



# 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

## NESENÝ VYZVEDÁVAČ SAZENIC LESNÍCH STROMŮ

CARRIED PLANT LIFTER OF FOREST TREE SEEDLINGS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Jůza

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Václav Mergl, Ph.D.

BRNO 2024



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Dominik Jůza**  
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 Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Nesený vyzvedávač sazenic lesních stromů

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tvorba konstrukce neseného vyzvedávače sazenic lesních stromů za zemědělským traktorem. Součástí vyzvedávače je i vibrační rošt pro vyčištění kořenového systému sazenice od půdy. Vyzvedávač je nesen na trojbodovém závěsu v zadní části stroje dané třídy dle výkonnostní kategorie traktoru.

### Technické parametry:

Traktor výkonnostní třídy do 160 kW.

Možnost použití přídatného závaží na přední část traktoru.

### Cíle bakalářské práce:

Vytvoření konstrukce vyzvedávače.

Stanovení potřebného výkonu pro pohon vyzvedávače.

Stanovení typu pohonu pro vibrační rošt.

Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů.

Celkový výkres sestavy vyzvedávače.

Dílenské výkresy součástí.

### 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. 1., přeprac. vyd. V Brně: Mendelova univerzita, 2015. ISBN 978-80-7509-193-2.

MAUER, Oldřich. Pěstování sadebního materiálu: Učební text. 1. vyd. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-698-7.

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.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického  
zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

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

Cílem této bakalářské práce je návrh neseného vyzvedávače sazenic pro traktor výkonnostní třídy do 160 kW. V úvodní části práce je řešeno na téma lesních školek, obnovy lesa a pěstování sadebního materiálu. V konstrukční části je kompletní návrh sestavy vyzvedávače pomocí CAD programu. Práce obsahuje výpočet potřebný pro pohon vyzvedávače a stanovení typu pohonu vibračního roštu. Dále práce obsahuje pevnostní výpočty vybraných konstrukčních prvků. Výsledkem této práce je kompletní sestava vyzvedávače s výkresovou dokumentací.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Nesený vyzvedávač sazenic, lesní školka, sazenice lesních stromů

## ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is the design of a carried plant lifter of forest tree seedlings for a tractor in the performance class up to 160 kW. In the introductory part of the thesis, there is research on the topic of forest nurseries, forest restoration and planting material. In the construction part, there is a complete design of the assembly of the carried plant lifter using a CAD program. The work includes the calculation required for the propulsion of the lifter and determination of the propulsion type of the vibrating grate. Furthermore, the work contains strength calculations of selected structural elements. The result of this work is a complete assembly of the carried plant lifter with drawing documentation.

### Keywords

Carried plant lifter of forest tree seedlings, forest nursery, forest tree seedlings

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JŮZA, Dominik. *Nesený vyzvedávač sazenic lesních stromů*. Online, Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, 2024. Vedoucí práce Václav Mergl. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157419>.



## 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

.....

Dominik Jůza

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych velmi poděkovat panu Ing. Václavu Merglovi, Ph.D. za cenné rady a ochotu při vedení této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za jeho přínosné rady ke konstrukci stroje.

## OBSAH

Úvod .....	10
<b>1 Pěstování sadebního materiálu .....</b>	<b>11</b>
1.1 Přírozená a umělá obnova lesa .....	11
1.2 Pěstování sadebního materiálu v lesních školkách .....	11
1.3 Mechanizace .....	14
1.3.1 Traktory .....	14
1.3.2 Stroje pro vyzvedávání .....	17
<b>2 Vytvoření konstrukce vyzvedávače .....</b>	<b>19</b>
2.1 Rám .....	19
2.2 Nůž .....	20
2.3 Kyvný rám s vibračním roštem .....	21
2.4 Podvozek .....	24
2.5 Pohon .....	25
<b>3 Stanovení pohonu vyzvedávače sazenic .....</b>	<b>27</b>
3.1 Výpočet kroutícího momentu na převodovce .....	27
3.2 Výběr převodovky .....	29
3.3 Stanovení potřebného výkonu .....	29
<b>4 Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů .....</b>	<b>32</b>
4.1 Ověření pevnosti ložisek v kloubech .....	32
4.2 Výpočet trvanlivosti ložiska v kloubu 3 .....	34
4.3 Ověření pevnosti čepů v kloubech .....	34
<b>Závěr .....</b>	<b>40</b>
<b>Použité informační zdroje .....</b>	<b>41</b>
<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>45</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>48</b>

## ÚVOD

Globální změna klimatu se stává realitou současnosti. Její dopady jsou patrné na celém světě, včetně České republiky. Jedním z nejvýraznějších projevů těchto změn bývá extrémní sucho. Sucho v České republice se stává stále častějším a intenzivnějším jevem. Toto sucho má zničující dopad na naše lesy. Velké plochy lesů, které poskytovaly dřevo a další zdroje, jsou nedostatkem vody oslabeny. Takto poškozené porosty se poté stávají terčem pro napadení kůrovcem a dochází k velkoplošnému odumírání lesů. Dlouhodobá ztráta lesů by měla vážné sociální a ekonomické důsledky. Odhad plochy k zalesnění v roce 2020 činil 128 tis. ha, z toho 78 % prakticky na holině (potřeba zalesnění nejméně 70 % plochy lokality) [1].

Plocha obnovených lesních porostů v roce 2022 činila 50 058 ha a vykazuje tak ve srovnání s předchozími lety výrazný nárůst [2]. Pozitivně lze hodnotit také pozvolný nárůst plochy přirozené obnovy, která se oproti roku 2021 opět mírně zvýšila, a to i přes to, že podmínky pro přirozenou obnovu jsou na kalamitních plochách značně zhoršené [3].

Přirozená obnova lesa probíhá pomalu a pouze na omezených plochách blízko zdravého lesa. Musíme tedy investovat do obnovy a ochrany našich lesů. Jen tak můžeme zabezpečit jejich budoucnost. Umělá obnova lesa vyžaduje zdroj velkého množství sazenic lesních stromků. Ideální je, pokud se tyto sazenice již od semenáčků pěstují co nejbližší místu budoucí výsadby [4]. To by nahraovalo využívat malé lesní školky blízko každého lesního celku. I tato malá produkce však vyžaduje využití mechanizace. Péče o stromky s použitím čistě jen ručního náradí by mohla sloužit při pěstování maximálně stovek stromků. V České republice bylo k 31. 12. 2022 evidováno 278 školkařských provozů, jejich celková plocha byla 1 612,81 ha, z toho bylo 1 182,09 ha produkční plochy [3].

Potřeba specializované mechanizace však výrazně prodražuje založení malé lesní školky. Nutné je využití univerzálního traktoru s několika jednoúčelovými pracovními nástroji. Cílem této práce je zpracování návrhu vyzvedávače sazenic, neseného na zadním tříbodovém závěsu kolového traktoru. Tento vyzvedávač slouží ke sklizni sazenic stromků před jejich expedicí na lesní plochy k zalesňování. Jeho hlavní částí je nůž, podrývající celý záhon se stromky ve zvolené hloubce, připevněný na pevném rámu neseném na závěsu traktoru. Na nůž navazuje pevný rošt, kterým prostupuje druhý vibrační rošt, připevněný na kyvný rám. Z výstupního kardanového hřídele traktoru je přes úhlovou převodovku a excentr tento rám poháněn. Vibrace pohyblivého roštu způsobují uvolnění zeminy z kořenů stromků a umožňují jejich snadný sběr a třídění pro expedici. Díky použití navrženého vyzvedávače se dá významně zvýšit efektivita práce při sklizni sazenic.

# 1 PĚSTOVÁNÍ SADEBNÍHO MATERIÁLU

## 1.1 PŘIROZENÁ A UMĚLÁ OBNOVA LESA

Česká republika zažila v posledních několika letech největší kůrovcovou kalamitu v historii, spojenou s dlouhými obdobími sucha. Na velkém množství míst, kde dříve stál les, jsou nyní jen prázdné holiny. Lesy se často uměle obnovují sazenicemi a obnova dosahuje rekordních čísel [3] Na některých místech využívají lesníci možnosti přirozené obnovy lesa.

Přirozená obnova lesa znamená ponechat prázdná místa tomu, aby na ně sama nalétla semena nových stromů z okolí. Přirozeně obnovený les vzniká sice déle, ale je odolnější a druhově rozmanitější, než les vysázený uměle sazenicemi z lesních školek [5]. Takový les ale zároveň často neodpovídá požadavkům lesníka, který ho během vývoje upravuje výchovnými zásahy. Problémem přirozené obnovy je následná výchova takto vzniklých porostů, která je mnohem nákladnější než u kultur uměle založených. Přesto je podíl přirozené obnovy lesa významný, v roce 2022 bylo z celkové nově zalesněné plochy přirozenou obnovou zalesněno 10 088 ha, což je více než 20 % [3]. Pro zachování cenných regionálních populací lesních dřevin stanovuje zákon č. 149/2003 Sb. požadavek preferovat přirozenou obnovu lesa, zvláště v oblastech tzv. genových základů. V případě nutnosti umělé obnovy těchto populací musí použitý reprodukční materiál dřeviny, pro kterou je genová základna vyhlášena, pocházet z téže genové základny [6].

Umělou obnovou, která je výsledkem přímé činnosti člověka, bylo v roce 2022 vysazeno 39 970 ha [3]. Uskutečňuje se výsevem semen nebo sadbou sazenic lesních dřevin. Volba obnovovaných dřevin nezávisí na mateřském porostu. Založené kultury jsou rovnoměrné, optimálně husté a přehledné. Následná péče o les je jednodušší, lépe lze využít mechanizaci. Protože při přímém výsevu semen do půdy na zalesňovaných plochách dochází k velkým ztrátám semenáčků, využívá se u nás nejčastěji možnosti předpěstování stromků v lesních školkách.

## 1.2 PĚSTOVÁNÍ SADEBNÍHO MATERIÁLU V LESNÍCH ŠKOLKÁCH

Školkařské provozy mají za úkol vypěstovat kvalitní sadební materiál dle požadavků patřičných norem. Lze je dělit dle velikosti, technologie pěstování a dalších faktorů.



Obr. 1 Lesní školka [7]

Velké školkařské provozy jsou ekonomicky výhodnější, mohou cenu za nákup specializované techniky získat zpět produkcí značného množství sadebního materiálu. Vysoká produkce je

však zároveň nevýhoda, protože tyto sazenice se pak používají i k zalesňování značně vzdálených oblastí. Sadební materiál tudíž není speciálně pěstován „na míru“ konkrétní lokality. Malé školkařské provozy jsou tak z biologického hlediska vhodnější, i když prvotní investice a udržení takovýchto provozů v chodu je velmi náročná [4]. Nejmenší výměra lesní školky (při pěstování klasického sadebního materiálu), aby byla ekonomicky výhodná, je 4 ha (při nákupu všech potřebných strojů, realizaci všech pěstebních operací a jejich proplacení). [6] Využití mechanizace, tj. specializované techniky nesené nebo tažené traktorem je totiž nezbytné. Sadební materiál produkovaný v lesních školkách může být různého typu. Nejčastěji jde o produkci prostokořenných sazenic pěstovaných na venkovních plochách v půdě, nebo mohou být sazenice pěstovány jako krytokořenné, s kořeny obalenými v půdě.

Prostokořenný sadbový materiál jsou semenáčky nebo sazenice, které mají při výsadbě kořeny obnažené, nekryté zeminou. Výroba těchto sazenic tvoří základ školkařského provozu bez ohledu na velikost lesní školky. Manipulace s nimi je jednodušší než s obalovanými, jsou ale velmi choulostivé na nedostatky při vyzvedávání a transport [8]. Krytokořenný sadební materiál může být buďto pěstován v obalech rozpadavých nebo pevných. Rozpadavé obaly jsou prorůstavé a umožňují prorůstání kořenů stěnami a dnem. Sazenice jsou vysazovány s obaly a ty se po výsadbě úplně rozpadnou. Pevné obaly neumožňují prorůstání kořenů stěnami a dnem, sadební materiál je před výsadbou z obalů vyjímán [9].

Krytokořenné sazenice zobrazené na obr. 2 v pevných obalech mohou být také pěstovány tzv. na vzduchovém polštáři. Speciální pěstební obaly (sadbovače) různých velikostí a tvarů, které mají laboratorní akreditaci pro pěstování daných dřevin, se naplní odpovídajícím substrátem, do kterého se naseje osivo nebo přesadí malý semenáček. Tyto sadbovače mají otevřené dno a jsou po celou vegetační dobu umístěné na pěstebně-manipulačních rámech. Kořeny pak prorůstají z obalu ven, kde na vzduchu přirozeně zasychají, čímž se bez vad a deformací utvoří kompaktní bal s bohatým kořenovým vlášením [6]. Zalesňování tímto sadebním materiálem lze provádět od září do června (mimo dny, kdy je půda zmrzlá). Po vysazení mají tyto výpěstky větší ujmavost a rychleji odrůstají, což snižuje finanční náklady na další pěstební péči [10].

