



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

VÝKYVNÝ SEGMENT SVAHOVÉ TRAVNÍ SEKAČKY

THE SWINGING SEGMENT OF THE SLOPE LAWNMOWER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

IVA BERANOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Studentka: **Iva Beranová**
Studijní program: Základy strojího inženýrství
Studijní obor: Základy strojího inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Malášek, 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:

Výkyvný segment svahové travní sekačky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provedení rešeršního rozboru travních sekaček českých a světových výrobců s konstrukčním záměrem využití výkyvných pracovních segmentů. Funkční i konstrukční návrhy vlastních řešení výkyvných pracovních segmentů. Hlavním požadavkem kvality funkce těchto výkyvných segmentů bude dokonalost sekání travních ploch u kotvení nosných konstrukcí, především solárních elektráren.

Cíle bakalářské práce:

Provedení rešeršního rozboru travních sekaček českých a světových výrobců s konstrukčním záměrem využití výkyvných pracovních segmentů.

Po výběru nejlepšího konstrukčního řešení vypracování 3D modelu tohoto strojího zařízení, sestavného výkresu a konstrukční výkresové dokumentace včetně funkčních, rozměrových, případně pevnostních výpočtů.

Seznam doporučené literatury:

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

BIGOŠ, Peter, Jozef KUĽKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír KLAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

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

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením výkyvného segmentu svahové travní sekačky Spider 2SGS. Problematika údržby špatně dostupných ploch, např. kolem nosných konstrukcí solárních elektráren, není v současné době dostatečně řešena ani diskutována. Optimálním řešením této záležitosti je navržení přídatného žacího zařízení na již existující sekačku. Byla proto provedena rešerše na trhu dostupných výkyvných segmentů a účelu jejich využití. Dále byly popsány tři prototypy konstrukcí navržených firmou DVOŘÁK - svahové sekačky a výběr nejvhodnějšího na základě daných parametrů. Byly ověřeny parametry použitého klínového a ozubeného řemene a trvanlivost použitých ložisek na základě provedených konstrukčních výpočtů, vytvořena výkresová dokumentace všech součástí, podsestav a sestavy a 3D modelů sestavy výkyvného segmentu a celkový model zařízení na sekačce. Na základě provedených výpočtů a výkresové dokumentace byl sestaven prototyp s nímž bude provedeno následné testování v reálných podmínkách.

Klíčová slova

Výkyvný segment, svahová sekačka, obsekávání objektů, vyžínání

Summary

This bachelor thesis deals with the design of the swinging segment of the Spider 2SGS slope lawn mower. The issue of maintenance of hard-to-reach areas, e.g. around load-bearing structures of solar power plants, is currently not sufficiently addressed or discussed. The optimal solution to this issue is to design an additional mower for an existing mower. Therefore, a search was carried out on the market of available swinging segments and the purpose of their use. Furthermore, three prototypes of structures designed by the company DVOŘÁK - slope mowers and the selection of the most suitable one based on the given parameters - were described. The parameters of the V-belt and toothed belt used and the durability of the bearings used were verified on the basis of the design calculations performed, drawing documentation of all components, sub-assemblies and assemblies and 3D models of the swing segment assembly and the overall model of the equipment on the mower were created. On the basis of the calculations and drawing documentation, a prototype was assembled, which will be used for subsequent testing in real conditions.

Keywords

Swinging segment, slope mower, mowing objects round, string trimming

Bibliografická citace

BERANOVÁ, Iva. *Výkyvný segment svahové travní sekačky*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Jiří Malásek.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Iva Beranová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za trpělivost a cenné rady. Dále bych ráda poděkovala firmě DVOŘÁK - svahové sekačky za umožnění vypracování této práce, poskytnutí podkladů a cenných informací.

Iva Beranová

Obsah

Úvod	10
2 Rozbor problému a současného stavu	11
2.1 Výkyvné segmenty a výrobci	11
2.1.1 Dragone	12
2.1.2 INO Brežice	12
2.1.3 Ilmer	12
2.1.4 Van Wamel	12
2.1.5 Serrat	13
3 Požadavky firmy a cíle práce	15
4 Výběr prototypu	16
4.1 Prototyp A	16
4.2 Prototyp B	16
4.3 Prototyp C	17
4.4 Kritéria hodnocení	17
4.5 Výběr varianty	18
5 Konstrukční řešení výkyvného segmentu	20
5.1 Zařízení v závislosti na stroji	20
5.2 Převodové ústrojí	20
5.3 Rám	21
5.4 Ovládání pohybu ramene	22
5.5 Žací ústrojí	24
6 Výpočty	25
6.1 Výpočet klínového řemenu	25
6.2 Výpočet ozubeného řemenu	27
6.3 Výpočet ložisek	28
7 Konstrukční výkresová dokumentace	30
Závěr	32
Seznam použitých zdrojů	33
Seznam příloh	35

Úvod

S rozvojem urbanizace, budováním moderních staveb, rozšiřováním měst a obcí, ale na druhé straně také vývojem a pokrokem v zemědělství přichází otázka, jak se starat o bezprostřední okolí sídel, pozemních komunikací a staveb technické infrastruktury. Téma úpravy okolí se v poslední době dostává stále více do popředí a je viditelné i při krátké procházce městem. V nových výstavbových projektech hraje kromě podoby samotné budovy významnou roli i vzhled jeho okolí v podobě nových výsadeb stromů, keřů, nebo trvalkových záhonů. Podobná situace panuje nejen na poli městského prostředí, ale i prostory kolem technického zázemí mnoha průmyslových podniků se začínají proměňovat a je dbáno na vzhled blízkého okolí a vegetace. Průkopníkem je v tomto ohledu firma LIKO-S, která se věnuje výrobě celé škály inovativních stavebních prvků včetně zelených fasád, které jsou dominantou jejich výrobního sídla.

S takovýmito změnami je třeba počítat i při vývoji strojů k péči o vegetaci. Nemalé investice je třeba vkládat například i do úpravy rozsáhlých ploch pod solárními elektrárnami. Zde jsou hlavními problémy finanční náročnost údržby strojů a vysoké náklady na mzdy obsluhujících pracovníků.

Jednou z možností, jak se s tímto problémem vypořádat, je nákup víceúčelového stroje, který zastane práci několika menších strojů, v tomto případě křovinořezů, vyžínačů a sekaček. Zároveň je zapotřebí dbát na bezpečnost a ochranu zdraví při práci, kdy při sekání nebo vyžínání různých typů vegetace na různých plochách může dojít k odlétávání štěrku, kamenů nebo jiných potenciálně nebezpečných objektů. Tuto komplikaci úspěšně řeší využití dálkového řízení k ovládní stroje, tedy že obsluha stojí v bezpečné vzdálenosti od sekačky a nehrozí jí zranění. Z hlediska sečení jsou nejproblematictějšími ale často nejdůležitějšími místy okrajové plochy. Ať už se jedná o plochy kolem plotů, stromů nebo nosných konstrukcí, jedná se o místa těžko dostupná a vyžadující následnou péči. Navíc by případná vyšší vlhkost držící se v okolní zeleni mohla vést ke korozi ocelových prvků. Ideálním žacíím strojem by tedy byla kombinace dálkově řízené sekačky s výkyvným segmentem k obsekávání těžko dostupných prostor.

2 Rozbor problému a současného stavu

Použití výkyvných segmentů nebo-li ramen je záležitostí především výrobců komunální a zemědělské resp. vinařské techniky. Využívá se všude tam, kde je zapotřebí obsekat špatně dostupné plochy, které jsou běžnou technikou těžko dosažitelné a nebo by jejich aplikace narušila obsekávané prvky. V městských zástavbách se výkyvné rameno dá využít k vyžínání porostu kolem městské výsadby, mobiliáře, svislého dopravního značení. Využití by jistě našly i při udržování plevelem zarostlých svodidel u silnic a dálnic. V zemědělské praxi se rameno ukázalo jako ideální prostředek k vyžínání plevelu kolem jednotlivých rostlin vinné révy na vinicích, déle pak kolem svislých částí ohradníků pro hospodářská zvířata. Případné využití lze očekávat i v lesnictví při péči o mladé sazenice stromů. Avšak v souvislosti s nalézáním alternativních zdrojů elektrické energie se objevuje nové pole působnosti v podobě udržování ploch pod panely solárních elektráren.

2.1 Výkyvné segmenty a výrobci

Sekačky, které jsou nabízeny s výkyvnými segmenty lze rozdělit na nesené nebo tažené a samohodné. Valná většina sekaček osazená výkyvnými segmenty je v dnešní době tažená a je určena k zemědělské údržbě. Tuto skutečnost lze přisoudit tomu, že pro zemědělce je zřejmě výhodnější pořídit si jen tažený stroj, který se zapřáhne např. za traktor, který už zemědělec vlastní.

