

# Prezentace doktorandů katedry 340/2024



**Sborník příspěvků doktorandů Katedry konstruování**

**Kolektiv autorů**

**Horní lomná**

**2024**

**ISBN 978-80-248-4757-3 (on-line)**

# OBSAH

(řazeno abecedně dle autorů)

1. FRIES MARTIN: DESIGN 3D TIŠTĚNÉ SADY PRSTOVÝCH POLORIGIDNÍCH A ELASTICKÝCH ORTÉZ HORNÍ KONČETINY.....	3
2. GASZEK JAKUB: ELEMENTOVÝ TŘÍDÍCÍ STROJ.....	11
3. GASZEK JAKUB: STROJ PRO ŠROUBOVÁNÍ ZEMNÍCH VRUTŮ .....	19
4. JAKUBÍK VÁCLAV: KONSTRUKČNÍ NÁVRH DEMONSTRAČNÍ RADLICE .....	27
5. MACHÁLEK TOMÁŠ: SAND AND GRAVEL EXTRACTION BY THE PLAIN SUCTION DREDGER .....	35
6. NAVRÁTIL TOMÁŠ: VÝZKUM NÁTĚRŮ TECHNICKÝCH PAMÁTEK .....	40
7. PRAVDA ŠTĚPÁN: KONSTRUCE A VÝROBA PROTYPU TRIBOMETRU BLOCK-ON-RING .....	47
8. ŠTERCL LUKÁŠ: KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PŮDNÍ FRÉZY PRO SMYKEM ŘÍZENÝ NAKLADAČ.....	54

## DESIGN 3D TIŠTĚNÉ SADY PRSTOVÝCH POLORIGIDNÍCH A ELASTICKÝCH ORTÉZ HORNÍ KONČETINY

Ing. Martin Fries

Katedra konstruování, martin.fries.st@vsb.cz

### **THE DESIGN OF A 3D PRINTED SET OF SEMI-RIGID AND ELASTIC UPPER LIMB FINGER ORTHOSES**

**Abstract EN:** *This paper deals with the design and construction of a 3D printed finger set for application in post-operative conditions. The purpose of the orthosis is explained in the introduction of the paper. Subsequently, preliminary and final sketches of the shape of the finger sets are shown. The selected solutions are further processed in software Rhino 7. Test series are printed on a smaller scale to test the functionality of the whole. After testing all the elements and approval of the supervisors, the final fully 3D printed orthosis is printed, paid for by the Student Grant Competition.*

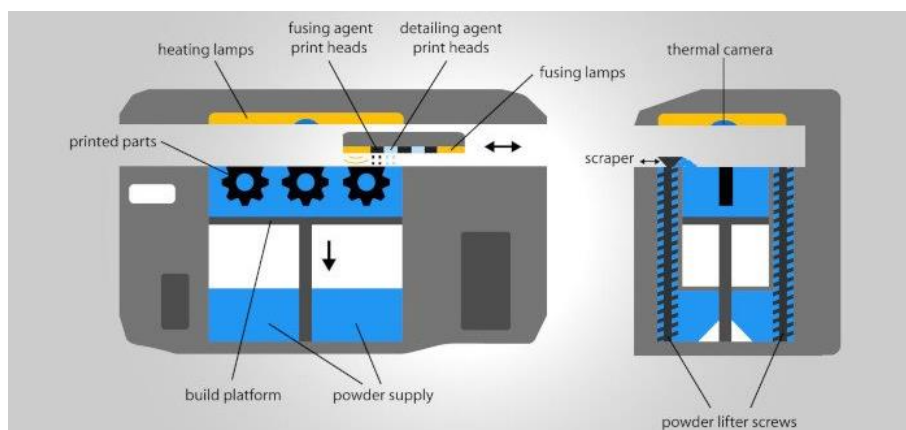
**Key words EN:** *orthosis, 3D printing, hand, design, sketches*

### ÚVOD

K tomuto tématu jsem se dostal díky mému vedoucímu práce MgA. Petra Neničky, který udržuje dlouholetou spolupráci s MgA. Alešem Grygarem, jedním ze zakladatelů Invent Medical Group. Firma se zabývá protézami a ortézami, které jsou pacientům ve všech věkových kategoriích vyráběny na míru, pomocí laserem spékaného prášku v průmyslových tiskárnách. Mezi hlavními požadavky mé práce bylo navrhnout nový design a konstrukční řešení setu prstových polorigidních a elastických ortéz horní končetiny, vyráběných pomocí 3D tisku v oblasti fixace horních končetin při pooperačních stavech.

### Použité materiály

Firma InventMedical se zabývá výhradně technologií 3D tisku. Byly nám tedy přiděleny 2 typy materiálů a to rigidní PA11 a flexibilní TPU. Tyto materiály ve formě prášku, se po vrstvách spékají pomocí trysky v industriálních tiskárnách Jet Fusion 5600 3D od firmy HP. Tyto tiskárny fungují na principu, který se nazývá Multi Jet Fusion (FMJ). Proces začíná nanesením vrstvy prášku na tiskovou plochu. Poté následuje nanesení tavicího prostředku na rozměry, kde má tisk ztuhnout. Toto činidlo zlepšuje absorpci tepla, což znamená, že tyto oblasti pod vlivem tepla ztuhnou. Zatímco zbytek materiálu zůstane neovlivněn. Následně se oblast sestavení zahřeje, čímž dojde ke ztuhnutí zamýšlených oblastí, zatímco ostatní oblasti zůstanou ve formě prášku. Tento proces se opakuje vrstvu po vrstvě, dokud není tisk dokončen. Výsledkem je 3D vytištěný objekt, který je přesný, detailní a odolný (obr. 1).



**Obrázek 1** - Infografika znázorňující tisk procesem Multi Jet Fusion <sup>1</sup>

PA11 je vhodný pro aplikace, které vyžadují díly s vysokou pevností, tažností, dlouhodobým výkonem a vysokou odolností proti nárazu. Díky své šetrnosti a menší spotřebě množství neobnovitelných materiálů má menší dopad na životní prostředí. Používá se k výrobě protéz, sportovního zboží, zacvakávacích dílů nebo také v automobilovém průmyslu <sup>2</sup>.

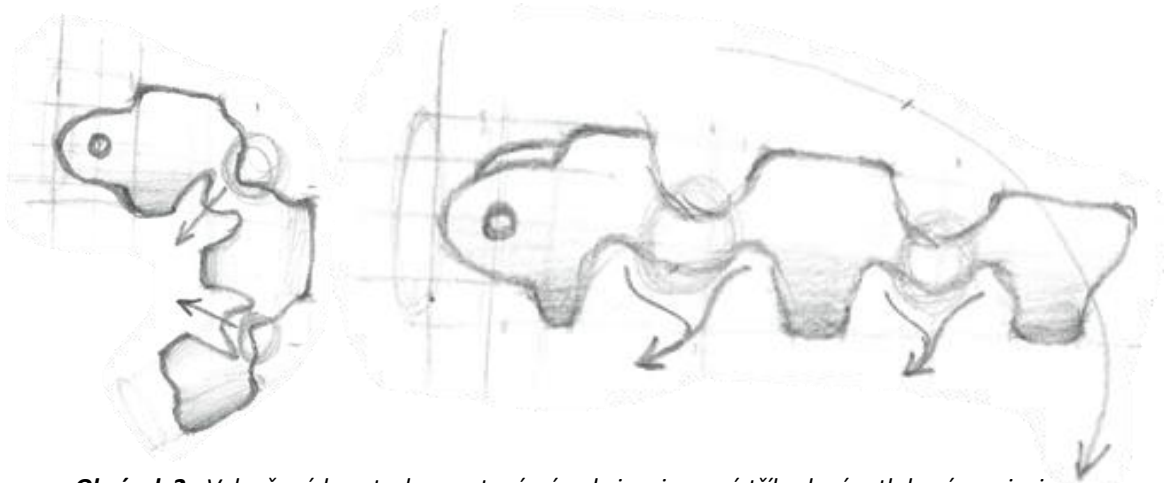
TPU je měkký, víceúčelový, termoplastický polyuretanový prášek používající se k výrobě dílů vyžadující tlumení nárazů, návratu energie nebo pružnost (tab. 1). Typické aplikace zahrnují sportovní ochranné pomůcky, obuv, ortopedické modely, součásti interiéru automobilů a průmyslové nástroje jako jsou trubky a držadla. Tento materiál je výhradně určen pro tiskárny Multi Jet Fusion od společnosti HP. Tento materiál se snadno tiskne a má šedou barvu.

**Tabulka 1** - Technické vlastnosti TPU <sup>3</sup>.

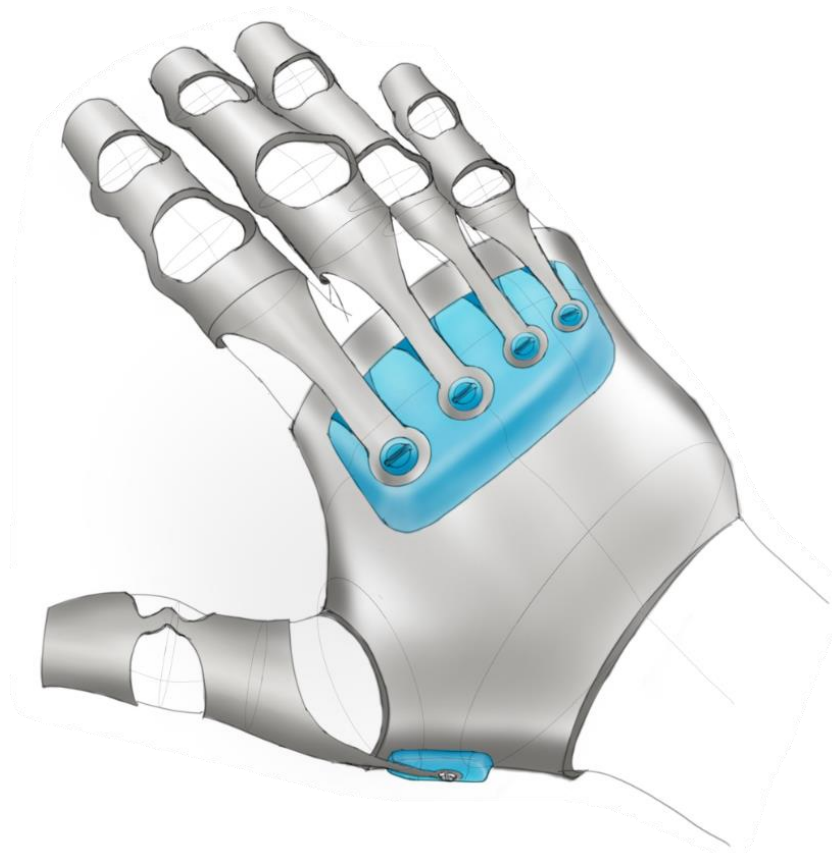
Tvrdość podle Shorea	88-90 A
Pevnost v tahu	9 MPa
Prodloužení při přetržení	280 %

## Kresebné studie

První způsob, jak najít tu správnou cestu k optimálnímu tvaru prstové sady, bylo vytváření skic. Je to totiž nejrychlejší cesta jak vyjádřit svůj myšlenkový záměr. Z těchto prvotních skic se následně vyberou jen ty prvky, které jsou pro nás ergonomicky, konstrukčně a designově nejpříjemnější. Prstová sada, kterou navrhuji má umožňovat procvičování prstů flexí a extenzí. Nechal jsem se tedy inspirovat tříbodovou tlakovou ortézou a vytvořil počáteční návrh prstové násady s výřezy na klouby, aby šly prsty plně ohnout (obr. 2). Po mnoha variacích, testování, konzultacích a prototypch v malém měřítku, můžeme vidět finální skicu prstové ortézy (obr. 3).



**Obrázek 2** - Vylepšená konstrukce prstové násady inspirovaná třibodovým tlakovým principem...

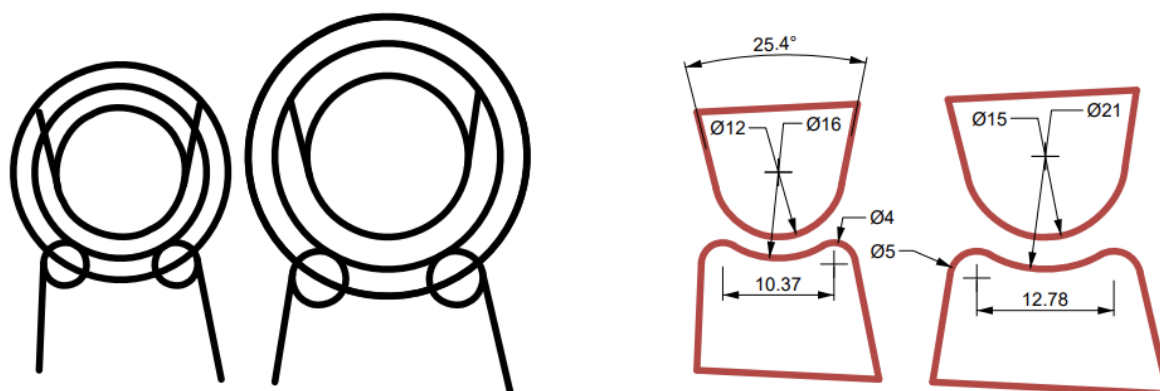


**Obrázek 3** - Rukavice s bajonetovým zapínáním a jednodílnými násadami.

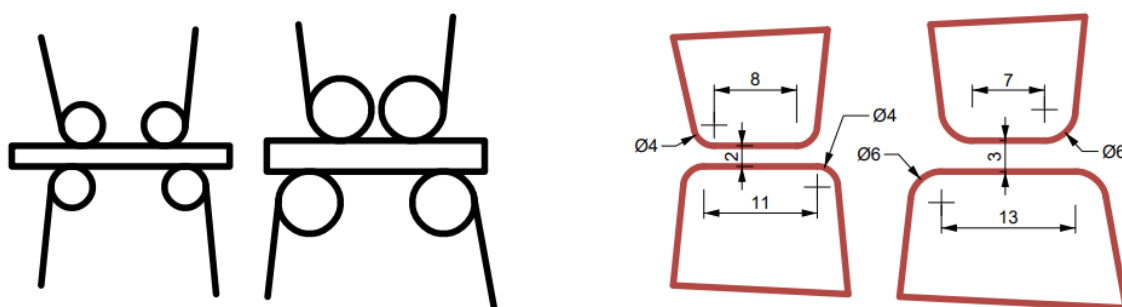
### Geometrie ohybu

Zároveň se skicami jsem tvořil model celé ortézy v softwaru Rhinoceros 7. Zde jsem se ze značné části zabýval geometrií která mi bude zajišťovat zpětný pohyb prstové násady. Tyto geometrie mají důležitou roli v tom, jak se bude v praxi výsledný ohebný člen chovat. To např. znamená, kolik síly bude potřeba pro jeho ohyb při rehabilitaci, nebo jak dobře se bude násada vracet do původního tvaru. Varianta A představuje základní geometrii se zaobleným článkem (obr. 4). Varianta B obsahuje rovný člen (obr. 5). Varianta C je extrém varianty A, kde je geometrie ohebného členu co nejvíce

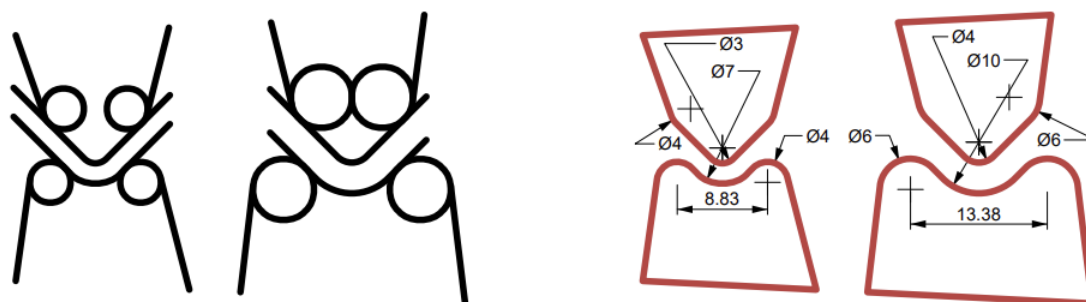
zakřivena (obr. 6). Tento člen vyžaduje více síly od pacienta při cvičení, než u předchozích dvou variant.



Obrázek 4 - Varianta výřezu A – Zaoblený ohebný člen.



Obrázek 5 - Varianta výřezu B – Rovný ohebný člen.



Obrázek 6 - Varianta výřezu C – Špičatý ohebný člen.

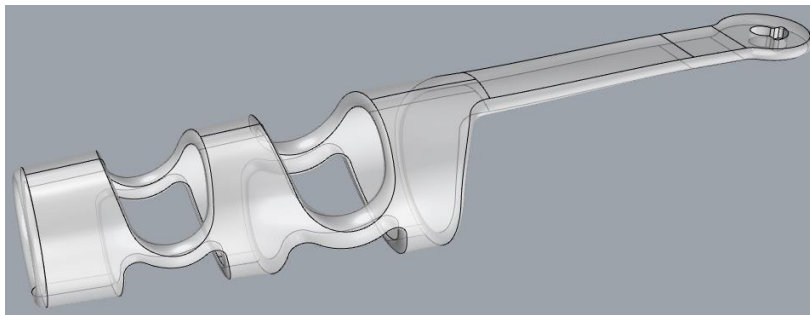
### Výpočet váhy a ohybu

Z hlediska lékařské pomůcky nesmí být ortéza příliš těžká, aby pacientovi neztěžovala pohyb. Jelikož má každý člověk jinou strukturu těla a svalů je těžké určit horní hranici maximální hmotnosti, kterou lze zvedat. Existují zde ale oborová doporučení, která pomáhají zavést bezpečné a otestované limity pro ruční zvedání břemen. Podle těchto doporučení, je maximální bezpečná hmotnost zvedání břemen pro ženy 16 kg a pro muže 25 kg. To se ovšem liší v závislosti na řadě faktorů. Mezi ně patří třeba to, do jaké výšky je předmět zvedán a zda je držen v blízkosti těla, nebo na délku paže. To znamená v praxi žena, která zvedá předmět ve výšce loktů a drží břemeno u těla je maximální

bezpečná hmotnost 16 kg a pro muže 25 kg. Pokud ovšem žena zvedá předmět ve výšce hlavy a drží předmět na délku paže výrazně klesá bezpečná hmotnost na 3 kg, a u mužů 5 kg<sup>4</sup>. Ovšem tohle doporučení se vztahuje na zdravé jedince v pracovním prostředí, Zatímco u pacientů, kteří v nedávně době podstoupili operaci mohou mít tuto maximální bezpečnou hmotnost násobně menší.

Na výrobu ortézy byly použity dva materiály. Statický **PA11** který má po vytisknutí hustotu:  $\rho = 0,9 \sim 1,05 \text{ g/cm}^3$ <sup>5</sup>. Jelikož chci vypočítat maximální váhu ortézy, volím  $\rho = 1,05 \text{ g/cm}^3$ <sup>6</sup>. Druhý materiál je pružný **TPU**, ten má po vytisknutí hustotu:  $\rho = 1,1 \text{ g/cm}^3$ .

Příklad postupu výpočtu hmotnosti na modelu prstové násady (obr. 7):



**Obrázek 7** – Model prstové násady

Přepočítání jednotek objemu na  $\text{cm}^3$ :

$$V = 6999,079 \text{ mm}^3 = 6,999079 \text{ cm}^3 \quad (1)$$

Výpočet váhy jedné násady:

$$m_n = \rho_{TPU} \cdot V = 1,1 \cdot 6,999079 = 7,6989869 \text{ g} = 7,7 \text{ g} \quad (2)$$

Výpočet váhy pro 5 násad:

$$m_{n\_set} = 5 \cdot 7,7 = 38,5 \text{ g} \quad (3)$$

Tento postup jsem zopakoval i u zbylých částí prstové ortézy, které jsou: rukavicová část ( $m_r$ ), model čepu bajonetového spoje ( $m_{b\_set}$ ) a připojovací hub ( $m_h$ ).

Celková váha ortézy:

$$m_c = m_{n\_set} + m_r + m_{b\_set} + m_h = 38,5 + 69,5 + 2,15 + 18,4 = 128,55 \text{ g} = 129 \text{ g} \quad (4)$$

Celková maximální váha ortézy s násadami pro všechny prsty bude vážit 129 gramů. To znamená, že je rukavice váhově vhodná i v ergonomicky nejnevhodnější situaci co se manipulace s břemenem

týká. Tato situace nám představuje zvedání břemene ženou ve výšce hlavy a držení předmětu na délku paže, kde je bezpečná hmotnost 3 kg.