Prostokořenné sazenice na obr. 3 rostou v minerální zemině, ze které se při jarní a podzimní sezóně vyzvedávají a mají tak holé kořeny, proto vyžadují větší péči jak při manipulaci, tak při vlastní výsadbě. Doba vhodná pro sázení prostokořenných sazenic je kratší než u krytokořenného sadebního materiálu, protože rostliny musí být v tzv. dormanci [4]. Tyto výpěstky se sází přibližně od půlky října do zámrazu a následně v jarních měsících (především březnu a dubnu). Sazenice se však musí ve školce včas vyzvednout a skladovat v optimálních podmínkách, aby nezačaly rašit. Tato technologie vyžaduje delší dobu pěstování ve školce, ale není náročná na specializované vybavení školkařského provozu. Především z tohoto důvodu je pořizovací cena sazenic nižší [10].



Obr. 2 Krytokořenná sazenice smrku [11]



Obr. 3 Prostokořenná sazenice smrku [12]

Při běžném způsobu produkce sazenic se semena vysévají v kontrolovaných podmínkách, například ve fóliovnících, a poté se malé semenáčky přesazují do venkovních záhonů. Základním kritériem kvality produkovaných rostlin je kvalita jejich kořenového systému. Cílem pěstování sadebního materiálu je vypěstovat rostliny s kvalitním bohatým kořenovým systémem a nikoliv s velkou nadzemní částí. Bezpečným a dlouhodobě užívaným způsobem jak vypěstovat velký, koncentrovaný a nedeformovaný kořenový systém je jeho mechanická úprava seříznutím (zkrácením). V místě a nad místem řezu se vždy vytvoří několik kořenů nových a tím kořeny zesílí [6].



Obr. 4 Jednořádkový boční vyzvedávač [13]



Obr. 5 Podřezávací nůž [14]

### 1.3 MECHANIZACE

Běžný provoz lesní školky vyžaduje péči o pěstební plochy podobně jako v zemědělském provozu. To znamená před výsadbou semenáčků použití mechanizace potřebné pro provádění orby, kypření a urovnávání pěstebních ploch [6]. Poté pomocí sázecích strojů vysadit ve vhodných rozstupech semenáčky a při jejich růstu využitím specializovaných strojů odstraňovat plevel, přihnojovat a postříkovat sazenice. Využití také najdou specializované nože na úpravu kořenů na obr. 5. Před expedicí stromků se využije mechanizace pro vyzvednutí rostlin ze záhonu (obr. 4), jejich třídění, balení a transport [15].



Obr. 6 Traktor v lesní školce [16]

Pro snadné zpřístupnění pěstebních ploch pro techniku se nejčastěji využívá produkce stromků v záhonech o šířce 135 nebo 150 cm [17], oddělených volnou plochou pro pojezd traktoru. Traktor s potřebným rozchodem se může pohybovat nad záhonem a náradím neseným vepředu nebo častěji na zadním tříbodovém závěsu může provádět potřebnou péči.

#### 1.3.1 TRAKTORY

Traktory jsou motorová vozidla vybavená koly nebo pásy, jejichž hlavní funkcí je tažná síla a která jsou zvláště konstruována pro tažení, tlačení, nesení nebo pohon určitého náradí, strojů nebo přípojných vozidel, určených pro užití zejména v zemědělství nebo lesnictví. Mohou být vybavena pro přepravu nákladu a osob [18]. Pro využití v lesních školkách se nejvíce hodí traktory menší a střední výkonnostní třídy. Menší traktory, nebo i kategorie tzv. malotraktorů, mohou sloužit k dopravě menšího množství potřebného materiálu, jako jsou postřiky, hnojiva, semenáčky apod. Pro dopravu většího nákladu nebo použití lehčí ošetřující mechanizace jako jsou jednozáhonové plečky, přihnojovače nebo postřikovače slouží střední výkonová kategorie traktorů. Výkonnější traktory jsou nutné pro přípravu půdy orbou nebo pro vyzvedávání víceletých stromků pro expedici.

Tab. 1 Výkonnostní třídy traktorů

Kategorie	Výkon motoru podle ISO 789-1 [kW]
1N	Do 35
1	Do 48
2N-2	Od 30 do 92
3N/3	Od 60 do 185
4N/4	Od 110 do 350

Ve školkařských provozech najdou také uplatnění specializované konstrukce traktorů, jako jsou např. nosiče nářadí. Jejich konstrukce umožňuje využít pro připojení neseného nářadí nejen přední a zadní závěs, ale i závěs umístěný mezi nápravami. Traktor má motor, převodovku, pohon kol, brzdové ústrojí a ovládací mechanismy umístěny v zadní části. Střed stroje tvoří páteřový nosník, na který se dají zavěsit či umístit různé zemědělské mechanismy (např. kypřiče půdy, postřikovače). Na přední části nosníku je instalována přední náprava s řízenými koly. Možná je i přestavba rozchodu, rozvoru a světlosti. Příkladem tohoto typu je Tracmaster 400 obr. 7, v ČR byl hojně využíván německý traktor Fortschritt RS09 [19].



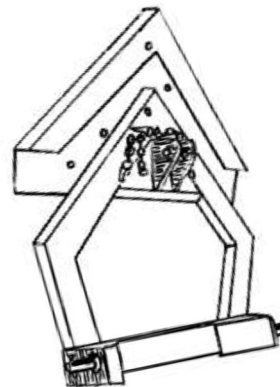
Obr. 7 Tracmaster 400 [20]

Zejména v lesních školkách je důležité, aby převodovky traktorů umožňovaly dosažení plazivé rychlosti traktoru cca 100-200 m/hod [21]. Vývodový hřídel má přenos výkonu řešen dvěma způsoby, a to jako nezávislý s normalizovanými otáčkami vývodového hřídele 540 a 1000  $\text{min}^{-1}$  [22], a jako závislý s otáčkami vývodového hřídele závislými na zařazením převodovém stupni. Vývodový hřídel má výměnné koncovky, pro 1000  $\text{min}^{-1}$  s 21 drážkovým a pro 540  $\text{min}^{-1}$  s 6 drážkovým profilem [21].

Aby mohly být traktory používány jako víceúčelový stroj, ke kterému lze připojit celou řadu nářadí musí být vybaven standardizovaným třibodovým závěsným systémem se dvěma připojovacími body dole a jedním nahoře (obr. 8). Traktory různé výkonové třídy jsou vybaveny závěsy různých kategorií, které se od sebe liší rozměry. Hlavní rozměry třibodových závěsů jsou normalizovány, výrobci traktorů a zemědělských strojů v rámci unifikace připojování strojů různých výrobců musí respektovat mezinárodní normu ISO 789-1 [23], která určuje hlavní rozměry připojovacích bodů traktorů a zemědělských strojů. Pro usnadnění připojení adaptérů může být třibodový závěs opatřen rychlozávěsem (obr. 9) [21].

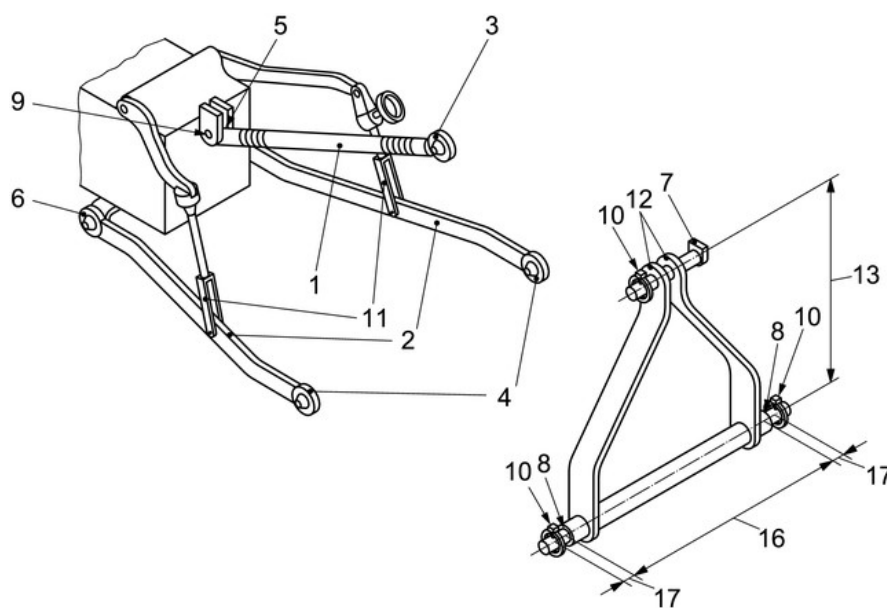


Obr. 8 Zadní třibodový závěs traktoru [24]



Obr. 9 Rychlozávěs [21]

V současné době existuje pět různých velikostních kategorií třibodových závěsů. Vyšší kategorie závěsů mají pevnější ramena a větší čepy. Je zde určité rozpětí výkonnostních kategorií traktorů a některé z nich se překrývají.



- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1 horní vzpěra         | 9 čep horního přípojného kloubu         |
| 2 dolní táhlo          | 10 pojistný kolík                       |
| 3 horní závěsný kloub  | 11 zvedací táhla                        |
| 4 dolní závěsný kloub  | 12 stojánek                             |
| 5 horní přípojný kloub | 13 výška stojánku                       |
| 6 dolní přípojný kloub | 16 vzdálenost dolních závěsných kloubů  |
| 7 horní čep závěsu     | 17 vzdálenost otvoru pro pojistný kolík |
| 8 dolní čep závěsu     |   |

Obr. 10 Hlavní části třibodového závěsu [25]

Při konstrukci strojů nesených na třibodovém závěsu musí být dodrženy normou stanovené rozměry, uvedené v tab. 2.

Tab. 2 Rozměry hlavních částí tříbodového závěsu [25]

Označení	Název	Kategorie				
		1N	1	2	3	4
$D_1$	Průměr otvoru horního táhla	$19^0_{-0,08}$	$19^0_{-0,08}$	$25^0_{-0,13}$	$31,75^0_{-0,2}$	$45^0_{-0,8}$
$b_1$	Šířka uchycení u horního táhla	<i>min.</i> 52	<i>min.</i> 52	<i>min.</i> 52	<i>min.</i> 52	<i>min.</i> 65
$D_2$	Průměr otvoru u koule dolního táhla	$22^0_{-0,2}$	$22^0_{-0,2}$	$28^0_{-0,2}$	$36,6^0_{-0,2}$	$50,8^0_{-0,2}$
$b_3$	Vzdálenost díry u dolního kolíku	<i>min.</i> 49	<i>min.</i> 49	<i>min.</i> 49	<i>min.</i> 68	<i>min.</i> 68
$b_5$	Šířka uchycení u koulí	$65^+2_0$	$65^+2_0$	$65^+2_0$	$72,5^+2_0$	$72,5^+2_0$
$l$	Vzdálenost mezi uchycením u koulí	400 $\pm 1,5$	683 $\pm 1,5$	825 $\pm 1,5$	965 $\pm 1,5$	1166,5 $\pm 1,5$
$d$	Průměr otvoru pro závlačku	<i>min.</i> 12	<i>min.</i> 12	<i>min.</i> 12	<i>min.</i> 12	<i>min.</i> 17
	Horní táhlo u koulí	<i>min.</i> 12	<i>min.</i> 12	<i>min.</i> 12	<i>min.</i> 17	<i>min.</i> 17
$h$	Vzdálenost mezi dolním a horním uchycením	300 – 375	500 – 575	550 – 625	575 – 675	575 – 675

### 1.3.2 STROJE PRO VYZVEDÁVÁNÍ

Vyzvedávání sadebního materiálu se skládá z několika na sebe navazujících operací – uvolnění rostlin, vyzvednutí rostlin z půdy, jejich třídění a svazkování [4]. Tyto činnosti se mohou dělat pomocí komplexního stroje, který zvládá několik nebo i všechny tyto operace zároveň, nebo pomocí několika specializovaných zařízení postupně za sebou. Vyzvedávání může probíhat po jednotlivých řádcích nebo na celém záhonu zároveň. První fází vyzvedávání je uvolnění rostlin z půdy. K tomu lze použít podorávače, které pracují většinou na celé šíři záhonu. Pro uvolnění kořenů vyspělých sazenic (poloodrostků) se používají jednořádkové bočně nesené podorávače [21]. Pro sklizeň větších odrostků bývají často doplněny vytráscím vibračním roštem obr. 11

Pro celozáhonovou sklizeň se nejčastěji používají vyzvedávače sazenic. Jsou to stroje nesené na traktoru, vybavené noži pro horizontální, někdy i vertikální rozřezávání půdy na záhonu a poháněným oddrňovacím ústrojím [21]. Pracovní postup je obdobný jako u podorávačů. Skýva půdy podoraná nožem (může být i poháněný – kmitající vpřed a vzad) přechází na oddrňovací ústrojí konstruované nejčastěji jako vertikálně vibrující rošty, rotační prutové válce nebo prutové dopravníky. Sazenice zbavené přebytečné půdy padají při vhodně sladěné pracovní rychlosti uspořádaně zpět na záhon kořeny dolů obr. 12.



