



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

DVOJRADLIČNÝ JEDNOSTRANNÝ NESENÝ PLUH

TWO FURROW FIXED PLOUGH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Mlynář

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Tomáš Mlynář**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, 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:

Dvojradičný jednostranný nesený pluh

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh dvojradičného jednostranného neseného pluhu pro orbu s malotraktorem nízké výkonové řady. Dvojradičný pluh má charakter přípojného zařízení za malotraktor definovaného výkonu do trojbodového závěsu. Jednotlivé slupice jsou vybaveny střížným zabezpečením proti přetížení. Nesený pluh má plynule nastavitelné hloubkové kolo pro nastavení hloubky orby. Dvojradičný pluh je možno úhlově nastavit pro správnou a efektivní polohu při orbě.

Technické požadavky:

Záběr dvojradičného pluhu cca 40 cm (20 cm na radlici).

Pracovní hloubka pluhu do 20 cm.

Tříbodový závěs traktoru kategorie ISO 730 pro možnost agregace.

Výkon traktoru cca do 40 kW.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní rozbor obdobných dvojradičných jednostranných pluhů.

Rešeršní rozbor traktorů výkonové řady s kategorií trojbodového závěsu.

Koncepční návrh dvojradičného jednostranného neseného pluhu.

Analytické funkční, rozměrové a silové výpočty.

Detailní rozbor konstrukce dvojradičného jednostranného neseného pluhu s návrhem komponent.

Pevnostní kontrolu vybraných konstrukčních uzlů.

Sestavný výkres dvojradičného jednostranného neseného pluhu.

Výkres svařence rámu do tříbodového závěsu.

Výkres svařence rámu nosiče radlic pluhu.

Detailní výkresy vybraných dílů.

Seznam doporučené literatury:

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.

SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 9788086726304.

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 8023900242.

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

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem dvouradličného jednostranného neseného pluhu do třibodového závěsu malotraktoru, kategorie ISO 730-1. Úvodní část zahrnuje rešeršní rozbor pluhů dostupných na trhu a malotraktorů dané výkonové řady, do 40 kW. V další části je navrhnout koncept pluhu podložený analytickými, funkčními a rozměrovými výpočty. Na závěr je provedena kontrola vybraných konstrukčních uzlů. Součástí práce je CAD model a výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zpracování půdy, dvojradičný pluh, malotraktor, třibodový závěs

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the structural design of a two-row, single-sided carried plough for a three-point linkage of a small tractor, ISO 730-1 category. The introductory part includes a research analysis of ploughs available on the market and of small tractors of a given power range, up to 40 kW. In the next part, a plough concept is proposed, supported by analytical, functional and dimensional calculations. Finally, the selected design nodes are checked. The bachelor thesis includes a CAD model and drawings.

KEYWORDS

Tillage, two-row plough, small tractor, three-point linkage

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MLYNÁŘ, Tomáš. *Dvojradičný jednostranný nesený pluh* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157287>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 20. května 2024

.....

Tomáš Mlynář

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat v první řadě především svému vedoucímu panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za ochotu a cenné rady při konzultacích. Dále nesmím opomenout mé rodiče, kteří mi umožnili studium a vždy mě podporovali.

OBSAH

Úvod	10
1 Zpracování půdy	11
1.1 Druhy orby	11
1.1.1 Orba podle doby	11
1.1.2 Orba podle hloubky	12
1.2 Druhy půdy	13
2 Současný stav poznání.....	14
2.1 Hlavní rám pluhu	14
2.1.1 Třibodový závěs	15
2.1.2 Opěrné kolo	15
2.2 Orební jednotka.....	16
2.2.1 Odhrnovačka.....	16
2.2.2 Čepel.....	17
2.2.3 Slupice	17
2.2.4 Plaz	17
2.2.5 Zahrnovač rostlinných zbytků	17
2.2.6 Další přidavné prvky k radličnému orebnímu tělesu.....	18
2.3 Dvouradličné jednostranné nesené pluhu dostupné na trhu.....	19
3 Traktory obdobné výkonové řady využívané v zemědělství.....	21
4 Koncepční návrh pluhu.....	24
4.1 Výpočet tahového odporu pluhu.....	24
4.2 Výpočet střížné pojistky orebního tělesa	25
4.3 Výpočet minimálního požadovaného výkonu motoru traktoru	27
4.4 Výpočet naklonění stroje	28
4.5 Návrh rozvržení pozičních děr pro vyměnitelný čep.....	30
4.6 Určení polohy orebních těles	31
4.7 Výsledný konstrukční návrh dvouradličného pluhu	33
5 Pevnostní kontrola vybraných konstrukčních uzlů.....	34
5.1 Kontrola spodního čepu závěsu na otláčení.....	34
5.2 Kontrola nosného rámu na ohyb	35
Závěr.....	37
Použité informační zdroje.....	38
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	41
Seznam příloh	43

ÚVOD

Zemědělství představuje jedno z nejstarších a nejvýznamnějších odvětví lidské činnosti, které je nezbytné k zajištění potravy pro rostoucí populaci. S narůstajícími požadavky na efektivitu a udržitelnost zemědělských systémů se stává inovace a zlepšování zemědělských nástrojů stále důležitější. Mezi klíčové nástroje, které se používají již po staletí, patří pluh. Tento základní zemědělský nástroj slouží k orbě půdy, což je kritický proces pro přípravu půdy k setí a zajištění optimálních podmínek pro růst plodin.

Tato práce se zabývá konstrukčním návrhem dvouradličného jednostranného neseného pluhu pro agregaci s vybraným typem malotraktoru.

V dnešní době přibývá stále více lidí, kteří mají zájem sami něco pěstovat. Obnovují se statkové a malofarmářské způsoby žití. S progresivní technologií strojírenství se na trhu objevují stále menší a dostupnější malotraktory, pro které bude pluh navrhnout.

Hlavním cílem této práce je tedy navrhnout dvouradličný pluh, který bude optimálně přizpůsoben hmotnostním parametrům traktoru, s nímž bude používán. Důraz bude kladen na jednoduchost, spolehlivost a bezpečnost.

1 ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Orba je v našich podmínkách dlouhodobě ověřená technologie a patří mezi konvenční zpracování půdy. Spočívá v každoročním opakovaném kypření a obrácení ornice radličným pluhem. Tento systém využívá k jednotlivým plodinám agronomický časový plán odstupů mezi operacemi základního a předset'ového zpracování půdy. Narušením a obrácením půdního povrchu se do půdy dostanou potřebné živiny v podobě posklizňových zbytků, statkových nebo průmyslových hnojiv a hlavně půdní voda, která je nezbytná pro život a růst pěstovaných rostlin. Pomáhá také k potlačování plevelů a k přirozenému slehávání půdy v době mezi orbou a setím [1]. Nevýhodou orby je však vyšší měrná spotřeba energie a pracovního času na hektar [2].

Vzhledem k problematice utužování půdy je v současné době snaha o spojení více pracovních operací prováděných na poli těžkou technikou. Jedná se například o spojení orby s drcením hrud pomocí přidavného válce (viz obr. 1).



Obr. 1 Orba radličným pluhem s přidavným válcem [3]

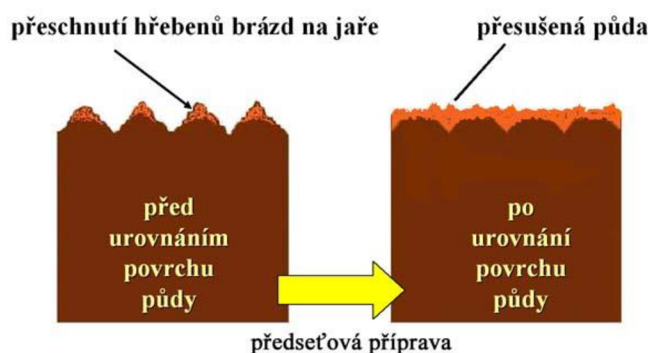
1.1 DRUHY ORBY

Orba se dělí buď podle doby provedení této operace na letní, seťovou, podzimní a jarní, nebo podle hloubky na mělkou, střední, hlubokou a velmi hlubokou. Hloubka orby je určena především osevním plánem, tzn. vztahem následné plodiny k termínu provedení orby, půdním podmínkám a potřebám zapravení hnojiv do půdy. [4]; [5]

1.1.1 ORBA PODLE DOBY

- Letní orba se provádí zpravidla hned po brzké sklizni ozimých plodin za účelem připravit půdu na výsev meziplodiny. Pro tento druh orby je typická malá hloubka, tzn. do 18 cm. Mělké zpracování půdy zabraňuje přeschnutí horní vrstvy ornice. Vyšší pojezdová rychlost soupravy zajistí malou hřebenitost obrácené půdy. [5]

- Úkolem seťové orby je připravit půdu pro ozimé plodiny. Provádí se maximálně do hloubky 25 cm, ale záleží na půdních podmínkách. Platí, že čím později je prováděna, tím se snižuje její hloubka. Velmi důležitým kritériem je dostatečný časový odstup od provedení orby do setí. Musí totiž dojít k dostatečnému slehnutí půdy, aby vznikl ideální podklad pro novou plodinu. [5]
- Cílem podzimní orby je připravit ornici na vegetační období a zlepšit její fyzikální vlastnosti. Patří mezi základní opatření pro zpracování půdy pro jarní plodiny. Zpravidla se provádí až do zámruzu půdy, ovšem často se orba prodlouží kvůli nepříznivým půdním podmínkám. Tato opožděná operace se může také nazývat zimní orba. Při jejím provedení je snaha o vytvoření co nejvíce hřebenitého povrchu, který slouží jako záchytná plocha pro vodní srážky [5]. V některých případech, jako je příprava půdy pro cukrovou řepu, je vhodné urovnat povrch půdy již na podzim. Na jaře pak nedochází k přeschnutí hřebenů brázd. Přeschnuté vršky brázd po urovnání způsobí nerovnoměrné vztlínání vody k plodině (viz obr. 2). [6]



Obr. 2 Přeschnuté hřebeny brázd na jaře [7]

- Od orby jarní se v dnešní době spíše upouští. Své opodstatnění má pouze v případě zarávky ozimých meziplodin. V opačném případě může spíše ztížit a tím i zdražit jarní přípravu půdy. Při jarní orbě, kdy se oře vlhká půda, která zachytila podzimní vláhu, dochází k rychlému vyschnutí povrchu. Vzniká tvrdý vyschlý povrch ornice, tvořen především hroudami, který mnohdy nejde upravit ani při opakovaném zpracování půdy pomocí pasivních pracovních orgánů. Poté je zde tedy nutno použít nářadí s aktivními pracovními orgány, které jsou mnohonásobně nákladnější. [5]

1.1.2 ORBA PODLE HLOUBKY

Při orbě se pracuje s velkým objemem materiálu, což je velice energeticky náročné. Proto je tedy důležité zvolit vhodnou hloubku orby dle požadavků následné plodiny ve vztahu k termínu provedení orby, půdním podmínkám a potřebám zapravení hnojiv do půdy [4].

