



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

MODULÁRNÍ HASEBNÍ NÁSTAVBA PRO VYVÁŽECÍ PŘÍVĚS

MODULAR FIREFIGHTING SUPERSTRUCTURE FOR TIMBER TRAILER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Němec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Václav Mergl, Ph.D.

BRNO 2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Filip Němec**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Václav Mergl, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

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

Modulární hasební nástavba pro vyvážecí přívěs

1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PROBLEMATIKY ÚKOLU:

Tvorba konstrukce modulární hasební nástavby pro vyvážecí přívěs tažený zemědělským traktorem. Modulární hasební nástavba slouží k uhašení lesních požárů malých rozsahů nebo následnému dohašení menších míst v požářištích.

Technické parametry:
Objem cisterny do 10 000 l.

2 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Vytvoření konstrukce cisterny.
Vytvoření vhodného způsobu uchycení cisterny na rám přívěsu.
Stanovení výkonu pro vodní čerpadlo.
Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů.
Celkový výkres sestavy cisterny.
Díleňské výkresy součástí.

3 SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

NERUDA, Jindřich. Technika a technologie v lesnictví: učební text pro předměty Technika a technologie v lesnictví, Základní procesy těžby a dopravy dříví, Technika a technologie lesní těžby a Technika a technologie dopravy dříví. 2., přeprac. vyd. V Brně: Mendelova univerzita, 2015. ISBN 978-80-7509-193-2.

NERUDA, Jindřich. 2013. Technika a technologie v lesnictví: učební text pro předměty Technika a technologie v lesnictví, Základní procesy těžby a dopravy dříví, Technika a technologie lesní těžby a Technika a technologie dopravy dříví. Díl první. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-839-4.

NERUDA, Jindřich. Harvesterové technologie lesní těžby. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-842-4.

NERUDA, Jindřich. 2021. Soustředování dříví vyvážecí traktorovou soupravou s vyvážecím traktorovým přívěsem LV10 HP: charakteristika ověřené technologie. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-787-3.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L.S.

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

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje návrhu modulární hasící nástavbě pro vyvážecí přívěsy. Rešerše je zaměřená na existující hasící nástavby, konstrukční charakteristiky návěsů, druhy čerpadel na hašení, konstrukční charakteristiky nádrží a druhy výměn nástaveb. Výstupem práce je kompletní 3D model sestavy nástavby. V práci jsou obsaženy výpočty průhybu profilů, pevnostní výpočty spojovacích součástí a kontrola vzpěru podpěr. Výsledkem práce je výkres sestavení celé nástavby.

KLÍČOVÁ SLOVA

Modulární hasící nástavba, vyvážecí návěs, traktor

ABSTRACT

Modular firefighting attachment, forwarding trailer, tractor

KEYWORDS

This bachelor's thesis focuses on the design of a modular firefighting attachment for forwarding trailers. The research part is focused on existing firefighting attachments, structural characteristics of trailers, types of firefighting pumps, structural characteristics of tanks and types of attachment exchanges. The outcome of the thesis is a complete 3D model of the attachment assembly. The thesis includes calculations of profile deflection, strength calculations of connecting components and buckling check of supports. The result of the work is a full drawing of entire attachment assembly.



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Němec, Filip. Modulární hasící nástavba pro vyvážecí přívěs. Brno, 2024. **Závěrečná** práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí **závěrečné** práce **Václav Mergl**. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157645>



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením **Ing. Václava Mergla, Ph.D.** a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 24. května 2024

.....

Filip Němec



PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Václavu Merglovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu a vedení této práce. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za důležité rady při návrhu konstrukce a následných výpočtech.

OBSAH

Úvod	11
1 Hasební nastavby	12
1.1 Hasičská nastavba Ponsse plc	12
1.2 Hasičská nastavba Bijol D.o.o	12
1.3 Hasičská nastavba Vimek ab	13
2 Konstrukční charakteristiky částí nastaveb.....	12
2.1.1 Centrální rám	12
2.1.2 Náprava a pohon	13
2.1.3 Příslušenství návěsů.....	15
2.2 Konstrukční charakteristiky cisterny	16
2.2.1 Používané materiály	16
2.2.2 Přepážky a systém přenosu váhy	17
2.2.3 Plnicí a výpustné otvory	18
2.2.4 Doplnňkové zařízení	19
2.3 Zařízení pro hašení požáru	20
2.3.1 Pístová čerpadla	20
2.3.2 Odstředivá čerpadla	20
2.3.3 Proudová čerpadla	21
2.3.4 Vývěvy	22
2.4 Řešení výměny modulárních nastaveb	22
2.4.1 Přímočaré hydromotory usazené na podvozku.....	22
2.4.2 Přímočaré hydromotory na rámu nastavby.....	23
2.4.3 Hydraulickým jeřábem	24
2.5 hákový systém	24
3 Vytvoření konstrukce hasící nastavby	26
3.1 Vyvázeční návěs Trejon MF1050 a koncepce zdvihu.....	27
3.1.1 Volba optimálního řešení výměny nastavby	27
3.2 Sestava nosiče nastavby.....	28
3.2.1 Základní rám.....	28
3.2.2 Teleskopické výsuvné ramena.....	29
3.2.3 Výsuvné rameno s přímočarým hydromotorem	30
3.2.4 Přímočarý hydromotor.....	30
3.2.5 Spojení s návěsem	32
3.3 Konstrukce nádrže a její základny.....	33
3.3.1 Nádrž	33
3.3.2 Základna nádrže.....	34
3.4 Volba vodního čerpadla pro hašení	35
4 Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů	37
4.1 Stanovení tíhové síly	37
4.2 Kontrola rámu na ohyb	37
4.3 Kontrola teleskopických ramen na ohyb	39
4.4 Kontrola čepu otočné nohy.....	40
4.5 Kontrola vzpěrné stability hydromotorů.....	41

4.6	Kontrola šroubů.....	42
Závěr	45
Použité informační zdroje	45
Seznam použitých zkratk a symbolů	52
Seznam příloh	55



ÚVOD

Minulý rok hořelo v lesích nejvíce za posledních 10 let. Průměrný rozsah požárů je kolem 400 ha. Oproti tomu minulý rok zasažená plocha byla cca 1715 ha. Škody způsobené požárem byly vyčísleny na 49,5 milionů Kč a bylo zraněno 63 osob. [1] Jelikož počet lesních požárů průměrně každým rokem roste je potřeba zavést různá opatření. Proti požárům bojují převážně pouze hasiči s jejich profesionální technikou. Při likvidaci největší překážkou bývá nedostupnost terénu a nedostatek vody na hašení v okolí.

První problém řeší existující hasičské soupravy pro lesnické stroje, jelikož díky podvozkům, které jsou dělané pro účely překonávání náročného terénu je schopna se dostat na místa kam by se hasičská technika nedostala. Nevýhodou je potřebný zdroj vody v okolí požáru, jelikož nástavba se na návěs instaluje prázdná a musí se před hašením naplnit. Nástavby vyrábí několik firem a jsou taženy traktorem, forwarderem nebo skidderem. Můžou být připevněny na pevno, což z nich dělá jednoúčelový návěs nebo je možno nástavby měnit výměnným systémem.

Cílem práce bylo navrhnout hasící nástavbu s objemem maximálně 10 000 litrů pro lesnický návěs typu MFP 1050 od firmy Trejon AB. Hlavním úkolem bylo najít řešení, které bude schopno nainstalovat nástavbu s již plnou nádrží a bude připraveno ihned k hašení. Pro návrh bylo potřeba pochopit jakými způsoby je možné nástavby instalovat a vybrat ten ideální. Zvolené řešení bylo vybráno z několika koncepcí, kterými bylo možné se inspirovat. Krom zdvihu bylo potřeba navrhnout konstrukci nosiče a nádrže. Dále bylo potřeba provést potřebné výpočty a zvolit vhodné čerpadlo pro účely této nástavby. Nakonec byla vytvořena potřebná výkresová dokumentace.

1 HASEBNÍ NÁSTAVBY

Hasební soupravy se používají na místech, kam by se klasické hasičské vozy nedostali. Jsou to samostatné jednotky, které dokážou svoji nádrž naplnit z přírodního zdroje pomocí vlastního čerpadla. Vybavení se většinou dají namontovat na veškeré vyvážecí vozy od daného výrobce.

1.1 HASIČSKÁ NÁSTAVBA PONSSE PLC.

Tato nástavba obsahuje hliníkovou nádrž, která je jádrem celého zařízení. Odolává použití různých chemikálií smíchaných s vodou, stejně jako mořské vody. Odstředivé ponorné čerpadlo slouží k doplňování nádrže. Na hašení se používá výkonné odstředivé čerpadlo, které disponuje průtokem až 950 l/min. [2] Naplnění 10 000 litrové nádrže trvá necelých 7 minut. [3] Vše je poháněno hydraulikou traktoru, a proto není potřeba žádný externí zdroj energie. Na dálku ovládané vodní dělo je poháněno hydraulicky. Otáčí se o 360° a pevný proud dosahuje až 50 metrů. [2] Tyto vlastnosti zaručují vysokou bezpečnost obsluhy při hašení. Instalaci nádrže je možno provést hydraulickým jeřábem na návěsu.



Obr.1 Hasicí nástavba Ponsse PLC. [2]

1.2 HASIČSKÁ NÁSTAVBA BIJOL D.O.O

Vyrábí se v provedení s objemem nádrže 5 000 až 10 000 litrů. [3] Hasicí dělo je zde připevněno na hydraulickém rameni, které je možné ovládat na dálku a dosáhne až 60 metrů daleko. [4] Nabízí také samo hasící systém, který ochraňuje samotné vozidlo před požárem. Díky použití kolo pásů místo kol je schopno překonat ještě náročnější překážky než konkurence. Navíc obsahuje úložný prostor pro vybavení a hasící hadici pro manuální hašení člověkem. Pro hašení a plnění se využívají odstředivá čerpadla. Nádrž se instaluje prázdná pomocí hydraulického jeřábu připevněnému na návěsu. Celou soupravu je možno ovládat na dálku, tudíž nedochází k ohrožení člověka, ale rychlost soupravy je v tu chvíli omezena na 4 km/h. [3]



Obr.2 Hasící nástavba Bijol D.O.O. [4]

1.3 HASIČSKÁ NÁSTAVBA VIMEK AB

Jedná se o jednoduchou nástavbu na vyvážecí vůz. Nádrž je vyrobena z mikrotenu, což je plast, který se řadí do stejné skupiny jako PET. Objem nádrže je 800 litrů a pro plnění a hašení se využívá benzinového čerpadla. [5] Neobsahuje hasící dělo, ale pouze 25 metrovou hadici. Konstrukce je vyrobena ze dřeva a je na ní několik držáku pro potřebné vybavení. Instalace je velice jednoduchá a nástavba sedí na všechny vyvážecí vozy značky VIMEK AB. Nástavba je schopna hasit pouze malé požáry a hašení provádí člověk na krátkou vzdálenost, jelikož čerpadlo nemá vysoký výstupní tlak.



Obr.3 Hasící nástavba Vimek AB [5]

Tyto nástavby mají nevýhodu potřeby vodního zdroje poblíž požáru, jelikož nástavba je schopna výměny pouze pokud je prázdná. Z tohoto důvodu je při hašení ztracen čas, který je v souboji proti požáru nejdůležitější.

2 KONSTRUKČNÍ CHARAKTERISTIKY ČÁSTÍ NÁSTAVEB

Vyvážecí návěsy jsou určeny k lehké manipulaci a soustředění dřeva. Používají se v kombinaci s traktory a většinou jsou vybaveny nakládacím hydraulickým jeřábem, který je poháněn hydraulikou traktoru nebo externím hydrogenerátorem, který je součástí návěsu.

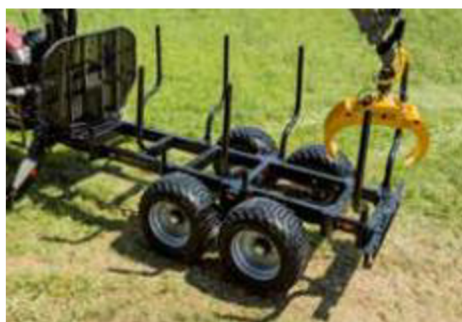
2.1.1 CENTRÁLNÍ RÁM

Masivní centrální rám musí zaručit průchodnost jakýmkoli terénem. Vyrábí se ze čtvercových nebo obdélníkových profilů, které jsou u větších návěsů navíc vyztuženy, aby nedošlo k jejich průhybu. Rám je povrchově upravovaný, může být pozinkovaný nebo lakovaný. Po stranách jsou přivařeny nosníky pro klanice. [6; 7] Rámy se vyrábí z jednoho profilu (trapézové), ale pro větší zatížení se vyrábí i dvojité rámy jako na obr. 5 (žebříkové). [8]

Pro zvýšení nosnosti je možné využít dvojitého vyztužení. Je důležité zaručit optimální vyvážení, aby nedošlo k převrácení. [6] Toto řeší **výsuvný rám**, který se skládá z několika spojených částí, aby se rám dal prodlužovat obr. 4. Výsuv je řešený většinou mechanicky, ale v některých případech se dělají i hydraulicky výsuvné rámy. Alternativní řešení je posuvné uložení podvozku pro dosažení stejného výsledku. [9]



Obr. 4 Výsuvný rám [9]

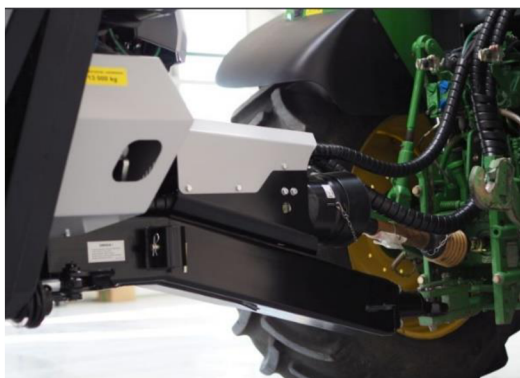


Obr. 5 Dvojité rám [9]

Oj je součást, která spojuje vozidlo s vyvážecím návěsem. Spojení oje a traktoru je realizováno závěsným okem nebo přívěsovým kloubem. Pro návěsy s větší nosností se používají závěsná oka a pro menší přívěsové klouby. Nejjednodušší řešení je pevná oj, která není vhodná do náročného terénu. Pro tyto případy se využívá zalamovací oj, která umožňuje směrové řízení soupravy. Tato oj je schopna úhlu vychýlení až 60°. [10] Natáčení se ovládá buď mechanicky nebo se vyrábí s oje s přímočarými hydromotory, které jsou schopny oj natáčet a tím docílit ještě větší přesnosti. [13]

Dále můžeme rozlišit oje **vodorovné a skloněné**. [10] Vodorovné se připojují do horního závěsu traktoru a skloněné do spodního. Nevýhodou skloněné oje je, že nechrání vývodový hřídel a hydraulické hadice před pády externích objektů, jelikož je uložen níže, jako je vidět na obr. 6. Na druhou stranu jeho zapojení je jednodušší díky stylu spojení k dolnímu závěsu.