Obr. 11 Boční jednořádkový vyzvedávač [26]



Obr. 12 Celozáhovový vyzvedávač [27]

Sklízeče jsou stroje nesené nebo tažené za traktorem, kombinují více činností prováděných při vyzvedávání. Podle konstrukce a z ní vyplývajícího pracovního postupu jsou tyto stroje buď jednořádkové nebo celozáhonové. U sklízečů pracujících řádkově je hlavním znakem uspořádání ústrojí pro vyjímání sazenic ze záhonu tvořeného dvojicí nekonečných gumotextilních pásů nasazených na hnací a hnané řemenice. Sousední větve pásů jsou k sobě přitlačovány ovíječnými a přitlačnými kladkami. Mezi pásy jsou při pojezdu nad záhonem uchopovány řádkově nebo proužkově pěstované sazenice. Ústrojí svírá s vodorovnou rovinou úhel 20–30°, což umožňuje vyjímání sazenic z půdy, neboť vlivem pojezdové rychlosti a relativní (oběžné rychlosti) pásů jsou sazenice vtaženy a unášeny mezi pásy [21]. V přední části řádkových sklízečů bývají podorávací radlice, pasivní nebo vibrační, tvaru písmene U, opěrné kolo, případně děliče řádků. K odstranění přebytečné půdy dochází pomocí různých typů oddrňovacích ústrojí během unášení sazenic mezi pásy. Stroje mohou být opatřeny svazkovacím ústrojím, odkládacím zásobníkem, stranovým pásovým dopravníkem a ukládací plošinou. Směňová výkonnost činí 40–120 000 ks sazenic (obr. 13) [21]. Sklízeče pracující celozáhonově sestávají ze dvou základních celků, přední část je tvořena vyzvedávačem, na něj navazuje zadní část tvořená šikmým prutovým nebo hřebovým dopravníkem, kterým jsou sazenice dodávány na manipulační plošinu, kde jsou ručně tříděny, počítány do svazků a vázány vázacím ústrojím (obr. 14). Celozáhonové sklízeče musí být taženy traktorem vybaveným plazivou rychlostí (80 m·h<sup>-1</sup>). Směňová výkonnost činí cca 80 000–100 000 ks sazenic [21].



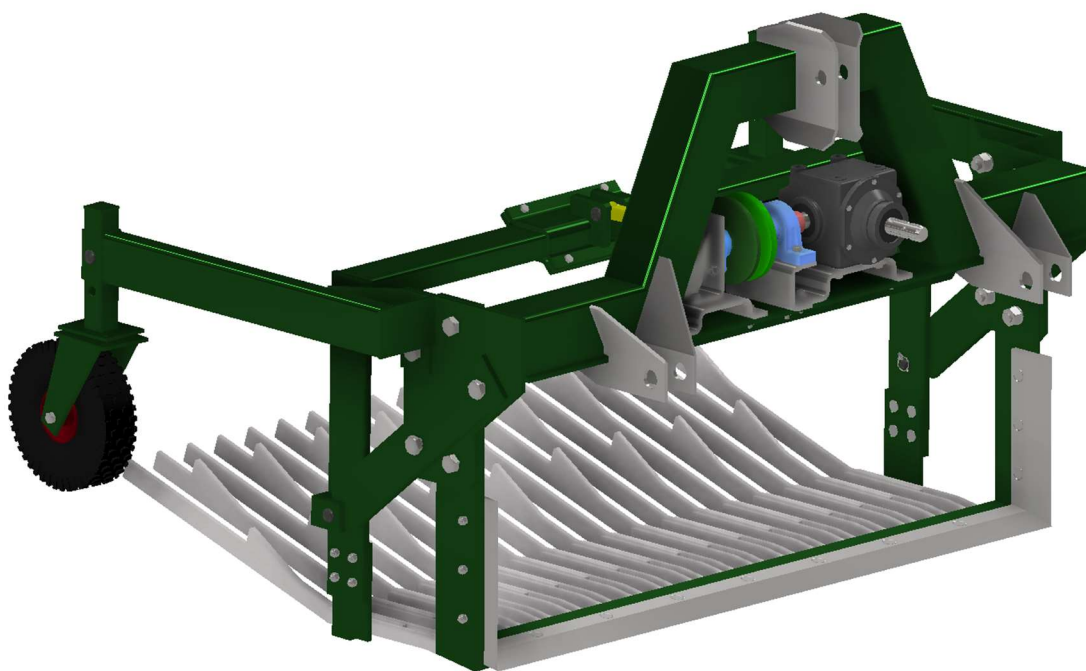
Obr. 13 Jednořádkový sklízeč [28]



Obr. 14 Celozáhonový sklízeč [29]

## 2 VYTVOŘENÍ KONSTRUKCE VYZVEDÁVAČE

Vyzvedávač sazenic slouží ke sklizni sadebního materiálu v lesních školkách. Při konstrukci stroje byla uvažována vyrobiteľnosť, pevnosť konštrukcie, použiteľnosť v prostredí lesných školek a možnosť ľahkej údržby a vymeniteľnosti dielov stroja. Konštrukcia vyzvedávača je navrhnutá pre celý záhon o šírke 1,46 m. Ten sa v potrebné hĺbke 20 až 25 cm pomocou pevného noža podřízne. Navazujúci pevný rošt zeminu sa sazenicami mierne nadzvedne a ďalší vibračný rošt, pripnutý na pevný rám tak, aby bol umožnený jeho kyvný pohyb, z koreňov vyklepe zeminu a stromky vyzvedne na povrch. Vibračný pohyb roštu je poháňaný z vývodového hriadeľa traktora s konštantnými otáčkami pres úhlovú prevodovku s prevodovým poměrom 2,55 : 1 [30]. Kyvný pohyb roštu je vyvolán táhlem pripnutým pres ložisko na excentr. Konštrukcia neseného vyzvedávača zobrazená na obr. 15 sestáva z niekoľkých hlavných častí: sestava rámu, sestava nože, sestava kyvného rámu s vibračným roštom a sestava podvozku.

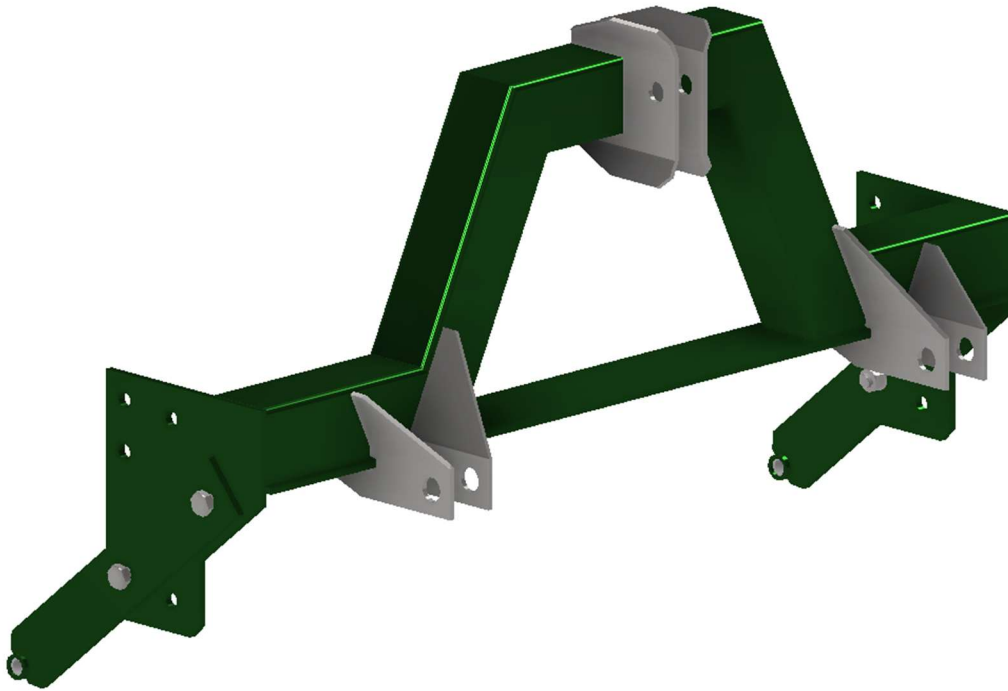


Obr. 15 Konštrukcia neseného vyzvedávača sazenic

### 2.1 RÁM

Konštrukcia časti rámu, ktorá je nesená tříbodovým závesom traktora, je tvorená z ocelových uzavřených profilů svařených k sobě. Byl zvolen profil s čtvercovým průřezem, podle normy ČSN-EN 10219-2 [31], o rozměrech 120 x 120 x 5 mm, vyrobený z oceli S355J2H podle normy ČSN-EN 10219-1 [32]. Konštrukcia rámu má hmotnosť 101,6 kg. Přímo na tomto rámu jsou přivařeny úchyty pro připojení k tříbodovému závesu traktora. Ty jsou vyrobeny z ohýbaného plechu tloušťky 8 mm. Levá i pravá strana svařovaných profilů s čtvercovým průřezem je zakončena plechem, ve kterém jsou vyvrtány otvory pro přichycení šroubovým

spojem dalších částí konstrukce vyzvedávače. Část, která nese převodovku pohonu a excentr, je vyrobená z plechu tloušťky 10 mm. Ze spodní části je plech vyztužen zpevňovacím prvkem o rozměrech 949 x 40 x 15 mm, z důvodu zeslabení konstrukčního prvku otvory pro montáž pohonného ústrojí.



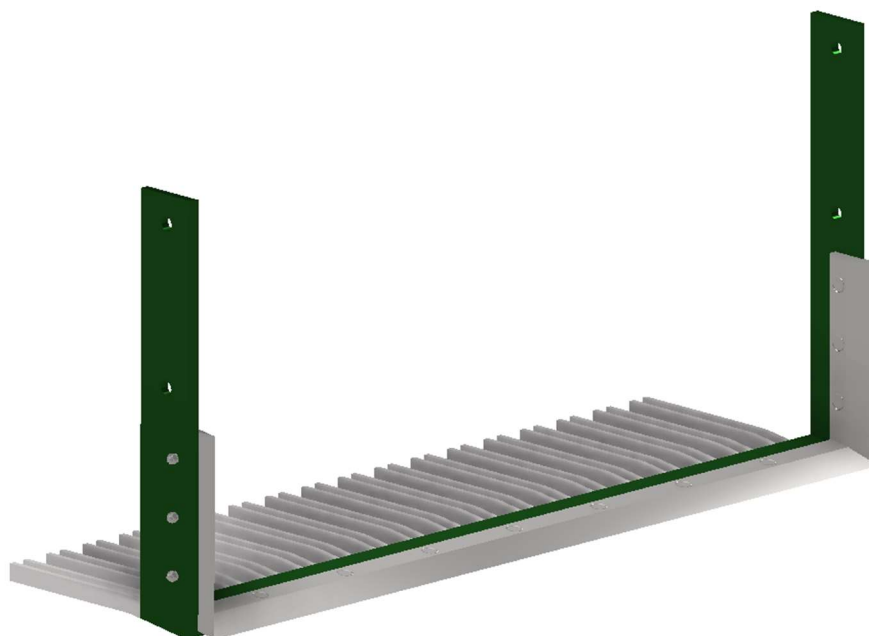
Obr. 16 Konstrukce rámu vyzvedávače

## 2.2 NŮŽ

Nůž, který slouží k podříznutí celého záhonu, je pomocí nosných plechů připevněn k bočním částem nosného rámu. Jednoduchá konstrukce umožňuje snadný pohyb v půdě. Nosná část je svařena z plechů, které jsou vyrobené z konstrukční oceli S355J2H. Na těchto nosných částech jsou připevněny břity z vysoce oteřuvzdorného materiálu HARDOX 500 [33]. Hlavní vodorovný břit má rozměr 1530 x 100 x 15 mm, a je připevněn k nosné části pomocí sedmi šroubů. Byly zvoleny zápusťné šrouby se čtyřhranným osazením velikosti M10 a délky 45 mm, dle normy DIN 605 [34] a s šestihrannými maticemi o velikosti M10, dle normy DIN EN 24032, pojištěnými pružnou podložkou s obdélníkovým průřezem velikosti A10 dle normy DIN 128. Šrouby jsou uloženy hlavou k vnitřní straně konstrukce a zajištěny maticí z vnější strany pro zamezení poškození kořenů vyzvedávaného sadebního materiálu. Na vodorovný nůž navazují svislé boční břity pro část nože pohybující se v půdě. Tyto břity mají rozměr 345 x 100 x 15 mm, a každý je připevněn k nosné části třemi šrouby stejnými jako hlavní břit. V břitu jsou pro tyto šrouby z důvodu montáže vytvořeny čtyřhranné otvory, aby nedocházelo k protáčení šroubu při kompletaci šroubového spoje. Pro bezproblémový provoz stroje musí být břit udržován dostatečně ostrý, proto je konstrukce nože zvolena jako snadno

demontovatelná pro údržbu nebo výměnu. Z opačné strany břitu jsou k nosné části přivařeny jednotlivé prvky pevného roštu, vyrobené z oceli STRENX 700 E/F [35].

