Design akumulátorové řetězové pily pro praváky i leváky

BcA. Jiří Šprtel DiS.

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ateliér Průmyslový design

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**BcA. Jiří Šprtel, DiS.**
Osobní číslo:	**K23469**
Studijní program:	**N0212A310007 Multimédia a design**
Specializace:	**Průmyslový design**
Forma studia:	**Prezenční**
Téma práce:	**Design ručního nářadí**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Analýza řešené problematiky
3. Cíle práce
4. Výrobní parametry
5. Variantní designérské návrhy
6. Finální designérské řešení
7. Ergonomická studie
8. Technická dokumentace
9. Fyzický model / prototyp / realizovaný výrobek
10. Shrnutí přínosů práce
11. Závěr
12. Výsledek výzkumu
13. Seznam použité literatury a zdrojů
14. Seznam použitých symbolů a zkratek
15. Seznam obrázků a grafů
16. Seznam tabulek
17. Seznam příloh
18. Zmenšené postery

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

FIELL, Charlotte a FIELL, Peter. Industrial design A – Z. Bibliotheca Universalis. Köln: Taschen, [2016]. ISBN 978-3-8365--2216-8.
KING, Simon a CHANG, Kuen. *Understanding industrial design: principles for UX and interaction design*. Beijing: O'Reilly, 2016. ISBN 9781491920398.
KOLESÁR, Zdeno. Nové kapitoly z dejín dizajnu. 2. dopl. a rozš. vyd. Bratislava: Slovenské centrum dizajnu, 2009. ISBN 9788097017316.
PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 9788086863450.
SALVENDY, Gavriel a KARWOWSKI, Waldemar (ed.). *Handbook of human factors and ergonomics*. Fifth edition. Hoboken: Wiley, [2021]. ISBN 978-1-119-63608-3.

Vedoucí diplomové práce: **doc. MgA. Martin Surman, ArtD.**
Ateliér Průmyslový design

Oponent diplomové práce: **Ing. Štěpán Dlabaja, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2025**

L.S.

Mgr. Josef Kocourek, Ph.D.
děkan

doc. MgA. Martin Surman, ArtD.
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 1. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne ....

podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je věnována designu akumulátorové řetězové pily pro praváky i leváky.

Nejprve se práce zaměřuje na analýzu řešené problematiky, ve které jsou zahrnuty rešeršní metody, historický vývoj řetězových pil, celosvětová a designérská analýza a v neposlední řadě popis bezpečnostních prvků, které musí řetězové pily mít. Dále jsou shrnuty hlavní a vedlejší cíle práce obohaceny o možné inovace u daného produktu. Jsou obsaženy také kapitoly, které se zaměřují na výrobní technologii řetězové pily, materiály využívající při výrobě a také celkové náklady na výrobu pily a dopad na životní prostředí a jeho udržitelnost.

Dále je popsán celý proces práce od prvotních po variantní designérské návrhy až po finální designérská řešení. Je zde také přiložena ergonomická studie, která byla řešena při navrhování pily společně s technickou dokumentací. A v neposlední řadě popsán proces výroby fyzického modelu.

Diplomová práce obsahuje shrnutí přínosu práce, ve které je rekapitulace designerského procesu, přínosy i inovace a zároveň kritické zhodnocení práce. Na závěr práce je uvedeno celkové shrnutí a výsledek výzkumu.

Klíčová slova: řetězová pila, akumulátor, symetrický, bezpečnost

ABSTRACT

This thesis is dedicated to the design of a cordless chainsaw for right and left-handed users.

Firstly, the thesis focuses on the analysis of the problem addressed, which includes research methods, historical development of chainsaws, global and design analysis and last but not least a description of the safety features that chainsaws must have. Furthermore, the main and secondary objectives of the thesis are summarised, enriched by possible innovations for the product. Chapters are also included that focus on the manufacturing technology of the chainsaw, the materials used in its production as well as the overall cost of the chainsaw and its environmental impact and sustainability.

In addition, the entire process of the work is described from initial to variant design proposals to final design solutions. The ergonomic study that was addressed in the design of the saw

is also included, along with the technical documentation. Last but not least, the process of manufacturing the physical model is described.

The thesis includes a summary of the contribution of the work, which includes a recapitulation of the design process, benefits and innovations, as well as a critical evaluation of the work. Finally, the thesis concludes with an overall summary and the research findings.

Keywords: chainsaw, battery, symmetrical, safety

Především bych chtěl poděkovat panu doc. MgA. Martinu Surmanovi, ArtD. za cenné rady a připomínky při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat panu Patriku Truhlářovi za ochotu a čas konzultovat. Velké poděkování patří taky mé přítelkyni, rodině, za pomoc a pevné nervy v průběhu diplomové práce, mým spolužákům, jmenovitě Samuelu Zuskinovi, Patrikovi Tichému, Filipovi Adamopulosovi a Janu Kroulíkovi za konzultace a pomoc při vzniklých problémech v průběhu práce.

OBSAH

1 ÚVOD 15

1.1 PŘEDSTAVENÍ ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE 15

1.2 MOTIVAČNÍ FAKTORY PRO VOLBU TÉMATU 15

1.3 OBECNÉ UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY ŘEŠENÉ PRODUKTOVÉ KATEGORIE 15

2 ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY 17

2.1 REŠERŠNÍ METODY 17

2.2 HISTORICKÝ VÝVOJ 17

2.2.1 První řetězová pila Osteotome 18
2.2.2 První dvoumužná řetězová pila 18
2.2.3 Dvoumužná řetězová pila Sector 18
2.2.4 První elektrické řetězové pily Andrease Stihla 18
2.2.5 Dolmar A 19
2.2.6 STIHL Liliput 19
2.2.7 McCulloch 3-25 20
2.2.8 Jonsered XA Racket 20
2.2.9 Husqvarna 90 a STIHL Contra 21
2.2.10 Husqvarna 162 21
2.2.11 Husqvarna 262 XP, Stihl 044 C a McCulloch Power Mac 6 22
2.2.12 STIHL MSA 160 C-BQ 23
2.2.13 STIHL MS 500i 23
2.2.14 Husqvarna T542i XP 24

2.3 CELOSVĚTOVÁ ANALÝZA 24

2.3.1 Husqvarna 24
2.3.2 Stihl 26
2.3.3 Makita 28
2.3.4 Stanley 30
2.3.5 Narex 30
2.3.6 BLACK+DECKER 31
2.3.7 DEWALT 31
2.3.8 Milwaukee 32
2.3.9 Bosch 33
2.3.10 ECHO 34
2.3.11 Greenworks 35

2.4 DESIGNÉRSKÁ ANALÝZA 35

2.4.1 Sinistralita a práce s řetězovou pilou 35
2.4.2 Vnitřní konstrukce akumulátorové řetězové pily 37

2.5 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY U ŘETĚZOVÝCH PIL 39

2.5.1 Historie bezpečnostních prvků motorových pil 39
2.5.2 Aktuální bezpečnostní prvky u řetězových pil 42
Brzda řetězu a chránič proti zpětnému vrhu 42
Pojistka plynové spouště 43
Zachycovač řetězu 43

Chránič pravé ruky 43
Snadno přístupné ovládání zapínání a vypínání 44
2.6 VÝZKUM 44
2.6.1 Cíl výzkumu 44
2.6.2 Metodika výzkumu 44
2.6.3 Ergonomické požadavky 45
2.6.4 Bezpečnostní prvky 46
2.6.5 Konstrukční analýza 48
2.7 SHRNUTÍ 49
3 CÍLE PRÁCE 50
3.1 HLAVNÍ CÍLE PRÁCE 50
VEDLEJŠÍ CÍLE PRÁCE 50
3.2 OBLASTI MOŽNÝCH INOVACÍ 50
3.3 CÍLOVÍ UŽIVATELÉ A TRH 51
4 VÝROBNÍ PARAMETRY 52
4.1 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE 52
4.1.1 CNC Obrábění 52
4.1.2 Tlakové lití 53
4.1.3 Vstřikování plastů 54
4.2 MATERIÁLY 55
4.2.1 ABS 55
4.2.2 PC 55
4.2.3 PC + ABS 56
4.2.4 PA 56
4.2.5 PP 57
4.2.6 Hliník 57
4.2.7 Hořčík 57
4.3 VÝROBNÍ NÁKLADY 58
4.4 DOPADY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ 58
5 VARIANTNÍ DESIGNÉRSKÉ NÁVRHY 60
5.1 PRVOTNÍ DESIGNÉRSKÉ NÁVRHY 60
5.2 SKICI 62
5.3 VARIANTNÍ DESIGNÉRSKÉ NÁVRHY VE 3D 71
6 FINÁLNÍ DESIGNÉRSKÉ ŘEŠENÍ 77
7 ERGONOMICKÁ STUDIE 86
8 TECHNICKÁ DOKUMENTACE 92
8.1 ROZMĚROVÝ NÁČRT NAVRŽENÉHO PRODUKTU ČI ZAŘÍZENÍ 92
8.2 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ UKÁZKY NAVRŽENÉHO PRODUKTU ČI ZAŘÍZENÍ 92
8.2.1 Ukázka vnitřních komponentů pily 92

8.2.2 Ukázka přeměny pily z pravoruké na levorukou 94
8.2.3 Ukázka vytažení baterie 95
8.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ 95
8.3.1 Rám pily 96
8.3.2 Boční kryt ručky 96
8.3.3 Jádro pily 96
8.3.4 Vnější kryt pily 96
8.3.5 Baterie 96
8.3.6 Brzda 96
8.3.7 Přední rukojeť 97
8.3.8 Akcelerátor s pojistkou a zapínací tlačítko 97
8.3.9 Informační displej 97
8.3.10 Kryt otvoru 97
8.3.11 Pravý kryt 97
8.3.12 Levý kryt 97
8.3.13 Kryt lišty 97
8.4 ODHAD VÝROBNÍCH NÁKLADŮ 98
9 FYZICKÝ MODEL / PROTOTYP / REALIZOVANÝ VÝROBEK 99
10 SHRNUTÍ PŘÍNOSŮ PRÁCE 100
10.1 REKAPITULACE DESIGNÉRSKÉHO PROCESU 100
10.2 PŘÍNOSY A INOVACE DESIGNÉRSKÉHO ŘEŠENÍ 100
10.3 KRITICKÉ ZHODNOCENÍ 101
11 ZÁVĚR 102
12 VÝSLEDEK VÝZKUMU 103
13 ZMENŠENÉ POSTERY 104
13.1 SUMARIZAČNÍ BANNER 104
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 105
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ K OBRÁZKŮM 110
SEZNAM OBRÁZKŮ 113
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 116

1 ÚVOD

1.1 Představení zadání absolventské práce

Tématem této diplomové práce je návrh akumulátorové řetězové pily s univerzálním ergonomickým řešením, které umožní pohodlné a bezpečné používání jak pravákům, tak levákům. Cílem je navrhnout takovou konstrukci a tvarové řešení pily, které eliminuje omezení běžných modelů, především z hlediska jednostranného ovládání a bezpečnosti. Výsledný produkt má nabídnout vyvážený poměr mezi formou, funkcí a komfortem používání bez ohledu na to, kterou rukou uživatel pilu ovládá.

1.2 Motivační faktory pro volbu tématu

Jedním z hlavních důvodů je osobní zkušenost s používáním ručního nářadí, jakožto levák, kdy jsem často zaznamenal nedostatečné ergonomické přizpůsobení běžných produktů pro levostranné uživatele. Tento nedostatek se projevil hlavně u akumulátorových řetězových pil, které jsou většinou konstruovány s ohledem pouze na praváky, což vede k omezenému komfortu, a hlavně skoro nulové bezpečnosti při práci.

Dalším faktorem byla obecná poptávka na trhu po inovativních a univerzálních řešeních, která by zvýšila dostupnost a pohodlí používání těchto nástrojů širší skupině uživatelů. Současné produkty často nevyhovují potřebám leváků a uživatelů hledajících ergonomické a intuitivní ovládání.

Zároveň mě téma zaujalo z hlediska designérské výzvy. Najít takové řešení, které propojí ergonomii, bezpečnost, estetiku i technickou proveditelnost, a přispěje tak k rozšíření a zlepšení nabídky na trhu.

Tyto motivace mě vedly k tomu, abych se problematice věnoval komplexně a pokusil se navrhnout produkt, který bude skutečně uživatelsky přívětivý a funkční pro všechny.

1.3 Obecné uvedení do problematiky řešené produktové kategorie

Řetězové pily patří mezi základní nástroje používané v lesnictví, zahradnictví i domácích dílnách. V posledních desetiletích došlo k výraznému posunu směrem k akumulátorovým modelům, které díky své mobilitě, nízké hlučnosti a ekologickému provozu získávají stále větší popularitu. Akumulátorové řetězové pily eliminují potřebu paliva a snižují emise, což je v souladu s rostoucími požadavky na udržitelný rozvoj a ochranu životního prostředí.

Současná nabídka na trhu zahrnuje širokou škálu produktů od hobby až po profesionální nářadí, které se liší výkonem, velikostí lišty, kapacitou baterie a dalšími parametry. Přestože technologie baterií a motorů se neustále vyvíjí kupředu, stále existují výzvy v oblasti ergonomie a univerzálního použití.

Velká část stávajících akumulátorových pil je navržena s důrazem na praváky, což vytváří bariéru pro leváky a může negativně ovlivnit jejich komfort i bezpečnost práce. Problémem je také omezená doba provozu vzhledem k aktuální kapacitě baterií a vyšší pořizovací náklady oproti klasickým benzinovým pilám.

V rámci této práce je proto kladen důraz na hledání inovativního designérského řešení, které by nabídlo ergonomicky vyvážený, univerzální produkt s univerzálními bezpečnostními prvky a širší dostupnosti pro různé skupiny uživatelů.

2 ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole se nachází ukázka zápisu nadpisů pro různé úrovně.

2.1 Rešeršní metody

Pro analýzu byly použity aktuální a ověřené zdroje jako jsou převážně oficiální stránky výrobců, ze kterých byly čerpány informace o aktuální produkci. Dále aktuální normy, které definovaly jak konstrukční, tak bezpečnostní požadavky na akumulátorové řetězové pily. Informace byly také čerpány z odborných knih, článků a webových stránek institucí, aby došlo ke komplexnějšímu pokrytí analýzy. Důležité bylo čerpat informace z aktuálních zdrojů, jelikož akumulátorové řetězové pily jsou relativně mladým odvětvím řetězových pil a je zde rychlý vývoj inovací v daném oboru. Veškeré shromážděné informace byly pečlivě roztřízeny a rozepsány v jednotlivých kapitolách tak, aby celková analýza byla kvalitní a obsahovala důležité informace pro vývoj akumulátorové řetězové pily. Byla provedena i konstrukční analýza pily a používaných materiálu pro výrobu pil. Nedílnou součástí analýzy byla i sinistralita u řetězových pil jak současné i historické produkce.

2.2 Historický vývoj

Historie designu ukazuje, že dnešní designéři se často potýkají s podobnými výzvami, jaké řešili designéři před nimi, jen v trochu pozměněné podobě. Minulé zkušenosti tak zůstávají překvapivě relevantní i dnes.[1]

Vývoj řetězových pil je považován za zásadní technologický milník týkající se lesnictví a zpracování dřeva. Kácení stromů a zpracování dřeva bylo do 19. století čistě ruční prací, která byla prováděna velmi namáhavým a časově náročným způsobem. Dané činnosti byly prováděny za pomocí seker či ručních pil, u kterých bylo nutné vyvinout obrovskou sílu s rizikem velkého nebezpečí. Díky technologickému pokroku byla vytvořena první alternativní mechanická zařízení, která nahrazovala lidskou sílu a můžeme ji přirovnat k dnešním motorovým pilám.[2]

Na začátku 19. století začaly vznikat mechanické nástroje určené pro zpracovávání dřeva. Danými nástroji byly velké kotoučové a pásové pily, které sloužily k přesnému řezání kusů dřeva na požadované rozměry, ale zároveň nijak nepomáhaly při samotném kácení

[1] KOLESÁR, *Nové kapitoly z dejín dizajnu*, 2009.
[2] HUSQVARNA AB. *The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology*. 2025.

stromů. Jelikož pily nedokázaly přeříznout kmeny větších rozměrů, musely být i nadále na kácení využívány sekery a fyzická síla. [3]

2.2.1 První řetězová pila Osteotome

V roce 1830 byla navržena první řetězová pila Bernhardem Heinem, která byla určena pro lékařské účely a byla nazvaná Osteotome, neboli řezák na kosti. Konstrukce daných pil byla podobná moderním řetězovým pilám, jen v menším provedení a byla také založena na jiné mechanice. Aby došlo k pohybu ozubeného řetězu, bylo nutné ručně otáčet rukojetí pily.[4]

2.2.2 První dvoumužná řetězová pila

Ve 20. století probíhaly opět pokusy o vytvoření řetězových pil, které budou silnější a zároveň práce s nimi bude efektivnější. V Marylandu byla v roce 1905 ve firmě Ashland Iron Works vytvořena řetězová pila, která byla poháněna stlačeným vzduchem. O rok později byl tento princip úspěšně vyzkoušen při komerčním nasazení ve společnosti Potlatch Lumber Company. Důležitým datem pro vznik motorových pil můžeme považovat rok 1908, kdy Charles Wolf společně s jeho synem Jeromem sestrojili první dvoumužnou řetězovou pilu, která byla poháněna elektrickým motorem.[5]

2.2.3 Dvoumužná řetězová pila Sector

Podobného objevu se podařilo dosáhnout i ve Švédsku, kde vytvořili dvoumužnou motorovou benzinovou pilu Sector s řetězem vytvořeným z listu ruční pily, která byla patentována v roce 1917 firmou Sector-Hansen & Co. [6]

2.2.4 První elektrické řetězové pily Andrease Stihla

Ve dvacátých letech došlo k zásadnímu posunu díky práci Andrease Stihla, který v roce 1926 zkonstruoval a nechal patentovat první elektrickou řetězovou pilu určenou pro průmyslové použití. [7] Tento model, vážící 116 kg, vyžadoval sice obsluhu dvěma osobami, ale přesto znamenal obrovský technologický pokrok pro práci v daném průmyslu. Na svůj objev reagovala firma Stihl o tři roky později vytvořením pily, která vážila 46 kg o výkonu 6 hp. Daná pila byla lépe ovladatelná a zároveň více jak o polovinu lehčí. [8]

---

[3] HUSQVARNA AB. *The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology*. 2025.
[4] HUSQVARNA AB. *The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology*. 2025.
[5] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.
[6] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.
[7] HUSQVARNA AB. *The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology*. 2025.
[8] ANDREAS STIHL AG & CO. *PRODUCT HISTORY*. 2023.

2.2.5 Dolmar A

V Německu 1927 došlo k vytvoření benzinové pily s dvoudobým motorem, často označovaná jako skladová dvoumužná benzinová řetězová pila nebo také kácecí. Daná pila měla hmotnost 58 kg a byla pojmenována jako „Dolmar A“. Zajímavostí je, že byla vybavena kolečkem a opěrnými nožkami, což zvyšovalo její mobilitu a dalo se s ní lépe zacházet. Ve třicátých letech pokračoval vývoj pil ve smyslu snižování hmotnosti a zároveň zvyšování efektivity při kácení. [9]



Obrázek 1: Dvoumužná benzinová řetězová pila „Dolmar A“[10]

2.2.6 STIHL Liliput

Společnost STIHL představila model Liliput, který je považován za první elektrickou řetězovou pilu, která váží 25 kg a může ji obsluhovat jedna osoba. Později se začaly využívat pro konstrukci pil hliníkové slitiny a ocelové díly, které vedly ke snížení hmotnosti a docházelo tak k odlehčení pil. [11]

[9] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.
[10] , STRYHAL STROJE A NÁŘADÍ S.R.O. *První motorová pila z roku 1927 vyrobená v Německu.*
[11] ANDREAS STIHL AG & CO. *PRODUCT HISTORY*. 2023.

2.2.7 McCulloch 3-25

Po 2. světové válce se začaly do výroby a vývoje pil zapojovat další výrobci, jako je například firma McCulloch, která vytvořila model McCulloch 3-25. Jednalo se o jednomužnou převodovou motorovou pilu, která vážila kolem 12 kilogramů. Důležitým bodem u dané pily bylo využití bezplovákového karburátoru, který umožňoval provoz v různých polohách. [12]



Obrázek 2: MCCULLOCH 3-25[13]

2.2.8 Jonsered XA Racket

V roce 1954 vznikl první model pily Jonsered, který využíval zahřívání hlavy válce pomocí propanu. Na daný způsob se přidávaly další modely jako XA Raket, který byl vybaven dieselovým motorem určený pro náročnější pracovní podmínky. [14]

[12] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.
[13] VINTAGE CHAINSAW COLLECTION. *MCCULLOCH 3-25 (LATER MODEL).*
[14] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.

2.2.9 Husqvarna 90 a STIHL Contra

Zásadním milníkem ve vývoji pil můžeme považovat rok 1959. V daném roce vydávají jak společnost Husqvarna, tak i STIHL revoluční pily. Husqvarna vydává model své první řetězové pily Husqvarna 90 a STIHL Contra. U obou produktů došlo k výraznému snížení hmotnosti a zvýšení výkonu, a navíc u Husqvarna 90 došlo ke snížení hladiny hluku. Naopak Stihl Contra byla první bezpřevodovou pilou s výkonem 6 koní, což vedlo ke zvýšení produktivity téměř o 200 %. V roce 1964 navíc firma Stihl přidala další inovaci, a to antivibrační rukojeť, která pohlcovala vibrace od čepele a motoru a usnadňovala tak práci. O osm let později, tedy v roce 1972, došlo k představení brzdy řetězu QuickStop firmou STIHL, která zastaví pilový řetěz. [15][16][17]



Obrázek 3: STIHL Contra[18]

2.2.10 Husqvarna 162

O rok později společnost Husqvarna zavedla také nutnost brzdy u modelů a vytvořila model Husqvarna 162 s automatickou brzdou řetězu a elektrickým zapalováním. Daný bezpečnostní mechanismus vedl ke snížení výskytu pracovních úrazů při těžbě dřeva. V

[15] HUSQVARNA AB. *The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology*. 2025.
[16] HUSQVARNA AB. *Řetězové pily Husqvarna – v provozu díky naším zákazníkům od roku 1959*. 2025.
[17] ANDREAS STIHL AG & CO. *PRODUCT HISTORY*. 2023.
[18] , ANDREAS STIHL AG & CO. 1959: *A saw that conquers the world - the legendary Contra*. 2023

následujících dekádách došlo k výraznému zlepšení technických parametrů, jako bylo snížení hmotnosti, hluku ale také emisí. [19]



Obrázek 4: Husqvarna 162 SE[20]

2.2.11 Husqvarna 262 XP, Stihl 044 C a McCulloch Power Mac 6

Zásadním milníkem byla například pila Husqvarna 262 XP se vstřikováním vzduchu nebo pila Stihl 044 C s katalyzátorem pro dvoudobý motor. Vstřikování vzduchu i katalyzátor snižovaly emise v ovzduší. Za velmi důležitou pilu je považována i McCulloch Power Mac 6, která vážila pouhé 3,86 kg a je považována za ultralehkou pilu. [2122]

Začátek 21. století je spojen s technologickými inovacemi v oblasti emisní regulace, ergonomie a elektrického pohonu. Funkce AutoTune na pilách od firmy Husqvarna zapříčiňovala to, že průtok paliva byl automaticky regulován a tím byly minimalizovány emise a výkon se optimalizoval. [2324] Byla také představena první pila určená arboristům, Husqvarna 335XPT, která byla nejmenší představenou pilou dané firmy. [25]

[19] HUSQVARNA AB. *Řetězové pily Husqvarna – v provozu díky naším zákazníkům od roku 1959*. 2025.
[20]SOLHEM9. *Husqvarna 162 SE.*
[21] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.
[22] ANDREAS STIHL AG & CO. *PRODUCT HISTORY*. 2023.
[23] HUSQVARNA AB. *The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology*. 2025.
[24] HUSQVARNA AB. *Řetězové pily Husqvarna – v provozu díky naším zákazníkům od roku 1959*. 2025.
[25] HUSQVARNA AB. *Řetězové pily Husqvarna – v provozu díky naším zákazníkům od roku 1959*. 2025.

2.2.12 STIHL MSA 160 C-BQ

Společnosti STIHL uvádí v roce 2010 na trh první akumulátorovou řetězovou pilu STIHL MSA 160 C-BQ, která našla své místo v oblastech s omezeným hlukem nebo přístupem k palivu. Daná pila váží 4,9 kg a má řetězovou brzdu QuickStop Super.[26]

Husqvarna přišla také s řadou akumulátorových výrobků, které byly výkonnostně stejné jako benzinové pily s výhodou toho, že u nich nedocházelo k žádným emisím, a dokonce byl snížen i hluk a úroveň vibrace. [27]

2.2.13 STIHL MS 500i

V roce 2018 přichází na trh motorová pila STIHL MS 500i, která je první pilou se vstřikováním paliva řízeným elektronicky. [28] Firma STIHL vytvořila v roce 2022 doposud nejvýkonnější akumulátorovou řetězovou pilu, která umožňuje pracovat i v prostředí citlivém na hluk a později došlo ještě k vylepšení její baterie, která byla výkonnější a měla větší výdrž. [29]



Obrázek 5: STIHL MS 500i[30]

[26] ANDREAS STIHL AG & CO. *PRODUCT HISTORY*. 2023.
[27] HUSQVARNA AB. *The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology*. 2025.
[28] ANDREAS STIHL AG & CO. *PRODUCT HISTORY*. 2023.
[29] ANDREAS STIHL AG & Co. *PRODUCT HISTORY*. 2023.
[30] LELEK. *Motorová pila STIHL MS 500i.* 2025.

Došlo také k vylepšení pily pro arboristy, kdy Husqvarna představila v roce 2020 akumulátorovou řetězovou pilu s výkonem benzinového stroje. Upravila pilu tak, aby se s ní dalo dobře manipulovat ve výškách. [31]

2.2.14 Husqvarna T542i XP

V roce 2023 přišla na svět Husqvarna T542i XP, která byla první akumulátorovou řetězovou pilou s odstředivou spojkou, která přináší plynulejší provoz a také velkou energii, která je při zacházení v korunách stromů velmi důležitá. [32]

Historie řetězových pil ukazuje nejen celkový vývoj velmi užitečného technologického nástroje, ale i na celkové změny v přístupu k práci v lese. Od extrémně fyzicky náročné a nebezpečné činnosti k efektivní, bezpečné a ekologicky šetrné technologii.