V rámci mechanického zaměření ortézy, se následně zabývám výpočtem napětí pružného materiálu TPU. Nejvíce je prstová násada namáhána na tah v pásku který slouží k připojení násady ke zbytku prstové ortézy

### Určení dovoleného napětí

$R_e$  – mez v kluzu = 46,7MPa

$k$  – bezpečnost = předběžně volím 2

$$\sigma_{Dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{46,7}{2} = \mathbf{23,35 MPa} \quad (5)$$

### Výpočet napětí

Ukazováček: Průměrná síla: 3,5 - 5,5kg

Prostředníček: Průměrná síla: 4,5 - 7kg

Prsteník: Průměrná síla: 2,5 - 3,5kg

Malíček: Průměrná síla: 1,5 - 2,5kg

Volím max. sílu vykonanou prostředníčkem: 7kg

$$F = 7 \cdot 9,81 = \mathbf{68,67 N} \quad (6)$$

Rozměry pásku násady: 2mm x 10mm

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{68,67}{2 \cdot 10} = \mathbf{3,4335 MPa} \quad (7)$$

### Kontrola

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_t} = \frac{46,7}{3,4335} = \mathbf{13,6} \quad (8)$$

Běžná hodnota bezpečnosti se nachází v rozmezí 1,5 ÷ 5. Díl je předimenzovaný ale v našem případě se naopak ještě uvažovalo o větší tloušťce spojovacího pásku, aby byla celková struktura násady pevnější. Navíc pacienti nebudou ani zdaleka schopni při rehabilitacích vyvinout takovou sílu jako průměrný zdravý člověk.

### Finální prototyp ortézy

Po několika zkušebních řadách a schválení modelu odborníky z firmy InventMedical, se nechal vytisknout finální prototyp ortézy. Ta se skládá z rukavicové části, centrálního hubu do kterého se



připojují násady, tři varianty prstových násad přičemž každá má vlastní geometrii ohebných článků a bajonetového mechanismu, který uzamyká násady v hubu. Po vložení kruhového konce násady do hubu vsuneme do tvarového zámku bajonetový čep. Nyní ho otočíme o 180° po směru hodinových ručiček pomocí šroubováku, nebo drobnější mince čímž spoj utáhneme. Aby ortéza nebyla příliš těžká má rukavicová část na spodní straně vybrání od palce až po bok ruky. Po složení hlavních součástí jsem vyfotil jak ortéza vypadá na ruce a při běžném používání (obr. 8).



**Obrázek 8** – Vlevo: Prototyp – pohled shora. – Vpravo: Prototyp ortézy v praxi

### **Poděkování**

*Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS 2024 pod názvem: Výzkum a vývoj moderních postupů v průmyslové praxi, hrazeného ze státního rozpočtu České Republiky.*

### **LITERATURA**

- [1] Multi Jet Fusion 3D Printing Process. Online. 3dsourced. 2019. Dostupné z: <https://www.3dsourced.com/3d-printing-technologies/multi-jet-fusion-mjf/>.  
[cit. 2024-08-30].
- [2] HP 3D Printing Materials-4AA7-1533ENA. Online. HP Development Company, 2018. Dostupné z: <https://www8.hp.com/h20195/v2/GetDocument.aspx?docname=4AA7-1533ENA>.  
[cit. 2024-08-30].

- [3] BASF\_3DPS\_ExtendedTDS\_Ultrasint\_TPU\_01. Online. BASF, 2023. Dostupné z: [https://move.forwardam.com/hubfs/PBF%20Documentation/TPU%20Line/TPU%2001/BASF\\_3DPS\\_ExtendedTDS\\_Ultrasint\\_TPU\\_01.pdf](https://move.forwardam.com/hubfs/PBF%20Documentation/TPU%20Line/TPU%2001/BASF_3DPS_ExtendedTDS_Ultrasint_TPU_01.pdf). [cit. 2024-08-30].
- [4] As Individual As Your Baby. Online. Taleetop. 2024. Dostupné z: <https://taleetop.com/cs/customize/>. [cit. 2024-08-30].
- [5] What is the maximum weight a person can lift at work? Online. Hands-lifting. 2023. Dostupné z: <https://www.hands-lifting.co.uk/what-is-the-maximum-weight-a-person-can-lift-at-work/>. [cit. 2024-08-30].
- [6] PA 11 (POLYAMIDE 11). Online. 3faktor. 2023. Dostupné z: <https://3faktor.com/en/material/pa-11-polyamide-11/>. [cit. 2024-08-30].

## ELEMENTOVÝ TŘÍDÍCÍ STROJ

Ing. Jakub Gaszek

340 - Katedra konstruování, jakub.gaszek.st@vsb.cz

### ELEMENT SORTING MACHINE

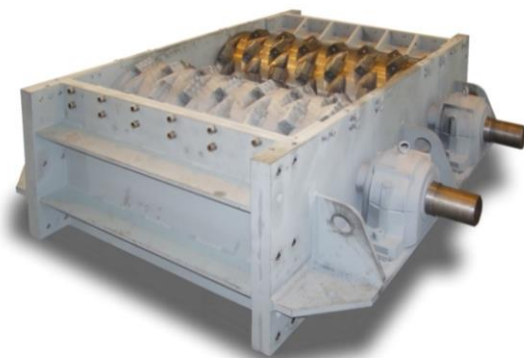
**Abstract:** The article deals with the development of the elemental sorting machine, measurements and proposed procedures for future measurements, summarizes the results of the development of the machine.

**Key words:** element, sorting, soil, faction, machine

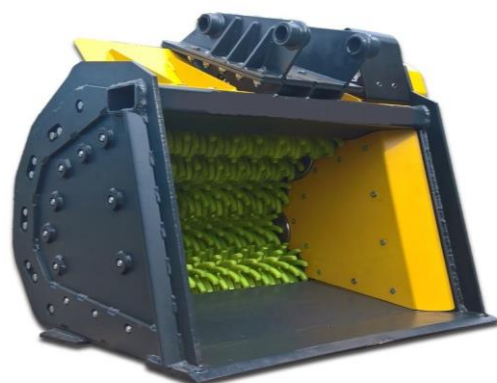
### ÚVOD

Tématem článku je elementový třídící stroj. Myšlenka na vznik a vývoj tohoto stroje vznikla během tvorby a vývoje nových principů mobilních třídících lžic (Obrázek 2) a stacionárních drtiček na plechový odpad – nápojové plechovky, plechovky od barev, konzervy, plechové plničky, ... (Obrázek 1). Účelem vývoje nového stroje je především spojení dobrých vlastností stávajícího stavu techniky, urychlení procesu třízení, urychlení servisu stroje a výměny třídících elementů. Cílem měření a zkoumání procesu třízení stroje je především zjištění závislostí nastavených parametrů stroje na třízení různých druhů materiálů.

Dalším plánovaným předmětem zkoumání je prověření závislosti materiálů a tvarů elementů na proces třízení. Vedlejším produktem zkoumání by mohl být přínos i pro stacionární drtičky, kde by se dalo využít obdobných principů.



Obrázek 1 – Speciální víceosý drtič odpadu <sup>[1]</sup>



Obrázek 2 – Elementová pětiosá třídící lžice <sup>[2]</sup>

## VÍCEOSÉ DRTIČE ODPADU

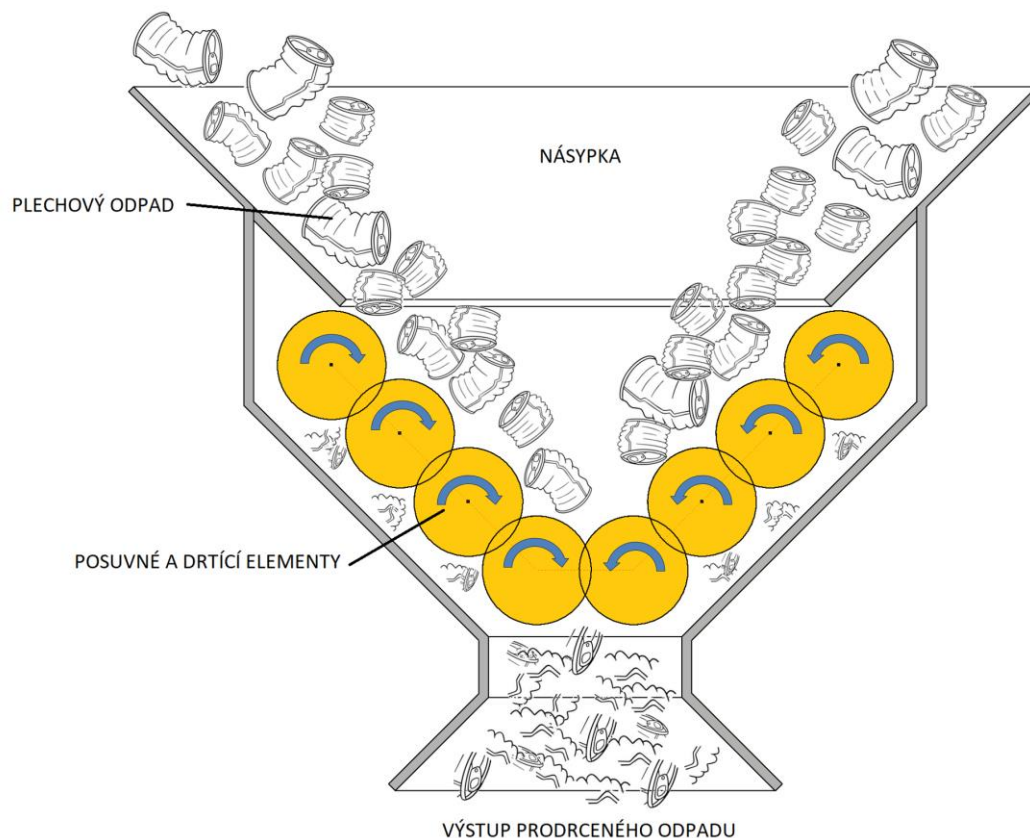
Víceosé drtiče před-třízeného plechového odpadu, krouhají, posouvají a drtí odpad. Princip procesu je znázorněn na obrázku 3. Nejprve dojde k navedení před-třízeného odpadu do násypky drtičky. Poté, během cesty po souběžně se točících elementech stroje, jsou malé částičky již třizeny (propadnou mezi elementy stroje). Větší odpad je posouván až k posledním elementům, které se točí protiběžně a odpad nadrtí, nakrouhají. Elementy stroje mohou být pro určitý proces také umístovány ne v rovině, ale kapsovitě, pak dochází k většímu promletí materiálu i během cesty strojem. Výsledný nadrcený materiál může dále propadávat výstupem stroje do dalšího stroje, který vše zase protřídí a nadrtí na menší frakci.

Rychlost otáčení, síla, náklon a počet elementů určuje rychlost drcení / třizení materiálu. Vzdálenost mezi elementy určuje velikost propadlého, nadrceného, odpadu.

Otáčející se elementy mají různé tvary, přizpůsobené druhu odpadu procházejícímu drtičem.

Materiály elementů pro drcení jsou různé, od pryží a průmyslových pryží (např. pryž SBR tvrdosti 85 ShA – metoda kužel, 35°, 8,05 N) po kovové slitiny s vysokou pevností.

Třídíče / drtiče jsou oblíbené především pro rychlost třizení. Materiál se neustále natřásá, což umožňuje prosévání vlhkých, křehkých a speciálních materiálů. Hlavní nevýhodou je složitá a tím i opomíjená výměna elementů. Dochází tak k nepřesnostem třizení (z důvodu poškozených elementů propadávají i větší kusy materiálu).



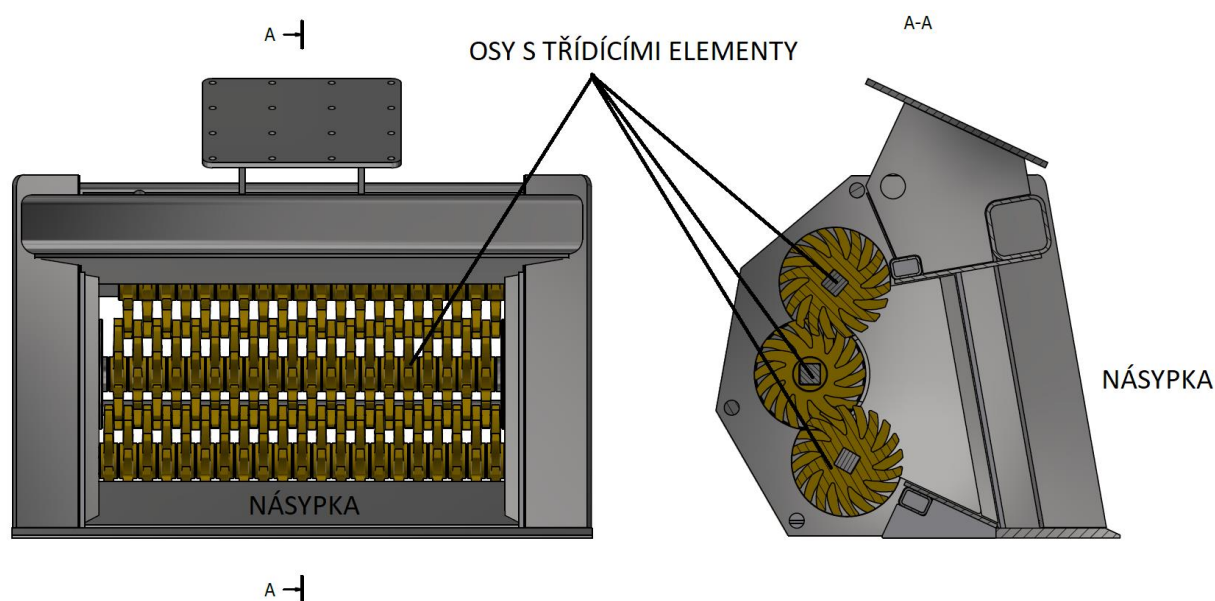
**Obrázek 3 – Schéma elementového víceosého drtiče odpadu**

## ELEMENTOVÁ TŘÍDÍCÍ LŽÍCE

Třídící lžíce slouží k nabrání, promletí a třízení zeminy. Běžně mohou být dvouosé nebo až pětiosé. Elementová třídící lžíce (třiosá) s popisem je na obrázku 4.

Stroj lžíci nabere zeminu, poté přejede s lžící na určené místo třízení, lžíci otočí do třídící polohy – elementy dolů a uvede osy s elementy do chodu. Tak je zemina třížena a mleta. Po dostatečném přetřídění zeminy dojde k vysypání nadměrných částí ze lžíce.

Rychlost otáčení, síla, náklon a počet osů určuje rychlost mletí / třízení materiálu. Vzdálenost mezi elementy určuje velikost propadlého, namletého materiálu. Elementy lžíce mohou být pro určitý proces také umísťovány kapsovitě (u většího počtu os).



**Obrázek 4** – Popis hlavních částí elementové třídící lžíce (třiosá)

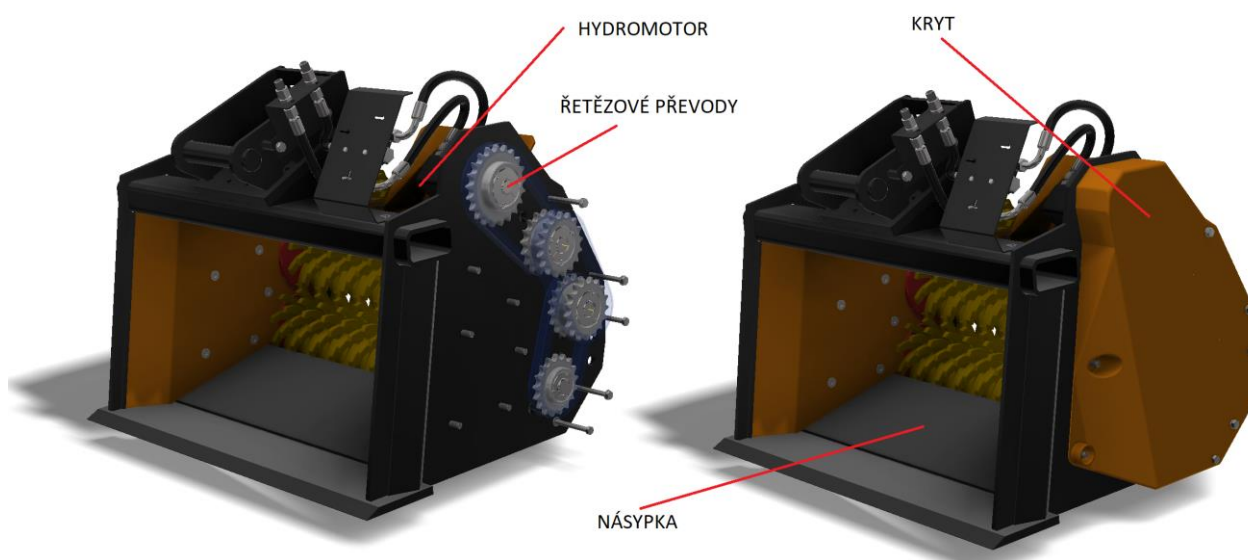
Otáčející se elementy mají většinou velmi podobný tvar. Liší se průměrem a počtem paprsků. Některé firmy již experimentují s různými tvary hvězdic. Jsou vyráběny především z polyuretanu. Vybrané tvary elementů jsou na obrázku 5.



**Obrázek 5** – Třídící elementy <sup>[3]</sup> <sup>[4]</sup> <sup>[5]</sup>



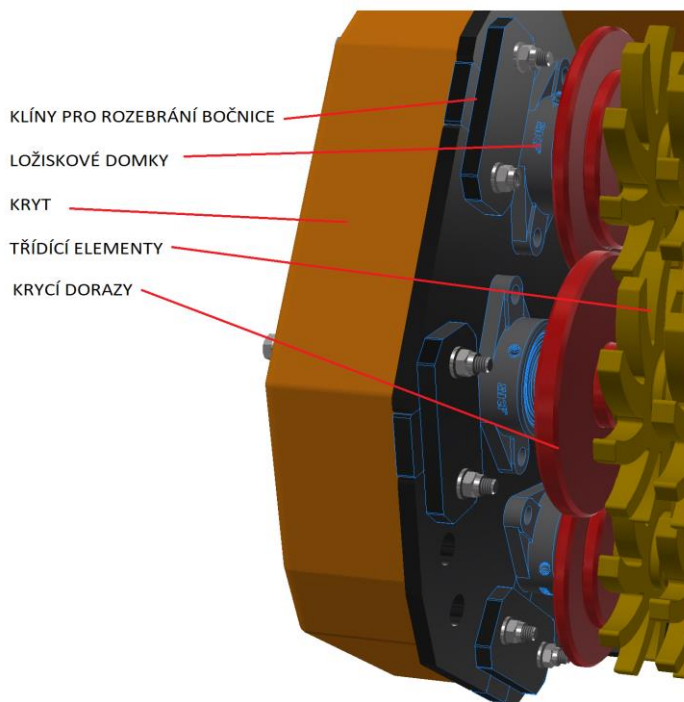
Hnací ústrojí stroje se skládá z hydromotru připojeného na hydraulický pracovní okruh stroje a řetězových převodů, které rozpohybovávají hřídele s elementy. Hřídele jsou uloženy v ložiskových domcích. Řetězová kola jsou vystředěna a upevněna na hřídel pomocí svěrných pouzder Taper-Lock (Obrázek 6).



**Obrázek 6 – Hnací ústrojí**

Lžíce jsou oblíbené především pro rychlost tření zeminy. Materiál se neustále natřásá, což umožňuje prosévání vlhkých, křehkých a speciálních materiálů. Hlavní nevýhodou je složitá a tím i opomíjená výměna elementů. Dochází tak k nepřesnostem tření (z důvodu poškozených elementů propadávají i větší kusy materiálu). Původní lžíce mají hnací ústrojí umístěné pouze na jedné straně. Lžíce je nevyvážená a kryt příliš přečnívá přes obrys lžíce, často bývá deformován, a je narušena jeho těsnost.

