

# Konstrukce závěsného štípače

Tomáš Neoral

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Tomáš Neoral
Osobní číslo:	T20205
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Konstrukce závěsného štípače

## Zásady pro vypracování

- 1) Vypracujte literární studii k příslušnému tématu.
- 2) Provedte průzkum trhu s ohledem na požadavky zařízení.
- 3) Navrhněte novou koncepci zařízení.
- 4) Vyhotovejte výkresovou dokumentaci k možné výrobě zařízení.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: VUTIUM, 2010, xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

VOLEK, František. Základy konstruování a části strojů I. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 167 s. ISBN 978-80-7318-654-8.

MELICHAR, Jan, Karel BRADA a Jaroslav BLÁHA. Hydraulické stroje: konstrukce a provoz. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 378 s. ISBN 8001026574.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. února 2023

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

V této bakalářské práci se provádí kompletní návrh závěsného štípače za traktor domácí výroby. Teoretická část popisuje jednotlivé typy existujících štípačů, prvky, které lze nalézt v hydraulických obvodech, druhy zavěšení štípače na traktor a ke konci průzkum trhu. V praktické části je volba typu štípače dle požadovaných vlastností, návrh konstrukce ve 3D softwaru a jeho následná pevnostní kontrola. Výsledkem práce byl navržený štípač vyroben, spolu se zhotovením cenového odhadu.

Klíčová slova: štípač, traktor, hydraulika, dřevo, kovovýroba

## **ABSTRACT**

This thesis describes complete design process of home-made hanging splitter for tractors. The theoretical part goes through different types of splitters, specific parts of hydraulic circuits, different ways of connecting the splitter to tractors and also the market research. The practical part contains deciding process of different types of splitters based on given requirements, process of creating 3D model of the structure and its structural integrity test. Subsequently, the designed splitter with the price estimate was made.

Keywords: splitter, tractor, hydraulics, wood, metalwork

Poděkování patří především mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Adamovi Škrobákovi, Ph.D. za jeho užitečné rady, věnování času a zkušenosti s vedením práce, které mi pomohli vytvořit tuhle bakalářskou práci. Další poděkování patří mé rodině za oporu a výpomoc při realizaci mého vzdělání.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ROZDĚLENÍ ŠTÍPAČŮ</b> .....	<b>11</b>
1.1 DLE DRUHU POHYBU .....	11
1.1.1 Lineární .....	11
1.1.2 Rotační .....	12
1.2 DLE SMĚRU UPNUTÍ POLENA .....	14
1.2.1 Vertikální.....	14
1.2.2 Horizontální.....	15
<b>2 HYDRAULIKA</b> .....	<b>16</b>
2.1 ČERPADLA.....	17
2.1.1 Rozdělení čerpadel dle způsobu přeměny energie .....	17
2.1.2 Radiální lopatková čerpadla .....	17
2.1.3 Axiální vrtulové čerpadlo.....	18
2.1.4 Pístová čerpadla .....	19
2.1.5 Rotační čerpadla.....	20
2.2 HYDROMOTORY .....	22
2.2.1 Přímočaré hydromotory .....	22
2.2.2 Rotační hydromotory .....	22
2.3 ŘÍDÍCÍ PRVKY .....	23
2.3.1 Tlakový ventil .....	24
2.3.2 Škrtkový ventil .....	24
2.4 PRVKY PRO HRAZENÍ PRŮTOKU .....	27
2.4.1 Rozvaděče .....	27
2.4.2 Zpětný ventil .....	28
2.4.3 Hydraulický zámek .....	29
<b>3 ZPŮSOB ZAVĚŠENÍ</b> .....	<b>30</b>
3.1 TŘÍBODOVÝ ZÁVĚS.....	30
3.2 ÚCHYT PRO ČELNÍ NAKLADAČ.....	31
<b>4 PŘÍKLADY KOMERČNÍCH ŠTÍPAČŮ</b> .....	<b>32</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>35</b>
<b>5 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>36</b>
5.1 POŽADAVKY NA ŠTÍPAČ.....	36
5.2 TRAKTOR .....	36
5.3 UPÍNACÍ ROZMĚRY TŘÍBODOVÉHO ZÁVĚSU A ČELNÍHO NAKLADAČE .....	37
<b>6 NÁVRH KONSTRUKCE ŠTÍPAČE</b> .....	<b>39</b>
6.1 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY A VOLBA HYDROMOTORU .....	39

6.2	KONCEPT ŠTÍPAČE .....	43
6.3	PEVNOSTNÍ ANALÝZA MODELU A SVARŮ .....	44
6.4	PEVNOSTNÍ VÝPOČET DALŠÍCH ČÁSTÍ ŠTÍPAČE .....	48
<b>7</b>	<b>VÝROBA A POUŽITÍ.....</b>	<b>51</b>
7.1	VYUŽITÍ ŠTÍPAČKY .....	54
7.2	BEZPEČNOST .....	58
<b>8</b>	<b>ÚDRŽBA, PARAMETRY A KALKULACE CENY .....</b>	<b>59</b>
8.1	ÚCHOPOVÉ BODY A PARAMETRY .....	59
8.2	CENOVÝ ODHAD .....	62
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>74</b>



## ÚVOD

Člověk dřevo zpracovává už od pravěku, v přírodě se vyskytuje v hojném množství a jen tak nevymizí. Tento materiál se využívá ve stavebnictví, nábytkářství, vyrábí se z něj hudební nástroje, lodě, papír, dekorace a používá se i jako palivo. Již od dob, kdy byl ovládnut oheň, je dřevo významným palivem na topení a neustále se vyvíjí nové způsoby, jak jej k tomuto účelu zpracovávat.

Na počátku se dříví jen lámalo. S vývojem náradí a technologií se pak začalo dříví řezat a štípat nejprve ručními pilkami a sekerami. Postupem času bylo třeba zpracovávat více dřeva a zvětšoval se i zpracovávaný průměr, takže rostla i námaha při práci. Člověk si tak musel vymyslet něco důmyslnějšího, než byla sekera. Začaly se tedy objevovat první ruční štípačky. Vývoj pokračoval kupředu, a ke štípání se začal prosazovat strojní pohon, který ulehčoval lidstvu práci. Konstrukce štípačů se neustále zdokonalovala, rostly štípací výkony a v dnešní době existuje na trhu mnoho typů s různými výkony.

Tato práce je věnována vývoji a výrobě domácí štípačky z důvodu specifických vyžadovaných vlastností zejména kompatibilitnost pro domácí vyrobený traktor a vlečku. Velké množství komerčních štípačů má vlastní pohon, který by nebyl využit, protože je dřevo výhradně zpracováno už na místě v lese.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ROZDĚLENÍ ŠTÍPAČŮ

Štípačů existuje mnoho druhů. Před pořízením stroje je nutné uvážit, co se od něj bude požadovat, aby měl dostatečný výkon, tuhost a pracovní rozměry. K tomuto je třeba znát: kolik dříví ročně bude zpracovávat, v jakých podmínkách bude pracovat například v lese nebo na zahradě, rozměry vstupovaného dříví a typ dřeviny. [1]

### 1.1 Dle druhu pohybu

Druh pohybu může být lineární či rotační.

#### 1.1.1 Lineární

Mezi nejznámější typy lineárního druhu pohybu patří hydraulický štípač. Může mít ruční nebo strojní podobu. U ručního štípání vykonává štípací sílu také lineární hydromotor, ale poháněný ruční pákou, kdežto u strojního se o námahu stará lineární hydromotor poháněný elektromotorem. Strojní pohyb je vykonáván hydraulickým pístem. Tyto typy se konstruují v horizontální i vertikální podobě pro krátké i dlouhé dříví. Lineární hydromotor pohybuje buď štípacím klínem, nebo opěrou. Existují i štípače využívající hřebenový převod. [1]

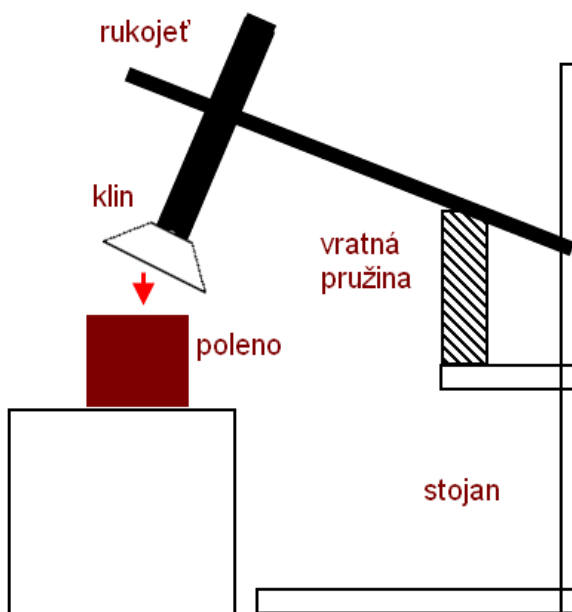


Obrázek 1 Štípač s využitím ozubeného hřebene [2]

Dalším typem lineárního druhu pohybu je klikový štípač, kde se k vyvození pohybu využívá klikového mechanismu. Pohon je řešen nejčastěji elektromotorem, který doplňuje převodovka a setrvačnick. Většinou se používá pro horizontální štípání a vzhledem ke krátkému zdvihu klikového mechanismu je vhodný pro kratší dříví. Štípací síla je zde proměnlivá a závisí na okamžitém úhlu kliky vůči ose štípání. Tento druh pohybu má tedy nižší účinnost. [1]

### 1.1.2 Rotační

Tento druh pohybu může mít opět ruční i strojní podobu. U ruční podoby se jedná o pohyb spíše kyvadlový. Štípací klín je zde upevněn na dlouhém rameni, otáčí se na otočném čepu a pro lepší obslužnost je zde i vratná pružina. S výhodou se zde využívá velké hmotnosti štípacího klínu. Vyrábí se ve vertikálním provedení. [3]



Obrázek 2 Ruční kyvadlový štípač [3]

U Strojního rotačního štípání je klín přivařen na kotouči či hřídeli a koná rotační pohyb. Je zde nutná zvýšená opatrnost při práci s tímto štípačem, protože klín se neustále otáčí mnohdy i vysokou rychlostí. Často dochází k nekontrolovatelnému odlétávání odštěpů. [2]

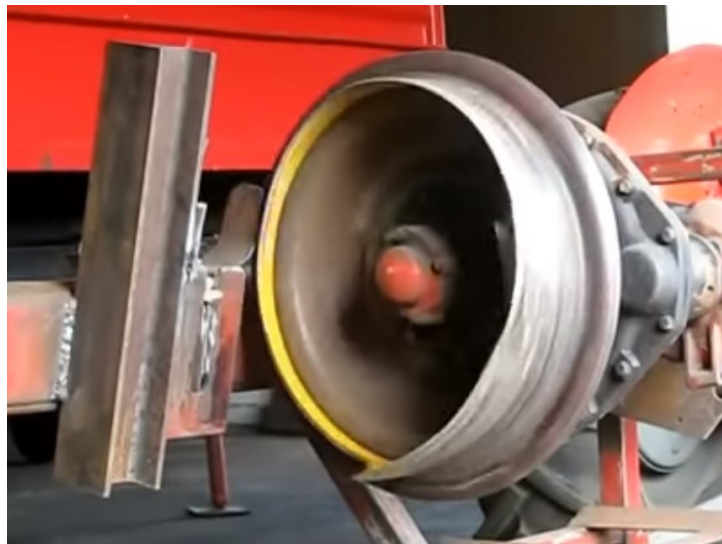


Obrázek 3 Štípací klín na hřídeli [4]



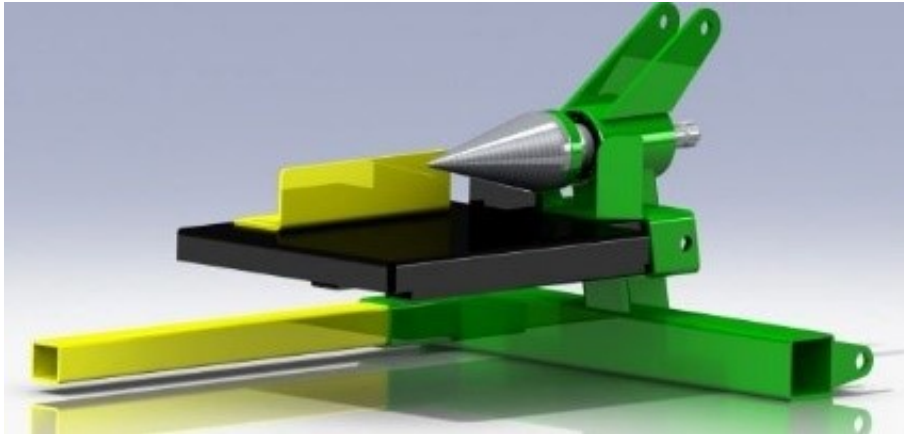
Obrázek 4 Štípací klín na kotouči [4]

Do této kategorie spadá i bubnový štípač. Funguje na postupném pronikáním nabroušeného plechu s měnící se výškou do špalku. Tomuto plechu se také říká nůž a je připevněn na bubnu, který se otáčí nejčastěji kolem horizontální osy. Otáčením se zmenšuje mezera mezi nožem a oporou. [5]



Obrázek 5 Bubnový štípač [6]

Kuželový štípač využívá závit navinutý na kužel. Závit se otáčením zašroubovává do špalku, dokud nedojde k roztržení vlivem narůstajícího průměru kužele. Ideální pracovní otáčky kužele jsou okolo 750 otáček za minutu. Pohon může být řešen kardanem nebo hydromotorem. [7]



Obrázek 6 Kuželový štípač [7]

## 1.2 Dle směru upnutí polena

Poleno se může nacházet ve dvou směrech. A to ve vertikálním nebo horizontálním.

### 1.2.1 Vertikální

Vertikální štípačky jsou mohutnější, výkonnější a jsou vhodné pro větší a těžší polena. Lze štípat polena delší než jeden metr a bez problémů zvládnou průměry přesahující 50 centimetrů. Tento typ štípe polena ve vertikální poloze a vyžaduje vyšší nároky na obsluhu z důvodu těžších špalků a může být obtížné udržet je ve vertikální poloze. Štípací síla se může pohybovat až do 22 tun. Tyto štípačky mají hmotnost převyšující 100 kilogramů, vysoko položené těžiště a s malou základnou mohou být vratké. [1] [8]



Obrázek 7 Vertikální hydraulická lineární štípačka [8]

### 1.2.2 Horizontální

Horizontální štípačky jsou vhodné ke štípání méně dříví například do krbů. Rozměry štípaných špalků mohou dosahovat půl metru na délku a 25 centimetrů v průměru. Poleno na štípačce leží v horizontální poloze. Jejich hmotnost je obvykle do 60 kilogramů, jsou levnější a jejich štípací síly dosahují 5 tun. Má nižší těžiště a širší základnu. Není tedy náchylná k převrácení. [1] [8]



Obrázek 8 Vertikální hydraulická lineární štípačka [1]

## 2 HYDRAULIKA

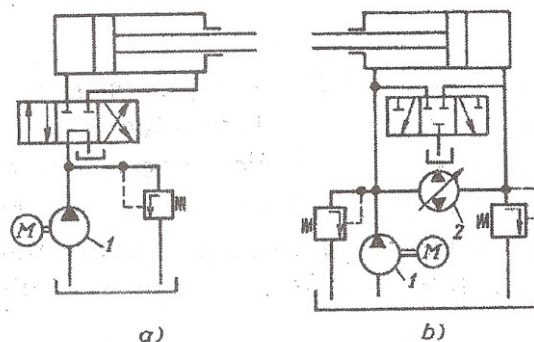
Mnoho typů štípačů využívá ke své činnosti hydraulických zařízení. Tímto způsobem lze přenášet energii na vzdálenost desítek metrů a motor nemusí být součástí konstrukce štípače. K přenosu energie se využívají kapaliny nejčastěji hydraulické oleje, které zároveň mažou jednotlivé komponenty. Kapaliny je čerpána čerpadlem, kde získává z mechanické energie tlakovou energii. Poté je vedena hadicemi a trubkami do hydromotoru, kde se energie kapaliny převádí zpět na mechanickou, která koná práci. Pro ochranu pohonu čerpadla se využívají pojistné ventily, které hlídají maximální tlak v hydraulickém systému. Pracovní tlaky se většinou pohybují do 25 MPa.

Mezi výhody se řadí snadný přenos velkých výkonů při použití malých a lehkých hydraulických zařízení s vysokou mírou účinnosti. Lze plynule regulovat rychlost, sílu i kroutící moment.

Velkou nevýhodou těchto systémů představuje možný únik hydraulického oleje a následná kontaminace půdy. Systém je náročný na čistotu a vyžaduje důslednou údržbu.