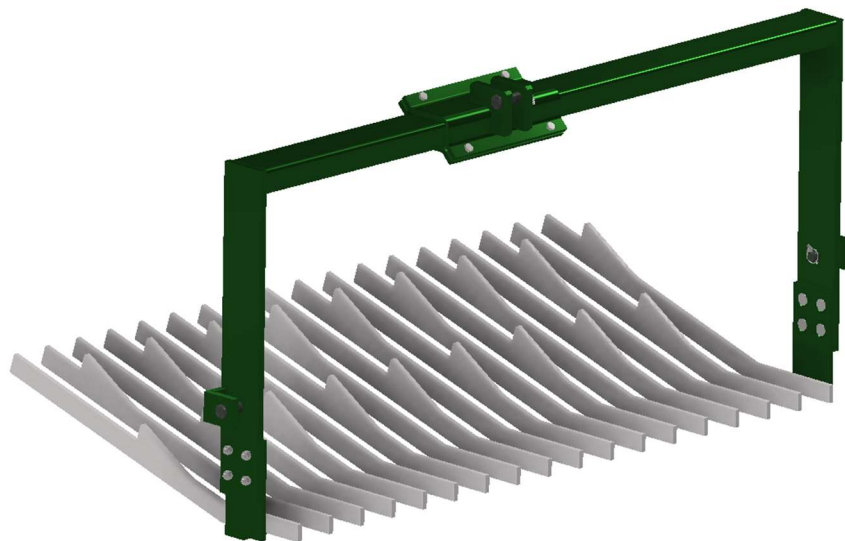
Sestava nože je k rámu vyzvedávače přichycena šrouby s šestihrannou hlavou o velikosti M22 a délky 55 mm, dle normy ČSN EN ISO 4014, spojených šestihrannými maticemi o velikosti M22 normy ČSN EN 24032, podloženými podložkami ČSN 02 1721.



Obr. 17 Konstrukce nože

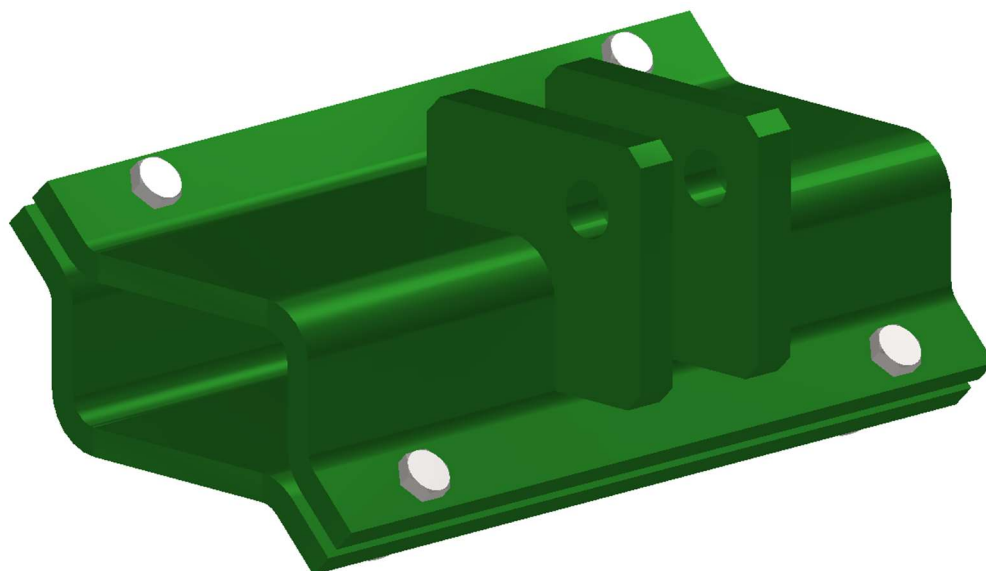
### 2.3 KYVNÝ RÁM S VIBRAČNÍM ROŠTEM

Konstrukce kyvného rámu je tvořena z ocelového uzavřeného profilu a dvou plechů svařených k sobě. Byl zvolen profil s obdélníkovým průřezem, podle normy ČSN-EN 10219-2, o průřezu 100 x 50 x 4 mm a délce 1534 mm, vyrobený z oceli S355J2H podle normy ČSN-EN 10219-1. Konstrukce rámu má hmotnost 30,1 kg, vibrační rošt 51,4 kg. Ke kyvnému rámu je pomocí šroubového spoje připevněn vibrační rošt. Ke spojení byly zvoleny zápusťné šrouby se čtyřhranným osazením velikosti M10 a délky 45 mm, dle normy DIN 605 a s šestihrannými maticemi o velikosti M10, dle normy DIN EN 24032, pojištěnými pružnou podložkou s obdélníkovým průřezem velikosti A10 dle normy DIN 128. Tak jako u konstrukce nože jsou i zde šrouby uloženy hlavou k vnitřní straně konstrukce a zajištěny maticí z vnější strany pro zamezení poškození kořenů vyzvedávaného sadebního materiálu. Jeho nosná část ve tvaru širokého U je vyrobena z konstrukční oceli tloušťky 10 mm, vodorovná část má rozměr 1534 x 50 mm a k ní jsou na obou okrajích přivařené svislé části o rozměrech 200 x 100 mm. Na vodorovnou část jsou v pravidelných rozstupech 74 mm přivařeny plechy vibračního roštu. Tyto plechy jsou na nosnou část přivařeny kolmo a jsou ve své horní části opatřeny tvarovým výstupkem trojúhelníkového tvaru, který slouží k usměrnění pohybu zeminy a ke zlepšení vytrhávání přebytečné zeminy z kořenového systému sadebního materiálu. Plechy roštu jsou vyrobeny z oceli STRENX 700 E/F.

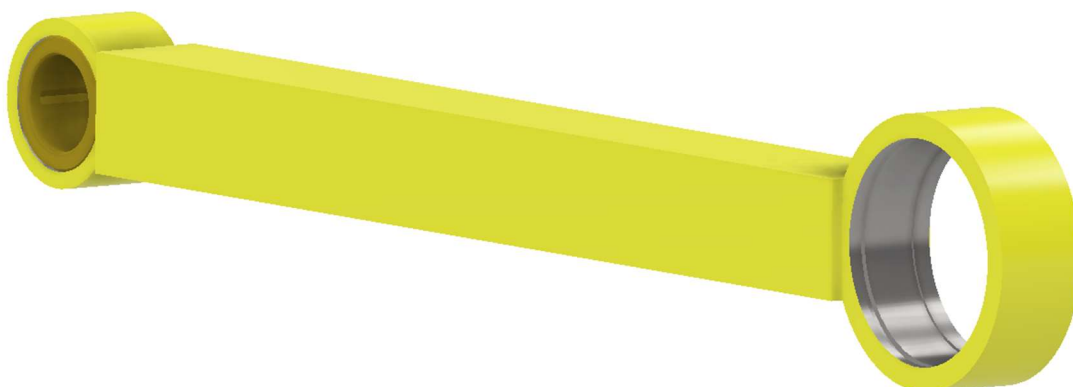


Obr. 18 Konstrukce kyvného rámu s vibračním roštem

Polohovatelná část spojující kyvný rám s táhlem je vyrobena z dvakrát ohnutého plechu z materiálu S235JR 300 x 200 mm. Zajištěn je šrouby s šestihrannou hlavou o velikosti M10 a délky 40 mm, dle normy ČSN EN ISO 4014, spojených šestihrannými maticemi o velikosti M10 normy ČSN EN 24032, podloženými podložkami o velikosti 10,5 dle normy ČSN 02 1703. Na tomto polohovatelném prvku jsou přivařeny části s otvorem pro uložení čepu pro spojení s táhlem, které jsou od sebe vzdáleny 40 mm.

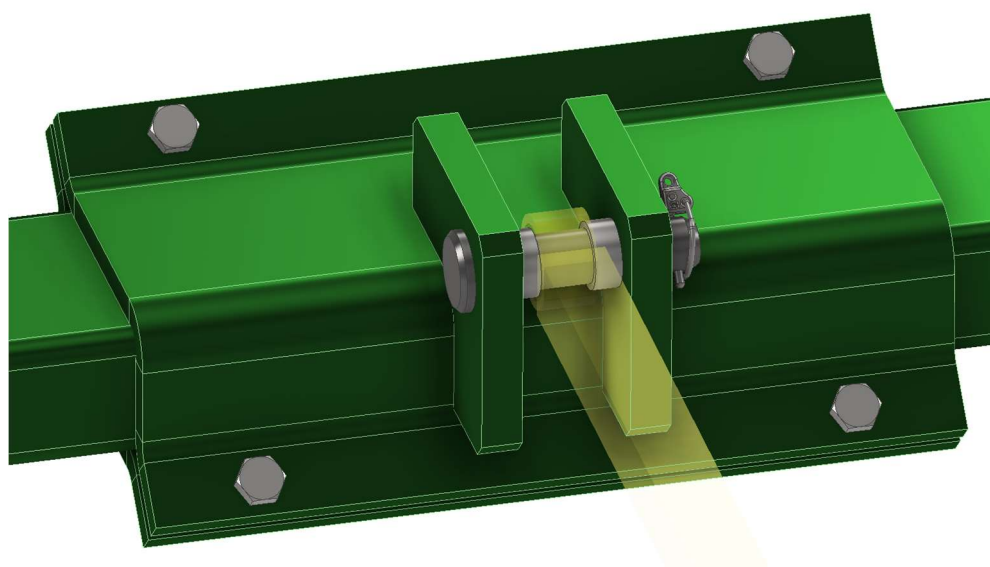


Obr. 19 Polohovatelná část spojující kyvný rám s táhlem



Obr. 20 Táhlo

Táhlo tvoří ocelová tyč čtvercového průřezu podle ČSN EN 10059, vyrobená z materiálu S235JR o průřezu 25 x 25 mm a délce 250 mm. K této tyči je ze strany ke kyvnému rámu kolmo přivařena trubka ČSN 42 5715 s vnějším průměrem 35 mm, tloušťkou stěny 5 mm a délkou 20 mm, s obrobeným otvorem pro zalisování kluzného ložiska SKF PBM 202820 M1G1 [36]. Toto kluzné ložisko bylo zvoleno z toho důvodu, že zde dochází pouze ke kyvnému pohybu, nikoli k rotačnímu. Toto ložisko je také vhodné pro použití v prašném prostředí zemědělského provozu. V tomto ložisku je umístěn čep s hlavou podle normy ISO 2341 B B o průměru 20 mm a délce 85 mm, pojištěný závlačkou s kroužkem. Na opačné straně táhla (na straně k převodovce) je kolmo přivařena trubka ČSN 42 5715 s vnějším průměrem 57 mm, tloušťkou stěny 5,6 mm a o délce 20 mm, s obrobeným otvorem pro uložení ložiska SKF 6005 2Z [19]. To je pojištěno z jedné strany osazením v trubce a z druhé rozpěrným pojistným kroužkem ČSN 02 2931.



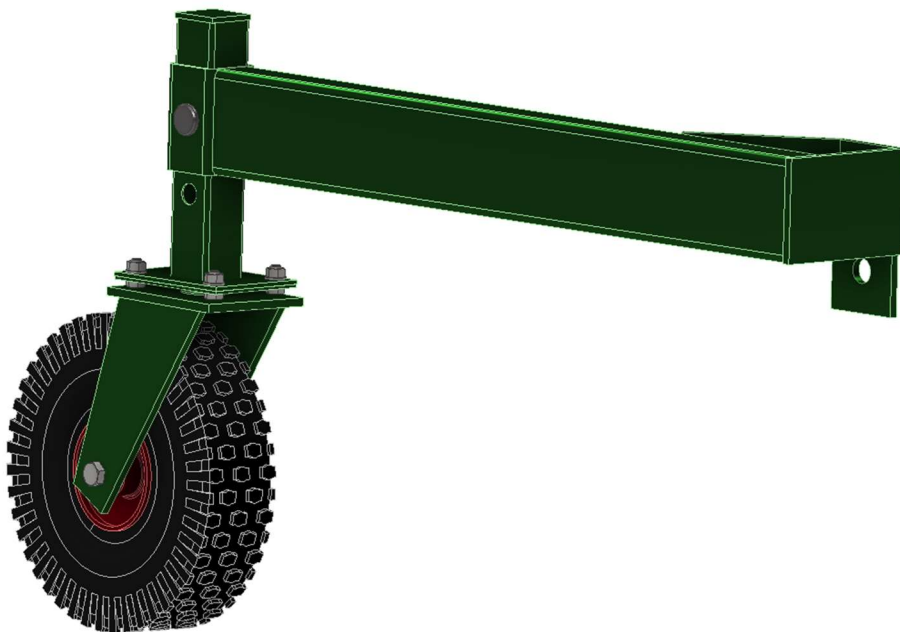
Obr. 21 Čep na polohovatelné části spojující kyvný rám s táhlem

Kyvný rám je ve své spodní části připevněn k pevnému rámu pomocí kloubu, zobrazeném na obr. 22, s ložiskem a čepem přes plech, který umožňuje jednoduchou demontáž.