Dnešní renomovaní výrobci zahradní a komunální techniky toto zařízení v podstatě nevyužívají. V portfoliu výrobců sekaček pro širokou veřejnost jako je např. Honda, Husqvarna nebo Stiga se objevují většinou jen běžné bubnové nebo vřetenové sekačky s benzinovým, elektrickým nebo akumulátorovým pohonem. Prostor kolem hůře dostupných míst poté uživatel pokosí křovinořezem nebo vyžínačem. Při nesprávné manipulaci však může dojít k poškození obsekávaného objektu. Tato záležitost se zdá obzvláště závažná při udržování plochy kolem vegetace. Kůra stromu poškozená strunovým vyžínačem může zapříčinit postupné chřadnutí stromu a v případě mladých stromů nebo velkého zasažení jeho úplnou destrukci.

Problematika údržby prostoru pod solárními panely není dosud příliš probírána ani řešena. Tato plocha je přitom velmi členitá a navíc omezena minimální výškou panelů nad zemí. Jednu z mála možností nabízí firma DVOŘÁK - svahové sekačky v podobě sníženého modelu sekačky 2SGS, která je určena přímo k vyžínání porostu pod fotovoltaickými elektrárnami. Sekačka jako taková dokáže posekat většinu plochy. Jediným těžko dosažitelným místem je ukotvení nosných prvků panelů v zemi. Tento zbylý porost je pak nutné dodatečně pokosit vyžínačem nebo křovinořezem, což znamená značné prodloužení času údržby. V případě dlouhodobé neúdržby těchto prostor může docházet k předčasnému vzniku koroze na konstrukci z důvodu hromadění vlhkého materiálu. Z výše zmíněných důvodů by se zdálo použití výkyvného segmentu jako ideální řešení.

2.1.1 Dragone

Dragone je slovinský výrobce zemědělské techniky, který se ve své výrobě zaměřuje především na mulčovače, postřikovače a ostatní stroje pro údržbu vinic. Na obr. 1 je zobrazeno využití samostatného ramene DISC G k údržbě meze mezi poli [1].



Obrázek 1: Výkyvný segment Disco interfilare [1]

2.1.2 INO Brežice

Slovinská firma INO Brežice se věnuje výrobě různých zemědělských strojů k připojení k motorovému vozidlu. V jejich portfoliu lze nalézt cepové sekačky Vinalia s výkyvnými rameny po obou stranách určené k udržování vinic. Obrázek 2 znázorňuje využití modelu Vinalia v praxi při úpravě porostu na vinici [2].

2.1.3 Ilmer

Italská firma Ilmer zaměřující se podobně jako INO Brežice na výrobu tažené zemědělské techniky vyrábí cepové sekačky s výkyvným ramenem uloženým buď symetricky na obou stranách nebo pouze jednostranně. Na obr. 3 je zobrazen model SMG s oboustrannými rameny [3].

2.1.4 Van Wamel

Van Wamel je nizozemský výrobce zemědělské techniky, který se zabývá poměrně širokou škálou výrobků, od vysokozdvíhových vozíků až po linky na třídění a balení ovoce a zeleniny. Významnou měrou se věnují sekačkám pro vyžínání porostu na vinicích a v sadech. Nabízí jak dvouramenné a jednoramenné sekačky s žacím ústrojím v prostřední části, tak i samostatné výkyvné segmenty. Ve všech případech se jedná o tažená zařízení. Na obr.



Obrázek 2: Sekačka Vinalia s výkyvnými rameny po obou stranách [2]



Obrázek 3: Sekačka SMG svýkyvnými rameny [3]

4 je samostatné rameno SFX. Jeho výhodou je možnost využití buď paralelogramu nebo hydraulického ovládání polohy ramene například u křehkých mladých stromů, které by se pod tlakem ramene s paralelogramem mohly poškodit [4].

2.1.5 Serrat

Serrat je španělská firma vyrábějící zemědělskou techniku, Vyrábí samostatná jedno i oboustranná ramena, ale narozdíl od ostatních výrobců produkují i jednostranné rameno



Obrázek 4: Samostatné výkyvné rameno SZX [4]

s pohyblivou vertikální osou Interpiquet High Cut určenou ke kácení stromů a keřů, což je znázorněno na obr. 5.



Obrázek 5: Výkyvné rameno Interpiquet High Cut ke kácení stromů [5]

3 Požadavky firmy a cíle práce

Základním požadavkem firmy je návrh přídatného zařízení k sekačce Spider ILD02, resp. 2SGS k sekání těžko udržovatelných ploch kolem vegetace, vertikálních konstrukčních prvků, obrubníků, atd. Vzhledem k tomu, že valná většina v současnosti vyráběných výkyvných ramen využívá konceptu přípojného zařízení k motorovému vozidlu, jednalo by se o nový přístup v podobě kyvného ramene jako součásti žacího stroje. Zároveň by se jednalo o jistý přesah do zahradní a komunální techniky, kde prozatím výkyvné segmenty nejsou příliš využívány.

Firma Spider uvedla jako své hlavní požadavky:

- jednoduchou konstrukci
- univerzální použití
- nízkou cenu
- snadnou údržbu

Hlavním záměrem práce je zhodnotit přínosy a zápory navrhovaných prototypů a dále pokračovat v podrobném rozboru vybraného nejvhodnějšího řešení. Konkrétními body práce jsou:

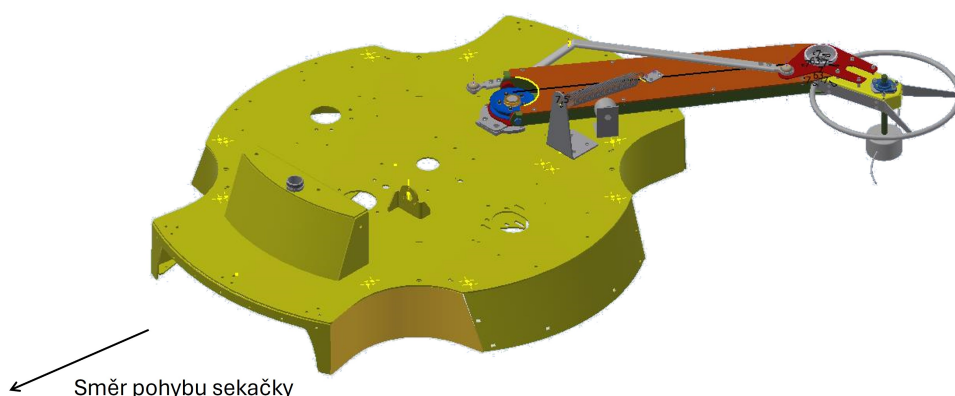
- Vymodelování všech 3D modelů prototypů na skeletu sekačky, popis jednotlivých konstrukcí a následný výběr nejvhodnější na základě hodnotících kritérií a zdůvodnění volby.
- Charakterizace vybraného konstrukčního řešení, popis jeho dílčích částí, zvoleného pohonu, technologie sečení, kinematické schéma atd.
- Výpočty vybraných konstrukčních prvků, jejichž nevhodná volba by potenciálně mohla vést k vyřazení konstrukčního celku z provozu.
- Vyhotovení výkresové konstrukční dokumentace jednotlivých součástí, dílčích podsestav a kompletní sestavy.
- Vytvoření 3D modelu výkyvného segmentu na sekačce Spider 2SGS a nákresu pohybu žacího ústrojí kolem objektu.

4 Výběr prototypu

Vývojové oddělení firmy přišlo s celkem třemi možnými prototypy výkyvných ramen.

4.1 Prototyp A

Toto řešení je znázorněno na obrázku 6. Jedná se o rameno poháněné na hřídeli jednoho z nožů žacího ústrojí sekačky. Pohon je zprostředkován pomocí řemenového převodu ve dvou stupních. Výsledný převodový poměr je do rychla a pohybuje se kolem hodnoty 0,5. V prvním úseku ramene je použit klínový řemen z důvodu možného mírného natočení ramene při pohybu. V druhé části se vyskytuje řemen ozubený, poněvadž je takřka bezúdržbový. Rameno je rozděleno na dvě části spojené rotační vazbou. Segment je umístěn na vrchní straně skeletu žacího ústrojí. Samotné sečení je zajištěno strunou na hřídeli, která je pomocí ložisek uložena na konci druhé části ramene. Ovládání polohy ramene je uskutečněno pomocí táhla upevněného ke skeletu sekačky na jedné straně a k páce na straně druhé. Do krajní polohy bude rameno vraceno pomocí pružiny. Nosná konstrukce ramene zároveň slouží jako krytování převodových rotujících částí. Krytování rotujícího pracovního nástroje je zajištěno samostatnou svařovanou součástí.