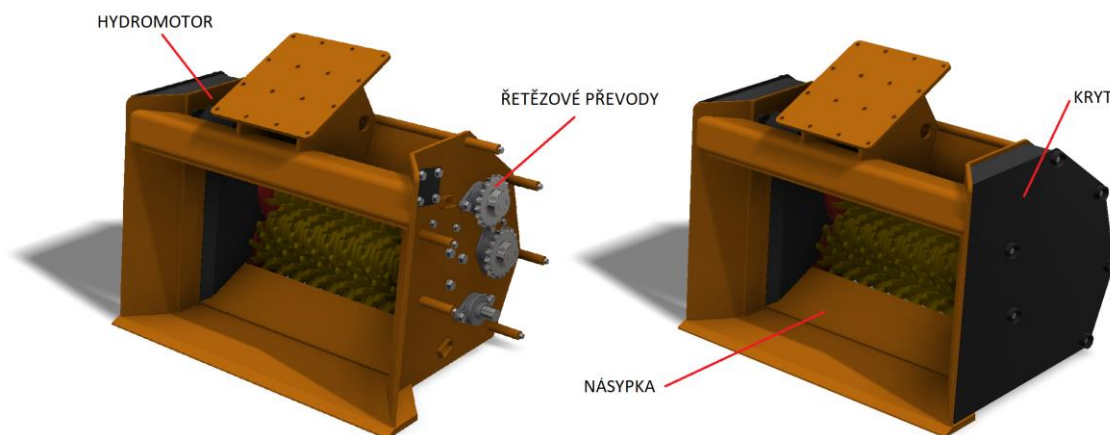
Elementy u původních běžných lžicí mohou být vyměněny pouze po odšroubování krytů, rozpojení hnacích řetězů, odmontování Taper-Lock pouzder a ložiskových domků, rozebrání bočnic a vyndání hřídelí. Dojde tedy k téměř celkovému rozmontování lžíce na součásti a svařený korpus (Obrázek 7).



**Obrázek 7 – Uložení hřídelí s elementy**

## NOVÉ ŘEŠENÍ ELEMENTOVÉ TŘÍDÍCÍ LŽICE

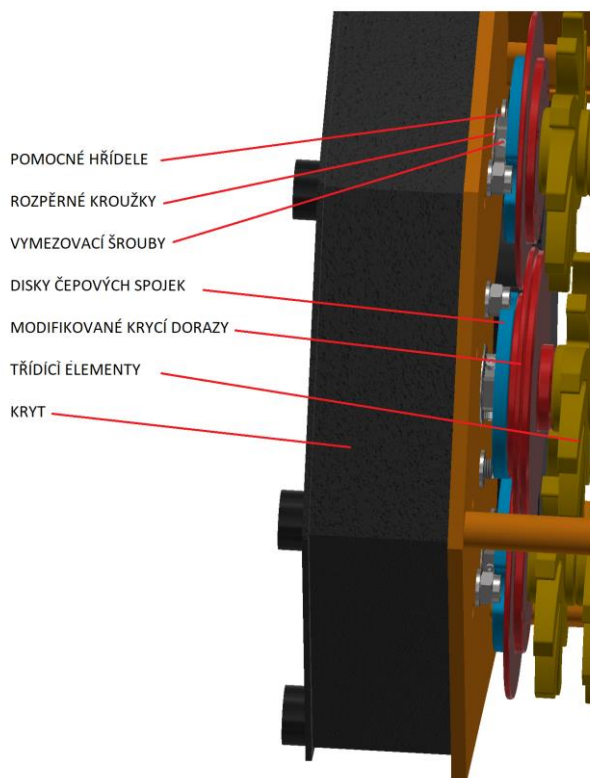
Proběhl vývoj lžice (Obrázek 8). Lžice byla symetrizována. Lžice lze nově osadit hydromotorem nalevo i napravo. Lžice byla rovnoměrněji osazena hnacím ústrojím. Díky rozložení řetězových kol na obě strany lžice (zrušení víceřadých řetězových kol) bylo možné snížit zástavbovou výšku krytu. Na lžici byly osazeny boční břity, které kryjí celý profil obou krytů po stranách. Na kryty byly doplněny obrouče, které kryjí hlavy šroubu před poškozením.



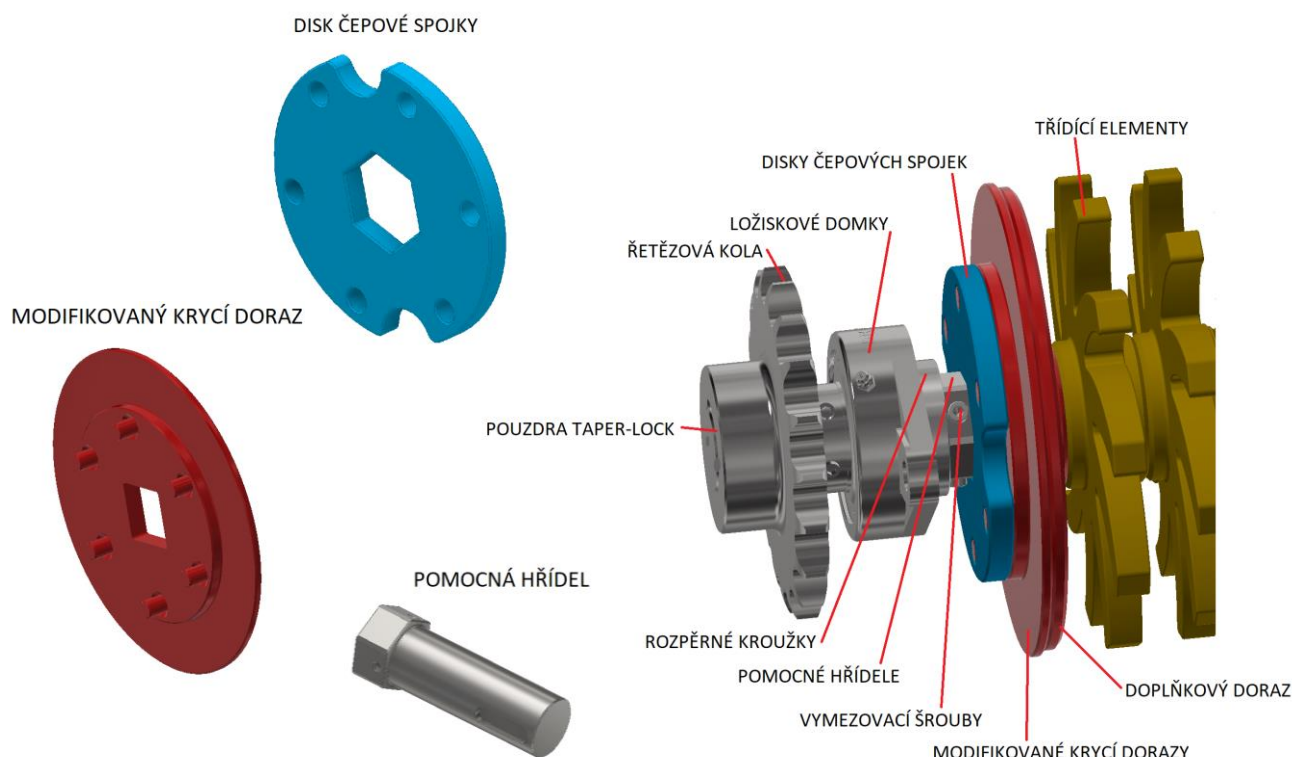
**Obrázek 8** – Nové řešení elementové třídicí lžice

Bylo navrženo nové spojení hřídelí dle obrázku 9 a obrázku 10. To zajišťuje pohodlnější výměnu elementů. Skládá se z ložiskových domků, pouzder Taper-Lock, pomocných hřídelí, rozpěrných kroužků, vymežovacích šroubů, speciálních čepových spojek, skládajících se z disku a modifikovaného krycího dorazu. Dále pak z doplňkového dorazu.

Po rozpojení hnacího řetězu od hydromotoru a odšroubování vymežovacích šroubů je disk čepové spojky přesunut a tím je uvolněn z čepového spojení modifikovaný krycí doraz. Toto proběhne i na druhé straně hřídele. Tímto vznikne prostor pro vysunutí hřídele z korpusu lžice bez dalších potřebných demontáží komponent.



**Obrázek 9** – Nové spojení hřídelí



**Obrázek 10** – Detail nového spojení

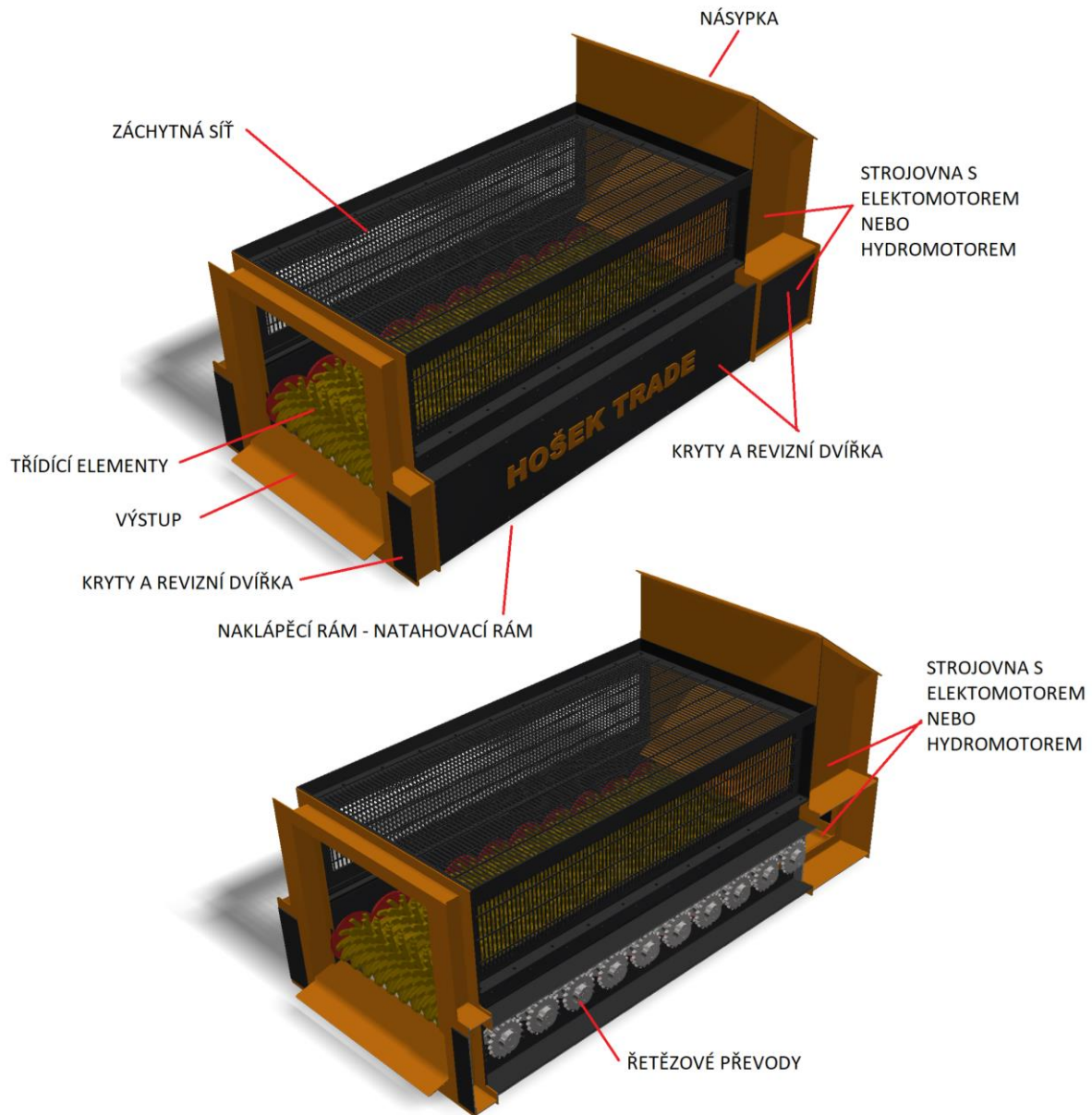
## ELEMENTOVÝ TŘÍDICÍ STROJ

Na základě předchozího vývoje na třídících lžících je jejich princip použit i pro stacionární elementové třídící stroje. Elementové třídící lžice jsou nevýhodné u velkého objemu třízené zemině a dlouhého přejezdu mezi sběrným a třídícím místem. Proto započal vývoj stacionárního elem. třídícího stroje (Obrázek 11), spojujícího výhody nově navržené třídící lžice a ostatních stacionárních třídících strojů. Tedy možnost zřídit na staveništi stacionární třídící místo, kde by mohly stroje svážet a třídít zeminu rychleji tímto způsobem natřásání, třízení a mletí materiálu.

Jelikož je stacionární řešení elementové stroje nové, vzniká mnoho aspektů tohoto třízení, které je potřeba prozkoumat. Důležitý bude náklon trati, síla a rychlost otáčení elementů, tvar elementů, materiál elementů, tvar násypky a její sklon – celková doprava materiálu k třízení do srdce stroje, užitečná délka a šířka trati, vzdálenost mezi elementy v závislosti na pevnosti elementu a tedy velikosti třízené frakce, využití kapsovitěho tvaru trati, atd.

Elementový třídící stroj se sestává z naklápěcího rámu, který slouží zároveň jako natahovací rám pro převoz. U menších aplikací je polohovatelný mechanicky a větších elektricky či hydraulicky. Dále na sklápěcí rám navazuje korpus stroje. Do něj jsou obdobným způsobem jako u třídících lžících vsazeny hřídele s elementy. Hřídele jsou poháněny elektromotorem nebo hydromotorem prostřednictvím řetězových převodů po obou stranách stroje. Pro zachytávání odraženého materiálu je navržena záchytná síť (klec). Vnitřní třídící trat na rámu je modulární, je ji možno rozšiřovat po polích. K vnitřní třídící trati je dopojena strojovna s násypkou a z druhé strany výstupní portál. Celý rám může být umístován na různé nástavby od stabilních stolic po pásové podvozky, vše dle potřeby třízení.





**Obrázek 10** – Stacionární elementový třídící stroj

Dosavadní výsledky ukazují, že mazlavější materiály jsou spíše mlety mezi elementy a je tak pro ně vhodnější kapsovitý tvar trati, pro sypké materiály, kde odnímaná frakce je blízká třízené frakci je lepší přímá trať s proti-náklonem u sypkých materiálů s velkými rozdíly velikostí je lepší přímá trať bez náklonu. Zvyšování rychlosti otáčení elementů funguje spíše u mazlavých materiálů, ale i tam je výsledkem spíše odskakování, vystřelování materiálů všech frakcí ven a do zachytných sítí. Elementy s polyuretanu překvapivě vydrží značné namáhání a dokáží pružně odolávat materiálům, který by mohl u tužších elementů způsobit zaseknutí hřídelí. Další aspekty jsou dále předmětem zkoumání.

### **Poděkování**

*Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS 2024 pod názvem: Výzkum a vývoj moderních postupů v průmyslové praxi, hrazeného ze státního rozpočtu České Republiky.*

## LITERATURA

- [1] ODES S.R.O. *Speciální drtiče*. Online. ODES - Zařízení pro ekologii. 2014. Dostupné z: <http://www.odes.cz/zarizeni/drtice-odpadu/specialni>. [cit. 2024-08-30].
- [2] HOŠEK TRADE S.R.O. *Třídící lopaty STAR*. Online. HOŠEK Trade. 2024. Dostupné z: <https://www.dobrekladivo.cz/tridici-lopaty-star/tridici-lopata-star-1-2/>. [cit. 2024-08-30].
- [3] INJECT, S.R.O. *HVĚZDICE DO TŘÍDÍCÍCH STROJŮ*. Online. INJECT. 2024. Dostupné z: <https://www.inject.cz/produkty/kamenolomy/hvezdice-tridice/>. [cit. 2024-08-30].
- [4] TECHGUM.CZ S.R.O. *Hvězdice třídiče s výztuhou Ø 160 mm*. Online. Techgum.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.techgum.cz/gumove-vyrobky/hvezdice-do-tridicich-stroju/hvezdice-tridice-s-vyztuhou-160-mm.htm>. [cit. 2024-08-30].
- [5] TECHGUM.CZ S.R.O. *Hvězdice třídiče Ø 160 mm 12 prstá*. Online. Techgum.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.techgum.cz/gumove-vyrobky/hvezdice-do-tridicich-stroju/hvezdice-tridice-160-mm.htm>. [cit. 2024-08-30].

## STROJ PRO ŠROUBOVÁNÍ ZEMNÍCH VRUTŮ

Ing. Jakub Gaszek

340 - Katedra konstruování, jakub.gaszek.st@vsb.cz

### **MACHINE FOR SCREWING GROUND SCREWS**

**Abstract:** *The article deals with the development of a machine for screwing ground screws, summarizes the results of the machine's development to date.*

**Key words:** screw, driver, ground, foundations, buildings

### ÚVOD

Tématem článku je vývoj stroje pro šroubování zemních vrtů. Účelem vývoje nového stroje bylo především spojení dobrých vlastností stávajícího stavu techniky, a navržení nových změn stroje vyplývajících z dosavadních zkušeností a potřeb firmy CHYTRÉ ZÁKLADY s.r.o. při šroubování zemních vrtů. Výsledný stroj bude mít zlepšené ovládací vlastnosti, výkon, přesnost a bezpečnost, bude obohacen o nové servisní a pracovní funkce.

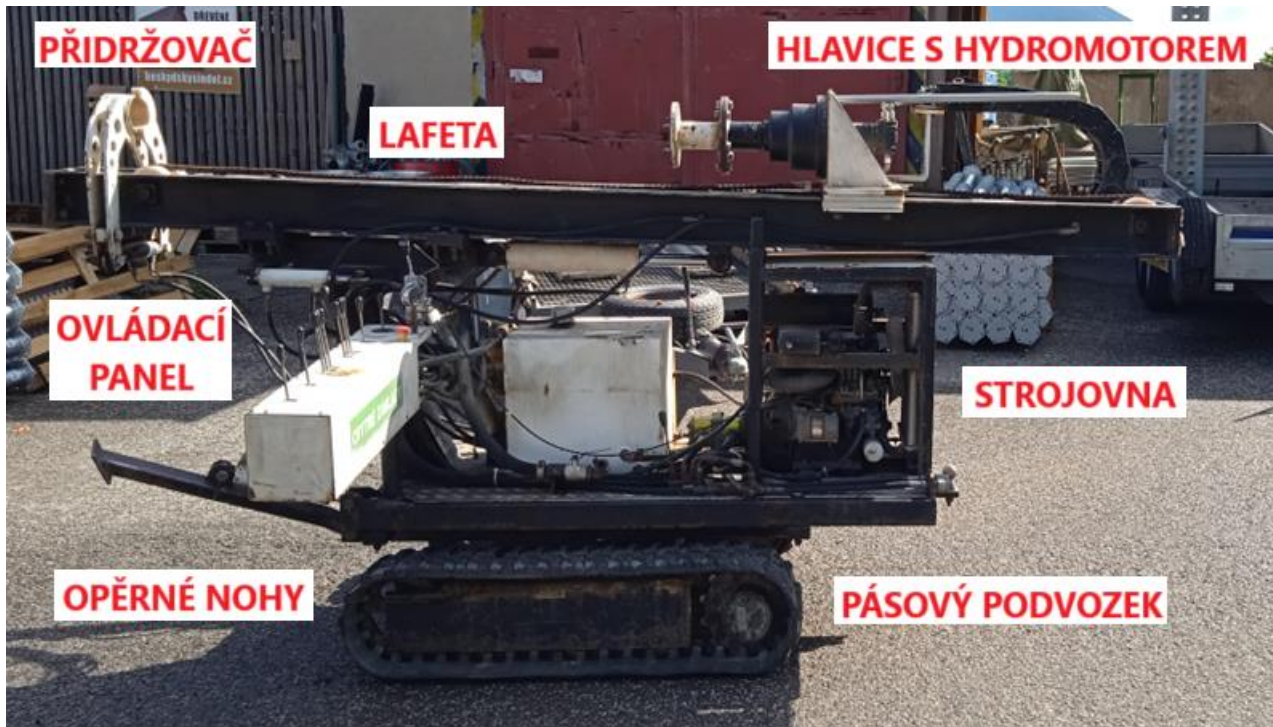
Dalším plánovaným vývojem je vytvoření mobilního stroje pro zkoušení únosnosti zeminy.