[9] [10] [11]

Hydraulický systém může být otevřený nebo uzavřený. Otevřené systémy jsou jednodušší a levnější za cenu nižší účinnosti. Olej odcházející z hydromotoru jde rovnou do nádrže. U uzavřených systémů se olej, který již vykonal práci, čerpá zpět do tlakové větve. Jsou potřeba dvě čerpadla, kde první čerpadlo doplňuje hydraulický olej do hlavního okruhu z nádrže a druhé, které čerpá olej do hydromotoru. Výhodou je vyšší účinnost a menší potřebná nádrž. U tohoto systému může docházet k přehřívání hydraulického oleje. [11]



Obrázek 9 Otevřený, uzavřený hydraulický obvod [10]

a) otevřený, b) uzavřený

1 – čerpadlo s konstantním průtokem, 2 – rezervační čerpadlo s proměnlivým průtokem



## 2.1 Čerpadla

Hydraulické čerpadlo má za úkol předat kapalině tlakovou a kinetickou energii z mechanické energie. Konstrukci čerpadel volíme nejčastěji podle druhu čerpané kapaliny, požadované přesnosti dávkování. Další aspekty pro volbu čerpadel je jejich pracovní průtok a tlak. Mohou být využita i pro transport kapaliny z místa na místo, aniž by tato kapalina protékala hydromotorem. [10] [12]

### 2.1.1 Rozdělení čerpadel dle způsobu přeměny energie

Hydrostatickým čerpadlům se také říká objemová čerpadla. Na jeden pracovní cyklus nebo jedné celé otáčky odpovídá určité objemové množství přepravované kapaliny. V těchto čerpadlech dochází k přímé přeměně mechanické energie na tlakovou energii v kapalině a kinetická složka energie se zde zanedbává.

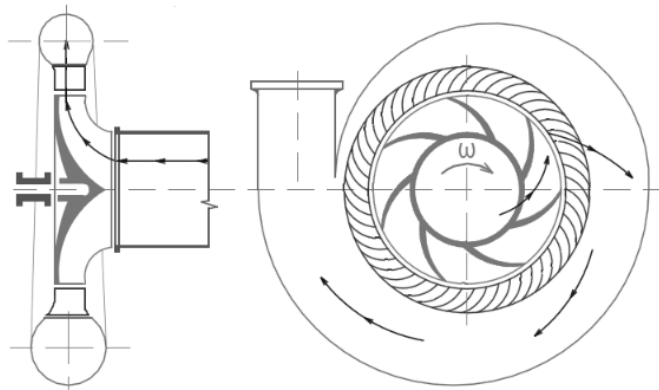
Hydrodynamická čerpadla neboli odstředivá či lopatková nejprve udílí kapalině kinetickou energii působením oběžného kola a ta se poté v difuzoru přeměňuje na tlakovou energii. Dosahují mnohem vyšších objemových průtoků za cenu nižšího tlaku. Dodávají kapalinu plně kontinuálně a při zachování stejných výkonů mají menší rozměry než čerpadla hydrostatická. [13] [12]

### 2.1.2 Radiální lopatková čerpadla

Všechny typy radiálních lopatkových čerpadel jsou závislé na odstředivé síle. Na těleso pohybující se po kružnici působí odstředivá síla, která má tendenci jej tlačit dále od osy nebo středového bodu kružnice popsané dráhou rotujícího tělesa.

Rotační člen uvnitř skříně (oběžné kolo) udílí rotační pohyb kapalině v čerpadle. Odstředivou silou je z oběžného kola vytlačována do difuzoru a z něj do spirální skříně. Poté je vytlačena ze skříně výtlačným otvorem. Ve středu oběžného kola vzniká vakuum, které umožňuje atmosférickému tlaku vtlačit více kapaliny do čerpadla.

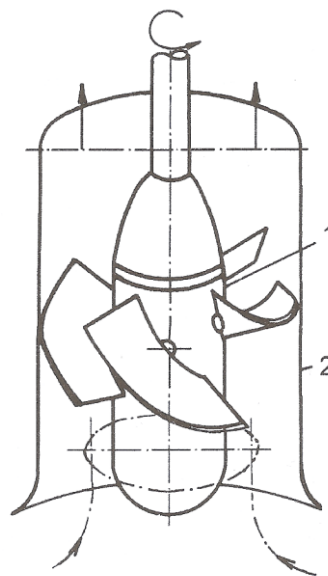
Pro zvýšení tlaku lze použít více stupňů. Každý stupeň je v podstatě samostatným čerpadlem, nicméně tyto stupně jsou umístěny za sebou v jednom celku. Oběžná kola jsou poháněna stejnou hřídelí. Můžeme takto vytvořit až 8 stupňů. [14]



Obrázek 10 Radiální lopatkové čerpadlo [14]

### 2.1.3 Axiální vrtulové čerpadlo

Oběžné kolo žene kapalinu v axiálním směru, stator není opatřen difuzorem a nedochází tedy k přeměně kinetické energie na tlakovou. Proto se spíše používají pro přepravování kapaliny z místa na místo vysokými objemovými průtoky, v aquaparcích nebo čističkách k čištění vody. Čerpadlo je možné regulovat otáčkami oběžného kola nebo proměnlivým nastavením sklonu břitů. [15]



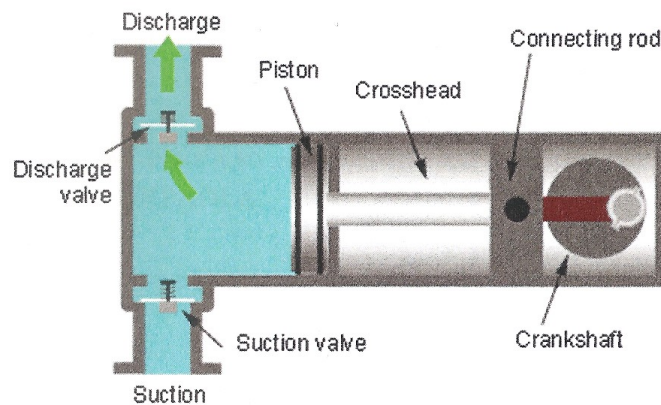
Obrázek 11 Axiální vrtulové čerpadlo [12]

1 – oběžné vrtulové kolo, 2 – stator

### 2.1.4 Pístová čerpadla

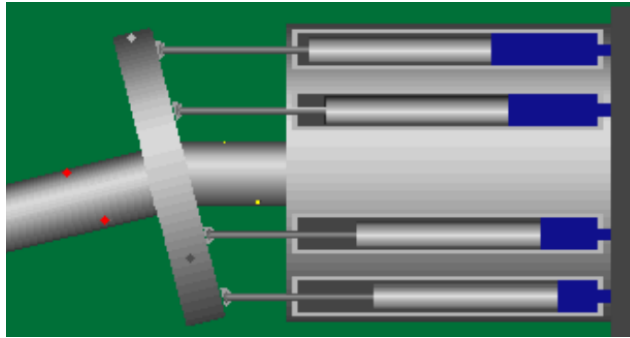
Pístové čerpadlo, se skládá z dutého válce a pohybujícího pístu. Rotační pohyb hřídele se převádí na lineární pohyb pomocí klasické metody klikové hřídele a ojnice. Vypočtené množství vytlačené kapaliny z pracovního objemu válce je průměrný, při pohybu pístu se okamžité výtlačné množství mění s časem. Cyklus se opakuje s každou otáčkou jako jednoduchý harmonický pohyb, kdy maximální objemový průtok je dosažen uprostřed zdvihu pístu. Během sacího zdvihu je výtlačný nulový, v pracovním válci nastane podtlak a otevře se sací ventil. Během výtlačné fáze se sací ventil uzavírá a otevře se výtlačný ventil.

K překonání tohoto kolísání průtoku se používá výtlačný vzdušník. Je to nádoba naplněná stlačeným vzduchem, která pojme kapalinu přesahující průměrný objemový průtok a během sání čerpadla vyplní mezeru v dodávkách. Dalším způsobem, jak překonat kolísání, je použití rotačních pístových čerpadel. [16] [13]



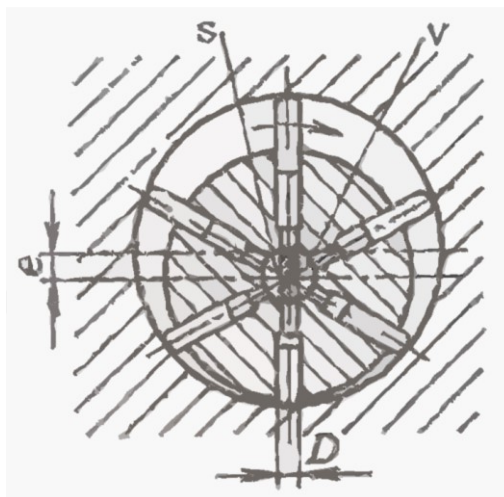
Obrázek 12 Pístové čerpadlo [10]

Rotační pístová čerpadla se dělí na dvě kategorie s axiálními nebo radiálními písty. Axiální pístová čerpadla se skládají z několika vývrtů válců v rotujícím bloku uspořádané do kruhu. Zdvih pístů je řešen pomocí nakloněné roviny a otáčením bloku dochází ke zdvihu pístů. Některá čerpadla umožňují měnit sklon nakloněné roviny čímž se mění zdvih pístů a tím se mění objemový průtok. Lze dosáhnout i změny směru toku kapaliny. Existují i čerpadla, kde se místo bloku s písty otáčí kotouč klínovitého průřezu. Sací a výtlačné ventily jsou prováděny otvory v nosné desce bloku válců, která spojuje válce se sáním nebo výtlačkem ve správné části zdvihu. [17] [18]



Obrázek 13 Rotační axiální pístové čerpadlo [18]

Radiální pístová čerpadla mají válce rozmístěné radiálně kolem sacích a výtlačných otvorů v rotujícím kotouči. Rotující kotouč je ve statoru uložen excentricky. Písty kloužou po statoru a díky excentricitě konají zdvih. Tato čerpadla jsou k dispozici pro tlaky do 670 barů pro průtoky do 8 litrů za vteřinu a pracují rychlostí až 5000 otáček za minutu. [17]



Obrázek 14 Rotační radiální pístové čerpadlo [10]

### 2.1.5 Rotační čerpadla

Rotační čerpadla jsou objemová čerpadla, ale na rozdíl od pístových čerpadel mají relativně stálý, nepulzující tok. Rotací rotorů uvnitř pláště vytváří dutiny, kudy proudí kapalina od sacího k výtlačnému otvoru. Rotační čerpadla se obvykle používají tam, kde je viskozita kapaliny příliš vysoká nebo je požadovaný průtok příliš nízký na to, aby se při použití jiných čerpadel zacházelo ekonomicky. Dodávané množství kapaliny čerpadlem, stejně jako jiných objemových čerpadel, je přímo úměrné otáčkám bez ohledu na výstupní tlak. Výstupní tlak

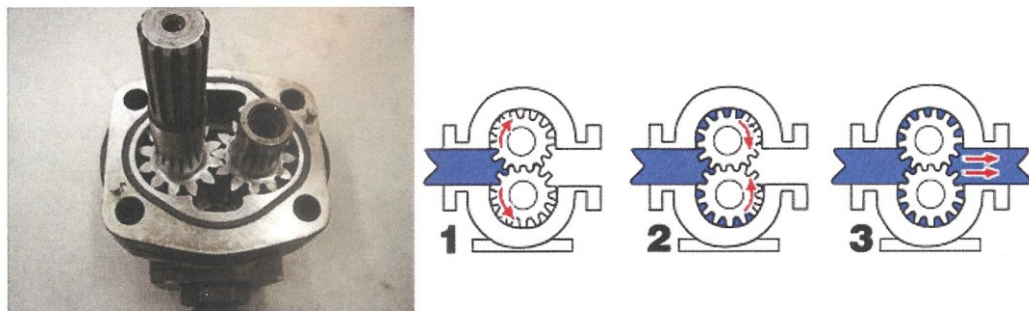
je omezen pouze mechanickým provedením tělesa čerpadla, popřípadě viskozitou kapaliny a točivým momentem hnací hřídele. [19]

Zubové čerpadlo jednoduše využívají činnosti spoluzabírajících ozubených kol k přenosu různých typů kapalin. Jedná se o často používaný typ čerpadel nenáročná na údržbu. Existují dvě základní provedení zubových čerpadel: vnější a vnitřní.

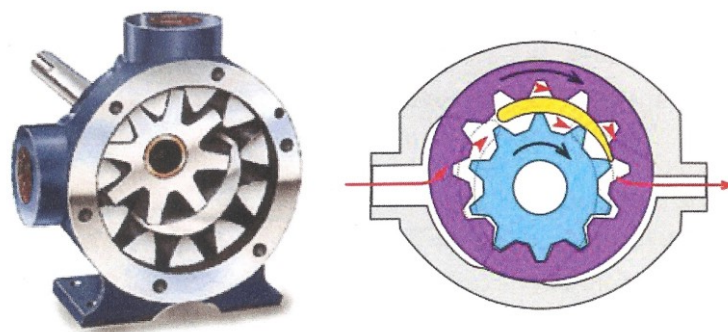
Vnější zubové čerpadlo využívá dvě identická ozubená kola zabírající vedle sebe, kde jedno ozubené kolo je poháněno motorem, a to pak pohání druhé ozubené kolo. Každé ozubené kolo je na hřídeli s kluznými ložisky. Kapalina je přepravována mezi zuby ozubeného kola ze vstupního do výstupního otvoru, přičemž záběr ozubeného kola funguje jako těsnění.

Čerpadlo s vnitřním ozubením využívá dvě zabírající kola, přičemž vnější kolo obvykle pohání vnitřní kolo. Kapaliny zachycené mezi ozubenými koly jsou přenášeny ze vstupního do výstupního otvoru v důsledku otáčení zabírajících ozubených kol, přičemž záběr ozubených kol obvykle působí jako těsnění mezi otvory. Vnitřní zubové čerpadlo bude často obsahovat půlměsíc, který pomáhá při vnitřním utěsnění ozubených kol.

[13] [20]



Obrázek 15 Zubové čerpadlo s vnějším ozubením [13]



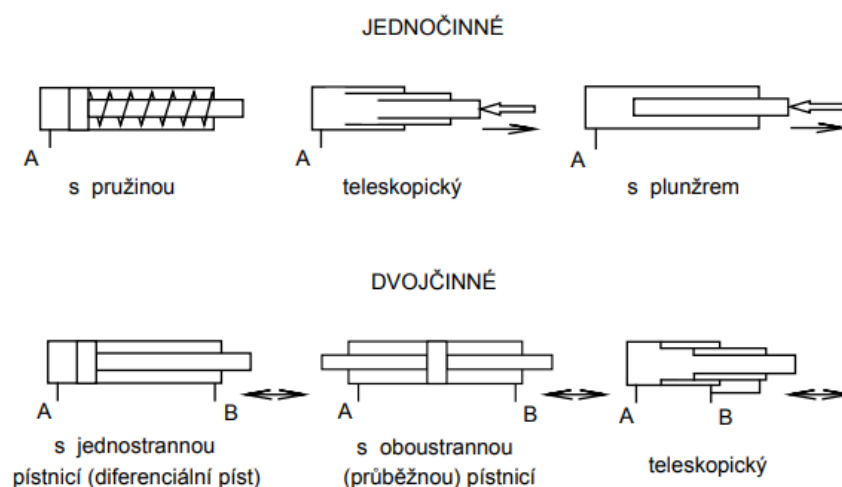
Obrázek 16 Zubové čerpadlo s vnitřním ozubením [13]

## 2.2 Hydromotory

V hydromotoru se tlaková energie kapaliny přeměňuje na mechanickou energii. Hydraulické motory lze klasifikovat buď jako motory s konstantním nebo proměnným geometrickým objemem. U motoru s konstantním objemem se změny rychlosti provádějí změnou rychlosti objemu protékajícího oleje, který protéká motorem. Změny rychlosti v motoru s proměnným objemem změníme potřebný objem k dokončení jedné otáčky motoru. [14]

### 2.2.1 Přímočaré hydromotory

Je to zařízení, kde se tlaková energie kapaliny mění na mechanickou energii. Kapalina uvnitř válce tlačí na píst a ten koná lineární pohyb. Tento hydromotor můžeme rozdělit podle výstupů na jednostranný, který má jednu pístní tyč a tím má rozdílné rychlosti vysouvání a zasouvání nebo oboustranný, který má pístní tyč z obou stran pístu. Dále se dělí podle působení síly od kapaliny na jednočinný či dvojčinný. U jednočinného hydromotoru vstupuje kapalina jen z jedné strany pístu a vratný pohyb může vykonávat pružina, kdežto u dvojčinného vstupuje kapalina z obou stran pístu. [11] [21]



Obrázek 17 Lineární hydromotory [11]

### 2.2.2 Rotační hydromotory

Výhodou od ostatních druhů pohonů jsou zejména jejich rozměry a hmotnost vzhledem k výkonům. Lze snadno regulovat otáčky a mají malé setrvačné síly. Princip těchto hydromotorů se příliš neliší od rotačních čerpadel. Podle konstrukce je můžeme rozdělit obdobně jako u čerpadel na zubové, pístové a lamelové.