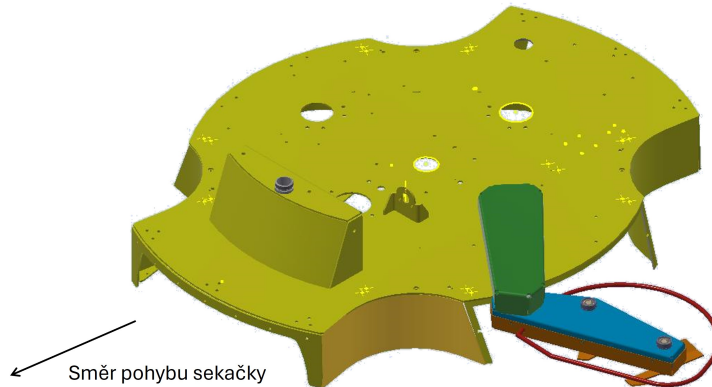


Obrázek 6: Prototyp A umístěný na skeletu sekačky 2SGS

4.2 Prototyp B

Druhé možné řešení kyvného ramene znázorněno na obrázku 7 je stejně jako u předchozího poháněno na hřídeli jednoho z nožů, tentokrát ale na noži bočním. Rotační pohyb je přenášen pomocí klínových řemenů ve dvou stupních na dva pracovní nástroje. Konečný převodový poměr je do rychla a podobně jako v kapitole 4.1 je přibližně roven 0,5. Rameno je taktéž rozděleno do dvou částí, pohyblivá je však jenom jedna, nesoucí

pracovní nástroje. Rameno bude vraceno do své krajní polohy pomocí pružiny. Segment je stejně jako u řešení A umístěn na vrchní části skeletu. Sečení je zde umožněno dvěma noži. Nevýhodou je v tomto případě nutnost vyříznutí otvoru ve skeletu kvůli druhé části ramene s noži. Vymezení rotace nožů od blízkých objektů je vytvořeno pomocí trubkového svařence.



Obrázek 7: Prototyp B umístěný na skeletu sekačky 2SGS

4.3 Prototyp C

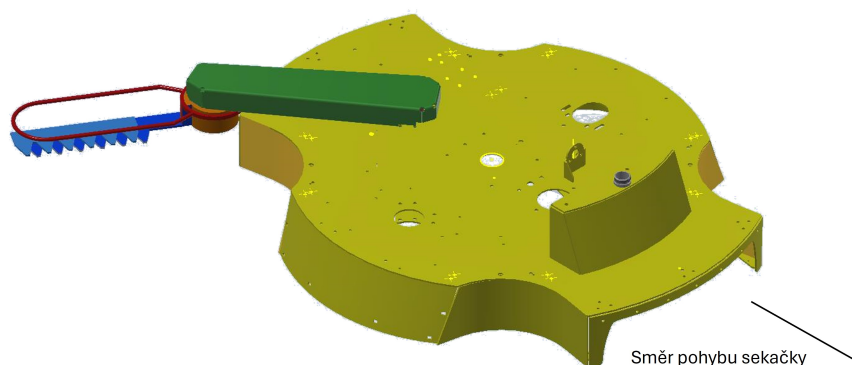
Třetí varianta výkyvného segmentu zobrazena na obrázku 8 je poháněna na hřídeli zadního nože pomocí klínového řemenu. Technologie sečení je oproti předchozím dvěma rozdílná a jedná se o dvoudílnou žací lištu. V tomto případě je tedy nutné převést rotační pohyb z řemenice na pohyb translační. Tento úkon je zajištěn výstředníkem. Rameno je složeno ze dvou částí a stejně jako je tomu v případě z podkapitoly 4.2 je pohyblivá pouze druhá část ramene. Segment se nachází na vrchní části skeletu. Rameno bude vraceno do krajní polohy pomocí pružiny. Rám výkyvného segmentu slouží taktéž jako krytování rotujících částí převodů. Vymezení pohybu lišty proti obsekávaným objektům je zajištěno pomocí trubkového svařence.

4.4 Kritéria hodnocení

K volbě nejvhodnějšího konstrukčního řešení je nutné zavést adekvátní kritéria a zvážit jejich důležitost. Toto zhodnocení je uvedeno v tabulce 1.

Významným kritériem při volbě konstrukčního řešení je pohyblivost ramene a jeho tuhost při styku s obsekávaným předmětem. Rameno by mělo být dostatečně mobilní a zároveň se ideálně prohnout a nenarušit ani neporušit okolní prostor.

Dosah ramene je důležitý hlavně z důvodu obsekávání nedostupných a uzavřených míst, ke kterým není možné se blíže přistavit strojem.



Obrázek 8: Prototyp C umístěný na skeletu sekačky 2SGS

Tabulka 1: Kritéria hodnocení

Váha kritéria	Kritérium	1 bod	2 body	3 body
6	Pohyblivost	Nedostatečná	Dostatečná	Výborná
5	Dosah ramene	Malý	Střední	Velký
4	Konstrukční jednoduchost	Velmi složitá	Složitá	Jednoduchá
3	Uživatelská jednoduchost	Velmi složitá	Složitá	Jednoduchá
2	Univerzalita použití	Nízká	Střední	Vysoká
1	Kvalita sečení	Nedostatečná	Dostatečná	Výborná

Konstrukční jednoduchost je stejně jako u ostatních strojních zařízení žádanou charakteristikou. Jednoduchá konstrukce znamená nejen snadnou montáž, ale také snadnou opravu. S tím úzce souvisí i uživatelská jednoduchost, kdy zvolením jednoduché konstrukce lze přispět i ke snazší manipulaci uživatelem.

Různé typy žacích ústrojí znamenají odlišné využití v praxi. Je proto důležité zvolit kompromisní řešení vhodné pro většinu aplikací.

Na kvalitu posečené plochy není v tomto případě kladen takový důraz, je tedy možné ji označit nižší vahou.

4.5 Výběr varianty

Pro výběr prototypu bylo nutné porovnat hodnotící kritéria u všech výše zmíněných variant, což je zobrazeno v tabulce 2.

Z hodnot v tabulce 2 vyplývá, že nejvhodnějším řešením je varianta A, se kterou bude také dále uvažováno.

Pohyblivost ramene je pro konstrukci zařízení nejpodstatnější záležitost, neboť by pro budoucí konstrukci bylo vhodné pohybovat s ramenem na obě strany a umožnit tak sekání pro pravou i levou stranu. Tuto schopnost prozatím nabízí pouze varianta A.

Tabulka 2: Výběr varianty dle hodnotících kritérií

Váha kritéria	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
	Známka	Výsledek	Známka	Výsledek	Známka	Výsledek
6	3	18	1	6	1	6
5	3	15	1	5	2	10
4	2	8	2	8	1	4
3	2	6	1	3	1	3
2	1	2	2	4	2	4
1	1	1	3	3	3	3
Suma		50		29		30

Dosah ramene je díky dvoudílné konstrukci s čtyřkloubovým mechanismem největší u varianty A a umožňuje tak dokonalejší obsekání objektů.

V případě konstrukční jednoduchosti je zdaleka nejhorší volbou varianta C. Pohon pomocí řemenů, jako je tomu v případě A a B, je konstrukčně značně jednodušší než lištového žací ústrojí s výstředníkem.

Uživatelská jednoduchost tkví v péči o žací ústrojí. Nejmenší údržbu vyžaduje strunová žací hlava, v ideálním případě automatická. V případě variant B a C bude docházet ke ztupení žacího nože a lišty a bude nutné provést údržbu v podobě broušení.

Sečení pomocí nože a lišty se hodí pro většinu aplikací a navíc na rozdíl od strunové žací hlavy nepoškozují travní porost.

Nejlepší kvalitu stříhu vegetace lze očekávat u variant B a C, zatímco varianta A nabízí pouze omezenou jakost sečení.

5 Konstrukční řešení výkyvného segmentu

5.1 Zařízení v závislosti na stroji

Zařízení bude připevněno k horní části skeletu sekačky prostřednictvím několika součástí. V přímém kontaktu se skeletem je třmen přišroubovaný spolu s pojistkou. Tyto dvě součástky zajišťují polohu silonového pouzdra. K pouzdru je pomocí šroubů připojen svařenec závěsu a dvou válečků se závitem, který je k rámu připevněn dvěma vyrobenými šrouby. Závěs s pouzdrum se tedy pohybují současně, přičemž silonové pouzdro umožňuje snadný pohyb po skeletu sekačky. Pohled na uložení ramene je zobrazen na obr. 9. V obrázku je svařenec závěsu a válečků vyznačen červenou barvou, šrouby modrou barvou, pouzdro tmavě šedou třmen fialovou, pojistka růžovou.