**Obrázek 1** – Příklad stroje pro šroubování zemních vrtů <sup>[1]</sup>

## ŠROUBOVACÍ STROJE

Stroje pro šroubování vrutů se skládají z několika základních částí, z pásového podvozku, strojovny, lafety, hlavice s hydromotorem, ovládacího panelu, přidržovače a opěrných nohou (Obrázek 2).



Obrázek 2 – Popis šroubovacího stroje (původní stroj)

Stroje slouží jak ke šroubování vrutů různých velikostí a délek do země, tak i k předvrtávání děr pro vruty v tvrdých a kamenitých zeminách.

## PRÁCE STROJE

Stroj je přichystán do pracovní pozice (lafeta je ve svislé poloze). Je stabilizován opěrnými nohami nad určeným místem šroubování. Do stroje je vložen zemní vrut a přichycen na hlavici šrouby. Zemní vrut je silou rotačního a přímočarého hydromotoru zašroubován prvních pár závitů do země. Při práci se osvědčilo dále nepokračovat silovým šroubováním, ale spjatý posuv nechat na volnoběhu, to znamená nechat vrut, aby se točením sám vtáhl svým stoupáním závitu do země. Při násilném tlačení vrutu do země je zemina narušena a po ozkoušení nedosahuje silově zašroubovaný vrut takové stability jako vrut, který byl šroubován volnoběhem. Vrut je takto zašroubován do potřebné hloubky.

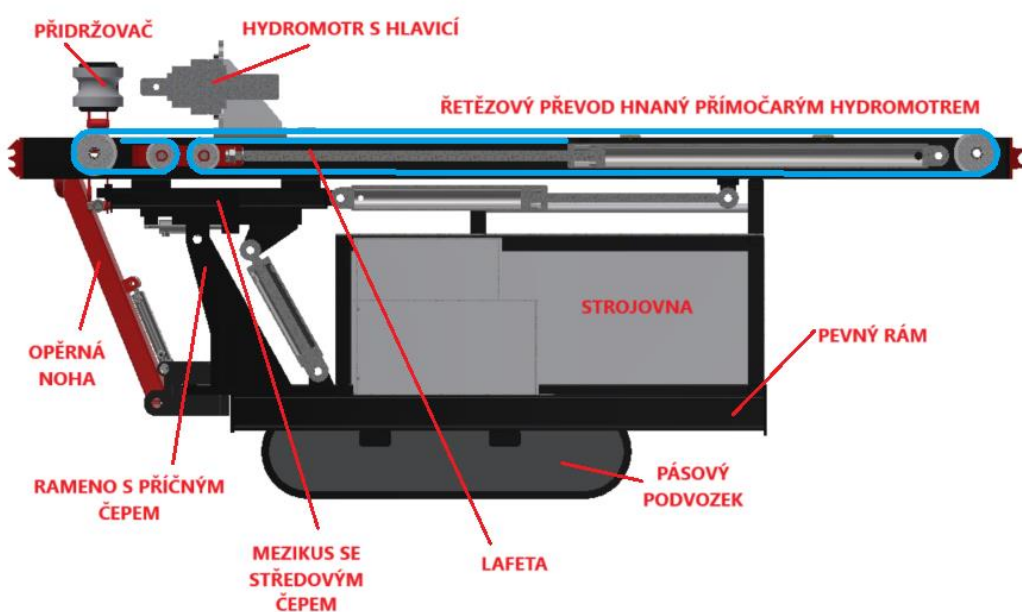


## PŮVODNÍ STROJ

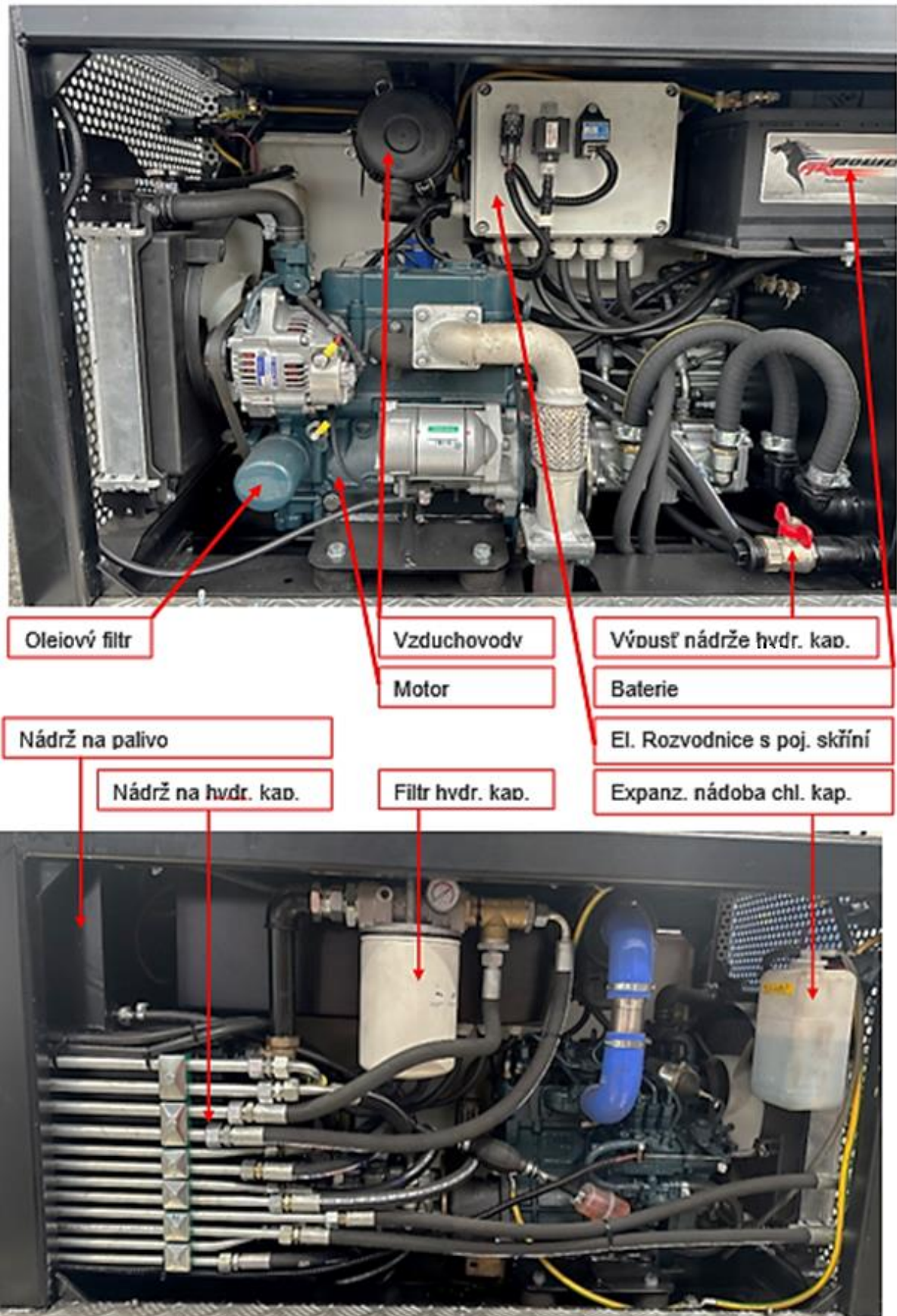
Původní stoj (Obrázek 2) měl již značné vûle v uložení. Měl nedostatečný výkon. Bylo možné jej ovládat pouze z panelu pevně spojeného se strojem, to bylo v některých situacích nebezpečné. Stroj měl také nedostatečný rozsah. Strojem se nedaly šroubovat nové delší zemní vruty a při šroubování vrutů nemohl být použit přidržovač. Ten se použil pouze při přidržení vrtací hlavice. Stroj byl celkově velmi opotřebovaný.

## NOVÉ ŘEŠENÍ STROJE

Nový stroj (Obrázek 3) je stejně jako původní navržen na pevném rámu svařeném z dutých obdélníkových profilů. Rám obsahující strojovnu (Obrázek 4) je pevně zakotven na pásovém podvozku pomocí šroubů. V jeho přední části jsou umístěny hydraulicky ovládané opěrné nohy sloužící k ustavení a stabilizaci stroje při práci. V přední části pevného rámu vybíhá nosné rameno. Rameno je příčným čepem spojeno s otočným mezikusem. Ten má v sobě pevný středový čep. Na středový čep je nasazeno lože lafety, ve kterém se lafeta může posouvat. Na horní pásnici lafety je nasazeno lože hydromotoru s hlavicí. Kolem příčného čepu se může lafeta naklápět z vodorovné převozní polohy do svislé pracovní polohy pomocí přímočarého hydromotoru. Kolem středového čepu mezikusu se může lafeta v pracovní pozici naklápět, ze stany na stranu, pomocí dvou přímočarých hydromotorů. V loži lafety se lafeta posouvá také pomocí přímočarého hydromotoru. Lafeta se sestává z pevného těla svařeného ze dvou UPE profilů a pomocných plechových nosníků. Pásnice UPE profilů v dolní části slouží k vedení lafety samotné, pásnice v horní části slouží k vedení lože hydromotoru s hlavicí. Uvnitř těla lafety je ukryt řetězový mechanismus s kladkami poháněný také přímočarým hydromotorem. Mechanismus je podobný zvedacímu mechanismu, který můžeme nalézt například u vysokozdvíhových vozíků. Na otočném mezikusu jsou připojen a přímočarým hydromotorem ovládan přidržovač vrtací hlavice / zemního vrutu.



Obrázek 3 – Nový šroubovací stroj – řez



Obrázek 4 – Strojovna



Nové řešení stroje (Obrázek 5) zpřesnilo všechny posuvy a funkce stroje. Zvětšilo rozsah stabilizačních nohou a jejich sílu. K pevnému ovládacímu panelu bylo přidáno dálkové ovládání, jehož největší výhodou je možnost odstup od stroje v nebezpečných situacích přejezdů v kopcovitém terénu, vrtání atd. Byl zvětšen rozsah posuvu lafety, který dobře poslouží při velkých výškových rozdílech mezi polohou stroje a šroubovacím prostorem. To znamená, že místo určené pro vrtání je v prohlubni a stroj se do ní nemůže vejít. Je tak potřeba zasunout lafetu pod úroveň stroje, aby byl stroj a lafeta při vrtání dostatečně zapřená. A také byl zvětšen rozsah posuvu lože vrtací hlavy s hydromotorem. Kombinací zvětšení obou rozsahů (lafety a lože hlavičky) je možné do stroje vložit nové větší vruty. Lépe bylo vymyšleno krytování stroje a jeho odhlučnění. Byl použit roztahovací podvozek, který dá stroji lépe se pohybovat v prostoru, vyhýbat se v poli vrutů a zlepšovat svoji stabilitu.



**Obrázek 5 – Nově navržený stroj**

Po zavedení do provozu byl ještě vymyšlen nový přidržovač (Obrázek 6 a 7) s komponentou umožňující přidržovat dlouhou vrtací hlavičku při předvrtání i zemní vruty při jejich šroubování do země. Ten se skládá z ramen a roln, které se při průchodu hlavičky nebo vrutu otáčejí, ale zároveň stále drží směr vrtání / šroubování. Oproti obrázku jsou rolny ještě ozubené, kopírují tak stoupání závitu zemních vrutů. Byly také přidány seřizovací šrouby pro vystředění hlavičky s hydromotorem.



**Obrázek 6 – Nové řešení přidržovače**



**Obrázek 7 – Ozubené rolny**

## MĚŘENÍ ÚNOSNOSTI ZEMINY

Pro měření únosnosti zeminy je firmou používáno vlastní zařízení (Obrázek 8). Po zašroubování normované velikosti zemního vrutu je měřící zařízení položeno nad vrtem. Vrut je upnut k měřící hlavici. Pomocí hydraulické panenky je přes páku na hlavici z vrtem vyvíjena síla směrem vzhůru – vytrhávací síla. Pomocí napnutého lanka od hlavice k přidržovači na stroji s měřákem je měřen posuv hlavice, tedy i vrutu směrem vzhůru a pomocí tenzometrických snímačů je měřeno napětí v hlavici. Obě veličiny jsou zachytávány v měřící skříni.



Obrázek 8 – Měřící zařízení

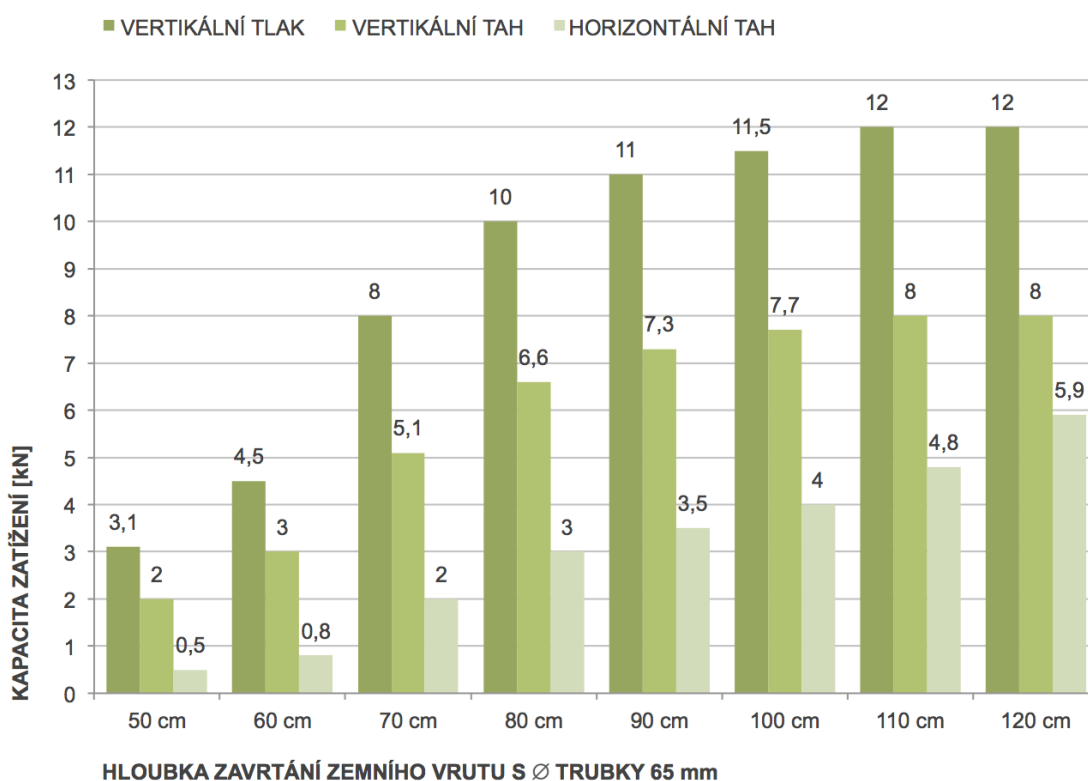
Z těchto hodnot je dopočítáno, při jaké síle vytrhávání vrut povolil a jestli ztratil únosnost úplně, nebo jen z části. Z hodnot na vytržení (horizontálního tahu) lze pomocí koeficientu přepočítat na hodnoty vertikálního tlaku.

Samotný předběžný výpočet pro volbu velikosti a počtu vrutů je poměrně jednoduchý:

**(Celková váha stavby + váha obsahu + váha sněhu) / počet vrutů = NOSNOST JEDNOHO VRUTU**

Poté dle obecného grafu lze dojít k velikosti vrutu dle zatížení. Například dle obrázku 8, kde uvedené hodnoty jsou sníženy o bezpečnostní koeficient 35 %.





**Obrázek 9** – Graf doporučeného zatížení HOBBY vrtů v jílovito-hlinité půdě<sup>[2]</sup>

Právě zadání vstupních parametrů a promyšlení všech rizik a aspektů ovlivňujících únosnost vrutu není jednoduché. Je například nutné zohlednit terén (nestejnorodost a nerovnost) a nosnost zeminy v místě vrtání, namáhání stavby silným bočním větrem atd. Je také nutné vybrat správná místa stavby k měření únosnosti zeminy.

## NOVÉ MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Firma by v dalším postupu chtěla modernizovat zařízení. Půjde o vývoj mobilního stroje, který by sám dokázal zavrtávat zkušební vruty a zkoušet jejich pevnost. Dojde tak ke značené úspoře času při měření. Navíc by se nový pracovní stroj již nemusel účastnit měření únosnosti zeminy a mohl by tak pracovat jinde přímo na tvorbě (vrutových) základů.

## ZÁVĚR

Po dlouhodobějším testování nového stroje v provozu bylo zjištěno, že s ním obsluha dokáže zašroubovat přibližně o 20% více vrtů za hodinu než se starým strojem. V kombinaci s ostatními zlepšeními v rámci provozu, údržby a bezpečnosti stroje, lze pokládat vývoj stroje za zdařilý. Všechny požadavky byly splněny.

### **Poděkování**

*Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS 2024 pod názvem: Výzkum a vývoj moderních postupů v průmyslové praxi, hrazeného ze státního rozpočtu České Republiky.*

### **LITERATURA**

- [1] BAYO.S SE. *BAYO.S GROUND SCREW*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.bayo-s.com/cz/profi-zaklady> . [cit. 2024-09-01].
- [2] BAYO.S SE. *BAYO.S GROUND SCREW*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.bayo-s.com/cz/hobby-zaklady> . [cit. 2024-09-01].

## KONSTRUKČNÍ NÁVRH DEMONSTRAČNÍ RADLICE

Ing. Václav Jakubík

Katedra Konstruování, vaclav.jakubik@vsb.cz

### **CONSTRUCTION DESIGN OF A BLADE FOR THE DEMONSTRATION VEHICLE**

**Abstract EN:** *This demonstration blade and its equipment. The design is based on the specified requirements that the blade must meet. The theoretical part is focused on the distribution of blades in individual sectors and their use. The second part describes the development of the structural unit - presentation of the chassis, lifting equipment, etc. The last part of the work focuses more closely on mechanized parts and structural solutions - includes strength calculations and safety verification of the designed structure. It was necessary to test the most stressed parts of the plow and its equipment by calculation. This was done on selected parts of the device.*

**Key words EN:** *demonstration blade, suspension system, lifting equipment*

### **KONSTRUKČNÍ NÁVRH DEMONSTRAČNÍ RADLICE**

S radlicemi se zcela běžně setkáváme na různých typech vozidel, strojů a dalších mechanizačních jednotkách. Má-li radlice vykonávat efektivně svou práci, je zapotřebí, aby vozidlo nebo stroj, pro který je určena, měl stabilní a silný podvozek. Proto se radlice používají na vozidlech kolových, ale stejně tak i vozidlech pásových, která jsou svou stavbou určena do mnohem náročnějších podmínek. Výběr vhodného typu radlice, potažmo celého vozidla tedy závisí především na terénních podmínkách, v nichž se mají tyto zařízení provozovat. Tím je také ovlivněna pevnost a funkčnost samotné radlice.

Radlice na vozidle je brána jako součást stroje, bez níž by daný stroj nemohl vykonávat svou práci. Vozidla specializovaná pro zásahovou činnost, mají radlice jako záložní bezpečnostní prvek pro nepředvídatelné situace. Ať už se jedná o vozidla zásahová, nebo ryze pracovní, využití jejich radlice se pro každé vozidlo odlišuje tvarem, velikostí, ale především konstrukčním provedením.

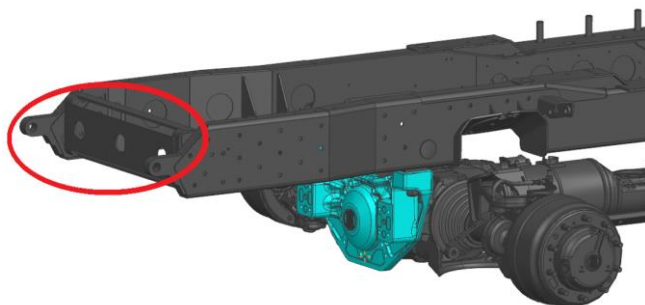
Ustavení radlic u pásových a většiny kolových vozidel je převážně z přední části vozidla. Uložení v čelní části stroje (vozidla) je z hlediska funkce praktické a má celou řadu výhod, především v situacích, kdy je stroj určen k hnutí sypkých materiálů, jelikož je vozidlo v neustálém kontaktu s vozovkou, nebo jiným pevným podložím. Kontakt s vozovkou nebo zpevněným podložím umožňuje stálou trakci, která maximalizuje pracovní výkon při hnutí těchto materiálů. Jednotlivé konstrukční provedení čelních radlic bude detailněji popsáno v následující kapitole. Jak již bylo naznačeno v předešlé kapitole, konstrukčních návrhů radlic je několik typů. Pro nalezení vhodného konstrukčního řešení v rámci této diplomové práce je nezbytné představit výchozí konstrukční provedení radlic s ohledem na jejich charakter využití a funkci. Radlice rozdělujeme podle tvaru na

čelní, šípové, šikmé, uzavřené, kombinované a pohotovostní. Každá tato radlice je specifická a konstrukčně zaměřené na svoji činnost. Aby tak radlice byla uchycena za vozidlo je zapotřebí navrhnout zvedací zařízení a úchytný systém za vozidlo.