Další způsob spojení traktoru s návěsem je **tříbodový nebo čtyřbodový závěs** (obr. 7), kde jsou na rámu návěsu nosná ramena, které drží dvojčinné přímočaré hydromotory. Hydromotory svým posuvem spojují návěs s traktorem. Tento závěs je dražší řešení, ale dokáže zvýšit efektivitu v některých případech i dvojnásobně. [11] Pístní tyč je spojena s dolní částí ramena závěsu pomocí čepového spoje, který je rozebíratelný, aby se dal závěs využít na více typů traktorů s různou výškou. Dva body spojení tvoří háky na spodních ramenech a třetí bod se nachází v horní části a je často řešený čepovým spojem. [12]



Obr. 6 Hydraulicky ovládaná skloněná otočná oj [13]



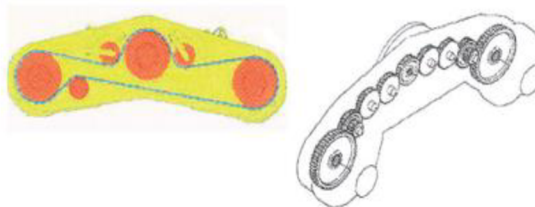
Obr. 7 Tříbodový závěs [11]

2.1.2 NÁPRAVA A POHON

Pro návěsy se používá jednoosá nebo nejčastěji používaná bogie (tandemová) náprava. Bogie náprava je řešena tak, že hřídele kol jsou pevně připevněny ke společnému rámu viz. obr. 8. Tento rám je symetricky kyvně uložen na čepu pevně připojenému na centrální rám podvozku návěsu. Toto zaručuje vhodné vlastnosti pro překonávání náročného terénu. [10] Pro perfektní synchronizaci otáčení kol je možnost výkon mezi koly přenášet pomocí řetězu nebo ozubenými koly (obr. 9). Toto se však řeší pouze u složitějších a tím pádem dražších návěsů. [14]



Obr. 8 Natáčecí náprava [9]



Obr.9 Schéma přenosu výkonu [14]

Brždění zajišťují nejčastěji pneumaticky nebo hydraulicky ovládané brzdy. Pro farmářské účely se používají bubnové brzdy. Nejčastěji se používají brzdy kotoučové ovládané pneumaticky. [39] Hydraulicky ovládané se používají pouze u větších návěsů, kde je potřeba větší brzdná síla, jelikož je to dražší provedení. [21] Brzdy, pokud to návěs nabízí jsou poháněny příslušenstvím návěsu. V ostatních případech se využívá jako zdroj média vozidlo, ke kterému je návěs připojen.



Obr. 10 Vzduchem ovládaná bubnová brzda [21]

Návěsy mohou také obsahovat samostatný **pohon kol**. Ten zajišťuje hydromotor a hydraulické válce, které pohání kolo se vzorkem stejným jako mají pneumatiky. Toto kolo je zatlačováno do vzorku pružinou, aby nedocházelo k prokluzu. Pohon je schopen plynule hýbat soupravou i v náročných terénech, kde je to potřeba. [21] Nejedná se o plnohodnotný pohon, jelikož maximální povolená rychlost s tímto řešením je 5 km/h. [18] Používá se pouze v terénu, kde by samotný pohon vozidla nestačil.



Obr.11 Hydraulický pohon kol [16]

Další možné řešení je stálý **nábojový pohon**. Na každém kole se nachází hydromotor, který pohání dané kolo. Většinou jsou poháněna všechna kola a je důležité si dát pozor, aby nedošlo k poškození hydraulických hadic. [9] Také existuje **elektro-hybridní pohon**, který využívá akumulátoru na návěsu a je schopen rekuperace při jízdě z kopce nebo ho dobíjí hydromotor na který je elektromotor napojen. [15]

Také je možnost pohonu nápravy **mechanickou převodovkou**. Ta je propojena přes kardan na vývodový hřídel. Hnací síla se přenáší pomocí soustavy hřídelů a diferenciálu až na ozubená kola v nápravách. [17]

Příslušenství je nejčastěji poháněno hydraulickým systémem traktoru nebo přidavnými hydrogenerátory na návěsu. Obě řešení musí navíc obsahovat chladič hydraulického oleje, aby

nedocházelo k přehřátí. [16] Hydraulika je vedena většinou profily návěsu, aby nedocházelo k jejich poškození.

Pneumatiky jsou velice důležitou součástí návěsu. Musí splňovat požadavky na stabilitu a jízdní vlastnosti pro podmínky, ve kterých návěs bude provozován. Základně se rozdělují na **přetlakové**, které se montují dvojité. **Nízkotlakové**, které mají obvykle omezenou rychlost na 40 km/h, ale při jízdě v terénu mají měkčí záběr a větší styčnou plochu, proto jsou vhodné do náročnějšího terénu. [18] **Široko profilové** jsou podle expertů vhodné pro stroje do nejtěžších terénů, jelikož jsou bezdušové a mohou být ze 75 % naplněny nemrznoucí kapalinou, což snižuje celkové těžiště a zvýší měrný tlak na půdu. Tím pádem se také zvýší maximální tažná síla. [19]

Poté rozdělujeme pneumatiky na **radiální a diagonální**. Rozdíl je, že jejich kordová vlákna jsou pokládána u radiálních pneumatik od paty k patě a u diagonálních jsou vzájemně zkrížené pod určitými úhly. [20] Používají se převážně radiální, jelikož mají větší životnost, menší valivý odpor a obecně lepší jízdní vlastnosti v terénu. [19] Tento rozdíl je vidět na obr. 13.



Obr. 12 Přídavný hydromotor s chladičem [16] Obr. 13 Diagonální (vlevo) a radiální (vpravo) pneumatika [19]

2.1.3 PŘÍSLUŠENSTVÍ NÁVĚSŮ

Opěrné nohy se používají kvůli manipulaci s těžkým dřevem. Je klíčové, aby návěsy poskytovali stabilní podporu. Toto zajišťují opěrné nohy, které zlepšují stabilitu v těchto případech. Mohou být buď teleskopické, která se rychle vysouvají nebo sklápěcí, která nabízí větší stabilitu. Ovládání je buď hydraulické nebo mechanické. [16]



Obr. 14 Hydraulicky ovládané sklápěcí opěrné nohy [16]

Ochranná mříž se nachází na začátku ložné části. Chrání kabinu a veškeré příslušenství návěsu před posuvem dřeva. [10] Vyrábí se pevná nebo s modifikovatelnou výškou. Na obr. 16 můžeme vidět provedení přímých klanic, které jsou spojeny s mříží pro zvýšení tuhosti.

Klanice jsou svislé konzoly, které mají za úkol vytvořit nákladový prostor. Zabraňují kmenům se hýbat do stran. Dle velikosti návěsu se používá 4 až 8 klanic. [10] Instalují se samostatně do navařených pouzder nebo v páru, kdy klanice jsou na jednom rámu, který se dá posouvat a upevní se v dané poloze pomocí upevňovacích šroubů. [15] Pro vývoz klestu je možnost vložit plechovou vanu, která je tvarovaná podle klanic, jako na obr. 17.

Mohou mít různé tvary a jsou buď pevné, vyklápěcí nebo teleskopické. Vyrábí se z ocelových čtvercových profilů nebo trubek mají na sobě často přivařené oka pro přidavné zajištění nákladu. [9]



Obr. 15 Návěs s nástavbou pro klestí [16]



Obr. 16 Ochranná mříž s klanicemi [16]

2.2 KONSTRUKČNÍ CHARAKTERISTIKY CISTERNY

2.2.1 POUŽÍVANÉ MATERIÁLY

Klíčovým faktorem je výběr materiálu, který je odolný vůči agresivním účinkům látek, které se v cisterně nachází. Nádrže se nejčastěji vyrábí z oceli s ochranným nátěrem, zinkované oceli nebo různých syntetických materiálů, které jsou vyztuženy skelnými vlákny. [21; 22]

Zinkovaná ocelová nádrž je další možnost. Jejich korozivzdornost a odolnost vůči mechanickému poškození jsou hlavní výhodou. Při zinkování se dodržuje standard DIN EN ISO 1461, který zaručuje trvalou ochranu proti korozi. [23] Pro správné provedení povrchové úpravy je potřeba, aby povrch cisterny vyčištěn, odmaštěn a musí projít mořením. Následně se nádrž vkládá do lázně s tavidlem, osuší se a vloží se do roztaveného zinku. Vrstva má být tlustá 0,03 – 0,05 mm. [21] Nádrže se po pozinkování natírají ještě ochranou vrstvou DUPLEX, která je schopna trhliny v laku souhrou se zinkem zaplní a tím nádrž chrání. [23]

Ocelová nádrž s ochranným nátěrem je alternativou pozinkování. Barvy používané k natírání jsou dlouholetým a nejrozšířenějším prostředkem k ochraně povrchu proti korozi. Jejich ochranná funkce spočívá v oddělení kovového povrchu od aktivně korozních látek. Z vnější strany se používá kombinace nátěrů na konstrukce a jeho tloušťka musí být alespoň 0,15 mm. [21]

Sklolaminátová nádrž je vyroben z materiálu, který má vysokou pevnost v tahu i tlaku, minimální tepelnou a elektrickou vodivost, a navíc skvělou odolnost vůči širokému spektru chemických látek i při vyšších teplotách. [22] Díky jeho způsobu výroby nabízí širokou variabilitu tvarů. Spojování jednotlivých komponent a opravy jsou jednoduché. Materiál je bezúdržbový a vykazuje velmi dlouhou životnost, jelikož první nádrže byly vyráběny již v sedmdesátých letech minulého století. [24] Nevýhodou je jeho vyšší cena a náročnost výroby oproti ocelovým nádržím. S větším počtem vyrobených kusů cena klesá, jelikož je potřeba vyrobit formu, která se poté opakovaně používá.



Obr.17 Sklolaminátová nádrž [24]

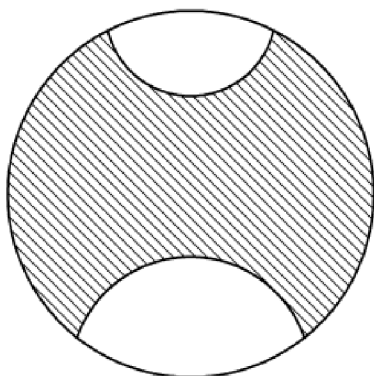


Obr.18 Zinkovaná ocelová nádrž [23]

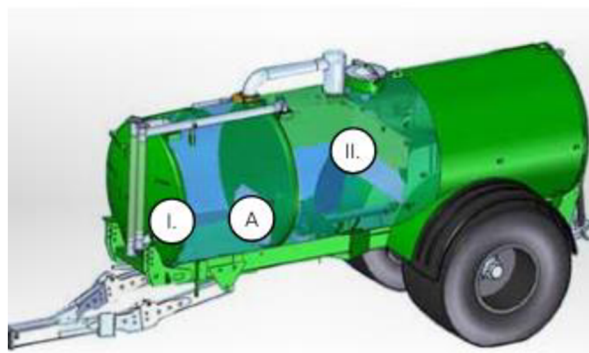
2.2.2 PŘEPÁŽKY A SYSTÉM PŘENOSU VÁHY

Nádrže s objemem přes 6 000 l, musí být opatřeny **přepážkami (vlnolamy)**, které musí být usazeny kolmo ke směru pohybu stroje, jejich počet odpovídat normě a její plocha musí mít plochu minimálně 2/3 příčného průřezu nádrže. [25] Je potřeba dbát na to, aby vlnolamy odolávaly chemickým vlivům převážené kapaliny. Zajišťují, aby se voda za jízdy nepřelévala a nezpůsobila převrácení celé soupravy z důvodu nárazů vody do čela. Voda díky vlnolamu ztrácí rychleji kinetickou energii, která může negativně působit i na další jízdní vlastnosti soupravy.