Hloubka orby se dělí na:

- mělkou orbu do 18 cm,
- střední orbu 18 až 25 cm,
- hlubokou orbu 25 až 30 cm,
- velmi hlubokou orbu nad 30 cm. [4]

1.2 DRUHY PŮDY

Volbu technologie a stroje intenzivně ovlivňuje rozmanitost půdních podmínek nejen v České republice. Určení druhu půdy je potřebné pro charakterizování podmínek práce stroje pro orbu [2]. Působením orebního tělesa při orbě dochází k řezání, drobení, obracení a přemísťování částic. Pro pochopení půdy je důležité znát její fyzikální vlastnosti, které výrazně ovlivňují kvalitu práce a pracovní odpor. Mezi ně patří: mechanické složení, vlhkost, vnitřní a vnější tření, pevnost, přilnavost, šterkovitost a struktura [8]. Tyto vlastnosti dohromady určují měrný odpor půdy.

Podle procentního obsahu jílovitých (velmi jemných) částic se rozeznává sedm druhů půd (viz tab. 1). Se vzrůstajícím množstvím jílu v půdě vzrůstá měrný odpor orebních těles a nastává problém se špatným drobením. [8]

Tab. 1 Druhy půd a jejich měrný odpor [8]

Druh půdy	Podíl zrn menších než 0,01 mm [%]	Číselné označení podle ČSN	Praktické označení půdy	Měrný odpor půdy k_p [kN.m ⁻²]
jíl	nad 75	1	Velmi těžké	90-150
jílovitá	60-75	2		
jílovito-hlinitá	40-60	3	Těžká	60-90
hlinitá	30-40	4	Střední	40-60
písčito-hlinitá	20-30	5		
hlinito-písčitá	10-20	6	Lehká až velmi lehká	20-40
písčitá	0-10	7		

2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Pluhy za malotraktor jsou většinou jednoradličné nebo dvouradličné. Mohou být jednostranné i oboustranné. Malotraktor obvykle disponuje malou hmotností a krátkým rozvorem z důvodu lepší manévrovatelnosti. Větší pluhy jsou pro tuto výkonovou řadu traktorů většinou nevhodné z důvodu větší zátěže na delším rameni. Stroj se potom stává neovladatelný. Platí, že při volbě vhodného pluhu by měla mít hydraulika traktoru 2,5krát vyšší nosnost než je hmotnost pluhu [2].

Pluh se skládá zpravidla z (viz obr. 3):

1. Hlavního rámu pluhu – nosný prvek spojující ukotvení k traktoru (tříbodový závěs) s orebními tělesy
2. Orebních těles – prvky vykonávající orbu
3. Opěrného kola – prvek na nastavení hloubky orby



Obr. 3 Popis hlavních částí pluhu [9]

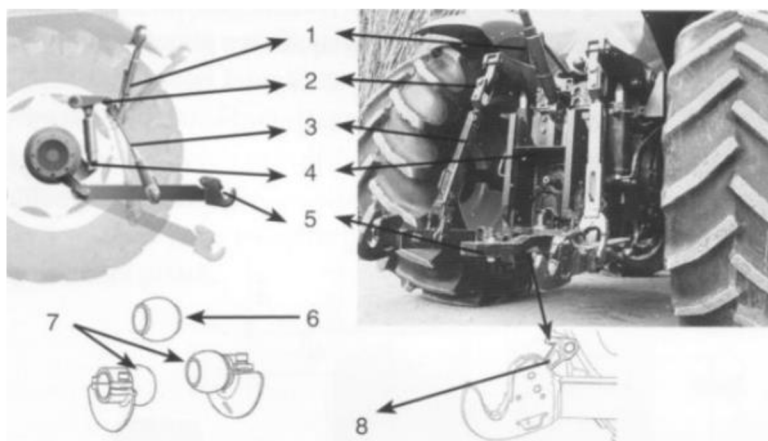
2.1 HLAVNÍ RÁM PLUHU

Hlavní rám radličného pluhu musí být dostatečně robustní a tuhý, aby odolal deformaci i při kontaktu orebního tělesa s velkými kameny v zemině. Zároveň by měl do jisté míry tlumit rázy a změny sil působících na traktor.

Obvykle jde o spojení různých částí uzavřených profilů a výpalků z plechu pomocí svařování. Poté se na něj montují jednotlivé prvky pro práci s půdou pomocí rozebíratelných spojů, jako jsou například šrouby. Toto konstrukční řešení má výhodu v tom, že pokud je některý prvek poškozen, lze ho snadno vyměnit za nový. Součástí rámu je i část pro agregaci s traktorem (tříbodový závěs) a upnuté opěrné kolečko.

2.1.1 TŘÍBODOVÝ ZÁVĚS

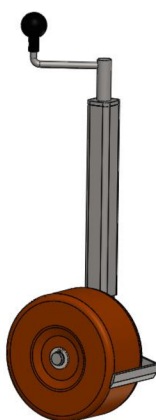
Mezi standartní výbavu traktoru v dnešní době patří zadní připojení nářadí pomocí tříbodového závěsu (viz obr. 4). Různé výkonové řady traktorů jsou vybaveny závěsem odpovídající výkonové řady. Norma ISO 789-1 udává 5 různých kategorií, od nejmenších (1N) až po ty největší (4N/4). Každá kategorie má přesně dané rozměry, kterými se musí výrobci traktorů řídit. Čím vyšší řada, tím má traktor silnější ramena a větší čepy. Přesné rozměry pro tříbodový závěs pluhu jsou popsány v normě ČSN ISO 730-1 [10].



Obr. 4 Popis tříbodového závěsu traktoru; 1 – horní táhlo, 2 – ramena zvedacího ústrojí, 3 – zvedací táhla, 4 – přímočarý hydromotor, 5 – dolní táhla, 6 – koule horního čepu nářadí, 7 – koule dolních čepů s vodítky, 8 – samozajišťovací západka [11]

2.1.2 OPĚRNÉ KOLO

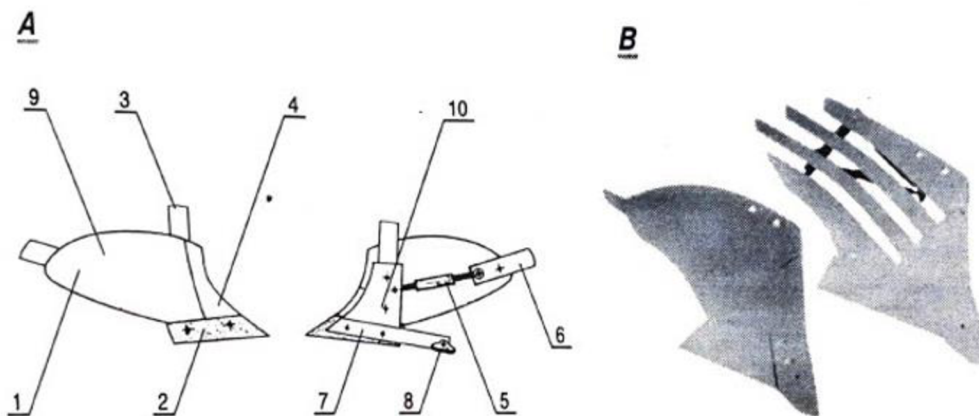
Slouží především k zachytávání vertikálních sil a k nastavení hloubky orby. Většinou je vybaveno nožem pro odřezávání ulpívajícího bláta (viz obr. 5). Plynulé nastavení hloubky je zde zajištěno samosvorným šroubem, kterým se otáčí pomocí ruční páky.



Obr. 5 Opěrné kolo

2.2 OREBNÍ JEDNOTKA

Orební jednotka je konstrukční soustavou prvků vykonávající samotnou orbu (viz obr. 6). K rámu pluhu je většinou připevněna pomocí šroubů, které slouží jako pojistka proti přetížení. Větší pluhy mohou být vybaveny hydraulickým, nebo pružinovým jištěním. Orební jednotka je složena z mnoha prvků, které budou rozebrány v následujících podkapitolách.