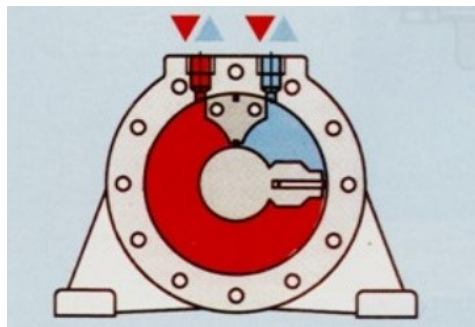
Zubové hydromotory se konstruují s vnějším i vnitřním ozubením stejně jako zubová čerpadla. Jejich otáčky mohou dosahovat až 6000 otáček za minutu a není doporučeno, je používat při nízkých otáčkách, při nichž klesá účinnost. Smysl otáčení lze měnit. Konstrukcí od čerpadel se odlišují uložením ozubených kol, používají se valivá ložiska.

Axiální pístové motory se konstruují buď se šikmou deskou nebo se skloněným bokem válců. Otáčky, ve kterých mohou pracovat, se pohybují v rozmezí 3000 až 6000 otáček za minutu. Vyrábí se i regulační varianty. Hydromotory se šikmou deskou se nejčastěji využívají u pohonů stavební techniky a se skloněným bokem zubu jsou vhodné pro pohon navijáků.

Radiální pístové motory se používají tam, kde je zapotřebí nízké a střední otáčky do 310 otáček za minutu. Jedná se tedy o pomaluběžné motory. Aby si zachovaly požadovaný výkon disponují vysoký krouticí moment dosahující až 10 000 Nm. Písty jsou vedeny rotorem nebo statorem.

[11]

Kyvné hydromotory lze použít tam kde potřebujeme zajistit přesné polohování. Mohou ovládat různé ventily, nebo s nimi lze vyměňovat nástroje strojů. Tento typ je schopen rotovat v jednotkách otáček a disponují kroutícími momenty až 250 000 Nm. [22]



Obrázek 18 Kyvný hydromotor [23]

### 2.3 Řídící prvky

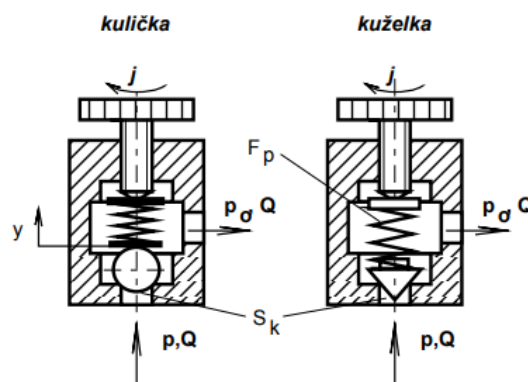
Bez řídicích prvků bychom se u hydrauliky neobešli. Chrání nejen hydraulickou soustavu před přetížením, rozdělují tlak z čerpadla pro více tlakových větví, omezují průtok a lze s nimi udržovat konstantní pracovní tlak. [11]

### 2.3.1 Tlakový ventil

Při výkonu práce může snadno dojít k přetížení zejména při dosažení koncových poloh hydromotorů nebo také když dojde k prudkému zvýšení potřebného výkonu k vykonání práce. U štípaček k tomu dochází poměrně často, když štípací klín narazí na velký suk ve štípaném špalku. Přetížení vyvolá v hydraulickém systému zvýšení tlaku a může dojít k prasknutí hadic či mechanickému poškození hydromotoru, čerpadla nebo pohonu. Tlak může vzrůst natolik že dojde k zastavení proudění hydraulické kapaliny. Je tedy nutné maximální tlak regulovat. K této regulaci slouží tlakový ventil a plní pojistnou funkci. Ventil se nastaví na maximální přípustný tlak a dokud není dosažen, tak je ventil uzavřen. Jakmile je dosaženo nastaveného tlaku ventil se začne otevírat a kapalinu přepouští zpět do nádrže. Při dalším zvyšování tlaku se ventil více otevírá, dokud se při tlaku zvaném tlak plného průtoku ventil zcela neotevře. Propouštěcí tlak pojistného ventilu musí být vyšší, než je pracovní tlak, z důvodu poklesu tlaku v systému při otevření.

Nejjednodušší formou tlakového regulačního ventilu je koule, na kterou působí síla od pružiny. Tlak v systému působí na kouli silou, a když je tato síla větší než síla vyvolaná pružinou, dojde k otevření ventilu. Maximální přípustný tlak se nastavuje stlačením pružiny a lze jej upravovat podle potřeby za chodu.

[24]



Obrázek 19 Tlakový ventil [11]

### 2.3.2 Škrtící ventil

Škrtící ventil slouží k řízení rychlosti hydromotoru. Jedná se o ztrátovou regulaci a používá se tam, kde není možné regulovat otáčky čerpadla, nebo nelze regulovat čerpadlo či hydromotor změnou geometrického objemu. Tento ventil je možné zapojit více způsoby.

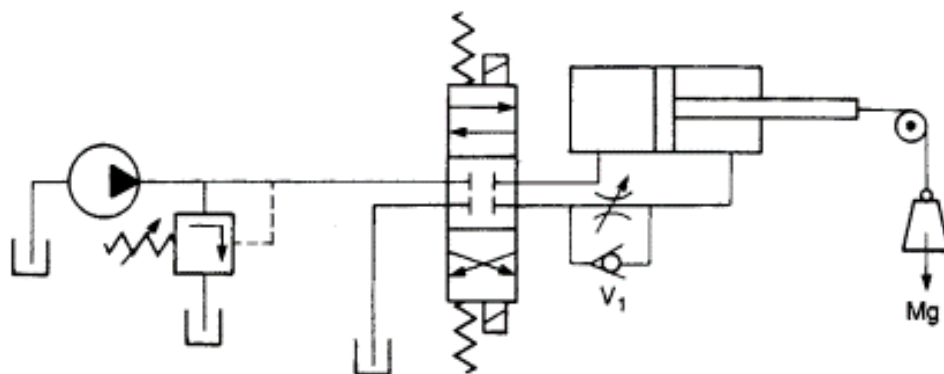


První způsob spočívá v sériovém zapojení ventilu s hydromotorem, u kterého přebytečný objem kapaliny uniká skrz pojistný ventil do nádrže. Vzhledem k tomu, že tímto způsobem dochází k tlakovým výkyvům, umísťuje se ventil před nebo za hydromotor. Jestliže je zapotřebí velká síla hydromotoru zapojí se škrťací ventil před hydromotor. Čím větší je škrcení, tím menší je rychlost hydromotoru a ztrátová energie se zvyšuje. Zpětným ventilem zapojeným paralelně ke škrťacímu ventilu je možné dosáhnout plné rychlosti hydromotoru v opačném směru.

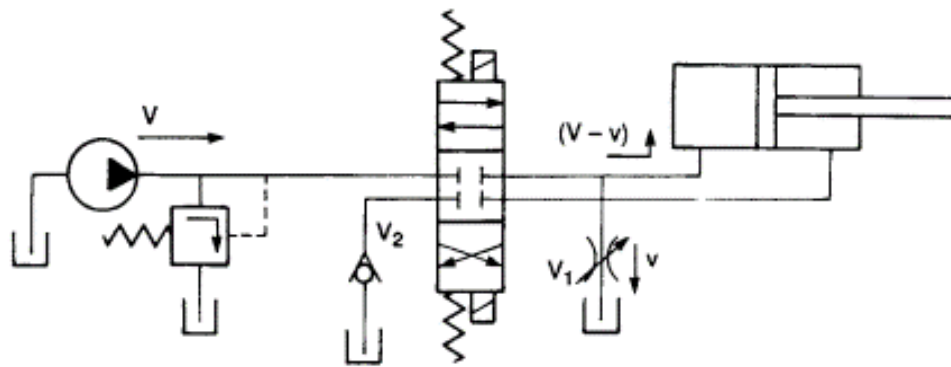
Při paralelním zapojení ventilu s hydromotorem neroste tlak před ventilem až do propuštění přebytku tlakovým ventilem. Ztrátová energie u tohoto zapojení je tedy mnohem menší a klesá spotřeba energie čerpadlem. Škrťací ventil zde přepouští přebytečnou kapalinu přímo do nádrže.

Jelikož se pracovní podmínky neustále mění ať už tlakově nebo teplotně, vyrábějí se škrťací ventily, které udržují konstantní tlakovou ztrátu. Průtok se nastavuje otáčením hřídele se zářezem. Změna poměru tlaků v místech X a Y vychýlí šoupátko, které změní průtok kapaliny do ventilu.

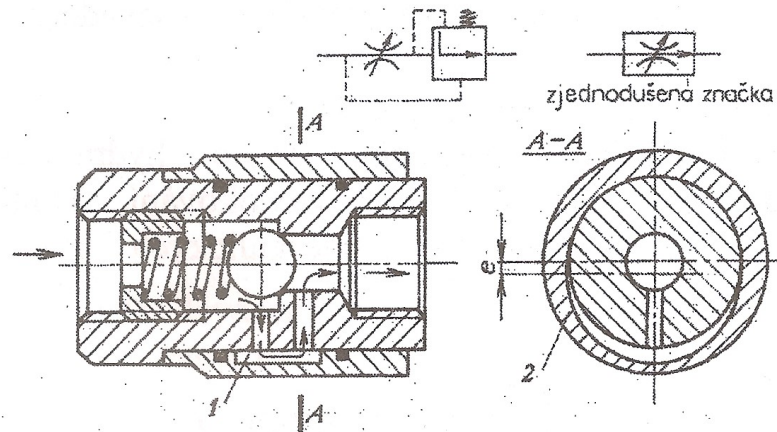
[24]



Obrázek 20 Zapojení škrťacího ventilu sériově za hydromotorem [24]

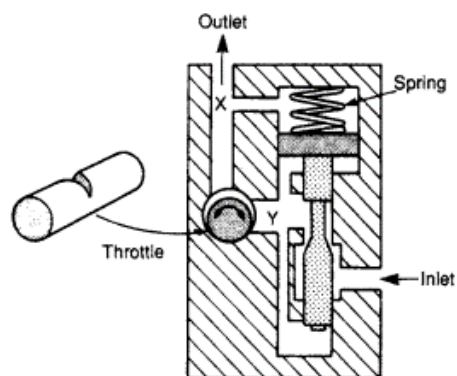


Obrázek 21 Zapojení škrťacího ventilu paralelně s hydromotorem [24]



Obrázek 22 Škrťací ventil se zpětným ventilem [10]

1 – vstup, 2 – regulační prsteneček



Obrázek 23 Škrťací ventil s tlakovou kompenzací [24]

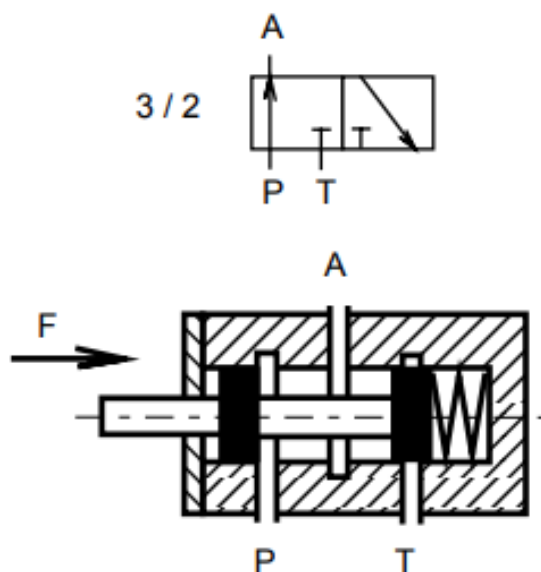
## 2.4 Prvky pro hrazení průtoku

Pomocí těchto prvků lze měnit směry pohybu hydromotorů a jejich fixaci uzavřením přívodu a odvodu kapaliny. [11]

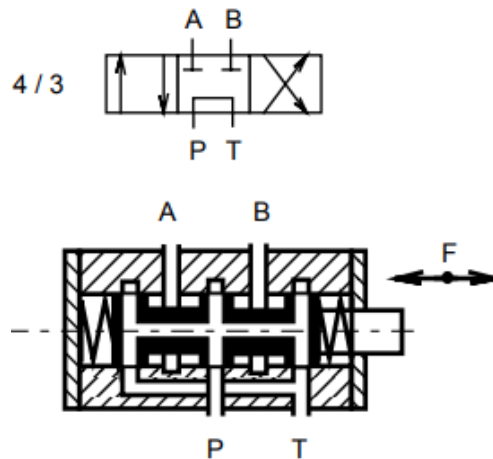
### 2.4.1 Rozvaděče

Tyto komponenty se využívají k jednoduchému otevírání či uzavírání hydraulických větví. Určuje, který hydromotor bude právě využíván a ve kterém směru se bude pohybovat. Mohou být šoupátkového typu, pístového typu, talířového typu, kotoučového typu nebo kuželkového typu a lze je ovládat ručním, mechanickým, elektrickým nebo tlakovým ovládáním. Rozvaděče se dále dělí podle počtu cest a poloh. Počet cest závisí na počtu přípojek. Nejčastěji se používá čtyřcestný třípolohový rozvaděč, kde z jedné strany se připojí tlaková větev od čerpadla a vstup do nádrže, a z druhé strany se připojí dvěma přípojkami hydromotor. Tři polohy pak obstarávají v krajních pozicích pohyb hydromotoru ve dvou směrech a ve středové poloze kapalina volně teče do nádrže. Hydromotor je zafixován proti pohybu. Třícestné rozvaděče se používají k pohonu jednočinného hydromotoru, kde zpětný pohyb vykoná pružina či gravitace. Dvoucestný pak jen otevírá nebo uzavírá průtok kapaliny. Pro zapojení více větví se vyrábějí skupinové rozvaděče buď monoblokové, nebo sekcionální.

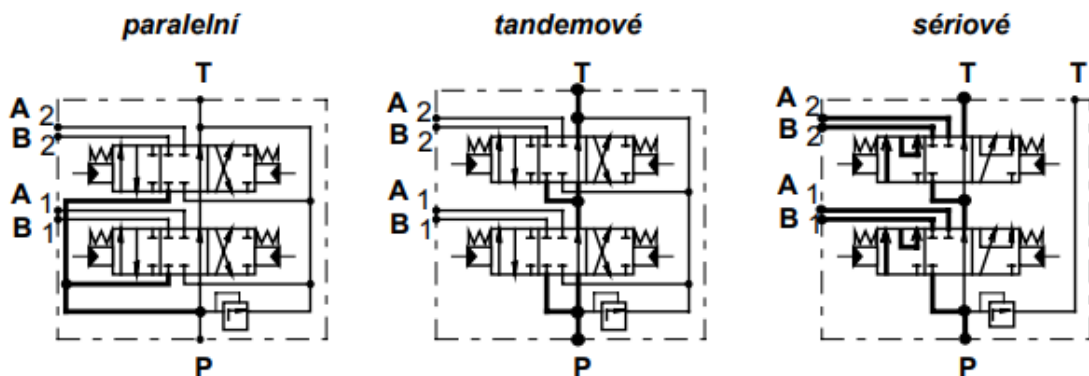
[11] [14]



Obrázek 24 Třícestný dvoupolohový šoupátkový rozvaděč [11]



Obrázek 25 Čtyřcestný třípolohový šoupátkový rozvaděč [11]



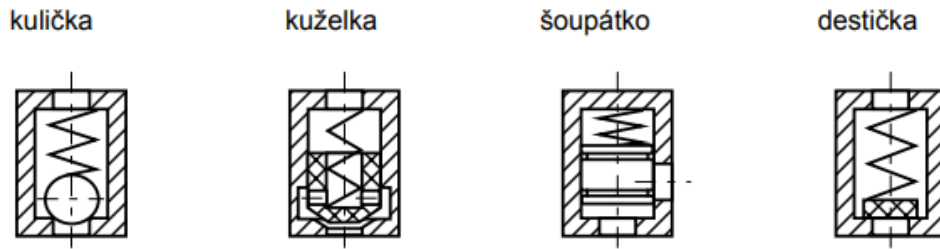
Obrázek 26 Propojení šoupátkových sekcí [11]

### 2.4.2 Zpětný ventil

Tímto ventilem protéká kapalina pouze jedním směrem. V ideálním případě v propustném směru ventil neklade kapalině žádný odpor a v nepropustném směru má dokonalou těsnost mezi sedlem a dosedací součástí. Dosedací součástí obvykle bývá kulička nebo kuželka. V menší míře se využívá šoupátko či destička. Ke správné funkci obstarává kontakt mezi sedlem a součástí pružina.