Pro správné vyvážení soupravy za jízdy lze využít **komorového systému**. Nádrž je rozdělena na dvě části přepážkou, která zdržuje kapalinu v přední části. Při plnění se obě části plní stejně. Při vyprazdňování se vyčerpá prvně zadní část a až dosáhne určité výšky začne se vyprazdňovat druhá část. [24]



Obr.19 Schéma vlnolamu [25]



Obr.20 Systém přenosu váhy [23]

2.2.3 PLNÍ A VÝPUSTNÉ OTVORY

Nádrž musí splňovat dostatečnou velikost otvorů, aby byl umožněn běžný servis, údržba a odstranění ucpání bez nutnosti obsluhy vstupovat do nádrže. U válcových otvorů nesmí být průměr větší než 400 mm a v případě obdélníkového otvoru 400x300 mm [25], aby se zabránilo vstupu celého těla do nádrže. Víka musí být opatřena pojistkou, aby nedošlo k neúmyslnému uzavření. Otvory mohou mít mechanicky nebo hydraulicky otevíratelná víka, které musí zaručit naprosté utěsnění otvoru. [23] Pokud je víko ovládáno hydraulicky musí být možno ovládat toto zařízení z místa řidiče. [25]



Obr.21 Víka cisterny [23]

Výpustné otvory musí být součástí každé nádrže. Měli by být dostatečně velké, aby nedocházelo k jeho ucpání a měli by se nacházet ve spodní části, aby se v případě potřeby nádrž vypustila kompletně.

2.2.4 DOPLŇKOVÉ ZAŘÍZENÍ

Pro přepravu materiálu, kde by mohlo dojít k sedimentaci se využívá **míchacího zařízení**. Bez tohoto by mohlo dojít k ucpání výpustných otvorů nebo dokonce k poškození čerpadla, které zaručuje vyprazdňování nádrže. Jsou 2 způsoby, jak tomuto zabránit. [26]

Pneumatické míchání můžeme využít v případě, že součástí cisterny je vývěva. Vývěva tlačí vzduch do trubice, která je zavedena do přepravovaného materiálu a víří ho. Tato trubice má po obvodu díry, aby vzduch proudil na více místech. Nevýhodou je neschopnost míchání během vyprazdňování, či přepravě.

Hydraulické míchání oproti tomu dokáže fungovat i během jízdy či vyprazdňování a plnění. V nádrži se nachází šneková hřídel (obr. 23). Ten je poháněný rotačním hydromotorem, který slouží jenom pro tento účel. Díky konstantnímu míchání není možné, aby došlo k sedimentaci.



Obr.22 Pneumatické míchání [26]



Obr.23 Hydraulické míchání [26]

Hladinoměr slouží k sledování aktuálního množství vody v nádrži. Existují digitální nebo klasické skleněné hladinoměry. **Digitální** fungují díky ponorného snímače hladiny, který měří výšku vody a podle rozměrů nádrže počítá v procentech aktuální stav. Některé jsou schopny spočítat i motohodiny čerpadla do vyčerpání nádrže. [27] **Skleněné** jsou usazeny na vnější stěně nádrže a vizuálně jsme schopni vidět aktuální stav vody v nádrži. Nejedná se o, tak přesné řešení, jako digitální verze, ale jeho cena je značně nižší. [28] Tímto zařízením musí být vybavena každá nádrž nad 6 000 litrů. [25]



Obr.24 Hladinoměr [32]

2.3 ZAŘÍZENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

Pro dopravu vody na požářiště se používají požární čerpadla. Používá se více typů, nejen k dodávce vody, ale i jiných látek používaných při zásazích. [29] Při volbě čerpadla je důležité zohlednit výtlak a průtok čerpadla s ohledem pro jaký styl hašení bude používáno. Pro hašení jsou vhodnější motorová čerpadla, protože jsou vhodné na místech, kde není přístup k elektrickému proudu. [30]

2.3.1 PÍSTOVÁ ČERPADLA

Tyto čerpadla fungují na principu dvoudobého pístového cyklu. Při pohybu od otevřeného sacího otvoru k horní úvratí nasává kapalinu, která v druhém cyklu při pohybu pístu k otevřenému vzlakovému otvoru vytlačí kapalinu ven při zvýšeném tlaku. Výhodou je schopnost generovat velké výstupní tlaky a dosahovat skvělých sacích schopností pro přepravu obtížně čerpatelných látek, a to i více korozivních a chemicky toxických kapalin. Dělí se podle počtu pracovních válců a způsobu činnosti. [31]



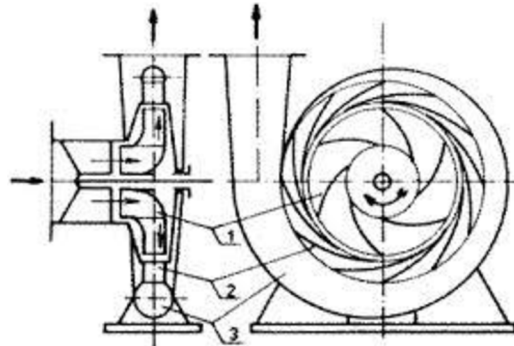
Obr.25 Pístové čerpadlo [31]

2.3.2 ODSŤŘEDIVÁ ČERPADLA

Odstředivá čerpadla jsou výkonná, rozměrově malá a lehká. Konstrukce je navržena jako rychloběžná a jsou poháněny spalovacím nebo elektrickým motorem. Tyto motory se pro hašení používají nejčastěji a nachází se ve většině hasičských zařízení. [29] Je vhodné pro účely, kde je potřeba kontinuální doprava kapaliny. Jeho rozjezd a zastavení je pomalejší a z toho důvodu nejsou vhodné pro účely, kde se vyžaduje časté zastavování. Zároveň průtok je závislý na několika faktorech, a proto není vhodný na přesné dávkování. Také neumí samostatně nasát vodu, proto je potřeba použít navíc vývěvu. Výhodou je relativně nízká pořizovací cena, nenáročná údržba a dlouhá životnost. [32]

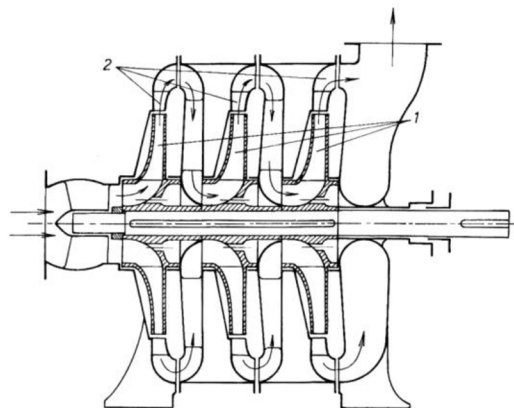
Toto čerpadlo využívá odstředivé síly působící na kapalinu vznikající při rotaci. Tato síla vzniká díky zahnutým lopatkám, které jsou připevněny k rotoru. Ten je poháněn na pevně spojenou hřídeli. Tyto lopatky se paprskovitě rozbíhají od středu oběžného kola ven a kapalina na ně přitéká od středu oběžného kola sacím otvorem. Kapalina není vytlačována silou lopatek, ale právě silou vzniklou při rotaci. Čerpadla podle uspořádání jejich oběžných kol rozdělujeme na jednostupňová a vícestupňová. [29]

Pro malé výstupní tlaky se navrhují jednostupňová čerpadla. Skládají se z oběžného kola (1), difuzoru (2) a spirální skříně (3). [33]



Obr.26 Schéma jednostupňového čerpadla [33]

Vícestupňová čerpadla se skládají z více oběžných kol a převaděčů řazenými za sebou. Díky tomuto jsou schopna dosahovat vyšších výstupních tlaků a tím větší výtlačné výšky. [34]



Obr.27 Schéma vícestupňového čerpadla [34]

2.3.3 PROUDOVÁ ČERPADLA

Hnací silou těchto čerpadel je pohybová energie proudu páry, tlakové vody nebo vzduchu, která strhuje dopravovanou kapalinu. Podle tohoto se rozdělují na parní injektory a vodní ejektory. Používají pro čerpání kapalin z větších hloubek nebo na místech, kde odstředivé či jiné čerpadlo není vhodné. Zároveň je schopna čerpat i znečištěnou vodu. Jsou velmi odolná a spolehlivá, jelikož v nich nedochází k žádnému mechanickému pohybu. Pro funkci potřebuje zařízení generující tlakové médium jako je třeba vzduchová vývěva nebo nějaké kapalinové čerpadlo. [35] Tyto čerpadla nejsou vhodná pro hašení, ale jsou nedílnou součástí hasičského vybavení pro případy, kde jiné typy jsou nedostačující.

Princip spočívá v tom, že tlaková kapalina je vhnána do trysky, ze které kapalina proudí velkou rychlostí do difuzéru. Za ním vlivem vzniklého podtlaku dochází k přísátí kapaliny, ve které je ejektor umístěn. [29]

2.3.4 VÝVĚVY

Pro hašení se vývěvy využívají společně s odstředivými čerpadly, která nejsou samonasávací. To znamená, že nejsou schopna pracovat nezavodněné. [29] Vývěva vysává vzduch ze sacího potrubí a okolní atmosférický tlak, který působí na hladinu vody natlačí vodu do sacího řádu. Tímto dojde k zavodnění odstředivého čerpadla a na výtlačku roste tlak. Poté se vývěva vypíná a hašení probíhá bez jeho fungování.

Vývěvy se dají využít samostatně například pro vyprazdňování cisteren, kde není potřeba vysoký výstupní tlak pro hašení. Výhodou je nízká pořizovací cena a nízké nároky na čistotu nasávaného materiálu oproti ostatním čerpadlům. V tomto případě musí být cisterna vybavena příslušenstvím pro provoz tlakových nádob. Jedná se o hladinoměr, plovákový ventil, manometr a pojistný ventil. [36] Toto jsou nezbytné komponenty, jelikož plnění a vyprazdňování funguje pomocí vytvořeného přetlaku nebo podtlaku v nádrži. Tento tlak působí nad hladinou kapaliny a může docházet k deformaci nádrže. Z tohoto důvodu se nádrže, kde se vývěva využívá vyrábí s válcovitým tvarem. Přepínání těchto režimu zaručuje čtyřcestný kohout.

2.4 ŘEŠENÍ VÝMĚNY MODULÁRNÍCH NÁSTAVEB

Existují různé řešení výměny modulárních nástaveb a každá je vhodná pro jiné účely. Tyto nástavby mají výhodu snížení nákladů, jelikož pro několik nástaveb pro různé účely stačí jeden podvozek.

2.4.1 PŘÍMOČARÉ HYDROMOTORY USAZENÉ NA PODVOZKU

Na podvozku jsou přímočaré hydromotory, které jsou schopny nadzvednout nástavbu. Pohon je zajištěn hydraulikou traktoru nebo přídavnými hydrogenerátory, které jsou součástí nástavby nebo návěsu. Každý typ vozidla má usazené hydromotory jinak, a proto je snaha vytvořit nástavby tak, aby seděly na různé druhy vozidel a byly tím co nejvíce univerzální.

Systém firmy HAWE Co. umožňuje optimální využití podvozků s několika výměnami během roku. Výměna je snadná a velice rychlá. Na návěsu jsou usazené 4 přímočaré hydromotory, které jsou schopny nadzvednout různé druhy nástaveb. Každá má na základně pouzdra, do kterých se nasouvají podpěrné nohy. Ty jsou mechanicky výsuvné, aby nástavba samostatně mohla stát i na nerovném povrchu. [37]



Obr.28 Návěs firmy HAWE [37]



Obr.29 Podpěrné nohy firmy HAWE [37]

Nosič výměnných nástaveb firmy FORNAL TRADING s.r.o. je nosič, který umožňuje u jednoho vozidla využívat několik druhů nástaveb a lze ho použít na více druhů vozidel. Toto z něj dělá velice univerzální nástroj. Jeho výměna trvá necelých 10 minut. [38] Systém je určen pro vozidla s nainstalovanými hydromotory v zadní části. Na výměnu se využívají mechanické podpěrné nohy, které jsou uloženy v bocích vozidla.



Obr.30 Nosič výměnných nástaveb na vozidle [38]

2.4.2 PŘÍMOČARÉ HYDROMOTORY NA RÁMU NÁSTAVBY

Firma Rothlehner s.r.o. přišla s řešením pracovní plošiny usazené na nosiči, který disponuje opěrami s přímočarými hydromotory. Tato nástavba je schopna samovolně stát, a když je připojena na hydraulický okruh je možno manipulovat jednotlivými opěrami i mimo vozidlo. Výměna je velice rychlá a nenáročná. [39] Přímočaré hydromotory jsou upevněny k teleskopickým ramenům, která jsou složena z obdélníkových profilů, které jsou vysouvací do stran pro ještě vyšší stabilitu. Zároveň je to nutné z důvodu výměny nástavby, jelikož by došlo ke kolizi vozidla a podpěrných nohou nástavby.



Obr.31 Nástavba firmy Rothlehner s.r.o. [39]

2.4.3 HYDRAULICKÝM JEŘÁBEM

Firma Ponsse plc. svoje nástavby instaluje hydraulickým jeřábem, který je nainstalovaný na návěsu. Toto řešení je vhodné v případě, že váha nástavby není příliš vysoká, aby ji rameno nezdvihlo. Z toho plyne velká nevýhoda nutnosti výskytu zdroje vody v okolí požáru, aby se nádrž mohla naplnit. [2] Dále je možnost využití nákladního vozu, který disponuje jeřábem, který nádrž může nainstalovat. [3]



Obr.32 Nástavba firmy Ponsse plc. [2]

2.5 HÁKOVÝ SYSTÉM

Existují tři typy mechanismů pro výměnu pomocí hákového systému. Nástavba je uložena na rámu, která má v zadní části válečky, které zaručují pohyb. Posuv zajišťují kola, které jsou uloženy na návěsu, a právě po nich se nástavba navaluje na návěs. Spojení ramene s nástavbou je vyřešeno hákem, který zaručuje pevný spoj potřebný k manipulaci. Tyto háky jsou opatřeny bezpečnostní pojistkou, aby nedošlo k uvolnění nástavby. [40]

První je systém hákové zdviže s teleskopickým ramenem s označením „T“. Firma Fliegl GmbH využívá na výměnu hákový systém, který spočívá v tahání nástavby na vozidlo pomocí ramene, které se pohybuje pomocí přímočarého hydromotoru (obr. 34). [41]



Obr.33 Druhy mechanismů [40]

Druhým typem jsou dvoukloubová ramena typu „S“ se sklopným hákovým ramenem (obr. 33). Ty mají přímočarý hydromotor navíc pro přesnější nastavení uhlů ramene, na kterém je upevněný hák pro co nejjednodušší manipulaci jako je vidět na obr. 35. Tento má větší nosnost než typ „T“.