2.3 Celosvětová analýza

2.3.1 Husqvarna

Husqvarna je švédskou společností, která je zde od roku 1689 a je světovým inovátorem v oblasti výroby strojů určených pro práci v lese, ale také na zahradě. Kvalitní výrobky s vysokým výkonem, promyšlenou ergonomií, ale také se zájmem o ochranu životního prostředí.[33]

Firma Husqvarna v současné době nabízí celkem 10 akumulátorových řetězových pil. Pro srovnání byly vybrány 3 pily, které zastupují základní, střední i profesionální třídu. Všechny pily se drží korporátního designu, který působí moderně a technologicky. Čemuž přispívá i baterie, která je součástí celkového designu pily.

Nejlevnější je Aspire™ C15X-P4A. Jedná se o kompaktní akumulátorovou pilu, která je určena pro prořezávání, a kácení malých stromů. Výhodou u této pily je napínání řetězu bez použití klíčů. Tato vlastnost je uživatelsky přívětivá a usnadňuje práci s pilou. Další výhodou je 18 V akumulátorový systém power for all, což znamená, že jde tato baterie použit do různých zahradních strojů od různých značek. Nevýhodou je při prořezávání nebo řezání dřeva maximální výdrž baterie, ta se pohybuje okolo 60 minut nebo 100 řezů. [34]

[31] HUSQVARNA AB. *The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology*. 2025.
[32] HUSQVARNA AB. *Řetězové pily Husqvarna – v provozu díky naším zákazníkům od roku 1959*. 2025.
[33] HUSQVARNA AB. *Nacházíte se na internetové stránce společnosti Husqvarna Česko*. 2025
[34] HUSQVARNA AB. *Aku pila Husqvarna Aspire™ C15X-P4A s akumulátorem a nabíječkou.* 2025.



Obrázek 6: Aku pila Husqvarna Aspire™ C15X-P4A[35]

Další akumulátorovou pilou je Husqvarna 240i. Ideální pila pro domácí použití, a to díky své lehké a ergonomické konstrukci. Výkon této pily je srovnatelný s výkoností 40 ccm benzínové pily. Při použití doporučeného 36 V akumulátoru má pila při řezání kmenů výdrž až 45 minut a při prořezávání 2 hodiny. Pila dále nabízí snadno přístupné zapínání pily. Nevýhodou je napínání řetězu, ke kterému je za potřebí nářadí, ale při koupi této pily je možnost zvolit si kryt lišty s napínáním bez použití nářadí.[36]



Obrázek 7: Husqvarna 240i s akumulátorem[37]

Profesionální pilou značky Husqvarna je 542i XP® nabízí výkon srovnatelný s 40ccm benzínovou pilou a odstředivou spojku. Má snadno přístupné ovládání a displej, který zobrazuje důležité informace, jako je stav baterie, hladina oleje a například jestli je pila zabrzděná. Při použití doporučeného akumulátoru má pila výdrž 1 hodinu při řezání stromů

[35] HUSQVARNA AB. *Aku pila Husqvarna Aspire™ C15X-P4A s akumulátorem a nabíječkou.* 2025.
[36] HUSQVARNA AB. *Husqvarna 240i s akumulátorem a nabíječkou.* 2025.
[37] HUSQVARNA AB. *Husqvarna 240i s akumulátorem a nabíječkou.* 2025.

a 2 hodiny a 15 minut při prořezávání. Jelikož se jedná o profesionální pilu dá se pila koupit i s vyhříváním rukojetí.[38]



Obrázek 8: Husqvarna 542i XP® s akumulátorem[39]

2.3.2 Stihl

Společnost STIHL je v oblasti vývoje a výroby motorového nářadí dlouhodobě vnímána jako synonymum pro kvalitu, spolehlivost, technologickou vyspělost a orientaci na potřeby zákazníků. Její výrobní filozofie je postavena na neustálých inovacích a cílené snaze usnadnit uživatelům fyzicky náročnou práci v přírodních podmínkách. Tato vize se promítá do široké nabídky produktů, které jsou navrhovány tak, aby přispívaly ke zvýšení efektivity práce v lesnictví, zahradnictví a dalších příbuzných oborech. Stihl má v nabídce celkem 10 aku řetězových pil.[40]

Pila MSA 60 C-B má jednoduchý, kompaktní, čistý design a také jednoduché napínání řetězu. Je ideální pro prořezávání, údržbu zahrad a k řezání palivového dříví. 36 V baterie je umístěna z horní části a je ze všech bočních stran krytá tělem pily. Maximální doba provozu pily je 40 minut.[41]

[38] HUSQVARNA AB. *Husqvarna 542i XP® bez akumulátoru a nabíječky*. 2025.
[39] HUSQVARNA AB. *Husqvarna 542i XP® bez akumulátoru a nabíječky*. 2025.
[40] ANDREAS STIHL AG & CO. *PRODUCT HISTORY*. 2023.
[41] ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. *AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 60 C-B*. 2025.



Obrázek 9: STIHL MSA 60 C-B[42]

Dalším produktem firmy Stihl je MSA 220 C-B, stejně jako předchozí pila působí jednoduchým a čistým designem. Má 36 V baterii která je také umístěna v těle rámu. Díky vyššímu výkonu má menší dobu provozu, konkrétně 37 min. Vyšší výkon taky umožňuje kácení menších stromů. Baterie má označení AP, která je určena pro profesionální každodenní použití.[43]



Obrázek 10: Stihl MSA 220 C-B[44]

[42] ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. *AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 60 C-B*. 2025.
[43] ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. *AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 220 C-B*. 2025.
[44] ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. *AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 220 C-B*. 2025.

Profesionální pila MSA 300, působí kvalitním, ale zároveň robustním dojmem. Pila je vybavena antivibračním systémem, má snadno přístupné ovládání a informační panel pro zobrazení stavu baterie, teploty, kapacity mazacího oleje a indikátor brzdy řetězu. Při maximálním výkonu je doba provozu 44 minut.[45]



Obrázek 11: Stihl MSA 300[46]

2.3.3 Makita

Nabízí 9 akumulátorových pil, které se poté dělí na různé délky lišt. Pro podrobnější analýzu byly vybrány dvě pily, které nejvíce odpovídají potřebám průměrného zákazníka.

První z nich je DUC355Z, která nabízí výkon srovnatelný s 32 ccm benzínovou pilou. Tělo je zúženo hned za rukojetí pro umístění dvou 18 V baterií po obou stranách pily. Pila má ergonomicky tvarovanou rukojeť a snadno přístupné ovládání. Design této pily působí zastarale, ale funkčně. [47]

[45] ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. *AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 300*. 2025.
[46] ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. *AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 300*. 2025.
[47] MAKITA®. *Aku řetězová pila 350 mm Li-ion LXT 2x18V,bez aku Z*. 2023.



Obrázek 12: Makita® DUC355Z [48]

Další řetězová aku pila je UC022GZ, která má výkon srovnatelný s 35 ccm benzínovou pilou. I tato pila z estetického hlediska působí zastarale, ale lepšímu vzhledu pomáhá 40 V akumulátor umístěn pouze z jedné strany pily. Kryt lišty umožňuje napínání řetězu bez použití nástrojů. Podobně jako u předchozího produktu, tak i tento má ergonomicky tvarovanou rukojeť a snadno přístupné ovládání.[49]



Obrázek 13: Makita® UC022GZ[50]

[48] MAKITA®. *Aku řetězová pila 350 mm Li-ion LXT 2x18V,bez aku Z*. 2023.
[49] MAKITA®. *Aku řetězová pila 350 mm Li-ion XGT 40V,bez aku Z*. 2023.
[50] MAKITA®. *Aku řetězová pila 350 mm Li-ion XGT 40V,bez aku Z*. 2023.

2.3.4 Stanley

Značka Stanley nabízí 3 druhy aku řetězových pil. Pila FatMax SFMCCS730M1 má 18 V akumulátor, který je umístěný ze spodní části zadní rukojeti. Zadní rukojeť je ergonomicky tvarovaná, ale nekomunikuje se zbytkem těla pily. Nevýhodou u této pily je vysoké umístění lišty s řetězem. Kvůli vysokému umístění hrozí při příčném řezu pilou do kmene u země zařízntutí do země a tím ztupení řetězu.[51]



Obrázek 14: Stanley® Fatmax® V20 Aku bezuhlíková řetězová pila 18 V[52]

2.3.5 Narex

Firma Narex nabízí pouze jednu akumulátorovou pilu CPR 350. Některé plastové části pily působí nekvalitě a nepřesně. Změnou je použitá barevnost pily, která je u pil neobvyklá. Do pily se dávají dva 20 V akumulátory po obou jejích stranách. Tento způsob ovšem narušuje celistvý design pily. Hmotnost pily i s bateriemi je 4,6 kg, což je srovnatelné s některými benzinovými pilami. Výhodou je jednoduché napínání řetězu bez nářadí.[53]

[51] STANLEY BLACK & DECKER, INC. *Stanley® Fatmax® V20 Aku bezuhlíková řetězová pila 18 V, 1 x 4.0 Ah baterie.* 2025.
[52] STANLEY BLACK & DECKER, INC. *Stanley® Fatmax® V20 Aku bezuhlíková řetězová pila 18 V, 1 x 4.0 Ah baterie.* 2025.
[53] NAREX S.R.O. *CPR 350 BASIC BOX: Akumulátorová řetězová pila CAMOUFLAGE*.



Obrázek 15: Narex CPR 350[54]

2.3.6 BLACK+DECKER

Firma Black+Decker má v nabídce dva druhy akumulátorových pil, kdy model GKC3630LB se nabízí ve dvou verzích. První má 25 cm dlouhou lištu a 18 V baterii a druhá má lištu dlouhou 30 cm a 36 V baterii. Tato pila má štíhlé tělo, které působí lehce, ale nevyváženě. Umístění nalévání oleje je z horní časti u zadní rukojeti. Podle mého názoru zde může dojít při nalévání k polití rukojeti a následnému vyklouznutí rukojeti z rukou při používání, což je velmi nebezpečné.[55]



Obrázek 16: BLACK+DECKER®. Akumulátorová řetězová pila, 36 V[56]

2.3.7 DEWALT

DEWALT má ve svém portfoliu 4 druhy pil. Pila 54 V FLEXVOLT má tvarosloví, které je až na pár detailů podobné se zbytkem produktů firmy. 54 V baterie je umístěna z boční

[54] NAREX S.R.O. CPR 350 BASIC BOX: Akumulátorová řetězová pila CAMOUFLAGE.
[55] BLACK+DECKER®. *Akumulátorová řetězová pila, 36 V, 2,0 Ah, Li-Ion, 30 cm*. 2025.
[56] BLACK+DECKER®. *Akumulátorová řetězová pila, 36 V, 2,0 Ah, Li-Ion, 30 cm*. 2025.

strany, ale není tvarově sjednocená s tělem pily. Výhodou je gumová manžeta okolo brzdy řetězu, která zamezuje nečistotám a pilinám dostat se do mechanismu brzdy řetězu. Pila má ergonomickou zadní rukojeť a dohromady s přední rukojetí mají i pogumování pro lepši držení při práci.[57]



Obrázek 17: DEWALT Řetězová pila 54 V FLEXVOLT[58]

2.3.8 Milwaukee

Daná firma má v nabídce 4 řetězové pily. Model M18 FUEL™ s dvěma akumulátory, díky kterým má pila srovnatelný výkon s benzínovými pilami o objemu 60ccm. Baterie jsou umístěny na horní části těla pily mezi přední a zadní rukojetí. Bohužel v tomto místě baterie působí nevyváženě a těžkopádně. To dokazuje i hmotnost pily s bateriemi, která činí 9 kg.[59]

[57] DEWALT. *Řetězová pila 54 V FLEXVOLT – S vybavením*. 2025
[58] DEWALT. *Řetězová pila 54 V FLEXVOLT – S vybavením*. 2025
[59] MILWAUKEE ELECTRIC TOOL CORPORATION. *M18 FUEL™ ŘETĚZOVÁ PILA 50 CM NA DVA AKUMULÁTORY*. 2025.



Obrázek 18: MILWAUKEE M18 FUEL™ [60]

2.3.9 Bosch

Stejně jako předchozí značka i firma Bosch má v nabídce 4 modely pil, kdy nejvíce vyhovující pro běžného uživatele je pila AdvancedChain 36V-35-40. Pila nabízí čistý, jednoduchý design a netradiční uchycení přední rukojeti. Díky tomu pila působí sjednoceným dojmem a odpoutává se od klasického vzhledu řetězových pil. Dále pila nabízí jednoduché napínání řetězu a dobře přístupné ovládání.[61]

[60] MILWAUKEE ELECTRIC TOOL CORPORATION. *M18 FUEL™ ŘETĚZOVÁ PILA 50 CM NA DVA AKUMULÁTORY*. 2025.
[61] ROBERT BOSCH POWER TOOLS GMBH. *AdvancedChain 36V-35-40–1× akumulátor 2,0 Ah | nabíječka.* 2020.



Obrázek 19: Bosch AdvancedChain 36V[62]

2.3.10 ECHO

Značka ECHO má v nabídce 3 akumulátorové řetězové pily. Produkt DCS-310 má funkce určené pro zahradní práce a zpracování palivového dřeva. Celková konstrukce působí lehce a kompaktně, což dokazuje také váha pily bez baterie, řetězu a lišty, která je 2,9 kg. Vzhled pily je čistý, díky umístění 36 V baterie v její horní části.[63]



Obrázek 20: Echo DSC-310[64]

[62] ROBERT BOSCH POWER TOOLS GMBH. *AdvancedChain 36V-35-40–1 × akumulátor 2,0 Ah | nabíječka.* 2020.
[63] YAMABIKO CORPORATION. *DCS-310.* 2025.
[64] YAMABIKO CORPORATION. *DCS-310.* 2025.

2.3.11 Greenworks

Ve výrobním portfoliu nabízí Greenworks 7 druhů akumulátorových řetězových pil. Model 60 V baterie nabídne výkon srovnatelný s 42ccm benzínovými pilami. Baterie je ukrytá uvnitř těla pily. V prostoru baterie z bočních stran jsou trojúhelníkové prolisy, které v kombinaci s barevným dělením příjemně odlehčují celistvý design pily.[65]



Obrázek 21: Greenworks 60V [66]

2.4 Designérská analýza

2.4.1 Sinistralita a práce s řetězovou pilou

Sinistralita neboli upřednostňování levé ruky při manuálních činnostech, představuje při práci s některými nástroji technický i bezpečnostní problém. Zatímco běžné nástroje, jako například nůžky, jsou pro osoby se sinistralitou často obtížně ovladatelné kvůli jejich pravoruké konstrukci, u tradičních ručních nástrojů, jakými jsou například sekery či dvoumužné pily, se tyto obtíže výrazněji neprojevují. V dané kapitole se budeme zabývat problémy jednomužných motorových pil a s nimi spojenými bezpečnostními nedostatky při užívání levorukých osob. [67]

Jednomužná pila má konstrukci přizpůsobenou pro držení v pravé ruce, což znamená, že vodicí lišta je při standardním použití posunuta vpravo od osy těla. Tento design minimalizuje rizika zranění pravé poloviny těla jako například nohy či ramene při nechtěném

[65] GREENWORKS TOOLS EU. *60V Chainsaw 40cm*. 2025.
[66] GREENWORKS TOOLS EU. *60V Chainsaw 40cm*. 2025.
[67] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.

zpětném vrhu. Pokud však osoba se sinistralitou neboli levák, pouze přehodí ruce a pilu drží opačně, dochází k posunu lišty do středu nebo k levé části těla, čímž se podstatně zvyšuje riziko ohrožení životně důležitých oblastí, jako je trup nebo hlava. Standardní ochranné prvky motorových pil ani osobní ochranné pomůcky s tímto způsobem držení nástroje nepočítají, čímž se snižuje bezpečnost práce leváků při používání daných strojů. [68]

Pro zajištění rovnocenné míry bezpečnosti a zároveň i komfortu práce by bylo ideální, kdyby osoby se sinistralitou pracovaly s motorovou pilou, jejíž konstrukce je zcela zrcadlově převráceným obrazem standardního pravorukého modelu. Jelikož se v běžné populaci udává výskyt sinistrality u 10 % jedinců, jedná se o problém nejen bezpečnostní, ale rovněž společenský, technický a ekonomický. [69]

Prvním známým pokusem o úpravu a přizpůsobení konstrukce motorové pily uživatelům se sinistralitou byl model značky Husqvarna z roku 1992. Šlo o přidání speciálně tvarované přední rukojeti, která měla tvar oblouku i na pravé straně pily, čímž byla přední rukojeť určena pro obě ruce. Toto řešení však nepředstavovalo plnohodnotnou adaptaci pro levoruké uživatele. Firma danou úpravu nikdy oficiálně neinzerovala a prováděla ji výhradně prostřednictvím smluvních servisů nebo například pokud šlo o individuální úpravu pomocí zakoupených náhradních dílů. Podobný přístup uplatňují i další významní výrobci, jako jsou Stihl, Echo, Poulan a Homelite. [70]

Vývoj plnohodnotné levoruké motorové pily, tedy takové, která by měla všechny ovládací, servisní a plnící prvky zrcadlově obrácené vůči standardní konstrukci, je technicky velmi náročný.

Údajně by se měly na trhu objevovat plně levoruké motorové pily pouze ve výrobním portfoliu dvou čínských společností, kterými jsou Taizou Gamma Machinery Co. Ltd. a Wuyi Thor Machinery Co. Ltd, které nabízejí modely jako Gamma 4620, Gamma 4000 a T Maker HS-5202. Tyto pily nesou designové prvky značek Stihl a Husqvarna, nicméně jejich konstrukční kvalita a životnost odpovídá spíše hobby pilám. Výroba těchto modelů se údajně pohybuje mezi 500 až 1 000 kusy denně. Dané množství svědčí o významném zájmu o levoruké modely na celosvětovém trhu. [71] Bohužel i po dlouhodobém zjišťování informací o daných pilách, se nepodařilo dohledat žádné levoruké pily od těchto ani jiných výrobců.

[68] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.
[69] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.
[70] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.
[71] SIMANOV. *Dějiny lesnictví.* 2022.

Byli objeveny i některé fotografie na, kterých jsou starší modely pil a podle konstrukce byli pro leváky. Bohužel podrobnější informace se nepodařilo k těmto pilám dohledat.



Obrázek 22: Ukázka levoruké pily (Titan Model 30)[72]

2.4.2 Vnitřní konstrukce akumulátorové řetězové pily

Informace o vnitřní konstrukci akumulátorové řetězové pily byly čerpány ze zapůjčeného modelu od firmy Husqvarna, model 542i XP® a také z elektronických zdrojů. Elektrický pohonný systém, do kterého spadá motor a popřípadě převodovka, která u některých pil umožnuje upravit otáčky a zvýšit točivý moment. Stejnosměrné motory neboli elektromotory jsou hojně využívány pro svou bezpečnost napájení a vysokou účinnost rozběhového kroutícího momentu. Stejnosměrný motor se nazývá z toho důvodu, že využíváme stejnosměrné napájení. Dělí se dále na stejnosměrné kartáčové motory a stejnosměrné bezkartáčové motory. Důležitou součásti pily je také ovládací jednotka, která řídí výkon a chod motoru, kdy je daná jednotka nezbytná pro bezkartáčové motory. Dále se

[72] MR. BOW SAW. *Titan Model 30*. 2009

tato jednotka může starat o ochranu proti přehřátí, přetížení, o plynulý rozběh motoru při startu a také má na starosti brzdu motoru.[73]

DC – Stejnosměrné kartáčové motory

U stejnosměrného kartáčového motoru můžeme regulovat otáčky a také změnit směr jeho otáčení. Životnost motoru je omezena kartáčky, které se opotřebovávají, čímž je tedy snížena životnost motoru.[74]

BLDC – Stejnosměrné bezkartáčové motory

Stejnosměrné bezkartáčové motory mají vyšší účinnost a také celkově vyšší životnost, jelikož zde nedochází k opotřebování kartáčů. Výhodou je také možnost velkého rozsahu otáček s kroutícím momentem. K tomu, aby byl stejnosměrný bezkartáčový motor funkční, potřebuje řízení, které je umístěno externě nebo uvnitř v těle motoru. [75]

Součástí pohonného systému je i vyjímatelná baterie a konektory pro připojení baterie k pile. Baterie představují zařízení, která slouží k uchovávání elektrické energie prostřednictvím chemického procesu, jehož základním principem je přeměna chemické energie na energii elektrickou, ke které dochází při vybíjení, kdy elektrony putují z anody na katodu. U nabíjení je tomu naopak. Rozlišujeme dvě základní kategorie baterií, a tedy primární a sekundární. U primární baterie dochází k nevratné chemické reakci, jelikož její články jsou určeny pro jednorázové použití. Naopak sekundární baterie umožňuje regeneraci svých článků zpětným přívodem elektrického proudu a umožňuje tedy následné opakované použití.[76]

Za nejrozšířenější mezi akumulátorovými pilami můžeme považovat Lithium-iontové baterie, které spadají do sekundární kategorie baterií. Za největší výhodu lithium-iontových baterií můžeme považovat jejich vysokou energetickou hustotu, která se pohybuje v rozmezí od 75-125 Wh/kg. Dále také důležitými výhodami je minimální samovybíjení, které je nižší než 10 % a absence paměťového efektu, který by mohl ovlivňovat její kapacitu. Důležitou výhodou je také dlouhodobá životnost při správném způsobu užívání, zejména co se týče nabíjení a vybíjení. Nevýhodou je, že při úplném vybití dochází k rychlému znehodnocení

[73] RAVEO S.R.O. *Stejnosměrné motory*. 2025.
[74] M B M TECHNIK, SPOL. S R.O. *DC - Stejnosměrné kartáčové motory*
[75] M B M TECHNIK, SPOL. S R.O. *BLDC - Stejnosměrné bezkartáčové motory.*
[76] MARIN-GARCIA, et al. *Battery Types and Electrical Models: A Review*, 2020.

elektrod, které jsou velmi citlivé na vysoké teploty. Pořizovací cena je přitom v porovnání s tradičními technologiemi vyšší. [77]

Podle Marina-Garcia se porovnání výhod a nevýhod jednotlivých akumulátorových systémů se lithium-iontová baterie zdá jako nejlepší volba. Pořizovací cena je sice vyšší a má složitější nabíjecí systém, ale i přesto její výhody převažují. Například dlouhá životnost a také vysoká energetická hustota a s ní spojené vysoké napětí článků dělají z daných baterií ideální řešení pro většinu současných aplikací. [78]

Pila obsahuje ovládací prvky, které jsou zároveň bezpečnostními, kterými je spoušť s pojistkou a řetězová brzda, která je buď mechanická nebo elektronická. V neposlední řadě je zde mazací systém řetězu, který slouží převážně k mazání řetězu v liště, aby nedošlo k jeho přehřátí a rychlému opotřebení. Může být použito mechanické nebo elektrické mazání. U mechanického mazání je čerpalo poháněno rotací motoru a u elektrického mazání má čerpadlo samostatný motorek, který je řízen řídící jednotkou pily, která udává, podle otáček a zátěže motoru, množství mazací kapaliny.

2.5 Bezpečnostní prvky u řetězových pil

Následující kapitola je věnována bezpečnostním prvkům řetězových pil. Nejprve je popsána jejich historie a následně aktuální stav.

2.5.1 Historie bezpečnostních prvků motorových pil

Lidé při kácení stromů a také odvětvování využívali ruční pily. Práce to byla velmi náročná, a proto se snažili najít nějaká řešení, aby si danou práci alespoň trochu ulehčili. V minulém století došlo k vývoji mechanických pil, které měly i bezpečnostní prvky. Bezpečnostní prvky si často ale lidé, kteří s danou pilou měli manipulovat, odstraňovali, jelikož přidávaly na váze už tak těžkému stroji. Mechanické pily měly ochranné kryty a rámy a když se odstranily, tak bylo potřeba s pilou velmi opatrně zacházet, protože byla odkryta část pohonné jednotky, která byla horká a hrozilo popálení. Bylo důležité dodržovat bezpečnostní postupy, aby se předešlo zranění, které mohlo být způsobeno a mělo často trvalé následky.[79]

Od mechanických pil postupně lidé přecházeli k řetězovým motorovým pilám, které byly poháněny buď elektrickým nebo spalovacím motorem. Řetězové pily byly mnohem

[77] MARIN-GARCIA, et al. *Battery Types and Electrical Models: A Review*, 2020.
[78] MARIN-GARCIA, et al. *Battery Types and Electrical Models: A Review*, 2020.
[79] VORLÍČEK, *Historie a vývoj bezpečnostních prvků na motorových pilách*, 2011.

lehčí, menší, ale zároveň výkonnější než pily mechanické. Díky všem změnám došlo k rychlejšímu zpracování dřeva. Důležitým momentem bylo připevnění řetězů na vodící lištu pily. Od druhu lišty se pily rozlišovaly na dvoumužné a jednomužné, kde jednomužné jsou využívány dodnes.[80] Postupem času docházelo k vylepšování všech částí pily a v polovině 20. století došlo k zavedení bezpečnostních prvků přímo na pilu, ale zároveň představovaly i obecné doporučení, jak s pilou pracovat. Podstatnými bezpečnostními prvkami bylo přidání elektrického vypínače zapalování motoru, plastové rukojeti, která měla bránit vysokým vibracím při zacházení s pilou a zároveň usnadnit manipulaci s ní. Jako další bezpečnostní prvek byla přidána ochranná horní lišta řetězu, která měla ochrannou funkci při prasknutí řetězu.[81]



Obrázek 23: Těžba dřeva – kácení – dvoumužná motorová pila[82]

Například u jednomužných pil se využíval hoblovací řetěz, který byl ale velmi nebezpečný pro levou ruku obsluhy, pokud došlo ke zpětnému vrhu. Z toho důvodu se začaly

[80] NERUDA; NEVRKLA, CACH, *Práce s motorovou pilou a křovinořezem*, 2022.

