretické a praktické sekce.

V první části teoretické sekce bylo pojednáváno o základních vlastnostech dřeva. Jako první vlastnost dřeva jsem v práci byla zmíněno jeho vlhkost, což úzce souvisí se spalováním dřeva. Dále byla popsána výhřevnost dřeva. Stručný přehled získané energie v podobě tepla spalováním běžně dostupných dřevin lze vyčíst v Tabulce 1. Další vlastnosti dřeva uvedené v práci jsou jeho tvrdost a štípatelnost. Bylo zjištěno, že zaschlé dřevo klade větší odpor proti štípání než čerstvě pokácené dřevo. Tento poznatek souvisí s množstvím vázané vody ve dřevě.

Druhá část teoretické sekce byla zaměřena na rozdělení štípačů dle nejrůznějších kritérií. Štípací zařízení je možné rozdělovat dle orientace stroje při práci, varianty použitého pohonu, maximální štípací síly, velikosti štípaného polena či dle mobility stroje. U každé ze skupin byly zmíněny výhody a nevýhody daného konstrukčního řešení. Na základě zhodnocení aktuálních konstrukcí na trhu byla navržena vlastní konstrukce mobilního štípače.

Praktická sekce se v prvním kroku zabývala návrhem rámu. Rám štípačky je vyroben z normalizovaných profilů. Hlavní nosná část stojiny je zhotovena z dutého svařovaného profilu se čtvercovým průřezem EN 10219// 160x8. Rám je zkonstruován tak, aby byl dostatečně tuhý a odolal tak působení maximální štípací síly. Nejprve byla provedena analytická kontrola stojiny rámu. Poté byl zkontrolován celý rám za pomoci metody konečných prvků v programu NX I-deas 6.1. Simulací zatížení bylo zjištěno napětí, které lokálně přesahovalo mez kluzu. Z toho důvodu byl rám upraven tak, aby k takovému stavu nedocházelo.

Dále byly navrženy všechny komponenty hydraulického obvodu. Stěžejní komponentou byla správná volba přímočarého hydromotoru. Přímočarý hydromotor musí splňovat požadavky ze zadání jakými jsou výsuv a maximální štípací síla. Na základě toho byl zvolen přímočarý hydrogenerátor od společnosti Hydraulics ZH2 o vnitřním průměru  $D=90$  mm a výsuvu 600 mm. Poté byl určen čas, za který přímočarý hydromotor vykoná pracovní zdvih. Tato doba byla určena na 11 s, pomocí které byl zjištěn potřebný průtok hydrogenerátorem. Tlak v systému bude zajišťovat zubový hydrogenerátor Jihostroj T3 8 o geometrickém objemu  $V_0=8,05 \text{ m}^3 \cdot \text{ot}^{-1}$ . Jako ovládací prvek přímočarého hydromotoru byl vybrán jednosekční monoblokový rozváděč HDM 140 od firmy Bucher. Součástí rozváděče je i přetlakový ventil, který chrání celou štípačku proti přetížení a následnému poškození rámu či hydraulického vedení. Nečistoty v hydraulickém mechanismu by negativně ovlivňovaly životnost celého stroje, a z toho důvodu je zapotřebí hydraulickou kapalinu filtrovat. Na základě doporučení od firmy Hydraulics byl vybrán sací filtr s maximální propustností 25  $\mu\text{m}$ . Jako pracovní kapalina byl použit hydraulický olej s typovým označením OH-HM 46. Souběžně s volbou hydromotoru probíhala volba elektromotoru. Tento fakt je dán zejména tím, že bylo zapotřebí znát otáčky elektromotoru, aby bylo možné určit průtok hydrogenerátoru. Elektromotor byl zvolen od společnosti Siemens. Jedná se o dvoupólový trojfázový asynchronní elektromotor o jmenovitém výkonu 7,5 kW a otáčkách 2950  $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ .