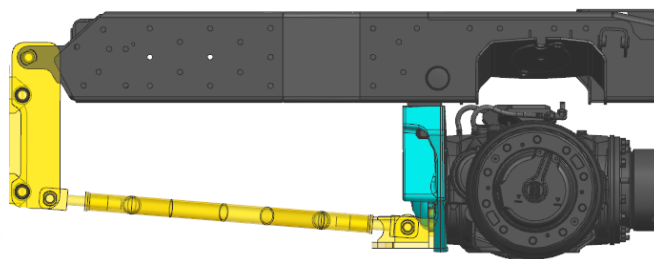
### ZÁVĚSNÝ SYSTÉM

Základním prvkem celé navržené sestavy je závěsný systém sloužící pro ustavení a přichycení demonstrační radlice. Zde je zapotřebí zkonstruovat systém uchycení v čelní části vozidla, který slouží jako základní bod pro ukotvení celé sestavy. Volba správného uchycení spočívá v úvaze o zvolení správné kombinace kotvicích prvků závěsného systému na podvozek vozidla. Závěsný systém je s podvozkem vozidla vždy spojen vhodně zvolenými šroubovými spoji tak, aby byl v případě potřeby demontovatelný, ale zároveň dostatečně pevný a tuhý pro různé formy zatížení.

Volba vhodného sekundárního kotvicího bodu pro závěsný systém vychází z celkové konstrukce podvozkové části, která je limitována prostorem v okolí rámu a příčnicku. Vhodné kotevní body se nacházejí na čelní části rámu v prostoru před vozidlem, mimo zástavbu podvozku vozidla. Navázání závěsného systému ke kotvicím bodům tedy vychází z předem stanovených úchytných bodů na rámu a příčnicku vozidla. Úchytný bod na rámu vozidla je znázorněn na obrázku č. 1. Po zvolení těchto bodů je možné zhotovit návrh sestavy závěsného systému pro zvedací zařízení radlice. Znázorněný příklad za uchycení bodů, je na obrázku č. 2. V následující části práce bude pozornost věnována již zmíněnému závěsnému systému.



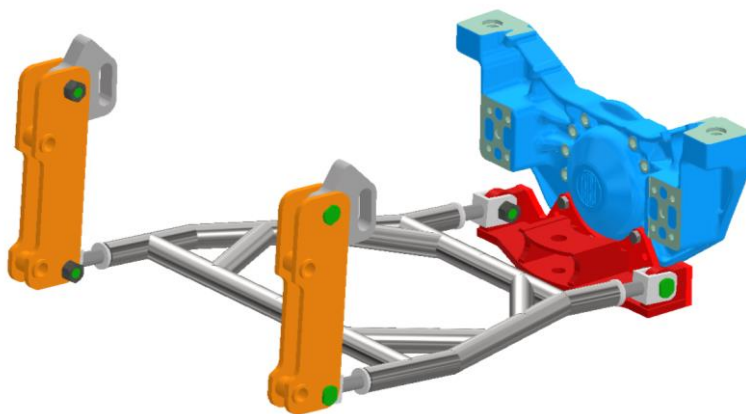
**Obrázek 1** Úchytný bod na rámu vozidla



**Obrázek 2** Uchycení celé sestavy

Jak již bylo zmíněno, je zapotřebí zkonstruovat závěsný systém, uchycený ke zvoleným kotvicím bodům v podvozkové části vozidla. Na obrázku č. 3 je znázorněna celá sestava závěsného systému,

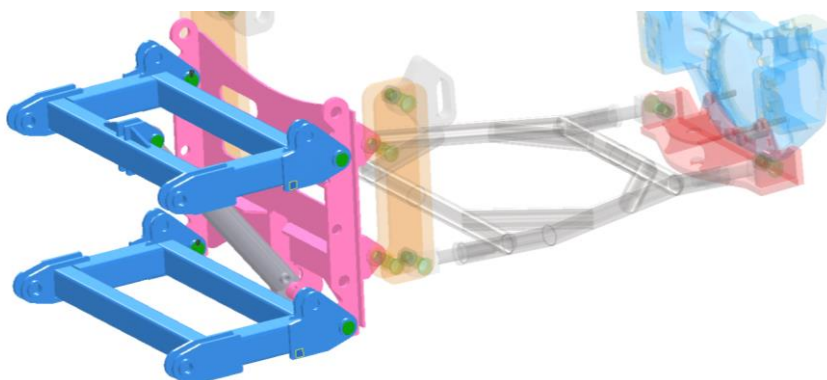
včetně již zmíněných kotvicích bodů. Na obrázku je možné také vidět řešenou problematiku kotvicích bodů, kdy je primární kotvicí bod na příčnici a sekundární kotvicí bod umístěný na rámu v čelní části vozidla. Spojení těchto bodů s využitím speciální konstrukce, zvané podvázání je vytvořena základna závěsného systému pro následnou montáž zvedacího zařízení. Nyní budou popsány jednotlivé části tohoto celku a budou popsány jejich konstrukční účely.



**Obrázek 3** Závěsný systém

### ZVEDACÍ ZAŘÍZENÍ

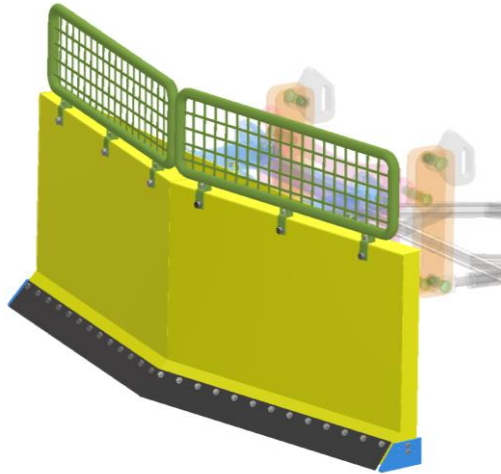
Následuje popis zmíněného zvedacího zařízení a vysvětlení jeho účelu a konstrukčních prvků. Tato sestava je spojitým článkem mezi závěsným systémem a radlicí, která díky zvedacímu zařízení tak zcela plní svůj pracovní úkol. Demonstrační radlice má za úkol vykonávat vertikální pohyb nahoru a dolů z důvodu, jak manipulování při zásahu, tak při přejezdu na silnici musí být její poloha dostatečně zvednutá od vozovky. Jak celá sestava vypadá je znázorněna na obrázku č. 5 a popis jejích částí bude níže popsán a vysvětlen.



**Obrázek 5** Zvedací zařízení

### DEMONSTRAČNÍ RADLICE

Následuje poslední celé kompletní sestavy radlice a jejich funkčních částí. Navrhnout jednoduchou radlici a její konstrukční řešení tak, aby bylo jejím cílem chránit vozidlo čelně a schopné odhrnovat barikády a zástavby. Na obrázku č. 4 je představena daná radlice.



**Obrázek 4** Radlice

### **VÝPOČETNÍ ČÁST**

V následující části práce bude představen nezbytný teoretický základ pro pevnostní výpočty a kontrolu bezpečnosti navržené konstrukce. Následně budou realizovány výpočty pro dříve uvedené mechanismy s reálnými hodnotami. Pro výpočty je třeba stanovit hlavní odporové síly, které budou působit na celou sestavu. Jak bylo zmíněno, každá radlice je přizpůsobená na danou práci a tím se její podmínky provozu liší. Pro stanovení odporových sil na radlici byla vypracována rešerše se studii, které se této problematice věnují. Jako výchozí studie, byla práce, týkající se analýzy technických parametrů dozerů při hnutí sypkých materiálů. Hnutí sypkých materiálů, například hlíny, sněhu apod., je však z hlediska řešené problematiky diplomové práce bezpředmětné. Radlice na vozidle bude zatěžována primárně dynamickými silami a není tedy uvažováno s jejím konstantním zatěžováním, jak by tomu bylo například při již zmíněném hnutí sypkých materiálů. V rámci rešerše nebyla nalezena žádná studie věnována dynamickému zatěžování radlic a za tímto účelem byly na základě konzultace s pořádkovými jednotkami (Policí ČR) stanoveny následující kritéria pro možné zatížení tohoto typu radlice:

- Zatížení demonstrujícími osobami
- Sunutí stojícího vozidla
- Improvizované stacionární překážky (ploty, pytle s pískem,...)

Pro řešení daných kritérií je nezbytné zvolit vhodný přístup k ověření jejich plnění. Vzhledem k rozsahu řešené problematiky je nutné k těmto kritériím přistupovat individuálně a definovat si pro každé z těchto kritérií vlastní podmínky. Společným prvkem pro všechny tyto úlohy je prověření kritických míst celé navržené konstrukce. Jako kritické oblasti byly z celé sestavy stanoveny všechny čepové spoje, pro které bude v následující části práce stanoveno maximální povolené zatížení tak, aby nedošlo ke střížení těchto čepů.

Stanovení maximální působící síly na čep  $F_{\check{c}}$  :

$$F_{\check{c}} = \sigma_{\check{c}dov} \cdot S_x \quad (1.1)$$

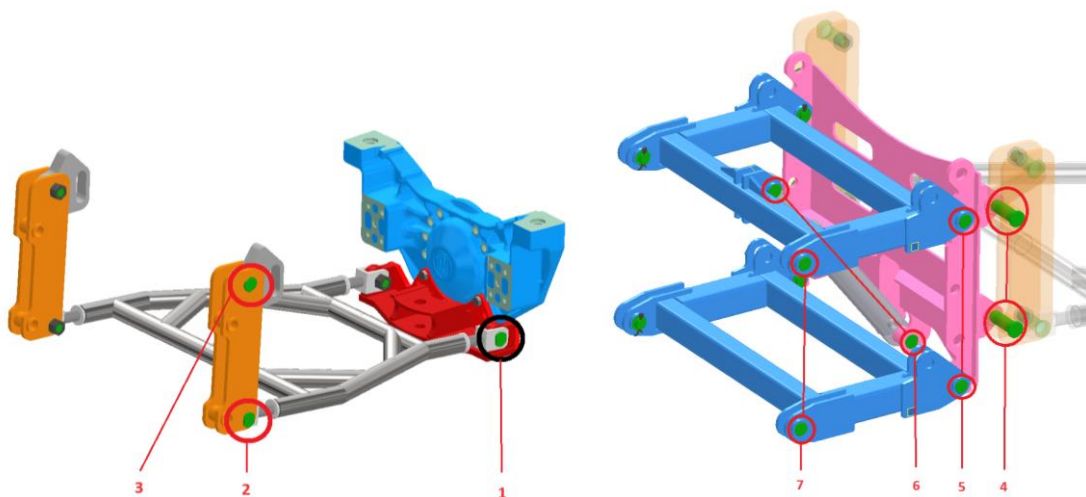
Výpočet dovoleného napětí na střiž  $\sigma_{Dov}$ :

$$\sigma_{\check{c}dov} = \frac{Rm}{2} \quad (1.2)$$

Stanovení plochy průřezu čepu  $S_x$ :

$$S_x = \frac{\pi \cdot d_x^2}{4} \quad (1.3)$$

Označení	Veličina	Jednotka
$F_{\check{c}}$	Síla působící na čep	N
$\sigma_{\check{c}dov}$	Dovolené smykové napětí na čepu	MPa
$S_x$	Plocha průřezu čepu	mm <sup>2</sup>
$Rm$	Mez kluzu materiálu	MPa
$d_x$	Průměr čepu	mm

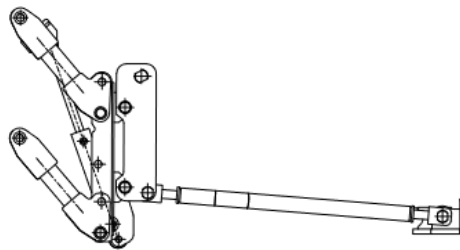


**Obrázek 6** čepy na sestavách

Z vypočtených hodnot je patrné, že nejslabším místem celé sestavy je uložení hydraulického pístu. Nyní bude provedena analýza hydraulického pístu. Za tímto účelem bude proveden silový rozbor pro provozní polohy radlice, resp. celé sestavy.

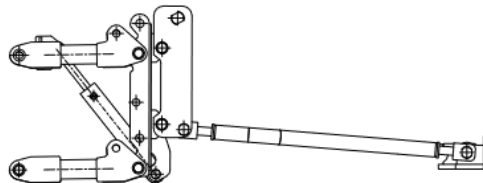
Jak již bylo avizováno v úvodu, celá navržená konstrukce je ovládána s využitím hydraulického zařízení, které umožňuje pohybovat s radlicí ve vertikálním směru. V reálném provozu je uvažováno se třemi, konkrétními, (funkčními) polohami radlice, ve kterých je provozována. Jedná se o tyto polohy, dále nazývané jako stavy na obrázku č. 6, 7 a 8. Stav 1 je primárně určený ke zdvižení při přejezdu, natož stav 2 a 3 jsou polohy určené k výkonu práce radlice.

Stav 1



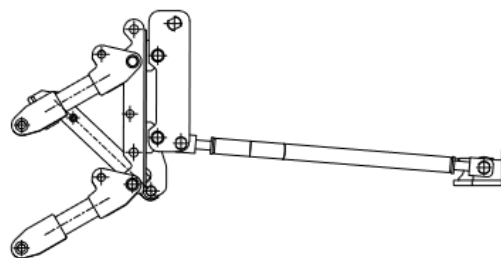
**Obrázek 6 Stav 1**

Stav 2



**Obrázek 7 Stav 2**

Stav 3



**Obrázek 8 Stav 3**



Tyto stavy byly provedeny výpočetní metodou a grafickou metodou.

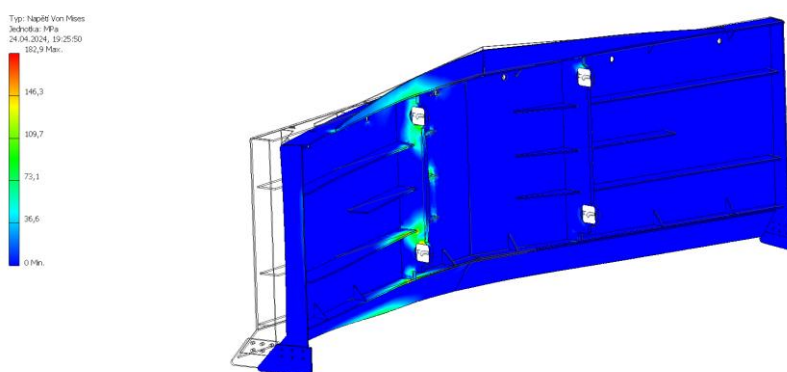
Cílem této analýzy byla zjištěna maximální síla působící na hydraulický válec. Nyní budeme na základě výsledné síly počítat vhodný hydraulický válec. Ještě než k výpočtu vhodného hydraulického válce dojdeme, zjistíme, zda jsou několikrát zmíněné čepy únosné na tuto sílu, a hlavně jejich otláčení.

Jako největší možnou působící sílu na hydraulický válec a čepy č. 5 je vyhodnocena síla u stavu 1 a to je **69678,06N a 80175,66N**. Jako další je kritický stav 3, kde síla dosahuje hodnot **31724,36N a 11076,86N**. Nyní bude směřovat k hledání optimálního pracovního stavu zvedacího zařízení. V předešlém výpočtu je spočteno maximální zatížení na čepy, proto v tabulce č. 10 je porovnáno, zda čepy jsou na danou sílu únosné. Budeme počítat kritickou situaci a porovnání bude zaměřeno na jeden čep.

### MKP

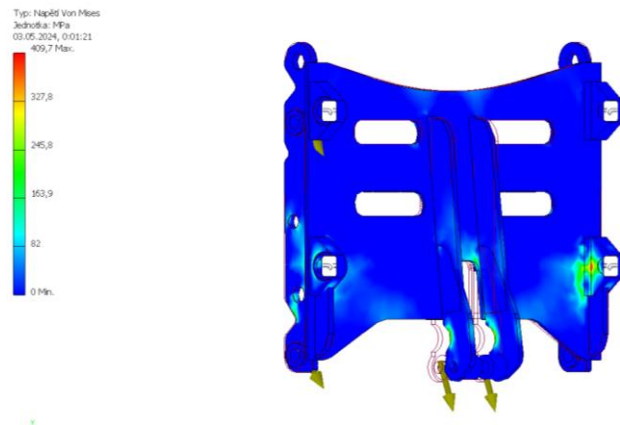
Svařená a vyztužená radlice je složitý konstrukční celek, proto je na tyto situace vhodné využívat jinou metodu. K výpočtům je využito softwarového prostředí programu AUTODESK Inventor, ve kterém byla provedena **MKP analýza**<sup>1</sup>. Jedná se o analýzu metodou konečných prvků, ve které je možné graficky znázornit na modelu kritické konstrukční oblasti.

V rámci této analýzy je provedena simulace, kdy je zapotřebí, aby radlice utlačila zmíněné stojící vozidlo o hmotnosti 3,5 tun v městské zástavbě. Při těchto zásahových situacích nemůžeme spoléhat na ideální situaci, kdy vozidlo bude tlačeno přímo středem radlice a síla by tak byla rozložena na obě strany radlice. Bereme proto v úvahu extrémní situaci, kdy vozidlo je tlačeno jednou stranou radlice. Než je vložena radlice do systémového prostředí. Je zbavena veškerých dalších navazujících částí, abychom tak zjistili přímé napětí na radlici.



**Obrázek 5** MKP radlice

<sup>1</sup> MKP analýza – numerická metoda sloužící k simulaci průběhů napětí, deformací, vlastních frekvencí, proudění tepla, jevů elektromagnetismu, proudění tekutin atd. na vytvořeném fyzikálním modelu.



**Obrázek 10** MKP deska stav 1

### **Poděkování**

*Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS 2024 pod názvem: Výzkum a vývoj moderních postupů v průmyslové praxi, hrazeného ze státního rozpočtu České Republiky. Tato práce byla zadána firmou Tatra Defence Vehicle která bude tento návrh vyrábět. Za odpory Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava byl tento projekt navržen jejími softwarovými nástroji.*

### **LITERATURA**

- [1] E-KONSTRUKTÉR. *Kontrola spoje na otlacení* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/78-pevnostni-vypocet-sroubu/81-kontrola-licovaneho-srouboveho-spoje-na-otlaceni>
- [2] FERONA. *Obdélníkový profil 80x60x6* [online]. [cit. 2024-05-11]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/33240/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-80x60x6>
- [3] KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro 2. a 3. roční bakalářského studia. Teorie + projekty VŠB-TU Ostrava*, 2015, 411s.
- [4] *TATRA: Tatrovácká koncepce* [online]. In: . [cit. 2024-05-06]. Dostupné z: <https://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/tatrovacka-koncepce/>
- [5] *KOBIT: Sněhová radlice RSKP 30* [online]. In: . [cit. 2024-05-06]. Dostupné z: <https://www.kobit.cz/produkty-snehova-radlice-rskp-30-detail-101>
- [6] *Strojnické tabulky: Jan Leinveber - Pavel Vávra*. 4. Praha 1, Biskupský dvůr 5: Albra, 2008.