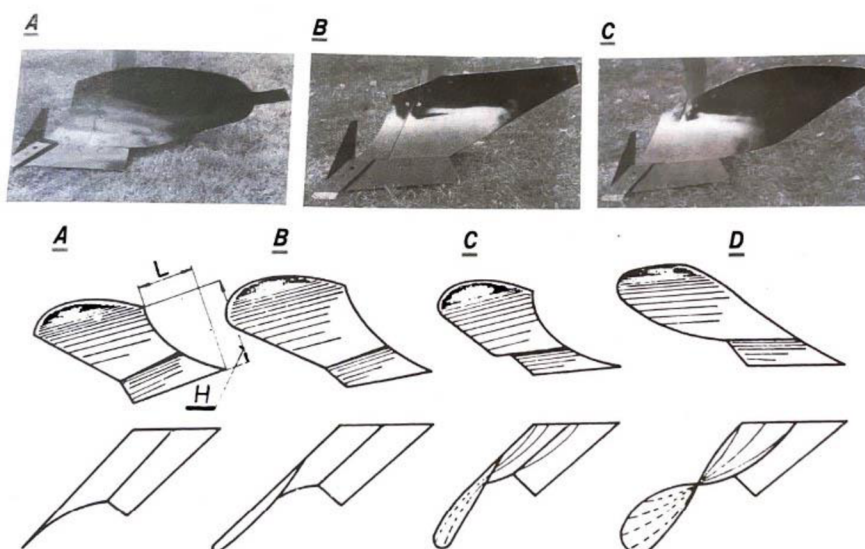


Obr. 6 A – Orební těleso a jeho prvky: 1-odhrnovačka, 2-čepel, 3-slupice, 4-přední vyměnitelná hrana odhrnovačky (srdíčko), 5-vzpěra, 6-zahrnovač rostlinných zbytků, 7-plaz, 8-patka plazu, 9-křídlo odhrnovačky, 10-patka tělesa. B – Pohled na odhrnovačku v plné (vlevo) a páskové (vpravo) úpravě [2]

2.2.1 ODHRNOVAČKA

V závislosti na typu odhrnovačka plní funkce drobení, míchání, provzdušňování a obracení odříznutého materiálu. Existují čtyři základní typy odhrnovaček podle tvaru pracovního povrchu: válcové, kulturní, pološroubové a šroubové. U jednodušších konstrukcí může odhrnovačka být vyrobena z jednoho kusu desky, nebo může být složena z více částí, aby bylo možné snadněji vyměnit poškozené části. Pro zlepšení efektivity drobení jsou do dolní části odhrnovačky nad čepel umístěny řezné desky, běžně nazývané "žraločí ploutve". [12]

- Válcová odhrnovačka (viz obr. 7 A) se uplatní u oboustranných výkyvných pluhů, kde omezuje jejich použití na orbu lehkých půd bez možnosti zapravení většího množství organické hmoty do půdy [12].
- Kulturní odhrnovačka (viz obr. 7 B) dobře drobí a mísí půdu, je tedy vhodná pro orbu lehkých a středních půd [12].
- Pološroubová odhrnovačka (viz obr. 7 C) zajistí kvalitní zpracování půd těžkých a lze ji využít i pro orbu svažitých pozemků [12].
- Šroubová odhrnovačka (viz obr. 7 D) půdu nejkvalitněji obrací, ale nejméně drobí. Své opodstatnění má při orbě drnu. Pro snížení pracovního odporu pluhu lze na těžkých půdách využít páskové odhrnovačky, které mají menší třecí odpor mezi půdou a plochou odhrnovačky. [12]



Obr. 7 Základní druhy orebních těles: A-válcové, B-kulturní, C-pološroubové, D-šroubové [2]

2.2.2 ČEPEL

Čepel (viz obr. 6 – A 2) je klíčovou součástí pluhu, která odděluje odříznutou půdní skývu od dna brázdy. Je to část, která je vystavena velkému namáhání a její ostrost má významný vliv na kvalitu a náročnost orby z ekonomického hlediska. Může být vybavena dlátem pro lepší vstup do utužené půdy. [12]

2.2.3 SLUPICE

Pomocí slupice (viz obr. 6 – A 3) jsou všechny prvky orebního tělesa přichyceny k hlavnímu rámu. Většinou se tento prvek konstruuje jako výpalek z tlustého plechu.

2.2.4 PLAZ

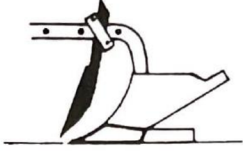

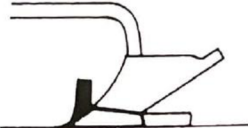
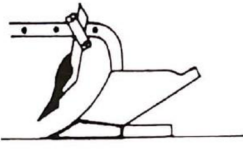
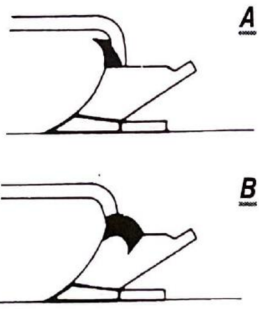
Plaz je prvek (viz obr. 6 – A 7), který slouží jako opora pluhu. Pomáhá držet rovinu brázdy a zachycuje boční síly, které působí na pluh při orbě (tzn. udržuje stabilitu pluhu) [12].

2.2.5 ZAHRNOVAČ ROSTLINNÝCH ZBYTKŮ

Zahrnovače rostlinných zbytků (viz obr. 6 – A 6) slouží k zapracování organické hmoty do půdy. Existují v různých délkách. Důležitý je úhel, který tvoří s odhrnovačkou. Podle množství organické hmoty a typu půdy je nutno zvolit správný typ zahrnovače. [12]

2.2.6 DALŠÍ PŘÍDAVNÉ PRVKY K RADLIČNÉMU OREBNÍMU TĚLESU

Nejpoužívanější přídatné prvky k radličnému orebnímu tělesu jsou zobrazeny na obr. 8.

<p>Nožové krojidlo upevněné na rámu pluhu</p>	
<p>Kotoučové krojidlo upevněné na rámu pluhu nebo na slupici</p>	
<p>Plazové krojidlo upevněné na plazu orebního tělesa</p>	
<p>Předradlička upev- něná na rámu pluhu nebo na slupici</p>	
<p>Usměrňovač (A) a zaklápěč (B) rostlin- ných zbytků upev- něný na slupici resp. odhrnovače</p>	

Obr. 8 Přídatné prvky k radličnému orebnímu tělesu [2]

- Nožové krojidlo přeřezává stěny brázdivého odvalu před řeznou hranou odhrnovačky a pomáhá stranovému vedení.
- Kotoučové krojidlo dokonale přeřezává rostlinné zbytky a stěny brázdivého odvalu před řeznou hranou odhrnovačky. Nepomáhá stranovému vedení.
- Plazové krojidlo podřezává stěny brázdivého odvalu ze spodní strany. Pomáhá ke stranovému vedení pluhu. Zabezpečuje orbu proti ucpaní rostlinnými zbytky.
- Předradličky odřezávají vrchní vrstvu půdy před hlavním orebním tělesem. Půdu zároveň zdvíhají, otáčejí a ukládají na dno brázdy vytvořené předcházejícím orebním tělesem. Pomáhají k lepšímu zaklopení rostlinných zbytků. [2]

2.3 DVOURADLIČNÉ JEDNOSTRANNÉ NESENÉ PLUHY DOSTUPNÉ NA TRHU

Pluhy pro malotraktory dnes na trhu nemají příliš velké zastoupení. Je to z důvodu nízkého počtu malých farmářů a statkářů. Mnohem výraznější zastoupení mají na trhu větší stroje určené k velkému plošnému výkonu.



Obr. 9 vlevo - Dvouradličný jednostranný nesený pluh značky Agroservis Šálek PN2-300 [13]
vpravo - Dvouradličný jednostranný nesený pluh značky DEMA DBF2 [14]

Pluh PN2-300 používá velmi propracovaný rám s připojením do třibodového závěsu kategorie I. Je vybaven zařízením, které pomáhá k lepšímu nastavení pluhu. Jedná se o nastavení úhlu rámu pluhu vůči rovině pole. Dále také nabízí opěrné kolo s integrovaným kotoučovým krojídlem a s možností plynulé změny hloubky orby (viz obr. 9 vlevo).

Oproti tomu pluh DBF2 využívá velmi jednoduchý typ rámu, který ovšem také disponuje možností připojení do třibodového závěsu kategorie I. Není zde možné přesnější nastavení pluhu. Hloubku orby lze upravit plynulou změnou výšky opěrného kola. Slupice se s orebním tělesem dají posouvat po hlavním rámu, a tím lze měnit šířku orby (viz obr. 9 vpravo).

Jejich parametry jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2 Parametry pluhů PN2-300 a DEMA DBF2 [13]; [14]

	Jednotka	PN2-300	DBF2
Max. pracovní záběr	[mm]	500	500
Max. pracovní hloubka	[mm]	180	170
Požadovaný min. výkon traktoru	[kW]	20	20
Hmotnost	[kg]	130	94



Obr. 10 vlevo - Dvouradličný jednostranný nesený pluh značky JBL RUBBY II [15]
vpravo - Dvouradličný jednostranný nesený pluh značky WIRAX [16]

U pluhu RUBBY II (viz obr. 10 vlevo) je vidět plynulé řešení změny náklonu pomocí stavitelného šroubu, a tím tedy i přesnější nastavení pluhu. Opěrné kolečko je zde přichyceno silovým stykem, což umožňuje jednoduchou vyměnitelnost a servisovatelnost. Rám je zkonstruován jako svařenec z uzavřených profilů. Každé orební těleso disponuje zaklápěčem, který napomáhá lépe zaklopit ornici.

Pluh WIRAX (viz obr. 10 vpravo) využívá obdobnou stavbu rámu jako RUBBY II s rozdílem jiné odhrnovačky a vyměnitelného ostří.

Jejich parametry jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3 Parametry pluhů RUBBY II a WIRAX [15]; [16]

	Jednotka	RUBBY II	WIRAX
Max. pracovní záběr	[mm]	500	500
Max. pracovní hloubka	[mm]	180	170
Požadovaný min. výkon traktoru	[kW]	15	15
Hmotnost	[kg]	110	110

3 TRAKTORY OBDOBNÉ VÝKONOVÉ ŘADY VYUŽÍVANÉ V ZEMĚDĚLSTVÍ

Volba správného traktoru je mnohdy složité rozhodování a při výběru musíme znát všechny potřebné parametry. Výkonová řada pro práci s dvouradličným jednostranným neseným pluhem, tj. do 40 kW, je hojně využívána zpravidla malými soukromými zemědělci na obdělávání malých ploch a polí. Tyto traktory nejsou většinou vytíženy celoroční těžkou prací na poli.