Třetí typ mechanismu „Z“ kombinuje teleskopické hlavní rameno a sklápěcí hákové rameno. Využívá se pro ty největší vozidla a má největší nosnost a to až 30 000 kg. [40] Pro potřebu větší nosnosti existují dvouramenné hákové systémy.



Obr. 34 Dvoukloubový hákový systém „T“ [41]



Obr. 35 Dvoukloubový hákový systém „S“ [42]

3 VYTVOŘENÍ KONSTRUKCE HASÍCÍ NÁSTAVBY

Při vytváření konstrukce je potřeba uvažovat vyrobiteľnosť, cenovou dostupnosť a použiteľnosť v lešním prostredí. Také je potřeba zvážit váhu celkové konstrukce, jelikož cílem je mít co největší nádrž, ale návěs má nosnost maximálně 11,4 t. Konstrukce hasící nástavby viditelná na obr. 36 váží i s nádrží 2 102,3 kg. Nádrž má dle zadání objem 8 000 litrů. Celková hmotnost s plnou nádrží je tedy pouze 10 102,3 kg, jelikož hodnota 11,4 t je daná při maximální rychlosti 25 km/h. Byla ponechána hmotnostní rezerva, aby nedocházelo k poškození návěsu. Pro hašení byl zvolen typ samonasávacího čerpadla s požadovaným průtokem 500 l/min. Nádrž je usazena na rámu svařený z normalizovaných profilů, které jsou našroubované na nosiči. Díky tomuto se nosič dá využít i pro jiné nástavby. Samotná základna je na návěsu usazena v pouzdech místo klanic na trnech, které jsou pojištěny čepy proti pohybu směrem nahoru.

Parametry hasící nástavby:

Maximální šířka:	2 430 mm
Maximální délka:	3 900 mm
Maximální průtok čerpadla	583 l/min



Obr. 36 Hasící nástavba

3.1 VYVÁŽECÍ NÁVĚS TREJON MF1050 A KONCEPCE ZDVIHU

Výchozí bod návrhu je návěs MF1050 od firmy Trejon AB. Dle návěsu se odvíjejí veškeré rozměry hasící nástavby. Jedná se vyvážecí návěs na dřevo s natáčecí bogie nápravou až o 18°. Jeden výsuvný rám a posuvný podvozek zajišťují správné vyvažování soupravy. Brzdění zajišťují vzduchové nebo efektivnější hydraulické brzdy, pokud si to zákazník vyžádá. Disponuje vlastním hydraulickým nábojovým pohonem pro překonání náročnějších terénů. Otočná tažná oj dovoluje snadné přizpůsobení výšky pro různé typy traktorů. Ložný prostor tvoří pevná mříž a 4 páry posuvných klanic. Na přední části je usazen hydraulický jeřáb pro manipulaci se dřevem. Pro správné fungování jsou potřeba hydraulické podpěry, aby nedošlo k průhybu návěsu. Pro optimální pohyb v náročném terénu se používají velké pneumatiky se vzorem TRAC a zesílenými ráfky pro ochranu ventilů. [9]



Obr. 37 Vyvážecí návěs MF1050 [9]

3.1.1 VOLBA OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ VÝMĚNY NÁSTAVBY

Jako systém výměny byla zvolena koncepce pomocí výsuvných přímočarých dvojčinných hydromotorů podobně, jako to řeší firma Rothlehner s.r.o. [39] Důvodem je jednoduchost obsluhy a rychlost výměny nástavby. Tyto vlastnosti se skvěle hodí pro účely hasící nástavby, protože čas je jeden z hlavních faktorů, který hraje roli při požáru. Jiný způsob na zadaném návěsu není možný, jelikož neobsahuje hákový systém a hydraulický jeřáb nemá dostatečnou nosnost, aby byl schopen plnou nádrž naložit na návěs.



Obr. 38 Koncepce výsuvných podpěr firmy Rothlehner s.r.o. [39]

3.2 SESTAVA NOSIČE NÁSTAVBY

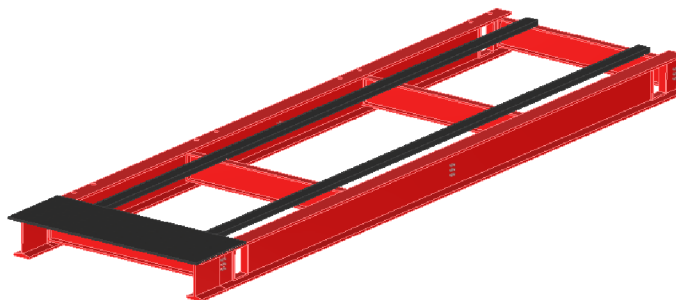
Nosič nástavby (obr. 39) je svařenec, který tvoří nosný prvek pro hasící nástavbu, či jiné druhy nástaveb, které budou mít stejné přípojovací rozměry. Umožňuje snadnou instalaci nástaveb na návěsy. Konstrukci bylo důležité uvažovat, že přímočaré hydromotory budou zvedat velkou váhu. Dále bylo důležité dodržet rozměry, aby návěs mohl najet pod nástavbu bez kolize s nástavbou. Přímočaré hydromotory jsou poháněny hydraulikou traktoru, jelikož poskytuje dostatečný tlak pro zdvih. Nosič celkově váží 1 132 kg. Všechny použité tenkostěnné profily jsou vyráběny z materiálu S235JR (ČSN 11 375), která je pro svařování ideální a splňuje pevnostní požadavky potřebné pro funkci. [46]



Obr. 39 Nosič nástavby

3.2.1 ZÁKLADNÍ RÁM NOSIČE

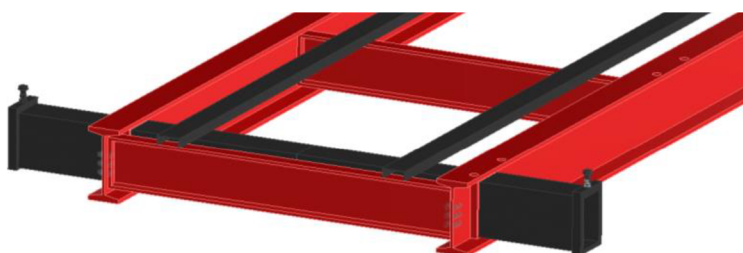
Základ je svařenec a tvoří dvojice I-profilů IPE 200, které jsou vyztuženy čtyřmi navařenými I-profilů IPE 140. [43] Tyto profily společně tvoří hlavní rám. V přední a zadní části jsou vypáleny otvory pro pouzdra výsuvných ramen přímočarých hydromotorů. V otvorech jsou přivařeny obdélníkové profily 180x140x10 mm, do kterých se následně ramena vkládají. Podélně jsou navíc navařeny dva U-profilů 80x40x4 mm pro dodatečné vyztužení a přidání styčných ploch pro lepší rozložení váhy nádrže na nosič. [43] Na zadní části je přivařena plechová plošina tlustá 5 mm vyrobená z materiálu S235JR, na kterou se instaluje vlastní čerpadlo a jiné příslušenství. [45]



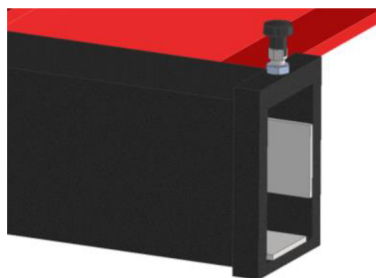
Obr. 40 Základní rám nosiče nástavby

3.2.2 TELESKOPICKÁ VÝSUVNÁ RAMENA

První části teleskopických ramen jsou z obdélníkového profilu 160x120x5 mm. [46] Jsou vloženy do otvorů vypálených v I-profilech a přivařeny, aby nedocházelo k jejich vysunutí. Obdélníkové profily 200x140x10 mm v otvorech byly použity pro lepší rozložení váhy, jelikož by mohlo dojít kvůli malé styčné ploše k deformaci podélných I-profilů. [46] Při konstrukci bylo důležité dbát na to, že když nástavba bude stát mimo návěs bude toto pouzdro náchylné na ohyb, proto je vyrobeno z jednoho kusu. Na koncích prvních částí ramen jsou navařeny obdélníkové profily 180x120x5. [46] V tomto profilu jsou našroubované pružinové písky s rukojetí, které fungují jako aretace proti samovolnému vysunutí za jízdy (obr. 41). [46] Uvnitř profilu jsou vloženy antistatické kluzné vložky lubX® CV AST color od firmy Röchling®, které mají excelentní kluzné vlastnosti a jsou odolné vůči znečištění. [47] Kluzné vložky jsou na zakázku vyrobeny a jsou 5 mm vysoké.



Obr. 41 Pouzdro výsuvných ramen



Obr. 42 Aretace výsuvného ramene

3.2.3 VÝSUVNÉ RAMENO S PŘÍMOČARÝM HYDROMOTOREM

Druhá část je vyrobena z obdélníkového profilu 140x100x5 mm [46]. Na horní straně jsou otvory pro aretaci proti samovolnému vysunutí a otvor pro hydraulické hadice přímočarého hydromotoru, které jsou vedeny vnitřním prostorem, aby nedošlo k jejich poškození. Na konci ramene je navařená pásovina 205x155x15 s vypálenými děrami pro šrouby, které spojují rameno s konzolí hydromotoru. [46] Maximální rozteč hydromotorů je 2 400 mm, aby nedošlo ke kolizi s koly při výměně. Noha je možné ovládat jednotlivě, tudíž i na nerovném povrchu je nástavba schopna stát stabilně.

3.2.4 PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR

Noha s hydromotorem je přišroubovaná k teleskopickému rameni a je schopna se otočit směrem nahoru, aby při jízdě nedošlo ke kolizi s terénem. Při volbě je potřeba uvažovat délku a zdvih pístu, jelikož nástavba při odstavení musí být dostatečně vysoko, aby návěs byl schopen najet pod konstrukci a mohla být provedena výměna.

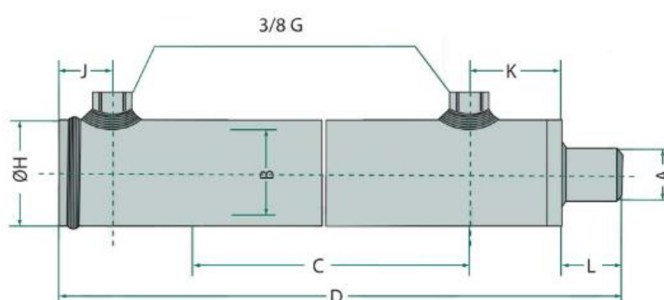


Obr. 43 Výsuvné rameno s přímočarým hydromotorem

Pro zdvih byl zvolen dvojčinný **přímočarý hydromotor** OB-40-60-500, který vyhovuje požadavkům. Na jeho konec je přidělaná noha, kterou dodává výrobce hydromotoru. [48] Hydromotor má dostatečnou sílu v tlaku i tahu na to, aby dokázal zdvihnout nástavbu, i když bude nádrž plná vody.

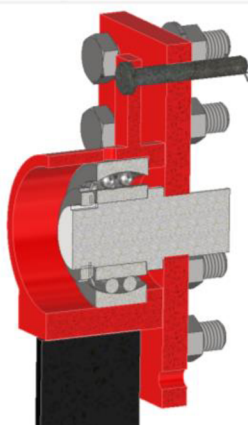
Parametry přímočarého hydromotoru:

- Maximální zdvih C: 500 mm
- Maximální tlaková síla: 6 800 kg
- Šířka pístnice A: 40 mm
- Hmotnost: 11,3 kg



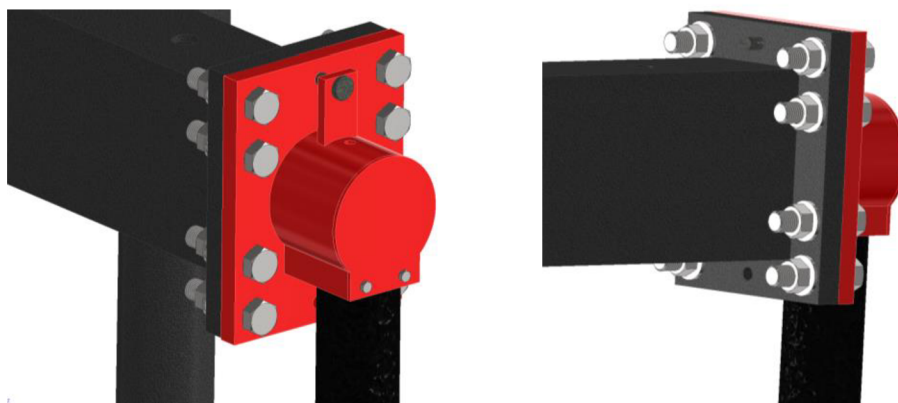
Obr. 44 Přímočarý hydromotor OB-35-60-500

Otáčení nohy zaručuje dvouřadé kuličkové ložisko 3306A od firmy SKF AB, které je nalisované na čepu, který je vyroben z materiálu ČSN 12 060. [49; 50] Vnitřní část pouzdra a čep jsou pro nalisování obrobny s tolerancí k6/H7. Čep ISO 2341 B $\varnothing 35 \times 90$, na kterém je nalisované ložisko je přivařeno ke konzoli teleskopického ramene. Pro tento čep je v pásovině ramene a konzoli otáčecích nohou vyrobena díra $\varnothing 35$ H13 (obr. 46). Ložisko je odolné vůči statickému zatížení a vydrží při plném zatížení nástavby. Ložisko je pojištěno pojistnou maticí s označením KM 7 s DIN 981 a podložkou MB 7 DIN 5406. Další stykový bod je mezi ložiskem a osazením na čepu. A třetí je mezi ložiskem a pouzdrém, které je přivařeno na přírubu. Pouzdro je uzavřeno našroubovaným víkem, aby nedocházelo k znečištění a následné poruše ložiska. Toto řešení navíc dovoluje snadný servis ložiska.