Existují i řízené zpětné ventily, kde lze nepropustný směr otevřít vnějším signálem. Dojde k mechanickému odtlačení kuličky ze sedla.

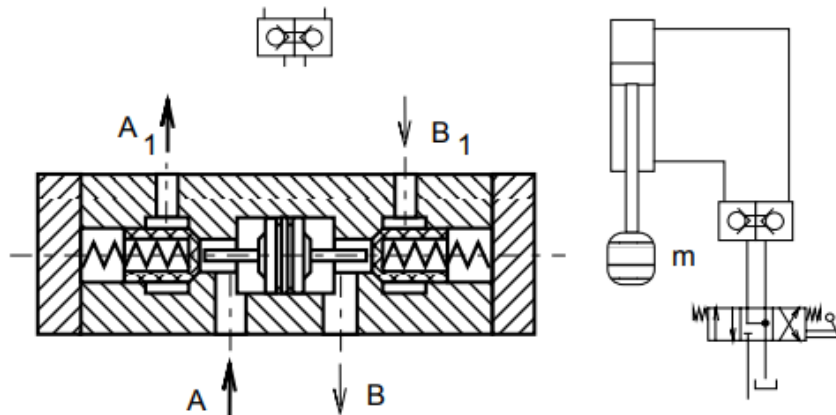
[11]



Obrázek 27 Zpětný ventil [11]

### 2.4.3 Hydraulický zámek

Slouží k zafixování hydromotoru proti pohybu a plní i bezpečnostní prvek v případě prasknutí hadice. Skládá se ze dvou řízených zpětných ventilů a plovoucího píستku. Tlaková kapalina působí na pístek, který otevře zpětný ventil a umožní odtoku kapaliny z hydromotoru do nádrže, a poté protéká do hydromotoru, kde koná práci. [11]



Obrázek 28 Hydraulický zámek, značka a jeho zapojení [11]

### 3 ZPŮSOB ZAVĚŠENÍ

Štípačku využíváme primárně v lese. Je tedy nutné ji přepravit v řádech kilometrů a v lese je třeba ji neustále přemisťovat. U traktorů se převážně využívá vzadu tříbodový závěs a vpředu čelní nakladač.

#### 3.1 Tříbodový závěs

Jedná se o nejčastěji využívaný typ závěsu užívaných na traktorech jak vzadu, tak i v předu. Využívá se pro připnutí nesených příslušenství neboli náradí. Jako je třeba sněžný pluh, balíkovač, obraceč, sekačka, závaží, pluh nebo štípačka. Tříbodové závěsy se rozdělují do kategorií podle výkonu motoru traktoru. Závěs se skládá z horního táhla a dvou horních ramen. Horními táhly lze nastavit úhel natočení náradí vzhledem k zemi a lze je upnout do více otvorů. Horní ramena, na kterých jsou na čepech uložena zvedací táhla slouží k nastavení minimální a maximální výšky. Zvedací táhla dále pohybují dolními táhly, která jsou uchycena čepy k rámu traktoru. Mohou být opatřeny automatickými háky, umožňující rychlé připnutí a odepnutí náradí, nebo kyvným okem. Horní ramena a zvedací táhla lze nahradit lineárními hydromotory, které přímo pohybují zvedacími táhly.

Aby nedošlo k přenosu nežádoucích bočních pohybů vlivem jízdy traktoru na nerovnostech, opatřují se závěsy různými stabilizátory. Existuje mnoho druhů, jelikož každé náradí může vyžadovat jinou stabilizaci.

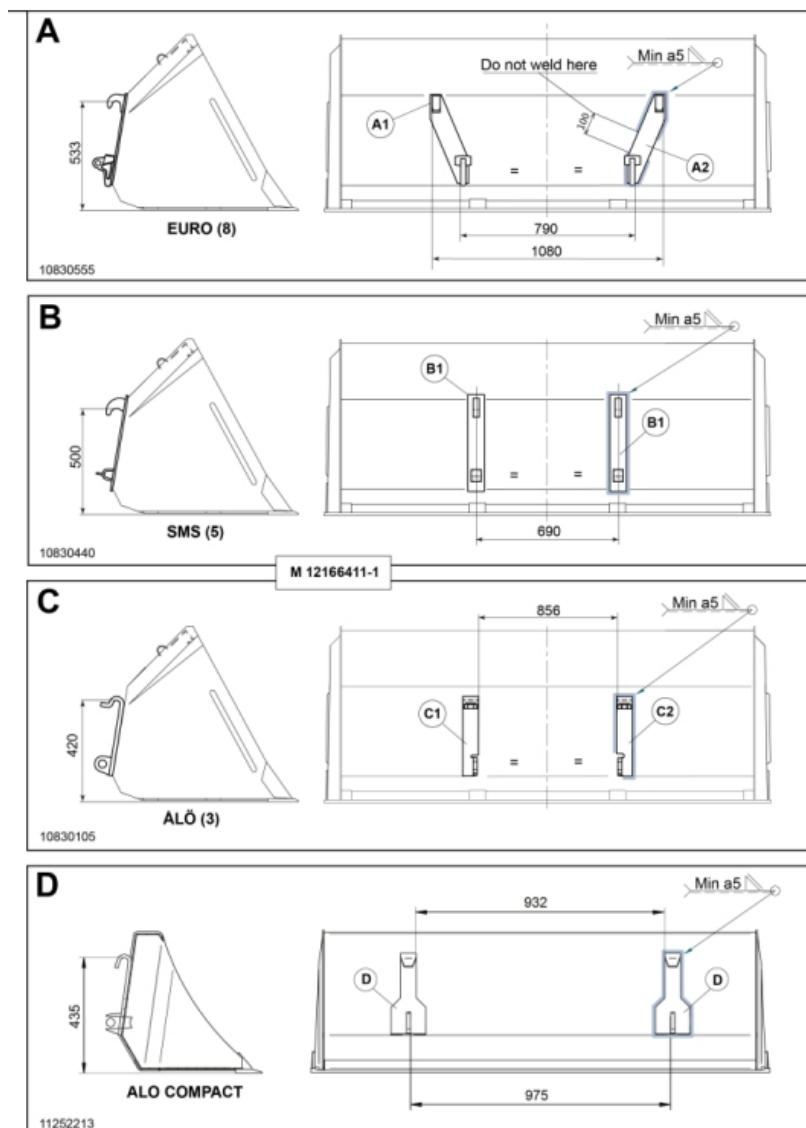
Tuto problematiku řeší norma ISO 789-1. [25]



Obrázek 29 Tříbodový závěs [26]

### 3.2 Úchyt pro čelní nakladač

Na čelní nakladače se nejčastěji upínají lopaty, vidle na balíky nebo palety a radlice. Oproti třibodovému závěsu má čelní nakladač lepší manipulační možnosti, takže se využívá převážně pro nakládání. Zpravidla mají nižší zvedací hmotnosti než třibodový závěs. Pro úchop nářadí existuje mnoho norem, které upravují rozměry. Způsob upnutí bývá stejný. Nástroj se zavěsí nahoře dvěma háky na kulatinu a dole se zajistí dvěma výsuvnými čepy. Nástroje a úchyty se obvykle vyrábí podle ĀLÖ TYPE 3, SMS nebo EURO, který má v Evropě vysoké zastoupení. [27] [28]



Obrázek 30 Úchyty čelního nakladače [29]

#### 4 PŘÍKLADY KOMERČNÍCH ŠTÍPAČŮ

Pro štípání dříví do krbu nebo na venkovní ohniště bohatě postačí štípačka PM4T-370. Jedná se o hydraulickou lineární horizontální štípačku za 6 799 Kč, která zvládne poštipat dříví v průměru 25 centimetrů o délce 37 centimetrů. Štípací klín je součástí rámu. Lineární hydromotor zde působí na oporu. Je malá a lehká o hmotnosti 42 kilogramů na kolečkách, takže s ní zvládne manipulovat i jeden člověk. Půdorysné rozměry má 78 x 27 centimetrů a na výšku 51 centimetrů. Disponuje štípací silou 4 tun. Je poháněna elektromotorem s pracovním střídavým napětím 230 voltů o výkonu 1 500 wattů. [30]



Obrázek 31 PM4T-370 [30]

PROTECO 51.06-SH-2300 je obdobná štípačka jako je uvedena výše. Změnou je zde ochranná klec a může štípat delší špalky až do 52 centimetrů, kterými lze topit i v kotlech. Výkon elektromotoru je zde navýšen na 2 300 wattů a štípací síla dosahuje 7 tun. Tato štípačka je vybavena systémem FLEXI, který umožňuje nastavení délky zdvihu pístu podle délky štípaných polen. Má větší rozměry 116 x 42,5 x 61 centimetrů a váží 55 kilogramů. I pořizovací cena je vyšší a činí 8 499 Kč. [31]



Obrázek 32 PROTECO 51.06-SH-2300 [31]



DIGGER - LS-18E je už mnohem mohutnější horizontální štípačka vážící 222 kilogramů. Nelze s ní jednoduše manipulovat, ale zato s ní lze štípat větší špalky o rozměrech v průměru 40 centimetrů a délky 66 centimetrů. Má výkonný třífázový elektromotor o výkonu 4 000 wattů s napětím 380 voltů, který je schopen dosáhnout síly na lineárním hydromotoru až 18 tun. Délka zdvihu pístu lze taktéž nastavovat. Jsou zde vyšší nároky na obsluhu vzhledem k těžším špalkům a vlivem konstrukce může být obtížné udržet špalek v požadované poloze. Rozštípnuté dříví zde padá opět na zem a je nutné jej znovu zvedat. Cena této štípačky činí 24 079 Kč. [32]



Obrázek 33 DIGGER - LS-18E [32]

PATRIOT 8T je hydraulická lineární vertikální štípačka s výkonem střídavého elektromotoru 3 000 wattů na 400 voltů. Dokáže štípat špalky o průměrech 8 až 35 centimetrů s maximální délkou 52 centimetrů. Její hmotnost činí 110 kilogramů a lze s ní manipulovat po dvou kolech. Polena štípe silou 8 tun za cenu 15 945 Kč. Lineární hydromotor pohybuje sloupem, na kterém je připevněn štípací klín. Nevýhodou této konstrukce je nutnost zvedat těžší dříví na pracovní stůl do výšky cca 50 centimetrů. Lze nastavit zdvih štípacího klínu dle štípané délky. Provozní rozměry jsou 76 x 98 x 107 centimetrů. [33]



Obrázek 34 PATRIOT 8T [33]

U štípačky COMPACT 15T od firmy Scheppach jak již název napovídá disponuje štípací silou 15 tun, při použití elektromotoru 3 500 wattů na střídavých 400 voltů. Konstrukce je obdobná, avšak zde není nutné zvedat polena tak vysoko. Rozměry špalků mohou mít v průměru 45 centimetrů a na délku 107 centimetrů. Nicméně zdvih klínu je omezen na 550 milimetrů, což může často způsobovat nerozštípnutí a následná nutnost špalek otáčet. Součástí štípače je i přídavný výkyvný stolek. Cena činí 29 990 Kč a váží 186 kilogramů. [34]



Obrázek 35 Scheppach COMPACT 15T [34]

JANSEN HS-20H110 V2 je poháněna benzínovým motorem o výkonu 4 800 wattů a je opatřena vlastním podvozkem, který umožňuje přepravu na veřejných komunikacích. Nelze ji sice táhnout za osobním automobilem, ale zapřáhnout ji za traktor už možné je. Štípací síla dosahuje 20 tun, průměr dříví není omezen a maximální délka činí 110 centimetrů. Hmotnost bez tekutin je cca 320 kilogramů a lze ji pořídit za 63 000 Kč. Pomocí hydrauliky je štípačka úhlově stavitelná a může štípat ve všech polohách. [35]



Obrázek 36 JANSEN HS-20H110 V2 [35]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je návrh a realizace závěsného štípače k podomácku vyrobenému traktoru tak, aby splňoval potřebné požadavky.

### 5.1 Požadavky na štípač

Nejvýznamnějším požadavkem je mobilita a kompatibilita s traktorem. Dříví je zpracováno přímo v lese, a tak je důležité štípačku pokaždé převážet. Štípač musí zvládnout ročně zpracovat přibližně 18 m<sup>3</sup> surového, převážně bukového dřeva. Toto množství odpovídá průměrné spotřebě na vytápění dvougeneračního domu po celou zimu. Špalky se řezou motorovou pilou na délky 90 cm a v průměru mohou dosahovat až 50 cm. Po předchozích zkušenostech a doporučení od majitelů hydraulických štípaček, byla zvolena štípací síla 7 tun.

### 5.2 Traktor

Traktor je domácí výroby. Pohání jej naftový čtyřválcový motor o objemu 1.8 litru z automobilu Ford Escort. Disponuje výkonem 44 kW a dosahuje kroučícího momentu 110 Nm. Od klikové hřídele zpředu motoru je poháněno zubové čerpadlo o geometrickém objemu 16 cm<sup>3</sup> na otáčku. Tlak je omezen pojistným tlakovým ventilem na 18 MPa.

Tímto čerpadlem je poháněno hydraulické řízení, a přes čtyřsekční rozvaděč pohybuje spojenými dolními rameny tříbodového závěsu vzadu a čelním nakladačem. Jedna sekce na rozvaděči slouží k ovládní hydraulických zařízení připojených přes rychlospojky umístěné v předu i vzadu. Tříbodový závěs dokáže zvednout břemeno o hmotnosti 2.5 tuny při omezeném tlaku na 12 MPa, kdežto čelní nakladač zvedá maximálně 300 kg z důvodu omezené nosnosti předních pneumatik a slabší nápravu.

Na traktoru je dále naviják s ocelovým lanem o únosnosti 5 tun o délce 50 m a zadní hnací vývod závislí na otáčení kol, který využívá hnaná vlečka.



Obrázek 37 Traktor

### 5.3 Upínací rozměry tříbodového závěsu a čelního nakladače

Vnější rozteč dolních ramen činí 65 cm a čep pro připojení nářadí musí mít v průměru 25 mm.



Obrázek 38 Zadní tříbodový závěs

U čelního nakladače je úchyt blízky systému SMS. Vnitřní rozteč pásnic může být minimálně 65 cm s maximální šířkou pásnice 3 cm a průměr upínacích výsuvných čepů je taktéž 25 mm. Lze tedy stejnými otvory upínat jak na zadní závěs, tak i na čelní nakladač. Kulatina pro hák pásnice je rovněž v průměru 25 mm a je umístěna vzhůru od osy spodních čepů 305 mm.



Obrázek 39 Čelní nakladač

## 6 NÁVRH KONSTRUKCE ŠTÍPAČE

Z požadavků a možnostmi traktoru uvedených výše byla vybrána lineární vertikální štípačka, do které lze umístit maximálně 96 cm dlouhé poleno. Pohyb klínu bude vykonávat lineární hydromotor poháněný hydraulikou z traktoru. Vzhledem k mobilitě bude štípač skládací s jednoduchým způsobem zajištění v horní poloze a v dolní poloze bude držet vlivem gravitace.

### 6.1 Základní výpočty a volba hydromotoru

Jestliže je známa požadovaná síla 7 tun a maximální dosažitelný tlak v hydraulickém obvodu, lze vypočítat průměr vnitřního válce. Síla, která je u štípaček nesprávně udávána v tunách, se musí přepočítat na newtony. Tuny se převedou na kilogramy, a tím nepřímo získáme jednotku síly kilopond, která udává sílu odpovídající tíze jednoho kilogramu.

$$p = \frac{F}{S} \quad (1)$$

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{F}{p}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7\,000 \cdot 9.81}{\pi \cdot 18}}$$

$$D = 69.70 \text{ mm}$$

Podle tohoto průměru je zvolen z katalogu od firmy KARDANKA hydromotor s objednávkovým číslem 37235. Průměr vnitřního válce činí 70 mm a tomuto rozměru odpovídá průměr pístní tyče 40 mm. Štípačka bude štípat polena o délce 90 cm a tento hydromotor disponuje zdvihem 80 cm. Dále je potřeba vypočítat skutečnou štípací sílu  $F_1$  včetně síly působící při zasouvání  $F_2$ .