Obr. 22 Kloub spojující kyvný a pevný rám

## 2.4 PODVOZEK



Obr. 23 Konstrukce podvozku

Jako pojzdové kolo pro podvozek bylo vybráno otočné kolo výrobce FEBA o průměru 300 mm. Kolo má nosnost 300 kg [37]. Na otočnou plotnu kolečka je šrouby ČSN EN 24017 M10x20 s maticemi ČSN EN 24032 M10, které jsou podloženy podložkami ČSN 02 1721 velikost 11, připevněn svařenec plechu s profilem s čtvercovým průřezem normy ČSN-EN 10219-2, o průřezu 50 x 50 x 4 mm a délce 250 mm, vyrobený z oceli S355J2H podle normy ČSN-EN 10219-1, ve kterém je několik děr pro čep, kterým můžeme zvolit výšku kola. Z horní části je profil zaslepen zásepkou 50x50x4 mm. Dlouhý profil s obdélníkovým průřezem podle normy ČSN-EN 10219-2, o průřezu 100 x 50 x 4 mm a délce 770 mm,

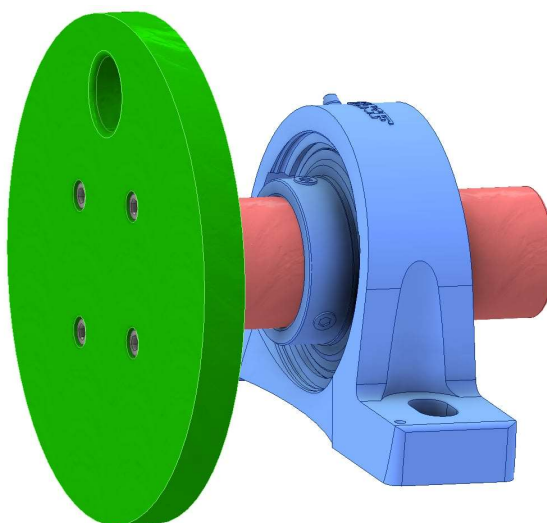
vyrobený z oceli S355J2H podle normy ČSN-EN 10219-1 je kolmo svařen s krátkým profilem s čtvercovým průřezem normy ČSN-EN 10219-2, o průřezu 60 x 60 x 4 mm a délce 100 mm, vyrobený z oceli S355J2H podle normy ČSN-EN 10219-1, ve kterém je otvor pro zajištění výšky kola pomocí čepu ISO 2341 B B průměru 20 mm a délce 75 mm. Rám podvozku je spojen s plechem rámu pomocí dvou šroubů ČSN EN 24017 M22x55, pojištěných maticemi M22 podle normy ČSN EN 24032, které jsou podloženy podložkami ČSN 02 1721 velikost 24.



Obr. 24 Pojezdové kolečko FEBA [38]

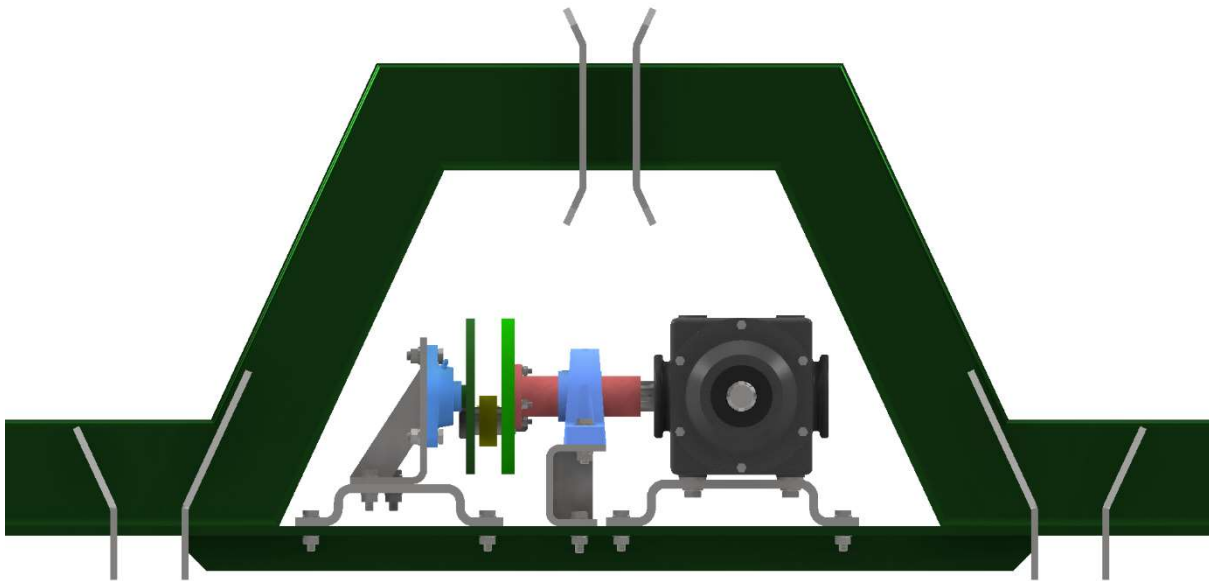
## 2.5 POHON

Na plechu o tloušťce 10 mm připevněném na nosném rámu je umístěna sestava mechanismu pohonu vytrásacího roštu. Pohon sestává z několika jednotlivých prvků, které jsou vždy umístěny na samostatné podpěrné části pro zajištění souososti všech součástí soustavy pohonu. Z vývodového hřídele traktoru je přes kloubovou hřídel přiveden kroucí moment na úhlovou převodovku vyzvedávače, na výstupu převodovky je pomocí drážkového spoje DIN9611 nasazen náboj, který přenáší kroucí moment na excentr. Náboj je proti působení radiálních sil podepřený ložiskovým domečkem SKF SY 45 TR [39].



Obr. 25 Excentr s nábojem

Excentr je vytvořený ze dvou kruhových částí o průměru 175 mm. K náboji je tato část připevněna šrouby DIN 6912 velikosti M6 a délky 30 mm se zápustnou hlavou, s maticemi DIN EN 24032 velikosti M6, které jsou podloženy podložkami DIN 128 velikosti A6. Hlavy šroubu musí být zapuštěny z toho důvodu, aby nedocházelo ke kolizi s táhlem pohonu vibračního roštu. Druhá strana excentru je pojištěna ložiskovým domečkem SKF FYTB 25 TR [40] proti radiálním silám. Pod každou část pohonu se dají umístit podložky pro zajištění přesného umístění jednotlivých komponentů pohonu v ose. V jednotlivých podpěrných částech jsou vytvořeny oválné díry pro šrouby, aby se dala zajistit soustřednost všech dílů pohonu. V plechu nosného rámu jsou oválné otvory pro šroubový spoj kolmo oproti oválným otvorům v podpěrných částech tvořených z ohýbaných plechů oceli S235JR.



Obr. 26 Sestava pohonu

### 3 STANOVENÍ POHONU VYZVEDÁVAČE SAZENIC

#### 3.1 VÝPOČET KROUTÍČÍHO MOMENTU NA PŘEVODOVCE

Pro výpočet kroučícího momentu byl sestrojen výpočtový model odpovídající reálnému stroji v pozici, kdy vyzvedává zeminu se sazenicemi lesních stromků, protože v této situaci je nejvíce zatěžována převodovka (obr. 27). Pro výpočet vyzvedávané hmotnosti bylo využito rozměrů vyzvedávaného objemu zeminy, která byla vynásobena hmotnostním objemem zeminy.

$$m = a \cdot h \cdot l_{vr} \cdot \rho = 1,5 \cdot 0,25 \cdot 0,585 \cdot 1700 = 372,94 \text{ kg} \quad (1)$$

Kde:  $a$ ... šířka stroje [ $m$ ]

$h_z$ ... je hloubka zarytí [ $m$ ]

$l_{vr}$ ... délka vibračního roštu [ $m$ ]

$\rho$ ... hmotnostní objem zeminy  $\rho = 1700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Pro zjištění síly  $G$  působící na rošt, způsobené tíhou vyzvedávané zeminy, byla hmotnost vyzvedávané zeminy vynásobena gravitačním zrychlením na povrchu Země.

$$G = m \cdot g = 372,94 \cdot 9,81 = 3658,52 \text{ N} \quad (2)$$

Kde:  $g$ ... gravitační zrychlení na povrchu Země  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  [41]

$m$  ... hmotnost [ $kg$ ]

Pro určení síly v táhle bylo využito momentové rovnováhy v kloubu 1, kde síla  $G$  působí na ramenu  $l_{TP}$ , a síla  $v$  působí na ramenu  $l_2$ .

Rameno  $l_{TP}$  působení síly  $G$ .

$$l_{TP} = \frac{l_{vr}}{2} = \frac{0,585}{2} = 0,2925 \text{ m} \quad (3)$$

Kde:  $l_{vr}$ ... délka vibračního roštu [ $m$ ]

Moment  $M_h$  způsobený vyzvedáváním.

$$M_h = G \cdot l_{TP} = 3658,52 \cdot 0,2925 = 1070,1162 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (4)$$

Kde:  $G$ ... síla působící na rošt [ $N$ ]

$l_{TP}$ ... rameno působení síly  $G$  [ $m$ ]

Síla  $F_p$  v táhle způsobená vyzvedáváním.

$$F_p = \frac{M_h}{l_2} = \frac{1070,1162}{0,505} = 2119,042 \text{ N} \quad (5)$$

Kde:  $M_h$ ... moment způsobený vyzvedáváním [ $N \cdot m$ ]

$l_2$ ... rameno síly  $F_p$  [ $m$ ]

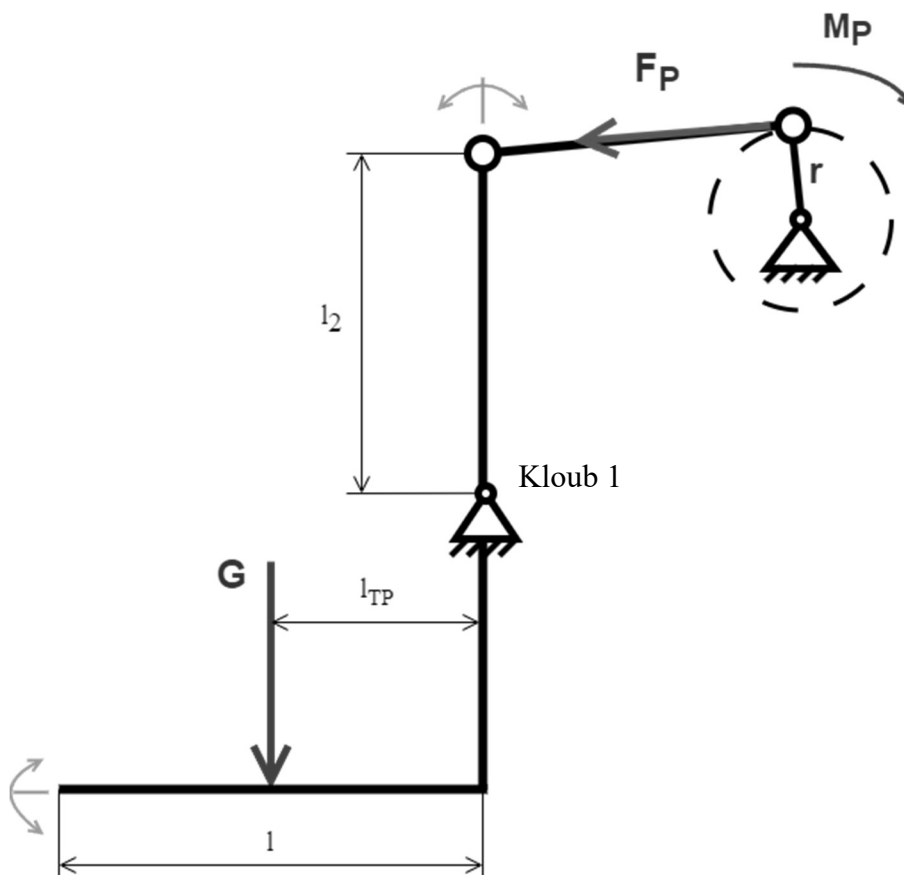
Síla v táhle způsobuje na vyosení  $r$  excentru moment  $M_p$ , který odpovídá momentovému zatížení převodovky.

Moment  $M_p$  na převodovce.

$$M_p = F_p \cdot r = 2119,042 \cdot 0,06 = 127,1425 \text{ N} \quad (6)$$

Kde:  $F_p$ ... síla v táhle [ $N$ ]

$r$ ... rameno na excentru [ $m$ ]



Obr. 27 Schéma rozložení síly

### 3.2 VÝBĚR PŘEVODOVKY

Na základě vypočítaného potřebného krouticího momentu a provozních podmínek použití v zemědělském prostředí byla vybrána převodovka od firmy Coberg. Jedná se o úhlovou převodovku C16.14 ve verzi s jednou výstupní hřídelí doleva, s převodovým poměrem 2,55 a schopností přenést moment o velikosti 496 Nm. Vypočítaný požadovaný moment  $M_p = 127 \text{ Nm}$  dokáže převodovka přenést s bezpečností 3,9. Hmotnost převodovky je 22 kg [30]. Na převodovku je nasazen náboj, který přenáší krouticí moment na excentr. Tento náboj je pojištěn ložiskovým domečkem proti radiálním silám. Na excentr je lícovaným šroubem přes ložisko spojeno táhlo ke kyvnému rámu.