Výhodou těchto strojů jsou malé rozměry a související nízká hmotnost, výborná manévrovatelnost a malá spotřeba. Většina z nich může být dovybavena čelním nakladačem, který je skvělým pomocníkem na farmě.

Hlavním kritériem při výběru je schopnost agregace s požadovanými stroji. Jedná se především o kategorii třibodového závěsu, požadovaný počet hydraulických okruhů, výkon hydraulického čerpadla a možné zatížení traktoru. Dalším kritériem je pořizovací cena.

V oblasti malotraktorů na českém trhu působí například firma Agroservis Šálek, u které si zákazník může nakonfigurovat malotraktor dle svých specifických potřeb. Disponuje jednoduchou, plně mechanickou, převodovkou a možností předního vývodového hřídele a vývodem samostatného hydraulického okruhu (obr. 11).

Velkou výhodou traktoru značky Kioti je, že už v základu je vybaven velmi výkonným hydraulickým čerpadlem a velkým počtem hydraulických okruhů. Není zde však možnost předního vývodového hřídele a předních ramen (obr. 12).

Porovnání technických parametrů těchto traktorů je v tabulce 4.



Obr. 11 Traktor Šálek CABRIO comfort 50 KG [17]



Obr. 12 Traktor Kioti CK 5030 [18]

Tab. 4 Technické parametry traktorů Šálek a Kioti [17]; [18]

	Jednotka	Šálek CABRIO comfort 50 KG	Kioti CK 5030
Maximální výkon	[kW/HP]	39,5/53	37,5/50,3
Max. točivý moment	[Nm]	111	118
Kategorie třibodového závěsu	[-]	ISO 730/1	ISO 730/1
Hmotnost traktoru bez závaží	[kg]	1095	1360
Maximální zatížení zadního třibodového závěsu	[kg]	630	1030
Výkon hydraulického čerpadla	[l/min]	35	42,9

Traktory značky JohnDeere disponují vysokou kvalitou zpracování a uživatelský komfort. Stroj s označením 3046R je nejvýkonnějším modelem této řady. Mnoho malostatkářů ho volí pro jeho kompaktnost a spolehlivost. Oproti ostatním malotraktorům využívá hydrostatickou převodovku, která je skvělou volbou pro práci s čelním nakladačem. Není zde však možnost předního vývodového hřídele a předních ramen pro uchycení nástrojů (viz obr. 13).

Iseki je japonská značka traktorů, která je známá především výrobou komunálních a zemědělských malotraktorů. Traktor Iseki TLE 3400 disponuje malými rozměry, třístupňovou hydrostatickou převodovkou a možností montáže čelního nakladače. Je zde možnost agregace přídatného předního zařízení díky možné přídavné přední hydraulice a ramen (obr. 14).

Porovnání technických parametrů těchto traktorů je v tabulce 5.



Obr. 13 Traktor JohnDeere 3046R [19]



Obr. 14 Traktor Iseki TLE 3400 [20]

Tab. 5 Technické parametry traktorů JohnDeere a Iseki [19]; [20]

	Jednotka	JohnDeere 3046R	Iseki TLE 3400
Maximální výkon	[kW/HP]	33,3/44,7	29/39,4
Max. točivý moment	[Nm]	112	112
Kategorie třibodového závěsu	[-]	ISO 730/1	ISO 730/1
Hmotnost traktoru bez závaží	[kg]	1400	1420
Maximální zatížení zadního třibodového závěsu	[kg]	999	1000
Výkon hydraulického čerpadla	[l/min]	45	40

4 KONCEPČNÍ NÁVRH PLUHU

Pro koncepční návrh pluhu se vychází ze zpracované rešerše a ze zadaných hodnot. Jedná se o maximální výkon traktoru 40 kW, připojení pomocí tříbodového závěsu kategorie I. Záběr pluhu má být 400 mm (200 mm na každou radličku). Pracovní hloubka orby je maximálně 200 mm a její plynulé nastavení zajišťuje opěrné kolo. Pracovní rychlost je 2 m/s. Geometrie odhrnovačky je zvolena kulturní. Typ půdy, ve které bude pluh pracovat, je hlinitá. Zvolený traktor pro agregaci s pluhem je Šálek CABRIO comfort 50 KG. Plně mechanická převodovka je nejlepší volbou na těžší polní práci.

4.1 VÝPOČET TAHOVÉHO ODPORU PLUHU

Při oddělování, drobení, otáčení a formování brázdového odvalu působí na řezné hrany, pracovní povrch a plaz síly. Jejich výslednice je celkový odpor půdy. Jelikož jsou jednotlivé složky odporu půdy prostorově rozmístěny na pracovní ploše orebního tělesa a neprotínají se v jednom bodě, nelze je nahradit jednou silou. Odpor orebního tělesa se tedy nejčastěji zjednodušeně vypočítá z rozměrů brázdového odvalu a měrného odporu půdy. V tomto případě je zvolena hlinitá půda, pro kterou platí $k_p = 50000 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$. Vztah pro výpočet tahového odporu orebního tělesa je popsán následující rovnicí (1) [21]:

$$F_o = k_p \cdot h \cdot b \text{ [N]} \quad (1)$$

$$F_o = 50000 \cdot 0,2 \cdot 0,2$$

$$F_o = 2000 \text{ N}$$

kde: F_o ...tahový odpor orebního tělesa [N]
 k_p ...měrný odpor hlinité půdy [$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$]
 h ...hloubka orby [m]
 b ...šířka záběru orebního tělesa [m]

Celkový tahový odpor pluhu potom bude (viz rovnice 2) [21]:

$$F_{oc} = F_o \cdot d \text{ [N]} \quad (2)$$

$$F_{oc} = 2000 \cdot 2,1$$

$$F_{oc} = 4200 \text{ N}$$

kde: F_{oc} ...celkový tahový odpor pluhu [N]
 $d = 2,1$...součinitel dynamického odporu [-]

Součinitel dynamického odporu je určen experimentálně na základě měření dynamických odporů pro dvouradličné pluchy dle literatury [21].

Z celkového tahového odporu pluhu lze stanovit maximální dovolenou tahovou sílu F_{max} (viz rovnice 3). Při tomto návrhu se bere do úvahy požadovaná míra bezpečnosti n . Z doporučené literatury je převzata obvyklá hodnota $n = 1,5$ [21].

$$F_{max} = F_{oc} \cdot n \text{ [N]} \quad (3)$$

$$F_{max} = 4200 \cdot 1,5$$

$$F_{max} = 6300 \text{ N}$$

kde: F_{max} ... maximální dovolená tahová síla [N]

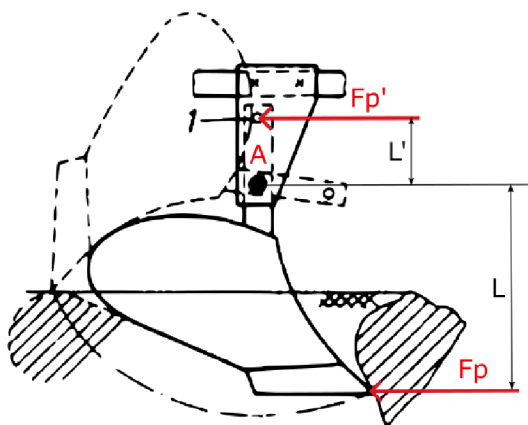
n ... součinitel bezpečnosti [-]

4.2 VÝPOČET STŘIŽNÉ POJISTKY OREBNÍHO TĚLESA

Střížná pojistka slouží v případě přetížení jako ochrana orebního tělesa před poškozením. Jedná se o takzvanou tvrdou pojistku. V případě kontaktu orebního tělesa s cizím tělesem v zemi se pojistka přestříhne a orební těleso se otočí kolem druhého otočného bodu A (viz obr. 15). Nedojde tak k poškození pluhu. V následující části bude vypočtena velikost síly F_p potřebné k přestříhnutí pojistky.

Pro správnou funkci pojistky musí platit vztah (viz rovnice 4) [21]:

$$F_{oc} < F_p < F_{max} \quad (4)$$



Obr. 15 Schéma působících sil na střížnou pojistku ([2] upraveno)

Velikost síly F_p se vypočítá z momentové rovnice k bodu A (viz obr. 15). Nutností je znát vzdálenosti působit' sil od bodu otáčení, průměr a materiál střížné pojistky. Jednotlivé parametry jsou zvoleny:

- vzdálenost střížné pojistky od bodu otáčení $L' = 100 \text{ mm}$
- vzdálenost špičky čepel' od bodu otáčení $L = 400 \text{ mm}$
- průměr střížné pojistky $D_{pojistky} = 6 \text{ mm}$
- materiál střížné pojistky SR235JRG1

Napětí ve smyku lze zjednodušeně určit z meze pevnosti materiálu jako (viz rovnice 5):

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m \text{ [MPa]} \quad (5)$$

$$\tau_s = 0,8 \cdot 440$$

$$\tau_s = 352 \text{ MPa}$$

kde: $R_m = 440 \text{ MPa}$...mez pevnosti pro materiál SR235JRG1 [22]
 τ_s ...napětí ve smyku [MPa]

Pro sílu potřebnou k přestřihnutí pojistky platí (viz rovnice 6) [21]:

$$F_p' = 2 \cdot \tau_s \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{pojistky}}^2}{4} \quad (6)$$

$$F_p' = 2 \cdot 352 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2}{4}$$

$$F_p' = 19905,1 \text{ N}$$

kde: F_p' ...velikost síly potřebná k přestřihnutí pojistky na rameni L' [N]
 D_{pojistky} ...průměr pojistky [mm]

Po dosažení do momentové rovnice (7) vznikne:

$$\sum M_A = 0 \quad (7)$$

$$F_p \cdot L - F_p' \cdot L' = 0$$

$$F_p = \frac{F_p' \cdot L'}{L} \text{ [N]}$$

$$F_p = \frac{19905,1 \cdot 100}{400}$$

$$F_p = 4976,3 \text{ N}$$

kde: F_p ...velikost síly potřebná k přestřihnutí pojistky na rameni L[N]
 L ...vzdálenost síly působící na špičce čepice od bodu otáčení [mm]
 L' ...vzdálenost střížné pojistky od bodu otáčení [mm]

Síla F_p odpovídá podmínce $F_{oc} < F_p < F_{max}$, tudíž zvolený materiál a průměr pojistky vyhovuje.