Obr. 45 Přímočarý hydromotor OB-40-60-500

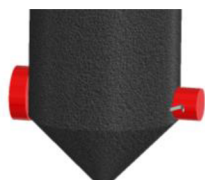
Hydromotor je přivařený k otočné konzoli, která je spojena s ramenem pomocí osmi šroubů DIN EN ISO 933 M12x70, podložkou DIN 125A M12 a maticí DIN EN ISO 934 M12. Na pouzdru je přivařena pásovina s dírou pro čep o rozměru $\varnothing 10$ H13 [51; 52] Čep s rozměrem ISO 2341 B $\varnothing 10 \times 80$ mm zajišťuje polohu nohy ve svislém směru, aby nedošlo k samovolnému otočení nohy během jízdy nebo zdvihu. [51] Díry pro čep a šrouby ve stejné poloze jsou vyrobeny i v konzoli otočných nohou. Víko je přišroubované na pouzdro pomocí šroubů DIN EN ISO 933 M6x30 a podložkami DIN 125A M6.



Obr. 46 Spojení hydromotoru s ramenem

3.2.5 SPOJENÍ S NÁVĚSEM

Spojení návěsu a nosiče je realizováno pomocí trnů (obr. 48), které kopírují tvar pouzder pro klanice. Tyto trny jsou vyrobeny z kulatiny o průměru 80 mm z materiálu S235JR (ČSN 11 375) [53], která je zaručeně svařitelná. Trny jsou přivařeny na nosič v pozicích, kde se nachází pouzdra klanic návěsu Trejon MF1050. Pojištění proti pohybu svisle nahoru zajišťují na konci trnů čepy ISO 2341 B $\varnothing 14 \times 80$ mm (obr. 47), které jsou pojištěny závlačkou DIN 94 2x25. [51] Díra pro čep má rozměr $\varnothing 14$ H13 mm. [51] Konec trnu má sraženou hranu, aby při instalaci bylo jednodušší usadit nástavbu do pouzder. Jejich vysoký počet zajišťuje správné rozložení váhy nástavby na návěs. Toto spojení nástavby s návěsem jde použít pro více typů návěsů. Podmínkou je, aby jeho klanice byly posuvné a pouzdra byly ve správné poloze pro trny.



Obr. 47 Pojištění trnu

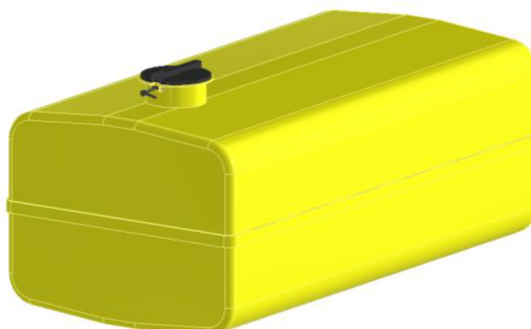


Obr. 48 Trn

3.3 KONSTRUKCE NÁDRŽE A JEJÍ ZÁKLADNY

3.3.1 NÁDRŽ

Nádrž je vyrobena z plastu vyztuženého skleněnými vlákny. Při konstrukci byl kladen důraz na jednoduchost výroby a ceny. Tento materiál byl zvolen kvůli jeho korozivzdornosti a způsobu výroby, který dovoluje vyrobit ideální tvar nádrže. Objem nádrže je 8 000 litrů a váží 680 kg. Dále nádrž musí odolat podtlaku a přetlaku při plnění a vyprazdňování. Toto zaručuje přepouštěcí ventil uložený u víka nádrže. Samotné víko bylo navrženo, aby ideálně utěsnilo nádrž.



Obr. 49 Sklolaminátová nádrž

Víko nádrže je otvor o průměru 350 mm. Z každé strany je navíc vyrobena vidlice pro čep ISO 2341 B 12x50, které drží víko a utahovací kliku. [51] Otočná klika přitahuje víko s těsněním na otvor cisterny. Při konstrukci byl kladen důraz, aby tlak působil na střed víka a tím došlo k úplnému utěsnění, jelikož při přitlačování na kraj víka by docházelo k utěsnění pouze jedné strany otvoru. Ve víku je nainstalovaný přepouštěcí ventil, který zaručuje, že při vyprazdňování či plnění nedojde k poškození nádrže vlivem tlaku nebo přetlaku.



Obr. 50 Plnicí otvor a víko nádrže

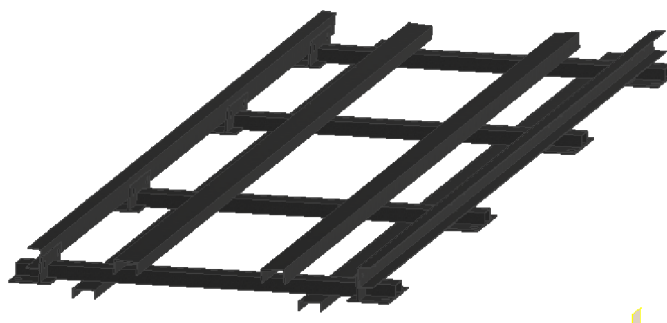
Uvnitř nádrže se nachází čtyři vrstvy **vlno lamů**, aby nedošlo k překlopení soupravy při jízdě vlivem přelévání vody. Jsou uloženy kolmo vůči směru jízdy a pokrývají většinu plochy právě z důvodu zamezení přelévání vody. Z vnější strany se nachází hladinoměr, který stále zobrazuje stav nádrže.



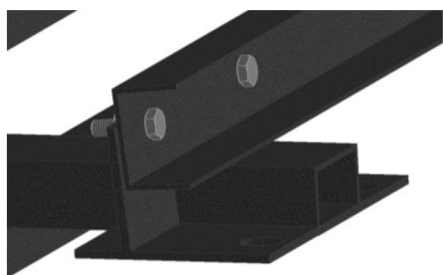
Obr. 51 Vlnolamy

3.3.2 ZÁKLADNA NÁDRŽE

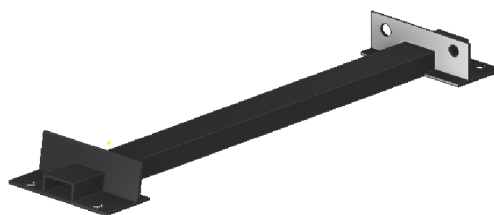
Základna slouží k usazení nádrže na nosič. Skládá se ze čtyř příčných U-profilů 80x40x4 mm na jejichž krajích jsou přivařeny plechy tlusté 5 mm (obr. 54). [45; 44] Jeden na vodorovně pro přišroubování základny k nosiči. A druhý pod úhlem na přišroubování dvou podélných U-profilů 60x30x3 mm, na které se ukládá nádrž (obr. 53). [44] Tento spoj je realizovaný pomocí šroubů DIN EN ISO 933 M10x40, podložkou DIN 125-1 A 10 a maticí DIN EN ISO 934 M10. Společně tyto profily tvoří základní rám základny (obr. 52). Ve střední části jsou podélně navařeny další dva U-profily, které jsou seřiznuté pod takovým úhlem, aby jejich vrchní část kopírovala povrch nádrže. Na vrchní straně podélných profilů je přidělaná pryžová podložka ze syntetického kaučuku, aby nedocházelo k poškození nádrže. [54]



Obr. 52 základna nádrže

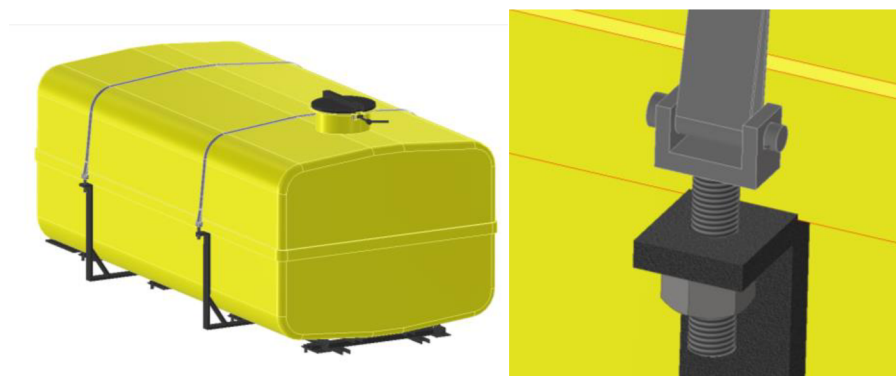


Obr. 53 Detail spojení U-profilů



Obr. 54 Příčný U-profil

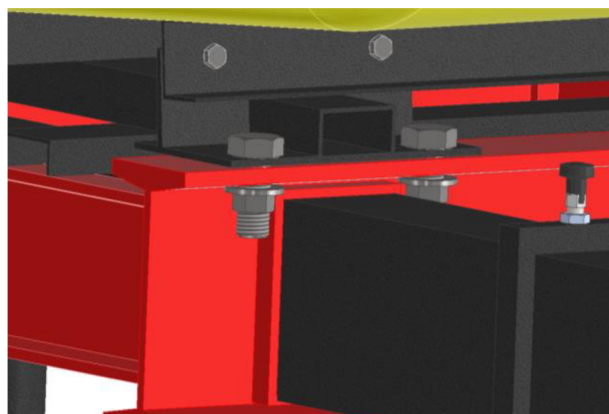
Pro uchycení cisterny jsou na základnu navařeny dva držáky vyrobeny z obdélníkových profilů 60x20x3 mm. [46] Na jejich konci je přivařena pásovina o výšce 25 mm, ve které je díra se závitem pro protikus (obr. 56). [52] Protikus se skládá z vypálené vidlice s dírou pro čep s rozměrem $\varnothing 12$ H13 mm. [51] Na spojení byl zvolen čep ISO 2341 B $\varnothing 12 \times 60$ mm, který je pojištěn proti výsuvu závlačkou DIN 94 1,6x16 mm. Na vidlici je přivařena ze spodní strany závitová tyč DIN 975 M20, která slouží k utahování nádrže k nástavbě. [55] Z druhé strany proti výsuvu tento spoj pojišťuje matice DIN EN ISO 934 M20. Na čepu je uložené opasování vysoké 1 mm, které slouží k pevnému uložení nádrže na základnu. [46]



Obr. 55 Uchycení nádrže k základně

Obr. 56 Detail utahování opasování

Pro spojení základny a nosiče jsou použity šrouby DIN EN ISO 933 M16x60 s podložkou DIN 125A M24 a matice DIN EN ISO 934 M24. Všechny použité U-profilů, obdélníkové profily a pásoviny jsou vyrobeny z materiálu S235, který je zaručeně svařitelný, jeho vlastnosti vyhovují účelům hasící nástavby a zároveň se jedná o levný materiál. [46] Tento styl spojení nástavby s nosičem dovoluje snadnou výměnu nástavby v případě potřeby.



Obr. 57 Detail spojení základny s nosičem

3.4 VOLBA VODNÍHO ČERPADLA PRO HAŠENÍ

V druhé kapitole byly popsány různé způsoby vyprazdňování a plnění nádrže. Pro účely hašení je, avšak nejvhodnější odstředivé čerpadlo. Profesionální hasící vozy mají odstředivá čerpadla s průtokem 3 000 litrů za minutu. [56] Tyto čerpadla se většinou používají společně s vývěvou, jelikož nejsou samonasávací. Pro účely hasící nástavby s objemem 8 000 litrů by byl tento průtok zbytečně vysoký. Nástavba nebude obsahovat hasící dělo a hašení nebude

probíhat na dlouhou vzdálenost, tudíž byl zvolen maximální průtok 500 litrů za minutu. Tento průtok splní účely hašení menších požárů, které mohou vznikat při těžbě.

V tomto případě se nejedná o profesionální hasičskou nástavbu, ale pouze jako prevenci proti malým požárům. Výhodou bude jeho možnost okamžitého nasazení, jelikož nástavba bude postavena poblíž lokace těžby plná vody.

Existují přímo traktorová čerpadla, které jsou mechanicky poháněné traktorem. Tyto čerpadla se navěšují na tříbodový závěs a přes skříň s ozubeným převodem přenáší z vývodového hřídele traktoru výkon do čerpadla. [57] Z důvodu vysoké ceny bylo zvoleno levnější benzinové samonasávací odstředivé čerpadlo **EMPH20 od firmy HERON s.r.o.** Benzinový pohon byl zvolen, aby čerpadlo bylo zcela nezávislé na pohonu od traktoru. Bylo konstruováno tak, aby odolávalo znečištěné vodě s obsahem částic o průměru až 30 mm. [58] Tato vlastnost je ideální pro tyto účely, jelikož voda se bude čerpat i z přírodních zdrojů, kde čistota není zaručena.

Parametry čerpadla **EMPH20** [58]:

- | | |
|----------------------------|------------|
| • Maximální průtok | 583 l/ min |
| • Maximální dopravní výška | 80 m |
| • Sací výška | 8 m |
| • Výkon | 4,8 kW |
| • Hmotnost | 32 kg |



Obr. 58 Čerpadlo EMPH20 [58]

Čerpadlo je usazeno na zadní části nosiče, kde je přišroubovaný plech, který je určen na usazení příslušenství, jako je právě čerpadlo.