[81] VORLÍČEK, *Historie a vývoj bezpečnostních prvků na motorových pilách*, 2011.
[82] FOREST HISTORY SOCIETY, *Těžba dřeva – kácení – dvoumužná motorová pila.*

na pily přidávat kryty levé ruky a také setrvační aktivovaná páka brzdy. Vše bylo spolu provázáno díky pákovému mechanismu, který ovládal brzdový pás. Díky tomu mohlo dojít k okamžitému zastavení bubnu spojky. Brzdové páky se nejprve vyráběly z kovu, ale jelikož to přidávalo na hmotnosti, tak byly nahrazeny plastovými s malým kovovým závažím. Postupem času se brzdová páka přidala i na zadní rukojeť, se kterou byla spojena lankem, díky němuž byl ovládán brzdový pás, který se aktivizoval při rizikových situacích.[83]

Začala se také přidávat pojistka proti náhodnému přidání plynu, a to z toho důvodu, že díky plynové páčce u řetězových pil dochází ke zvyšování otáček motoru. Aby byly otáčky konstantní, tak se k plynové páčce přidávaly také třecí tlumiče. Nevýhodou bylo například to, že při dořezávání kmene nebylo možné rychle snížit otáčky motoru a pokud byl člověk, který pilu obsluhoval nezkušený, mohlo dojít k zaříznutí do země. Z tohoto důvodu byla plynová páčka přenesena na zadní část rukojeti. Ale ani tohle nebylo ideální, jelikož docházelo k náhodnému přidání plynu a nebylo možné pevně uchopit rukojeť. Proto se vytvořila dlaňová pojistka, která brání náhodnému přidání plynu.[84]

Od 80. let 20. století docházelo k přidávání dalších bezpečnostních prvků, které využívaly všichni výrobci, jen ve vlastním podání. Například byl přidán chránič proti zpětnému vrhu a řetězová brzda. Docházelo také k přidání zachycovače řetězu, který byl považován za bezpečnostní prvek z důvodu zachycení přetrženého nebo také spadlého řetězu, který je umístěn na vodící liště. Zachycovač řetězu měl zabránit jeho vymrštění na osobu, která pilu obsluhovala a zasáhnout ji tak do její spodní části těla. V dnešní době je hned několik provedení výše zmíněných zachycovačů. Můžeme se setkat s plastovými, které se využívají převážně u pil označených jako „Hobby“ a často se nedají vyměnit. Naopak u profesionálních pil se vyrábí z kovu anebo také plastu, s rozdílem toho, že daný díl je vyměnitelný. U profesionálních pil je výměna považována za nutnou, jelikož daný díl bývá velmi opotřebován.[85] Se spadnutím řetězu souvisí také chránič pravé ruky. Kdyby došlo k přetržení řetězu a ten by byl zachycen zachycovačem, mohlo by dojít k vymrštění vzad a k následnému poranění ruky, která drží zadní rukojeť pily. Daný problém si začali lidé uvědomovat již v 70. letech 20. století, který řešili prodloužením zadní části palivové nádrže. Daný bezpečnostní prvek se na pilách objevuje dodnes a je součástí každé pily.[86]

[83] NERUDA; NEVRKLA, CACH, *Práce s motorovou pilou a křovinořezem*, 2022.
[84] VORLÍČEK, *Historie a vývoj bezpečnostních prvků na motorových pilách*, 2011.
[85] NERUDA; NEVRKLA, CACH, *Práce s motorovou pilou a křovinořezem*, 2022.
[86] VORLÍČEK, *Historie a vývoj bezpečnostních prvků na motorových pilách*, 2011.

V poslední řadě došlo k vývoji Stop vypínače. Daný bezpečnostní prvek byl neustále vylepšován a posouván blíže k osobě, která pilu obsluhuje. Cílem bylo, aby se na vypínač dalo dosáhnout prsty. Původní vypínače bylo nutné přepínat mezi sebou aretací, ale později došlo k zapnutí pouhým stiskem.[87]

Vývoj motorových pil prošel řadou změn hlavně v 60. letech 20. století, které se týkaly bezpečnostních prvků a také jednomužné motorové pily. Rozdíly byly také v obsahu motoru v jednotlivých zemích. Evropské země využívaly pily s obsahem motoru 50–80 ccm a severoamerické 70–100 ccm. Nedošlo jen k přidávání bezpečnostních prvků, ale také k vytvoření víceúčelovosti motorových pil. S pilami se dalo jednoduše manipulovat a byly vhodné například i na kácení stromů. Neustále se pily posouvaly dál, a dokonce se začaly vyrábět vyhřívané rukojeti, odpružené modely, ale také došlo ke snížení hlučnosti pily, která byla 100 dB(A). Pracovalo se také na snižování hmotnosti pily, která by následně přispěla opět k lepší manipulaci.[88]

I přes všechny bezpečnostní prvky a manuály nebo doporučení, jak s pilou zacházet, dochází k vážným nehodám a je důležité s ní manipulovat s opatrností. Je důležité si uvědomit, že i s bezpečnostními prvky je možnost úrazu.[89]

2.5.2 Aktuální bezpečnostní prvky u řetězových pil

Aktuálně se na pilách objevuje řada bezpečnostních prvků, kterými jsou brzda řetězu a jeho chránič proti zpětnému vrhu, pojistka páčky plynu, zachycovač řetězu, chránič pravé ruky.

Brzda řetězu a chránič proti zpětnému vrhu

Brzda řetězu je důležitým bezpečnostním prvkem z toho důvodu, že má zastavit otáčení řetězu. Je umístěna před horní rukojetí a předním ochranným krytem ruky, kde slouží k okamžitému zastavení pohybu řetězu. Aby mohla být brzda aktivována, je nutné zatlačit ochranný kryt směrem k řetězu. Naopak, pokud chceme provést deaktivaci, zatáhneme brzdou směrem k sobě. Důležitým krokem, jak předejít nechtěnému řezu při pohybu s pilou, když to osoba, která ji obsluhuje nečeká, je použít brzdu vždy, jakmile je dokončen řez a je potřeba se přesunout k jinému místu. Setrvační brzda slouží jako doplňkový systém, jehož úkolem je aktivovat brzdu řetězu při náhlém zpětném rázu. Zpětný ráz je ve většině případů zapříčiněn tím, že se horní část pilového řetězu zachytí o tvrdý materiál. Daný mechanismus

[87] VORLÍČEK, *Historie a vývoj bezpečnostních prvků na motorových pilách*, 2011.
[88] NERUDA; NEVRKLA, CACH, *Práce s motorovou pilou a křovinořezem*, 2022.
[89] NERUDA; NEVRKLA, CACH, *Práce s motorovou pilou a křovinořezem*, 2022.

funguje na základě toho, že je detekována prudká změna v pohybové energii. V tomto případě je eliminováno riziko zranění, které by mohlo být způsobeno nečekaným pohybem nástroje směrem k uživateli.[90]

Pojistka plynové spouště

Pojistka plynové spouště je další důležitou složkou bezpečnostního systému, která zabraňuje náhodnému spuštění řetězu. Uživatel, aby mohl ovládat plynovou spoušť, která se nachází v dolní části zadní rukojeti, musí nejprve zmáčknout tlačítko, které je umístěno na horní části zadní rukojeti pily. [91]

Zachycovač řetězu

Zachycovač řetězu slouží k zachycení a zpomalení řetězu v případě, že by došlo k jeho uvolnění z vodící lišty. Je umístěn v dolní části těla pily v blízkosti spojkového krytu. Zachycovač řetězu absorbuje většinu energie řetězu a dále zabrání k jeho nekontrolovatelnému pohybu, kdy je řetěz odražen směrem k zadní rukojeti a v dané situaci je zbrzděn i zadním ochranným krytem. Celý proces se odehrává během zlomku vteřiny a všechny zmíněné části jsou navrženy tak, aby došlo k minimalizování možností vážného poranění uživatele. Pokud by daná situaci nastala, je doporučeno zachycovač řetězu zkontrolovat a vyměnit, neboť bývá danou událostí mechanicky poškozen a došlo by k narušení bezpečnosti při dalším užívání pily. Jelikož je ve většině případů záchytný kolík k pile přichycen pouze jedním šroubem, je jeho výměna snadná a rychlá. [92]

Chránič pravé ruky

Chránič pravé ruky má za úkol zamezit zranění pravé ruky v případě, kdy se řetěz uvolní z lišty nebo přetrhne při řezání. U motorových pil tato část složí zároveň jako nádrž pro pohonné hmoty a je součástí zadní rukojeti.[93]

---

[90] HIESL. *The Safety Features of a Modern Chainsaw*. 2023.
[91] HIESL. *The Safety Features of a Modern Chainsaw*. 2023.
[92] HIESL. *The Safety Features of a Modern Chainsaw*. 2023.
[93] HUSQVARNA CHAINSAW ACADEMY. *ZÁKLADY BEZPEČNOSTI PŘI PRÁCI S ŘETĚZOVOU PILOU*. 2021

Snadno přístupné ovládání zapínání a vypínání

Ovládaní by mělo být umístěno tak, aby v jakékoliv poloze pily bylo možné jednoduché vypnutí, popřípadě v nečekaných problémech nebo v kritické situaci při řezání, aby bylo možné hned reagovat a pilu zastavit. [94]

2.6 Výzkum

2.6.1 Cíl výzkumu

Cílem výzkumu bylo zjistit stav současného portfolia akumulátorových řetězových pil z hlediska konstrukce, ergonomie a bezpečnosti při používání praváky nebo leváky. Účelem bylo definovat hlavní problémy, které brání univerzálnímu používání pil a zároveň zjistit, zda existuje technické řešení, které by umožnovalo používat pilu obouručně a přitom bezpečně.

Hlavní otázky:

1. Jak jsou současné akumulátorové pily konstruovány z hlediska bezpečnosti a ergonomie
2. Jaké jsou hlavní bezpečnostní a ergonomické nedostatky při používání pily levou rukou?
3. Existují řetězové pily, které zohledňují potřeby leváků nebo jsou symetrické?
4. Jaké požadavky kladou odborné normy na konstrukci, bezpečnost a ergonomii pro návrh akumulátorové pily?

Tento výzkum má zajistit teoretický základ pro návrhovou část práce, ve které bude dále rozpracován koncept nové akumulátorové pily s ohledem na univerzální konstrukci a ergonomii. Cílem není inovace z hlediska řezného mechanismu nebo technologická novinka, ale vytvořit bezpečnou, uživatelsky přívětivou řetězovou pilu pro obě ruce.

2.6.2 Metodika výzkumu

Pro výzkumnou část diplomové práce byla zvolena metoda výzkumu od stolu. Tato metoda zahrnuje analýzu dat z veřejně dostupných zdrojů. Důvodem zvolení této metody bylo cílové

[94] HUSQVARNA CHAINSAW ACADEMY. *ZÁKLADY BEZPEČNOSTI PŘI PRÁCI S ŘETĚZOVOU PILOU*. 2021

zaměření výzkumu na ergonomické, konstrukční a bezpečnostní prvky akumulátorových pil. Při výzkumu byly využity následující typy zdrojů:

- Odborná literatura z oblasti ergonomie a bezpečnostních prvků.
- Technické normy a doporučení, které ergonomické, konstrukční a bezpečnostní požadavky při návrhu ručního elektrického nářadí
- Produktové katalogy, uživatelské manuály a oficiální stránky výrobců akumulátorových pil, které sloužily pro analýzu současných pil a jejich bezpečnostní a konstrukční aspekty.
- Rozhovor s profesionálem v oboru

Rozhovor byl pojat formou technických konzultací s Panem Patrikem Truhlářem, který pracuje 8 let ve společnosti Husqvarna Česko s.r.o. z toho 4 roky na pozici produktového specialisty pro výrobky les a zahrada, dále 4 roky na pozici projektového manažera pro profesionální zákazníky a spolupracuje se Švédskou Husqvarnou na testování výrobků. Konzultace jsou popsány v kapitole 5. variantní designérské řešení.

2.6.3 Ergonomické požadavky

Ergonomie je důležitým bodem při návrhu ručního elektrického nářadí, obzvlášť u zařízeních, u kterých je považován pevný úchop a bezpečné ovládání. Akumulátorové pily patří mezi nástroje, u kterých špatná ergonomie může vést nejen k únavě uživatele a později ke zdravotním problémům, ale dokonce i k vážnému zranění. Proto je důležité aplikovat požadavky ergonomie již v rané fázi návrhu produktu.

Normy, ze kterých byli čerpány ergonomické požadavky jsou:

- ČSN EN ISO 9241-210 Ergonomie interakce člověk-systém – Část 210: Ergonomické projektování interakčních systémů[95]
- ČSN EN 614-1+A1 Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – Část 1: Terminologie a všeobecné zásady[96]

Z těchto norem vyplývají následující požadavky:

[95] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN ISO 9241-210, *Ergonomie interakce člověk-systém – Část 210: Ergonomické projektování interakčních systémů*. 2020.
[96] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN 614-1+A1, *Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – Část 1: Terminologie a všeobecné zásady*. 2009.

- Rukojeti musí být přizpůsobeny různým velikostem ruky, s možností pevného a přirozeného uchopení.
- Minimální síla potřebná ke stisknutí spouště, a to bez nutnosti nadměrného tlaku nebo nepohodlného úchopu.
- Dosažitelnost ovládacích prvků, kdy všechny hlavní funkce musí být přístupné bez přehmatávání.
- Při návrhu výrobku musíme brát ohledy na tělesné rozměry všech možných uživatelů což znamená použít tělesné rozměru 5 percentilní ženy a 95 percentilního muže
- Musí být dbáno na pohodlné pracovní polohy, například nepřirozeně zalomené zápěstí apod.
- Důkladná analýza toho, kdo bude s pilou pracovat a v jakém prostředí
- Provádění ergonomických prototypů pro maximální prověření funkčnosti návrhu
- Získávat zpětnou vazbu od budoucích uživatelů v průběhu navrhování

Specifika pro obouruční použití

Většina současných nářadí je navržena pouze pro praváky. Leváci pak musí držet pilu v neergonomické poloze. To vede k častému přehmatávání a nepřirozenému úhlu zápěstí. U některých strojů to dokonce může znemožnit bezpečné spuštění motoru, protože bezpečnostní pojistka je přístupná pouze pro pravý palec.

Ergonomický návrh by tedy měl zohlednit:

- oboustranně přístupné ovládání
- symetrické tvarování rukojetí
- možnost snadného uchopení a vedení nástroje z obou stran

2.6.4 Bezpečnostní prvky

Bezpečnostní prvky u řetězových pil jsou nejdůležitějším aspektem celého návrhu. Nejen kvůli vysoké rychlosti řetězu nebo případnému nebezpečnému použití, by měla pila být navržena tak, aby se minimalizovalo riziko poranění. To chceme minimalizovat nejen při běžném provozu, ale také i v nečekaných momentech, jako je zaseknutí řetězu, zpětný ráz pily nebo případná ztráta kontroly nad pilou.

Normy, z kterých byli čerpány bezpečnostní požadavky na řetězové pily:

- ČSN EN ISO 12100 Bezpečnost strojních zařízení – Obecné zásady navrhování.[97]
- ČSN EN ISO 11681-1 Řetězové pily pro lesnictví – Bezpečnostní požadavky.[98]
- ČSN EN 62841-4-1 Elektromechanické ruční nářadí, přenosné nářadí a žací a zahradní stroje – Bezpečnost – Část 4-1: Zvláštní požadavky na řetězové pily [99]

Z norem vyplívají následující požadavky:

- Konstrukce by měla být navržena tak, aby rizika byla odstraněna, nejen snížena ochrannými prvky
- Musí obsahovat brzdu řetězu
- Zachycovač řetězu musí být vyměnitelný
- Zadní kryt rukou musí být po celé délce ruky
- Pila dále musí mít zubovou opěrku případně otvory pro její montáž
- Akcelerační páka a její pojistka musí být umístěny tak, aby šly pohodlně ovládat v rukavicích
- Úchopová část na zadní rukojeti musí mít 25 mm před a 75 mm za hranou akcelerační páky
- Přední rukojeť musí mít minimálně 100 mm délku a uchop musí být pevny s palcem směřujícím dolů tedy pod rukojeť

Ergonomické limity bezpečnostních prvků u vybraných produktů současné produkce:

Některé modely mají pojistku plynu z pravé strany, což při levorukém použití není ideální. Je obtížné pro leváka danou pojistku zmáčknout. Pravák tuto pojistku mačká palcem, kdežto levák tuto pojistku musí zmáčknout ukazováčkem nebo dlaní levé ruky.

---

[97] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN ISO 12100, *Bezpečnost strojních zařízení – Obecné zásady navrhování.*. 2011.
[98] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN ISO 11681-1, *Lesnická strojní zařízení - Bezpečnostní požadavky a zkoušení přenosných řetězových pil - Část 1: Řetězové pily pro lesní práce*. 2023.
[99] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN 62841-4-1, *Elektromechanické ruční nářadí, přenosné nářadí a žací a zahradní stroje – Bezpečnost – Část 4-1: Zvláštní požadavky na řetězové pily*. 2020.

Zadní kryt řetězu při levorukém držení nekryje ruku, jelikož je pila držena z druhé strany. Tímto nastává obrovské bezpečnostní riziko, protože při přesunu s pilou v pravé ruce dochází k tomu, že lišta směřuje k tělu, což může vést k obrovskému nebezpečí poranění.

Brzda řetězu u některých modelů je mírně vyosená, což při levorukém držení pily může vést v některých případech k pozdější reakci obsluhy a následnému zastavení pilového řetězu.

Dále některé modely mají hůře přístupné ovládání „zapnutí a vypnutí“ pily v případě levorukého držení. Tento fakt může opět vést k opožděné reakci a vzniká tak nebezpečí pro uživatele.

2.6.5 Konstrukční analýza

V této části výzkumu byly analyzovány ergonomická řešení a konstrukční použitelnost pro praváky a leváky u vybraných modelů akumulátorových řetězových pil. Jelikož diplomová práce je zaměřena na akumulátorovou pilu pro domácí a hobby použití, tak byly vybrány převážně modely tohoto zaměření. Výběr analyzovaných modelů je stejný jako v kapitole 2.3 Celosvětová analýza, proto zde nebudou zmíněny analýzy jednotlivých modelů, ale pouze komplexní analýza, která zahrnuje všechny výše zmíněné modely.

V konstrukční analýze byl kladen důraz na tvar a pozici rukojeti, polohu a tvar spouště bezpečnostních prvků, dále symetrie konstrukce neboli zda je možnost bezpečně používat pilu při úchopu pro leváka. Poslední důležitý aspekt byla přístupnost v ovládání pily.

Z provedené konstrukční analýzy aktuálně dostupných modelů akumulátorových pil vyplývá, že většina zařízení je navržena převážně s ohledem na praváky. Přední i zadní rukojeť bývají tvarovány asymetricky. Zadní rukojeť často podporuje ovládání spouště pravým ukazováčkem a palcem, zatímco přední je mírně zkosená směrem k pravé ruce. Bezpečnostní pojistky jsou obvykle umístěny na pravé straně zadní rukojeti, což výrazně komplikuje ovládání levou rukou bez manipulace s polohou nástroje.

Ani jeden z analyzovaných modelů nenabízí plně symetrické řešení při maximální bezpečnosti používání. Dále bylo zjištěno, že levostranné držení pily není u většiny výrobků vůbec zohledněno. Buď je výslovně nedoporučeno, nebo se o něm dokumentace vůbec nezmiňuje. Z konstrukčního i legislativního hlediska tak práce levou rukou zůstává opomíjena.

Z těchto zjištění vyplývá, že současná nabídka běžně dostupných akumulátorových pil nepodporuje obouruční použití. Leváci jsou tak nuceni pracovat v neergonomických podmínkách, což zvyšuje fyzickou zátěž a riziko pracovních úrazů. Tato situace ukazuje na jasný prostor pro konstrukční inovaci, což směřuje k je vytvoření symetrické, obouruční pily, která bude ergonomicky vhodná a zároveň bezpečná pro uživatele s různou dominancí rukou.

2.7 Shrnutí

Akumulátorové řetězové pily zažívají dynamický vývoj díky pokroku v bateriových technologiích a elektronice. Jsou tiché, bezemisní a vhodné pro hobby i poloprofesionální použití. Nabídka na trhu je široká, s důrazem na kompaktnost, bezpečnost a jednoduchou údržbu.

Hlavními problémy v současné produkci je nevhodnost pro využití leváky, kdy většina pil je navržena pouze pro praváky, což snižuje komfort a bezpečnost leváků. Oproti benzinovým pilám mají některé pily kratší provozní dobu a nižší výkon. U většiny silnějších modelů pil baterie nejsou kompatibilní napříč značkami, což zvyšuje další náklady. Dochází tedy k vyšší ceně kvalitních modelů, a to díky pokročilé technologii, která zdražuje výrobky pro běžného uživatele.

Tyto nedostatky otevírají prostor pro nové designérské přístupy zaměřené na univerzálnost, udržitelnost a uživatelský komfort.

3 CÍLE PRÁCE

3.1 Hlavní cíle práce

Hlavním cílem práce bylo vytvořit akumulátorovou řetězovou pilu, kterou mohou používat jak lidé s dominancí pravé ruky, tak lidé s dominancí levé ruky a zároveň bude pila splňovat veškeré bezpečnostní prvky.

Nedílnou součástí návrhu je i ergonomie, která bude u této pily velice důležitá. Jelikož se bude jednat o oboustrannou pilu, tak ergonomie musí být řešena pro pravou i levou ruku pro každou rukojeť.

Další cílem je vytvořit celkový design pily, který je unikátní a neobvyklý, ale zároveň bude splňovat již zmíněné cíle s ohledem na technologickou realizovatelnost.

Také je myšlenka, aby se pila dala demontovat na pilu pro praváky, tak na pilu pro leváky. Byla by tedy vyráběna stejná pila, jen by si ji při koupi nechal zákazník u prodejce předělat podle jeho preferované strany. A to z důvodu toho, že pila je určena pro „hobby“ uživatele a u výměny pily se budou muset demontovat součástky, u kterých je doporučeno, aby je zákazník sám doma nedemontoval.

Vedlejší cíle práce

Mezi vedlejší cíle patří návrh uživatelského rozhraní displeje, včetně ukázek jednotlivých situací, které by se na infomačním displeji ukazovaly. Jako další cíl bylo použití reálné baterie, případně velikosti reálné baterie, od některých značek výrobců pil. A to z toho důvodu, aby vznikl věrohodnější model akumulátorové řetězové pily. Z toho důvodu bylo důležité aplikovat tyto rozměry do celkového návrhu pily. Navrhnout pilu tak, aby byla dokázána možnost výroby, čímž se dokáže také realizovatelnost produktu. Jako další vedlejší cíl je umístění sacích otvorů vzduchu, které by co nejméně narušovaly celkový design pily. Aby pila mohla být oboustranná, musí být jednotlivé měnitelné díly osově souměrné.

3.2 Oblasti možných inovací

Návrh pily nabízí hned několik inovativních řešení. Hlavní je právě možnost používaní pily levákem, kdy uživatel má všechny potřebné bezpečnostní prvky, které nabízí pily pro pravoruké uživatele. Další inovací je výroba pouze jednoho druhu pily, která by se dala demontovat pro praváka či leváka. V oblasti možných inovací by mohlo být použití nových materiálů pro celkové tělo pily.

3.3 Cíloví uživatelé a trh

Cílovými uživateli jsou takzvaně „hobby“ pilaři, což jsou zákazníci, kteří používají řetězovou pilu pro občasné prořezávání zahrad, domácí řezání palivového dřív popřípadě řezání palivového dříví v lese a další práce s pilou podobné. Důvodem této cílové skupiny je právě fakt, že ne všichni si uvědomují nebezpečnost pily v případě úchopu pravou rukou za přední rukojeť a levou za zadní, což je úchop pily takzvaně na leváka. Profesionální pilaři, kteří se vyučí pilařem na lesnických školách, bývají přeučeni na pravoruké používání pily, pod dohledem zkušeného pilaře. Způsob přeučení se držení pily podle dominance levé ruky na pravou bez dohledu profesionála, je považován za nebezpečný.

Jelikož je počítáno se zákazníky různého pohlaví, musí tomu být přizpůsobena i ergonomie pily. I když je na trhu akumulátorových pil řada různých produktů, tak právě tato pila by jim měla nabídnout všestrannost využití společně s ergonomickým řešením, esteticky čistým a odlišným designem od současné produkce, a hlavně z bezpečnostní stránky pro pravoruké, tak levoruké zákazníky.

4 VÝROBNÍ PARAMETRY

4.1 Výrobní technologie

4.1.1 CNC Obrábění

CNC neboli počítačové číslicové řízení (Computer Numerical Control), označuje moderní způsob ovládání výrobních strojů prostřednictvím počítače. Tento proces spočívá v odebírání materiálu z obrobku za účelem vzniku požadovaného tvaru. Pohyby stroje a jeho činnost jsou ovládány speciálním softwarem. Díky tomu je možné dosahovat vysoké přesnosti, flexibility a efektivity při obrábění různých součástek. CNC stroje zahrnují širokou škálu zařízení, od malých frézek a soustruhů až po rozsáhlé systémy schopné pracovat ve třech až pěti osách.[100]

Nejčastěji používanými CNC stroji jsou frézky. Tyto stroje pracují na základě kódu (tzv. G-kód), který určuje přesné trajektorie nástroje. Pokročilejší frézky zvládají i složitější operace, jako je závitování nebo obrábění tvrdých kovů. [101]



Obrázek 24: CNC obrábění[102]

[100] , GOODWIN UNIVERSITY. *Five Types of CNC Machines You Should Know About* 2023
[101] , GOODWIN UNIVERSITY. *Five Types of CNC Machines You Should Know About* 2023
[102] , ZALTEK PLUS S.R.O. *Kovoobrábění, CNC obrábění*. ZALTEK Plus. 2023

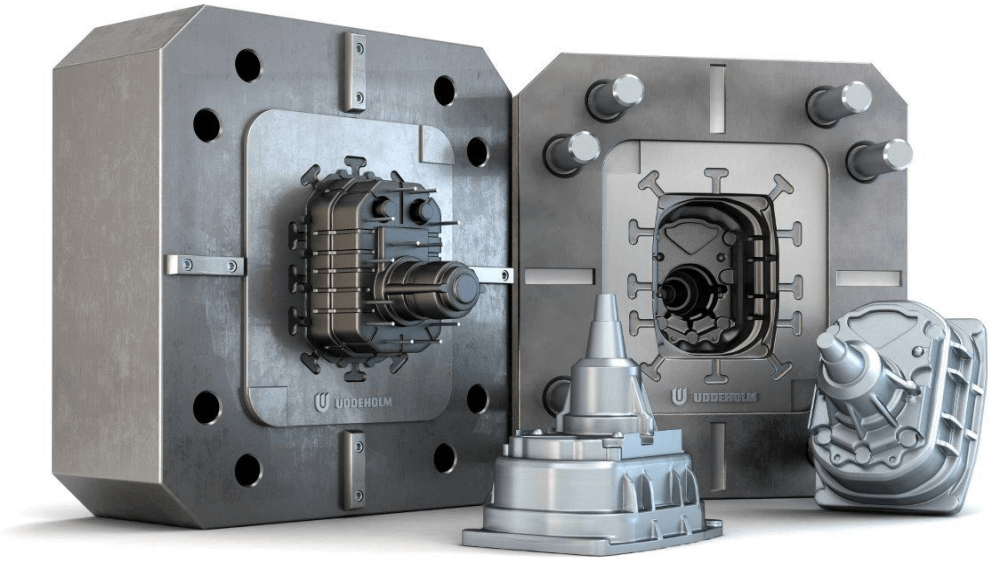
CNC soustruhy se naproti tomu specializují na zpracování válcových nebo kuželovitých tvarů. Materiál se při práci otáčí a řezné nástroje odebírají jeho části pro dosažení požadovaného výsledku. Soustruhy jsou vhodné například pro výrobu vačkových a klikových hřídelí. [103]

Dále se využívají CNC vrtačky, které vrtají otvory různých rozměrů a tvarů do různých materiálů, často jako přípravu pro montážní nebo funkční účely. [104]

4.1.2 Tlakové lití

Tlakové lití je metoda výroby kovových dílů, kdy se roztavený kov pod vysokým tlakem vstřikuje do dutiny formy. Nejčastěji se používají slitiny neželezných kovů, jako je hliník, hořčík, měď a další. Tato technologie využívá vysokotlaké i nízkotlaké lití a je v současnosti hojně využívána v různých odvětvích průmyslu pro sériovou výrobu kovových komponentů. Důvodem je její jednoduchost, vysoká produktivita, schopnost vytvářet složité tvary s přesnými rozměry a nízké náklady. Díky těmto vlastnostem si tlakové lití našlo své místo v mnoha průmyslových oblastech jako efektivní a spolehlivý proces výroby.[105]

Tato metoda se nejčastěji u řetězových pil používá pro hliníkové nebo hořčíkové boční kryty lišt, dále pro kryty motoru a pevné části rámu pil.