4.3 VÝPOČET MINIMÁLNÍHO POŽADOVANÉHO VÝKONU MOTORU TRAKTORU

Uvedený výpočet má pouze orientační charakter, a to hlavně z důvodu širokého rozpětí měrného orebního odporu daného nejen druhem, ale i stavem půdy a vlivem dalších činitelů. Jsou to například nahuštěný tlak v pneumatikách, opotřebení pneumatik, správné dotížení traktoru, pohon přední nápravy, prokluz atd. [2] Pro uvedený výpočet je nutné zvolit několik veličin, jimiž jsou:

- pracovní rychlost $v_p = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 7,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (obvyklá hodnota pro orbu s dvouradličným pluhem) [2]
- součinitel využití výkonu motoru $f_m = 0,85$ (obvyklá hodnota pro kolové traktory) [21]
- součinitel účinnosti převodů a přenosu hnací síly $f_p = 0,6$ (z rozmezí $0,6 \div 0,7$) [21]
- spotřeba výkonu přídatnými zařízeními pluhu $f_v = 1,1$ (10 % odpor podpěrného kolečka)

Požadovaný výkon motoru traktoru (viz rovnice 8) [21]:

$$P_t = \frac{F_{max} \cdot v_p \cdot f_v}{f_p \cdot f_m} \quad (8)$$

$$P_t = \frac{6300 \cdot 2 \cdot 1,1}{0,6 \cdot 0,85}$$

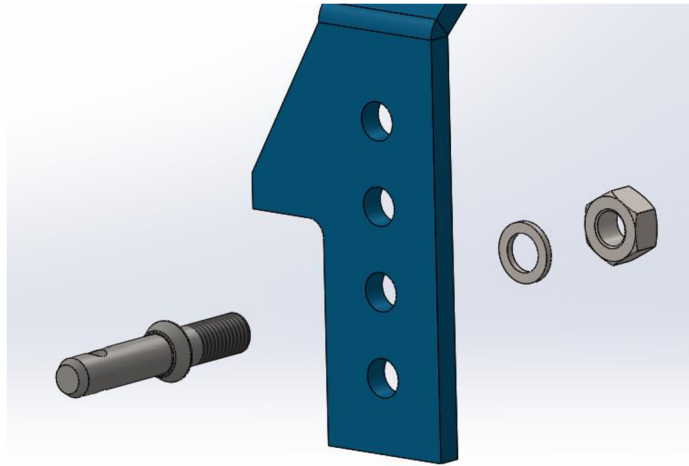
$$P_t = 27177 \text{ W} = 27,177 \text{ kW}$$

kde: P_t ... požadovaný výkon motoru traktoru [kW]
 v_p ... pracovní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 f_v ... spotřeba výkonu přídatnými zařízeními pluhu [-]
 f_p ... součinitel účinnosti převodů a přenosu hnací síly [-]
 f_m ... součinitel využití motoru [-]

Výsledný požadovaný výkon motoru je menší než předepsaný výkon motoru zvoleného traktoru, tudíž podmínce vyhovuje a má případně značnou rezervu při zhoršených podmínkách.

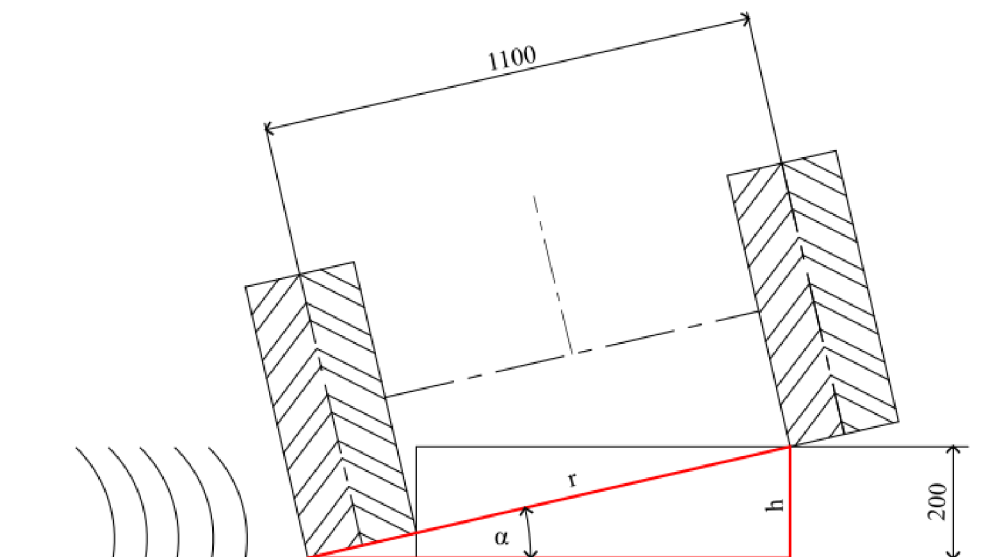
4.4 VÝPOČET NAKLONĚNÍ STROJE

Při orbě dochází ke dvěma druhům jízdy - jízda v brázdě a jízda mimo brázdu (první brázda). Při práci se musí pluh pohybovat nejlépe kolmo k zemi, jinak nedochází ke správnému odvalu brázdy. Pluh musí být schopen kompenzovat naklonění traktoru svým nastavením, které může být provedeno několika způsoby. Pro tento návrh bylo zvoleno nastavení pomocí pozičních děr a vyměnitelného čepu (viz obr. 16).



Obr. 16 Detail pozičních děr

Při jízdě traktoru v brázdě se traktor i s nástrojem nakloní o úhel α (viz obr. 17), který je určen rovnicí (9).



Obr. 17 Schéma nakloněné roviny traktoru

$$\sin \alpha = \frac{h}{r} \rightarrow \alpha = \sin^{-1} \frac{h}{r} \quad (9)$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{200}{1100}$$

$$\alpha = 10,5^\circ$$

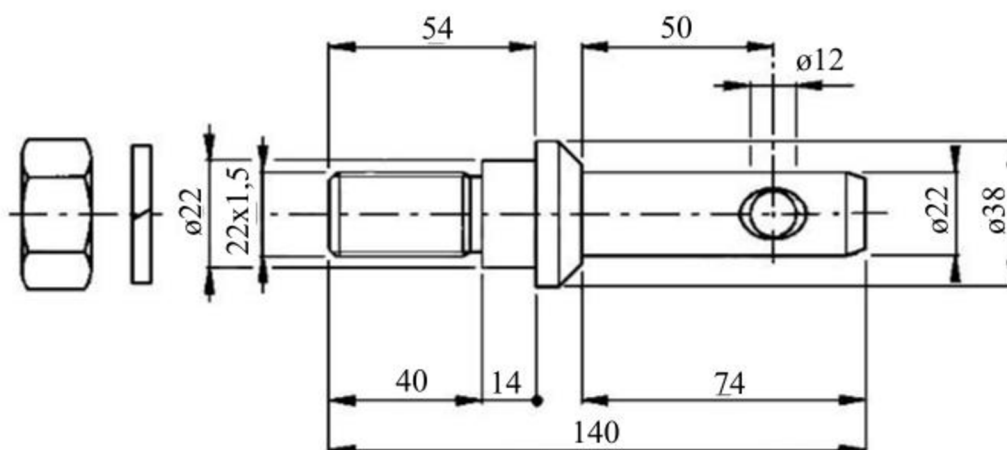
kde: α ...úhel naklonění stroje vůči zemi [°]

$h = 200$ mm...hloubka brázdy (orby)

$r = 1100$ mm...vzdálenost os zadních kol udávaná výrobcem [17]

Správným nastavením pluhu musí být tento úhel naklonění kompenzován. Toho je dosaženo volbou vhodné poziční díry v dolním uchycení třibodového závěsu pluhu.