4 PEVNOSTNÍ VÝPOČET VYBRANÝCH KONSTRUKČNÍCH UZLŮ

Nejdůležitější částí byla kontrola, zda nedojde k ohybu rámu nosiče v případě, že hasící nástavba stojí na hydromotorech. Dále byly zkontrolována vzpěrná stabilita hydromotorů, šrouby spojující teleskopické ramena a konzoly hydromotorů. Nakonec byl zkontrolovaný čep, na kterém jsou nalisované ložiska otočných nohou a ložiska samotné.

4.1 STANOVENÍ TÍHOVÉ SÍLY

Při výpočtech se počítalo s tíhovou silou celé nástavby. Tato síla je součtem všech součástí nástavby. Celková váha konstrukce je 10 102,3 kg.

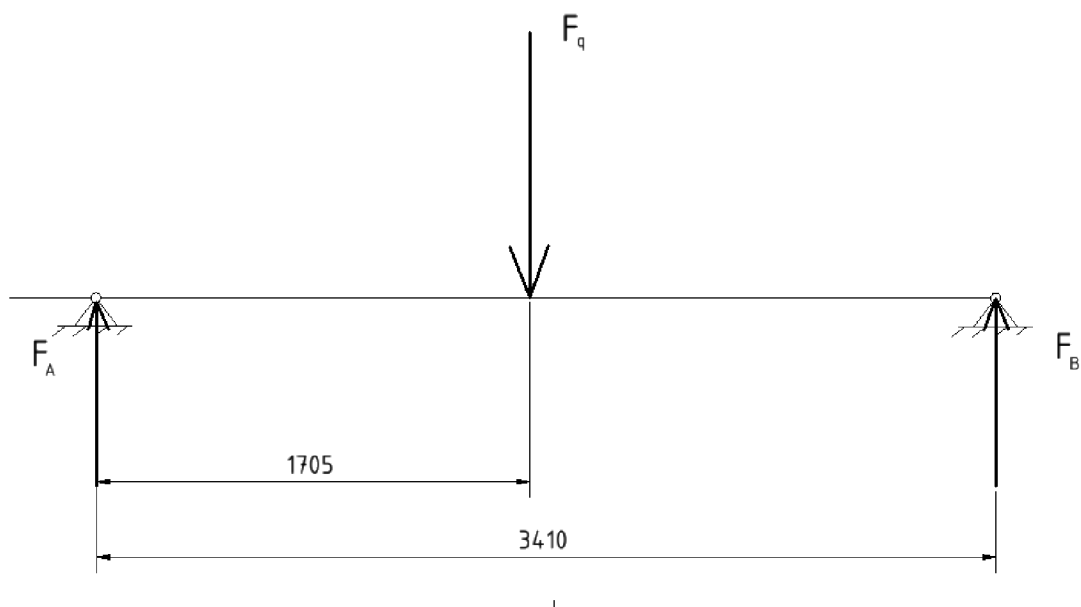
$$F_G = m_n \cdot g = 10102,3 \cdot 9,81 = 99103,6 \text{ N} \quad (1)$$

$$g = 9,81 \quad \text{tíhové zrychlení}$$

$$m_n = 10\,102,3 \text{ kg} \quad \text{celková váha nástavby (hodnota odečtena z programu Inventor)}$$

4.2 KONTROLA RÁMU NA OHYB

Pro kontrolu rámu nosiče na ohyb byl vytvořen výpočtový model na obr. 59. Podpěry byly nahrazeny reakčními vazbami. Na rám působí liniové zatížení, které odpovídá hmotnosti konstrukce a nádrže. Jelikož je cílem zjistit maximální ohyb ve středu nosníku, tak toto zatížení bylo nahrazeno jednou tečnou silou F_q působící v jejím těžišti. Váha působící za reakčními vazbami byla zanedbána, jelikož se jedná o malé hmotnosti na krátkém rameni. Výpočet byl proveden dle [59].



Obr. 59 Výpočtový model rámu nosiče

Při výpočtu je uvažována pouze polovina tíhové síly, jelikož se síla rozloží na dva podélné nosné profily. Tento výpočet je koncipován na průhyb jednoho profilu.

$$F_{G1} = \frac{1}{2} F_G = F_q = 49\,551,8 \text{ N}$$

Pro určení reakčních sil byly využity rovnice rovnováhy sil a momentů k bodu B.

$$\Sigma F_{y1} = 0; 0 = F_A + F_B - F_q \quad (2)$$

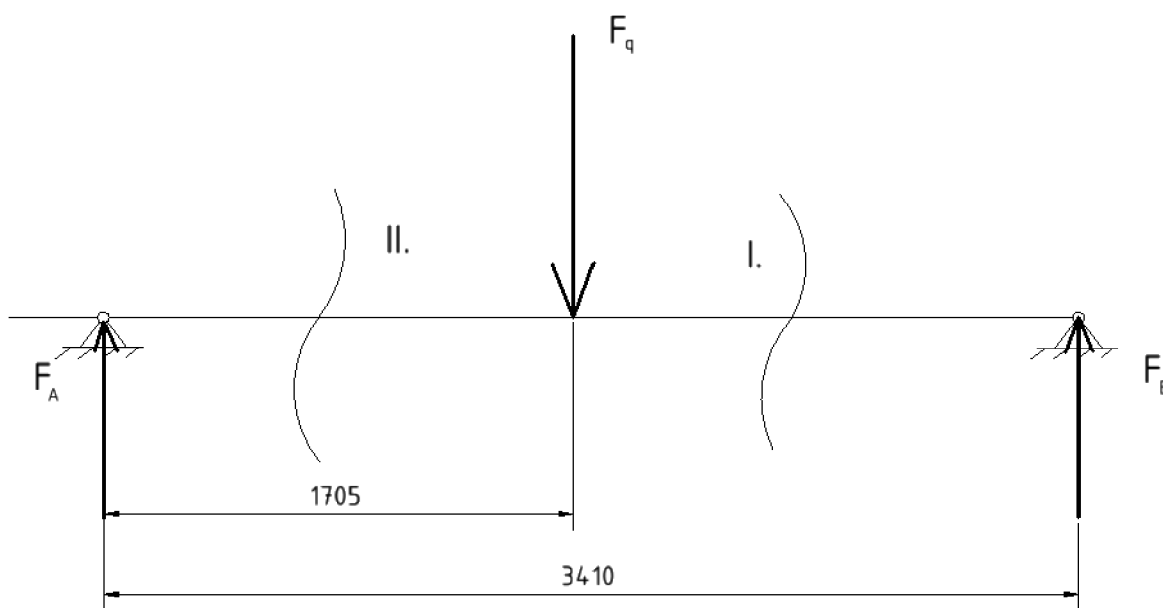
$$\Sigma M_{A1} = 0; 0 = -F_q \cdot 1705 + F_B \cdot 3410 \quad (4)$$

Z těchto rovnic byly vyjádřeny rovnice pro výpočet reakčních sil.

$$F_B = \frac{F_q \cdot 1705}{3410} = 24\,775,9 \text{ N} \quad (5)$$

$$F_A = -F_B + F_q = 24\,775,9 \text{ N} \quad (6)$$

Dále byly spočteny výsledné vnitřní účinky a pro tento účel byl vytvořen výpočtový model (obr. 60).



Obr. 60 Výpočtový model rámu nosiče

Výsledné vnitřní účinky v řezu II. jsou nulové, jelikož po derivaci podle F_q vyjde nulová, a proto tento výpočet není realizován.

Výsledné vnitřní účinky v řezu I.

$$T_I = F_A - F_q \quad (7)$$

$$M_{OI} = F_A \cdot (x_I + 1705) - F_q \cdot x_I \quad (8)$$

$$x_I \in (0; 1705) \text{ mm}$$

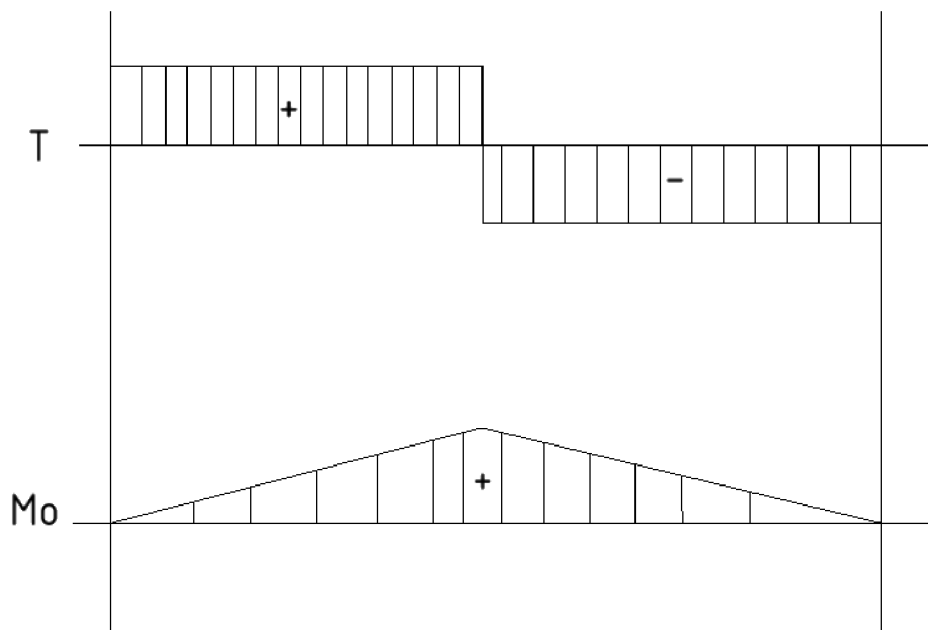
Dále dosazením do Castiglianovi věty zjistíme maximální průhyb rámu.

$$\begin{aligned}
 w_1 &= \int_0^{x_I} \frac{M_y^2(x_I)}{E \cdot J_y(x_I)} \cdot dx = & (9) \\
 &= \int_0^{1705} \frac{F_A \cdot x_I}{E \cdot J_y} \cdot 0 + \int_0^{1705} \frac{F_A \cdot (x_I + 1705) - F_q \cdot x_I}{E \cdot J_y} \cdot x_I = \\
 &= \left[\frac{F_A \cdot \frac{x_I^2}{2} + F_A \cdot 1705 \cdot x_I - F_q \cdot \frac{x_I^2}{2}}{E \cdot J_y} \right]_0^{1705} = 0,01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kde, $J_y = 17\,860\,390 \text{ mm}^4$ je kvadratický moment v ohybu k ose y [60]

$E = 210\,000 \text{ MPa}$ je modul pružnosti oceli [59]

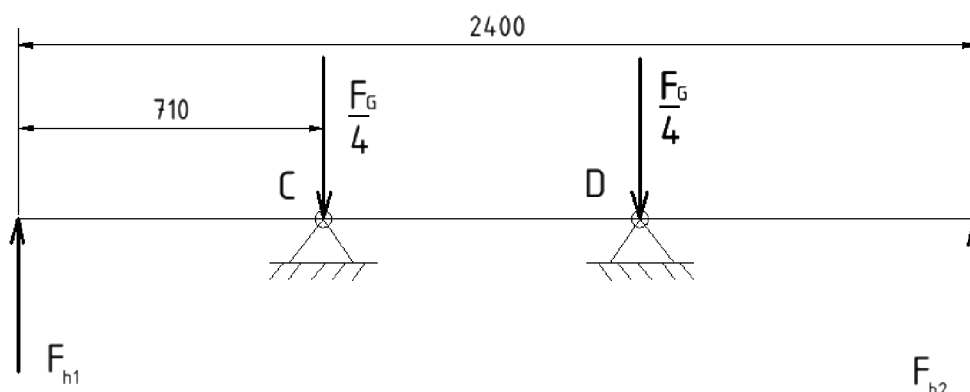
Nosník se při plném zatížení do středu prohne pouze o 0,01 mm. Zvolený profil vyhovuje a lze ho použít. Bylo by možné využít menší profil, ale jelikož se do tohoto profilu vkládá teleskopické rameno musel profil mít tento rozměr. Výhodou navíc je vyšší dosažená bezpečnost a tuhost celé nástavby.



Obr. 61 Výsledné vnitřní účinky

4.3 KONTROLA TELESKOPIČKÝCH RAMEN NA OHYB

Pro kontrolu ohybu ramen byl vytvořen zjednodušený model na obr. 43. Reakční vazby byly položeny na místo hydromotorů. Při výpočtu bylo uvažováno maximální vysunutí ramen.



Obr. 62 Výpočtový model teleskopických ramen

Síly F_{h1} a F_{h2} , které ohýbají rameno působí jako reakce na tíhovou sílu vzniklou od konstrukce a odpovídá jeho velikosti. Celková tíha konstrukce se rozkládá do čtyř podpěr, na kterých stojí, a proto na každé rameno působí čtvrtina F_G . Výhodou tohoto výpočtu je, že se počítá s nejmenším profilem tudíž

$$F_{h1} = F_{h2} = \frac{F_G}{4} = 24775,9 \text{ N} \quad (10)$$

Nejprve je potřeba spočítat maximální ohybový moment působící na rameno.

$$M_{ormax} = F_{h1} \cdot 710 = 24775,5 \cdot 710 = 17\,590,9 \text{ Nm} \quad (11)$$

Dále bylo spočteno maximální napětí a bylo vypočteno s nejmenším obdélníkovým profilem 160x100x5 s modulem průřezu $W_{or} = 110\,260,417 \text{ mm}^3$ [60].

$$\sigma_{or} = \frac{M_{ormax}}{W_{or}} = \frac{17\,590,9}{110260,417} = 159,5 \text{ MPa} \quad (12)$$

Obdélníkový profil je vyroben z materiálu S235 s dovoleným smykovým napětím $\sigma_{rdov} = 235 \text{ MPa}$ [61]. Na základě tohoto byla určena bezpečnost.

$$k_r = \frac{\sigma_{rdov}}{\sigma_{or}} = \frac{235}{159,5} = 1,47 \quad (13)$$

Bezpečnost je dostatečně vysoká, a proto zvolený profil je vyhovující.