Jedním z požadavků firmy vzhledem k umístění segmentu na stroji je retrofit, tedy možnost instalace zařízení na již dříve vyrobené a prodané stroje. Z toho důvodu je nutné zachovat nízkou zástavbovou výšku ramene.



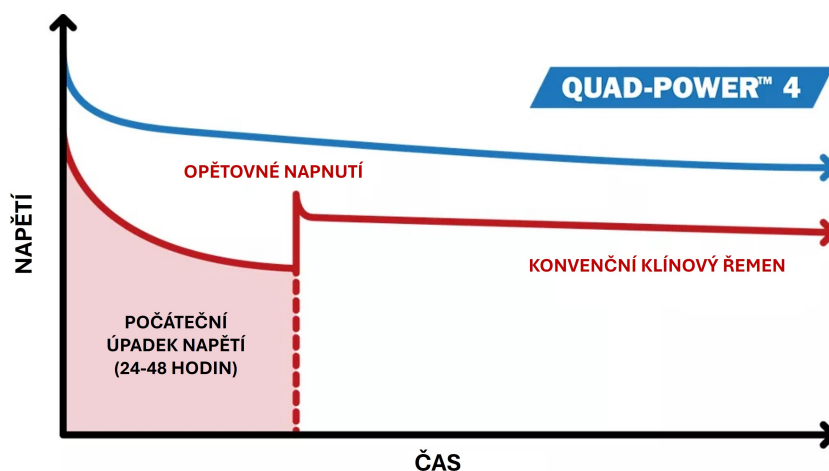
Obrázek 9: Uložení ramene a skeletu

5.2 Převodové ústrojí

K převodu rotačního pohybu na pracovní nástroj bylo využito dvoustupňového řemenového převodu. V první části výkyvného ramene, které se nachází v bezprostřední blízkosti stroje, je použit řemen úzký klínový profilu SPZ. Úzký klínový řemen je vhodný pro široké spektrum použití a oproti řemenu s klasickým průřezem přenáší o 50 až 100 % vyšší výkon. [6]

Firma navrhuje použití vysokovýkonného řemene Quad-Power 4 od firmy Gates s profilem XPZ o výpočtové délce 1987 mm. Jedná se o řemen s vnitřním vroubkováním, který se dle výrobce vyznačuje svou bezúdržbovostí a netrpí výrazným poklesem napnutí

během prvních hodin po instalaci [7]. Na obr. 10 je graf znázorňující průběh napětí v řemenu Quad-Power 4, který není zapotřebí dopínat a průběh napětí u běžného klínového řemenu s dopnutím.



Obrázek 10: Graf porovnávající závislost napětí v řemenu Quad-Power 4 bez dopnutí a běžném klínovém řemenu s dopnutím na čase, upraveno dle [8].

Na hřídeli pohánějící jeden z nožů sekačky je umístěna sestavná řemenice s měnicím se výpočtovým průměrem. Sestavná řemenice se skládá z náboje s drážkou pro pero, dvou vnějších plechových součástí tvořících boční plochy pro dosednutí řemenu, a několika 1mm výměnných plechů, které lze vyjmout a zmenšit tak vzdálenost mezi bočními plochami a tím dopnout řemen. Řemenice je sešroubována pěti šrouby s podložkou a maticí.

Na druhém konci první části ramene se nachází řemenice s výpočtovým průměrem 71 mm. Tato klínová řemenice je uložena na jedné hřídeli spolu s řemenicí ozubenou a rotační pohyb je přenášen taktéž pomocí těsného pera, v tomto případě prochází jedno pero oběma řemenicemi. Použitý ozubený řemen je taktéž výrobkem firmy Gates a jedná se o řemen PowerGrip profilu 5MGT3, šířky 15 mm o výpočtové délce 550 mm [9]. Řemenice na hřídeli pracovního nástroje je stejného průměru jako řemenice navazující, tedy. Obě klínové řemenice patří mezi součástky, které již firma na svých strojích využívá a je tedy možné je s výhodou aplikovat i zde.

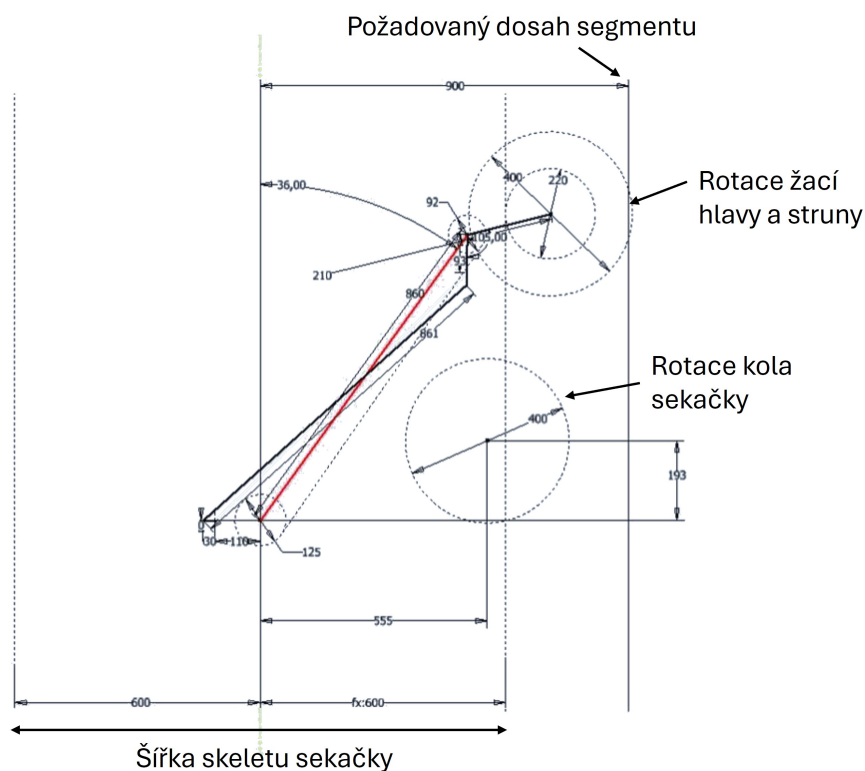
5.3 Rám

Rám stroje se skládá z několika součástí vyrobených z hliníkového plechu tloušťky 5 mm na laserovém vypalovacím stroji a následně zohýbaných do požadovaného tvaru. Rám navíc funguje i jako základní kryt rotujících částí. První část ramene je složena ze dvou kompatibilních výpalků k sobě přišroubovaných. Druhá část segmentu se skládá ze dvou zrcadlově symetrických výpalků spojených šrouby. Obě části ramene jsou spojeny pomocí otvorů v rámu první části a silonových misek přišroubovaných skrze upínací ložiska v části druhé. Misky a otvory mají vůči sobě jistou vůli k zachování plynulého pohybu ramene při sečení.

5.4 Ovládání pohybu ramene

Na obrázku 11 je znázorněn schematický náčrt ramene ve své krajní poloze. Po konzultaci se zákazníky, kteří využívají sekačku na plochách pod solárními panely vzešel požadavek na rozšíření dosahu o 30 cm od šířky skeletu sekačky. Tohoto dosahu lze docílit při náklonu ramene o 36° vzhledem k rovině procházející osou sekačky. Na schématu je dále znázorněna poloha rotace kola sekačky¹ pro lepší představu o mezní poloze a její umístění vzhledem k ostatním prvkům sekačky.

Stavbu výkyvného ramene lze charakterizovat jako čtyřkloubový mechanismus. Jeho kinematický náčrt je pak znázorněn na obr. Jeho součástí je svařenec táhla s příšroubovanými kotvicími prvky v podobě kloubu a silonového pouzdra, jenž tvoří první kinematický člen. Jeden konec táhla je připevněn ke skeletu sekačky, druhý k páce, která ovládá natáčení druhé části ramene a rotaci první části ramene kolem osy hřídele nože. Druhým kinematickým členem je první část ramene a třetím je druhá část ramene s pákou.