V poslední řadě byl vytvořen 3D model štípače v programu Autodesk Inventor 2019. Následně byla vytvořena výrobní dokumentace v programu AutoCAD 2018 od téže společnosti, která je součástí příloh bakalářské práce.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996, s. 96-97. ISBN 978-80-7375-312-2.
- [2] *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009, s. 160-161. ISBN 978-80-7375-312-2.
- [3] Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. 2., přeprac. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, s. 95. ISBN 978-80-7375-169-2.
- [4] SpaltFix S-375 s podélným pojezdem. In: *Posch* [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.posch.com/cs/p/spaltfix-s-375-s-podlnm-pojezdem/>
- [5] Štípač dříví Scheppach HL 850. In: *Online shop* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: [https://www.onlineshop.cz/dum-zahrada/zahrada/pily-a-stipace-dreva/stipace-drivi/stipac-drivi-scheppach-hl-850-287691P.html?gclid=CjwKCAjw7MzkBRAGEiwAkOXexMEjOiKPFF2dWCaQ-ULsou17pG94gs-HPbPd\\_Ci4i1o3kPmeQW6b9BoCd6kQAvD\\_BwE](https://www.onlineshop.cz/dum-zahrada/zahrada/pily-a-stipace-dreva/stipace-drivi/stipac-drivi-scheppach-hl-850-287691P.html?gclid=CjwKCAjw7MzkBRAGEiwAkOXexMEjOiKPFF2dWCaQ-ULsou17pG94gs-HPbPd_Ci4i1o3kPmeQW6b9BoCd6kQAvD_BwE)
- [6] Profi štípačka na dřevo Lumag HEZ 18. In: *Lumag* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.lumag.cz/stipacka-na-drevo-profi-hez18>
- [7] Sekery sada 3 ks new design plus štípací klín 1800g. In: *Zahradní technika* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.fuxtec.cz/product/sekery-sada-3-ks-new-design-plus-stipaci-klin-1-800/>
- [8] Nožní štípačka dřeva. In: *Uni-max* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.uni-max.cz/produkty/stavba-dum-a-zahrada/zahrada/zpracovani-palivoveho-dreva/stipacky-na-drevo/nozni-stipacka-dreva?email=1&secret=18C18DC5-54AC-46B9-A269-29BF45F4966B>
- [9] Kinetický štípač. *Epicgardening* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.epicgardening.com/best-log-splitters/>
- [10] JANSEN FS-20speed. In: *Algrad* [online]. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.algrad.cz/jansenFS-20speed-1>
- [11] Štípačka dřeva Levita 5t. In: *Mountfield* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.mountfield.cz/stipacka-dreva-levita-5t-1zst9029>
- [12] LS 550 MTD štípačka dřeva. In: *Okolo zahrady* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.okolozahrady.cz/stipacky-dreva/96-ls-550-mtd-stipacka-dreva-4008423806540.html>
- [13] Štípačka na dřevo SCHEPPACH HL 650. In: *Domáci technika* [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.domacitechnika.cz/produkt/scheppach-hl-650>
- [14] *Dřevo na vytápění* [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/vytapeni/biomasa/drevo-na-vytapeni-7-otazek-a-odpovedi.aspx>

- [15] Makroskopická stavba dřeva. In: Evawolna [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://evawolna.sweb.cz/prvak-mat3.php>
- [16] Tvrdost dřeva. In: *Optimtop* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.optimtop.cz/tvrdost-dreva-prehled/>
- [17] JOLLY HYDRA 10T. In: *Bystron* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.bystron.cz/produkty/kategorie/16/stipace-dreva/121/hydr-okruh-traktoru/vyrobek/47/jolly-hydra-10t/>
- [18] Štípačka dřeva WS. In: *Sunward* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.sunward.cz/pridavna-zarizeni/stipacka-dreva/>
- [19] Hecht-motorový štípač. In: *Mamtechnika* [online]. [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.mamtechnika.cz/hecht-6422-motorova-stipacka>
- [20] DOC. ING ŠKOPÁN, Miroslav CSc. *HYDRAULICKÉ POHONY STROJŮ*. Brno, 2009. Studijní text – sylabus. Vysoké učení technické v Brně.
- [21] *Ferona* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/32899/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-160x6>
- [22] *Katalog Hydraulics* [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.hydraulics.cz/wcd/pdf/zh2.pdf>
- [23] *Zubová čerpadla T3* [online]. [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: [http://www.jihostroj.com/files/jihostroj/uploads/files/katalogy\\_2015\\_2/cz/T3-Katalog%20zubovzch%20uerpadel\\_v3.8\\_NZ.pdf](http://www.jihostroj.com/files/jihostroj/uploads/files/katalogy_2015_2/cz/T3-Katalog%20zubovzch%20uerpadel_v3.8_NZ.pdf)
- [24] MONOBLOKOVÉ ROZVADĚČE BUCHER. In: *Hydrocom* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: [https://www.hydrocom.cz/images/ke\\_stazeni/Katalogy\\_BUCHER/Monoblokove\\_rozvadece\\_HDM140.pdf](https://www.hydrocom.cz/images/ke_stazeni/Katalogy_BUCHER/Monoblokove_rozvadece_HDM140.pdf)
- [25] Přímočarý dvojčinný hydromotor ZH2. *Hydraulics* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.hydraulics.cz/24973-zh2-linearni-primocary-hydromotor-dvojcinny>
- [26] *Sací filtr ES 075* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: [https://www.argo-hytos.com/fileadmin/user\\_upload/Datasheet\\_ES075\\_10.35\\_EN\\_US.pdf](https://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/Datasheet_ES075_10.35_EN_US.pdf)
- [27] *Motory SIMOTICS nízkonapětové trojfázové asynchronní motory nakrátko podle IEC* [online]. [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: [http://www.elektromotory.net/upload/file/katalog\\_1le1.pdf?s=21020730](http://www.elektromotory.net/upload/file/katalog_1le1.pdf?s=21020730)