Obr. 28 Úhlová převodovka COBERG 16.14 [42]

### 3.3 STANOVENÍ POTŘEBNÉHO VÝKONU

Pro výpočet potřebného výkonu tažného traktoru je nutno zohlednit jednak odpor zeminy proti ostří podřezávacího nože a také potřebný výkon na vyzvednutí zeminy. Pro výpočet odporu zeminy proti ostří podřezávacího nože byl použit vzorec (rovnice 7) z publikace Zemědělské stroje 1: Teorie a výpočet [43].

Odporová síla orby v kp [43]

$$F_o = B \cdot k_o = 1,56 \cdot 300 = 468 \text{ kp} \quad (7)$$

Kde:  $B$ ... celkový záběr stroje [m]

$k_o$ ... měrný odpor připadající na 1 m šířky záběru  $k_o = 300 \text{ kpm}^{-1}$  [43]

Síla přepočtena z kp na N [44]

$$F_O = F_O^{\cdot} \cdot 9,80665 = 4589,5122 \text{ N} \quad (8)$$

Kde:  $F_O^{\cdot}$ ... Odporová síla orby v kp

Výkon potřebný na podřezávání zeminy je závislý na odporové síle a rychlosti stroje, u které byla uvažována jako maximální hodnota  $v = 3 \text{ kmh}^{-1}$ .

Výkon potřebný na podřezávání zeminy

$$P_{F_O} = F_O \cdot v = 4598,5122 \cdot 0,8333 = 3824,59 \text{ W} \quad (9)$$

Kde:  $F_O$ ... Odporová síla orby [N]

$$v \dots \text{ rychlost } v = 3 \text{ kmh}^{-1} = 0,8333 \text{ ms}^{-1}$$

Pro výpočet výkonu potřebného na vyzvedávání odděleného objemu zeminy je nutno stanovit otáčky excentru, které jsou stejné jako otáčky výstupní hřídele převodovky. Tyto otáčky jsou při práci konstantní a odpovídají otáčkám výstupního hřídele traktoru zredukovaných v převodovce.

Otáčky výstupní hřídele převodovky

$$n = \frac{n_T}{i} = \frac{540}{2,55} = 212 \text{ min}^{-1} \quad (10)$$

Kde:  $n_T$ ... otáčky výstupní hřídele traktoru  $n = 540 \text{ min}^{-1}$

$i$ ... převodový poměr převodovky

Pro stanovení výkonu potřebného na vyzvedávání je nutno zjistit úhlovou rychlost excentru v radiánech za sekundu.

Úhlová rychlost

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 3,533 = 22,2 \text{ rads}^{-1} \quad (11)$$

Kde:  $n$ ... otáčky výstupní hřídele převodovky  $n = 212 \text{ min}^{-1} = 3,533 \text{ s}^{-1}$

Výkon potřebný na vyzvedávání vypočteme s použitím úhlové rychlosti excentru a dříve vypočítaného momentu na převodovce.

Výkon potřebný na vyzvedávání

$$P_{M_p} = M_p \cdot \omega = 127,1425 \cdot 22,2 = 2822,56 \text{ W} \quad (12)$$

Kde:  $M_p$ ... moment způsobený vyzvedáváním [ $N \cdot m$ ]

$\omega$  ... úhlovou rychlost [ $rads^{-1}$ ]

Výkon potřebný pro pohyb stroje při vyzvedávání sazenic je součtem výkonu potřebného na podřezávání zeminy a výkonu potřebného na vyzvedávání.

$$P = P_{F_o} + P_{M_p} = 3824,59 + 2822,56 = 6647,15 \text{ W} \quad (13)$$

Kde:  $P_{F_o}$ ... Výkon potřebný na podřezávání zeminy [ $W$ ]

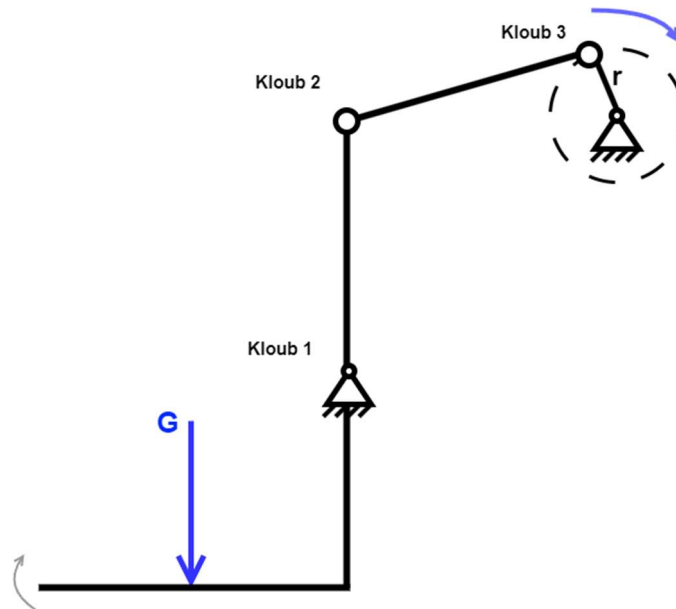
$P_{M_p}$ ... Výkon potřebný na vyzvedávání [ $W$ ]

Výkon potřebný pro pohyb stroje při vyzvedávání sazenic je 6647,15 W.

## 4 PEVNOSTNÍ VÝPOČET VYBRANÝCH KONSTRUKČNÍCH UZLŮ

Jako vybrané konstrukční uzly pro ověření výpočtem byly vybrány čepy a ložiska v kloubech 1 až 3, jejichž poloha je zobrazena na obr. 29.

### 4.1 OVĚŘENÍ PEVNOSTI LOŽISEK V KLOUBECH



Obr. 29 Schéma pozic vybraných konstrukčních prvků

#### OVĚŘENÍ PEVNOSTI LOŽISKA V KLOUBU 1

V kloubu 1 bylo použito kluzné ložisko, protože zde dochází pouze ke kyvnému pohybu. Vybráno bylo ložisko PBM 202820 M1G1 výrobce SKF. Ložisko má vnější průměr 28 mm, vnitřní průměr 20 mm a je 20 mm široké. Ložisko je vhodné pro provoz v prašných podmínkách, odolává vibracím a rázům, nevyžaduje vysokou kvalitu povrchu hřídele [36]. Při výpočtu tlaku na ložisko v kloubu 1 byla působící síla vydělena dvěma, protože z konstrukce stroje vyplývá, že v tomto místě je síla rozdělena na 2 ložiska.

Výpočet tlaku na ložisko 1

$$p_{m1} = \frac{G}{2} = \frac{G}{d_1 \cdot B_1} = \frac{3658,52}{0,02 \cdot 0,02} = 4,57 \text{ MPa} \quad (14)$$

Kde:  $G$ ... síla působící na rošt [N]

$d_1$ ... vnitřní průměr ložiska [m]

$B_1$ ... šířka ložiska [m]

Bezpečnost ložiska v kloubu 1

$$K_1 = \frac{p_{DOV}}{p_{m1}} = \frac{25 \cdot 10^6}{4,57 \cdot 10^6} = 5,5 \quad (15)$$

Kde:  $p_{DOV}$ ... dovolený tlak  $p_{DOV} = 25 \text{ MPa}$  [36]

$p_{m1}$ ... tlak na ložisko 1 [m]

Na ložisko v kloubu 1 působí tlak 4,57 MPa, což při povoleném tlaku na ložisko 25 MPa znamená, že je dosaženo bezpečnosti 5,5. Pro konstrukci je tato bezpečnost vyhovující.

### OVĚŘENÍ PEVNOSTI LOŽISKA V KLOUBU 2

V kloubu 2 bylo použito kluzné ložisko se stejnými parametry jako v kloubu 1.

Výpočet tlaku na ložisko 2

$$p_{m2} = \frac{F}{S} = \frac{F_p}{d_2 \cdot B_2} = \frac{2119,042}{0,02 \cdot 0,02} = 5,30 \text{ MPa} \quad (16)$$

Kde:  $F_p$ ... síla v táhle [N]

$d_2$ ... vnitřní průměr ložiska [m]

$B_2$ ... šířka ložiska [m]

Bezpečnost ložiska v kloubu 2

$$K_2 = \frac{p_{DOV}}{p_{m2}} = \frac{25 \cdot 10^6}{5,3 \cdot 10^6} = 4,8 \quad (17)$$

Kde:  $p_{DOV}$ ... dovolený tlak  $p_{DOV} = 25 \text{ MPa}$  [36]

$p_{m1}$ ... tlak na ložisko 1 [m]

Na ložisko v kloubu 2 působí tlak 5,3 MPa, což při povoleném tlaku na ložisko 25 MPa znamená, že je dosaženo bezpečnosti 4,8. Pro konstrukci je tato bezpečnost vyhovující.

### OVĚŘENÍ PEVNOSTI LOŽISKA V KLOUBU 3

V kloubu 3 již dochází k rotačnímu pohybu, proto bylo zvoleno kuličkové ložisko 6005 2Z výrobce SKF [45]. Ložisko zaručuje nízké tření a díky jeho integrovanému těsnění má dlouhou životnost i v prašném prostředí. Ložisko má základní dynamická únosnost  $C = 11,9 \text{ kN}$  a základní statická únosnost  $C_0 = 6,55 \text{ kN}$ .

Bezpečnost ložiska v kloubu 3

$$K = \frac{C_0}{P} = \frac{C_0}{F_p} = \frac{6550}{2119,042} = 3,1 \quad (18)$$

Kde:  $C_0$ ... základní statická únosnost  $C_0 = 6,55 \text{ kN}$

$F_p$ ... síla v táhle [N]

Na kuličkové ložisko v kloubu 3 působí síla 2119 N, při porovnání se statickou únosností ložiska byla vypočtena bezpečnost 3,1. Pro konstrukci je tato bezpečnost vyhovující.

## 4.2 VÝPOČET TRVANLIVOSTI LOŽISKA V KLOUBU 3

Pro kuličkové ložisko v kloubu 3 byla vypočtena trvanlivost.

Trvanlivost ložiska v kloubu 3 [46]

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_p}\right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{11900}{2119,042}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 212} = 14\,340 \text{ h} \quad (19)$$

Kde:  $C$ ... základní dynamická únosnost  $C = 11,9 \text{ kN}$

$F_p$ ... síla v táhle [N]

$n$ ... otáčky výstupní hřídele převodovky [ $\text{min}^{-1}$ ]

Trvanlivost v ložisku vyšla 14 340 h, což je vyhovující hodnota.

## 4.3 OVĚŘENÍ PEVNOSTI ČEPŮ V KLOUBECH

Čepy v kloubech 1 až 3 jsou vyrobeny z materiálu ČSN 11 110, který má hodnotu meze kluzu v tahu  $Re = 216 \text{ MPa}$  [44], Tato hodnota odpovídá dovolenému napětí v ohybu  $Re = \sigma_{DOV}$ . Z meze kluzu bylo vypočteno dovolené napětí ve smyku [46]

Dovolené napětí ve smyku

$$\tau_{DOV} = \frac{Re}{\sqrt{3}} = \frac{216 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} = 124,71 \text{ MPa} \quad (20)$$

Kde:  $Re$ ... mez kluzu v tahu [MPa]

Materiál čepů použitých v kloubech 1 až 3 má dovolené napětí ve smyku 124,7 MPa.

**OVĚŘENÍ PEVNOSTI ČEPU V KLOUBU 1**

Plocha příčného průřezu čepu 1

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}1}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (21)$$

Kde:  $d_{\check{c}1}$ ... průměr čepu 1  $d_{\check{c}1} = 20 \text{ mm}$

Smykové napětí v čepu v kloubu 1

$$\tau_1 = \frac{G}{S_1 \cdot s_r} = \frac{3658,52}{3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 2} = 2,91 \text{ MPa} \quad (22)$$

Kde:  $G$ ... síla působící na rošt [ $N$ ]

$S_1$ ... Plocha příčného průřezu čepu 1 [ $m^2$ ]

$s_r$ ... počet střižných rovin  $s_r = 2$

Bezpečnost ve smyku v kloubu 1

$$K_{\tau 1} = \frac{\tau_{DOV}}{\tau_1} = \frac{124,71 \cdot 10^6}{2,91 \cdot 10^6} = 42,8 \quad (23)$$

Kde:  $\tau_{DOV}$ ... dovolené napětí ve smyku [ $Pa$ ]

$\tau_1$ ... napětí ve stříhu v kloubu 1 [ $Pa$ ]

Ohybový moment v čepu 1 [46]

$$M_{O1} = \frac{G}{2} \left( \frac{a_1}{2} + \frac{b_1}{2} \right) - \frac{G}{2} \cdot \frac{b_2}{4} = \frac{G}{8} (2a_1 + b_1) \quad (24)$$

$$M_{O1} = \frac{3658,52}{8} (2 \cdot 0,015 + 0,02) = 11,43 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kde:  $G$ ... síla působící na rošt [ $N$ ]

$a_1$ ... šířka oka uložení [ $m$ ]

$b_1$ ... šířka náboje [ $m$ ]

Průřezový modul v ohybu pro čep 1 [44]

$$W_{O1} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}1}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,02^3}{32} = 7,854 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \quad (25)$$

Kde:  $d_{\check{c}1}$ ... průměr čepu 1 [m]

Napětí v ohybu v kloubu 1

$$\delta_{O1} = \frac{M_{O1}}{W_{O1}} = \frac{11,43}{7,854 \cdot 10^{-7}} = 14,55 \text{ MPa} \quad (26)$$

Kde:  $M_{O1}$ ... Ohybový moment v čepu 1 [ $N \cdot m$ ]

$W_{O1}$ ... Průřezový modul v ohybu pro čep 1 [ $m^3$ ]

Bezpečnost v ohybu v kloubu 1

$$K_{\sigma 1} = \frac{\sigma_{ODOV}}{\sigma_{O1}} = \frac{216 \cdot 10^6}{29,11 \cdot 10^6} = 13,8 \quad (27)$$

Kde:  $\sigma_{ODOV}$ ... dovolené napětí v ohybu [Pa]

$\sigma_{O1}$ ... napětí v ohybu v kloubu 1 [Pa]

Čep 1 je zatěžován smykovým napětím 2,91 MPa, což je při dovoleném napětí 124,7 MPa dosaženo bezpečnosti 42,8. Napětí v ohybu je 14,55 MPa s bezpečností 13,8. Materiál a průměr čepu vyhovuje použití s vysokou bezpečností.