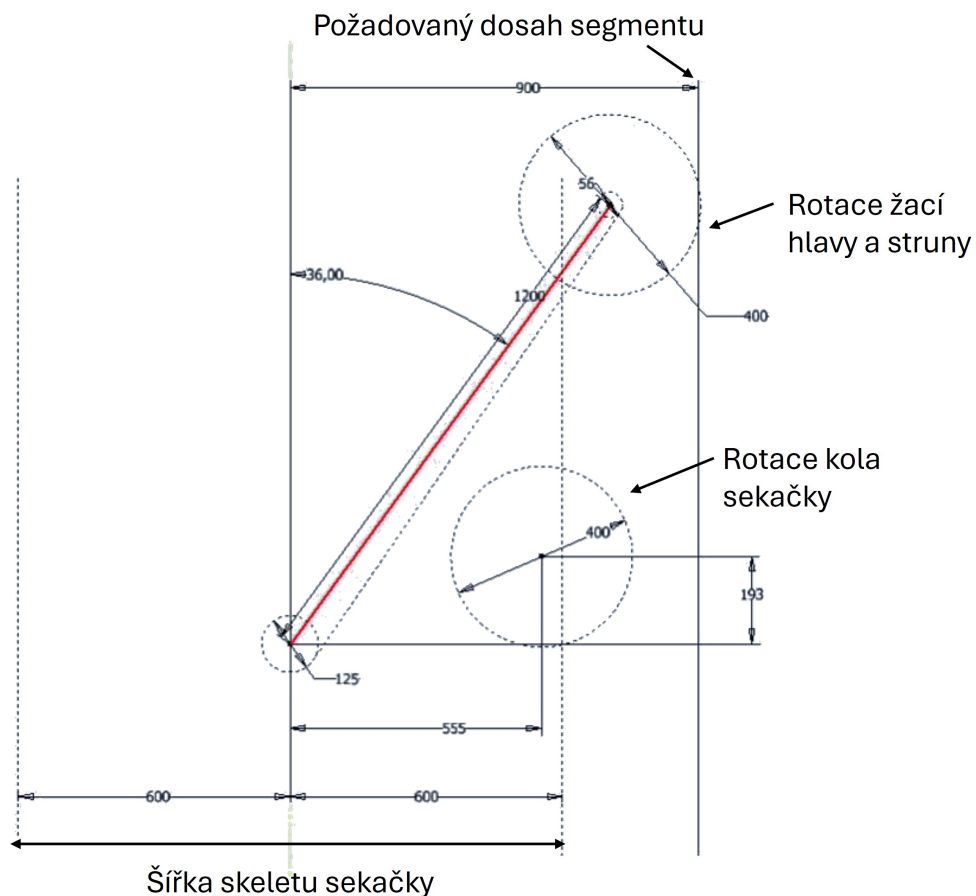


Obrázek 11: Schématické zobrazení dosahu ramene

Možným konstrukčním řešením by byla varianta pouze s jednodílným ramenem. Jednalo by se o značně jednodušší konstrukci, která by byla plně dostačující pro sekání na jedné straně. Značnou nevýhodou by však byla nutnost zvětšit délku ramene o 340 mm při zachování stejného úhlu naklonění k dosažení podobného akčního radiusu jako s dvoudílným segmentem, což je znázorněno na obr. 12. Problémem by navíc mohlo být použití velmi dlouhého řemenu, což by mohlo vést k nadměrnému chvění řemenu v ochablé části opásání. Funkce sečení je momentálně dostupná pouze pro jednu stranu. Pro budoucí

¹sekačka se vyznačuje tzv. tančícím krokem, což znamená, že je schopna jezdit do všech směrů a podle směru jízdy natáčet kola

konstrukci se však počítá s možností sekání na obou stranách. Z toho důvodu je zvolena konstrukce dvoudílného ramene místo jednodílného. Jednodílné rameno je sice značně jednodušší a pro možnost sečení jen z jedné strany dostačující, do budoucna se však firma chystá toto zařízení uzpůsobit k sečení po obou stranách a tedy překlápět rameno zprava doleva a obráceně. Vzhledem k omezenému prostoru není možné na tento model sekačky umístit konstrukční prvky umožňující překlápění ramene. Potenciální plné využití dvoudílného ramene a tudíž i sečení po obou stranách lze však do budoucna očekávat např. u sekaček s elektrickým pohonem ², které firma vyvíjí.



Obrázek 12: Schématické zobrazení dosahu ramene při jednodílné variantě

Dalším funkčním prvkem je pružina. Ta je na jednom konci připevněna ke skeletu pomocí ohýbaného plechového viz. a na svém druhém konci k vrchnímu rámu ramene pomocí přišroubovaného plechového oka. Pružina udržuje rameno v krajní poloze, která je zajištěna pryžovým dorazem. Doraz je součástka nakoupená u subdodavatele [10]. Po kontaktu ramene s obsekávaným prvkem udržuje pružina napjatost a dostatečný přítlak k povrchu, aby bylo dosaženo co nejkvalitnější seče v co největší blízkosti. Vybraná pružina je součástka nakoupená od subdodavatele [11] a byla zvolena na základě předchozích zkušeností firmy, neboť není známá síla působící na koncovou část ramene při sekání.

²díky absenci motoru je zde větší prostor nad skeletem sekačky

5.5 Žací ústrojí

Schopnost sečení je obstarána za pomoci automatické vyžínací hlavy Superauto II od firmy Husqvarna. Předností této hlavy je především její nízká údržba, neboť se struna automaticky vysouvá z cívky v závislosti na odstředivé síle a udržuje tak její ideální délku [12]. Na hřídeli je upevněna pomocí závitů.

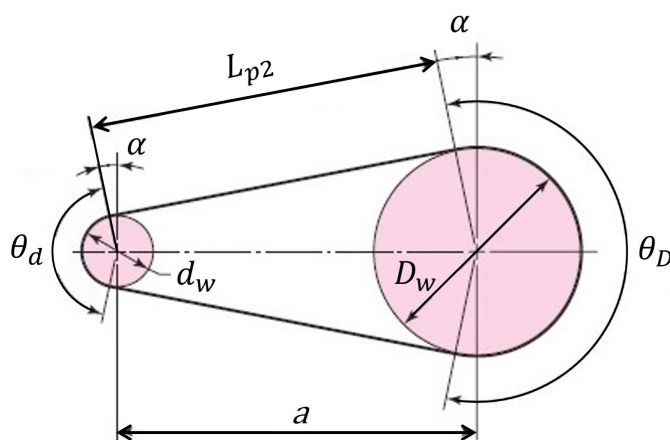
Možnou alternativou je žací hlava DuroCut 5-2 od značky Stihl. Na rozdíl od výše zmíněné hlavy od Husqvarny obsahuje tato hlava dvě manuálně vyměnitelné struny [13]. Výhodou však jsou vysoce výkonné a odolné struny z otěruvzdorného polyamidu k sečení i tvrdé a hustě rostoucí trávy [14].

6 Výpočty

6.1 Výpočet klínového řemenu

Na obrázku 13 je vyobrazeno schéma řemenového převodu s vyznačenými geometrickými rozměry potřebnými pro následující výpočty. Výpočtový průměr menší řemenice zde značí d_W , výpočtový průměr větší řemenice D_W , osová vzdálenost a , úhel opásání menší řemenice ϕ_d , úhel opásání větší řemenice ϕ_D , doplňkový úhel α a výpočtová délka L_{p2} . Konkrétní hodnoty d_W , D_W a a jsou uvedeny níže viz (6.1), zbývající veličiny jsou dopočítány níže.

$$d_W = 71 \text{ mm} \quad D_W = 106 \text{ mm} \quad a = 860 \text{ mm} \quad (6.1)$$



Obrázek 13: Schéma řemenového převodu se zaznačenými rozměry pro výpočty, upraven dle [6]

Pomocí vztahu (6.2) lze získat hodnotu výpočtové délky řemene L_W . Reálná délka řemene se však řídí vyráběnými velikostmi výrobce Gates, byla tedy zvolena délka $L_{Wr} = 2000 \text{ mm}$.

$$L_w = 2a + \pi \frac{D_W + d_W}{2} + \frac{(D_W - d_W)^2}{4a} = 1998 \text{ mm} \quad (6.2)$$

Úhel opásání řemenu na obou řemenicích lze určit rovnicí (6.3), respektive (6.4).

$$\phi_d = \pi - 2 \arcsin\left(\frac{D_W - d_W}{2a}\right) = 3,094 \text{ rad} \rightarrow \phi_d = 177,67^\circ \quad (6.3)$$

$$\phi_D = \pi + 2 \arcsin\left(\frac{D_W - d_W}{2a}\right) = 3,189 \text{ rad} \rightarrow \phi_D = 182,33^\circ \quad (6.4)$$

Další důležitou veličinou je převodový poměr i_k vypočítaný viz (6.5). Ten je spolu s otáčkami na větší řemenici n_D , který je známý a rovná se velikosti otáček na noži sekačky, nutný k vypočítání hodnoty otáček na menší řemenici n_d viz rovnice (6.6).

$$i_k = \frac{d_W}{D_W} = 0,67 \quad (6.5)$$

$$n_D = 3215 \text{ min}^{-1} \quad n_d = \frac{n_D}{i_k} = 4800 \text{ min}^{-1} \quad (6.6)$$

Dle výrobce má použitý řemen XPZ 2000 Lp Gates Quad-Power® 4 hmotnost $m_1 = 0,123 \text{ kg}$ [15]. Pomocí této hodnoty lze dále zjistit délkovou hmotnost ρ_l viz rovnice (6.7).

$$\rho_l = \frac{m_1}{L_{Wr}} = 0,062 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad (6.7)$$

K dalším výpočtům je třeba informací, které výrobce neposkytuje, ale nabízí kalkulaci. Výpočty dle ČSN 02 3114 pro úzký klínový řemen nenabízejí pro dnešní použití a moderní typy řemenů dostatečně vypovídající výpočty a proto byl výpočet proveden pomocí generátoru převodu klínovým řemenem v programu Inventor. Vstupní hodnoty jsou rozepsány níže viz tab. 3.