4.4 KONTROLA ČEPU OTOČNÉ NOHY

Kritickým místem je osazení čepu, na kterém je nalisované ložisko a tím zajišťuje otáčení nohy. Opět platí, že na každou nohu působí čtvrtina celkové tíhové síly. Tato součást je namáhaná na smyk a ohyb. Prvně byl spočtený maximální ohybový moment.

$$M_{očmax} = \frac{F_G}{4} \cdot c = 24775,9 \cdot 33 = 817,6 \text{ Nm} \quad (14)$$

Kde: $c = 33 \text{ mm}$ je vzdálenost od osy hydromotoru ke kritickému místu

Poté bylo spočteno maximální ohybové napětí.

$$\sigma_{o\check{c}} = \frac{M_{o\check{c}max}}{w_{o\check{c}}} = \frac{817,6}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} = \frac{817,6}{\frac{\pi \cdot 35^3}{32}} = 194,2 \text{ MPa} \quad (15)$$

Kde: $d_{\check{c}} = 35$ mm je menší průměr čepu

Toto napětí je potřeba vynásobit z důvodu výskytu vrubu součinitelem koncentrace napětí $\alpha_{o\check{c}} = 1,5$ [59]

$$\sigma_{o\check{c}kr} = \alpha_{o\check{c}} \cdot \sigma_{or} = 1,5 \cdot 194,2 = 291,3 \text{ MPa} \quad (16)$$

Dále bylo vypočteno maximální smykové napětí vzniklé v místě vrubu a vynásobit ho součinitelem koncentrace napětí $\alpha_{s\check{c}} = 1,4$ [59]

$$\tau_{s\check{c}} = \frac{F_G}{S_{\check{c}}} = \frac{24775,9}{\frac{\pi \cdot 35^2}{4}} = 25,75 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$\tau_{s\check{c}kr} = \tau_{s\check{c}} \cdot \alpha_{o\check{c}} = 25,75 \cdot 1,4 = 36 \text{ MPa} \quad (18)$$

Poté bylo vypočteno redukované napětí dle podmínky plasticity HMM.

$$\sigma_{\check{c}red} = \sqrt{\sigma_{orkr}^2 + 3\tau_{s\check{c}kr}^2} = \sqrt{291,3^2 + 3 \cdot 36^2} = 297,9 \text{ MPa} \quad (19)$$

Čep je vyroben z materiálu ČSN 12 060, který má dovolené smykové napětí $\tau_{\check{c}dov} = 365 \text{ MPa}$. [50] Na základě této hodnoty byla spočítána bezpečnost.

$$k_{\check{c}} = \frac{\sigma_{\check{c}dov}}{\sigma_{\check{c}red}} = \frac{365}{297,9} = 1,22 \quad (20)$$

Bezpečnost je v dostačující, a proto zvolený průměr čepu vyhovuje.

4.5 KONTROLA VZPĚRNÉ STABILITY HYDROMOTORŮ

U hydromotorů bylo potřeba provést kontrolu jejich vzpěrné stability, aby nedošlo k jejich poškození a tím pádem celé nástavby. Pístní tyč hydromotoru je vyroben z materiálu 20MnV6/C45, který je podobný materiálu ČSN 13 220 a jeho mez kluzu je $\tau_{hdov} = 390 \text{ MPa}$ a mez pevnosti $\sigma_{hdov} = 600 \text{ MPa}$. [49]

Byl zvolený případ, kdy spodní část je vetknuta a vrchní část je posuvně uložena. Dle toho byl spočítán koeficient vzpěru. [49]

$$\alpha = 2 \cdot \pi = 2 \cdot 3,14 = 6,28 \quad (21)$$

Dále byla vypočtena štíhlost hydromotoru a kritická štíhlost daného materiálu.

$$\lambda = \frac{l_h}{\sqrt{\frac{J}{S_h}}} = \frac{l_h}{\sqrt{\frac{\pi \cdot d_h^4}{64}} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot d_h^2}{4}}} = \frac{500}{\sqrt{\frac{\pi \cdot 40^4}{64}} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot 40^2}{4}}} = 50 \quad (22)$$

$$\lambda_k = \alpha \cdot \sqrt{\frac{E}{\tau_{hdov}}} = 6,28 \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot 40^4}{64} \cdot \frac{1}{390}} = 112,73 \quad (23)$$

Jelikož kritická štíhlost má vyšší hodnotu došlo by dříve k plastické deformaci než ke vzpěru, a proto dále byla spočtena bezpečnost vůči tomuto případu.

$$\sigma_h = \frac{F}{S_h} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_h^2}{4}} = \frac{24775,9}{\frac{\pi \cdot 40^2}{4}} = 19,7 \text{ MPa} \quad (24)$$

$$k_h = \frac{\sigma_{hdov}}{\sigma_h} = \frac{600}{19,7} = 30,4 \quad (25)$$

Z hlediska bezpečnosti jsou hydromotory předimenzovány, ale výrobce nenabízel hydromotory s menším průměrem a stejným zdvihem jako ten zvolený.

4.6 KONTROLA ŠROUBŮ

Kritickým místem by mohlo být spojení ramene s konzolí hydromotoru. Tento spoj je realizován pomocí osmi šroubů DIN 933 M12x60. Při výpočtu tohoto spoje je nejprve potřeba spočítat maximální teoretickou sílu předpětí. Celý výpočet je vypočítaný dle [49]. Mez kluzu použitých šroubů se značkou 5.6 je $\tau_{sdov} = 300 \text{ MPa}$ a mez pevnosti je $\sigma_{sdov} = 500 \text{ MPa}$ [62].

Je potřeba provést následující kontrolu, zda nedojde k poškození spoje vlivem tíhové síly, která působí kolmo na osu šroubu. Jelikož se jedná o silový spoj, kde se spojení realizuje předepjatým šroubem a smykové napětí se přenáší třením. Je potřeba spočítat vyvolanou třecí sílu, která musí být větší jak ta provozní síla F_{G1} .

$$F_t = F_i \cdot f_s \geq \frac{k_n \cdot F_{G1}}{i} \quad (26)$$

$$F_i = \frac{k_n \cdot F_{G1}}{i f_s} = \frac{1,5 \cdot 24775,9}{8 \cdot 0,3} = 15\,484 \text{ N}$$

Kde: $f_s = 0,3$ je součinitel tření neupraveného povrchu

$k_n = 1,5$ je návrhový součinitel

$i = 8$ je počet šroubů použitých ve spoji

Následně byl vypočten utahovací moment, který se skládá z momentu potřebného k překonání tření na dosedací ploše pod hlavou a v závitech. Nejprve se spočítal třecí moment v závitech.

název	značka	hodnota
Síla předpětí	F_i	15 484 N
Střední průměr závitu	d_{s2}	10,679 mm
Dynamický součinitel tření	f	0,1
Rozteč závitu	P_{sh}	2 mm
Úhel profilu	α_s	60°

tab. 1 Parametry šroubu [51; 49]

$$M_Z = \frac{F_i d_{s2}}{2} \left(\frac{P_{sh} \cos\left(\frac{\alpha_s}{2}\right) + \pi f d_{s2}}{\pi d_{s2} \cos\left(\frac{\alpha_s}{2}\right) - f P_{sh}} \right) = \quad (27)$$

$$= \frac{15\,484 \cdot 10,679}{2} \left(\frac{2 \cdot \cos\left(\frac{60}{2}\right) + \pi \cdot 0,1 \cdot 10,679}{\pi \cdot 10,679 \cdot \cos\left(\frac{60}{2}\right) - 0,1 \cdot 2} \right) = 14,6 \text{ Nm}$$

Pro výpočet **třecího momentu** mezi hlavou a povrchem spojovací součásti je potřeba spočítat střední průměr mezi kruhové dosedací plochy pod hlavou šroubu.

$$d_0 = \frac{s + d_s}{2} = \frac{18 + 12}{2} = 15 \text{ mm} \quad (28)$$

Kde: $s = 18$ je rozměr klíče na utahování

$$M_V = \frac{F_i \cdot f_0 \cdot d_0}{2} = \frac{15\,484 \cdot 0,2 \cdot 15}{2} = 23,2 \text{ Nm} \quad (29)$$

Kde: $f_0 = 0,2$ je součinitel tření pod hlavou šroubu

Dále lze vypočítat **utahovací moment**, který je potřeba překonat klíčem, aby bylo možné šroub utahovat.

$$M_{ZV} = M_V + M_Z = 37,8 \text{ Nm} \quad (30)$$

Poté je potřeba zkontrolovat velikost napětí ve šroubu způsobené předpětím. Pro výpočet napětí od síly předpětí musíme spočítat výpočtový průřez šroubu

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_{s2} + d_{s3}}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{10,679 + 9,602}{2} \right)^2 = 80,76$$

Kde: $d_{s3} = 9,602 \text{ mm}$ je menší průměr šroubu

$$\sigma_s = \frac{F_i}{A_s} = \frac{15484}{80,76} = 191,72 \text{ MPa} \quad (31)$$

$$\tau_s = \frac{16 \cdot M_{ZV}}{\pi \cdot d_{s3}^3} = \frac{16 \cdot 37,8}{\pi \cdot 9,602} = 20 \text{ Mpa} \quad (32)$$

Výsledné napětí se spočítá podle teorie HMMH:

$$\sigma_{sred} = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{191,72^2 + 3 \cdot 20^2} = 194,82 \text{ MPa} \quad (33)$$

Z tohoto byla určena bezpečnost a schopnost přenést dané zatížení.

$$k_k = \frac{\tau_{sdov}}{\sigma_{sred}} = \frac{300}{194,82} = 1,54 \quad (34)$$

Z výsledné bezpečnosti vyplývá, že soustava osmi šroubů je schopna přenášet dané zatížení. A zvolený průměr šroubu je tedy vyhovující.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout hasící nástavbu pro vyvážecí návěs MFP 1050 od firmy Trejon AB. Hlavním úkolem bylo vytvořit konstrukci, která bude schopna instalace na návěs již plná, aby ihned byla schopna hašení i přes to, že v okolí není zdroj vody. Dále bylo potřeba zvolit čerpadlo ideální pro hašení, provést kontrolu vybraných konstrukčních uzlů a vytvořit výkresovou dokumentaci daných částí nástavby.

Pro návrh konstrukce bylo potřeba se seznámit s existujícími hasícími nástavbami. Dále bylo uvedeno krátké seznámení s problematikou návěsů, způsobů plnění a vyprazdňování nádrží a konstrukcí nádrží samotných. Nakonec byly popsány různé koncepce výměny nástaveb.

Hlavní úkoly byly splněny, jelikož výsledná konstrukce splňuje požadavky na provoz v lesním prostředí, vyrobitelnost, a hlavně je schopna instalace i s plnou nádrží. Celá konstrukce byla vyrobena jako svařenec z normalizovaných profilů a nádrž je vyrobena ze sklolaminátu. Nádrž má objem 8 000 litrů, což je dostatečný objem pro účely této nástavby. Dále bylo zvoleno ideální samonasávací odstředivé čerpadlo, které s maximálním průtokem 583 l/min je dostačující pro hašení malých požárů. Zdvih nástavby zaručují hydromotory, které jsou poháněny hydraulikou traktoru. Zároveň byl splněn požadavek univerzálnosti a nástavbu je možné použít i na jiné návěsy díky zvolenému typu instalace.

Pro vybrané konstrukční uzly byly realizované pevnostní výpočty a vyhodnoceny jako vyhovující. Zvolené profily jsou dostatečně velké, aby nedošlo k poškození či deformaci konstrukce. Spojovací součásti splňují bezpečnostní požadavky a nedojde k jejich selhání při provozu.