$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = p \cdot S \quad (1)$$

$$F_1 = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$F_1 = 18 \cdot \frac{\pi \cdot 70^2}{4}$$

$$F_1 = 69\,272 \text{ N}$$

$$F_2 = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

$$F_2 = 18 \cdot \frac{\pi \cdot (70^2 - 40^2)}{4}$$

$$F_2 = 46\,653 \text{ N}$$

Síly se převedou zpět přes kilopondy na tuny.

$$F_1 = \frac{69\,272}{9.81 \cdot 1000} = 7.061 \text{ t} \quad (2)$$

$$F_2 = \frac{46\,653}{9.81 \cdot 1000} = 4.756 \text{ t}$$

Rychlost hydromotoru mohou ovlivňovat otáčky čerpadla. Čerpadlo je uloženo naproti klikové hřídeli bez jakéhokoliv převodu a jsou tedy jeho otáčky shodné s otáčkami motoru. Vzhledem k použití štípačky v lese a hlučnosti traktoru se jeví 1 200 otáček za minutu jako optimální. Dále je možné vypočítat i jednotlivé časy.

$$v = \frac{Q_V}{S} \quad (3)$$

$$Q_V = V_g \cdot n \quad (4)$$

$$Q_V = 16 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1200}{60}$$

$$Q_V = 32 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



$$v_1 = \frac{4 \cdot Q_V}{\pi \cdot D^2}$$

$$v_1 = \frac{4 \cdot 32 \cdot 10^{-5}}{\pi \cdot (70 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$v_1 = 0.08315 \frac{m}{s}$$

$$t_1 = \frac{L}{v_1} \tag{5}$$

$$t_1 = \frac{0.8}{0.0831503}$$

$$t_1 = 9.621 \text{ s}$$

$$v_2 = \frac{4 \cdot Q_V}{\pi \cdot (D^2 - d^2)}$$

$$v_2 = \frac{4 \cdot 32 \cdot 10^{-5}}{\pi \cdot [(70 \cdot 10^{-3})^2 - (40 \cdot 10^{-3})^2]}$$

$$v_2 = 0.1235 \frac{m}{s}$$

$$t_2 = \frac{L}{v_2}$$

$$t_2 = \frac{0.8}{0.123466}$$

$$t_2 = 6.480 \text{ s}$$

Rozvaděč umožňuje vysokorychlostní režim, který lze využít poté co špalek již neklade velký odpor vůči štípání. Využívá u toho diferenciální zapojení, kdy je olej opouštějící hydromotor dopravován zpět do tlakové větve a urychluje tím pohyb pístu. Výpočet vychází ze vztahu pro výpočet rychlosti (6). Čas lze vypočítat podle objemu hydraulického oleje, který je třeba dopravit čerpadlem s již známým objemovým průtokem (7).

$$v_1' = \frac{L}{t_1'} \quad (6)$$

$$t_1' = \frac{V_1 - V_2}{Q_V} \quad (7)$$

$$t_1' = \frac{\frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} - \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot L}{4}}{Q_V}$$

$$t_1' = \frac{\pi \cdot L \cdot [D^2 - (D^2 - d^2)]}{4 \cdot Q_V}$$

$$t_1' = \frac{\pi \cdot L \cdot d^2}{4 \cdot Q_V}$$

$$t_1' = \frac{\pi \cdot 800 \cdot 10^{-3} \cdot (40 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 32 \cdot 10^{-5}}$$

$$t_1' = 3.142 \text{ s}$$

$$v_1' = \frac{800 \cdot 10^{-3}}{3.14159}$$

$$v_1' = 0.2546 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Při použití vysokorychlostního chodu dojde k výraznému poklesu otáček. To je zapříčiněno tím, že hydraulický tlak je přiveden na obě strany pístu a tím dojde k působení sil  $F_1$  a  $F_2$  proti sobě.

$$F_1' = F_1 - F_2 \quad (8)$$

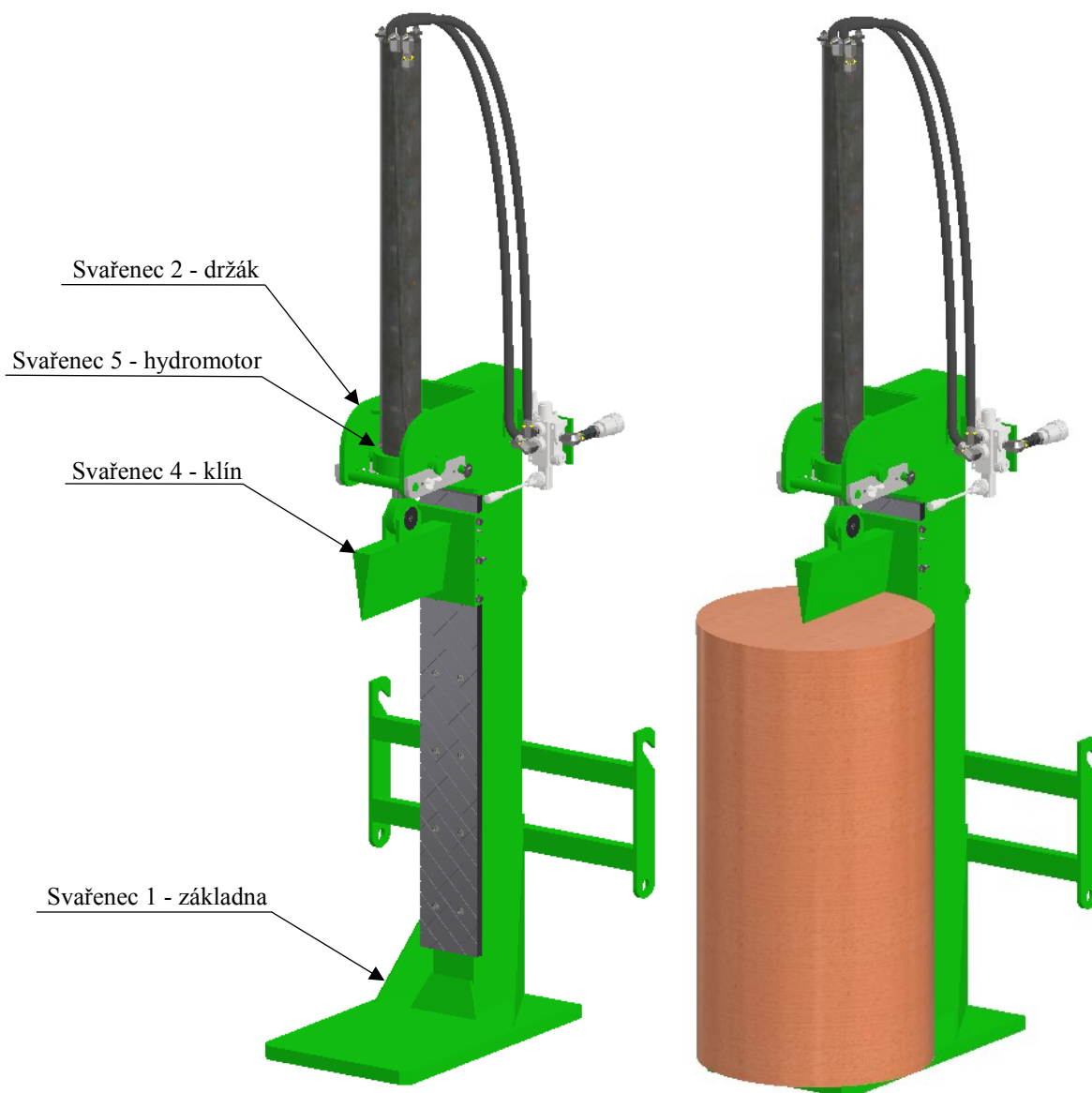
$$F_1' = 69272 - 46653$$

$$F_1' = 22\,619 \text{ N}$$

$$F_1' = \frac{22\,619}{9.81 \cdot 1000} = 2.306 \text{ t} \quad (2)$$

## 6.2 Koncept štípače

Pro vytvoření 3D modelu štípače byl použit software Inventor Professional 2020 od firmy Autodesk. Špalek na štípače má rozměry 50 cm v průměru a 90 cm na výšku. Celková hmotnost štípače bez hydraulického oleje dle softwaru činí 212 kg.



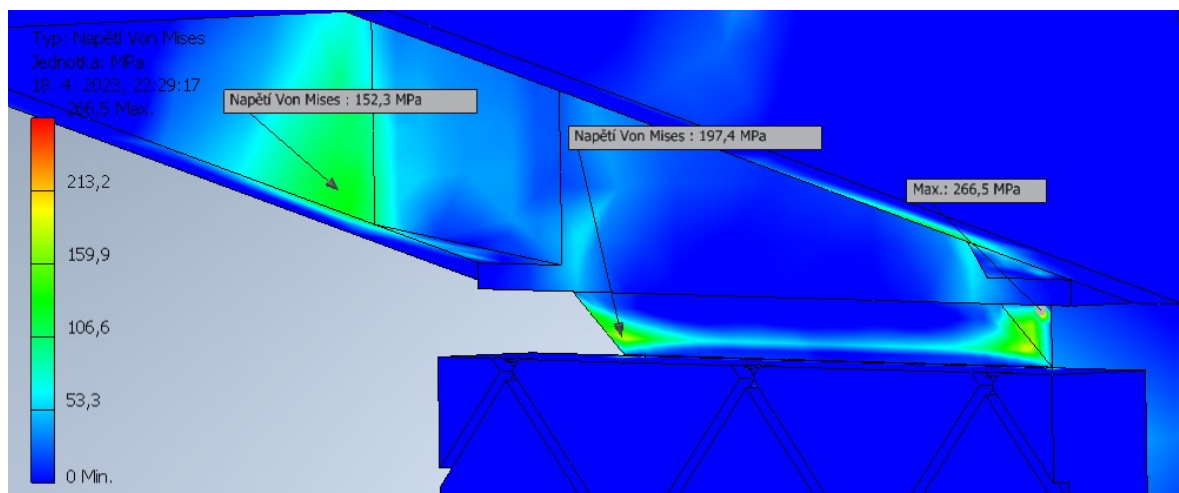
Obrázek 40 Model štípače bez a se špalkem  
Svařenec 1 a 2 tvoří svařenec 3 – tělo štípače

Obrázek 40 znázorňuje správné umístění špalku na štípač ve vertikální poloze. Ostří klínu se vlivem hydraulického tlaku v hydromotoru vštěpuje do špalku a dochází tak ke štípání špalku na dvě poloviny. Těžké poleno díky nízké podstavě není nutné zvedat do výšky. Jediná námaha člověka může vznikat při polohování polenem do vertikálního směru.

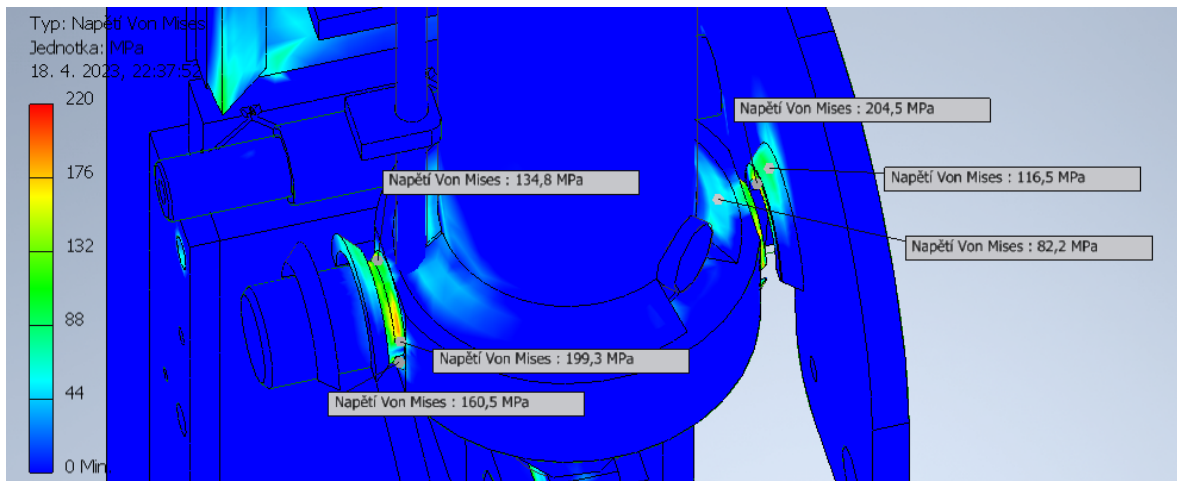
V případě špalku o velkých průměrech je možné pomocí traktoru pod něj zatlačit podstavu do hlíny a následně jej zvednout na jedné straně. Tím dojde k postavení špalku a poté lze opakovat zatlačení podstavy pod již stojící špalek čímž se omezí námahu posouváním na optimální pozici. Detailnější pohledy se nacházejí níže.

### 6.3 Pevnostní analýza modelu a svarů

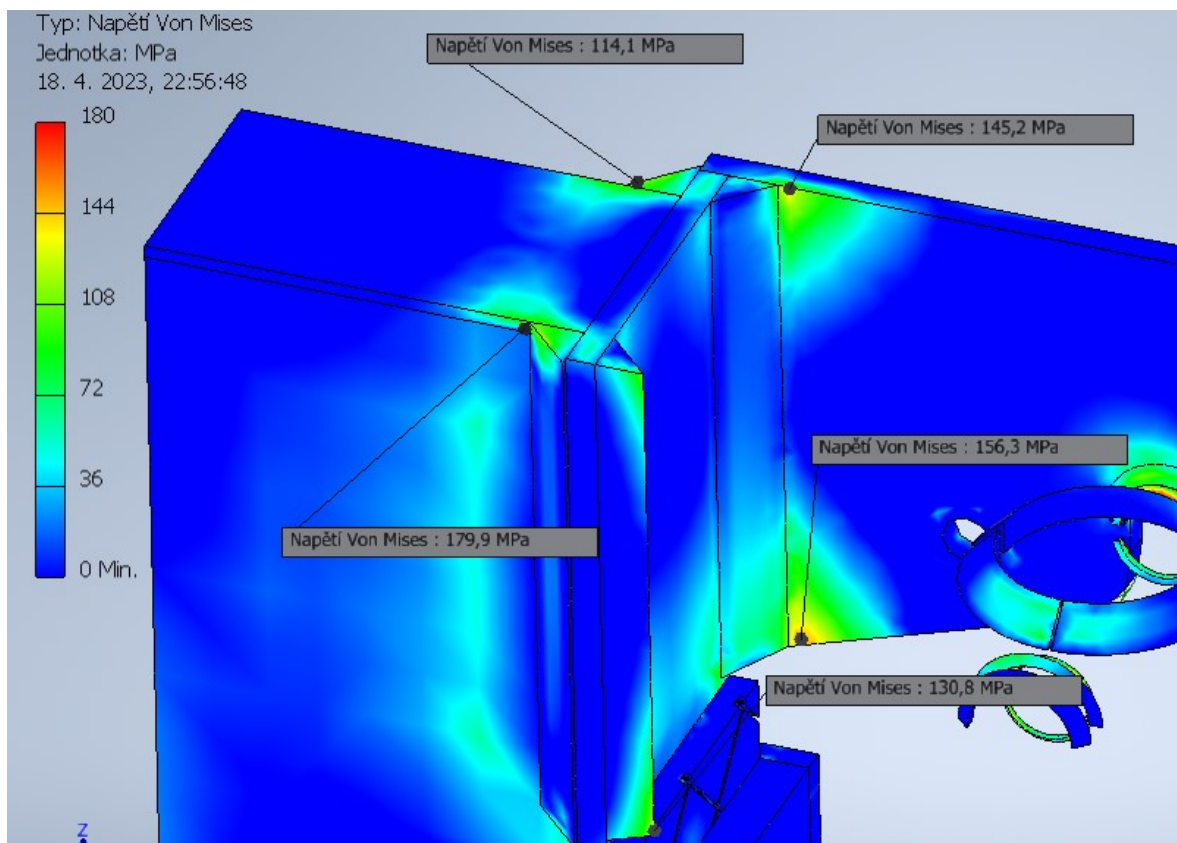
Z důvodů kompatibilitosti součástí a sestavy zde byla provedena i pevnostní analýza. Hydromotor je dle výrobce navržen na provozní tlak do 25 MPa, přičemž maximální tlak hydrauliky traktoru je nastaven na 18 MPa. Z tohoto důvodu bude na hydromotoru kontrolován pouze svar. Pro pohledy níže byly vybrány kritická místa s vyšší koncentrací napětí.