Tabulka 3: Tabulka vstupních hodnot

Veličina	Hodnota
výpočtový průměr menší řemenice	$d_W = 71 \text{ mm}$
výpočtový průměr větší řemenice	$D_W = 106 \text{ mm}$
kroutící moment	$M_t = 5 \text{ Nm}$
otáčky na menší řemenici	$n_d = 4800 \text{ min}^{-1}$
součinitel úhlu opásání	$c_1 = 0,995$
provozní součinitel	$c_2 = 1,1$
součinitel délky řemenu	$c_3 = 1,02$
součinitel počtu řemenů	$c_4 = 1$
součinitel počtu řemenic	$c_5 = 1$
součinitel předpětí	$k_1 = 1,3$

Kroutící moment $M_t = 5 \text{ Nm}$ je hodnota získaná od konstrukčního oddělení firmy. Součinitel úhlu opásání c_1 byl automaticky vybrán dle normovaných hodnot (rovná se téměř jedné, neboť kvůli větší osové vzdálenosti je úhel opásání roven skoro 180°). Provozní součinitel c_2 byl zvolen v závislosti na provozní době menší než 10 h a náročnosti pohonu jako středně těžký. Součinitel délky řemenu $c_3 = 1,02$ je hodnota automaticky získaná. Součinitel počtu řemenů c_4 je roven jedné, jelikož se jedná o převod pouze s jedním řemenem. Součinitel počtu řemenic c_5 se rovná jedné, neboť se počítá pouze s jednoduchým převodem s dvěma řemenicemi. Součinitel předpětí $k_1 = 1,3$ lze uvažovat libovolně.

Získané hodnoty jsou rozepsány níže viz tab. 4. Dle hodnoty potřebného počtu řemenů $z_{er} = 0,374$ lze tvrdit, že využití jednoho řemenu je bezpečné. Rychlost řemenu $v = 17,844 \text{ m s}^{-1}$ je menší než maximální dovolená rychlost řemenu maximální rychlost řemenu $v_{max} = 50 \text{ m s}^{-1}$ z čehož vyplývá, že řemen nebude přetěžován příliš vysokými otáčkami. Velikost délkové hmotnosti řemene ρ_{lv} získaná prostřednictvím generátoru se od vypočtené hodnoty ρ_l mírně liší. Velikost skluzu řemenu $s = 0,006$ je hodnota zanedbatelná a značí správnost volby řemenu. Vzhledem k tomu, že výsledný provozní součinitel $c_{PR} = 2,937$ je větší než provozní součinitel $c_2 = 1,1$ je použitý řemenový převod považován za optimální.

Tabulka 4: Tabulka výstupních hodnot

Veličina	Hodnota
Potřebný počet řemenů	$z_{er} = 0,374$
Rychlost řemenu	$v = 17,844 \text{ m s}^{-1}$
Frekvence ohybů řemenů	$f = 17,844 \text{ Hz}$
Obvodová síla	$F_p = 94,34 \text{ N}$
Odstředivá síla	$F_c = 22,93 \text{ N}$
Předpětí řemenu bez zatížení	$F_t = 106,84 \text{ N}$
Maximální zatížení větve řemenu	$F_{t,max} = 154 \text{ N}$
Účinnost	$\eta = 0,974$
Skluž řemenu	$s = 0,006$
Minimální doporučený výpočtový průměr řemenice	$D_{W,min} = 50 \text{ mm}$
Maximální rychlost řemenu	$v_{max} = 50 \text{ m s}^{-1}$
Délková hmotnost řemenu	$\rho_{lv} = 0,072 \text{ kg m}^{-1}$
Výsledný provozní součinitel	$c_{PR} = 2,937$
Síla v tažené části řemenu	$F_1 = 154,005 \text{ N}$
Síla v ochablé části řemenu	$F_2 = 59,666 \text{ N}$
Výsledné zatížení hřídele	$F_r = 213,64 \text{ N}$
Statická napínací síla	$F_v = 213,63 \text{ N}$
Délka větve řemenu	$L_f = 860,63 \text{ mm}$
Točivý moment na hnané řemenici	$M_{t2} = 3,282 \text{ Nm}$

Dále proběhl výpočet síly v tažené části řemenu $F_1 = 154,005 \text{ N}$ a v ochablé části řemenu $F_2 = 59,666 \text{ N}$. Výsledné zatížení hřídele $F_r = 213,64 \text{ N}$ je stejné pro hřídel hnací i hnanou. Toto silové zatížení bude použito ve výpočtech viz kapitola 6.2. Statická napínací síla $F_v = 213,63 \text{ N}$ je pak síla působící na řemen v jeho střední linii a udržuje ho napjatý na řemenicích.

Program Inventor používá k výpočtu vzorce, které jsou dostupné na webových stránkách [16].

Dle kalkulace výrobce Gates je maximální obvodová rychlost $v_{k,max} = 33 \text{ m s}^{-1}$ a reálná obvodová rychlost na hnací řemenici pak $v_{k1} = 18,5 \text{ m s}^{-1}$ a hnané $v_{k2} = 18,8 \text{ m s}^{-1}$. Hodnota statické napínací síly F_{kv} pak v rozmezí 201 až 215 N.

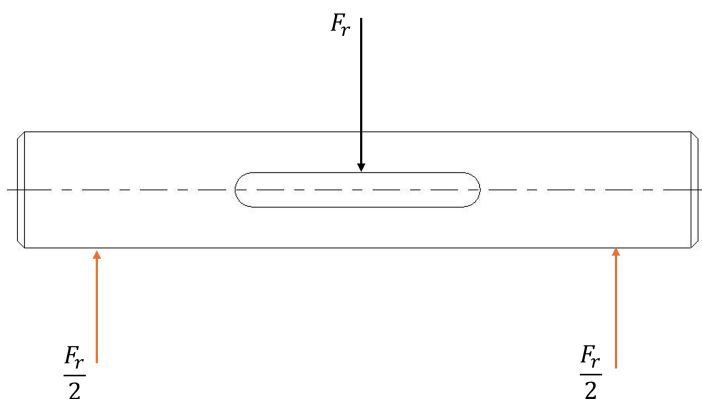
6.2 Výpočet ozubeného řemenu

Druhý stupeň řemenového převodu na výkyvném segmentu je tvořen pomocí synchronního převodu ozubeným řemenem. Profil řemene je GT3, což je typ vyvinutý výrobcem Gates. Výpočet tedy bude vycházet z kalkulace, kterou firma nabízí. Obě řemenice jsou stejného průměru, ale v případě ozubených řemenic je vhodnější uvažovat počet zubů, tedy $z = 26$. Z tohoto lze uvažovat i velikost převodového poměru $i_o = 1$.

Dle kalkulace výrobce je hodnota maximální obvodové rychlosti $v_{z,max} = 33 \text{ m s}^{-1}$, reálné obvodové rychlosti $v_z = 10,1 \text{ m s}^{-1}$ a hodnota statické napínací síly F_{zv} v rozmezí 152 až 167 N.

6.3 Výpočet ložisek

Ložiska použitá na tomto zařízení jsou dvojího druhu. Hřídel pohánějící dvě řemenice je uložena pomocí dvou přírubových ložisek firmy SKF modelu PF 17 TF. Uvažováno je zatížení pouze radiální rovnající se polovině výsledného zatížení hřídele F_r . Pro zjednodušení je uvažováno působíště síly F_r v polovině vzdálenosti ložisek při základní spolehlivosti ložisek R_C . Výpočet spolehlivosti jednotlivých ložisek poté bude viz. (6.8). Všechny následující výpočty vycházejí z literatury [6].



Obrázek 14: Nákres rozložení sil v ložiskách na hřídeli s dvěma řemenicemi

$$R_C = 0,9 \quad R_1 = R_2 = \sqrt{R_C} = 0,949 \quad (6.8)$$

Pomocí vypočtené spolehlivosti R_1 , znalosti počtu cyklů pro základní trvanlivost, která je rovna milionu otáček, počtu otáček a základní dynamické únosnosti ložiska $C_1 = C_2 = 9,56 \text{ kN}$ [17] je možné spočítat základní trvanlivost ložiska 1 a 2 viz. (6.9).