### OVĚŘENÍ PEVNOSTI ČEPU V KLOUBU 2

Čep v kloubu 2 má stejné rozměry jako čep v kloubu 1  $d_{\check{c}2} = d_{\check{c}1} = 20 \text{ mm}$ ,  $S_2 = S_1 = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ , ale je zatěžován jinak velkou silou.

Smykové napětí v čepu v kloubu 2

$$\tau_2 = \frac{F_p}{S_2 \cdot s_r} = \frac{2119,042}{\frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} \cdot 2} = 3,38 \text{ MPa} \quad (28)$$

Kde:  $F_p$ ... síla v táhle [N]

$S_2$ ... Plocha příčného průřezu čepu 2 [ $m^2$ ]

$s_r$ ... počet střížných rovin  $s_r = 2$

Bezpečnost ve smyku v kloubu 2

$$K_{\tau 2} = \frac{\tau_{DOV}}{\tau_2} = \frac{124,71 \cdot 10^6}{3,38 \cdot 10^6} = 36,8 \quad (29)$$

Kde:  $\tau_{DOV}$ ... dovolené napětí ve smyku [Pa]

$\tau_2$ ... napětí ve stříhu v kloubu 2 [Pa]

Ohybový moment v čepu 2

$$M_{O2} = \frac{F}{8}(2a_2 + b_2) = \frac{2119,042}{8}(2 \cdot 0,02 + 0,02) = 13,24 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (30)$$

Kde:  $G$ ... síla působící na rošt [N]

$a_2$ ... šířka oka uložení [m]

$b_2$ ... šířka náboje [m]

Průřezový modul v ohybu pro čep 2

$$W_{O2} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}2}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,02^3}{32} = 7,854 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \quad (31)$$

Kde:  $d_{\check{c}2}$ ... průměr čepu 2  $d_{\check{c}2} = 20 \text{ mm}$

Napětí v ohybu v kloubu 2

$$\delta_{O2} = \frac{M_{O2}}{W_O} = \frac{13,24}{7,854 \cdot 10^{-7}} = 16,87 \text{ MPa} \quad (32)$$

Kde:  $M_{O2}$ ... Ohybový moment v čepu 2 [N · m]

$W_{O2}$ ... Průřezový modul v ohybu pro čep 2 [m<sup>3</sup>]

Bezpečnost v ohybu v kloubu 2

$$K_{\sigma 2} = \frac{\sigma_{ODOV}}{\sigma_{O2}} = \frac{216 \cdot 10^6}{16,87 \cdot 10^6} = 12,8 \quad (33)$$

Kde:  $\sigma_{ODOV}$ ... dovolené napětí v ohybu [Pa]

$\sigma_{O2}$ ... napětí v ohybu v kloubu 2 [Pa]

Čep 2 je zatěžován smykovým napětím 3,38 MPa, což je při dovoleném napětí 124,7 MPa dosaženo bezpečnosti 36,8. Napětí v ohybu je 16,87 MPa s bezpečností 12,8. Materiál a průměr čepu vyhovuje použití s vysokou bezpečností.

### OVĚŘENÍ PEVNOSTI ČEPU V KLOUBU 3

Plocha příčného průřezu čepu 3

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}3}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = 4,91 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (34)$$

Kde:  $d_{\check{c}3}$ ... průměr čepu 3  $d_{\check{c}3} = 25 \text{ mm}$

Smykové napětí v čepu v kloubu 3

$$\tau_3 = \frac{F_p}{S_3 \cdot s_r} = \frac{2119,042}{4,91 \cdot 10^{-4} \cdot 2} = 2,16 \text{ MPa} \quad (35)$$

Kde:  $F_p$ ... síla v táhle [N]

$S_3$ ... Plocha příčného průřezu čepu 3 [ $\text{m}^2$ ]

$s_r$ ... počet střížných rovin  $s_r = 2$

Bezpečnost ve smyku v kloubu 3

$$K_{\tau 3} = \frac{\tau_{DOV}}{\tau_3} = \frac{124,71 \cdot 10^6}{2,16 \cdot 10^6} = 57,7 \quad (36)$$

Kde:  $\tau_{DOV}$ ... dovolené napětí ve smyku [Pa]

$\tau_3$ ... napětí ve stříhu v kloubu 3 [Pa]

Ohybový moment v čepu 3

$$M_{O3} = \frac{F_p}{8} (2a_3 + b_3) = \frac{2119,042}{8} (2 \cdot 0,015 + 0,012) = 11,16 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (37)$$

Kde:  $F_p$ ... síla v táhle [N]

$a_3$ ... šířka oka uložení [m]

$b_3$ ... šířka náboje [m]

Průřezový modul v ohybu pro čep 3

$$W_{03} = \frac{\pi \cdot d_{\xi}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,025^3}{32} = 1,534 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (38)$$

Kde:  $d_{\xi 3}$ ... průměr čepu 3  $d_{\xi 3} = 25 \text{ mm}$

Napětí v ohybu v kloubu 3

$$\delta_{03} = \frac{M_{03}}{W_{03}} = \frac{11,16}{1,534 \cdot 10^{-6}} = 7,25 \text{ MPa} \quad (39)$$

Kde:  $M_{03}$ ... Ohybový moment v čepu 3 [ $N \cdot m$ ]

$W_{03}$ ... Průřezový modul v ohybu pro čep 3 [ $m^3$ ]

Bezpečnost v ohybu v kloubu 3

$$K_{\sigma 3} = \frac{\sigma_{ODOV}}{\sigma_{03}} = \frac{216 \cdot 10^6}{7,25 \cdot 10^6} = 29,8 \quad (40)$$

Kde:  $\sigma_{ODOV}$ ... dovolené napětí v ohybu [ $Pa$ ]

$\sigma_{03}$ ... napětí v ohybu v kloubu 3 [ $Pa$ ]

Čep 3 je zatěžován smykovým napětím 2,16 MPa, což je při dovoleném napětí 124,7 MPa dosaženo bezpečnosti 57,7. Napětí v ohybu je 7,25 MPa s bezpečností 29,8. Materiál a průměr čepu vyhovuje použití s vysokou bezpečností.

## ZÁVĚR

Vlivem kůrovcové kalamity a dlouhodobého sucha došlo v posledních letech k velkému odumírání lesa a vzniku holin. Tyto plochy je nutné uměle zalesnit a k tomu je potřeba velkého množství sazenic lesních dřevin. Ty se připravují v lesních školkách, kde je ke zvýšení produkce sadebního materiálu nutno využívat specializovaných pěstebních mechanismů. Pro zvýšení produktivity při vyzvedávání sazenic pro expedici je vhodné využívat celozáhonové vyzvedávače. Cílem této práce je vytvoření konstrukce neseného vyzvedávače sazenic lesních stromů za zemědělským traktorem. Součástí vyzvedávače je vibrační rošt pro vyčištění kořenového systému sazenice od půdy. Vyzvedávač je nesen na trojbodovém závěsu v zadní části traktoru.

Pro záhony o standardní šířce 1,46 m byla vytvořena konstrukce vyzvedávače s podřezávacím nožem o celkové šířce 1530 mm s bočními svislými noži o výšce 345 mm. Nůž je připevněn pevně k nosnému rámu, na kterém jsou prvky nutné k zavěšení konstrukce na tříbodový závěs traktoru. Na nůž navazují prvky pevného roštu o délce 360 mm, které slouží ke zvednutí zeminy se sazenicemi. Pomocí kluzných ložisek je k nosnému rámu připevněn kyvný vytrásací rošt, s prvky o délce 786 mm, které navazují na pevný rošt nože. Pohyb roštu je zajištěn z vývodového hřídele traktoru, jehož konstantních 540 otáček za minutu je pomocí převodovky zredukováno na 212 za min. Celá konstrukce vyzvedávače je podepřena dvěma koly o průměru 300 mm, s kterými je celková šířka stroje 1960 mm, délka 1459 a výška 1222 mm. Celková hmotnost stroje je 389 Kg.

Výkon tažného traktoru potřebný pro práci stroje při rychlosti  $3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  je 6,65 kW. Výpočtem bylo ověřeno, že použitá ložiska vyhovují konstrukci stroje minimálně se spolehlivostí 3,1. Použité materiály namáhaných dílů a typy ložisek v pohyblivých částech jsou zvoleny s ohledem na dlouhodobou bezporuchovou funkčnost v zemědělském prostředí. Použitím vyzvedávače v lesní školce lze zabezpečit zvýšené nároky na produkci sazenic a je ho možno využít i v budoucnu pro stále větší potřebu vypěstování sadebního materiálu.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Generel obnovy lesních porostů po kalamitě*. Online. VI. 2023. Dostupné z: [https://www.uhul.cz/wp-content/uploads/Generel\\_etapa\\_2022-1.pdf](https://www.uhul.cz/wp-content/uploads/Generel_etapa_2022-1.pdf). [cit. 2024-05-07].
- [2] *Zalesňování, přirozená obnova a těžba dřeva podle dřevin*. Online. In: Český statistický úřad. 2023. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/lesnictvi-2022>. [cit. 2024-05-23].
- [3] *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce, 2023. ISBN 978-80-7434-703-0.
- [4] MAUER, Oldřich. *ZAKLÁDÁNÍ LESŮ I: Učební text*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009.
- [5] *Přirozená, nebo umělá obnova českých lesů? Obojí je ekonomicky náročné, liší se v odolnosti stromů*. Online. 2021. Dostupné z: [https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/priroda/kurovec-sazeni-stromu-obnova-lesu-lesy-prirozena-obnova\\_2111270800\\_svi](https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/priroda/kurovec-sazeni-stromu-obnova-lesu-lesy-prirozena-obnova_2111270800_svi). [cit. 2024-05-18].
- [6] MAUER, Oldřich. *Pěstování sadebního materiálu*. Zemědělská 1, 613 00 Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-698-7.
- [7] *Lesní školky Sedlčany*. Online. In: Sazenice lesních dřevin. 2023. Dostupné z: <http://www.lesniskolkysedlcany.cz/images/s/19.jpg>. [cit. 2024-05-02].
- [8] *STZ - Lesní školky: Evropský sociální fond – PHARE 2003*. Učební text. Trutnov: Česká lesnická akademie Trutnov, 2003.
- [9] JURÁSEK, Antonín; NÁROVCOVÁ, Jarmila a NÁROVEC, Václav. *Průvodce krytokořeným sadebním materiálem lesních dřevin*. Metodika pro hospodářskou praxi. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2006. ISBN 80-86386-78-3.
- [10] LESCUS. *Naše produkce a služby*. Online. 2020. Dostupné z: <https://www.lescus.cz/lesni-saznice>. [cit. 2024-05-10].
- [11] *Smrk ztepilý: krytokořená sadba*. Online. In: Infolese.cz. 2020. Dostupné z: [https://infolese.cz/images/dsc00978\\_smrk-ztepily-qp.jpg](https://infolese.cz/images/dsc00978_smrk-ztepily-qp.jpg). [cit. 2024-05-21].
- [12] *Smrk ztepilý: prostokořená sadba*. Online. In: Infolese.cz. 2020. Dostupné z: [https://infolese.cz/images/dsc01088\\_smrk-ztepily.jpg](https://infolese.cz/images/dsc01088_smrk-ztepily.jpg). [cit. 2024-05-21].
- [13] *SIDE DIGGER*. Online. In: EGEDAL. SIDE DIGGER. 2022. Dostupné z: <https://egedal.dk/wp-content/uploads/2022/11/Sideloft3-1024x768.jpg>. [cit. 2024-05-05].