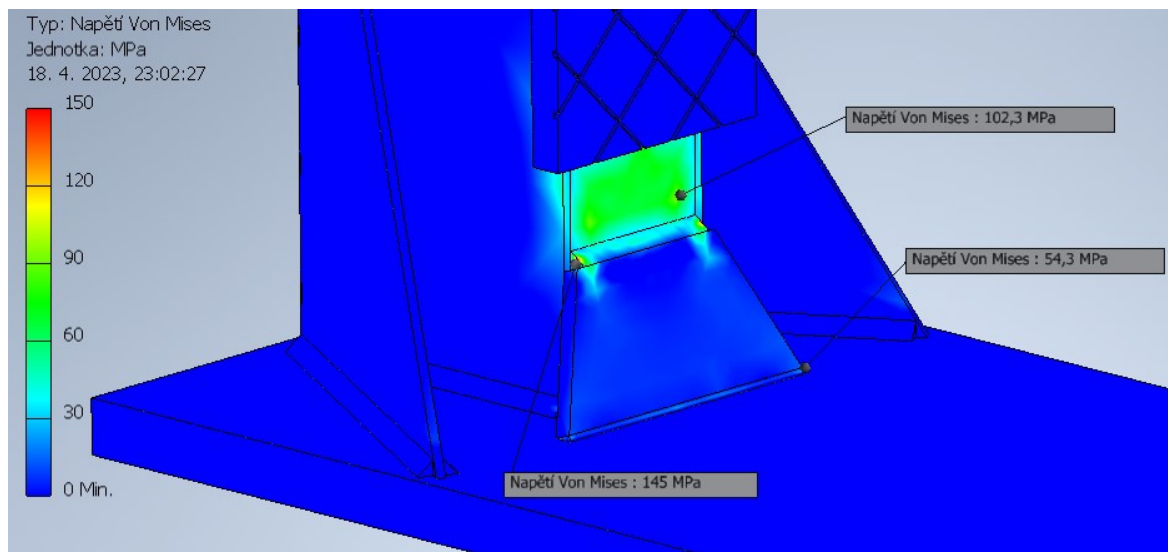
Obrázek 41 Nejvíce namáhaný svar



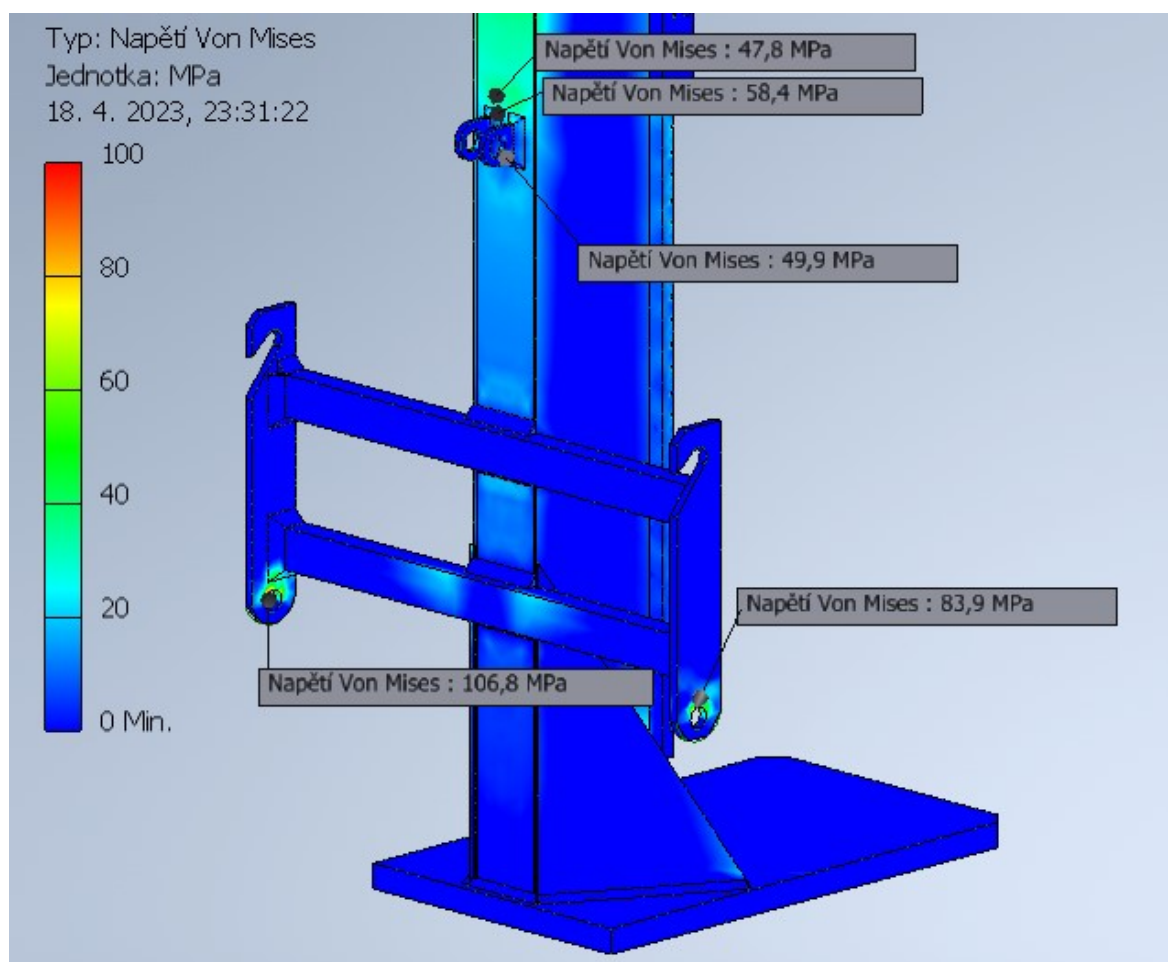
Obrázek 42 Namáhání držáku hydromotoru



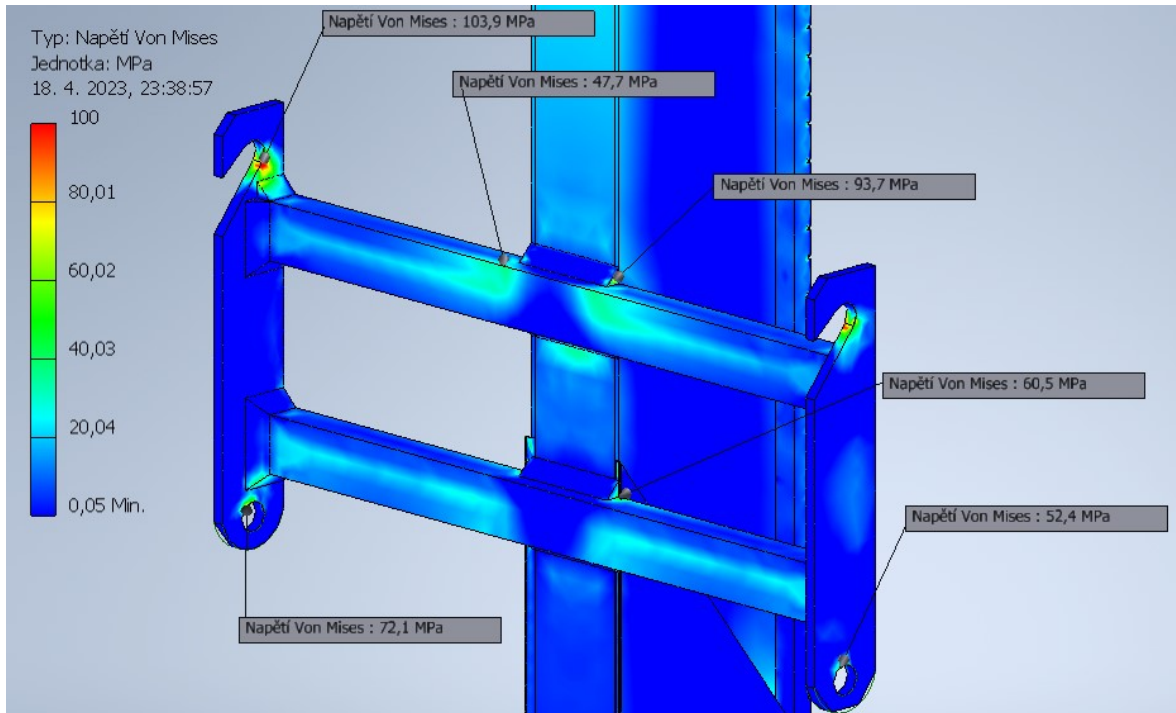
Obrázek 43 Namáhání vrchní části



Obrázek 44 Namáhání spodní části



Obrázek 45 Namáhání třibodového uchycení



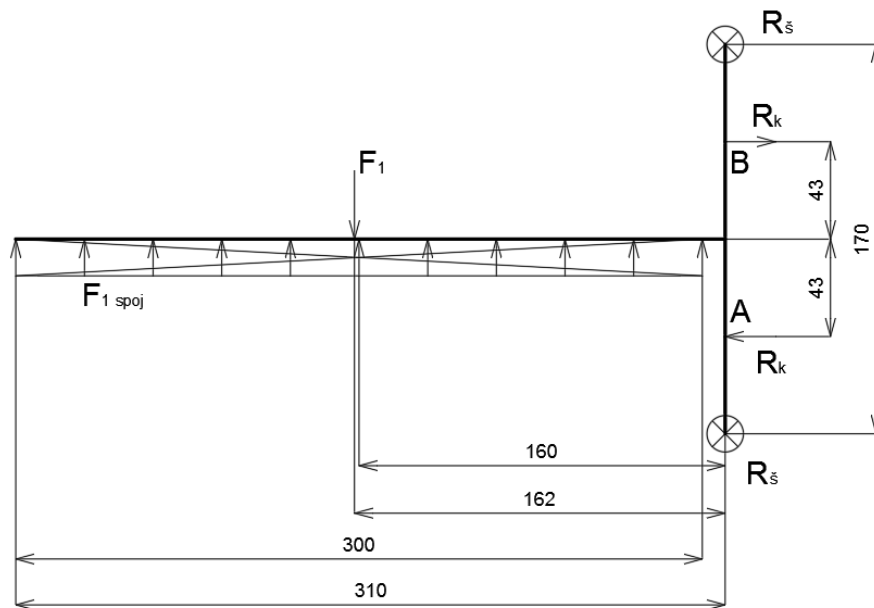
Obrázek 46 Namáhání uchycení na čelní nakladač

V analýze bylo použité extrémní napětí vyvozené tlakem hydraulického oleje 18 MPa. K tomuto namáhání bude docházet ojediněle v případech, kdy klín narazí na velký suk ve špalku a lze jej eliminovat vhodným natočením špalku, či postupným štípáním od okrajů. Předpokládaný počet dosažení maximálních hodnot stanovují do deseti ročně.

Z analýzy vyplývá, že vysoká namáhání ve svarech jsou víceméně bodová a ojediněle může docházet k únavovým lomům. Rozptýlené napětí na větších plochách dosahuje místy 150 MPa a tyto části jsou vyrobené z ocelí 1.0050 a 1.0060 u nichž je mez únavy v tahu stanovena na 160 až 235 MPa. Pro svařování byly použity rutilové elektrody značky Proma. U svarů zpravidla nedochází k prasknutí svaru ale k jeho vytržení z materiálu. Pevnost se u nich odvíjí od použitých svařovaných materiálů. Nejvyšší napětí naměřené ve svarech činí 266.5 MPa a maximální napětí pro rutilové elektrody se udává okolo 480 MPa. Velikost svarů je uvedena ve výkresové dokumentaci v příloze. Bezpečnost pro všechny hodnoty vzhledem k četnosti dosahování maximálních napětí je zvolena na 1. [36]

## 6.4 Pevnostní výpočet dalších částí štípače

Štípací síla působí pouze ve směru svislém, a tedy nijak nezatěžuje šrouby na tah. Plní jen funkci spojení součástí. Na kolíky působí reakční sřížná síla vyvolaná od polene umístěného mimo osu štípací síly. K dosažení maximálního napětí může dojít jen u velkých špalků, které zaberou celou délku klínu a štípací síla se rozloží jako spojitě zatížení.



Obrázek 47 Schéma namáhání na klínu

$$\Sigma M_{iA} = 0$$

(9)

$$F_1 \cdot 162 - F_1 \cdot 160 - R_K \cdot 2 \cdot 43 = 0$$

$$R_K = \frac{F_1 \cdot (162 - 160)}{2 \cdot 43}$$

$$R_K = \frac{69272 \cdot (162 - 160)}{2 \cdot 43}$$

$$R_K = 1\,611\, N$$

V bodech A a B se nacházejí celkem 4 kolíky průměru 6 mm a délky 20 mm z oceli 1.0481 s pevností ve sříhu 480 MPa. Síla  $R_K$  tak působí na dva kolíky. Byla zvolena i bezpečnost 2, respektive maximální únosné napětí poděleno 2. [37]



$$\frac{R_K}{2 \cdot S} \leq \frac{\tau_{Sm}}{k} \quad (10)$$

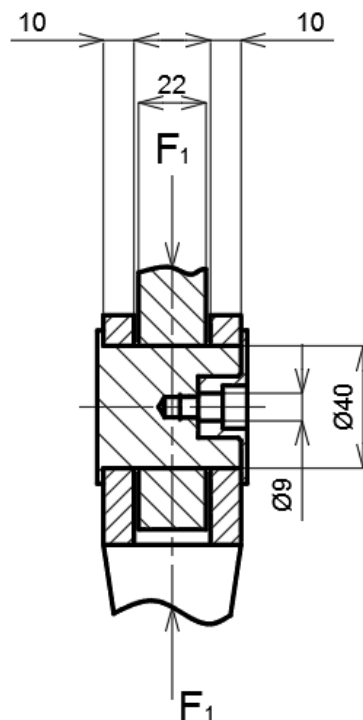
$$\frac{4 \cdot R_K}{2 \cdot \pi \cdot d_k^2} \leq \frac{\tau_{Sm}}{k}$$

$$\frac{2 \cdot 1611}{\pi \cdot 6^2} \leq \frac{480}{2}$$

$$28.49 \leq 240 \text{ MPa}$$

Navržené kolíky vyhovují s dostatečnou rezervou.

Na čep přímo působí štípací síla. Namáhá jej na stříh a na otláčení. Čep, držáky na klínu i oko na pístní tyči je vyrobeno z oceli 1.0070, která má mez kluzu 210 MPa a dovolené namáhání otláčením 90 MPa. [36]



Obrázek 48 Schéma namáhání čepu

$$\frac{F_1}{2 \cdot S} \leq \tau_{sdov} \quad (11)$$

$$\frac{F_1}{2 * \left( \frac{\pi \cdot 40^2}{4} - \frac{\pi \cdot 10^2}{4} \right)} \leq 0.6 * R_e$$

$$\frac{2 \cdot 69272}{\pi \cdot (40^2 - 10^2)} \leq 0.6 \cdot 350$$

$$29.03 \leq 210 \text{ MPa}$$

$$\frac{F_1}{2 \cdot S} \leq p_{dov} \quad (12)$$

$$\frac{F_1}{2 \cdot 10 \cdot 40} \leq p_{dov}$$

$$\frac{69272}{2 \cdot 10 \cdot 40} \leq p_{dov}$$

$$86.59 \leq 90 \text{ MPa}$$

Namáhání na otláčení je poměrně vysoké. Je vhodné před zahájením štípací sezóny provést vizuální kontrolu čepu a jeho uložení, zda nedošlo k výraznému poškození vlivem cyklického namáhání.

## 7 VÝROBA A POUŽITÍ

Výroba jednotlivých dílů proběhla svépomocí za použití úhlové brusky, ruční vrtačky, trafo svářečky a hrotového soustruhu. Komplikovanější součásti byly pak vyrobeny v kooperaci. Například tvarově složitější a profilované díly byly řezány pomocí laseru.

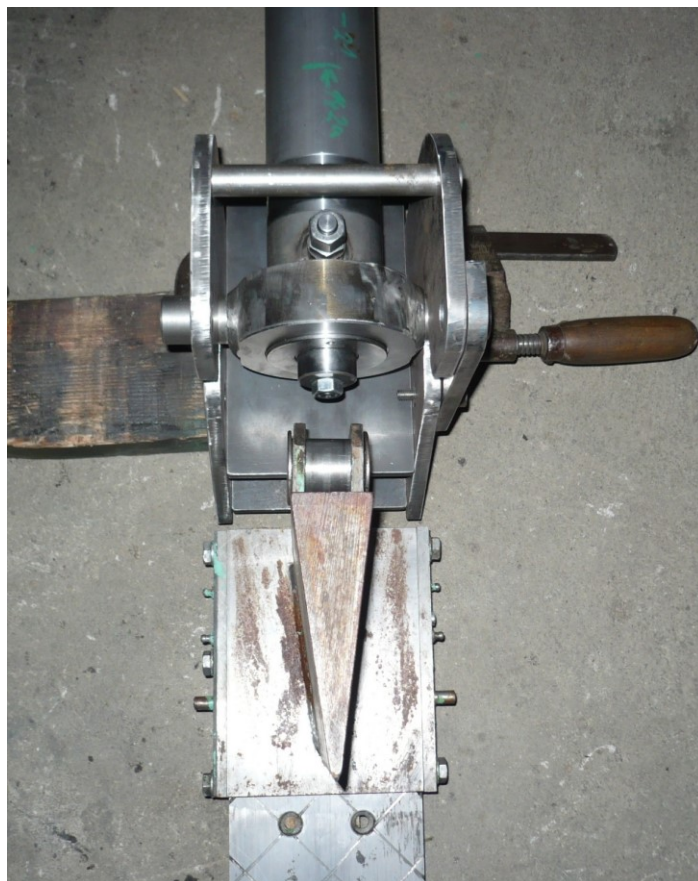


Obrázek 49 Výpalky

Tyto výpalky na obrázku 49 jsou využity v horní části štípače. Byly vyrobeny technologií řezáním laserem podle výkresů uvedené v příloze.