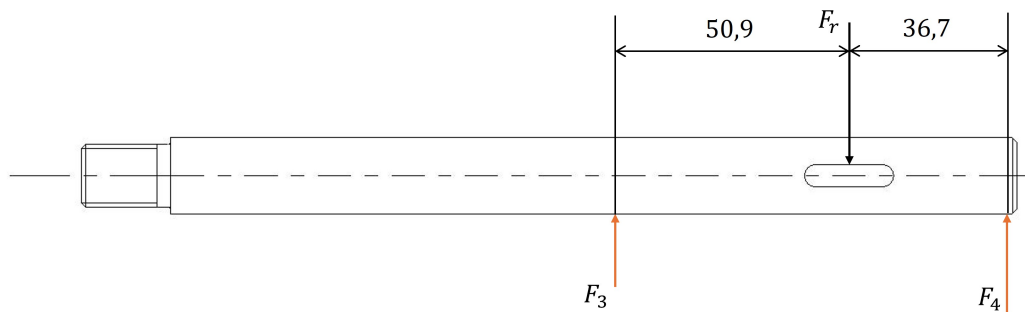
$$L_1 = L_2 = \left(\frac{2C_1}{F_r}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n} = 2,486 \cdot 10^6 \text{ h} \quad (6.9)$$

Podobně tomu bude i u hřídele pohánějící žací hlavu. Zde jsou použita dvě přírubová ložiska od firmy SKF modelu PFT 17 TF. I zde bude zatížení v axiálním směru zanedbáno a působíště reakčních sil v ložiskách budou umístěna na vzdálenějších hranách ložisek a tím tak bude zajištěno uložení na bezpečnější straně. Nákres se vzdálenostmi působící síly od ložisek je zobrazen na obr. 15.

Velikosti reakčních sil F_3 a F_4 se pak spočítají pomocí rovnic (6.10)

$$F_4 = \frac{50,9F_r}{36,7 + 50,9} = 134,59 \text{ N} \quad F_3 = F_r - F_4 = 79,05 \text{ N} \quad (6.10)$$

Dále se ve výpočtu pokračuje obdobně jako v předchozím případě. Je uvažováno se stejnou hodnotou celkové spolehlivosti R_C , která byla použita v předchozím případě a



Obrázek 15: Nákres rozložení sil v ložiskách na hřídeli pohánějící žací hlavu

tím pádem i stejné hodnoty jednotlivých spolehlivostí tudíž $R_4 = R_3 = R_2 = R_1$. Velikost základní dynamické únosnosti je $C_3 = C_4 = 9,56 \text{ kN}$ [18] a počet otáček $n_d = 4800 \text{ min}^{-1}$. Výpočty trvanlivosti ložiska 3 a 4 jsou zaznamenány v rovnicích (6.11) a (6.12).

$$L_3 = \left(\frac{C_3}{F_3}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n_d} = 4,231 \cdot 10^6 \text{ h} \quad (6.11)$$

$$L_4 = \left(\frac{C_4}{F_4}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{n_d} = 1,586 \cdot 10^6 \text{ h} \quad (6.12)$$

7 Konstrukční výkresová dokumentace

Výrobní dokumentaci k výkyvnému segmentu lze rozdělit do několika druhů v závislosti na technologickém postupu společnosti. Výkresová dokumentace a značení materiálů na výkresech reflektuje výrobní proces a zvyklosti technického značení ve firmě.

Rotační součásti jsou obsaženy v běžných technických výkresech dle požadavků firmy. Jsou vyráběny z polotovarů různých typů v závislosti na požadavku. Většinou se však jedná o kruhové tyče různých průměrů z materiálu ETG 100, což je speciální automatová ocel. Další součásti, jako např. řemenice, jsou vyráběny z litinových polotovarů. Nemalá část rotačních součástí je vyráběna z polyoxymethylenových kruhových tyčí, na výkrese značených POM-C. Většina výrobních výkresů je vlastní výroby, avšak výkres kloubu s číslem výkresu 02-02-01-21/b a dosedajícího zálisku s číslem výkresu 04-01-06-03/a jsou již starší výkresy získané od konstrukčního oddělení firmy. V tomto případě se tedy jedná o součásti použité z předchozí výroby.

Součásti vyrobené z hliníkového nebo ocelového plechu na laserovém vypalovacím stoji, popřípadě součásti ohýbané z těchto výpalků požaduje firma pouze v souboru formátu dxf, které jsou zasílány na jednotlivá pracoviště. Použité zařízení je laserový pálicí CNC stroj VANAD KOMPAKT o výkonu laseru 2 kW, pro maximální formát plechu 1500 × 3000 mm, který pálí ocelové plechy o maximální tloušťce 12 mm a hliníkové maximálně 6 mm. V případě následného technologického procesu v podobě např. výroby závitů firma vyžaduje taktéž výkresovou dokumentaci. Pro tyto operace se na určená místa vytvoří prostřednictvím laserového pálicího stroje nápaly, které naznačí polohu dalšího obrábění. Použitý hliníkový plech je materiálu EN AW-5083 H11. Ocelové plechy jsou dvojího druhu v závislosti na tloušťce, do 3 mm se jedná o ocel ČSN EN 11 321 od 4 mm ČSN EN 11 523.

Znázornění montážních sestav dílčích částí, svařenců a kompletní sestavy segmentu je provedeno taktéž běžnou výkresovou dokumentací. Příloha obsahuje z důvodu poměrně komplikovaného zařízení výkresy několika podsestav, což jsou buď výkresy svařenců nebo montážní celky s rozebíratelnými spoji. U svařenců se jako svařovací technologie využívá TIG, kterou firma disponuje. Kusovníky u výkresů sestav s vícero pohledy jsou na samostatných listech. Většina výkresů podsestav obsahuje součásti, které jsou znázorněny na samostatném výkresu. Výkres sestavné řemenice č. KS_30_2024 je však vyroben ze součástí, které si firma nechává vyrábět, tudíž není nutné vytvářet výrobní výkresy jednotlivých součástí. Příloha obsahuje i výkres hnaného tělesa nože sekačky. V této sestavě proběhla změna pouze na hřídeli nože s číslem výkresu KS_2_2024. Uveden je tedy pouze jeho výrobní výkres.

Součástí této práce je též zobrazení trajektorie ramene při obsekávání objektu. Vzhledem k velké různorodosti nosných profilů používaných pro konstrukci solárních elektráren, byl k ilustraci vybrán ve stavebnictví běžně používaný jeklový profil o rozměrech 70 × 40 mm. Trajektorie žací hlavy kolem jeklového profilu je tvořena kombinací kružnic a úseček v závislosti na vzdálenosti nejširšího bodu sekačky od hrany objektu. Za minimální doporučenou vzdálenost od hrany jeklu byl v tomto případě zvolen rozměr 30 mm. V reálném použití samozřejmě není možné takovouto vzdálenost udržovat, pro ilustraci ji však lze uvažovat. Za objektem vzniká oblast s neposečenou vegetací o ploše přibližně 250 cm². Velikost této plochy lze ovlivnit změnou délky ramene, neboť větší vzdálenost

osy žací hlavy od koncových částí sekačky by umožnilo bližší tečné dosednutí krytu žací hlavy k obsekávanému objektu. Lepší přilnutí k obsekávaným konstrukcím by také zajistil menší průměr krytu žacího ústrojí. V tomto případě by však bylo nutné změnit způsob sečení tak, aby byl průměr samotného žacího nástroje co nejmenší.

Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala problematikou vývoje výkyvného segmentu svahové travní sekačky Spider 2SGS. Provedení rešeršního rozboru vedlo k získání základní představy o možných technických provedeních jiných výrobců, kteří nabízejí výkyvná žací ramena ať už jako samostatné tažené zařízení nebo jako součást celého žacího taženého zařízení. Informace poskytované výrobcem jsou však pouze základní a nenabízí tak přílišné nastudování problematiky.

Vzhledem k tomu, že firma navrhla tři možné varianty, bylo nutné vybrat nejvhodnější z nich. Od konstrukčního oddělení firmy vzešlo několik stěžejních požadavků na výběr optimálního zařízení a na jejich základu byl poté zpracován seznam jednotlivých hodnotících kritérií. Váhy individuálních kritérií byly následně přiřazeny ke konkrétním prototypům. Nejlépe hodnocená varianta byla posuzována v dalších částech práce.