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$b$	[m]	šířka zkušebního tělesa
$d$	[m]	vzdálenost posunutí těžiště
$D$	[m]	skutečný průměr hydromotoru
$D_{min}$	[m]	minimální průměr hydromotoru
$d_T$	[m]	průměr pístní tyče
$E$	[MPa]	Youngův modul pružnosti
$F$	[N]	štípací síla
$F_{max}$	[N]	síla při rozdělení tělesa
$H$	[kJ·kg <sup>-3</sup> ]	výchřevnost dřeva
$h$	[m]	šířka ochr. vedení
$J_y$	[m <sup>4</sup> ]	celkový kvadratický modul
$J_{ydT}$	[m <sup>4</sup> ]	kvadratický modul ochr. vedení
$J_{yjT}$	[m <sup>4</sup> ]	kvadratický modul jákela
$l$	[m]	délka štípání
$m_o$	[kg]	hmotnost absolutně suchého dřeva
$M_{max}$	[Nm]	maximální potřebný moment elektromotoru
$M_N$	[Nm]	jmenovitý moment elektromotoru
$M_o$	[Nm]	ohybový moment
$m_v$	[kg]	hmotnost vody
$m_w$	[kg]	hmotnost vlhkého dřeva
$m_z$	[-]	moment zvratu
$m_{z,max}$	[-]	maximální moment zvratu elektromotoru
$n$	[ot · s <sup>-1</sup> ]	jmenovité otáčky elektromotoru
$p$	[MPa]	tlak nastavený na přetlakovém ventilu
$P_j$	[W]	jmenovitý výkon elektromotoru
$p_{max}$	[Pa]	maximální tlak
$P_{pot}$	[W]	potřebný výkon elektromotoru
$př_{dov}$	[%]	dovolené přetížení
$př_{max}$	[%]	maximální přetížení
$\Delta P$	[W]	přetížení elektromotoru
$Q_s$	[m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]	skutečný průtok hydrogenerátorem
$Q_T$	[m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ]	teoretický průtok

$R_e$	[MPa]	mez kluzu
$R_w$	[Pa]	odolnost proti štípání
$S$	[m <sup>2</sup> ]	plocha štípání
$S_d$	[m <sup>2</sup> ]	obsah dutiny stojiny
$S_h$	[m <sup>2</sup> ]	skutečná plocha hydromotoru
$S_m$	[m <sup>2</sup> ]	plocha mezikruží
$S_{min}$	[m <sup>2</sup> ]	minimální plocha hydromotoru
$S_s$	[m <sup>2</sup> ]	plocha průřezu stojiny
$S_T$	[m <sup>2</sup> ]	obsah pístní tyče
$S_v$	[m <sup>2</sup> ]	plocha ochr. vedení
$t$	[s]	zvolený čas výsuvu
$t_{s1}$	[s]	skutečný čas vysunutí přímočarého hydromotoru
$t_{s2}$	[s]	skutečný čas zpětného chodu přímočarého hydromotoru
$t_v$	[m]	tloušťka ochr. vedení
$V_N$	[m <sup>3</sup> ]	objem nádrže
$V_o$	[m <sup>3</sup> · ot <sup>-1</sup> ]	geometrický objem hydrogenerátoru
$V_{oT}$	[m <sup>3</sup> · ot <sup>-1</sup> ]	teoretický geometrický objem hydrogenerátoru
$v_p$	[m]	výsuv pístnice
$V_v$	[m <sup>3</sup> ]	objem hydromotoru při pracovním zdvihu
$V_z$	[m <sup>3</sup> ]	objem hydromotoru při zpětném chodu
$w$	[%]	vlhkost dřeva
$w_{abs}$	[%]	absolutní vlhkost dřeva
$W_o$	[m <sup>3</sup> ]	modul průřezu v ohybu
$w_{rel}$	[%]	relativní vlhkost dřeva
$x$	[m]	délka stojiny
$y$	[m]	rameno síly
$z$	[m]	maximální průhyb
$\eta_{el}$	[-]	účinnost elektromotoru
$\eta_m$	[-]	mechanická účinnost hydrogenerátoru
$\eta_v$	[-]	objemová účinnost hydrogenerátoru
$\sigma$	[MPa]	celkové nominální napětí
$\sigma_N$	[MPa]	normálové napětí v tahu
$\sigma_o$	[MPa]	normálové napětí v ohybu

## SEZNAM PŘÍLOH

P1 Výkres sestavení štípacího stroje:

- 1 list A1: 191518-00

P2 Výkres podsestavy podstavce:

- 1 list A3: 191518-00/2

P3 Výkres svařence rámu s kusovníkem:

- 1 list A2: 191518-00/3
- 1 list A4: 191518-00/3.1

P4 Hydraulické schéma:

- 1 list A4: 191518-00/4