Obrázek 50 Horní část, klín a vodící deska před svařováním



Obrázek 51 Detail držáku hydromotoru

Na obrázcích 50 a 51 je vidět sestava svařence 2 těsně před svařováním a část svařence 5. Poloha součástí je zajištěna svěrkou.



Obrázek 52 Zajišťování

Obrázek 52 znázorňuje, jak bude probíhat zajišťování hydromotoru v horní poloze. V otvorech bude přední a zadní tyč uvedené ve výkresové dokumentaci.



Obrázek 53 Složená štípačka na čelním nakladači

Na obrázku 53 se nachází téměř dokončený štípač zavěšený na předním nakladači. Chybí zde podpěry hydromotoru a nátěr.



Obrázek 54 Detail vedení hydromotoru a jeho držáku

Obrázek 54 ukazuje uložení hydromotoru a jeho zajištění na pravé straně podpěrou. Štípač je již opatřen nátěrem.

### 7.1 Využití štípačky

Vyrobená štípačka splňuje veškerá očekávání. Práce s ní je velmi jednoduchá a navržená štípací síla je dostatečná. Nevýhodou se může zdát, že nemá žádné přidržovače špalků nebo systém pro zvedání polen do vertikální polohy. Pro zvedání těžkých špalků lze využít vysokou mobilitu a sílu zadního závěsu traktoru, kdy lze podstavu štípače zarýt pod špalek do hlíny, zvednout jej do vertikální polohy a poté i převést na přístupnější pozici. Pokud je špalek uřezán kolmo na osu, není pak nutné jeho přidržování během štípání.

Rozložení do pracovní polohy zabere maximálně jednu minutu práce jednomu člověku a opětovné složení lze zvládnout o něco rychleji díky rozvaděči s aretací. Přesouvání hydromotoru do pracovní i skládací polohy obstarává hydraulika. Člověk akorát rozvaděčem ovládá chod hydromotoru a zajistí či odjistí hydromotor v horní poloze dvěma podpěrami, které následně pojistí křídlovými šrouby.



Obrázek 55 Složená štípačka na traktoru v lese

Na obrázku 55 se již nachází kompletně vyrobený štípač ve složené pozici umožňující přepravu do lesa. Na čelním nakladači je zavěšen přední štít, který primárně slouží k manipulaci s kládami. Za traktor je připojena hnaná vlečka, na kterou se poté naloží nařezané a naštípané dřevo.



Obrázek 56 První štípání v lese

Na obrázku 56 je štípač rozložen a připraven rozštípnout svůj první špalek.



Obrázek 57 Využití zadního závěsu k transportu špalku





Obrázek 58 Štípání velkého špalku

Na obrázcích 57 a 58 je k vidění mohutný špalek, který je nejprve klínem zajištěn proti pohybu a následně přepraven na bezpečnější místo. Tento špalek kladl velký odpor a napoprvé nedošlo k jeho rozštípnutí. Bylo nutné pokusit se špalek rozštípnout ve vhodnějším místě více u kraje. Lze si všimnout otisku klínu po nevydařeném pokusu.

## 7.2 Bezpečnost

Tento štípač není určen pro sériovou výrobu ani pro prodej. Nemá bezpečnostní dvouruční ovládání a je tedy nutné dbát zvýšené opatrnosti jinak mohou hrozit vážná zranění. Při štípání je zakázáno pokládat ruku na horní plochu špalku a také dávat chodidla či ruce mezi špalek a podstavu. Během štípání není doporučeno stát nebo sedět vedle štípače ve vzdálenosti dvou metrů z důvodu možného odletu odštěpků vlivem pružnosti ve štípaném dříví. Je doporučeno používat ochranné rukavice, dlouhé kalhoty i rukávy proti případným odřeninám a třískám od dříví. Vykazuje-li štípač viditelné poškození je nutné je před použitím opravit.

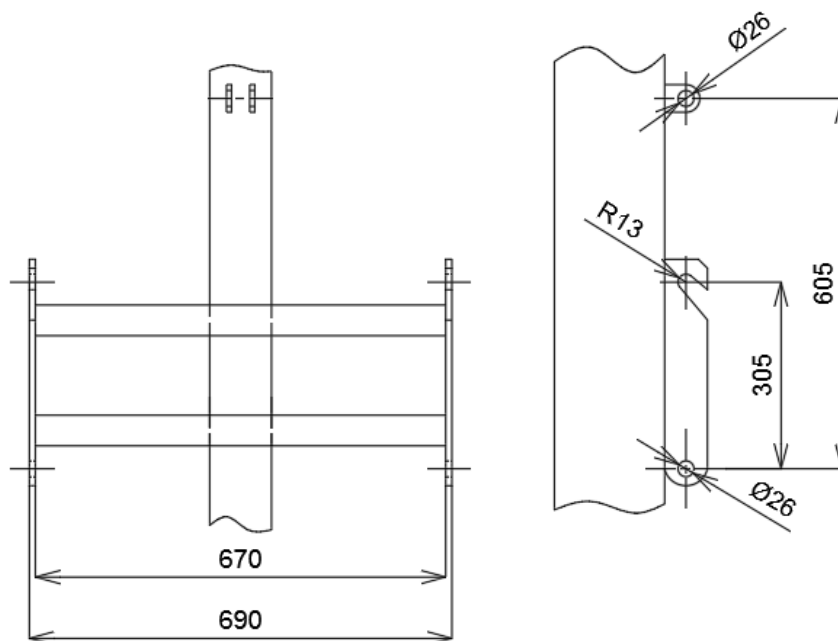
Existuje norma ČSN EN 609-1, která předepisuje bezpečnostní prvky. Informuje také o bezpečných pracovních postupech a popisuje nebezpečné situace které mohou nastat. [38]

## 8 ÚDRŽBA, PARAMETRY A KALKULACE CENY

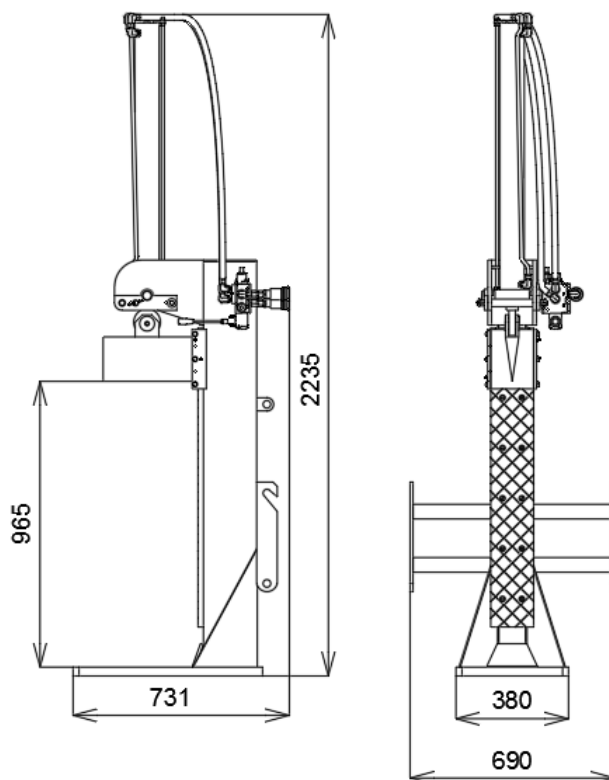
Před zahájením štípací sezóny je nutné znovu namazat vodící desku, po které se pohybuje klín vazelínou na kluzné plochy například Mogul A00. Před nanesením vazelíny je nutné staré mazivo odstranit a povrchy odmastit. Dále je vhodné zkontrolovat stav čepu spojující klín a oko na hydromotoru z důvodu vyššího namáhání na otláčení.

Jelikož štípač po většinu času pracuje v lese, bude docházet k oděru ochranného nátěru. Vlivem toho se začne vyskytovat koroze, která je nežádoucí obzvláště v oblastech s vysokým namáháním. Odřená místa je doporučeno znovu ošetřit antikorozním nátěrem. Může také dojít k mechanickému poškození hydraulických hadic. Ty je v případě poškození potřeba bezodkladně vyměnit.

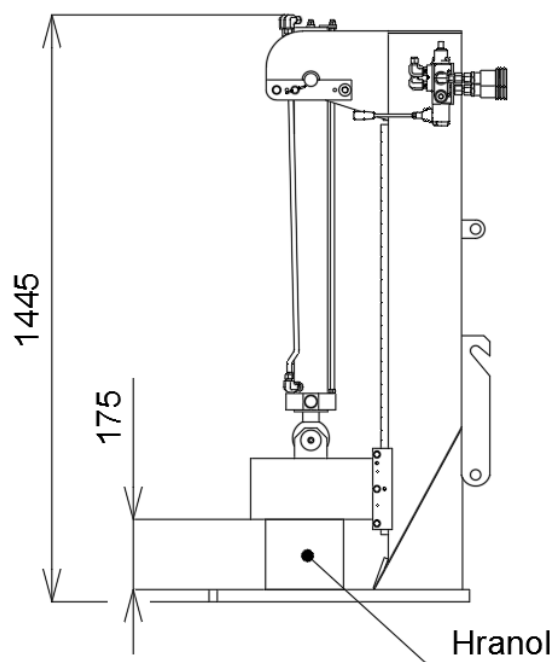
### 8.1 Úchopové body a parametry



Obrázek 59 Úchopové body



Obrázek 60 Rozměry



Obrázek 61 Rozměry složeného stavu

Hranol slouží ke správnému rozložení ze složeného stavu. Klín se při maximálním vysunutím v rozloženém stavu nedotýká podstavy a je potřeba pod něj vložit hranol, aby došlo k odlehčení jisticího zařízení. A opačně při rozkládání musí dojít k dokonalému kontaktu mezi čepy a půlměsíci.

Následující tabulka shrnuje základní parametry štípače při maximálním přípustném tlaku 18 MPa a otáčkách 1 200 za minutu.

Tabulka 1 Základní parametry

Činnost	Síla	Rychlost	Čas
Štípání	7.061 t	$0.083 \text{ 1 } \frac{m}{s}$	9.621 s
Vysokorychlostní štípání	2.306 t	$0.254 \text{ 6 } \frac{m}{s}$	3.142 s
Zpětný pohyb klínu	4.756 t	$0.123 \text{ 5 } \frac{m}{s}$	6.480 s

## 8.2 Cenový odhad

Štípačka byla vyráběna z většinové části svépomocí v domácí dílně, a tak do ceny není započítána práce a energie. Veškeré částky jsou za nové díly. Cenu lze výrazně snížit nakoupením již použitých dílů.

Tabulka 2 Aktuální ceny

Díl	Cena včetně DPH v Kč
Hydromotor	6 295
Rozvaděč	3 392
Hydraulické hadice (2)	617
Hydraulické šroubení	2 700
Profil I	1 582
Ostatní ocel	11 397
Výpalky na laseru včetně materiálu	3 000
Šrouby, matice, podložky, maznice	200
Celkem	29 183

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vyrobit mobilní závěsný štípač za traktor dle konkrétních požadavků, jako jsou například rozměry úchopových bodů, maximální hmotnost, maximální štípací síla a zdvih

V teoretické části je čtenář obeznámen se zpracováním dřeva formou štípání a řadou štípaček rozdělených do několika hlavních skupin. Není vynechána ani kapitola pojednávající o hydraulických mechanismech, které tyto zařízení k činnosti využívají. Samotný návrh štípače předchází také průzkum trhu a možnosti připojení štípače k traktoru.

V praktické části posloužily získané informace k volbě konstrukce a skladbě hydrauliky. Byly nastíněny veškeré požadavky na štípač a vše co může traktor nabídnout. Na počátku návrhu byl početně zvolen hydromotor a poté v softwaru Inventor Professional 2020 byl zhotoven hrubý návrh štípače. Následně se provedla ve stejném programu pevnostní analýza a došlo k opravě míst s vysokou koncentrací napětí. Vytvořila se výkresová dokumentace, nakoupil se chybějící materiál a začalo se vyrábět. Během výroby se pak ještě prováděli konstrukční úpravy, které byly zpětně zapracovány do 3D modelu i výkresové dokumentace. Významnou úpravou bylo pootočení hydromotoru v držáku o 45° kvůli hydraulickému vedení, proběhlo zvětšení svarů a byl zakoupen lepší rozvaděč. A také se dále zdokonaloval model štípače v softwaru. Proto se také konečný výsledek mírně od modelu liší. Cenový odhad vyšel poměrně vysoký a může být z velké části způsoben rychle rostoucí cenou oceli v posledních letech. Není nutné nakupovat vše nové, a tak výsledná cena nebyla až tak dramatická.

Vyrobený štípač má robustní konstrukci a nepřekvapí jej ani ty nejzákladnější špalky o velkých průměrech dosahujících až 90 centimetrů. Veškeré požadavky splňuje na výbornou, je velmi lehce a rychle rozložitelný z převozního stavu a v lese se s traktorem skvěle doplňují. Traktor je schopný se se štípačem dostat i na velmi obtížně přístupná místa a přepravit špalek až k vlečce, kde jej štípač rozštípe na menší polena.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] POJAR, Petr. Jak vybrat štípačku na dřevo, je lepší horizontální a nebo vertikální a jaký by měla mít výkon Zdroj: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-vybrat-stipacku-na-drevo-je-lepsi-horizontalni-a-nebo-vertikalni-a-jaky-by-mela-mit-vykon-27681.html>. ČESKÉ STAVBY.cz [online]. České Budějovice, 2021 [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-vybrat-stipacku-na-drevo-je-lepsi-horizontalni-a-nebo-vertikalni-a-jaky-by-mela-mit-vykon-27681.html>
- [2] Štípač dřeva na principu setrvačníku rychle štípačka. Okhhelp [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.okhhelp.cz/stroje-naradi/stipac-dreva-na-principu-setrvacniku-id-362/>
- [3] Ruční štípač dříví. Okhhelp [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.okhhelp.cz/stroje-naradi/rucni-stipac-drivi-id-363/>
- [4] 10 Dangerous Homemade Automatic Firewood Processing Machine, Wood Cutting Machine Splitting Firewood [online]. YouTube. 2019 [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=3ks\\_lbtgJSw&ab\\_channel=WoodworkingTV](https://www.youtube.com/watch?v=3ks_lbtgJSw&ab_channel=WoodworkingTV)
- [5] Štípač na dřevo bubnový který polinka krájí nožem. Okhhelp [online]. [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://www.okhhelp.cz/stroje-naradi/stipac-na-drevo-bubnovy-ktery-polinka-kraji-nozem-id-693/>
- [6] Rębak łuparka bębnowa do drzewa. YouTube [online]. 2012 [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=Uq5EUt7UpQo&ab\\_channel=Micha%C5%82Sajna](https://www.youtube.com/watch?v=Uq5EUt7UpQo&ab_channel=Micha%C5%82Sajna)
- [7] Kuželový/šroubový štípač dřeva. Tlamka technika [online]. Boskovice [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://www.tlamka.cz/kuzelovy-stipac-treva/kuzelovy-sroubovy-stipac-dreva/>
- [8] ŠTÍPAČKY DŘEVA. VARI [online]. Libice nad Cidlinou, 2021 [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://www.vari.cz/rady-a-navody/rady-do-zahrady/stipacky-dreva/art:238/>



- [9] PAVLOK, Bohuslav, Lumír HRUŽÍK a Miroslav BOVA. HYDRAULICKÁ ZAŘÍZENÍ STROJŮ [online]. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://projekty.fs.vsb.cz/414/hydraulicka-zarizeni-stroju.pdf>
- [10] VOLEK, František. Základy konstruování a části strojů II: mechanismy strojů. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, 2003, 89 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 8073181118.
- [11] ŠKOPÁN, Miroslav. Hydraulické pohony strojů. Elektronický studijní text – sylabus [online]. VUT – Vysoké učení technické v Brně, 2009 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/priloha.php?dpid=166668](https://www.vut.cz/www_base/priloha.php?dpid=166668)
- [12] RIEGER, František, Tomáš JIROUT a Václav NOVÁK. Hydromechanické procesy I. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 209 s. ISBN 8001032868.
- [13] DOSTÁL, Pavel. Stroje a zařízení: čerpadla, stroje na dopravu a stlačování vzdušnin, energetika. Ostrava: Ostravská univerzita, 2014, 99 s. ISBN 9788074645266.
- [14] MILLER, Rex, Mark Richard MILLER and Harry STEWART. Audel pumps and hydraulics. Indiana: Wiley Publishing, c 2004, ISBN 0764579118.
- [15] Vrtulová čerpadla E. Čerpadla míchadla [online]. Ostrava [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-michadla.cz/Vrtulova-cerpada-E-d9.htm#detail-anchor-description>
- [16] RAYAN, Magdy Abou, Nabil MOSTAFA and Purage OHANS. TEXTBOOK OF MACHINES HYDRAULIC [online]. Zagazig University, 2009 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: [https://imammaolana.files.wordpress.com/2010/11/hydraulic\\_machines\\_textbook.pdf](https://imammaolana.files.wordpress.com/2010/11/hydraulic_machines_textbook.pdf)
- [17] NESBITT, Brian. Handbook of Pumps and Pumping. Oxford: Elsevier, 2006, ISBN 781856174763.
- [18] AXIÁLNÍ PÍSTOVÁ ČERPADLA – OBECNÉ INFORMACE. GAMA Kladno [online]. Buštěhrad [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.gamakladno.cz/uploads/gama/files/products/popis%20axi%C3%A1ln%C3%ADch%20%C4%8Derpadel.pdf>
- [19] STEWART, Maurice. Surface Production Operations: Pumps and Compressors. Cambridge: Elsevier, c 2019, ISBN 9780128098950.