Pokračování práce by spočívalo v návrhu hydraulického systému doplněný hydraulickými schématy.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Lesní požáry* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/v-lonskem-roce-horelo-v-lesich-nejvice-za-poslednich-deset-let/>
- [2] *Firefighting equipment Ponsse* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.ponsse.com/cs/produkty/reseni-na-miru/produkt-/p/firefightingequipment#/>
- [3] Ing. Václav Mergl, Ph.D. Modulové nástavby lesnických TDS at: [ÚADI – odbor transportních a stavebních strojů VUT] 21.9.2023; Brno; Česká Republika
- [4] *Firefighting equipment Bijol* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.pal.cz/lesni-technika/traktory-tahace-bijol/pozarni-special-bijol-mft-240-6x6>
- [5] *Vimek fire box* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.vimek.com/products/accessories/vimek-fire-box>
- [6] *Katalog vývažecích návěsů Pfanzelt* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://www.agrico-sro.cz/files/hydraulicka_ramena_pfanzelt/hydraulicka-ramena-a-vyvazeci-vozy.pdf
- [7] *Výměnná nástavba HAWE* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.dagros.cz/system-vymennych-nastaveb>
- [8] Ing. Václav Mergl, Ph.D. Konstrukční řešení lesnických TDS: ostatní at: [ÚADI – odbor transportních a stavebních strojů VUT] 21.9.2023; Brno; Česká Republika
- [9] *Katalog vývažecích návěsů Trejon* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.trejon.se/index.php/admin/fileuploader/download/download/?d=0&file=custom%2Fupload%2FFile-1554285461.pdf>
- [10] NERUDA, J. *TECHNIKA A TECHNOLOGIE V LESNICTVÍ: Učební text pro předměty Technika a technologie v lesnictví, Základní procesy těžby a dopravy dříví, Technika a technologie lesní těžby a Technika a technologie dopravy dříví*. Mendelova univerzita v Brně. netištěno, jen elektronická verze, 2022. ISBN 978-80- 7509-191-8.
- [11] *Tříbodový závěs* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.foragri.cz/produkty/zemedelska-technika/celni-systeme-pvh-pvz-din/celni-hydraulika/predni-tribodovy-zaves-f-cs/>
- [12] *Cisterny na kejdu* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.pal.cz/getattachment/9d736459-a26f-4c35-8626-cae04056ae6d/Zemedelska-technika-Rozmetadla-a-cisterny-Aplikacni-a-navozni-cisterny-Bauer-Ocelove-navozni-cisterny-Bauer-Ocelove-navozni-dvounapravove-s-cerpadlem-nedo-vyv-Downloads-Prospekt-Bauer-cisterny-na-kejdu-a-prisl>

- [13] *Hydraulicky otočná oj* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://cs.faofar.pl/produkt/fao-far-1342-fao-far-5472->
- [14] Dvořák, Jiří , Bystrický, Roman, Hošková, Pavla, Hrib, Michal, Jarkovská, Martina, Kováč, Ján, Krilek, Jozef, Natov, Pavel, Natovová, Ludmila. The use of harvester technology in production forests / Jiří Dvořák ... [et al.] ; rec. Radomír Ulrich, Józef Walczyk. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2011. 156 s. (Folia forestalia Bohemica). ISBN 978-80-7458-018-5.
- [15] Ing. Václav Mergl, Ph.D. Konstrukční řešení lesnických TDS: ostatní at: [ÚADI – odbor transportních a stavebních strojů VUT] 21.9.2023; Brno; Česká Republika
- [16] *Přívěsy BMF* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.bmf.ee/produkty/privesy>
- [17] *Tříbodový závěs* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.forestmeri.cz/kronos-160-4wdm-1>
- [18] FRIES, Jiří. Zemní stroje [CD-ROM]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. [ISBN 978-80-248-2567-0](https://www.vshb.cz/ISBN/978-80-248-2567-0)
- [19] *Plnění pneumatik* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.ferdus.cz/out/media/Prospekt-plneni-vodou.pdf>
- [20] Dvořák, Jiří , Bystrický, Roman, Hošková, Pavla, Hrib, Michal, Jarkovská, Martina, Kováč, Ján, Krilek, Jozef, Natov, Pavel, Natovová, Ludmila. The use of harvester technology in production forests / Jiří Dvořák ... [et al.] ; rec. Radomír Ulrich, Józef Walczyk. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2011. 156 s. (Folia forestalia Bohemica). ISBN 978-80-7458-018-5.
- [21] ŠČERBEJOVÁ, Marta. Strojírenská technologie. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993. ISBN 8071570834
- [22] *Sklolaminátová nádrž* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.mevatec.cz/sklolaminatova-nadoba-400-l-p/>
- [23] *Cisterny na kejdu* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.pal.cz/getattachment/9d736459-a26f-4c35-8626-cae04056ae6d/Zemedelska-technika-Rozmetadla-a-cisterny-Aplikacni-a-navozni-cisterny-Bauer-Ocelove-navozni-cisterny-Bauer-Ocelove-navozni-dvounapravove-s-cerpadlem-nedo-vyv-Downloads-Prospekt-Bauer-cisterny-na-kejdu-a-prisl>
- [24] *Sklolaminátové nádrže* [online]. [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.siluet-plast.cz/cz/produkty/sklolaminatove-nadrze>
- [25] Česká technická norma: ČSN EN 707 Zemědělské stroje – Kejdovače – Bezpečnost. Brusel: Evropský výbor pro normalizaci, 2010

- [26] *Cisternové návstavy* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.meprozet.cz/>
- [27] *Hladinoměř* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.fiedler.company/cs/produkty/hladinomery/hladinomery-do-studny-vrtu-nadrze/h500-hladinomer>
- [28] <https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/hladinomer-s-ochrannym-kovovym-krytem-pro-cisterny-pasdelou-3200-l-p39881/>
- [29] *Hasičské čerpadla* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://oshnachod.cz/uploads/plates/96/Cerpadla.pdf>
- [30] *Požární čerpadla* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://www.reded.cz/pozarni-cerpadla/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw9IayBhBJEiwAVuc3ftaVtIWIJgtxvCWdXjMDDynbalkowWtoKQskZkoelucCIMO1zCr5KxoCoZUQAvD_BwE
- [31] *Pístová čerpadla* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//principy-prumyslovych-cerpadel-6dil-pistova-cerpadla>
- [32] *Odstředivá čerpadla* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//principy-prumyslovych-cerpadel-4dil-odstrediva-cerpadla>
- [33] *Čerpadla* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://katedry.osu.cz/kpv/cerpadla-jh/Jan_Hruska_MUC_soubory/page0014.htm
- [34] *Čerpadla* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1926>
- [35] *Proudová čerpadla* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-9dil-proudova-cerpadla>
- [36] Česká technická norma: ČSN 69 0010 Tlakové nádoby stabilní. Praha: Český normalizační institut, 1993
- [37] *Výměnná návstava HAWE* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.dagros.cz/system-vymennych-nastaveb>
- [38] *Nosič výměnných návstaveb* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.edb.cz/clanek-5619-nosic-vymennych-nastaveb-zajisti-efektivni-vyuziti-pro-vas-nakladni-vuz>

- [39] *Výměnná nastavba Rothlehner* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.rothlehner.cz/nastavby/snimatelna-pracovni-plosina-e179t-na-kontejnerovem-nosici>
- [40] *Hákové systémy* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/navrh-mobilneho-manipulacneho-zariadenia-pre-logisticku-podporu-hasicskych-a-zachrannych-zborov>
- [41] *Hákový systém firmy Fliegl* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://fliegl-agrartechnik.de/cs/produkty/kompaktni-reseni-prepravy/hakova-zdviz-kontejnerova-ruka/>
- [42] *Hákový systém* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://bagry.cz/cze/bazar/nabidky/nakladni_vuz/hakovy_nosic_kontejneru_avia_a_30_n_jn_kontejner2
- [43] *I-profil* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/ocelove-nosniky/>
- [44] *U-profil* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/u-profil/>
- [45] *Plech* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plech-5mm/>
- [46] *Čep na pružině* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://eshop.acomponents.cz/cz/pruzinovy-pistek-m12x29mm-dlouhy-s-rukojeti-a-velkym-sestihranem-s-aretaci-pozinkovana-s-matkou-ocel?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwz42xBhB9EiwA48pT74UQXxmLjYpxyilmjhky6ZAJgFjiP62NBqIgySlknzjM5sjUNmsWdhoCshMQAvD_BwE
- [47] *Kluzné vložky* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.roechling.com/cz/industrial/lubx/lubx-cv-ast-color#>
- [48] *Hydromotor* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/dvojcinny-hydraulicky-valec-hydraulicka-pistnice-dvoucinna-ob-35-60-500-p31605/>
- [49] *Dvouřadé kuličkové ložisko* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/productinfo/productid-3306%20A>
- [50] *Kruhová tyč* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.zjp.cz/tyc-kruhova-valcovana-c55-12060/p23465>

[51] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření. 6. vydání. Havlíčkova 197, 250 82 Úvaly: Albra spol., 2017. ISBN 78-80-7361-111-8.

[52] *Pásovina* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/nerez-pasovina/>

[53] *Kruhová tyč* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/kruhova-ocel-s235/>

[54] *Pryžová podložka* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://www.kaiserkraft.cz/podlahove-krytiny/prumyslove-rohoze/prumyslova-pryz-epdm/cerna-na-bm/p/M1082322/?articleNumber=123888&utm_content=Workshopequipment%3EIndustrialmatting&utm_term=123888&customerType=B2C&infinity=ict2~net~ga w~cmp~PM_Jarvis-1-4~ag~~ar~~kw~~mt~&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwl4yyBhAgEiwADSEjelbtrhtvEbavfiIYchVD_MXGAw2qqcmp4Ju0Px3MWO_LG_avAtGXZkBoCWhoQAvD_BwE

[55] *Závitová tyč* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.obchodprodilnu.cz/tyc-zavitova-din-975-pevnost-88-jemne-stoupani-zavitu-bez-upravy-0992.html>

[56] *Hasičské odstředivé čerpadlo* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://www.tht.cz/userfiles/file/pdf/THT_PKA_3000-250.pdf

[57] *Traktorové čerpadlo* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://www.reded.cz/zbozi/traktorove-cerpadlo-ibo-prn/?utm_source=eHub&utm_medium=affiliate&eHub=a9b05632033c4f03a0272497204c1309

[58] *Benzinové odstředivé čerpadlo* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: https://www.reded.cz/zbozi/traktorove-cerpadlo-ibo-prn/?utm_source=eHub&utm_medium=affiliate&eHub=a9b05632033c4f03a0272497204c1309

[59] SHIGLEY, Joseph Edward a VLK, Miloš, ed. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. V Brně: VUTIUM, 2010. xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic, sv. 3

[60] *Výpočet kvadratického momentu* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/14-kvadraticky-moment-a-modul-prurezu-v-ohybu>

[61] *Materiál S235* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/jakost-s235/>

[62] *Parametry šroubů* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné
<https://www.sroubamatka.cz/cs/technicke-informace/mechanicke-vlastnosti-ocelovych-sroubu.html>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A_s	[mm ²]	Výpočtový průřez šroubů
c	[mm]	Vzdálenost osy hydromotoru ke kritickému místu
$d_{\text{š2}}$	[mm]	Střední průměr šroubu
d_0	[mm]	Střední průměr dosedací plochy hlavy šroubu
E	[Mpa]	Modul pružnosti oceli
f	[-]	Dynamický součinitel tření
f_0	[-]	Součinitel tření pod hlavou šroubu
f_s	[-]	Součinitel tření v závitech
F_q	[N]	Tečná síla nahrazující liniové zatížení
T_I	[N]	Tečná síla v řezu I.
F_G	[N]	Tíhová síla celé konstrukce
F_{G1}	[N]	Tíhová síla působící na jeden profil
F_{h1}	[N]	Zatěžující síla
F_{h2}	[N]	Zatěžující síla
F_A	[N]	Reakční vazební síla v bodě A
F_B	[N]	Reakční vazební síla v bodě B
F_i	[N]	Síla předpětí nerozebíratelného spoje
F_t	[N]	Třecí síla
g	[m·s ⁻²]	Gravitační zrychlení
J	[mm ⁴]	Kvadratický moment v ohybu k ose y hydromotoru
J_y	[mm ⁴]	Kvadratický moment v ohybu k ose y rámu
$k_{\check{c}}$	[-]	Bezpečnost čepu vůči meznímu stavu
k_h	[-]	Bezpečnost hydromotoru vůči meznímu stavu
k_n	[-]	Návrhový součinitel
k_r	[-]	Bezpečnost ramene vůči meznímu stavu

k_k	[-]	Bezpečnost šroubu vůči meznímu stavu
l_h	[mm]	Délka pístnice
m_n	[kg]	Celková váha nástavby
M_{ormax}	[Nm]	Maximální ohybový moment na ramenu
M_{oI}	[Nm]	Ohybový moment v řezu I.
M_{ormax}	[Nm]	Maximální ohybový moment na čepu
M_v	[Nm]	Moment potřebný k překonání tření mezi hlavou a plochou
M_z	[Nm]	Moment potřebný k překonání tření v závitech
M_{zv}	[Nm]	Zvedací moment
P_{sh}	[mm]	Rozteč závitů šroubu
w_1	[mm]	Maximální průhyb profilu
W_{or}	[mm ³]	Modul průřezu
S_h	[mm ²]	Plocha průřezu hydromotoru
x_1	[mm]	Vzdálenost řezu I.
α	[-]	Koeficient typu vzpěru
$\alpha_{o\check{c}}$	[-]	Součinitel koncentrace ohybového napětí čepu
$\alpha_{s\check{c}}$	[-]	Součinitel koncentrace smykového napětí čepu
$\alpha_{\check{s}}$	[-]	Úhel profilu závitu
$\sigma_{\check{c}red}$	[MPa]	Redukované napětí čepu
$\sigma_{o\check{c}}$	[MPa]	Maximální ohybové napětí čepu
$\sigma_{o\check{c}kr}$	[MPa]	Maximální ohybové napětí čepu ve vrubu
σ_h	[MPa]	Maximální ohybové napětí hydromotoru
σ_{or}	[MPa]	Maximální napětí v ohybu
σ_{ordov}	[MPa]	Maximální dovolené napětí v ohybu
$\sigma_{\check{s}}$	[MPa]	Maximální tahové napětí šroubu
$\sigma_{\check{s}red}$	[MPa]	Redukované napětí šroubu

τ_{hdov}	[MPa]	Maximální dovolené smykové napětí hydromotoru
$\tau_{sč}$	[MPa]	Maximální smykové napětí čepu
$\tau_{sčkr}$	[MPa]	Maximální smykové napětí čepu ve vrubu
$\tau_{š}$	[MPa]	Maximální smykové napětí šroubu
λ_{\square}	[-]	Štíhlost hydromotoru
λ_k	[-]	Kritická štíhlost hydromotoru



SEZNAM PŘÍLOH

1. Výkres sestavy celé nástavby UADI-00
2. Výkres sestavy teleskopických ramen UADI-04
3. Výkres rámu nosiče UADI-01
4. Výkres pouzdra teleskopického ramene UADI-02
5. Výkres výsuvné části ramene UADI-03