## SAND AND GRAVEL EXTRACTION BY THE PLAIN SUCTION DREDGER

Ing. Tomáš Machálek

VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering: Department of Machine and Industrial design, tomas.machalek.st@vsb.cz

### ***TĚŽBA ŠTĚRKOPÍSKU POMOCÍ PLOVOUCÍHO SACÍHO BAGRU***

**Abstract:** *This paper deals with the description of the suction dredger from the perspective of mechanical engineering. The configuration of the suction dredger, its functional units and the method of operation will be described. The main focus lies in suction dredgers pipeline and the possibility of its optimization. The construction idea is to change the density of the mined material in the discharging pipeline located behind the dredging pump to bring several operational and economic advantages.*

**Key words:** *Plain suction dredger, mining, horizontal pump, slurry, discharging pipeline, sand and gravel.*

### **INTRODUCTION**

Not everyone has a clear idea about what exactly the dredging means. Dredging can be defined as the excavation of material from a water environment. One of the typical machines which is used for the dredging is the suction dredger. In the seaside countries, inhabitants have a better awareness of dredging because this technology is there very often use for cleaning harbours. On the other hand, in the landlocked countries are suction dredgers primary used for mining purposes. In the Czech Republic are suction dredgers mainly used for mining of materials from lakes, but it is also applied for cleaning of ponds.

This paper focuses on the description of the suction dredger from the perspective of mechanical engineering and introduces construction idea on how to optimize the density of the slurry in the suction dredger's pipeline.

### **FLOATING EXTRACTION METHODS AND DESIGN PARAMETERS**

One of the most important questions during lakes mining is what kind of extraction method should be used because suction dredgers can dig hydraulically and mechanically. Suction dredgers are associated with hydraulic mining methods. The technical attributes that are considered during design of hydraulic transport are for example understanding the production capacity, suction depth, transport distance and type of soil. If all conditions for hydraulic transport are met, suction dredger can be used [1], [2].

There are four possibilities how to use suction dredgers. These four categories of its using can be slightly modified depending on working and environmental conditions [3]:

1. The barge loading plain suction dredger
2. The reclamation dredger
3. The deep suction dredger
4. The dustpan dredger

Suction dredger as the device can be defined as a mining machine which operates on the water and is used to extract non-cohesive material. Excavated material is transported by barges or pile line to the marine, where it is stockpiled. The characteristic of a suction dredger is a stationary dredger, consisting of a pontoon anchored by steel wires with at least one dredge pump, which is connected to the suction pipe and the delivery pipe. The discharge of the material is delivered either by pipeline or by barges. The suction tube is positioned in a well in the bows of the pontoon to which it is hinged. The other end of the suction pipe is suspended from a gantry. A hoist is installed on the gantry to adjust the mining depth of the machine (see Fig. 1). Many suction dredgers are equipped with a jet water pump to help improve the mixing process near the suction mouth [4], [5], [6].



**Fig. 1** – The plain suction dredger

The working method of the suction dredger depends on the two main factors: 1) the progressive collapsing of the breach/bank and 2) the loosening of the sand near the suction mouth by eddies created by the flow of water caused by the sand pump. These parameters determine which method of device movement is used [7].

For the right design of the suction dredger are important the following parameters [8]:

- production capacity,
- suction depth,
- transport distance,
- type of soil.

Production capacity depends on the market power in the locations where is the dredger operated because this excavator is related to landfill sites or concrete industry. Another very important requirement is to have the mining permit which specifies the permitted working hours per day and week [3].

Another important parameter is the suction depth which determines whether we need an extra underwater pump. If the suction depth increases and the use of a second underwater pump is not contemplated, the diameter of the suction pipe must be adjusted, and the flow rate of the pump must also be increased [3].

The transport distance place depends on the installed capacity of the sand pump and the need to load barges. The need to load the barges depends on whether the required transport distance is too long to be economically covered by a hydraulic pipeline [9].

The soil type means, that the structure of the material deposit cannot be influenced because it is defined by environmental conditions. But the dredging equipment can be adjusted to handle the intended performance. In the case of a suction dredger, it is necessary that the extraction is noncohesive and the maximum dimensions of the sucked grain cannot be larger than the gap between the pump casing and the impeller. This is ensured by the suction mouth, which is covered by a mesh [10].

All the design parameters which are described above have in common that they affect the hourly capacity - density of the sludge which is pumped in the pipeline. In the case of the configuration dredger and barges is important how fast the barge is loaded. The problem is that the slurry which is pumped to the barge contain maximum 20% of material and 80% of water.

## **METHODOLOGY AND EXPECTED RESULTS**

The methodology how to reduce loading time of the barges is change of the density of the slurry in the pipeline between the suction mouth and discharge to the barge. The most ideal solution seems to be the installation of an additional device on the pump discharge line which changes the density of the slurry. The various designs of the devices are going to be tested and evaluated. The values

that will be examined are the changes of the density before and after the installation of the device and loading time.

The expected target is the slurry concentration which would fill the barges is 30% of material and 70% of water. If this percentage is achieved, it will mean loading of one extra ship in a two-shift operation. The benefit of such solution would bring economic advantages.

## DISCUSSION

Change of the density of the slurry located before pump is physically impossible because of the negative suction height of the pump. Contrary, in the location after the pump has slurry enough energy to use it for the dewatering process. It indicates how much is possible to slow down the stream of the particles in the pipeline. In addition, the particle size in the nature deposit is variable. Should we also measure differences in speed? It would not bring any benefits because the minimum speed in the pipeline is defined and if the velocity drops below the minimum it will clog the pipe.

## CONCLUSION

The suction dredgers are important mining machines which are often used for extraction of sand from water. In this paper was described how suction dredgers work and what are the possible variation of their design. The presented construction idea is to change density of the slurry from 20% material and 80% water to 30% material and 70% water to secure more efficient pumping to the barges. The biggest benefit is decreasing of loading time of the barges and economical savings.

## Acknowledgements

*This paper was written with the support of the SGS 2024 project titled: Research and development of modern procedures in industrial practice, funded by the state budget of the Czech Republic.*

## REFERENCES

- [1] CHENG, Tao, Qiaorong LU, Hengrui KANG, Ziyuan FAN and Shuo BAI. Productivity Prediction and Analysis Method of Large Trailing Suction Hopper Dredger Based on Construction Big Data. *Buildings* [online]. 2022, 12(10), [cit. 2023-05-22]. DOI: 10.3390/buildings12101505. ISSN 2075-5309.
- [2] JORDAAN, Jan, Alexander BELL. *Hydraulic Structures, Equipment and Water Data Acquisition Systems-Volume 2*. United Kingdom: EOLSS Publications, 2009. ISBN 978-1-84826-500-4.
- [3] VLASBLOM, Willem. Introduction to Dredging Equipment. Lecture notes: Delft University of Technology [online]. 2002 [cit. 2023-05-22]. Available from: <https://www.scribd.com/document/44049703/Vlasblom1-Introduction-to-Dredging>
- [4] BRAY, Nick, Adam BATES and Michael LAND. *Dredging: A Handbook for Engineers*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1996. ISBN 9780340545249.

- [5] HABERMANN. *Suction Dredger: Product overview*. Germany: Witten, 2021 [cit. 2023-05-23]. Available from: [https://www.duechting.com/wp-content/uploads/DP\\_Suction-Dredger](https://www.duechting.com/wp-content/uploads/DP_Suction-Dredger)
- [6] INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES. Cutter suction dredgers [online]. 2014 [cit. 2023-05-23]. Available from: <https://www.iadc-dredging.com/wp-content/>
- [7] MCDONALDS, Justin. What's going on in the Mobile District Dredging World. Western Dredging Association [online]. 2018 [cit. 2023-05-23]. Available from: <https://www.westerndredging.org/index.php/education-portal/presentations>
- [8] NETWORK MI NEWS. Different Types of Dredgers Used in the Maritime Industry. Marine Insight [online]. 2016 [cit. 2023-05-25]. Available from: <http://www.marineinsight.com/types-of-ships/different-types-of-dredgers>.
- [9] THE CENTRE OF ENVIRONMENT, FISHERIES AND AQUACULTURE SCIECE. Final Report of The Dredging and Dredged Material Disposal [online]. 2003 [cit. 2023-05-25]. Available from: <https://www.cefas.co.uk/publications/aquatic/aemr55.pdf>
- [10] BRAY, Nick. *Environmental Aspects of Dredging*. London: CRC Press, 2008. ISBN 9780203894897.

## VÝZKUM NÁTĚRŮ TECHNICKÝCH PAMÁTEK

Ing. Tomáš Navrátil

Katedra konstruování, tomas.navratil@vsb.cz

### **RESEARCH ON COATINGS OF TECHNICAL MONUMENTS**

**Abstract EN:** *Stratigraphy is a scientific method used in the analysis of historical artifacts, including vehicles, that allows the study of layers of materials and coatings. In the case of historic vehicles, stratigraphy is mainly applied during restoration, when the original appearance and condition of the vehicle is determined by analyzing the layers of paint, varnish and other surface treatments. This method makes it possible to reveal the chronology of repairs and modifications, to identify the original production technologies and materials, thus contributing to the authentic restoration and preservation of the historical significance of the vehicle.*

**Key words EN:** *stratigraphy, vehicles, paint, restoration*

### ÚVOD

Obnova a zachování původních laků u historických vozidel představuje klíčový aspekt péče o kulturní dědictví v oblasti technických památek. Původní laky jsou důležitým svědectvím o technologických postupech, výrobních metodách doby, ve které byly vozy vyrobeny. S ohledem na to je zásadní hledat vhodné postupy, které umožní zachovat autentičnost těchto povrchových úprav. Tento proces zahrnuje analýzu stavu laku, volbu nejšetrnějších konzervačních technik a v případě nutnosti použití metod rekonstrukce, které respektují původní materiály a technologie. Cílem je minimalizovat zásahy, které by mohly poškodit původní vrstvy, a zároveň zajistit dlouhodobou ochranu a estetickou hodnotu historických vozidel.

### 1. STRATIGRAFIE NÁTĚRŮ

U historických vozidel je metodou používanou k analýze vrstev nátěru, které byly aplikovány na vozidla během jejich životnosti. Tato technika umožňuje detailní studium jednotlivých vrstev laku, což je důležité pro pochopení historie úprav a oprav vozidla. Využití stratigrafie laků může pomoci při autentické obnově vozidel, identifikaci originálních barevných odstínů a materiálů a také při odhalení různých fází rekonstrukcí. Výsledky stratigrafické analýzy přispívají k ochraně a správě historických automobilů, čímž zachovávají jejich kulturní a technickou hodnotu.



## **Postup stratigrafie laků:**

### **1. Výběr místa**

Identifikace vhodné oblasti na vozidle pro odběr vzorku, obvykle na méně viditelném místě.

### **2. Odběr vzorku**

Odstranění malého vzorku laku se provádí pomocí nástroje, jako je skalpel, tak aby zahrnoval všechny vrstvy laku až k podkladu.

### **3. Příprava vzorku**

Fixace vzorku na mikroskopický preparát pro analýzu.

### **4. Analýza**

Studium vrstev pomocí optické mikroskopie nebo jiných technik (např. spektroskopie) k identifikaci složení a stavu každé vrstvy.

### **5. Interpretace**

Vyhodnocení výsledků k určení historie nátěrů, jejich původu a změn v průběhu času.

## **Odběr vzorků**

Je důležitým krokem, který umožňuje studium jednotlivých vrstev nátěru na historických vozidlech. Tento proces vyžaduje určitou pečlivost a přesnost, aby bylo zajištěno to, že vzorky budou reprezentativní a nepoškodí povrch vozidla.

Pro odběr vzorku je důležité identifikovat vhodné místo na vozidle, které poskytne relevantní informace, často to právě bývají méně viditelná nebo méně exponovaná místa, kde je vyšší pravděpodobnost zachování všech vrstev. Oblasti blízko okrajů, přechodů nebo těžko přístupných míst jsou upřednostňovány.

Odběr se provádí pomocí jemných nástrojů, jako jsou skalpely a mikrovrtáky, které umožňují opatrné odstranění drobného vzorku laku včetně podkladových vrstev. Velikost vzorku je spíše velmi malá, často o průměru několika milimetrů, aby bylo minimalizováno poškození povrchu. Získaný vzorek by měl zahrnovat všechny vrstvy.

## **Příprava vzorků**

Odebrané vzorky jsou následně fixovány na mikroskopické preparáty.

## **Analýza vzorků**

Připravené vzorky jsou analyzovány pomocí optické mikroskopie, případně jiných metod, jako je např. elektronová mikroskopie nebo spektroskopie. Tyto analýzy umožňují detailní studium jednotlivých vrstev, jejich složení a stárnutí. Výsledky této analýzy slouží k pochopení historie nátěrů, jejich původních složení a změn, které se na laku odehrály v průběhu času.

## **Používané metody pro stratigrafii**

### *Optická mikroskopie*

Optická mikroskopie využívá pro pozorování objektů viditelné světlo. Maximální rozlišení je dáno vlnovou délkou použitého záření, u viditelného světla jde o rozpětí vlnových délek 380–740 nm. Můžeme tedy pozorovat detaily až o velikosti 200 nm.

Světelný mikroskop se skládá ze tří hlavních součástí:

**Stativ** – drží tělo mikroskopu a stolec s preparátem.

**Osvětlovací soustava** – poskytuje světlo procházející vzorkem, vzorek musí být alespoň částečně průhledný. U nejjednodušších mikroskopů se využívá světlo stolní lampy odražené zrcátkem, kvalitnější mikroskopy mají zdroj světla vestavěný do spodní části optické soustavy.

**Optická soustava** – některé mikroskopy mají mezi zdrojem světla a preparátem optickou soustavu, která zlepšuje vlastnosti mikroskopu. Skládá se z clon, kondenzoru a různých filtrů, např. polarizačního.

**Objektiv** – soustava čoček, která zobrazuje pozorovaný předmět zvětšený, ale převrácený. Kvalitnější mikroskopy mají více objektivů umístěných na otočném revolverovém držáku.

**Okulár** – soustava čoček, zobrazuje pozorovaný předmět zvětšený a správně orientovaný. [2]



**Obrázek 1** – Přístroj pro optickou mikroskopii [2]

### *Elektronová mikroskopie*

Spektroskopie je zkoumání a měření vzájemné působení elektromagnetické záření a měřené látky. Během spektroskopického experimentu prochází elektromagnetické záření o specifikovaném rozsahu vlnových délek: **a) ze zdroje b) přes vzorek** obsahující sledované sloučeniny, což vede k absorpci (pohlcení) nebo emisi (vysílání, odrazu). Během absorpce vzorek absorbuje energii ze světelného zdroje. Během emise vzorek vyzařuje světlo o jiné vlnové délce, než je vlnová délka zdroje [3].

Spektroskopie se používá ve fyzikální a analytické chemii k detekci, stanovení nebo kvantifikaci molekulárního a/nebo strukturního složení vzorku. Každý typ molekuly a atomu bude odrážet, absorbovat nebo emitovat elektromagnetické záření svým vlastním charakteristickým způsobem. Spektroskopie používá tyto charakteristiky k odvození a analýze složení vzorku [3].



**Obrázek 2 – Spektrometr [4]**

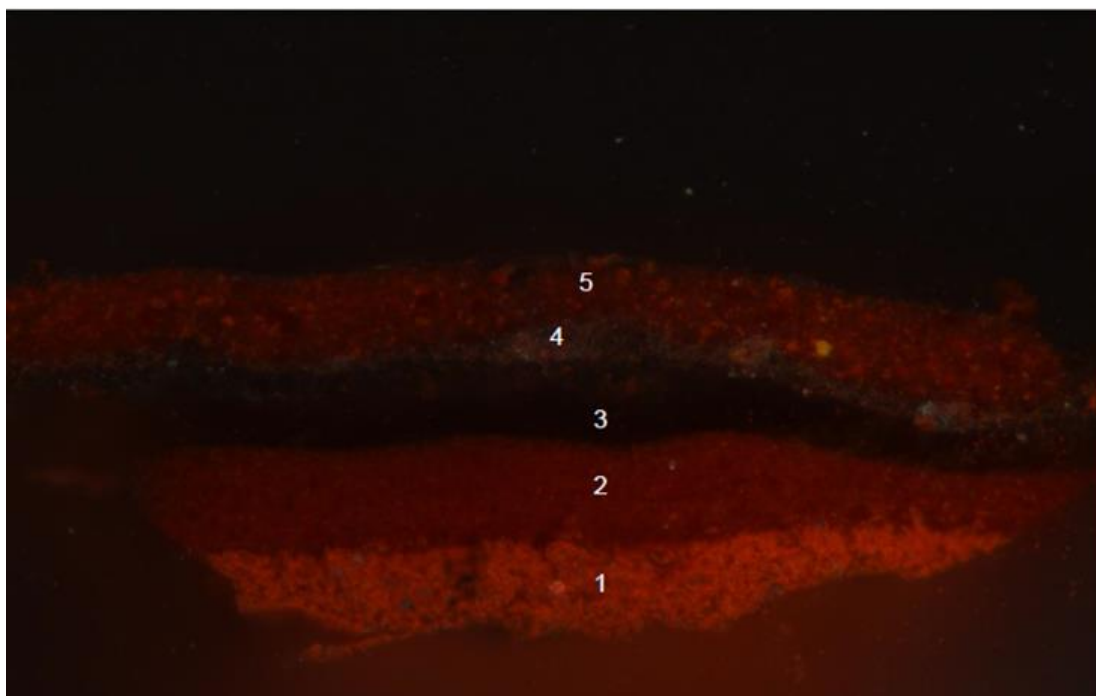
### 3. PŘÍKLAD POUŽITÍ STRATIGRAFIE

Pro příklad použití a přínosu stratigrafie zde uvedu motocykl Indian Scout z roku 1927, jehož restaurování bylo součástí mé diplomové práce. Při převzetí se stroj nacházel v celkově špatném vizuálním i technickém stavu. Motocykl byl nepojízdný, některé opravy byly provedeny odborně, některé neodborně. Lak znehodnotil modrý nástřik, netypický pro výrobce. Motocykl byl v průběhu svého života různě upravován, soudě dle chybějícího osvětlení, neoriginálních blatníků, klaksonu a dalších komponentu [5].



**Obrázek 3 – Nálezový stav stroje [5]**

Jelikož bylo nemožné obstarat původní plecové díly, bylo rozhodnuto, se že budou zakoupeny kopie chybějících plechových dílů a poté budou nově nalakovány a ostaršeny tak, aby nově nalakované díly byly sjednoceny s původní dochovanou nádrží. Přišel na řadu úkol zjistit, jaký typ laku se vlastně použije, tedy, jakým lakem byl vlastně motocykl původně v továrně lakován. Odebraly se tedy vzorky ze zbytků původního rudého laku na rámu (celkem pět vzorků). Následně se odebral i jeden vzorek laku z nádrže, kde byl lak původní. Tyto vzorky byly poslány na rozbor do Národního Technického Muzea v Praze, konkrétně do Oddělení preventivní konzervace. V tomto oddělení byly námi poslané vzorky zality do PES pryskyřice (Polyesterová vlákna) následně vybroušeny a v příčném řezu pozorovány mikroskopem pod viditelným a UV světlem. Po nějakém čase přišel z Národního Technického Muzea protokol stratigrafie. Protokol obsahoval detailní rozbor šesti příčných řezů námi dodaných vzorků. Jeden příčný řez jsem zde uvedl na obr. 3. Ze všech vzorků bylo patrné, že lak na motocyklu byl lak několikrát obnovován. Vrstvy byly složeny z alkydových a olejových nátěrů a tmelů ale i vrstvy nitrolaku, který byl v době výroby stroje používán jako finální povrchová úprava. Z toho bylo usouzeno, že jako nový lak na stroji bude právě použit lak nitrocelulózový neboli nitrolak. Odstín laku byl namíchán dle nádrže kvůli sjednocení laku a zároveň se postarala i o umělé zestárnutí laku. Poté, co byly díly nalakovány a uměle „zestárnuty“, bylo možné se pustit do finální kompletace motocyklu [5].



**Obrázek 4 – Příčný řez vzorkem laku [5]**

*Popis k obrázku 4*

Příčný řez souvrstvím nátěrů v dopadajícím bílém světle a ve dvou různých vlnových UV světle, měřítko je vloženo. Vrstva 1 je pravděpodobně suříková, vrstvy 2 a 5 jsou olejové nátěry, vrstva 3, která se ve viditelném světle jeví černá a v UV světle bílá, je nepigmentovaný nitrocelulóznový lak. Stratigrafie byla shodná s ostatními vzorky.



**Obrázek 5 – Finální podoba stroje [5]**



### **Poděkování**

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS 2024 pod názvem: Výzkum a vývoj moderních postupů v průmyslové praxi, hrazeného ze státního rozpočtu České Republiky.