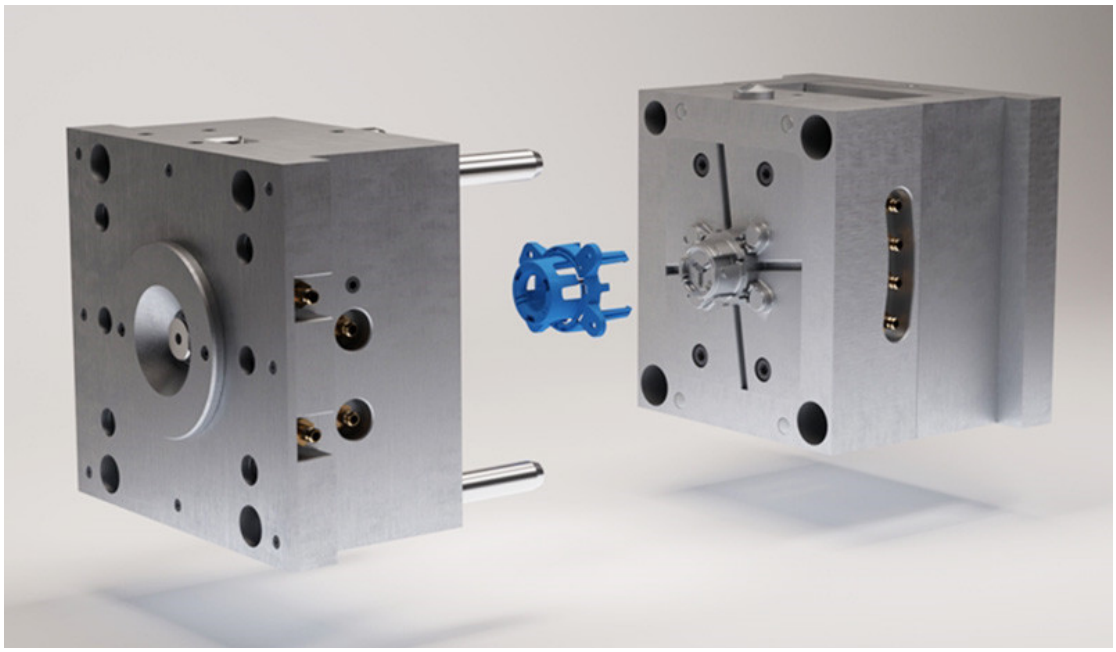
Obrázek 25: Tlakové lití kovů[106]

[103] , GOODWIN UNIVERSITY. *Five Types of CNC Machines You Should Know About* 2023
[104] , GOODWIN UNIVERSITY. *Five Types of CNC Machines You Should Know About* 2023
[105] WANG FU, ZHENG. *Die Casting for Fabrication of Metallic Components and Structures*. 2022.
[106] , VOESTALPINE HIGH PERFORMANCE METALS CZ S.R.O. *Tlakové lití kovů.* 2025.

4.1.3 Vstřikování plastů

Vstřikování představuje opakující se výrobní proces vhodný především pro velkosériovou a hromadnou produkci, při kterém se roztavený materiál vysokou rychlostí vstřikuje do uzavřené dutiny formy, kde následně ztuhne. Jedná se o nejběžnější způsob zpracování plastů, který umožňuje vytvářet výrobky s vysokou přesností tvarů i rozměrů, a to i u složitých dílů. Většinou není potřeba žádná dodatečná povrchová úprava. I když se vstřikují hlavně plasty, lze takto zpracovávat i některé kovy a slitiny. Velikost výlisků může být od několika milimetrů až po metrové rozměry, což umožňuje výrobu například plastových částí automobilů. Nejčastěji se takto tvarují termoplasty, ale při použití upraveného zařízení i některé reaktoplasty. Formy musí být navrženy tak, aby umožnily snadné vyjmutí hotového dílu. Pro vzhled výrobku je velmi důležité správné umístění dělících rovin formy, protože jsou zpravidla pohledové a jejich poloha musí být zohledněna již při jejím návrhu. Mezi hlavní výhody vstřikování patří rychlý cyklus, vysoká produktivita a schopnost vyrábět složité tvary s přesností, zatímco nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady na zařízení a formy a ekonomická výhodnost pouze při výrobě ve velkých sériích.[107]

Vstřikováním se vyrábí většina krycích a konstrukčních dílů, dále rukojeti, olejové nádrže a ovládací prvky u pil.



Obrázek 26: Ukázka vstřikovací formy i se vstřikovaným dílem[108]

[107] KULA, TERNAUX a HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry.* c2012.
[108] HUIZHOU DJMOLDING CO. Injection Mould Pictures. 2024.

4.2 Materiály

4.2.1 ABS

Akrylonitrilbutadienstyren je amorfní termoplast, který se dá využít jako náhrada polystyrenu. Díky jeho vylepšeným mechanickým vlastnostem je rozšířena i možnost jeho využití. Nejen, že je odolnější vůči teplotám přesahujících 100 °C, ale je také odolnější vůči některým chemickým látkám. Z hlediska zpracování je ABS považován za jeden z důležitých a žádoucích materiálů, jelikož jeho zpracování je možné za běžných metod, jako je vstřikování, vytlačování nebo také tváření za tepla. Možné je také jeho spojování prostřednictvím lepení či svařování. Proto o něm můžeme mluvit jako o oblíbeném materiálu, který je díky své mechanické pevnosti, ale také ekonomické dostupnosti a estetickému vzhledu možné používat pro výrobu předmětů, se kterými se denně setkáváme. ABS polymery jsou vhodné jak pro interiérové, tak i pro exteriérové využití. Ovšem při využití ve venkovních podmínkách je důležité materiál upravit a přidat ochranné UV filtry, protože samotná základní forma ABS vykazuje nízkou odolnost vůči UV záření. [109]

Běžně se s ABS materiálem můžeme setkat v automobilovém průmyslu, kde se z daného materiálu vyrábí například palubní desky, ale také kryty světlometů. Důležitou roli hraje také v elektronickém průmyslu, ve výrobě domácích spotřebičů, ale také například hraček. [110] U akumulátorových pil se používá pro výrobu krytů těla, kryt lišty a v některých případech i celkové nosné konstrukce pily.

Jak už bylo řečeno, tak je ABS využíváno pro svou příznivou cenu, jednoduchou výrobu, ale také možnost různorodých úprav. Naopak nevýhodou je nízká chemická odolnost vůči rozpouštědlům a také vůči UV záření. [111]

4.2.2 PC

Polykarbonát považujeme za termoplast, který má vysokou houževnatost v široké škále teplot. Výhodou je vysoká světelná propustnost a také odolnost povětrnostních podmínek. Nejčastější využití má polykarbonát při výrobě zastřešení teras, ale také například zimních zahrad, skleníků a protihlukových stěn. Dále se využívá i u elektronických přístrojů jako

[109] KULA, TERNAUX a HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry.* c2012.
[110] KULA, TERNAUX a HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry.* c2012.
[111] KULA, TERNAUX a HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry.* c2012.

jejich plastové obaly a dalších přístrojů v domácnosti. Pro svou nízkou hmotnost se využívá i v automobilovém průmyslu v podobě předních světel, mlhovek, ale také přístrojové desky. Daný materiál je možné svařovat, ale také lepit. Zároveň je odolný vůči vysokým teplotám do 110 °C a UV záření. Nevýhodou je vyšší cena a také velké riziko poškrábání, které je nevratné. [112]

U řetězových pil se používá převážně na obaly baterií a přepínače. Primárně se ale používá u pil v kombinaci s ABS.

4.2.3 PC + ABS

Je směs polymeru, která kombinuje jejich vlastnosti. Tato kombinace se používá proto, aby byla spojena pevnost a tepelná odolnost polykarbonátu s houževnatostí a jednoduchým zpracováním ABS. Tento materiál se používá pro většinu plastových částí akumulátorové řetězové pily včetně obalu baterie.[113]

4.2.4 PA

Polyamidy jsou skupina termoplastů, které mají široké spektrum využití jako pružné a pevné vlákno. Existuje velká řada polyamidů a zde jsou uvedené některé z nich. Prvním z polyamidů je nylon, který byl vytvořen jako náhrada hedvábí a je prvním syntetickým vláknem. Využívá se pro výrobu padáků nebo také moskytiér. Dále také Polyamid 6 je žlutá, světlá, tvrdá hmota, která se využívá pro výrobu ozubených kol nebo například ložisek. Polyamid 46 je využíván pro svou vysokou teplotní odolnost v automobilovém průmyslu. Výhodou polyamidů je jejich velká pevnost a odolnost proti opotřebení. Nevýhodou polyamidů je napínavost. [114]

Polyamid se používá u akumulátorových pil převážně na boční kryt řetězu, držáky motoru, vnitřní kostru pily, tak i na ozubené kola a v některých případech i na vedení ventilace. Nejčastěji se používá PA6-GF30 což je polyamid 6 zesílený o 30 % skelného vlákna.

---

[112] KULA, TERNAUX a HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry.* c2012.
[113] PELTO, et al. *Compatibilized PC/ABS blends from solvent recycled PC and ABS polymers from electronic equipment waste*. 2023.
[114] KULA, TERNAUX a HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry.* c2012.

4.2.5 PP

Polypropylen patří do skupiny polyolefinů. Polypropylen je významný pro své mechanické vlastnosti jako jsou chemická odolnost a prakticky neschopnost nasáknout vodu. S polypropylenem se setkáváme v chemickém, ale také ve stavebním průmyslu, kde se využívá pro výrobu potrubí nebo bazénů. Pomocí vytlačování se z něj dají vytvořit ochranné hydroizolační fólie, pevná lana, ale také například obaly v potravinářském průmyslu. V automobilovém průmyslu je také velmi žádaný pro výrobu nárazníků, které se vyrábí vstřikováním. Pro svou vysokou pevnost a odolnost je možno daný výrobek použít i opakovaně. Výhodou polypropylenu je nízká cena, jednoduché zpracování a také odolnost a elektroizolační vlastnosti. Nevýhoda je velká citlivost na UV záření. U pil se používá například na víčka nádrže, obaly baterií a vnitřní plastové vložky. [115]

4.2.6 Hliník

Al neboli hliník se dříve využíval pro výrobu šperků, ale také soch a byl považován za vzácný kov. Čistý hliník je velmi měkký, a proto se používají spíše jeho slitiny, které jsou odolnější. Je také legujícím prvkem například mědi, titanu nebo také oceli. Zároveň není magnetický a odolává korozi. Díky industrializaci si hliník našel uplatnění i v řadě průmyslových odvětví. Používá se nejčastěji ve stavebnictví, letectví, ale také v potravinářství, kde se z něj vyrábějí například konzervy. Výhodami je například nízká objemová hmotnost, 2700 kg/m3, a má velkou estetickou různorodost, odolnost vůči korozi a recyklovatelnost. Hlavní nevýhodou je jeho vysoká cena. [116]

Tento materiál je používán u pil na tělo motoru, spojovací držáky, chladič ale i boční kryt lišty.

4.2.7 Hořčík

Hořčík patří mezi lehké kovy, díky své nízké hustotě, má dobré mechanické vlastnosti, schopnost tlumit vibrace a vysokou tepelnou vodivost. Díky těmto vlastnostem, spolu s výbornou slévatelností představují hořčíkové slitiny dobrou alternativu pro běžně používané technické kovy, jako jsou slitiny hliníku a železa. Díky třetinové hustotě oproti hliníku je hořčík vhodný materiál pro snižování hmotnosti produktu. Většímu uplatnění brání nižší

[115] KULA, TERNAUX a HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry.* c2012.
[116] KULA, TERNAUX a HIRSINGER. *Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry.* c2012.

korozní odolnost, kterou lze zlepšit přídavkem legujících prvků jako je například hliník. Uplatnění hořčíkových slitin se nachází v automobilovém, leteckém průmyslu, ale i v oblasti elektroniky a sportovních potřeb; samotný hořčík se navíc využívá jako přísada při výrobě hliníkových slitin. [117]

Tento materiál u pil můžeme nejčastěji vidět u bočních krytů lišty, základnu motoru nebo tělo stroje.

4.3 Výrobní náklady

Výrobní náklady na akumulátorové řetězové pily jsou ovlivněny řadou faktorů. Například aktuální ceny elektrických součástek jako je elektrický motor, ovládací jednotka a další. Taky záleží na použití mechanického nebo elektrického mazání oleje, kdy mechanický je levnější a odolnější. Velkou část výrobních nákladů zhruba 30 až 40 % celkové ceny akumulátorových řetězových pil ovlivňuje cena lithiu-iontových baterií u kterých roste cena v důsledku vysoké poptávky. Dalším faktorem je použití materiálů pro obal pily a výrobní technologie, kterou budou díly vyráběny. Na to navazuje i další faktor, kterým je počet dílů, kdy například větší počet různých dílu vstřikovaných z plastu by mohlo negativně ovlivnit cenu, jelikož pro každý díl musí být vyrobena forma, která stojí v řádech statisíců. Důležitou součástí tvorby výrobních nákladů je země výroby a logistika vyrobených dílů do skladů firem. Do výrobních nákladů se promítne i vývoj dané pily. Zde můžeme zahrnout výroby prototypů, certifikáty, normy a ergonomické a konstrukční analýzy. Navýšit výrobní náklady může také výrobní objem pil, kdy u malosériové výroby jsou vyšší jednotkové náklady, kdežto ve velkosériové výrobě je možnost ušetřit díky většímu odběru součástek a většímu objemu výrobků z jedné vstřikované formy. Díky tomu se velká cena formy rozloží do jednotlivých vstřikovaných kusů.

4.4 Dopady na životní prostředí

Akumulátorové řetězové pily mají pozitivní i negativní dopad na životní prostředí.

Pozitivní dopad je takový, že mají takřka nulové provozní emise, kdy akumulátorová pila nevypouští žádné spodiny do ovzduší oproti benzínovým pilám. Díky tomu je i menší možnost kontaminace půdy benzínem. Při použití ekologického oleje se naskytne velká výhoda, která se může použít například v chráněných parcích nebo rezervacích nebo při

[117] YUAN, et al. *Civil engineering materials: from theory to practice*. 2021.

práci v městském prostředí. Na to navazuje i další pozitivní fakt, a to je menší spotřeba fosilních paliv díky spotřebování elektřiny z baterií. V případě použití elektřiny z obnovitelných zdrojů, například solární nabíječky apod. se výrazně sníží uhlíková stopa.

Dalším pozitivem je nižší hlukové znečistění, což vede k ochraně zdraví pracovní i případné veřejnosti v závislosti na místě, kde by pila byla používána.

Negativní dopady přináší výroba lithium-ionotvých baterií, a to díky vysoké ekologické zátěži těžbou surovin potřebných pro výrobu baterií. Dalším problémem je jejich životnost a poté následná možnost recyklace. Ta je poměrně drahý a technologicky náročný proces.

Dalším negativním dopadem jsou díly akumulátorových řetězových pil. Konkrétně plastových částí, které zatěžují klima a přírodní zdroje. Na to navazuje další problém. Pokud nejsou pečlivě jednotlivé díly recyklovány, tak jsou buď skladovány na skládkách nebo spalovány ve spalovnách, což způsobuje další znečištění.

Dopad na životní prostředí řeší i některé významné firmy v oboru, jako je Husqvarna, která na své webové stránce píše: „*Změna klimatu je naléhavým problémem pro nás všechny. Nemáme sice všechny odpovědi, aktivně ale usilujeme o chytré využívání zdrojů a nízké emise uhlíku, abychom snížili naši závislost na konvenčních palivech. Naším jednoznačným cílem je snížit emise v celém hodnotovém řetězci o 35 % mezi roky 2015 a 2025, což bylo schváleno iniciativou pro vědecky podložené cíle (SBTi). Jsme dokonce první společností nabízející produkty do lesa a na zahradu na světě, která tento krok podnikla.“*[118] Tak i firma Stihl si zakládá na udržitelnosti: „*Strategie STIHL v oblasti klimatu stanoví pevný rámec pro krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá opatření na ochranu klimatu. Protože víme, že potřebujeme podrobný a promyšlený plán, abychom dosáhli našeho ambiciózního cíle: Aby koncern STIHL jednoho dne nezanechal na celém světě žádnou stopu CO2*.“[119]

I přes zmíněné negativní dopady, může mít akumulátorová řetězová pila při správném používání a při správné recyklaci nižší uhlíkovou stopu, než benzínové řetězové pily.

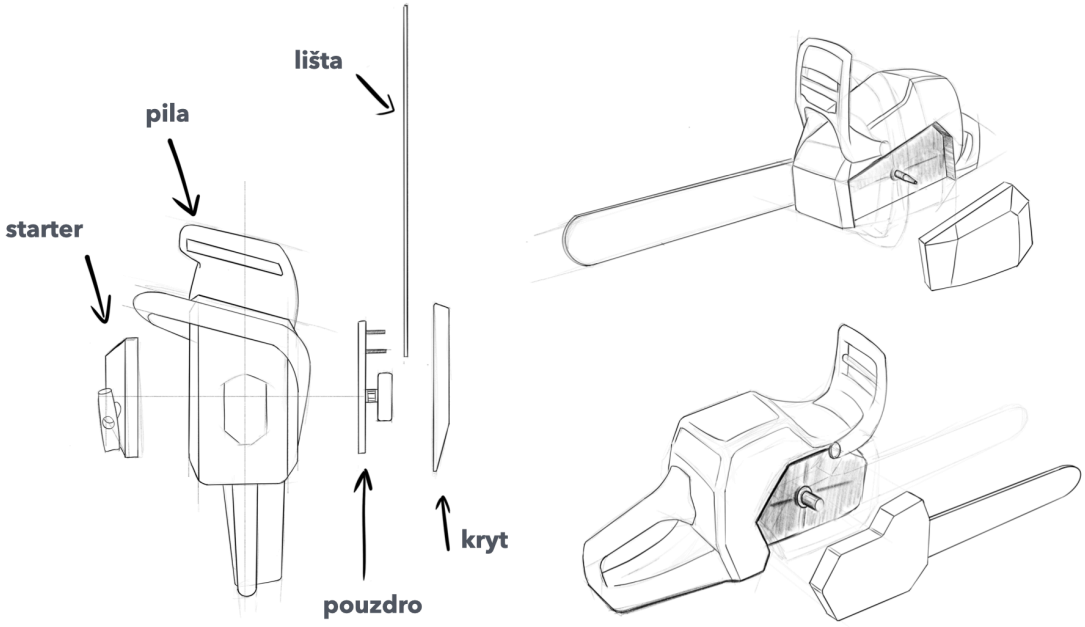
[118] , HUSQVARNA AB. *Přístup společnosti Husqvarna k udržitelnosti.* Husqvarna. 2025.
[119] , ANDREAS STIHL AG & CO. *CLIMATE STRATEGY*. 2023.

5 VARIANTNÍ DESIGNÉRSKÉ NÁVRHY

5.1 Prvotní designérské návrhy

V dané kapitole budou představeny konstrukční studie pily a následně na ně navazující skici.

Prvotní myšlenkou bylo vytvořit motorovou řetězovou pilu pro praváky i leváky se všemi bezpečnostními prvky. Kdy pila by byla symetrická, měla by odnímatelný startér, pouzdro se spojkou a lištu s krytem. Dále nastalo několik otázek. Zda je možné jednotlivé technické řešení použit a jestli by daná řešení byla funkční. Například umístění nálevky na benzín a olej ze spodní části pily, popřípadě z bočních stran zadní rukojeti, čerpadlo oleje by mělo přepínání mezi pravou a levou stranou, případně by bylo oboustranné. Také by byla symetrická kliková hřídel, aby startér bylo možné použít z obou stran. Spojka se šrouby pro umístění lišty s řetězem a krytem by byla umístěna v odnímatelném pouzdře, aby se umožnilo oboustranného použití a chránič zadní ruky by byl odnímatelný a dal by se přehazovat mezi pravou a levou stranou.



Obrázek 27: Idea obouruční motorové pily

Pro konzultaci těchto a budoucích technických řešení byla domluvena schůzka s Panem Patrikem Truhlářem z firmy Husqvarna. Na První schůzce bylo řečeno a podrobně vysvětleno proč by jednotlivá řešení po technické stránce nefungovala a také bylo uvedeno několik důvodů, proč by myšlenka oboustranné motorové pily nebyla možná provést. Jedním z důvodů bylo to, že motorová pila je symetricky vyvážená, a tudíž při přehození několika

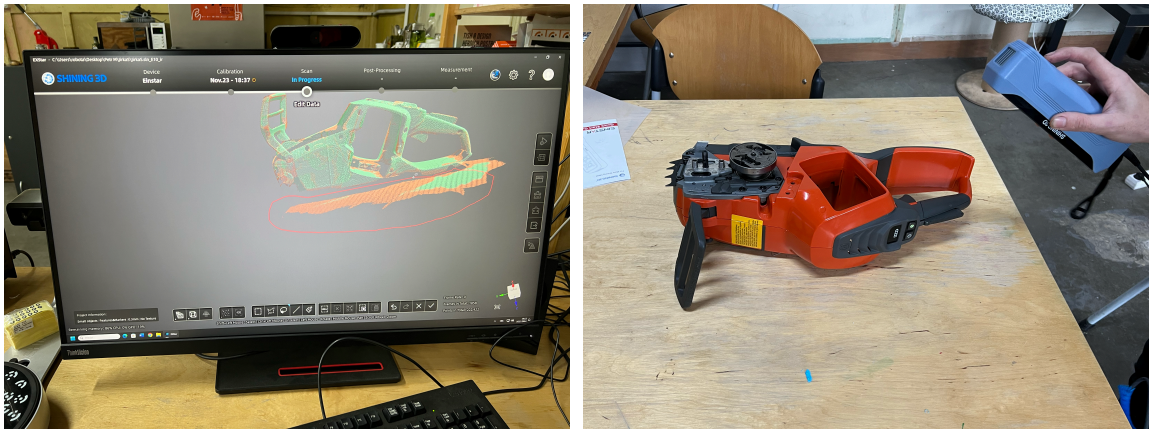
části by pila byla nevyvážená a nefunkční. Dalším důvodem by bylo necenné předělání celého motoru včetně klikové hřídele, která je asymetrická. Neřešitelným problémem je oboustranné chlazení motoru a sání vzduchu. Technicky nemožná oboustranná mechanická brzda a oboustranný startér, kterému by se zdvojnásobila váha díky oboustranné funkci. Ve výsledku i kdyby se všechny tyto problémy vyřešily, tak by pila zvětšila svůj rozměr o zhruba 5 cm do šířky a váha by se zvýšila cca o 1 až 2 kg.

Bylo mi doporučeno prověřit akumulátorovou řetězovou pilu pro praváky i leváky, u které některé problémové prvky z motorových pil odpadají a některé se dají nahradit. Například mechanickou brzdu nahradí elektrická, elektrický motor by měl pouze jedinou změnu od stávajících, a to vyvedenou hřídel na obě strany, kdy na jedné straně by byl ventilátor a na druhé ozubené kolečko pro pohon řetězu. Všechny technické podrobnosti byly probírány při konzultaci přímo na pile Husqvarna 542i XP®, která byla následovně zapůjčena.

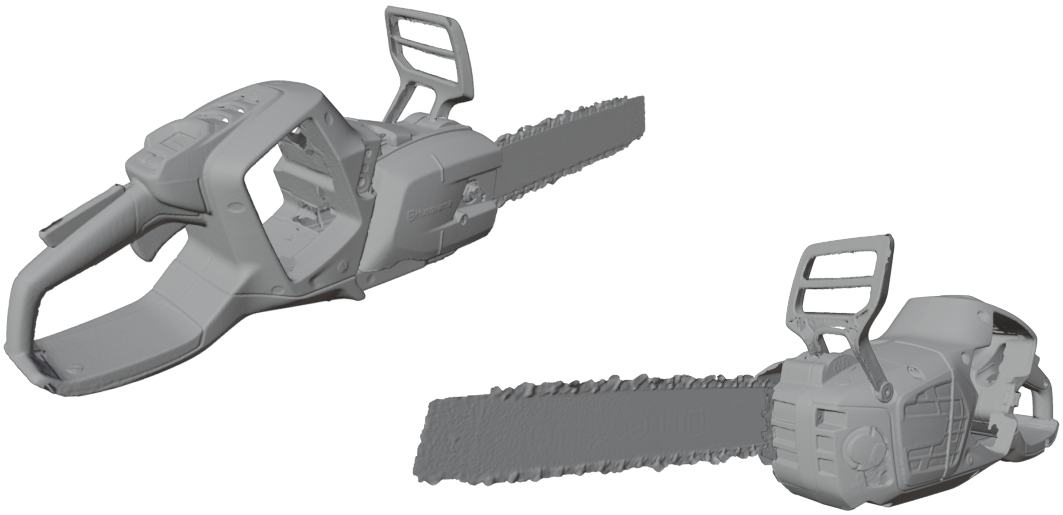


Obrázek 28: Koláž fotek pujčené pily Husqvarna 542i XP®

Zapůjčený model pily Husqvarna 542i XP® pro podrobné nastudování konstrukce a funkčnosti akumulátorové pily. Tato pila byla rozdělána a podrobně prostudována, zároveň byl proveden 3D sken pily pro použití v 3D programu a pro porovnání navrhnutých tvarů se zapůjčeným modelem pily. Díky 3D skenu pily, který byl v měřítku 1:1 model zároveň sloužil i jako opěrný bod pro základní rozměr akumulátorových pil při navrhování.