- [20] EXTERNAL GEAR PUMPS. Fluid-O-Tech: POWER THE FLOW [online]. Milano [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.fluidotech.it/en/technical-support/technical-insights/external-gear-pumps/>
- [21] Hydraulický válec, přímočarý hydromotor, hydraulický píst [online]. ELOTECHNIK. Žamberk [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.elotechnik.cz/hydraulicky-valec-primocary-hydromotor-hydraulicky-pist/?ppt=18>
- [22] Eckart\_letak\_01: Kyvné hydromotory [online]. BIBUS. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: [https://www.bibus.cz/fileadmin/editors/countries/bisro/Produkty/Eckart/Eckart\\_letak\\_01.pdf](https://www.bibus.cz/fileadmin/editors/countries/bisro/Produkty/Eckart/Eckart_letak_01.pdf)
- [23] HEJMAL, Zdeněk. Konstrukce, princip funkce a základní charakteristiky hydromotorů [online]. SlidePlayer. Univerzita obrany v Brně [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2511626/>
- [24] PARR, Andrew. Hydraulics and Pneumatics: A technician's and engineer's guide. 2nd ed. Oxford: Elsevier, 2006. ISBN 9780750644199.
- [25] BAUER, František, SEDLÁK, Pavel a ŠMERDA, Tomáš. Traktory. Praha: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. s. 107. ISBN 80-86726-15-0
- [26] Kompletní normalizovaný třibodový závěs (pro TZ4K14) | DZZ-520 [online]. AGROAD. Kuřim [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://eshop.agroad.cz/eshop-dzz-520-zadni-tribodovy-zaves-tz4k14-s-vykyvnymi-listami.html>
- [27] Nasetraktory [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <http://www.nasetraktory.eu/forum/>
- [28] Traktorové čelní nakladače Quicke lze používat ve spojení s jakýmkoli traktory [online]. Agroportal24h.cz. Hradec Králové: Vega [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/traktorove-celni-nakladace-quick-e-lze-pouzivat-ve-spojzeni-s-jakymikoli-traktory>
- [29] 10830440 - Befestigung Satz – SMS [online]. QUICKE. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://parts.quicke.nu/AssertWeb/de/Quicke/PartAssembly/26242>

- [30] PROFI TOOLS ŠTÍPAČ DŘÍVÍ PM4T-370 [online]. BESTSELLER. Praha [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: [https://www.bestseller.cz/stipac-drivi-pm4t-370.html?gclid=EAIaIQobChMI6O\\_VnIO9\\_QIVH4BQBh3i\\_QmlEAQYBSABEGLyIfD\\_BwE](https://www.bestseller.cz/stipac-drivi-pm4t-370.html?gclid=EAIaIQobChMI6O_VnIO9_QIVH4BQBh3i_QmlEAQYBSABEGLyIfD_BwE)
- [31] PROTECO 51.06-SH-2300 štípačka na dřevo horizontální 7 tun, 230 V [online]. Domatech. Černožice [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: [https://domacitechnika.cz/51-06-sh-2300-stipacka-na-drevo-horizontalni-7-tun-230-v-p169789/?utm\\_source=Google+n%C3%A1kupy&utm\\_medium=ppc&utm\\_campaign=PROTECO+51.06-SH-2300+%C5%A1t%C3%ADpa%C4%8Dka+na+d%C5%99evo+horizont%C3%A1ln%C3%AD+7+tun,+230+V&gclid=EAIaIQobChMIzvjiIm9\\_QIVZ49oCR2x7AHaEAQYCSABEGKuPPD\\_BwE](https://domacitechnika.cz/51-06-sh-2300-stipacka-na-drevo-horizontalni-7-tun-230-v-p169789/?utm_source=Google+n%C3%A1kupy&utm_medium=ppc&utm_campaign=PROTECO+51.06-SH-2300+%C5%A1t%C3%ADpa%C4%8Dka+na+d%C5%99evo+horizont%C3%A1ln%C3%AD+7+tun,+230+V&gclid=EAIaIQobChMIzvjiIm9_QIVZ49oCR2x7AHaEAQYCSABEGKuPPD_BwE)
- [32] DIGGER - LS-18E - 18TUN EL. MOTOR, ŠTÍPAČ DŘEVA, ŠTÍPAČKA, ŠTÍPAČ NA DŘEVO, ŠPALÍKOVAC, ŠTÍPAČKA KULATINY, HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČ [online]. Nejlevnější trakory. Kolín [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://www.nejlevnejsitrakory.cz/stipacky-dreva/stipac-dreva--stipacka-digger-18tun-el--motor/>
- [33] ŠTÍPAČKA DŘEVA PATRIOT 8T [online]. Mountfield.cz. Mnichovice [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: [https://www.mountfield.cz/stipacka-dreva-patriot-8t-1zst9047?gclid=EAIaIQobChMIuYKLgsu9\\_QIVLo9oCR1PsQ6dEAQYCSABEGKSp\\_D\\_BwE](https://www.mountfield.cz/stipacka-dreva-patriot-8t-1zst9047?gclid=EAIaIQobChMIuYKLgsu9_QIVLo9oCR1PsQ6dEAQYCSABEGKSp_D_BwE)
- [34] Scheppach Vertikální štípač dřeva COMPACT, 15T, 400V/50Hz, 163 x 116 x 96 cm [online]. Obi.cz. Praha [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: [https://www.obi.cz/stipacky-na-drevo/scheppach-vertikalni-stipac-dreva-compact-15t-400v-50hz-163-x-116-x-96-cm/p/6083778?wt\\_mc=gs.pla.Zahradaavoln%C3%BDcas.Zahradnitechika.Stipackynad%C5%99evo&wt\\_cc1=17531066859&wt\\_cc4=c&wt\\_cc9=139608472924&gclid=EAIaIQobChMIg7DwjOK9\\_QIVldayCh05YAvkEAQYASABEGJ-4\\_D\\_BwE](https://www.obi.cz/stipacky-na-drevo/scheppach-vertikalni-stipac-dreva-compact-15t-400v-50hz-163-x-116-x-96-cm/p/6083778?wt_mc=gs.pla.Zahradaavoln%C3%BDcas.Zahradnitechika.Stipackynad%C5%99evo&wt_cc1=17531066859&wt_cc4=c&wt_cc9=139608472924&gclid=EAIaIQobChMIg7DwjOK9_QIVldayCh05YAvkEAQYASABEGJ-4_D_BwE)

- [35] JANSEN HS-20H110 V2, ŠTÍPAČ DŘEVA, ŠTÍPAČKA, ŠTÍPAČ NA DŘEVO, ŠPALÍKOVAC, ŠTÍPAČKA KULATINY, HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČ, VERTIKÁLNÍ ŠTÍPAČ [online]. Nejlevnější traktory. Kolín [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://www.nejlevnejsitraktory.cz/stipacky-dreva/stipac-dreva-jansen-hs-20h110-v2/>
- [36] Hodnoty mezi pevnosti, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel. E-konstrukter [online]. Brno: Nová média [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hodnoty-mezi-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>
- [37] SPIROL představuje plné válcové kolíky a čepy. Oneindustry [online]. Brno [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/strojirenstvi/spirol-predstavuje-plne-valcove-koliky-a-cepy/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$\tau_{Sdov}$	dovolené napětí ve stříhu	[MPa]
$\tau_{Sm}$	mez pevnosti ve stříhu	[MPa]
D	průměr vnitřního válce hydromotoru	[mm]
d	průměr pístní tyče	[mm]
F	navrhovaná štípací síla	[t, N]
$F_1$	skutečná štípací síla	[t, N]
$F_{1spoj}$	štípací síla působící spojitě na hranu hlínu	[N]
$F_1'$	síla hydromotoru při vysokorychlostním štípání	[t, N]
$F_2$	síla hydromotoru při zpětném pohybu	[t, N]
L	délka chodu hydromotoru	[mm]
$M_{iA}$	všechny ohybové momenty působící v bodě A	[Nmm]
n	otáčky motoru	[ot/min]
p	maximální tlak v hydraulickém okruhu	[MPa]
$p_{dov}$	dovolené namáhání na otláčení	[MPa]
$Q_V$	objemový průtok	[m <sup>3</sup> /s]
$R_e$	napětí na mezi kluzu	[MPa]
$R_{\mathcal{S}}$	reakční síla působící na šroub	[N]
$R_K$	reakční síla působící na kolík	[N]
S	činná plocha	[mm <sup>2</sup> ]
$t_1$	doba štípání	[s]
$t_1'$	doba při vysokorychlostním štípání	[s]
$V_1$	objem hydromotoru nad pístem	[m <sup>3</sup> ]
$V_2$	objem hydromotoru pod pístem	[m <sup>3</sup> ]
$V_g$	geometrický objem čerpadla	[cm <sup>3</sup> ]

---

$v$	rychlost	[m/s]
$v_1$	rychlost štípání	[m/s]
$v_1'$	rychlost při vysokorychlostním štípání	[m/s]
$v_2$	rychlost zpětného pohybu klínu	[m/s]

SMS označení typu úchytu čelního nakladače

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Štípač s využitím ozubeného hřebene [2] .....	11
Obrázek 2 Ruční kyvadlový štípač [3] .....	12
Obrázek 3 Štípací klín na hřídeli [4].....	12
Obrázek 4 Štípací klín na kotouči [4] .....	13
Obrázek 5 Bubnový štípač [6] .....	13
Obrázek 6 Kuželový štípač [7] .....	14
Obrázek 7 Vertikální hydraulická lineární štípačka [8].....	15
Obrázek 8 Vertikální hydraulická lineární štípačka [1].....	15
Obrázek 9 Otevřený, uzavřený hydraulický obvod [10].....	16
Obrázek 10 Radiální lopatkové čerpadlo [14] .....	18
Obrázek 11 Axiální vrtulové čerpadlo [12] .....	18
Obrázek 12 Pístové čerpadlo [10].....	19
Obrázek 13 Rotační axiální pístové čerpadlo [18].....	20
Obrázek 14 Rotační radiální pístové čerpadlo [10] .....	20
Obrázek 15 Zubové čerpadlo s vnějším ozubením [13] .....	21
Obrázek 16 Zubové čerpadlo s vnitřním ozubením [13] .....	21
Obrázek 17 Lineární hydromotory [11].....	22
Obrázek 18 Kyvný hydromotor [23] .....	23
Obrázek 19 Tlakový ventil [11].....	24
Obrázek 20 Zapojení škrtkícího ventilu sériově za hydromotorem [24] .....	25
Obrázek 21 Zapojení škrtkícího ventilu paralelně s hydromotorem [24].....	26
Obrázek 22 Škrtkící ventil se zpětným ventilem [10] .....	26
Obrázek 23 Škrtkící ventil s tlakovou kompenzací [24].....	26
Obrázek 24 Třícestný dvoupolohový šoupátkový rozvaděč [11] .....	27
Obrázek 25 Čtyřcestný třípolohový šoupátkový rozvaděč [11] .....	28
Obrázek 26 Propojení šoupátkových sekcí [11] .....	28
Obrázek 27 Zpětný ventil [11].....	29
Obrázek 28 Hydraulický zámek, značka a jeho zapojení [11] .....	29
Obrázek 29 Tříbodový závěs [26] .....	30
Obrázek 30 Úchyty čelního nakladače [29].....	31
Obrázek 31 PM4T-370 [30].....	32
Obrázek 32 PROTECO 51.06-SH-2300 [31] .....	32
Obrázek 33 DIGGER - LS-18E [32] .....	33
Obrázek 34 PATRIOT 8T [33].....	33

Obrázek 35 Scheppach COMPACT 15T [34] .....	34
Obrázek 36 JANSEN HS-20H110 V2 [35] .....	34
Obrázek 37 Traktor .....	37
Obrázek 38 Zadní třibodový závěs .....	37
Obrázek 39 Čelní nakladač .....	38
Obrázek 40 Model štípače bez a se špalkem .....	43
Obrázek 41 Nejvíce namáhaný svar .....	44
Obrázek 42 Namáhání držáku hydromotoru .....	45
Obrázek 43 Namáhání vrchní části .....	45
Obrázek 44 Namáhání spodní části .....	46
Obrázek 45 Namáhání třibodového uchycení .....	46
Obrázek 46 Namáhání uchycení na čelní nakladač .....	47
Obrázek 47 Schéma namáhání na klínu .....	48
Obrázek 48 Schéma namáhání čepu .....	49
Obrázek 49 Výpalky .....	51
Obrázek 50 Horní část, klín a vodící deska před svařováním .....	52
Obrázek 51 Detail držáku hydromotoru .....	52
Obrázek 52 Zajišťování .....	53
Obrázek 53 Složená štípačka na čelním nakladači .....	53
Obrázek 54 Detail vedení hydromotoru a jeho držáku .....	54
Obrázek 55 Složená štípačka na traktoru v lese .....	55
Obrázek 56 První štípání v lese .....	56
Obrázek 57 Využití zadního závěsu k transportu špalku .....	56
Obrázek 58 Štípání velkého špalku .....	57
Obrázek 59 Úchopové body .....	59
Obrázek 60 Rozměry .....	60
Obrázek 61 Rozměry složeného stavu .....	60



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Základní parametry .....	61
Tabulka 2 Aktuální ceny .....	62

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: 3D model

Příloha P II: Výkresová dokumentace

- Sestava 1-00-00
  - Kusovník 1-00-01
  - Vodící deska 1-00-02
  - Držák klínu 2 1-00-03
  - Podpěra 1-00-04
  - Čep 1 1-00-05
  - Čep 2 1-00-06
  - Tyč uchycení 1-00-07
  - Trubka úprava 1-00-08
- Svařenec 1 1-01-00
  - Podstava 1-01-01
  - Sloup 1-01-02
  - Plech boční 1-01-03
  - Plech horní 1-01-04
  - Výztuha 1 1-01-05
  - Výztuha 2 1-01-06
  - Vzpěra 1 1-01-07
  - Bočnice 1-01-08
  - Třetí bod 1-01-09
- Svařenec 2 1-02-00
  - Rameno 1-02-01
  - Vzpěra 2 1-02-02
  - Půlměsíc 1-02-03

- Tyč přední 1-02-04
- Tyč zadní 1-02-05
- Držák hydromotoru 1 1-02-06
- Držák hydromotoru 2 1-02-07
- Svařenec 3 1-03-00
  - Držák rozvaděče 1-03-01
- Svařenec 4 1-04-00
  - Klín 1-04-01
  - Držák klínu 1 1-04-02
  - Oko na klínu 1-04-03
- Svařenec 5 1-05-00
  - Držák hydromotoru 3 1-05-01
  - Čep 1-05-02
  - oko 1-05-03
  - Držák hydromotoru 4 1-05-04
  - Pístní tyč úprava 1-05-05