### **LITERATURA**

- [1] *Web o chemii, elektronice a programování.* Online. [Www.z-moravec.net](http://z-moravec.net). 2024. Dostupné z: <http://z-moravec.net/fyzikalne-chemicke-metody/mikroskopie/>. [cit. 2024-09-08].
- [2] *Mikroskopické metody.* Online. [Www.wikiskripta.eu](http://www.wikiskripta.eu). 2024. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Mikroskopick%C3%A9\\_metody](https://www.wikiskripta.eu/w/Mikroskopick%C3%A9_metody). [cit. 2024-09-08].
- [3] *Spektroskopie.* Online. [Www.nano4house.cz](http://www.nano4house.cz). 2024. Dostupné z: <https://nano4house.cz/pojem/spektroskopie/>. [cit. 2024-09-08].
- [4] *Spektrometr Genesys 30.* Online. [Www.pragolab.cz](http://www.pragolab.cz). 2023. Dostupné z: <https://www.pragolab.cz/molekularni-spektroskopie/uv-vis-rady-genesys>. [cit. 2024-09-08].
- [5] NAVRÁTIL, T. *Zhodnocení technického stavu motocyklu Indian Scout 37: diplomová práce.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra konstruování, 2023, 73 s.

## KONSTRUCE A VÝROBA PROTYPU TRIBOMETRU BLOCK-ON-RING

Štěpán Pravda<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní, Katedra konstruování, [stepan.pravda@vsb.cz](mailto:stepan.pravda@vsb.cz)

### DESIGN AND FABRICATION OF A BLOCK-ON-RING TRIBOMETER PROTOTYPE

#### **Abstract EN:**

*This paper presents the design and fabrication of a Block-On-Ring tribometer prototype, developed as part of the author's dissertation. The tribometer allows for laboratory simulation of frictional contacts and lubrication regimes, which is essential for assessing the lubricating properties of oils outside of operational conditions. The Block-On-Ring tribometer is one of the most versatile types, suitable not only for testing lubricating oils but also for greases and bearings. This paper discusses the unique construction of the tribometer and provides a description of the prototype's fabrication.*

**Key words EN:** tribometer, oil, friction

#### ÚVOD

Tento příspěvek se zabývá konstrukcí a výrobou prototypu tribometru typu Block-On-Ring, který je důležitou součástí řešení autorovy disertační práce. Název této práce je **Posouzení vlivu chemicko-fyzikálních parametrů moderních motorových olejů na funkci spalovacích motorů**. V jednoduchosti je možné posuzování mazacích vlastností nejen motorových olejů, ale i maziv jako takových provádět dvěma způsoby – provozně a laboratorně. Mezi provozní zkoušky patří v případě spalovacích motorů zejména dynamometrické měření, které je rovněž součástí autorovy disertační práce. Pro laboratorní posuzování se využívá specializovaných měřících přístrojů, které simulují různé typy třecích kontaktů a mazacích režimů. Obecně tyto zařízení označujeme jako tribometry a vědu, která se tímto tématem zabývá nazýváme tribometrie.

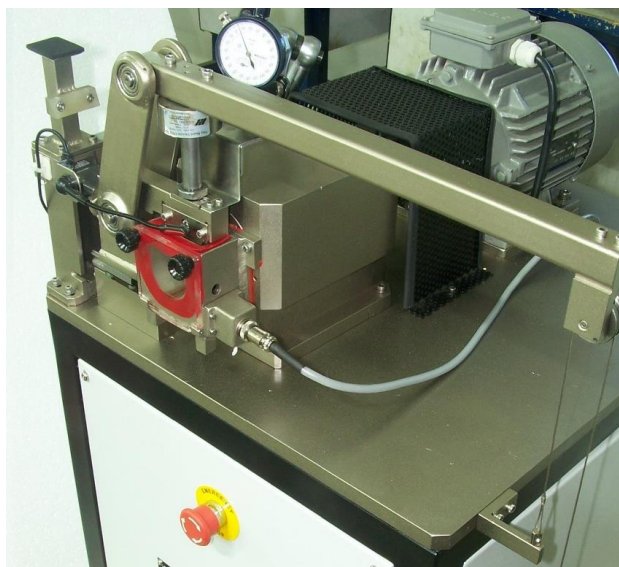
#### TRIBOMETRIE A RŮZNÉ TYPY TRIBOMETRŮ

Jedním z podoborů tribologie je tribometrie, která se zabývá zejména mazivostními a třecími zkouškami mazacích olejů a plastických maziv. Z hlediska testování vozidlových mazacích olejů a motorových maziv mají největší význam jednoúčelové stroje pro testování zejména adhezivního opotřebení. Všeobecně se tyto testovací stroje nazývají tribometry. Různé druhy tribometrů simulují různé typy tribologických uzlů, nebo přímo napodobují funkci jednotlivých mechanismů spalovacích motorů [1].

### Block-On-Ring tester

Tester typu block-on-ring patří k nejrozšířenějším typům tribometrů. Podle výrobce tento typ tribometrů bývá někdy označován také jako Timken tester, nebo Reichert tester. Princip funkce tohoto zařízení spočívá v přitlačování kvádru o normovaných rozměrech, drsnosti a materiálových vlastnostech na rotující kroužek. Základní popis konstrukce tohoto typu tribometru a podmínky zkoušky odolnosti materiálů proti kluznému opotřebení hodnotí norma ASTM G 77. Pro hodnocení vlastností mazacího filmu při extrémním tlaku podle Timkena slouží norma ASTM D 2782. Pro testování plastických maziv u stejného typu tribometru zase norma ASTM D 2509 [1].

Při měření se kroužek umístí do olejové lázně, která je tvořena vzorkem zkoušeného oleje, případně do plastického maziva. Na kroužek se položí kvádr (bloček) připevněný k posuvnému rameni. Rameno přitlačuje kvádr normálovou silou, která může být vyvozena například s pomocí závaží, nebo jiného typu přitlačného mechanismu. Kroužek se roztočí pomocí elektromotoru a přitlačná síla na kvádr se začne zvyšovat až do dosažení požadované hodnoty. Součástí ramene může být snímač síly, který měří třecí sílu, vlivem které má kroužek tendenci posouvat s kvádrem v tangenciálním směru.



**Obrázek 1** - Reichert tester typu Block-on-ring [2]

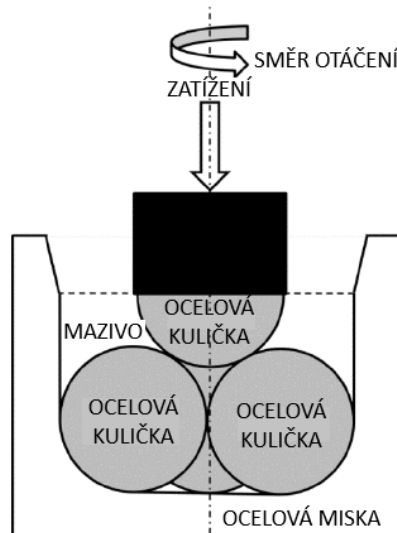
U tohoto typu testeru se vyhodnocují následující parametry:

- **Velikost přitlačné síly:**
  - **OK load:** hodnota přitlačné síly, při které ještě nedochází k nadměrnému opotřebení kontaktních ploch třecích elementů,
  - **seizure load:** hodnota přitlačné síly, při které dojde ke svaření třecích elementů.
- **Velikost třecí síly.**
- **Koncentrace otěrových kovů v mazivu:**
  - Gravimetricky (měření hmotnosti třecích elementů před a po testu).

- Ferograficky (měření koncentrace otěrových kovů).
  - Spektroskopicky (pomocí prvkové analýzy).
- **Měření třecích ploch:**
- Mikroskopicky.
  - Profilometrem.

### Čtyřkuličkový tester

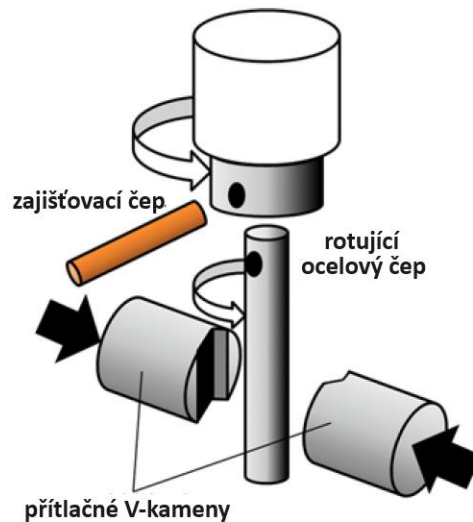
Čtyřkuličkový neboli Four ball tester tvoří trojice stacionárních ocelových kuliček o průměru ½ palce umístěných v misce pokrytých mazivem. Čtvrtá stejně velká kulička je umístěna ve středu rotující hřídele elektromotoru a je přitlačována tak, aby bylo docíleno rovnoměrného bodového kontaktu se všemi stacionárními kuličkami. K vyhodnocení tohoto typu zkoušky slouží normy ASTM D 2783, ASTM D 4172 a ASTM D 226. Hlavním hodnocenými parametrem je čas nutný ke svaření kuliček, případně velikost opotřebení vzniklého na povrchu kuliček. Tento typ testu se využívá zejména pro hodnocení EP vlastností převážně převodových olejů.



**Obrázek 2** - Reichert tester typu Block-on-ring [3]

### Falex tester

Jako Falex testery se běžně označují tribometry typu Pin and Vee Block, které fungují na principu rotujícího čepu, na který jsou přitlačovány dva kameny s výřezy ve tvaru „V“, viz. Obrázek 13. V případě tohoto typu testeru se vyhodnocují dva základní parametry podle normy ASTM D 2670. Tím prvním z nich je ověření modifikátorů tření při konstantní zátěži a tím druhým je zatěžování čepu až do jeho zadření pro ověření funkce EP aditiv.

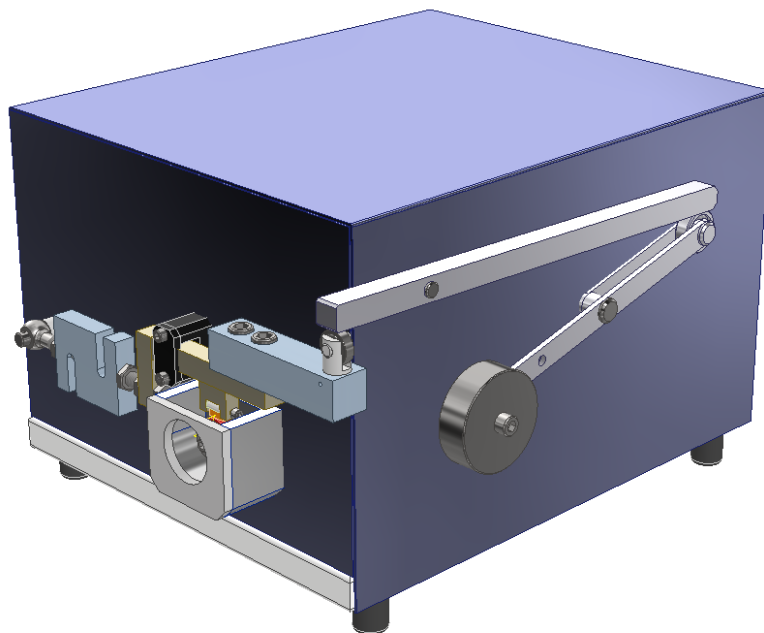


Obrázek 3 - Falex tester [4]

### KONSTRUKCE VLASTNÍHO TRIBOMETRU BLOCK-ON-RING

Konstrukce mého prototypu tribometru vychází koncepčně ze standardních tribometrů předních světových výrobců jako je Falex nebo Reichert a je postavena na základě normy ASTM G 77, přináší však několik vlastních vylepšení a unikátních konstrukčních řešení.

Při konstrukci bylo jako první bylo nutné stanovit základní rozměry celého zařízení, tak aby bylo možné ho umístit na standardní laboratorní stůl. Další parametry zařízení vycházejí z normy ASTM G 77, jako je například průměr třecího kroužku, průměr bločku, nebo výkon motoru a velikost přítlačné normálové síly.

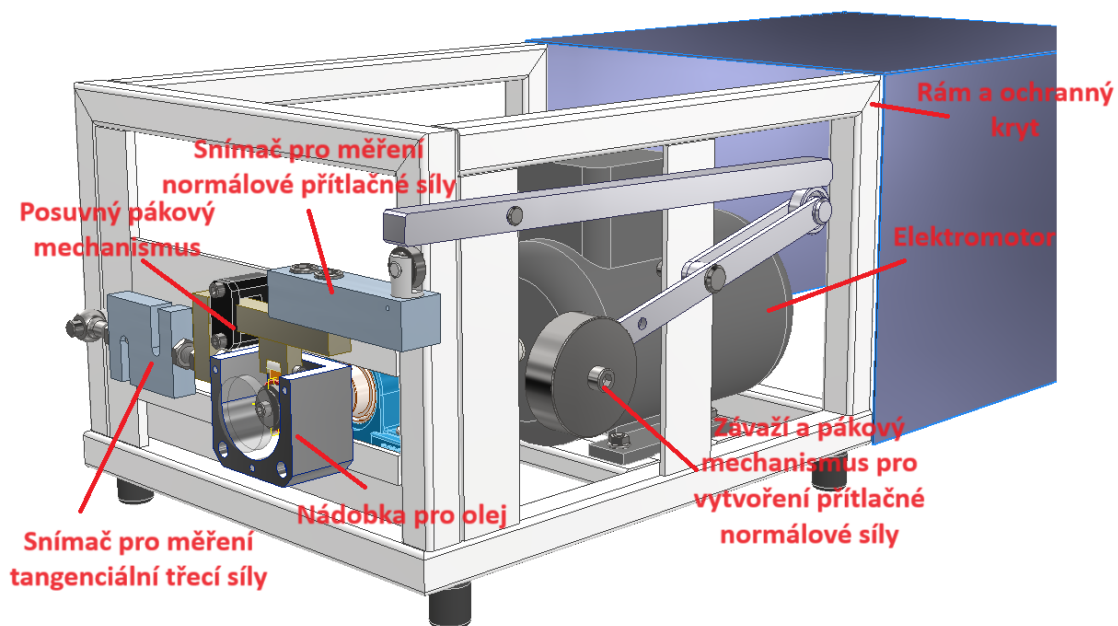


Obrázek 4 – 3D Model prototypu tribometru typu Block-on-ring



Funkce tribometru byla popsána již v předchozí kapitole, ale pro její detailní přiblížení je níže uveden obrázek, na kterém jsou znázorněny hlavní funkční uzly, jedná se zejména o:

- Elektromotor (zdroj točivého momentu).
- Závaží a pákový mechanismus pro vytvoření přítláčné normálové síly.
- Stříhový tenzometrický snímač pro měření normálové přítláčné síly
- Tlakový tenzometrický snímač pro měření tangenciální třecí síly.
- Posuvný pákový mechanismus.
- Nádobka pro olej.
- Rám a ochranný kryt.



Obrázek 5 – 3D Model prototypu tribometru typu Block-on-ring s popisky

## VÝROBA PROTOTYPU TRIBOMETRU

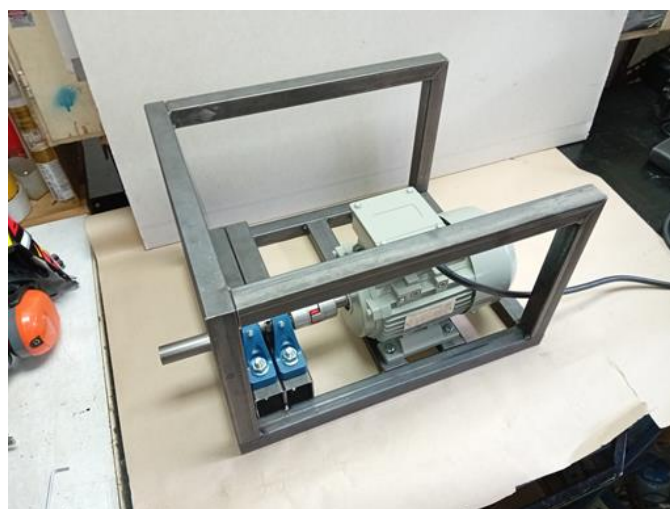
Po vytvoření řady iterací různých typů 3D modelů tribometru jsem postoupil k výrobě funkčního tribometru, který je popsán na následujících fotografiích:



Obrázek 6 – Svařování ocelového rámu



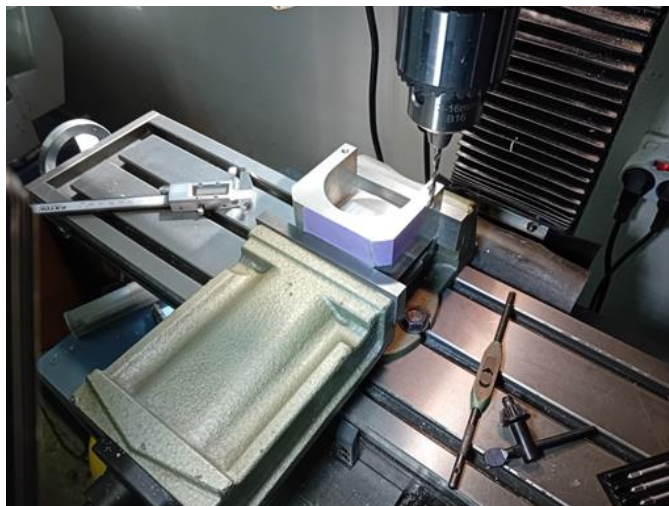
**Obrázek 7** – Výroba posuvného pákového mechanismu



**Obrázek 8** – Detail hotového rámu s umístěným elektromotorem



**Obrázek 9** – Detail použitých tenzometrických snímačů síly



**Obrázek 10** – Obrábění hliníkové nádoby na olej

## ZÁVĚR

Vývoj a výroba prototypu tribometru typu Block-On-Ring představují klíčový krok v realizaci mé disertační práce zaměřené na posouzení vlivu chemicko-fyzikálních parametrů moderních motorových olejů na funkci spalovacích motorů. Díky tomuto prototypu je nyní možné provádět laboratorní simulace třecích kontaktů a mazacích režimů, což umožní získat důležitá data pro budoucí vědecké publikace. Prototyp je aktuálně ve stádiu slibného rozpracování a brzy bude kompletně dokončen. Po dokončení bude připraven k tvorbě impaktovaných vědeckých článků a k praktické realizaci mé disertační práce.

## Poděkování

*Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS 2024 pod názvem: Výzkum a vývoj moderních postupů v průmyslové praxi, hrazeného ze státního rozpočtu České Republiky.*

## LITERATURA

- [1] VLK, František. Paliva a maziva motorových vozidel. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6461-5.
- [2] THE TRIBOLOGY BLOG. Reichert Tester [online]. 2012. Dostupné z: <https://tribology.wordpress.com/2012/12/11/reichert-tester/>
- [3] HAKIMI CHUA ABDULLAH, Muhammad Ilman; BIN ABDOLLAH, Mohd Fadzli; AMIRUDDIN, Hilmi; TAMALDIN, Noreffendy a MAT NURI, Nur Rashid. Effect of Diluted Nano-Oil on the Anti-Wear and Friction Properties. Online. Advanced Materials Research. 2016, roč. 1133, s. 452-456. ISSN 1662-8985. Dostupné z: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1133.452>.
- [4] TAI, Bruce L.; DASCH, Jean M. a SHIH, Albert J. EVALUATION AND COMPARISON OF LUBRICANT PROPERTIES IN MINIMUM QUANTITY LUBRICATION MACHINING. Online. Machining Science and Technology. 2011, roč. 15, č. 4, s. 376-391. ISSN 1091-0344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10910344.2011.620910>.

## KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PŮDNÍ FRÉZY PRO SMYKEM ŘÍZENÝ NAKLADAČ

Ing. Lukáš Štercl

Katedra konstruování, lukas.stercl@vsb.cz

### **DESIGN OF THE SOIL TILLER FOR SKID STEER LOADER**

**Abstract:** *This contribution to the proceedings deals with the design of a new soil cutter for universal skid steer loaders. At the beginning there is already the numerical design of the device itself, the structural calculations were focused on checking the shaft of the cutter drum, then checking the punching and shearing pens. The chapter also contains a complete calculation of the belt transmission of the cutter drive and a numerical design of the hydraulic motor. In the last chapter there is a design of the tiller and a description of the model.*

**Key words:** *Tiller, Cultivator, Tillage, Skid Steer Loader.*

### ÚVOD

Téma mé práce bylo navrženo ve spolupráci se společností Šterclova strojírna s.r.o. Cílem bylo navrhnout konstrukční řešení nového typu půdní frézy pro zákazníka strojírny. Zařízení bylo vyvinuto podle požadavků zákazníka na základě jeho zkušeností a s přihlédnutím k nevýhodám stávajících sériově vyráběných půdních fréz.