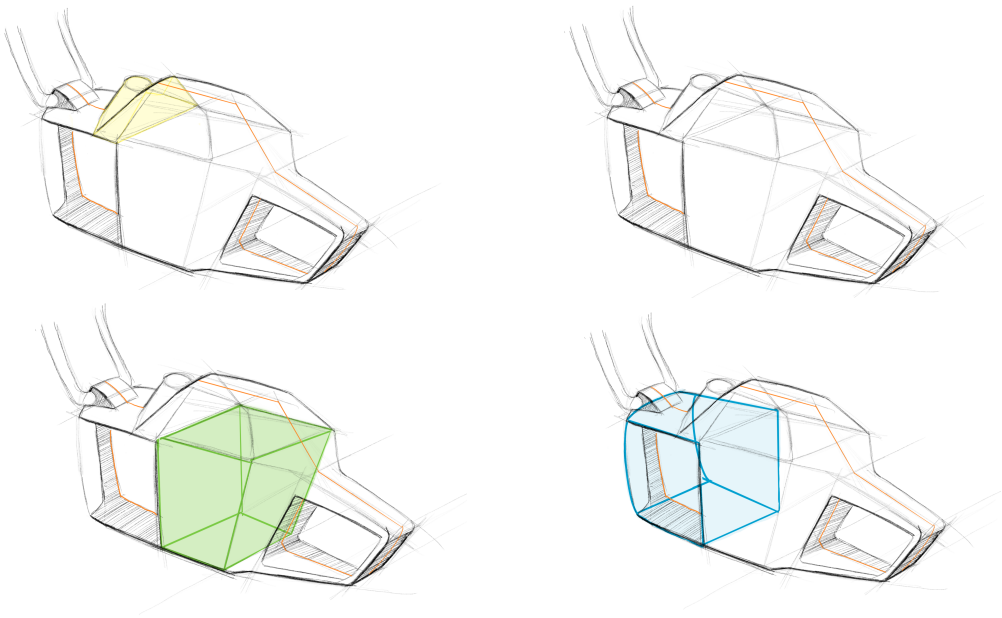
Obrázek 29: Proces 3D skenování



Obrázek 30: 3D model skenu

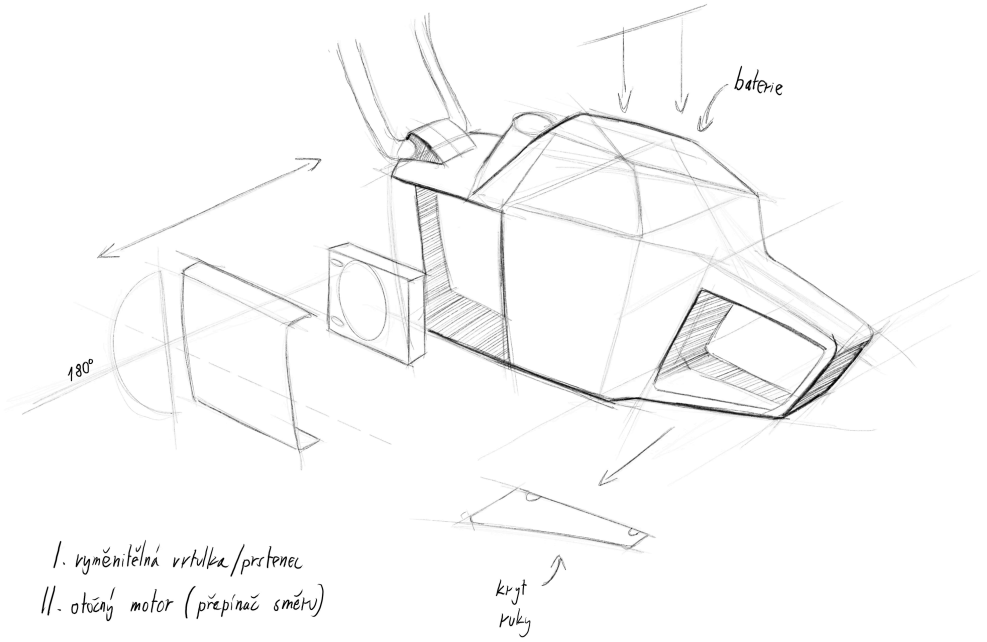
5.2 Skici

Prvním krokem bylo definovat si jednotlivé prostory uvnitř těla pily s důrazem na funkčnost. U rozložení vnitřních částí byl kladen důraz na symetrii, která byla důležitá pro správnou funkčnost pily, aby byla možnost předělání pro pravou či levou ruku. Tato definice pomohla určit tvar, ze kterého vycházely prvotní skici. Na obrázku č. 31 je žlutě zaznačený prostor pro olejovou nádrž která má umístění v horní části, dále je modrá část, ve které je prostor pro motor a veškerou elektroniku a zeleně vyznačený prostor je určen pro akumulátory.



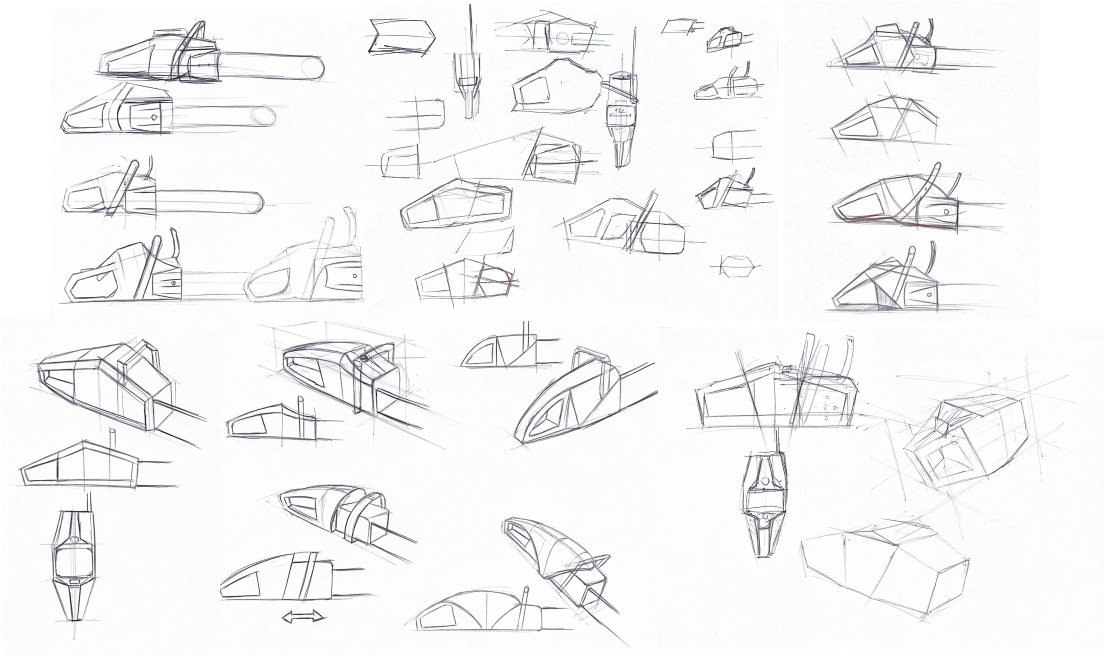
Obrázek 31: Rozmístění jednotlivých prvků v pile

Na druhém obrázku č. 32 je schematicky znázorněné rozdělávání akumulátorové pily. Tato skica sloužila pro lepší upřesnění tvaru, a právě díky daném rozboru bylo zjištěno, že přední kryt lišty a pouzdro, ve kterém je umístěno upínání lišty, mazání řetězu a ozubené kolečko pro vedení pily, které musí být po vodorovné ose symetrické. Aby bylo možné pravou a levou část přehodit. Po rozvržení komponentů pily se uskutečnila Druhá schůzka s panem Truhlářem z Husqvarny, kde byly doplněny nedokonalosti a následně upraveny tak, aby při takovém rozložení pila mohla fungovat a zároveň, aby splňovala všechny bezpečnostní prvky, které má řetězová pila mít. Také byly doporučeny starší modely pil, které jíž v minulosti nabídly jednotlivé rozvržení komponentů.



Obrázek 32: Schématicky znázorněné rozdělávání pily

První ideační skici vznikaly zejména z bočního pohledu pily. Následně, když byl nějaký tvar zajímavý a splňoval výše zmíněné požadavky, byl návrh dále rozpracován do jiných pohledů.

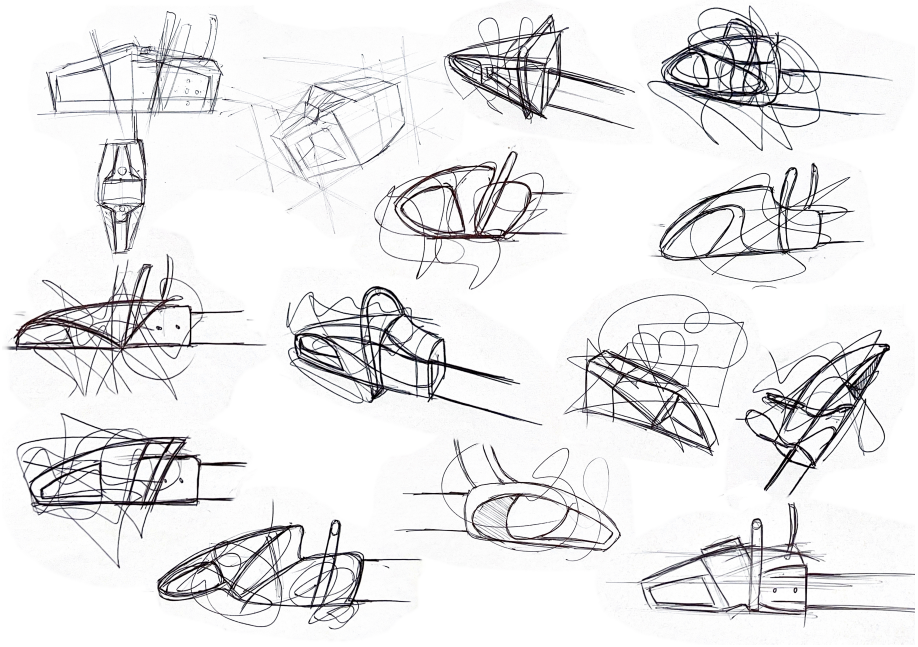


Obrázek 33: První sada skic

Pro prvotní skici byla použita také jedna z technik od Michala Jelínka z knihy *Heuréka! Kapesní průvodce kreativitou* je praktická a srozumitelná kniha, která odhaluje, jak funguje

kreativní myšlení a jak jej lze cíleně rozvíjet v každodenní praxi. Kognitivní mapy nám rozvíjí divergentní myšlení, díky kterému můžeme přijít na nové řešení problému. Jako kognitivní mapy byly použity „čmáranice“ od blízkého okolí. Díky tomu, že každý jedinec je jiný, tak ve zmíněné „čmáranici“ vidí něco jiného.[120]

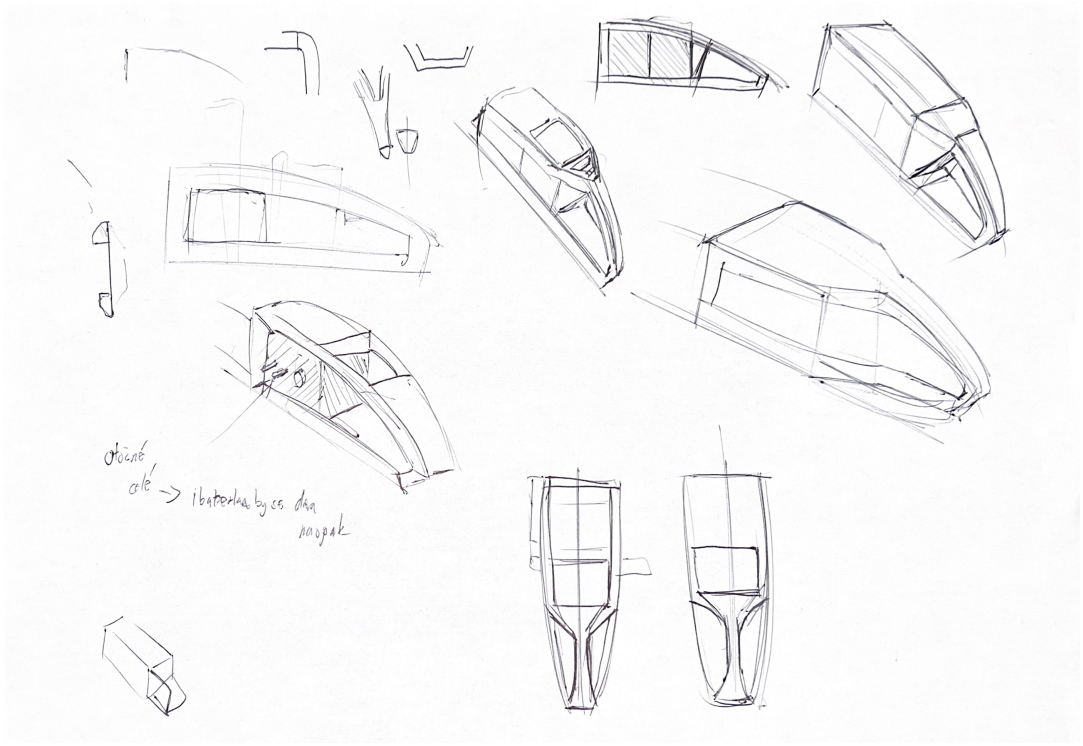
Do výše zmíněných čmáranic byly vkreslovány různé tvary a tímto procesem započalo hledání tvaru pily. Jakmile byl ve čmáranici objeven nějaký zajímavý tvar, byl linkami vytažen, aby opticky vystupoval ze skupiny náhodných čar.



Obrázek 34: Druhá sada skic

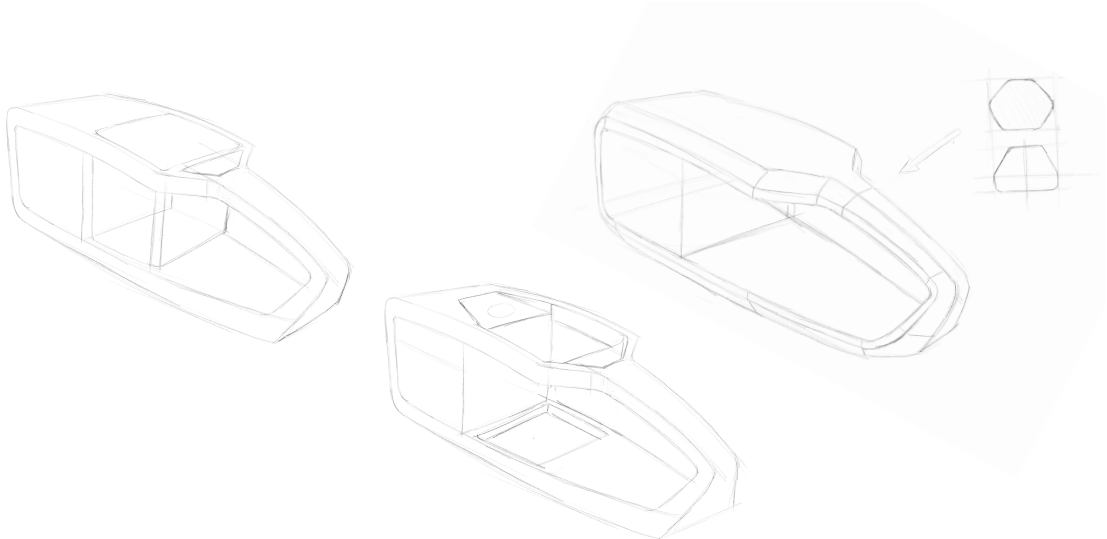
Dále byla vybrána verze (Obrázek 35), kde tělo tvoří hlavní rám, který je po obvodu profilu pily. Ostatní části pily by byly uloženy vně rámu, tudíž by byly chráněny proti poškození. Byla zde i myšlenka, kdy při vytažení baterie z pily, by z bočního pohledu vznikl velký otvor uvnitř rámu. Tato myšlenka se později ukázala jako nereálná, jelikož by poté rám mohl pružit a nesplňoval by takovou pevnost jakou by měl mít.

[120] JELÍNEK, *Heuréka!: kapesní průvodce kreativitou*. 2025.



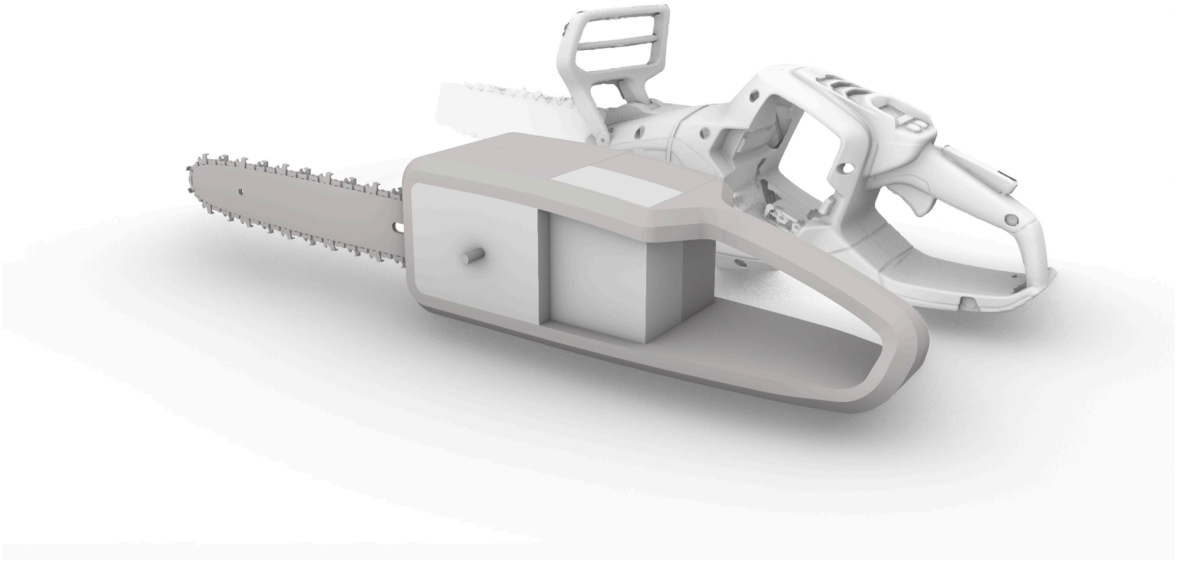
Obrázek 35: Vybraná verze těla pily pro další rozpracování

Tato myšlenka byla dále rozpracována do skic, kde bylo nahozeno rozvržení tlačítek, baterie, otvoru pro olejovou nádrž a možný profil rámu, který by obíhal celý rám pily.

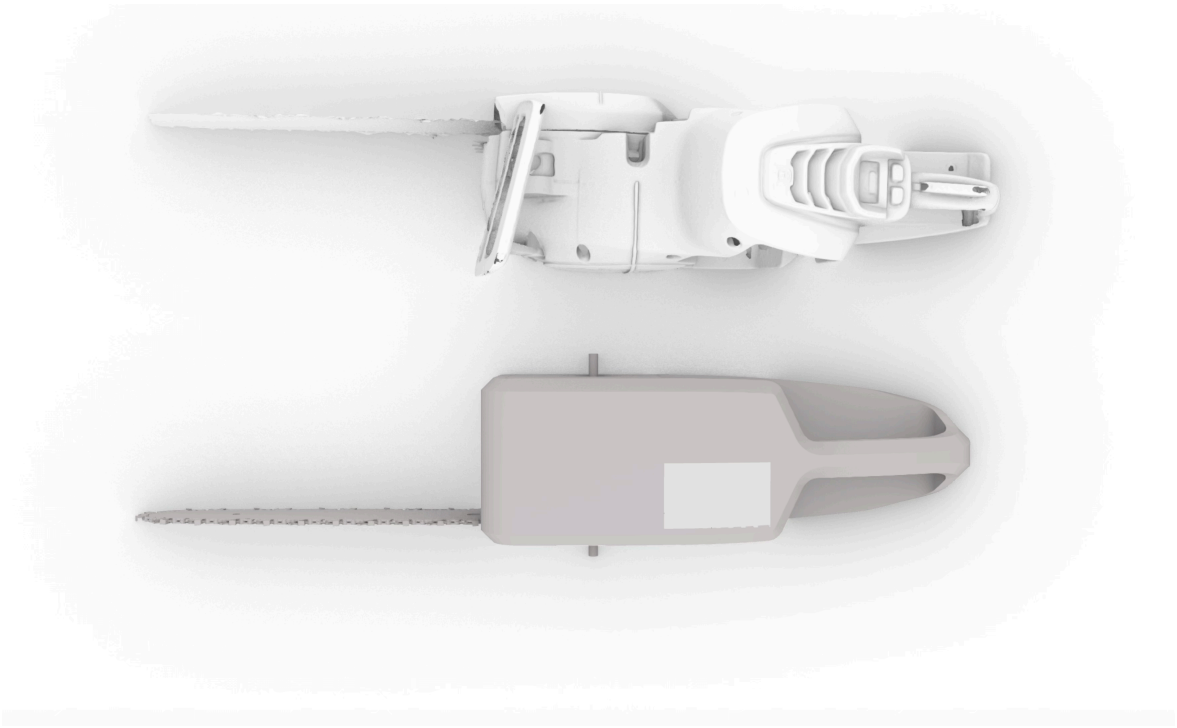


Obrázek 36: Rozpracované tělo pily

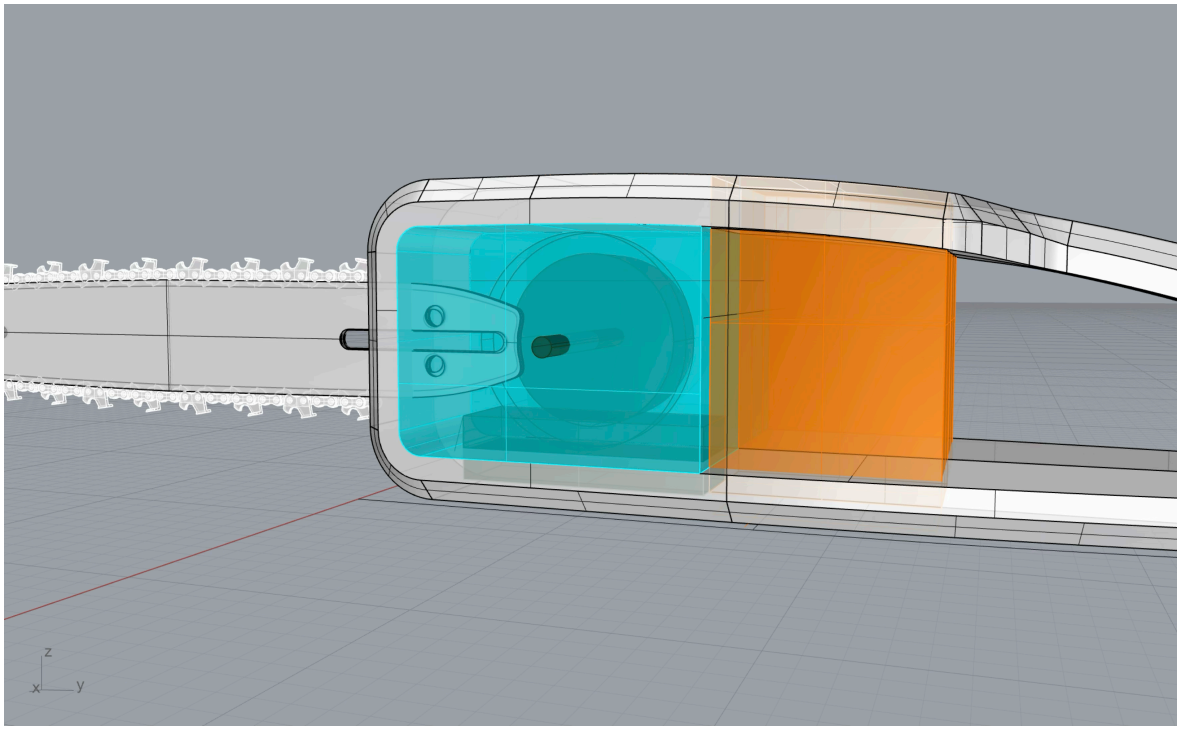
Poté byl tento tvar pily vymodelovaný v rozměrech ve 3D programu, kde byl porovnán s 3D skenem pily Husqvarna. Do modelu byl přidám i motor s lištou pro lepši představu o rozměru modelu a pro definici umístění dalších komponentů uvnitř pily.



Obrázek 37: Porovnání modelu pily s 3D skenem 1

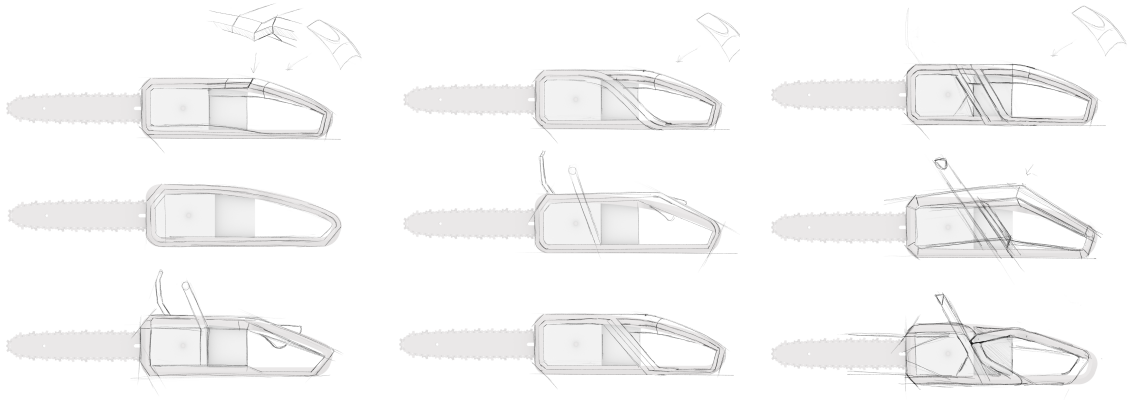


Obrázek 38: Porovnání modelu pily s 3D skenem 2



Obrázek 39: Umístění vnitřních komponentů

Po vymodelování základního tvaru bylo naskicováno dalších několik variant pil z bočního pohledu, které vycházely z vymodelovaného 3D modelu. Důvodem bylo rozbití plochého tvaru z profilu pily a umístění přední rukojeti.