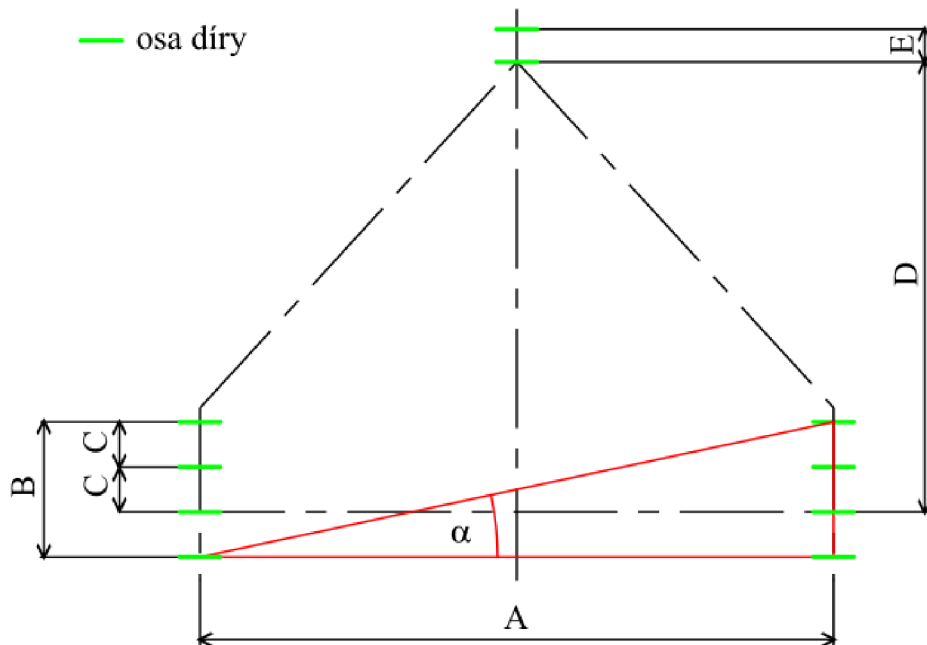
Spodní vyměnitelný čep byl zvolen A.M.A.S.P.A. čep 22/22 mm (katalogové číslo: 00040) (viz obr. 18) [23]



Obr. 18 Rozměrové schéma čepu 22/22 mm ([23] upraveno)

4.5 NÁVRH ROZVRŽENÍ POZIČNÍCH DĚR PRO VYMĚNITELNÝ ČEP

Při návrhu pozic děr (viz obr. 19) se vychází z maximálního možného úhlu naklonění α , který musí být vykompenzován.



Obr. 19 Schéma rozvržení pozičních děr třibodového závěsu pluhu

Maximální vzdálenost děr B (viz obr. 19) pro vyměnitelný čep je dána rovnicí (10):

$$\tan \alpha = \frac{B}{A} \rightarrow B = A \cdot \tan \alpha \text{ [mm]} \quad (10)$$

$$B = 684 \cdot \tan 10,5^\circ$$

$$B = 126,8 \text{ mm}$$

kde: A ...vzdálenost dolních závěsných kloubů dána normou [mm] [10]

B ...osová vzdálenost děr pro vyměnitelný čep [mm]

Problém může nastat například při menší hloubce orby ($h < 200$ mm), kdy úhel naklonění bude v rozmezí $0 \div \alpha$. Pro přesnější nastavení pluhu v tomto rozsahu úhlů jsou zde rovnoměrně rozvrženy další poziční díry, jejichž osová vzdálenost je vypočítána jako (viz rovnice 11):

$$C = \frac{B}{3} \quad (11)$$

$$C = \frac{126,8}{3}$$

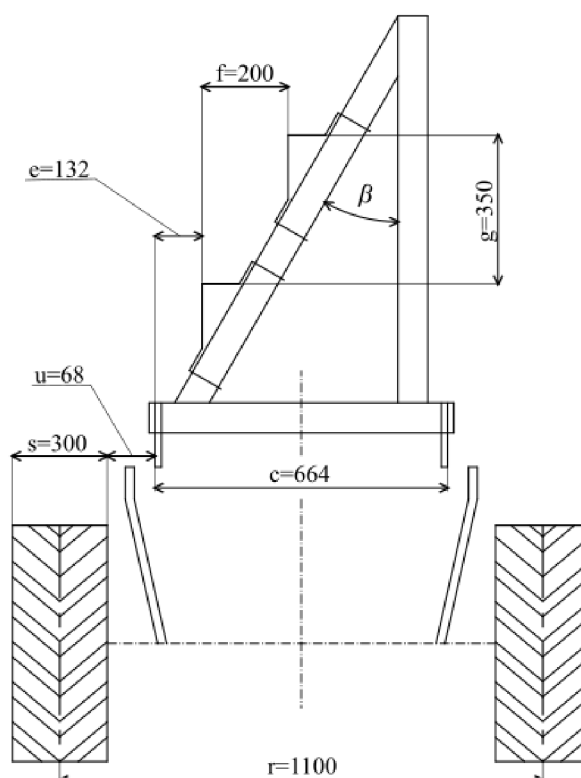
$$C = 42,27\text{mm}$$

kde: C ...osová vzdálenost děr pro vyměnitelný čep [mm]

Vzdálenost D (viz obr. 19) určuje výšku stojánku dle normy ISO 730-1 [10]. Tato vzdálenost musí být zachována bez ohledu na kombinaci dolních pozičních děr, proto je v návrhu druhá díra posunutá o osovou vzdáleností E .

4.6 URČENÍ POLOHY OREBNÍCH TĚLES

Pro dodržení správného pracovního záběru, tj. 400 mm (nebo 200 mm na jedno orební těleso), je nutné určit přesnou pozici uchycení slupice k rámu pluhu. V návrhu je vycházeno z předpokladu, že pravé zadní kolo jede v těsné blízkosti stěny brázdy. Tudíž vzdálenost od vnitřní strany pneumatiky k uchycení prvního orebního tělesa musí být 200 mm. Katalog výrobce traktoru udává základní rozměry (viz obr. 20 – r , s) potřebné k dopočítání první pozice [17]. Rozměr c (viz obr. 20) předepisuje norma ČSN ISO 730-1 pro zaručenou kompatibilitu s traktorem [10].



Obr. 20 Schéma přesného umístění slupic na rámu (rozměry v mm)

Orební tělesa se rozmisťují tak, aby špičky čepelí ležely na jedné přímce. Tato přímka svírá se stěnou brázdy úhel β . Obecně platí, že $\beta \leq 45^\circ$. V návrhu je zvolena hodnota $\beta = 30^\circ$.

Vzdálenost g (viz obr. 20) musí být tak velká, aby nedošlo k ucpání pluhu. Vztah mezi těmito parametry lze obecně popsat rovnicí (12):

$$g = \frac{f}{\tan \beta} \text{ [mm]} \quad (12)$$

$$g = \frac{200}{\tan 30^\circ}$$

$$g = 350 \text{ mm}$$

kde: g ...podélná vzdálenost umístění orebních těles [mm]

f ...příčná vzdálenost umístění orebních těles [mm]

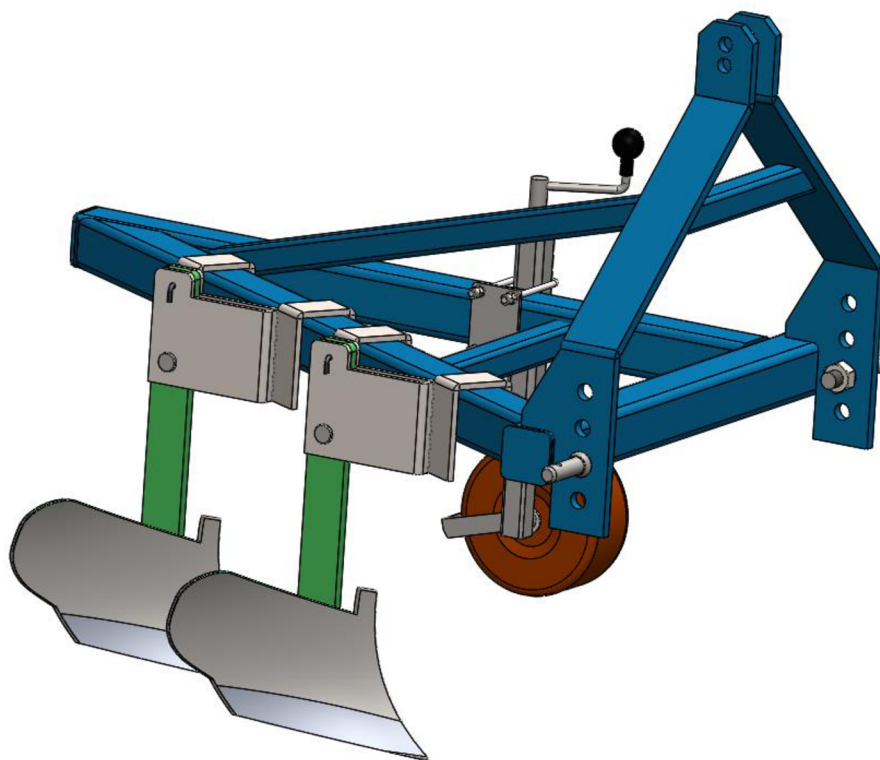
β ...úhel sklonu rámu (úhel mezi přímkou brázdy a přímkou špiček čepelí) [°]

4.7 VÝSLEDNÝ KONSTRUKČNÍ NÁVRH DVOURADLIČNÉHO PLUHU

Rám pluhu je navrhnut jako svařenec tak, aby bylo použito co nejméně různých hutních materiálů a aby byla výroba i montáž jednoduchá a rychlá (viz obr. 21). Použity byly dva druhy hutního materiálu. Hlavní nosný trojúhelník je vyroben z uzavřených čtvercových profilů o rozměrech 70x70x5 mm [24]. Na příčky rámu byly také zvoleny uzavřené čtvercové profily o velikosti 40x40x3 mm [25]. Přípojná část rámu je vyrobena z ohýbané široké oceli o tloušťce 14 mm. Upínací část orebního tělesa je také ohýbaná široká ocel o tloušťce 8 mm. Veškerý hutní materiál byla zvolena ocel S355J0 (ČSN 11 523) pro její zaručenou svařitelnost v těchto tloušťkách a možnost zatěžování staticky i dynamicky [22].

Opěrné kolo je zde zvoleno značky OK-TRAKTORY (katalogové číslo: 3288) [26].

Kompletní orební těleso na objednávku dodá eshop Zemědělské potřeby M+S s.r.o. [27].