Nová konstrukce půdní frézy nabízí oproti sériovým modelům řadu výhod. Mezi hlavní patří robustnější provedení, viz **obrázek 3.1** vyšší výkon a tím i větší produktivita práce, což je výhodné i pro menší nakladače, jako je například CAT 257B, který používá náš zákazník.

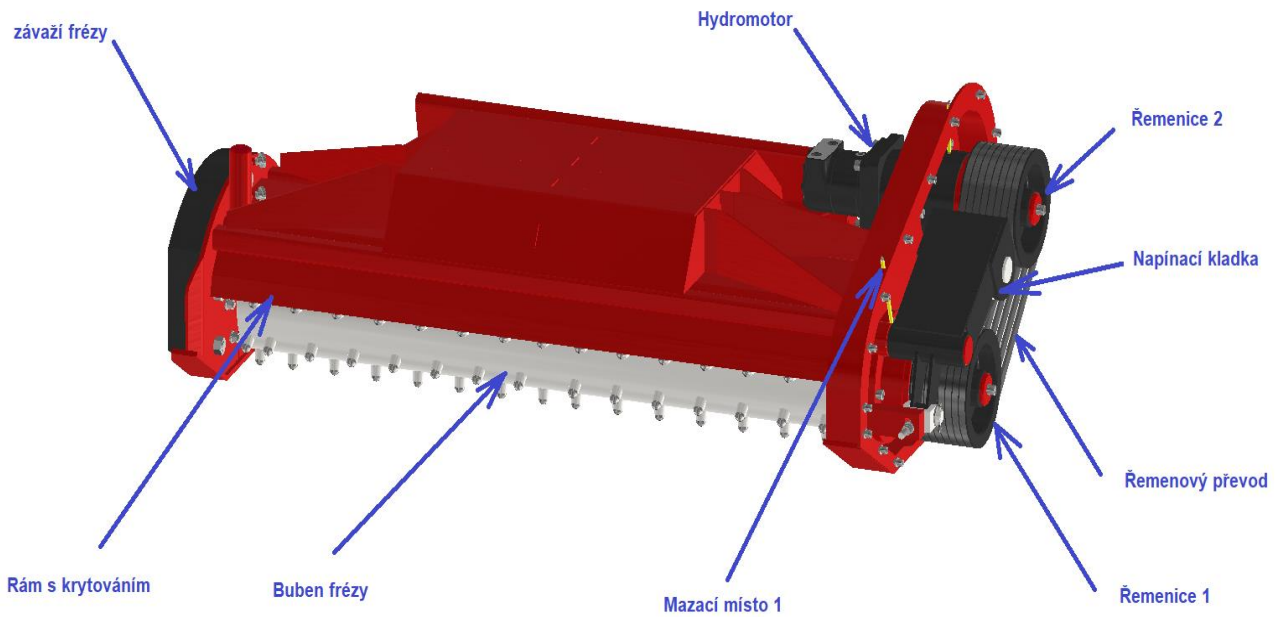
Ve výpočetní části jsou provedeny kontroly a návrhy klíčových komponent frézy. Navržen byl hydromotor viz **obrázek 3.2** dle vstupních parametrů a pracovního diagramu hydromotoru viz **obrázek 3.3**. Navržen byl taktéž způsob přenosu točivého momentu z hydromotoru na buben frézy. Dále byla ověřena konstrukce hřídele bubnu a jejích součástí, jako jsou pera a jednotlivé průměry hřídelů. Rovněž byla zkontrolována hřídel hydromotoru.

Závěrečná kapitola se zaměřuje na model frézy, její jednotlivé komponenty a jejich specifické problematiky [8].

## KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Zákazník požaduje návrh půdní frézy pro jeho smykem řízený nakladač **CAT ZEPELIN 257 B High flow**, který je vhodný a nejvíce používaný na dokončovací a zahradnické práce. Fréza bude využívána k rozhrabování drnů, rovnání pozemků a kultivování travnatých ploch. [8]

### Volba Hydromotoru

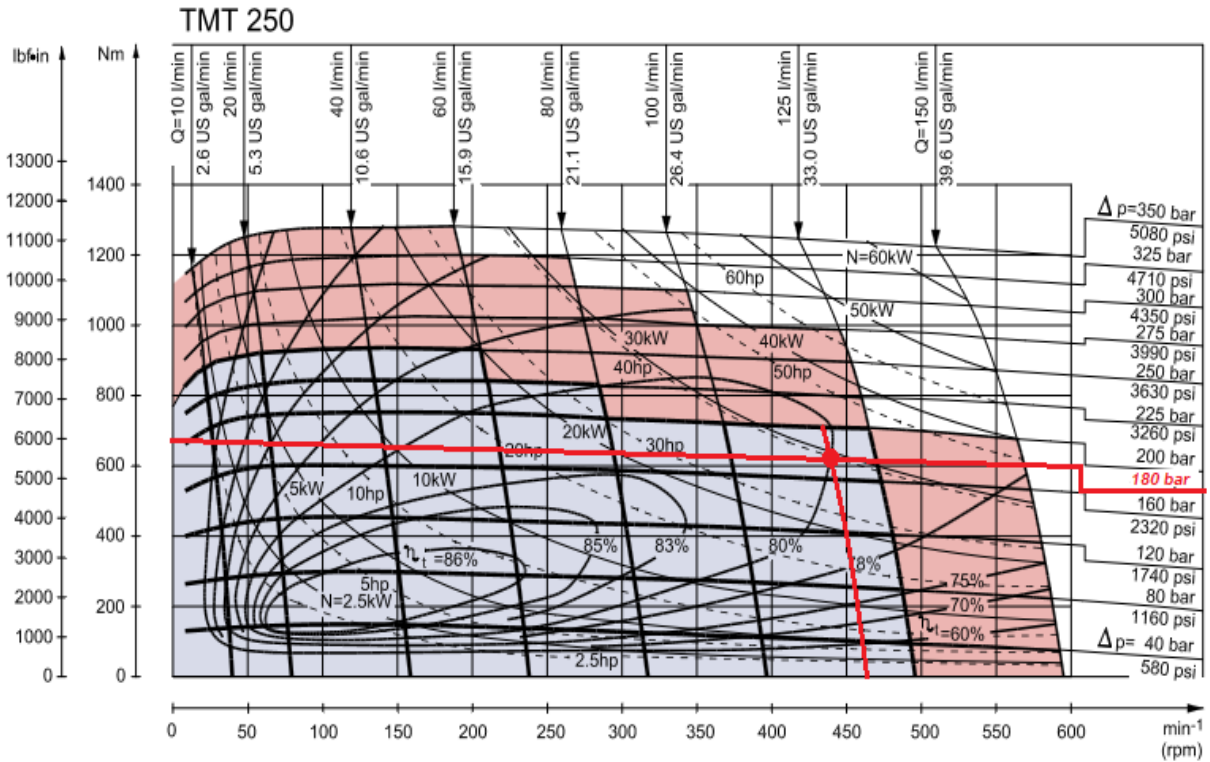


**Obrázek 3.1** – Popis mnou navržené půdní frézy [8]



**Obrázek 3.2** – Hydromotor TMT 250 [8]





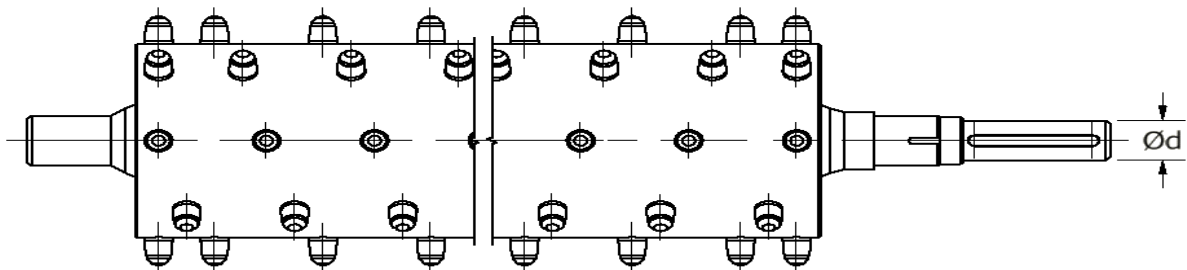
Obrázek 3.3 – Pracovní diagram TMT 250 [8]

Výpočet točivého momentu od rypného odporu při nejvyšších otáčkách frézy:

$$M_{kn} = R_{on} \cdot \frac{D}{2} \cdot nHRv\check{R} \quad [9]$$

$$M_{kn} = 574,2 \text{ Nm} \leq 650 \text{ Nm}$$

Kontrola průměru hřídele bubnu



Obrázek 3.4 – Hřídel bubnu

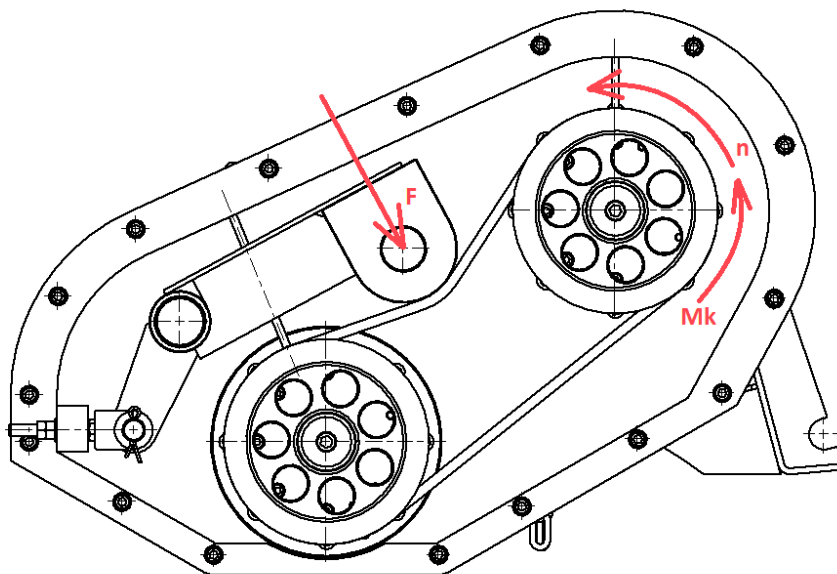
**Volba materiálu:**

Volím materiál **S355 J2** je  $Re = 355 \text{ MPa}$ ,

**Kontrola zvoleného průměru hřídele:**

$$\frac{675}{\frac{\pi \cdot 0,055^3}{16}} \leq 79,4 \text{ MPa}$$

$20,66 \text{ MPa} \leq 79,4 \text{ MPa}$  Vyhovuje

**Výpočet řemenového převodu**

**Obrázek 3.5 – Řemenový převod [8]**

**Výpočet obvodové rychlosti řemenice:**

Dle tabulek, volím průměr řemenice  $d_p = 250 \text{ mm}$ , ze strojnických tabulek.

**Výpočet druhé řemenice:**

Převodový poměr je 1:1 tudíž průměr  $D_p$  druhé řemenice bude stejný, jako průměr řemenice  $d_p$ .

$$D_p = d_p \quad [14]$$

$$D_p = 270 \text{ mm}$$

**Přenášený výkon  $P_x$ :**

$$P_x = 30 \cdot 1,3 \quad [15]$$

$$P_x = 39 \text{ Kw}$$

**Volba typu řemene:**

Dle Grafu ze strojnických tabulek volím typ řemene **SPB** dle přenášeného výkonu a stanovených otáček.

**Výpočtová délka klínového řemene  $L_p'$ :**

$$L_p' = 2 \cdot 450 + 1,57 \cdot (250 + 250) + \frac{(250-250)^2}{4 \cdot 450} \quad [16]$$

$$L_p' = 1669 \text{ mm}$$

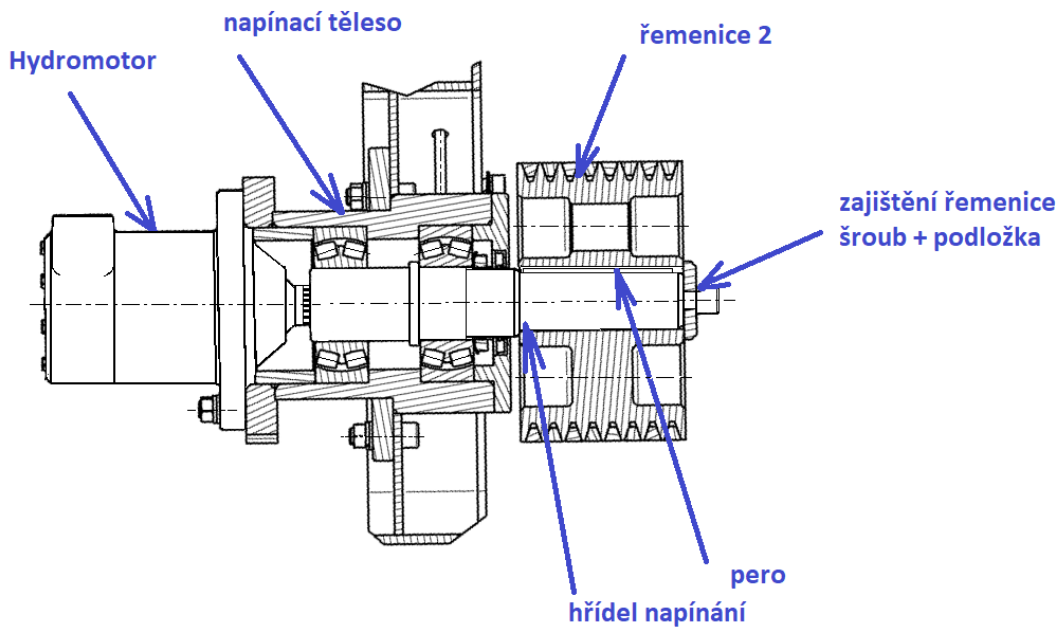
$$L_p = 1800 \text{ mm.}$$

**Počet klínových řemenů:**

$$z = \frac{P \cdot c_2}{Pr \cdot c_1 \cdot c_3} \text{ [ks]} \quad [17]$$

$$z = 7,53 \doteq 8 \text{ ks}$$

**Kontrola pera ve spojení náboj/hřídel řemenového převodu:**



**Obrázek 3.6 – Popis součástí napínací stanice [8]**

**Síla působící na pero:**

Značení pera dle ČSN: **PERO 16h9 · 10 · 140 ČSN 02 2562**

$$F = \frac{2 \cdot 650}{0,055}$$

[23]

$$F = 22727,3 \text{ N}$$

**Kontrola pera na stříh (smyk):**

$$P_{dovs} \geq \frac{22727,3}{16 \cdot 140}$$

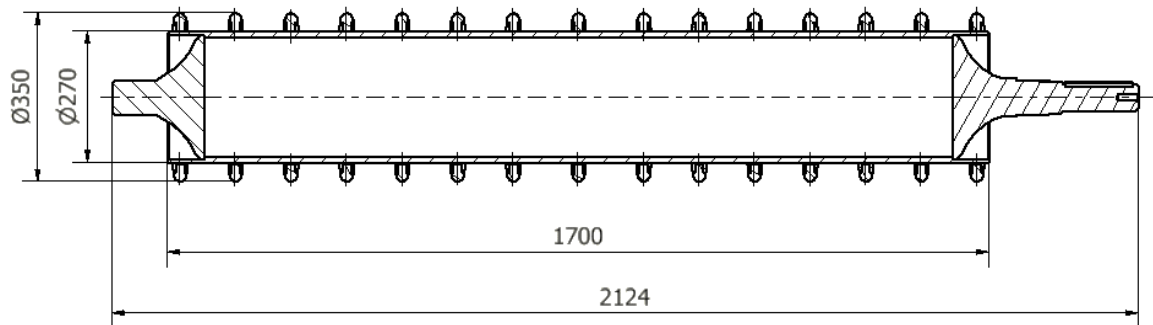
[24]

**50 MPa ≥ 10.2 MPa Vyhovuje podmínice**

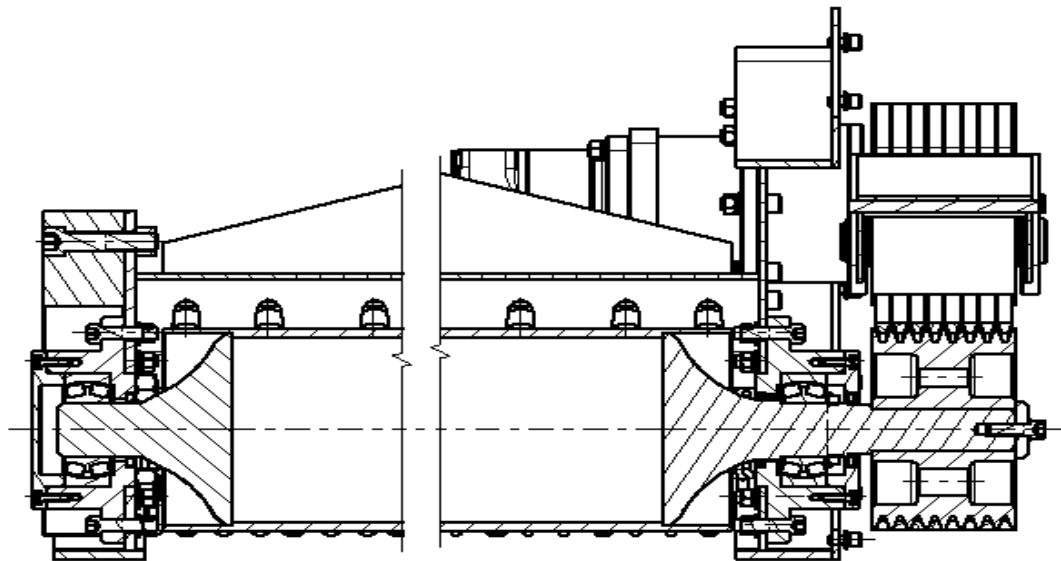
## VLASTNÍ KONSTRUKCE

### Uložení bubnu

Buben viz obrázek 3.7 je uložen v nosném rámu, na rámu jsou namontované ložiskové jednotky viz obrázek 3.8 [8]



Obrázek 3.7 – Svařenec bubnu s rozměry [8]



Obrázek 3.8 – Svařenec bubnu [8]

### Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS 2024 pod názvem: Výzkum a vývoj moderních postupů v průmyslové praxi, hrazeného ze státního rozpočtu České republiky.



## LITERATURA

- [1] *STROJNICKÉ TABULKY: JIŘÍ LEINVEBER-PAVEL VÁVRA*. Páté vydání. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-4.
- [2] CELJAK, Ivo. *Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2009, 134 s.
- [3] Hydromotor TMT 250. *Technotrade* [online]. 2024 [cit. 2024-04-11]. Dostupné z: <https://eshop.technotrade.cz/orbitovy-hydromotor-tmt-250-11015548>
- [4] JEŘÁBEK, K. [I]Metodika navrhování strojů[I]. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s
- [5] KALÁB, K. [I]Části a mechanismy strojů pro bakaláře - části spojovací[I]. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [6] Soil Conditioner. *Bobcat* [online]. 2024 [cit. 2024-04-11]. Dostupné z: <https://www.bobcat.com/na/en/attachments/soil-conditioner>
- [7] CAT. *CAT ZEPPELIN* [online]. [cit. 2024-04-11]. Dostupné z: <https://www.zepelin.cz/site/stroje-caterpillar/cat-categories>
- [8] ŠTERCL, Lukáš. *Konstrukční řešení půdní frézy pro smykový nakladač*. Online, Diplomová práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2024. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/154331>. [cit. 2024-08-31].

Autor:	Kolektiv autorů	
Katedra:	Katedra konstruování	340
Název:	Prezentace doktorandů katedry 340/2024	
Místo, rok vydání:	Ostrava, 2024, 1. vydání	
Počet stran:	61	
Vydala:	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava	
Tisk:	On-line – Elektronická forma	
Náklad:	Bez omezení	

**NEPRODEJNÉ**

**ISBN 978-80-248-4757-3 (on-line)**