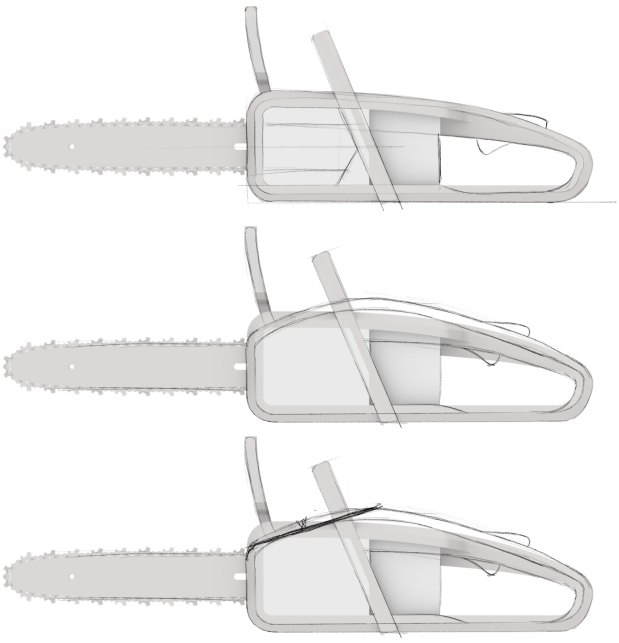
Obrázek 40: Varianty těla z bočního pohledu

Následně byla poslední skica dále rozpracována do barevné skici i s rukojetí. Bohužel toto tvarosloví působilo už moc překombinovaně a tvary připomínaly současnou produkci pil.



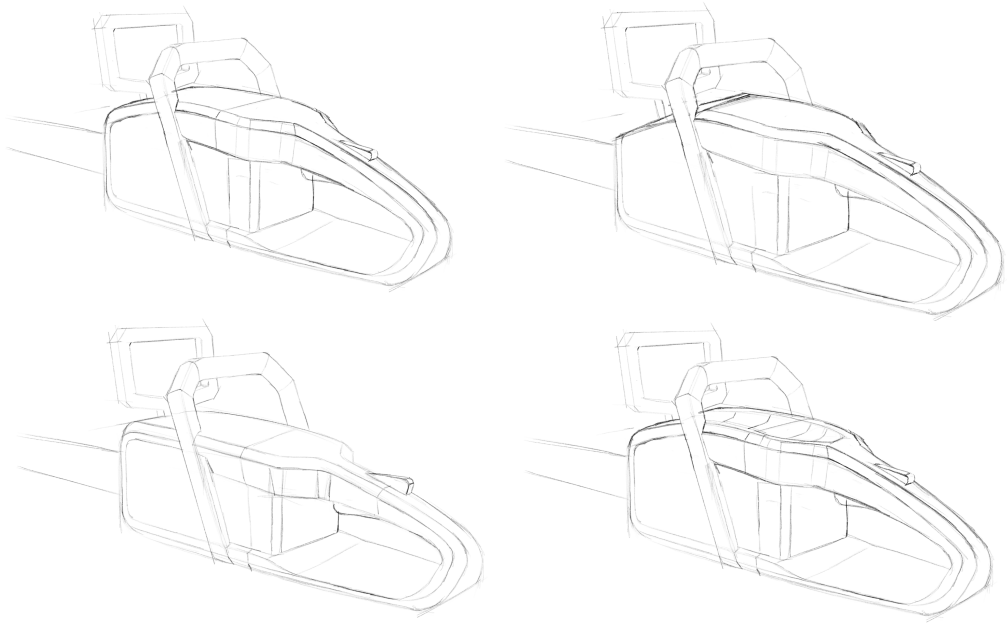
Obrázek 41: Barevná skica vybraného profilu pily

Poté vznikla další série skic z profilu pily, které působily už kultivovaněji. Do skic byla přidána i rukojeť s brzdou řetězu pro celkový vzhled pily, aby bylo patrné, jak celá pila vypadá.



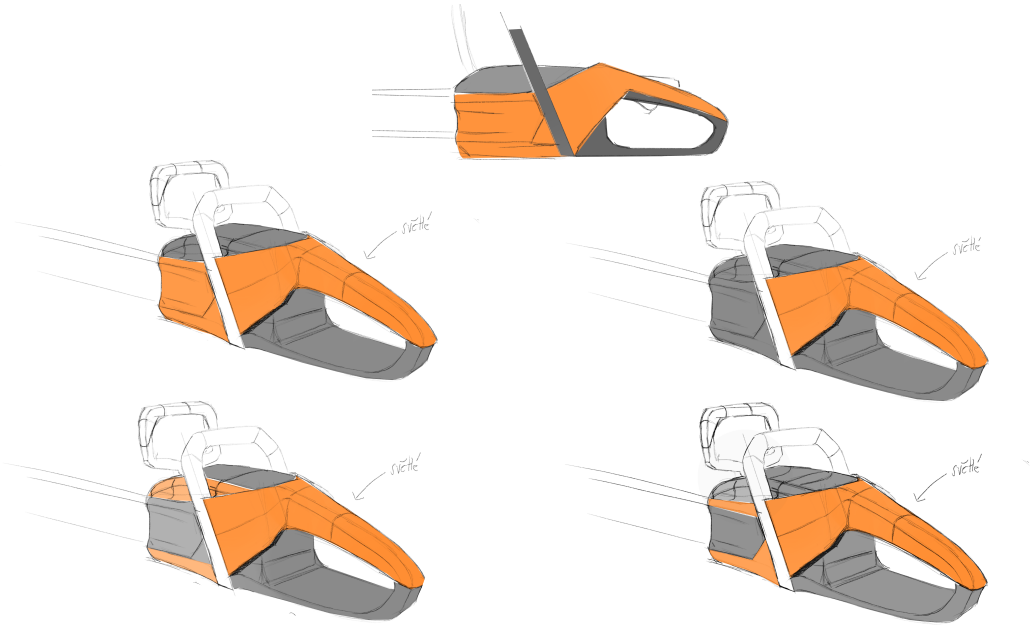
Obrázek 42: Další série profilových skic

Pro lepší představu o celkovém tvaru vznikly ještě návrhy ze zadního pohledu na pilu, které vychází z předešlých skic.



Obrázek 43: Skici ze zadního pohledu

Po konzultaci na atelieru bylo doporučeno úplné prověření všech tvarů, aby byla přední rukojeť lépe zapracována do tvaru a případně se oprostit od tvaru rámu a zkusit prověřit ještě jiné řešení. Na tento popud vznikly další série skic viz. Obrázek 44.

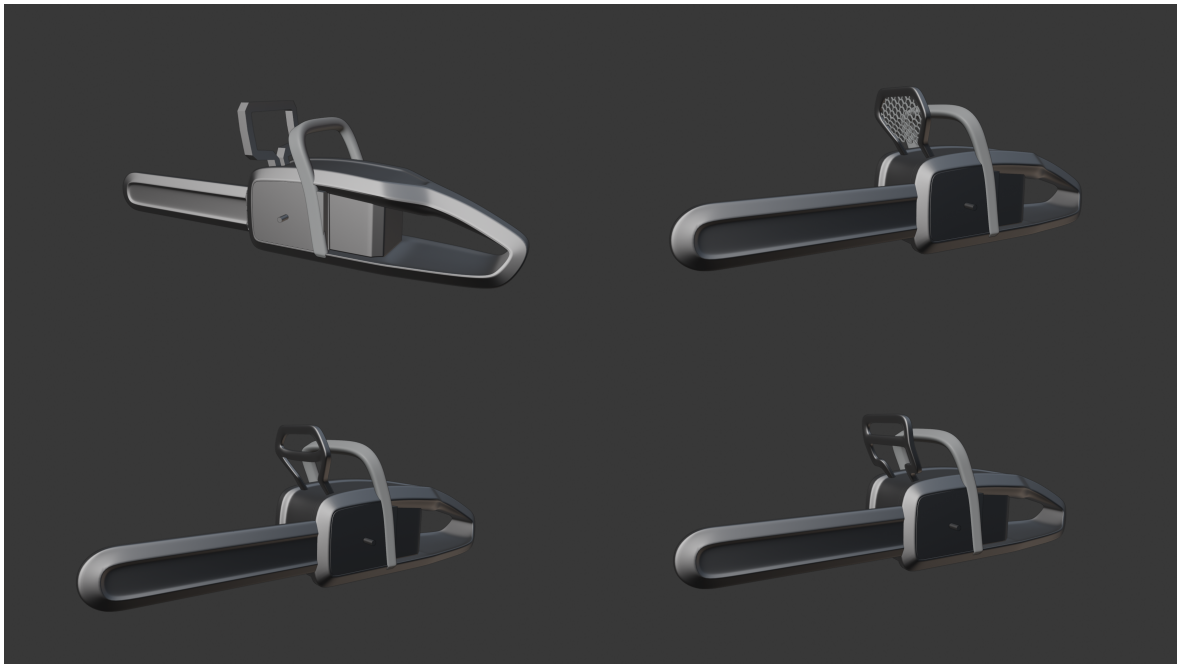


Obrázek 44: Barevné skici ze zadního pohledu

Bohužel u série těchto návrhů nebyla spokojenost, a proto myšlenka byla navrácena k tvaru rámu a ta bylo podle skic na Obrázku 43. rozpracována dále do 3D programu ve kterém byl tvar dále upravován.

5.3 Variantní designérské návrhy ve 3D

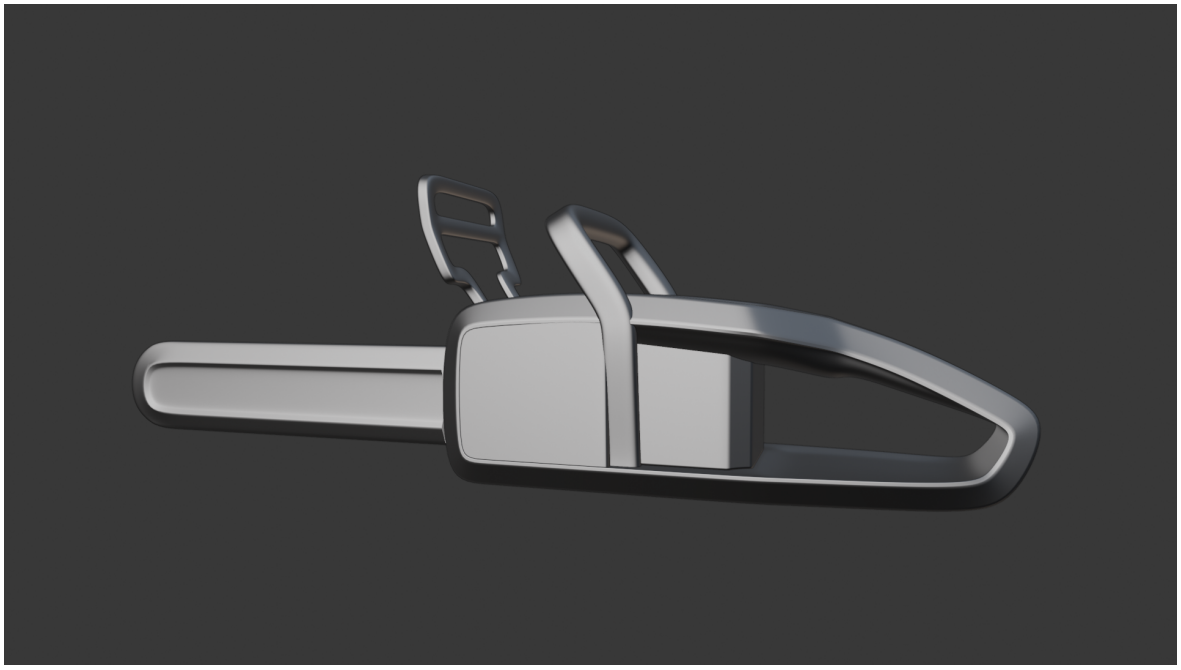
Pro lepší a rychlejší práci s tvary byl model vymodelován v programu Blender 3D. V první fázi byl tvar těla upraven a vyhlazen, dále byla přemodelována rukojeť a byl přidán kryt lišty. Také byl přidán prolis, který začíná na konci zadní rukojeti a pokračuje až k přední části zadní rukojeti. Vznikly tři verze brzdy řetězu, které ale bohužel nijak nekomunikovaly s tvarem těla, proto bylo vybráno jedno prozatímní řešení, které se v pozdější fázi upravovalo, aby komunikovalo s celým tvarem pily.



Obrázek 45: Verze brzdy řetězu

Dalším krokem byla úprava přední rukojeti (Obrázek 46), aby se více sjednotil celistvý design. Dále vzniklo několik variantních řešení přední a zadní rukojeti, tyto verze jsou podrobně popsány v kapitole 7. Ergonomická studie.

Po definování konkrétních tvarů byl model přesunut do programu Rhinoceros 3D, ve kterém se pokračovalo v dolaďování tvaru pily a ergonomických tvarů rukojetí. Důvodem je přesnější modelování a jednodušší příprava modelu pro 3D tisk.



Obrázek 46: Upravená přední rukojeť

V Rhinoceros 3D byly na model přidány prvky jako je lišta s řetězem, tlačítko start/stop, informační displej, plyn s pojistkou. Byl vytvořen i výřez pro baterii (Obrázek 47) Dále byla rukojeť zúžena směrem dolů ze zadního pohledu (Obrázek 48) Zapracováno bylo také plynulejší rozšiřování rámu od zadní rukojeti směrem k baterii.

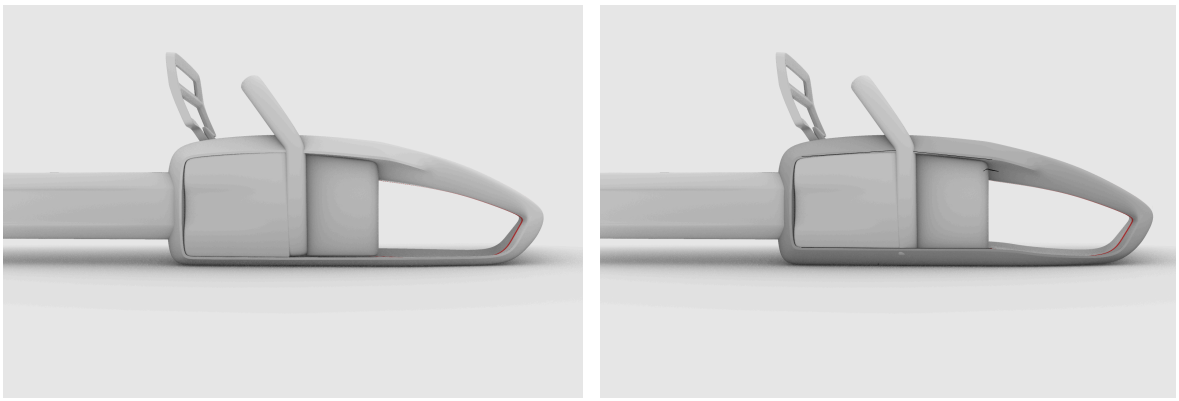


Obrázek 47: 3D model s přidanými prvky



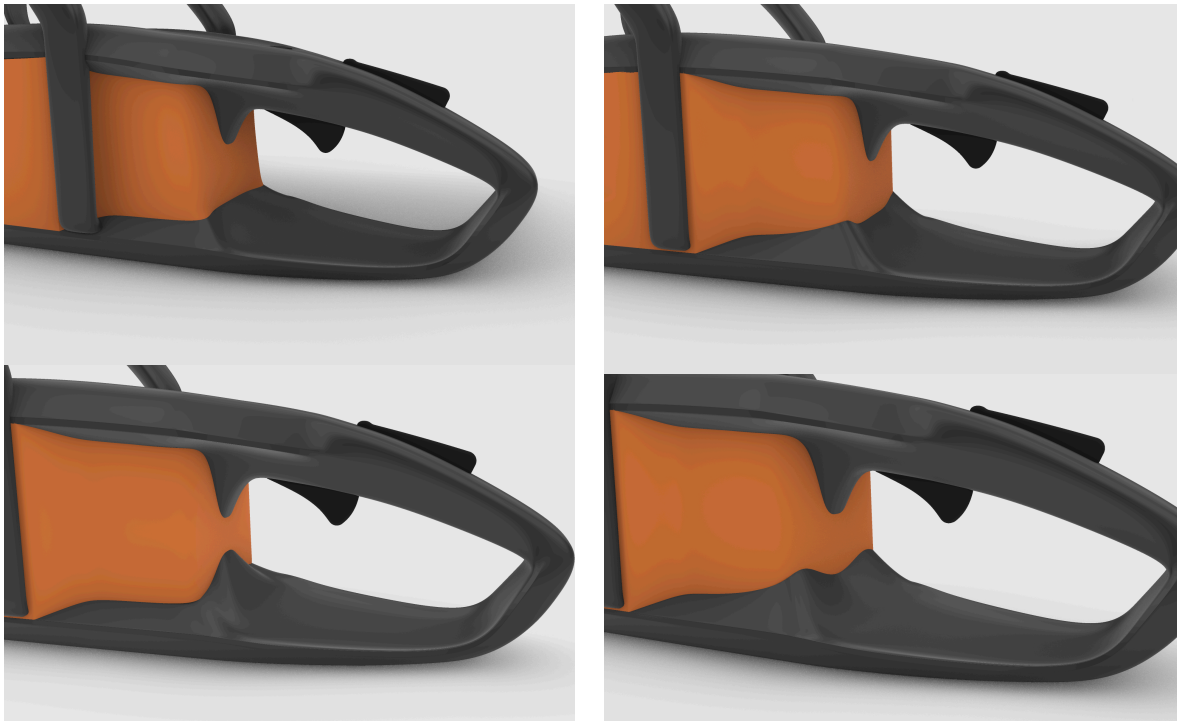
Obrázek 48: Zúžená rukojeť směrem dolů

Další úpravou byla spodní část rámu pily, u které byla vypracována první verze, která měla spodní část zúženou po celé své délce. Jenže tato verze ubírala na jednotě a spodní část vypadala křehce, proto vznikla upravená verze, kde spodní část byla zúžena jen v místě zadní rukojeti. Díky tomu vznikl větší prostor pro ruce a zároveň se příjemně odlehčil profil pily.



Obrázek 49: Variace spodního rámu pily

Dále byl vytvořen obal okolo baterie, díky kterému se pila více zpevnila a zároveň se zamezilo pružení zadní rukojeti. Vznikly celkem 4 verze navázání spodní části rámu, právě na obal baterie (Obrázek 50). Které, až na první verzi, působily už příliš přetvarovaně.



Obrázek 50: 4 verze navázání spodní části rámu

V neposlední řadě byly přidány detaily jako je nálevka na olej, která se nachází na horní straně pily mezi rukojetí a baterií. Dále byla přemodelována brzda řetězu tak, aby komunikovala s celkovým tvaroslovím pily a zároveň byla maximálně funkční. Byla přemodelována krytka řetězu, která má v přední části zkosení, které je i na zadní části rukojeti pily.



Obrázek 51: 3D model s přidanými detaily 1



Obrázek 52: 3D model s přidanými detaily 2

Při modelování finálního řešení se muselo dvakrát vracet na úplný začátek modelu, jelikož při modelování bočních krytů bylo zjištěno, že při výměně by neseděly. Proto se muselo pracovat se základními tvarovými křivkami a modelovat finální model od začátku. Poté musel být model nachystán ve dvou verzích, a to ve verzi pro 3D tisk a ve verzi pro 3D vizualizace. Důvodem byly odlišné tloušťky stěn a rozvržení vnitřních částí pily. U 3D

modelu pro tisk byly přidány i kolíky a zámky pro složení modelu. Kdežto u 3D modelu pro vizualizace byly přidány do vnitřní části veškeré prvky, které by v reálném produktu měly být, včetně přidání šroubů v rámu, které by sloužily pro složení pily.

6 FINÁLNÍ DESIGNÉRSKÉ ŘEŠENÍ

Po veškerých úpravách a domodelování detailů vznikl finální model akumulátorové řetězové pily pro praváky i leváky. U designu pily byla snaha o co nejčistší tvar těla, díky kterému bude právě tato pila na první pohled jedinečná než současné produkty. Z horního pohledu se rám směrem od zadní rukojetí rozšiřuje ve tvaru Y, následně rám běží kolem celého obvodu pily paralelně až k zadní rukojeti, kde se pro změnu ztenčuje, kvůli ergonomickému úchopu. Právě tento rám má vzbuzovat dojem, že veškeré další prvky na pile jsou uvnitř rámu a tím pádem jsou i více chráněny proti poškození. Díky symetrickému tvaru pily jsou na obou bočních krytech prolisy, který na straně bez lišty příjemně rozbíjí rovnou plochu a na straně druhé, kde se nachází i lišta je prolis i funkční prvek, jelikož vně prolisu se nachází upínací šroub a napínací šroub, kdy jeho točením lištu s řetězem napínáme.

Dalším zajímavým prvkem je přední rukojeť pily, která pouhým posunutím a aretováním pomocí dvou šroubů mění určení rukojeti pro praváka nebo pro leváka. Samozřejmě s tímto krokem se pojí i celková přeměna pily z levé na pravou. Toho docílíme odmontováním levého bočního krytu s krytem otvoru a ventilátorem a následným přehozením za pravý boční kryt, lištou, řetězem a mezikrytem s převody, přesný postup je v kapitole 8.2.2 Schéma přeměny pily z pravoruké na levorukou. Kvůli umístění motoru, který je v těle pily blíž k přední části pily a hřídel by vycházela do lišty, musela být tedy převodována dále do středu pily.

Pila splňuje všechny bezpečnostní prvky, jako je brzda řetězu, kryt zadní ruky, vyměnitelný zachycovač řetězu, jednoduše dosažitelné ovládání pily, akcelerátor i s pojistkou. Tyto prvky jsou navrhnuty tak, aby byly použitelné jak pro praváky, tak pro leváky.

Z boční strany pod horním rámem se nachází z obou stran tlačítka pro uvolnění baterie z těla pily. Po zmáčknutí se baterie uvolní a díky pružině umístěné na dně otvoru pro baterii, baterie povyskočí a je možné ji následně vytáhnout a vyměnit.

Z horní části pily se nachází nálevka pro olej, otvor pro baterii, informační displej, který zobrazuje kapacitu baterie, aktivní brzdu, nízkou hladinu oleje a jestli se pila nachází v úsporném režimu. Poslední prvek na horní straně je tlačítko ovládání pily, při jeho zmáčknutí se pila zapne a rozsvítí displej, při opětovném stlačení se pila vypne a informační displej zhasne.

Kryt lišty příjemně navazuje na tělo pily a při nasazení krytu pila tvoří jednotný tvar. Kryt lišty má přední část zrcadlově zkosenou v úhlu, který se objevuje na zkosení zadní rukojeti pily.

Bylo provedeno i několik barevných variací pily, kdy nejlépe vypadající vyšla kombinace matná tmavě šedá barva s barvou přírodního titanu na rámu a oranžovými prvky na pile. Mezi favority byla vybrána i konzervativní kombinace barev tmavě šedé a oranžové, ale tato kombinace dehonestovala právě jedinečný design pily.