Obr. 21 Vlastní návrh pluhu

5 PEVNOSTNÍ KONTROLA VYBRANÝCH KONSTRUKČNÍCH UZLŮ

V této části bakalářské práce jsou provedeny kontrolní pevnostní výpočty vybraných konstrukčních uzlů:

- Kontrola spodního čepu závěsu na otláčení
- Kontrola nosného rámu na ohyb

5.1 KONTROLA SPODNÍHO ČEPU ZÁVĚSU NA OTLAČENÍ

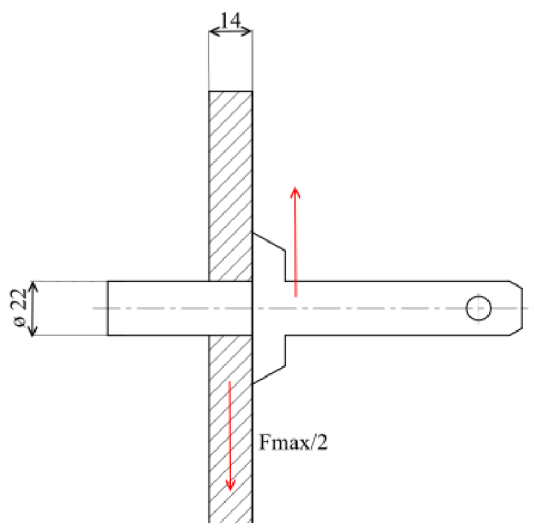
Pro dodržení kvality a bezpečnosti stroje je nutné zkontrolovat uložení čepu na otláčení. Přesný výpočet napětí vznikajícího při otláčení je komplikovaný, protože není známo přesné rozložení zatížení, které působí na válcovou plochu čepu. Obvykle se proto předpokládá, že toto zatížení je rovnoměrně rozloženo po průmětu styčné plochy čepu [28]. Tlak působící na průmět plochy potom bude (viz rovnice 13):

$$p = \frac{F_{max}}{2 \cdot t \cdot D_{\text{čepu}}} \leq p_{dov} \text{ [MPa]} \quad (13)$$

$$p = \frac{6300}{2 \cdot 14 \cdot 22}$$

$$p = 10,23 \text{ MPa} \leq 50 \text{ MPa} \quad \text{pevnostní výpočet vyhovuje}$$

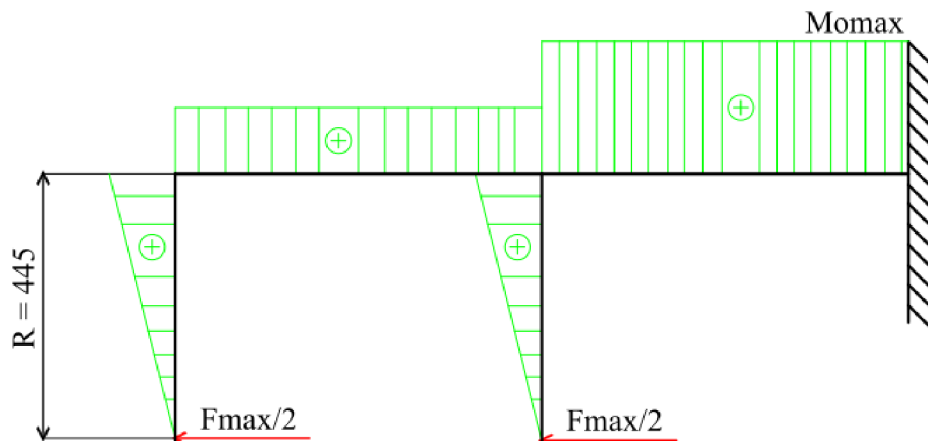
kde: p ...tlak působící na průmět plochy [MPa]
 $p_{dov} = 50 \text{ MPa}$...dovolený tlak na otláčení ocele [22]
 $t = 14 \text{ mm}$...tloušťka materiálu (viz obr. 22)
 $D_{\text{čepu}} = 22 \text{ mm}$...průměr vyměnitelného čepu (viz obr. 22)



Obr. 22 Schéma spodního čepu závěsu

5.2 KONTROLA NOSNÉHO RÁMU NA OHYB

Rám pluhu je navržen jako svařenec z uzavřených čtvercových profilů o rozměrech 70x70x5 mm [24]. Materiál polotovaru je zde zvolen S355J0 [24]. Pro výpočet ohybu je použit zjednodušující model (viz obr. 23):



Obr. 23 Průběh ohybového momentu na rámu pluhu

Pro kontrolu je proveden výpočet, podle literatury [28], kde je porovnán modul průřezu v ohybu navrženého profilu W_{on} (70x70x5 mm) [24] s výpočtovým modulem průřezu v ohybu W_o . Výpočet začíná zjištěním dovoleného napětí σ_{dov} (viz rovnice 14), následuje určení maximální ohybového momentu (viz rovnice 15) a modulu průřezu v ohybu (viz rovnice 16).

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k_n} [MPa] \quad (14)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{333}{1,5}$$

$$\sigma_{dov} = 222 \text{ MPa}$$

kde: σ_{dov} ...dovolené napětí v ohybu [MPa]
 $R_e = 333 \text{ MPa}$...mez kluzu pro materiál S355J0 [22]
 $k_n = 1,5$...zvolený návrhový součinitel

$$M_{omax} = 2 \cdot \frac{F_{max}}{2} \cdot R [Nmm] \quad (15)$$

$$M_{omax} = 2 \cdot \frac{6300}{2} \cdot 445$$

$$M_{omax} = 2803500 \text{ Nmm}$$

kde: M_{omax} ... maximální ohybový moment [Nmm]
 F_{max} ... maximální dovolená tahová síla [N]
 R ... rameno síly (viz obr. 23) [mm]

$$W_o = \frac{M_{omax}}{\sigma_{DOV}} [mm^3] \quad (16)$$

$$W_o = \frac{2803500}{222}$$

$$W_o = 12628,4 mm^3$$

kde: W_o ... modul průřezu v ohybu [mm³]

Pro navrhnutý profil 70x70x5 mm [24] bude modul průřezu v ohybu (viz rovnice 17):

$$W_{on} = \frac{B_1 \cdot H_1^3 - b_1 \cdot h_1^3}{6 \cdot H_1} [mm^3] \quad (17)$$

$$W_{on} = \frac{70 \cdot 70^3 - 60 \cdot 60^3}{6 \cdot 70}$$

$$W_{on} = 26309,5 mm^3$$

kde: W_{on} ... návrhový modul průřezu v ohybu pro navrhnutý profil [mm³]
 $B_1 = 70$ mm... vnější šířka profilu
 $H_1 = 70$ mm... vnější výška profilu
 $b_1 = 60$ mm... vnitřní šířka profilu
 $h_1 = 60$ mm... vnitřní výška profilu

Jako pevnostní kontrola musí platit podmínka (viz rovnice 18):

$$W_o < 2 \cdot W_{on} \quad (18)$$

$$12628,4 mm^3 < 2 \cdot 26309,5 mm^3$$

$$12628,4 < 52619,1 \quad \text{pevnostní výpočet vyhovuje}$$

ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce byl návrh neseného dvouradličného jednostranného pluhu pro agregaci s malotraktorem ve výkonové řadě do 40 kW (cca 30 k). Ověření návrhu je podloženo silovými, funkčními a rozměrovými výpočty.

V první polovině práce byla provedena rešerše podobných dvouradličných pluhů dostupných na trhu a malotraktorů obdobné výkonové řady. Dále také rešerše hlavních částí pluhů, jejich druhy a možnosti provedení. Geometrie odhrnovačky byla navržena kulturní jako ideální volba pro práci se zvoleným druhem půdy (hlinitá). Jako traktor pro agregaci s pluhem byl zvolen Šálek CABRIO comfort 50 KG. Druhá polovina práce se zaměřila na samotné výpočty a koncepční návrh. Veškeré výpočty včetně rozmístění, upevnění orebních těles na rámu a analýzy silových poměrů vycházejí ze zadaných hodnot a parametrů udávaných výrobcem traktoru.

Jeden z nejdůležitějších výpočtů byla střížná pojistka orebního tělesa, která chrání nástroj před zničením v případě kolize s cizím předmětem v zemi. Pro jednoduchost a snadnost výměny přímo na poli byla pojistka navržena jako ocelový drát z materiálu SR235JRG1, který se při přetížení snadno přestřihne a následně lehce vymění za nový.

Rám byl navržen tak, aby splňoval hlavní zadané parametry, jako jsou záběr pluhu (400 mm) a připojení pomocí tříbodového závěsu kategorie 1. Přesné rozměry tohoto závěsu předepisuje norma ISO 730. Pro ověření byl vypočítán i minimální požadovaný výkon motoru traktoru, který vyšel 27,18 kW což zvolený traktor splňuje i se značnou rezervou.