Důležitou součástí práce je popis jednotlivých konstrukčních celků zařízení pro lepší pochopení volby a významu použitých strojních elementů. Probírá se způsob uložení ramene vůči sekačce a hnané hřídeli, volba převodového mechanismu, konstrukce rámu, výběr žacího zařízení a podoba ovládání pohybu ramene. Zmíněna byla taktéž varianta s jednodušší jednodílnou konstrukcí a její nevýhody v porovnání s uvažovanou konstrukcí dvoudílnou. Pro lepší pochopení pohybu ramene při sekání slouží kinematický náčrt jedno- i dvoudílného segmentu, který zobrazuje rameno v krajní poloze na dorazu.

Výpočty byly provedeny pro vybrané strojní součásti, jejichž nevhodné zvolení by mohlo vést k vyřazení strojního zařízení z provozu. Zkoumanými prvky bylo převodové ústrojí v podobě řemenového převodu s klínovým a ozubeným řemenem. Vzhledem k tomu, že firma využívá řemeny od výrobce Gates, bylo provedení výpočtů komplikované. Použitý ozubený řemen profilu GT3 je typ vyvíjen přímo firmou Gates a je tedy složité k tomuto výrobku najít dostatečné informace pro výpočet. Firma však nabízí základní kalkulaci, jejíž výsledky jsou zde uvedeny. Výpočet klínového řemenu o profilu XPZ probíhal částečně manuálně a z části pomocí generátoru převodu v programu Inventor. Výpočet je i zde doplněn kalkulací výrobce. Proveden byl i výpočet trvanlivosti přírubových ložisek. Oba druhy výpočtů přinesly kladné výsledky.

Závěrem proběhla diskuze nad vyhotovenou konstrukční výkresovou dokumentací, použitými technologiemi a materiály. Součástí výkresové dokumentace je i zobrazení trajektorie ramene při obsekávání objektu. Z náčrtu je zřejmé, že za objektem vzniká oblast s neposečenou zelení o ploše přibližně 250 cm^2 , jejíž velikost by se dala ovlivnit změnou délky ramene a zmenšením průměru krytu žacího ústrojí.

Určené cíle práce byly splněny a navržený výkyvný segment je dle výpočtů provozuschopný. Pro budoucí úpravu konstrukce by však bylo vhodné konzultovat, jak dosáhnout zmenšení neposečené plochy.

Seznam použitých zdrojů

- [1] AUTOR, Nenalezený. *Weeders* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://dragoneweb.com/en/atomizzatori-trinciatrici/disco-interfilare/>.
- [2] AUTOR, Nenalezený. *Rotary mower VINALIA - NEW!* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.inobrezice.com/eng/rotary-mower-vinalia.html>.
- [3] AUTOR, Nenalezený. *Product information - Flail mower* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <http://www.ilmer.it/en/machinery/flail-mower/product-information.html>.
- [4] AUTOR, Nenalezený. *SZX, Solo-Swing with large blade disc for front linkage* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.perfectvanwamel.com/en/product/szx-solo-swing-with-large-blade-disc-for-front-linkage/>.
- [5] AUTOR, Nenalezený. *INTERPIQUET HICH CUT* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.serratmulchers.com/interpiquet-high-cut/>.
- [6] BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. *Shigleyho konstruování strojních součástí*. První vydání. Brno: VUTIUM, 2023. ISBN 978-80-214-5471-2.
- [7] AUTOR, Nenalezený. *Klínové řemeny vysokovýkonné Quad-Power 4 XPZ XPA XPB XPC* [online]. [cit. 2024-05-13]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/pohonne-elementy/klinove-remeny/vysokovykonne-quad-power-4-xpz-xpa-xpb-xpc/>.
- [8] AUTOR, Nenalezený. *QUAD-POWER™ 4: YOUR ULTIMATE HEAVY-DUTY SOLUTION* [online]. [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.gates.com/us/en/solutions/product-innovations/v-belt-quad-power-4.html>.
- [9] AUTOR, Nenalezený. *Ozubný řemen neoprénový nekonečný PowerGrip GT3 5MGT* [online]. [cit. 2024-05-13]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/ozubeny-remen-neoprenovy-nekonecny-powergrip-gt3-5mgt.html>.
- [10] AUTOR, Nenalezený. *Pryžový doraz věncový* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/pryzovy-doraz-vencovy-pryzovy-doraz-vencovy-1-23.html>.
- [11] AUTOR, Nenalezený. *33000* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.sodemann-pruziny.cz/33000>.
- [12] AUTOR, Nenalezený. *Vyžínací hlava Superauto II* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.husqvarna.com/cz/strunove-hlavy/vyzinaci-hlava-superauto-ii/>.
- [13] AUTOR, Nenalezený. *Žací hlava DuroCut 5-2* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.stihl.cz/cs/ap/zaci-hlava-durocut-2462>.
- [14] AUTOR, Nenalezený. *Žací struna pro DuroCut* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.stihl.cz/cs/ap/zaci-struna-durocut-2537>.
- [15] AUTOR, Nenalezený. *Cart* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.concar-shop.de/shop/en/belts/v-belts/classical-v-belts-and-narrow-v-belts/narrow-v-belts/gates-narrow-v-belts-quad-power-dimension-xpz-3vx.html>.

- [16] AUTOR, Nenalezený. *Vzorce pro výpočty klínových řemenů* [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2024/CSY/?guid=GUID-A7D49D9E-DOE7-46DC-9D03-910BADAF17C2>.
- [17] AUTOR, Nenalezený. *PF 17 TFRound flanged ball bearing unit with pressed steel housing* [online]. [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-PF%5C%2017%5C%20TF>.
- [18] AUTOR, Nenalezený. *PFT 17 TFOval flanged ball bearing unit with pressed steel housing* [online]. [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-PFT%5C%2017%5C%20TF>.

Seznam příloh

Tabulka 5: Výkresy součástí

Číslo výkresu	Název výkresu
KS_1_2024	HŘÍDEL-I
KS_2_2024	HŘÍDEL NOŽE-II
KS_3_2024	KYV_MISKA SILON
KS_5_2024	KYV_POUZDRO 84
KS_6_2024	KYV_TŘMEN
KS_7_2024	PODLOŽKA HŘÍDELE
KS_9_2024	TÁHLO ČÁST II
KS_10_2024	TÁHLO ČÁST I
KS_11_2024	TÁHLO ČÁST III
KS_13_2024	SILON_KROUŽEK
KS_14_2024	KYV_HŘÍDEL NOŽE
KS_15_2024	KRYT_OBRUČ
KS_16_2024	OČKO
KS_21_2024	VÁLEČEK
KS_22_2024	SKELET_2SGS
KS_24_2024	VÁLEČEK DISTANČNÍ
KS_25_2024	ŠROUBEK
KS_29_2024	KYV_DÍL ZÁVĚSU
KS_31_2024	DISTANČNÍ KROUŽEK
KS_32_2024	ZÁVITOVÁ TYČ ODDĚLOVACÍ
SE_03_80_00	ME Řemenice 5M_z26
SX_03_91_00/a	ME Řemenice čerpadla full
02_02_01_21/b	KLOUB-rameno
04_01_06_03/a	Pouzdro zálisku

Tabulka 6: Bezvýkresová dokumentace součástí

Název součásti	Materiál
DORAZ_PLECH	ČSN EN 11 523
KRYT_PLECH	ČSN EN 11 321
KYV_DÍL ZÁVĚSU_dxf	ČSN EN 11 523
KYV_OTOČ_MODEL	EN AW-5083 H11
KYV_OTOČ_PÁKA	EN AW-5083 H11
KYV_POJISTKA	EN AW-5083 H11
KYV_RAMENO	EN AW-5083 H11
KYV_TŘMEN_dxf	ČSN EN 11 523
KYV_VÍKO RAMENA	EN AW-5083 H11
OČKO_dxf	ČSN EN 11 523
OKO_PRUŽINA	ČSN EN 11 523
OKO_PRUŽINA_SKELET	ČSN EN 11 523
PODLOŽKA	EN AW-5083 H11

Tabulka 7: Výkresová dokumentace dílčích podsestav

Číslo výkresu	Název výkresu
KS_4_2024	SESTAVA_ZÁVĚS_VÁLEČEK
KS_8_2024	SVAŘENEC KRYT
KS_12_2024	TÁHLO SVAŘENEC
KS_17_2024	SESTAVA TÁHLO
KS_19_2024	RBS_OTOČNÝ NÁBOJ
KS_20_2024	KUSOVNÍK OTOČNÝ NÁBOJ
KS_23_2024	DORAZ_SESTAVA
KS_26_2024	TĚLESO HNANÉ
KS_30_2024	SESTAVNÁ ŘEMENICE

Tabulka 8: Výkresová dokumentace sestavy a nákres rozsahu obsekané plochy

Číslo výkresu	Název výkresu
KS_18_2024	ROZSAH OBSEKÁNÍ 2SGS
KS_27_2024	SESTAVA SKELET
KS_18_2024	KUSOVNÍK SESTAVA SKELET