Obrázek 53: Finální vizualizace 01



Obrázek 54: Finální vizualizace 02



Obrázek 55: Finální vizualizace 03



Obrázek 56: Finální vizualizace 04



Obrázek 57: Finální vizualizace 05



Obrázek 58: Finální vizualizace 06



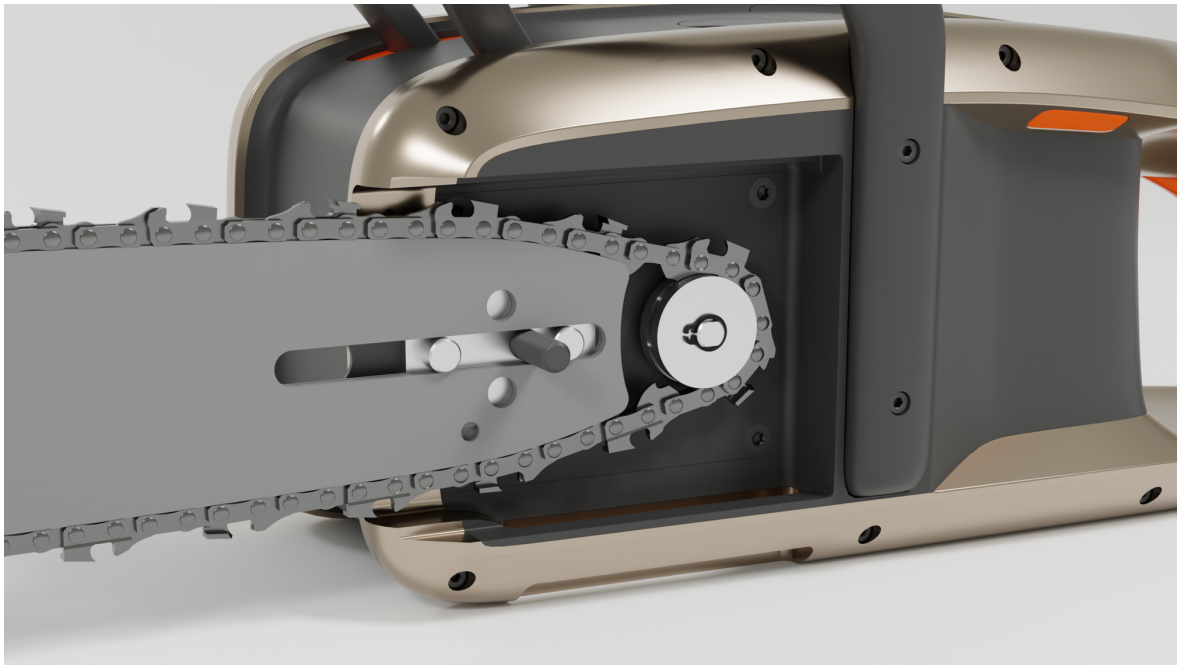
Obrázek 59: Finální vizualizace 07



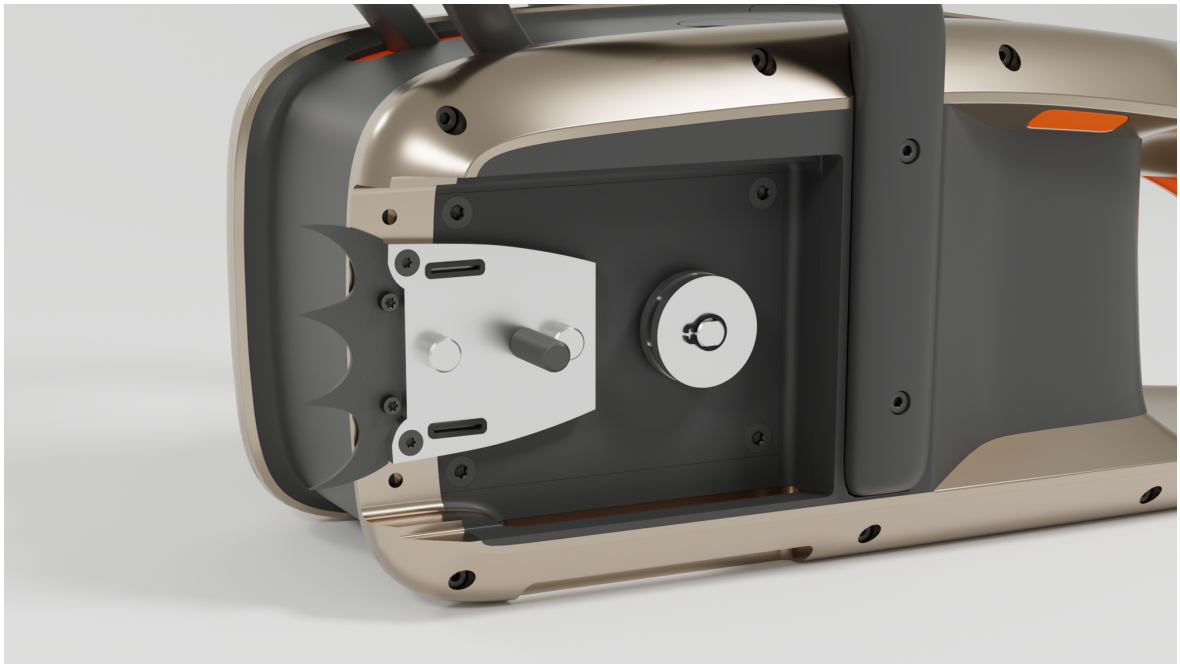
Obrázek 60:Finální vizualizace 08



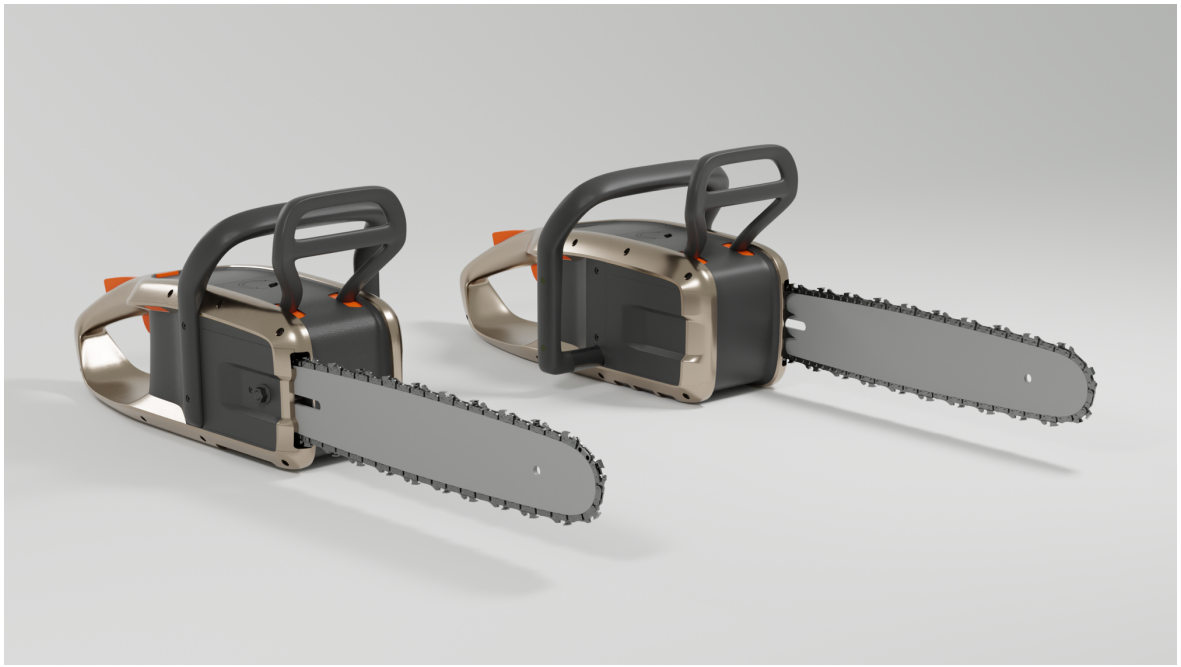
Obrázek 61: Finální vizualizace 09



Obrázek 62: Finální vizualizace 10



Obrázek 63: Finální vizualizace 11



Obrázek 64: Finální vizualizace 12



Obrázek 65: Finální vizualizace 13



Obrázek 66: Barevné variace

7 ERGONOMICKÁ STUDIE

Ergonomie je mezioborová disciplína, která se zaměřuje na soulad mezi člověkem, pracovním vybavením a prostředím. Zkoumá pracovní podmínky včetně strojů, nástrojů i fyzických a sociálních faktorů. Dále zkoumá podmínky, které ovlivňují člověka, a snaží se je optimalizovat tak, aby byla minimalizovala zátěž člověka a zvýšila se efektivita práce.[121]

U navrhování rukojeti bychom měli vycházet z několika faktorů. První je, aby zápěstí bylo, pokud možno v neutrální poloze. To znamená, že zápěstí je zlehka natažené a uvolněné. Dopředu bychom měli zvážit, zda bude produkt používán i v rukavicích. Jelikož síla úchopu v rukavicích je o 10-20% nižší proto musí být u návrhu na tento fakt brán zřetel. Nastudovat si antropometrické údaje o velikosti cílové skupiny. V tomto případě to bude 5 percentilní žena a 95 percentilní muž. Posledním faktorem je zhodnotit, zda budou produkt používat i leváci, pokud ano, optimalizovat návrh i pro tuto skupinu.[122]

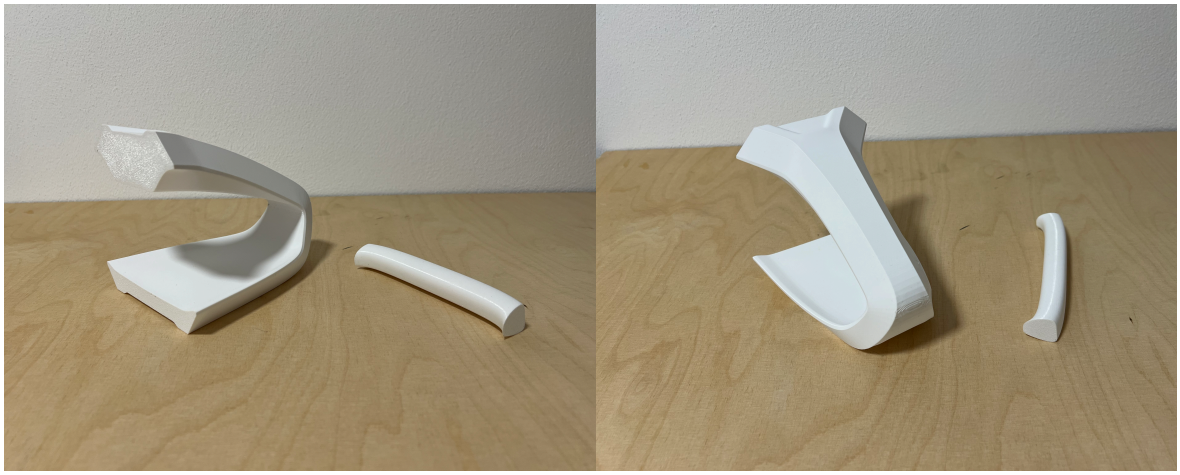
Průmyslový design vychází z principu formování, hledání ideálního tvaru, proporcí a fyzické struktury trojrozměrného objektu. Na rozdíl od plochého světa 2D obrazovek přináší práce s 3D objektem nové výzvy i smyslové vjemy. Proto designéři často začínají ručním skicováním, aby si ujasnili základní objem, proporce a prostorové vztahy ještě předtím, než přejdou k digitálnímu modelování. Otázky jako „má být objekt úzký a silný, nebo raději široký a tenký?“ se často nedají vyřešit jinak než přímým fyzickým vnímáním, tedy vytvořit fyzický model a vyzkoušet ho ve vlastních rukou.[123]

Ergonomická studie byla zaměřena na úchop přední a zadní ručky pily. Bylo dbáno na právě oboustrannost úchopu tak, aby se pila pohodlně držela jak člověku s dominancí pravé ruky, tak člověku s dominancí levé ruky. Inspirací pro ergonomickou studii byla firma Fiskars, která v roce 1967 představila jejich inovativní ergonomické nůžky, které navrhl Olof Bäckström. Tyto nůžky následně měly model, který byl přizpůsoben pro leváky. Základním principem dané společnosti byl design zaměřený na uživatele. Tento přístup vedl k vývoji nástrojů, které jsou bezpečné a zároveň efektivní.[124]

První fáze studie začala v době, kdy ve 3D programu vznikl první model pily v rozměru 1:1, který obsahoval jak přední, tak zadní rukojeť. Následně byly tyto části vyříznuty a pomocí 3D FDM tisku byla vyrobena první sada prototypu rukojetí. Po vyzkoušení byla

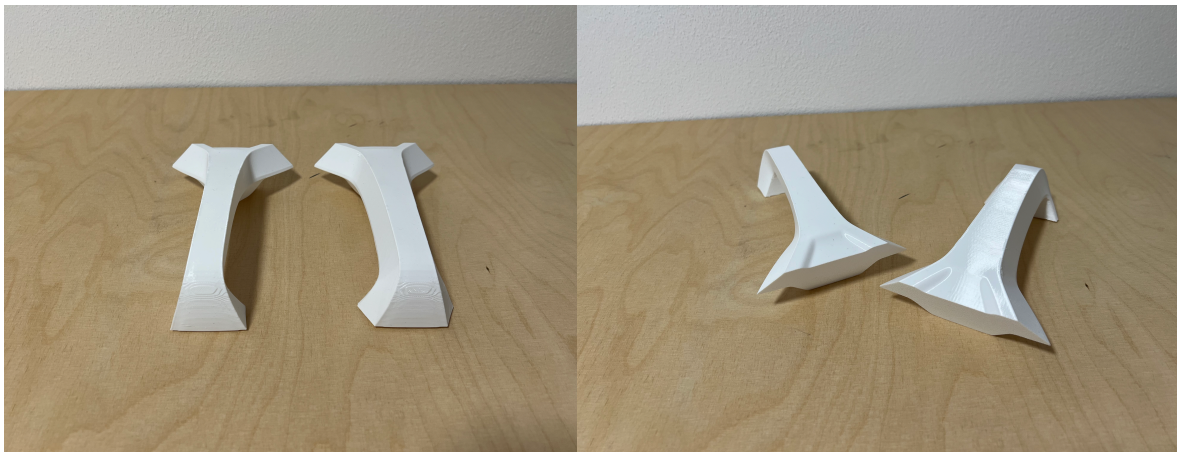
[121] MAREK, SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie*. 2009.
[122] SALVENDY, Gavriel. *Handbook of human factors and ergonomics*. c2012.
[123] KING, CHANG. *Understanding industrial design: principles for UX and interaction design*. 2016.
[124] FIELL, FIELL. *Industrial design A - Z*. 2016.

zadní rukojeť nevyhovující kvůli poměrně širokému úchopu, který nebyl pevný, jaký je u pil vyžadován a taky kvůli hranám, které nepůsobily příjemně při úchopu. Naopak přední rukojeť měla nepřesný půdorys a byla do ruky malá. V daném případě nebyl úchop efektivní.



Obrázek 67: První fáze prototypů

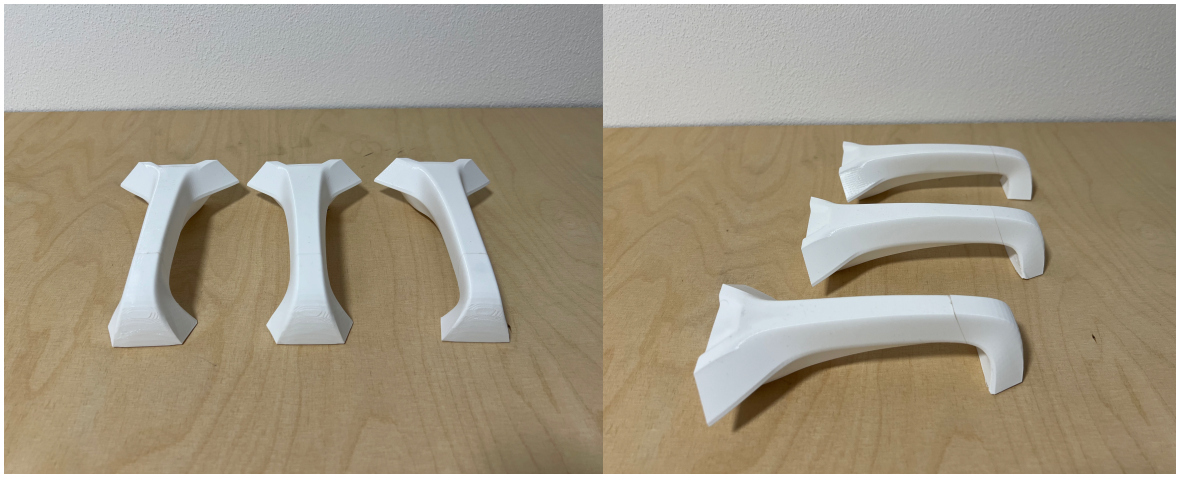
V druhé fázi vzniky stejným způsobem dva prototypy zadní rukojeti. U těchto prototypů byl zúžen úchop a hrany, které kopírovaly tvar byly zaobleny pro příjemnější držení rukojeti. První verze měla půdorys připomínající šestiúhelník, u které byl úchop ale stále široký a nevyhovující. Druhá verze byla stejného půdorysu, jen byla zúžená. Tento tvar byl pro úchop dostačující, ale na horní straně rukojeti vznikly ostré hrany, které pocitově řezaly do ruky při úchopu.



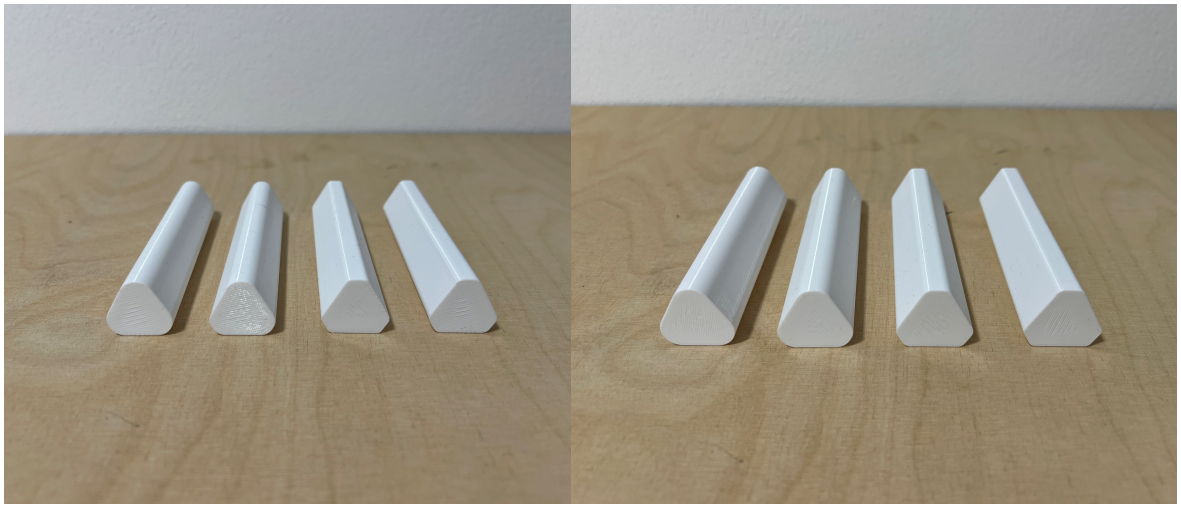
Obrázek 68: Druhá fáze prototypů

Ve třetí fázi vznikly 3 prototypy zadní a 8 verzí přední rukojeti. U zadní verze byly prověřeny tři postupně se zužující verze, kdy nejužší byla nejpohodlnější i pro ženskou ruku, ale stále zde byly hrany, které nebyly ostré, ale při úchopu vadily stoprocentnímu sevření. U

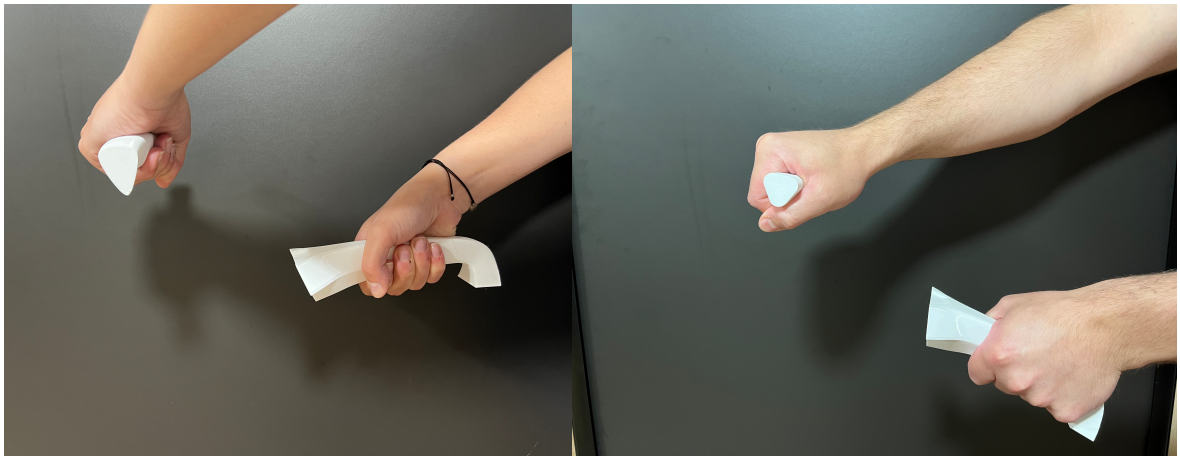
přední rukojeti byly 4 druhy trojúhelníkového půdorysu, z toho každý půdorys byl zhotoven ve dvou průměrech 20 mm a 25 mm. Zde dopadla nejlépe verze půdorysu s úplně zaoblenými hranami v průměru 20 mm, jelikož tento průměr vyhovoval i ženské ruce. Při ateliérových konzultacích bylo doporučeno prověření půdorysu ve tvaru parabolického trojúhelníku.



Obrázek 69: Třetí fáze prototypů zadní rukojeti



Obrázek 70: 4 verze pření rukojeti v průměru 20 mm a 25 mm

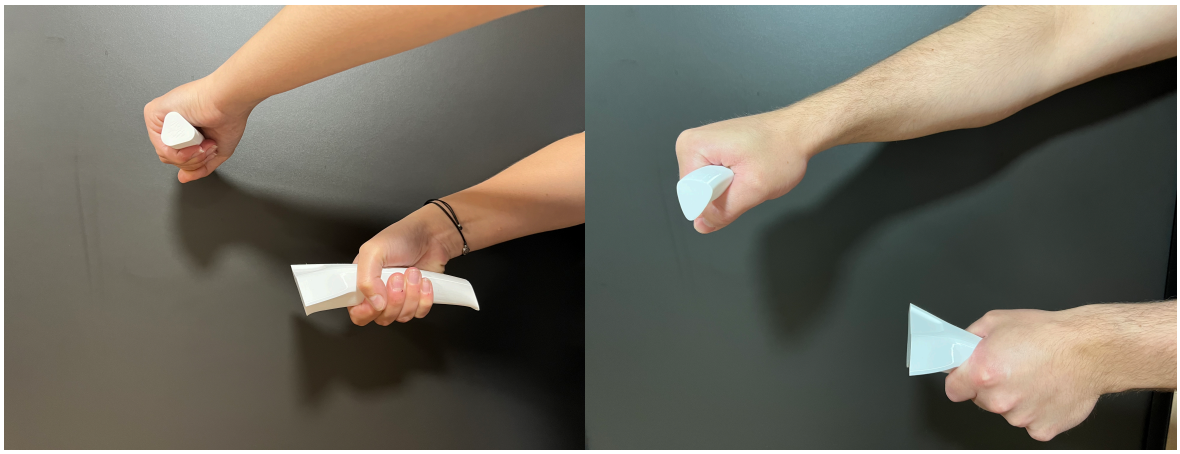


Obrázek 71: Vybrané rukojeti ze třetí fáze prototypů v dámské a panské ruce

Vznikla čtvrtá fáze prototypů, kdy byl vymodelován jeden prototyp zadní rukojeti a jeden prototyp přední rukojeti s půdorysem parabolického trojúhelníku. Tyto verze vyšly jako nejpreferovanější verze půdorysu i z hlediska rozměrů. Tudíž tato verze byla i vybrána pro použití do finálního modelu pily.

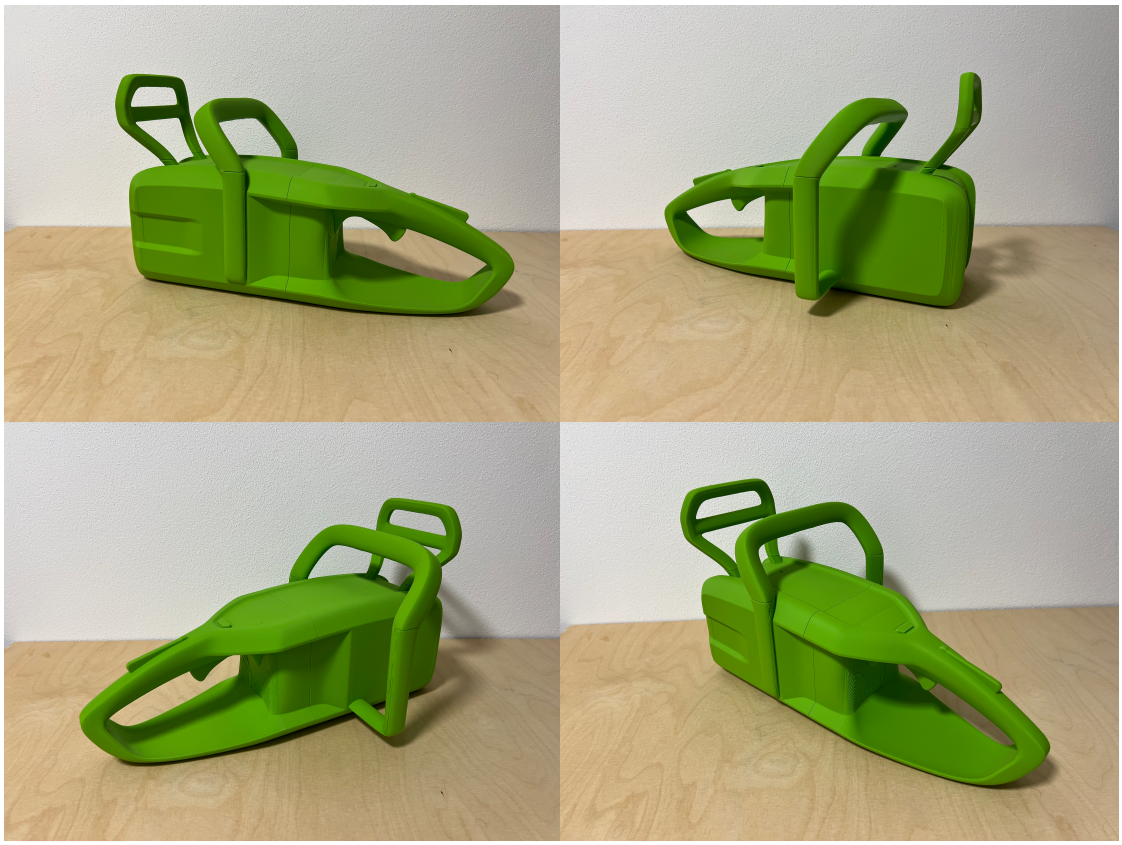


Obrázek 72: Čtvrtá fáze prototypů rukojeti

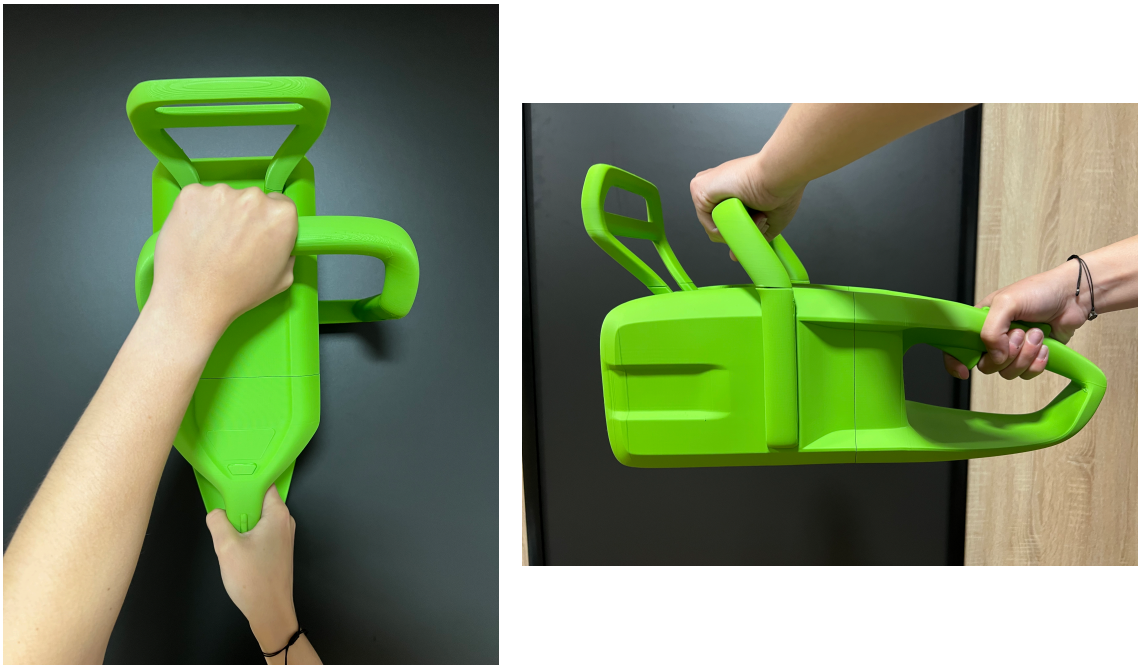


Obrázek 73: Čtvrtá fáze prototypů v dámské a panské ruce

Pro úplné prověření funkčnosti byl vytištěn celý model pily i s přední rukojetí pro demonstraci úchopu. Při držení pily pravákem i levákem je úchop příjemný a přirozený. Půdorys parabolického oblouku u přední rukojeti má obrovskou výhodu, a tu, že při úchopu donutí uživatele dát palec pod rukojeť, tak, jak má správný a bezpečný úchop být. Bohužel u kulatých rukojetí se občas stává, že uživatel položí palec na rukojeť z horní strany, což je velice nebezpečné, jelikož při zpětném vrhu by mu rukojeť mohla vyklouznout a dojít k poranění uživatele.