Při návrhu tohoto zařízení byl kladen důraz na výrobní jednoduchost, maximální využití běžně dostupných dílů, dále na snadnou servisovatelnost, spolehlivost a bezpečnost při práci. V návrhu se svařenec rámu dostal na hmotnost 57 kg, což je oproti konkurenci nižší hodnota. Po výrobě a odzkoušení pluhu je dále možná optimalizace konstrukce za účelem snížení pořizovací ceny.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] HŮLA, Josef a MAYER, Václav. Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy. Mechanizace (modrá ř.). Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1999. ISBN 80-710-5187-X.
- [2] PÁLTIK, Jaroslav. Stroje pre rastlinnú výrobu - obrábanie, sejba. Nitra: Pol'nohospodárska univerzita v Nitre, 2003. ISBN 80-8069-200-9.
- [3] Pöttinger SERVO 25. Online. AGROZET - náhradní díly, zemědělské stroje a technika. 2020. Dostupné z: <https://www.agrozet.cz/e-shop/pottinger-servo-25-d78460.html>. [cit. 2024-03-05].
- [4] BRANT, Václav. Základy zpracování půdy (5): Orba (II.). Online. Agromanuál. 2021, roč. 2021, č. 6, s. 134-136. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-6-orba-ii>. [cit. 2024-03-06].
- [5] BRANT, Václav. Základy zpracování půdy (5): Orba (I.). Online. Agromanuál. 2021, roč. 2021, č. 5, s. 149-151. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/zaklady-zpracovani-pudy-5-orba-i>. [cit. 2024-03-06].
- [6] HEZKÝ, Petr. Podzimní příprava půdy pro cukrovou řepu. Online. Uroda.cz - Informace o rostlinné výrobě pro zemědělské odborníky. 2021. Dostupné z: <https://uroda.cz/podzimni-priprava-pudy-pro-cukrovou-repu/>. [cit. 2024-03-06].
- [7] BRANT, Václav. Přeschnutí hřebenů brázd na jaře může vést po provedení předseťové přípravy k nerovnoměrné vzlínivosti vody k rostlinám. Online. In: Agromanuál. 2021. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/zaklady-zpracovani-pudy-5-orba-i>. [cit. 2024-03-06].
- [8] NOVOTNÝ, Filip. Technologie zpracování půdy, talířové pluhy, talířové podmiťáče a talířové brány. Online. Wwww.agroportal24h.cz. 2019. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/technologie-zpracovani-pudy-talirove-pluhy-talirove-podmitace-a-talirove-brany>. [cit. 2024-03-07].
- [9] Dvouradličný pluh s opěrným kolem DEMAROL. Online. TRAKTOR.COM.PL. Traktor.com.pl. 2023. Dostupné z: <https://traktor.com.pl/cs/zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A9-stroje/7543-dvouradli%C4%8Dn%C3%BD-pluh-s-op%C4%9Brn%C3%BDm-kolem-demarol.html>. [cit. 2024-03-20].
- [10] ZETOR, VÝZKUMNÝ ÚSTAV TRAKTORŮ. ČSN ISO 730-1, Zadní tříbodový závěs. Druhé. Brno.
- [11] JEDLIČKA, Milan. Tříbodový závěs je geniálním řešením. Online. Wwww.agroportal24h.cz. 2021. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/tribodovy-zaves-je-genialnim-resenim-ktere-usnadnuje-pripojeni-naradi-k-traktoru-vsichni-na-nej-cekali-vynalezce-ho-zadarmo-nedal>. [cit. 2024-05-20].

- [12] BRANT, Václav. Základy zpracování půdy (7): Orba (III.). Online. Agromanuál.cz. 2021. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-7-orba-iii-technicke-prostredky-pro-provadeni-orby>. [cit. 2024-03-09].
- [13] Dvouradličný jednostranný nesený pluh PN2-300. Online. Agroservis Šálek. 2020. Dostupné z: <https://www.agroservis.cz/cs/naradi/zpracovani-pudy/pn3-300-pn2-300-dvojradicny-triradicny-jednostranny-neseny-pluh/>. [cit. 2024-03-20].
- [14] Dvouradličný záhonový pluh DBF2. Online. DEMAshop. 2018. Dostupné z: https://demashop.cz/ostatni-pripojna-zarizeni/dema-dvouradicovy-zahonovy-pluh-dbf2-15921.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwkuqvBhAQEiwA65XxQB14xq2QIchf-mHntiLH6PcW5J_LAVLCskvIT-wcJfJyUvV4H-SynrhoCafQQA_vD_BwE. [cit. 2024-03-20].
- [15] Dvouradličný pluh za malotraktor Rubby II. Online. Zemědělské a zahradní stroje Jiří Blažek. 2000. Dostupné z: <https://www.blazek-jbl.cz/dvouradicny-pluh-za-malotraktor-rubby-ii>. [cit. 2024-04-07].
- [16] Pluh dvojradličný Wirax. Online. Traktorservis. 2002. Dostupné z: <https://traktorservis.cz/pluh-dvojradicny-wirax-c8272>. [cit. 2024-04-07].
- [17] Traktor Šálek CABRIO comfort 50 KG. Online. In: Agroservis Šálek. 2020. Dostupné z: <https://www.agroservis.cz/cs/malotraktory/s-prednim-rizenim/cabrio-comfort/>. [cit. 2024-04-07].
- [18] Traktor Kioti CK 5030. Online. In: Traktorykioti. 2019. Dostupné z: <https://www.traktorykioti.cz/sortiment/traktory/rada-ck/ck5030#product>. [cit. 2024-04-07].
- [19] Traktor JohnDeere 3046R. Online. JohnDeere. 2024. Dostupné z: <https://www.deere.cz/cs/kompaktni-uzitkove-traktory/rada-3/>. [cit. 2024-04-07].
- [20] Traktor Iseki TLE 3400. Online. Herbietjardin. 2005. Dostupné z: <https://www.herbietjardin.be/produit/tracteur-tle3400-diesel-iseki/>. [cit. 2024-04-07].
- [21] FRIEDMAN, Mikuláš a . Zemědělské stroje I. In: Zemědělské stroje I. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1973, s. 367.
- [22] LEINVEBER, Jiří a VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [23] KARDANKA. Čep 22/22 mm. Online. 2020. Dostupné z: https://www.kardanka.cz/cep-22-22-20194?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0ruyBhDuARIsANSZ3wrcG4-Sp9sSb9rKHt5ut0Rs89rQF7ahSvuS4SHoT6nWJ66uzeYoJcIaArAREALw_wcB. [cit. 2024-05-24].
- [24] ARTEON - HUTNÍ MATERIÁL. Uzavřený čtvercový profil 70x70x5. Online. Arteon - Hutní materiál. 2023. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/jekl-70x70x5/>. [cit. 2024-05-20].

- [25] ATREON - HUTNÍ MATERIÁL. Uzavřený čtvercový profil 40x40x3 (S355). Online. Atreon.cz. 2021. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/jekl--s355--40x40x3/>. [cit. 2024-05-24].
- [26] OK-TRAKTORY. Podpůrné kolečko pro pluh. Online. Ok-traktory.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.ok-traktory.cz/podpurne-kolecko-pro-pluh/>. [cit. 2024-05-24].
- [27] ZEMĚDĚLSKÉ POTŘEBY M S S.R.O. Zemědělské potřeby M+S. Online. Zemědělské potřeby M S. © 2024. Dostupné z: <https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz>. [cit. 2024-05-24].
- [28] BUDYNAS, Richard G. a NISBETT, J. Keith. Shigleyho konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2023. ISBN 978-80-214-5471-2.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CAD		počítačem podporované projektování
ČSN		česká technická norma
ISO		Mezinárodní organizace pro normalizaci
α	[°]	úhel naklonění traktoru při jízdě v brázdě
β	[°]	úhel natočení rámu pluhu
σ_{dov}	[MPa]	dovolené napětí v ohybu
τ_s	[MPa]	smykové napětí
A	[mm]	vzdálenost dolních závěsných kloubů
B	[mm]	maximální osová vzdálenost děr pro dolní vyměnitelný čep
b	[m]	šířka záběru orebního tělesa
B_1	[mm]	vnější šířka profilu
b_1	[mm]	vnitřní šířka profilu
C	[mm]	minimální osová vzdálenost děr pro dolní vyměnitelný čep
c	[mm]	šířka tříbodového závěsu
D	[mm]	výška stojánku
$D_{\text{čepu}}$	[mm]	průměr spodního vyměnitelného čepu
D_{pojistky}	[mm]	průměr střížné pojistky
d	[-]	součinitel dynamického odporu
E	[mm]	osová vzdálenost děr pro horní závěsný kloub
e	[mm]	vzdálenost první upínací plochy od kraje tříbodového závěsu
F_{max}	[N]	maximální dovolená tahová síla
F_o	[N]	tahový odpor orebního tělesa
F_{oc}	[N]	celkový tahový odpor pluhu
F_p	[N]	velikost síly potřebná k přestřihnutí pojistky na rameni L
F'_p	[N]	velikost síly potřebná k přestřihnutí pojistky na rameni L'
f	[mm]	příčná vzdálenost první a druhé upínací plochy
f_m	[-]	součinitel využití motoru
f_p	[-]	součinitel účinnosti převodů a přenosu hnací síly

f_v	[-]	spotřeba výkonu přídatnými zařízeními pluhu
g	[mm]	podélná vzdálenost první a druhé upínací plochy
H_I	[mm]	vnější výška profilu
h	[m], [mm]	hloubka orby
h_I	[mm]	vnitřní výška profilu
k_n	[-]	návrhový součinitel
k_p	[N·m ⁻²]	měrný odpor půdy
L	[mm]	vzdálenost bodu otáčení A od špičky čepele
L'	[mm]	vzdálenost bodu otáčení A od střížné pojistky
M_A	[N·mm]	moment síly k bodu A
M_{omax}	[Nmm]	maximální ohybový moment
n	[-]	součinitel bezpečnosti
P_t	[kW]	požadovaný výkon motoru traktoru
p	[MPa]	tlak působící na průmět plochy
p_{dov}	[MPa]	dovolený tlak na otláčení ocele
R	[mm]	rameno síly působící na rám pluhu
r	[mm]	vzdálenost os zadních kol udávaná výrobcem traktoru
R_e	[MPa]	mez kluzu materiálu
R_m	[MPa]	mez pevnosti materiálu
s	[mm]	šířka pneumatiky
t	[mm]	tloušťka materiálu
u	[mm]	vzdálenost kraje třibodového závěsu od vnitřní strany pneumatiky
v_p	[m·s ⁻¹]	pracovní rychlost
W_o	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
W_{on}	[mm ³]	návrhový modul průřezu v ohybu

SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

DJNP-01-00 Dvouradličný jednostranný nesený pluh (výkres sestavy)

DJNP-01-01-00 Rám svařence (výkres sestavy)

DJNP-01-01-01 Úchytka orebního tělesa (výkres sestavy)

DJNP-01-01-02 Úchytka orebního tělesa – základna (výkres součásti)

DJNP-01-01-03 Úchytka orebního tělesa – protikus (výkres součásti)

CAD model:

DJNP-01 Dvouradličný jednostranný nesený pluh (.SLDASM; .STEP)