- [14] *ROOT PRUNING MACHINE TYPE BRS*. Online. In: EGEDAL. *ROOT PRUNING MACHINE TYPE BRS*. 2022. Dostupné z: <https://egedal.dk/wp-content/uploads/2022/10/BRS4-1024x768.jpg>. [cit. 2024-05-05].
- [15] *Egedal Maskinfabrik A/S*. Online. 2022. Dostupné z: <https://egedal.dk/en/products>. [cit. 2024-05-21].
- [16] *Lesní školky Sedlčany*. Online. In: Sazenice lesních dřevin. 2023. Dostupné z: <http://www.lesniskolkysedlcany.cz/images/x/foto-1.jpg>. [cit. 2024-05-03].
- [17] NERUDA, Jindřich a ŠVENDA, Alois. *TECHNICKÝ A TECHNOLOGICKÝ ROZVOJ V LESNÍCH ŠKOLKÁCH*. Online. *Lesnická práce*. 2000, roč. 79, č. 3/00, s. 111-113. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-79-2000/lesnicka-prace-c-3-00/technicky-a-technologicky-rozvoj-v-lesnich-skolkach>. [cit. 2024-05-08].
- [18] Vyhláška Ministerstva dopravy č. 341/2002 Sb.: o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích Příloha č. 18, odstavec 5E. In: . 2002.
- [19] *Nosič náradí RS-09 z NDR se nezalekl ničeho*. Online. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/splasena-traverza-merkur-nebo-krtek-nosic-naradi-rs-09-z-ndr-se-nezalekl-niceho>. [cit. 2024-05-18].
- [20] EGEDAL MASKINFABRIK A/S. *TOOL CARRIER TYPE TRACMASTER*. Online. 2022. Dostupné z: <https://egedal.dk/en/tool-carrier-type-tracmaster>. [cit. 2024-05-23].
- [21] 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*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-839-4.
- [22] ZETOR. *ZETOR FORTERRA*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.zetor.cz/zetor-forterra-technicke-parametry>. [cit. 2024-05-21].
- [23] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. ČSN ISO 789-1, *Zemědělské traktory - Postupy zkoušek - Část 1: Zkoušky výkonu na vývodovém hřídeli*. Česká agentura pro standardizaci, 2020.
- [24] *Zetor CRYSTAL*. Online. In: ZETOR TRACTORS A.S. *Zetor CRYSTAL*. 2024. Dostupné z: [https://www.zetor.cz/data/gallery/36/180719-zetor-215\\_retina.1200x1200.shrink\\_only.q85.jpg](https://www.zetor.cz/data/gallery/36/180719-zetor-215_retina.1200x1200.shrink_only.q85.jpg). [cit. 2024-05-03].
- [25] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. ČSN ISO 730-1, *Zemědělské kolové traktory ZADNÍ TRÍBODOVÝ ZÁVĚS*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 1992.
- [26] *Side harvester*. Online. In: ELCO MACHINEBOUW *Harvesting and grubbing*. [2020]. Dostupné z: <https://www.elco-machinebouw.nl/wp-content/uploads/2022/10/ZR-2->

- 1536x1152.jpg. [cit. 2024-05-21].
- [27] *Lundeby Plant Lifter 72*. Online. In: Lundeby Manufacturing. 2024. Dostupné z: <https://i0.wp.com/lundebymfg.com/wp-content/uploads/2019/03/pic3-72-H-1.jpg>. [cit. 2024-05-21].
- [28] *PLANT LIFTER TYPE NG*. Online. In: Egedal Maskinfabrik A/S. 2022. Dostupné z: [https://egedal.dk/wp-content/uploads/2022/10/Optager\\_NG5.jpg](https://egedal.dk/wp-content/uploads/2022/10/Optager_NG5.jpg). [cit. 2024-05-21].
- [29] *BED LIFTER TYPE P.S*. Online. In: Egedal Maskinfabrik A/S. 2022. Dostupné z: <https://egedal.dk/wp-content/uploads/2022/11/Bedoptager-PS-1-1024x724.jpg>. [cit. 2024-05-21].
- [30] *COBERG C16*. Online. [2023]. Dostupné z: <https://coberg.pl/product/c16/>. [cit. 2024-05-21].
- [31] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. ČSN EN 10219-2, *Svařované duté profily tvářené za studena z konstrukčních ocelí*. Česká agentura pro standardizaci, 2020.
- [32] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. ČSN EN 10219-1, *Svařované duté profily z konstrukčních nelegovaných a jemnozrnných ocelí, tvářené za studena*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2006.
- [33] SSAB. *HARDOX wear plate*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ssab.com/cs-cz/znacky-a-vyrobky/hardox/produktovy-program/500>. [cit. 2024-05-23].
- [34] DEUTSCHE INDUSTRIE-NORM. DIN 605, *Flat countersunk square neck bolts with long square*. 1981.
- [35] SSAB. *STRENX performance steel*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ssab.com/cs-cz/znacky-a-vyrobky/strenx/nabidka-produktu/700/e-f>. [cit. 2024-05-23].
- [36] SKF. *PBM 202820 MIG1 Solid bronze straight bushing*. Online. [2018]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/plain-bearings/bushings-thrust-washers-strips/bushings/productid-PBM%20202820%20MIG1>. [cit. 2024-05-21].
- [37] FEBA. *Pojezdové kolečko bantamové O 300, otočné*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.feba-eshop.cz/bantamova-foukaci-pojezdova-kola/pojezdove-kolecko-bantamove--300--otocne/>. [cit. 2024-05-05].
- [38] *Pojezdové kolečko bantamové O 300, otočné*. Online. In: Pojezdové kolečko bantamové O 300, otočné. 2024. Dostupné z: [https://cdn.myshoptet.com/usr/www.feba-eshop.cz/user/shop/big/1268\\_pojezdove-kolecko-bantamove-o-300--otocne.jpg](https://cdn.myshoptet.com/usr/www.feba-eshop.cz/user/shop/big/1268_pojezdove-kolecko-bantamove-o-300--otocne.jpg). [cit. 2024-05-05].
- [39] SKF. *SY 45 TR*. Online. SKF. SY 45 TR. 2024. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block->

ball-bearing-units/productid-SY%2045%20TR. [cit. 2024-05-08].

- [40] SKF. *FYTB 25 TR*. Online. SKF. FYTB 25 TR. 2024. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-FYTB%2025%20TR>. [cit. 2024-05-08].
- [41] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert a WALKER, Jearl, DUB, Petr (ed.). *Fyzika: [vysokoškolská učebnice fyziky]*. Svazek 2. 2. přeprac. vyd. Přeložil Miroslav ČERNÝ. Překlady vysokoškolských učebnic, sv. 4. Brno: VUTIUM, c2013. ISBN 978-80-214-4123-1.
- [42] *COBERG C16*. Online. In: COBERG. C16. [2023]. Dostupné z: <https://coberg.pl/wp-content/uploads/2021/02/C16-01-e1613247721564-600x571.png>. [cit. 2024-04-15].
- [43] FRIEDMAN, Mikuláš. *Zemědělské stroje I.: Teorie a výpočet*. I. SZN, 1973.
- [44] LEINVEBER, Jiří a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [45] SKF. *6005-2Z*. Online. [2018]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/productinfo/productid-6005-2Z>. [cit. 2024-05-21].
- [46] SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R. a BUDYNAS, Richard Gordon, HARTL, Martin a VLK, Miloš (ed.). *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. Překlady vysokoškolských učebnic, sv. 3. V Brně: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CAD		computer-aided design
ČSN		česká technická norma
DIN		německá národní norma
EN		evropská norma
ISO		mezinárodní organizace pro normalizaci
Sb.		sbírka zákonů
$a$	[m]	šířka stroje
$a_1$	[m]	šířka oka uložení
$a_2$	[m]	šířka oka uložení
$a_2$	[m]	šířka oka uložení
$B$	[m]	celkový záběr stroje
$b_1$	[m]	šířka uchycení u horního táhla
$b_3$	[m]	vzdálenost díry u dolního kolíku
$b_5$	[m]	šířka uchycení u koulí
$b_{n1}$	[m]	šířka náboje 1
$b_{n2}$	[m]	šířka náboje 2
$b_{n3}$	[m]	šířka náboje 3
$C$	[kN]	základní dynamická únosnost
$C_0$	[kN]	základní statická únosnost
$d$	[m]	průměr otvoru pro závlačku
$D_1$	[m]	průměr otvoru horního táhla
$D_2$	[m]	průměr otvoru u koule dolního táhla
$d_{\check{e}1}$	[m]	průměr čepu 1
$d_{\check{e}2}$	[m]	průměr čepu 2
$d_{\check{e}3}$	[m]	průměr čepu 3
$F_0$	[N]	odporová síla orby v N
$F_0^{\dot{}}$	[kp]	odporová síla orby v kp
$F_P$	[N]	síla v táhle
$G$	[N]	síla působící na rošt
$g$	[m·s <sup>-2</sup> ]	gravitační zrychlení na povrchu Země
$h$	[m]	vzdálenost mezi dolním a horním uchycením
$h_z$	[m]	hloubka zarytí

$i$	[-]	převodový poměr převodovky
$k_0$	[kp·m <sup>-1</sup> ]	měrný odpor
$k_{0N}$	[N·m <sup>-1</sup> ]	měrný odpor v Nm <sup>-1</sup>
$K_1$	[-]	bezpečnost ložiska v kloubu 1
$K_2$	[-]	bezpečnost ložiska v kloubu 2
$K_{\delta 1}$	[-]	bezpečnost v ohybu v kloubu 1
$K_{\delta 2}$	[-]	bezpečnost v ohybu v kloubu 2
$K_{\delta 3}$	[-]	bezpečnost v ohybu v kloubu 3
$K_{\tau 1}$	[-]	bezpečnost ve smyku v kloubu 1
$K_{\tau 2}$	[-]	bezpečnost ve smyku v kloubu 2
$K_{\tau 3}$	[-]	bezpečnost ve smyku v kloubu 3
$l$	[m]	vzdálenost mezi uchycením u koulí
$l_{vr}$	[m]	délka vibračního roštu
$L_{10}$	[h]	trvanlivost ložiska
$l_2$	[m]	rameno síly $F_p$
$l_{TP}$	[m]	rameno působení síly G
$m$	[m]	vyzvedávaná hmotnost
$M_{01}$	[N·m]	ohybový moment v čepu 1
$M_{02}$	[N·m]	ohybový moment v čepu 2
$M_{03}$	[N·m]	ohybový moment v čepu 3
$M_h$	[N·m]	moment způsobený vyzvedáváním
$M_P$	[N·m]	moment na převodovce
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky výstupní hřídele převodovky
$n_T$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky výstupní hřídele traktoru
$P_{DOV}$	[MPa]	dovolený tlak
$P_{F0}$	[W]	výkon potřebný na podřezávání zeminy
$P_{MP}$	[W]	výkon potřebný na vyzvedávání
$P$	[W]	výkon potřebný na pohyb při vyzvedávání sazenic
$p_{m1}$	[MPa]	tlak na ložisko 1
$p_{m2}$	[MPa]	tlak na ložisko 2
$P_{MP}$	[W]	výkon potřebný na vyzvedávání
$r$	[m]	rameno na excentru
$Re$	[MPa]	mez kluzu oceli v tahu

$S_1$	[m <sup>2</sup> ]	plocha příčného průřezu čepu 1
$S_2$	[m <sup>2</sup> ]	plocha příčného průřezu čepu 2
$S_3$	[m <sup>2</sup> ]	plocha příčného průřezu čepu 3
$s_r$	[-]	počet střižných rovin
$v$	[km·h <sup>-1</sup> ]	rychlost stroje
$W_{01}$	[m <sup>3</sup> ]	průřezový modul v ohybu pro čep 1
$W_{02}$	[m <sup>3</sup> ]	průřezový modul v ohybu pro čep 2
$W_{03}$	[m <sup>3</sup> ]	průřezový modul v ohybu pro čep 3
$\delta_{01}$	[Pa]	napětí v ohybu v kloubu 1
$\delta_{02}$	[Pa]	napětí v ohybu v kloubu 2
$\delta_{03}$	[Pa]	napětí v ohybu v kloubu 3
$\delta_{ODOV}$	[Pa]	dovolené napětí v ohybu
$\rho$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hmotnostní objem zeminy
$\tau_1$	[Pa]	smykové napětí v čepu v kloubu 1
$\tau_2$	[Pa]	smykové napětí v čepu v kloubu 2
$\tau_3$	[Pa]	smykové napětí v čepu v kloubu 3
$\tau_{DOV}$	[Pa]	dovolené napětí v tahu
$\omega$	[rad·s <sup>-1</sup> ]	úhlová rychlost

## SEZNAM PŘÍLOH

Výkres sestavy vyzvedávače	00-BP-A1-228939-0
Výkres sestavy nosného rámu	01-BP-A1-228939-0
Výkres sestavy nože	02-BP-A1-228939-0
Výkres sestavy kyvného rámu	03-BP-A2-228939-0
Výkres sestavy vibračního roštu	04-BP-A2-228939-0
Výkres sestavy posuvného držáku	05-BP-A4-228939-0
Výkres sestavy podvozku	06-BP-A3-228939-0
Výkres plechu posuvného držáku	07-BP-A4-228939-0
Výkres náboje	08-BP-A3-228939-0
Výkres excentru	09-BP-A4-228939-0
Výkres táhla	10-BP-A4-228939-0
Výkres spojovacího plechu	11-BP-A4-228939-0