Obrázek 74: Finální ergonomický prototyp rukojeti na pile



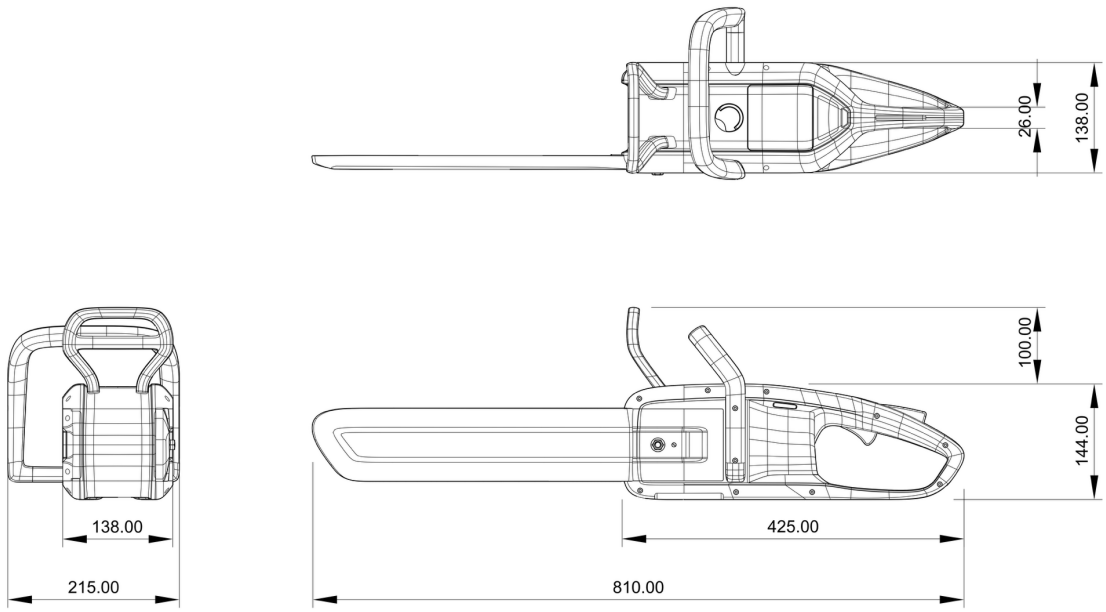
Obrázek 75: Finální ergonomický prototyp v dámské ruce



Obrázek 76: Finální ergonomický prototyp v pánské ruce

8 TECHNICKÁ DOKUMENTACE

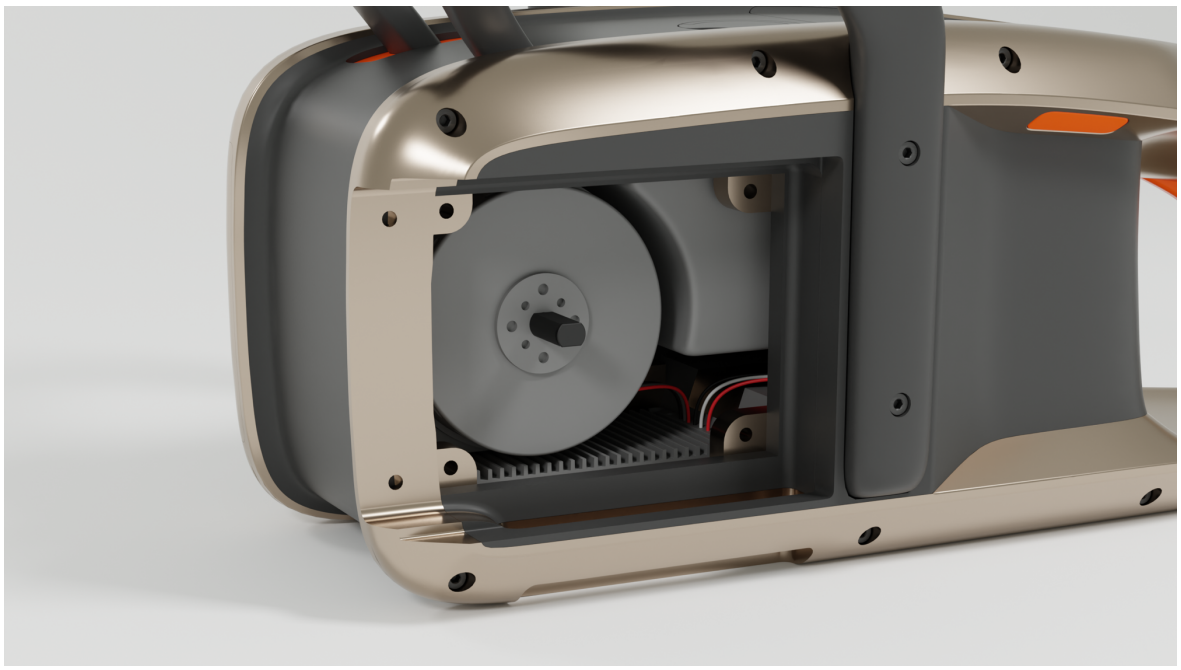
8.1 Rozměrový náčrt navrženého produktu či zařízení



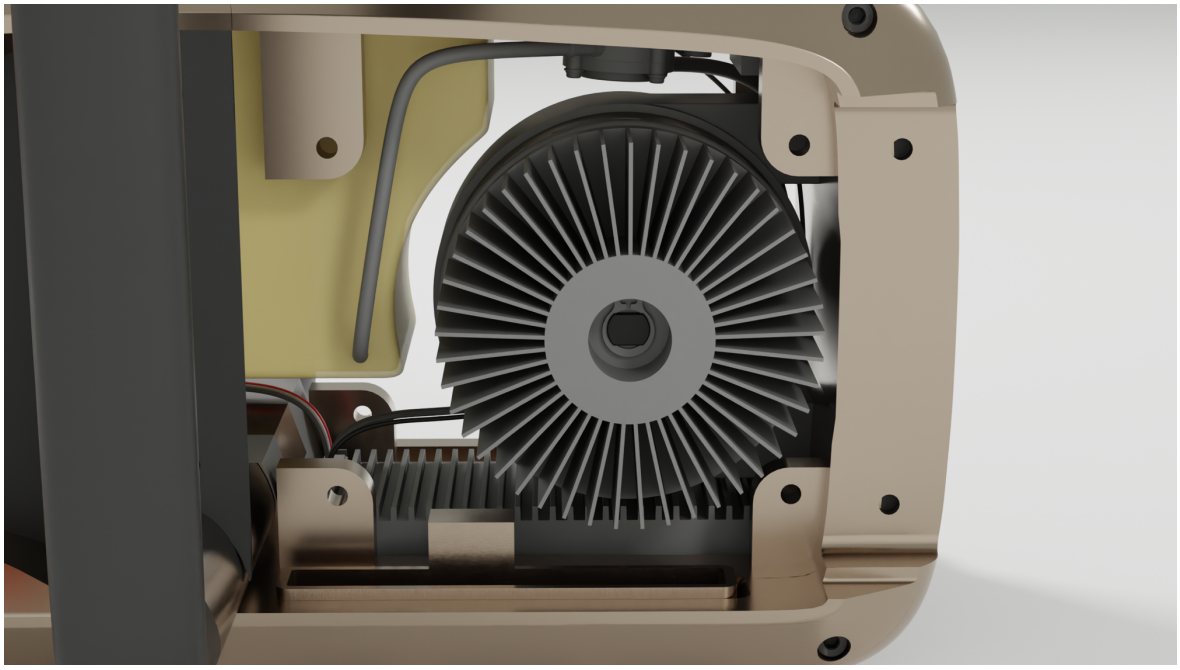
Obrázek 77: Rozměrový náčrt

8.2 Základní technické ukázky navrženého produktu či zařízení

8.2.1 Ukázka vnitřních komponentů pily

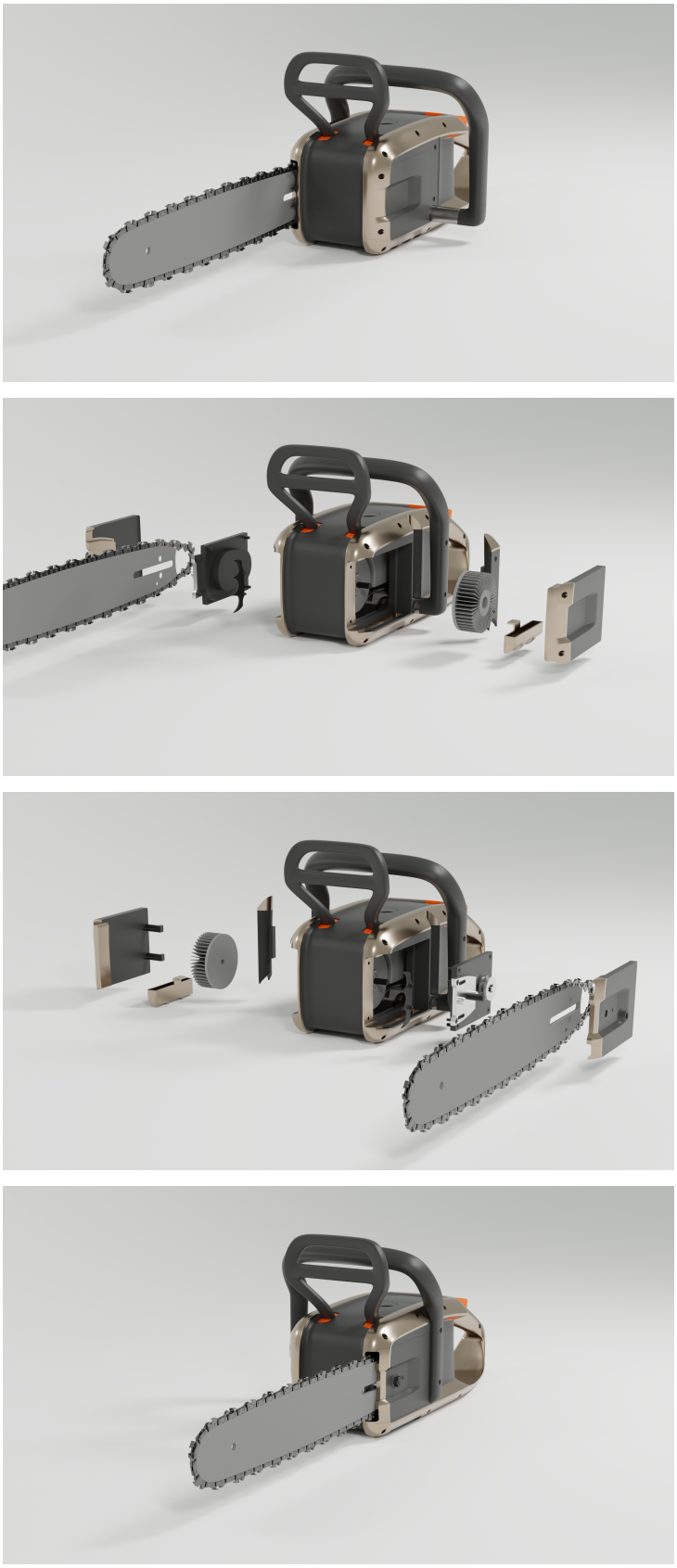


Obrázek 78: Ukázka vnitřností z levé strany



Obrázek 79: Ukázka vnitřností z pravé strany

8.2.2 Ukázka přeměny pily z pravoruké na levorukou



Obrázek 80: Schéma přeměny pily z pravoruké na levorukou

8.2.3 Ukázka vytažení baterie



Obrázek 81: Povyskočená baterie po stisku tlačítek na uvolnění baterie



Obrázek 82: Vytažená baterie z těla pily

8.3 Popis jednotlivých dílů

Jednotlivé části již byly popsány v kapitole 6. Finální designérské řešení, tudíž zde budou popsány spíše výrobní a materiálové parametry.

8.3.1 Rám pily

Jelikož je rám pily složen ze dvou částí, byl by vyráběn formou vstřikování plastu do formy, kde by byla použita směs PC/ABS. Tato smě má velmi dobré zpracovatelné vlastnosti a zároveň potřebnou pevnost, kterou rám pily vyžaduje.

8.3.2 Boční kryt ručky

I tento díl by byl vyroben formou vstřikování plastu, a to konkrétně vstřikováním PC/ABS. U tohoto dílu není vyžadována velká pevnost, jelikož se jedná o kryt, ale měl by materiálově navazovat na rám i střed pily.

8.3.3 Jádro pily

V jádru pily se nachází BLDC motor, ovládací jednotka, čerpadlo mazacího oleje, nádoba na olej a čidlo brzdy.

8.3.4 Vnější kryt pily

Vnější kryt pily obíhá skoro celý obvod pily. Do jádra se aretují oba díly rámu pily, proto je vyžadována patřičná pevnost. Tento díl by mohl být také z PC/ABS nebo případně by mohl být použit materiál PA. Výhodou u PA je možnost příměsi uhlíkových nebo skelných vláken pro ještě vetší pevnost dílu.

8.3.5 Baterie

U finálního modelu by byla použita Li-ion baterie, jelikož je nejrozšířenějším typem baterií pro akumulátorové pily. Obal baterie by byl vyroben vstřikováním, a to materiálem, který by se použil i na vnějším krytu pily. A z toho důvodu, by byl použit stejný materiál i na obal baterie, aby bylo vše sjednoceno.

8.3.6 Brzda

Brzda by byla elektronická, napojená přímo do řídící jednotky, tudíž při zmáčknutí brzdy směrem od sebe by se aktivovala brzda motoru a při následném odbrzdění brzdy směrem k sobě by řídící jednotka deaktivovala brzdu motoru. Jelikož se jedná o důležitý bezpečnostní prvek, měl by být vyroben z PP s příměsí uhlíkových vláken pro větší pevnost výrobku.

8.3.7 Přední rukojeť

Přední rukojeť se dělí na dvě časti, a to na plastovou a kovou část. Kdy kovová část slouží k hladšímu přesunu rukojeti v posuvech uvnitř pily. Zároveň u kovové části by se nacházelo čidlo pro informování, zda je pila připravena pro leváka nebo pro praváka. Kovová část rukojeti by měla z bočních stran otvor, do kterého by se vložila horní část rukojeti a následně pojistila šroubem ze spodní strany.

8.3.8 Akcelerátor s pojistkou a zapínací tlačítko

Akcelerátor, pojistka i zapínací tlačítko by byly vyrobeny formou vstřikování z PC/ABS. Protože se jedná o bezpečnostní prvky, je zde vyžadována určitá pevnost. Zároveň ne taková jako u brzdy řetězu, tudíž by měl postačit materiál PC/ABS

8.3.9 Informační displej

Jak již bylo zmíněno na informačním displeji by se po zapnutí pily objevovala kapacita baterie, aktivní brzda, nízká hladina oleje, úsporný režim a zda je pila připravena pro praváka nebo leváka.

8.3.10 Kryt otvoru

Kryt otvoru zároveň slouží jako místo pro sání a vyfukování vzduchu. V případě potřeby většího množství vzduchu by tato krytka sloužila pouze pro sání vzduchu a otvor pro odvod vzduchu by byl umístěn ze spodní části pily. Krytka obsahuje i jemnou kovovou síťku, která minimalizuje nasání nečistot do pily.

8.3.11 Pravý kryt

Pravý kryt se skládá ze dvou částí, kdy obě by byly vyrobeny pomocí vstřikování plastu. Konkrétně PC/ABS pro sjednocení s rámem pily.

8.3.12 Levý kryt

Levý kryt by výrobně i materiálově byl totožný s pravým krytem pily.

8.3.13 Kryt lišty

Kryt lišty slouží k minimalizaci poranění o řetěz pily při převozu. U krytu lišty by mohl být použit materiál ABS nebo PP a to za pomocí technologie vstřikování dílu.

8.4 Odhad výrobních nákladů

V případě zavedení této akumulátorové pily pro praváky i leváky do sériové výroby je možné uvažovat o výrazném snížení jednotkových nákladů. Sériová výroba umožňuje efektivní optimalizaci nákupních cen komponent, rozložení fixních nákladů (například na formy pro vstřikování plastů) a zefektivnění montážních procesů.

Z konstrukčního hlediska je výhodou právě symetrická konstrukce, což eliminuje nutnost výroby dvou odlišných variant produktu. Tím se snižuje technologická i logistická náročnost výroby. Zároveň díky inovativnímu řešení pily, kdy pilu mohou používat i leváci, i rozšíření cílové skupiny. Typická struktura výrobních nákladů může zahrnovat v přímých materiálových nákladech elektromotor, akumulátor, řetězová lišta, plastové kryty, elektronika apod. V nákladech na zpracování, vstřikování plastových dílů, montáž, testování funkčnosti. A nakonec obalový materiál a značení do kterého zapadá standardní balení výrobku včetně návodu a bezpečnostních informací.

9 FYZICKÝ MODEL / PROTOTYP / REALIZOVANÝ VÝROBEK

S nástupem hybridních metod spojujících průmysl a řemeslo, odborníci volají po nové definici designu a funkce produktů. Tradiční výrobu nahrazují moderní technologie přizpůsobené místním podmínkám. Digitální nástroje výrazně proměnily přístup k designu, přičemž klíčovou roli hrají metody rychlého prototypování, takzvaně rapid prototyping[125]

Fyzický model bude realizován pomocí 3D tisku. Model by měl být rozdělávací, aby mohl sloužit pro demonstraci provedení přeměny z pravoruké pily na levorukou. Dále se na modelu bude dát zmáčknout akcelerátor s pojistkou a díky pružinám uvnitř modelu bude fungovat jako u realistické pily. Model by měl být nalakován v barvách, ve kterých je prezentován ve finálním řešení výrobku. Pro realističtější prezentaci modelu bude použita reálná vodící lišta a reálný řetěz určen pro pily. V době psaní této kapitoly je model v procesu, konkrétně se tisknout jednotlivé díly na 3D tiskárně.



Obrázek 83: 3D model pily v procesu

[125] PELCL. *Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization*. C2012.

10 SHRNUTÍ PŘÍNOSŮ PRÁCE

10.1 Rekapitulace designérského procesu

Každý krok designérském procesu byl veden s cílem vytvořit ergonomicky vhodnou, funkční a technologicky realizovatelnou akumulátorovou pilu určenou pro praváky i leváky. Na základě provedené analýzy byly stanoveny hlavní a vedlejší cíle práce, a to vytvořit konstrukčně a ergonomicky vyvážený produkt vhodný pro oboustranné použití. Součástí cílů bylo také zohlednění sériové vyrobitelnosti, snadné ovladatelnosti a bezpečnosti.

V následující fázi byly vytvořeny různé koncepční varianty řešení, které byly dále prověřovány a následně postupně protřiďovány až do užšího výběru. Tento krok umožnil identifikovat nejslibnější směr dalšího rozpracování.

Vybrané koncepční řešení bylo dále rozpracováno do detailní podoby. Byly prvně vytvořeny 3D modely sestavy celého výrobku. Důraz byl kladen na propojení technické funkce s estetickou stránkou a ergonomií.

Návrh byl následně zhodnocen z hlediska použitelnosti a realizovatelnosti. V průběhu byla vytvořena i ergonomická studie obou rukojetí. Na základě zpětné vazby byly provedeny úpravy finálního návrhu, které vedly ke zvýšení univerzálnosti a maximální funkčnosti výrobku.

10.2 Přínosy a inovace designérského řešení

Jak již bylo zmíněno pila má několik inovativních řešení, které byly hlavními i vedlejšími cíli práce.

Hlavní inovací je konstrukční řešení pily, aby byla plnohodnotně použitelná jak pro praváky, tak pro leváky za použití všech bezpečnostních prvků. Tento přístup zvyšuje komfort používání pro širší skupinu uživatelů.

Všechny hlavní ovládací a bezpečnostní prvky jsou navrženy tak, aby byly snadno dosažitelné a použitelné bez ohledu na to, kterou rukou uživatel pilu drží. Tato inovace výrazně zvyšuje bezpečnost i univerzálnost produktu.

Díky symetrické konstrukci pila při výrobě nevyžaduje žádný speciální díl pro pravou nebo levou stranu. Díky tomu by se v sériové výrobě vyráběl pouze jeden druh pily, který by po předělání v servisu na preferovanou stranu bylo možné okamžitě použít. Pouze vodící

lišta by musela mít vyvrtaný zrcadlový otvor pro mazání řetězu na levé straně. Tento proces při výrobě lišty je zanedbatelný a navýšení výrobních nákladů lišty by bylo minimální.

Přínosem práce je zpřístupnit používání pily i úplným začátečníkům, kteří mají dominanci levé ruky a díky všem dosaženým inovacím mohli pilu bezpečně používat.

10.3 Kritické zhodnocení

Mezi pozitivní stránky práce patří konzultace s odborníkem v řešené problematice. Díky těmto konzultacím bylo naleznuto ideální řešení používaní akumulátorové řetězové pily jak praváky, tak leváky. Dalším pozitivem je estetický vzhled práce, kdy kombinace barvy přírodního titanu a matné tmavě šedé barvy s oranžovými detaily je velice atraktivní a s estetickým dojmem z práce je autor spokojen. Velkým pozitivem je množství inovací a přínosů, které práce přinesla.

Jako negativní stránkou práce je absence partnera či firmy, která by myšlenku oboustranné akumulátorové pily mohla dál rozvíjet do výroby. Dalším negativem je vnímáno rozvržení vnitřních technických komponentů, kdy jejich 100 % funkčnost nebyla ověřena kompetentní osobou.

11 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zaměřila na návrh akumulátorové řetězové pily, kterou by bylo možné pohodlně a bezpečně ovládat jak pravou, tak levou rukou. Od úvodní historické analýzy, analýzy aktuálních produktů až po finální návrh, se podařilo vytvořit řešení, které splňuje jak ergonomické, tak bezpečnostní, estetické a technické požadavky.

Jedním z hlavních přínosů práce je vytvoření univerzálního řešení, které zohledňuje potřeby širšího spektra uživatelů. Návrh zároveň nabízí kompaktní konstrukci, bezpečnostní prvky pro obě strany a čistý estetický vzhled.

Výsledky mohou posloužit jako inspirace i pro další nástroje, kde zatím podobná univerzálnost chybí.

Pro mě osobně byl projekt cennou zkušeností, umožnil mi propojit teoretické znalosti s praktickým návrhem, zdokonalit se v technickém i tvůrčím myšlení a přivést inovace do oblíbeného sektoru produktů.

12 VÝSLEDEK VÝZKUMU

Výzkumná část diplomové práce byla zaměřena na ověření možností návrhu ergonomického a konstrukčně funkčního řešení akumulátorové řetězové pily, která bude použitelná jak pro praváky, tak pro leváky. Cílem bylo analyzovat existující produkty a navrhnout takové konstrukční a ergonomické prvky, které umožní univerzální použití bez ztráty komfortu či bezpečnosti. V kapitole Cíle výzkumu byly definovány 4 otázky na které bylo v průběhu výzkumu v jednotlivých kapitolách odpovězeno.

Na základě provedené rešerše a návrhového procesu byl vyvinut návrh pily s oboustranným použitím, přístupnými ovládacími prvky, které usnadňuje manipulaci v různých pracovních polohách. Součástí výzkumu byla také analýza bezpečnostních prvků a analýza ergonomických a konstrukčních norem.

Výsledkem výzkumu je návrh produktu, který zohledňuje potřeby obou skupin uživatelů, je konstrukčně jednoduchý, ale inovativní pro použití praváky či leváky s bezpečnostními prvky pro obě strany.

Tento výsledek potvrzuje, že i u běžného typu ručního nářadí je možné prostřednictvím systematického designérského přístupu dosáhnout zvýšení uživatelského komfortu a univerzality bez výrazného navýšení výrobních nákladů.

13 ZMENŠENÉ POSTERY

13.1 Sumarizační banner







AKUMULÁTOROVÁ ŘETĚZOVÁ PILA PRO PRAVÁKY I LEVÁKY /
BATTERY CHAINSAW FOR RIGHT AND LEFT-HANDED USERS

Akumulátorová řetězová pila je navržena s důrazem na symetrii a univerzální použití pro praváky i leváky. Návrh pily je funkční a umožňuje jednoduchou úpravu držení a ovládání bez potřeby konstrukčních změn či výroby dvou různých variant. Ergonomické a ovládací prvky jsou navrženy zrcadlově a umístěny tak, aby bylo možné pilu efektivně a bezpečně ovládat z obou stran.

The Battery Chainsaw is designed with symmetry and versatility in mind for both right and left-handed users. The design of the chainsaw is functional and allows easy adjustment of grip and control without the need for design changes or the production of two different variants. The ergonomic and control elements are mirror designed and positioned to allow the saw to be operated efficiently and safely from both sides.

SYMETRA / SYMETRA / BcA. JIŘÍ ŠPRTEL, DiS. / 2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Ateliér Průmyslový design

Vedoucí práce: doc. MgA. Martin Surman, ArtD.
Diplomová práce

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANDREAS STIHL AG & CO. CLIMATE STRATEGY. Online. In: STIHL. 2023. Dostupné z: https://corporate.stihl.com/en/sustainability/climate-strategy. [cit. 2025-05-21].

ANDREAS STIHL AG & CO. PRODUCT HISTORY. Online. In: STIHL. 2023. Dostupné z: https://corporate.stihl.com/en/about-stihl/history/product-history. [cit. 2025-05-21].

ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 220 C-B. Online. In: STIHL. 2025. Dostupné z: https://www.stihl.cz/cs/p/motorove-pily-akumulatorova-pila-msa-220-c-b-164147#msa-220-c-b-164147. [cit. 2025-05-21].

ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 300. Online. In: STIHL. 2025. Dostupné z: https://www.stihl.cz/cs/p/motorove-pily-akumulatorova-pila-msa-300-210075#msa-300-c-o-144325. [cit. 2025-05-21].

ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 60 C-B. Online. In: STIHL. 2025. Dostupné z: https://www.stihl.cz/cs/p/motorove-pily-akumulatorova-pila-msa-60-c-b-164117#msa-60-c-b-164117. [cit. 2025-05-21].

BLACK+DECKER®. Akumulátorová řetězová pila, 36 V, 2,0 Ah, Li-Ion, 30 cm. Online. In: BLACK+DECKER®. 2025. Dostupné z: https://www.blackanddecker.cz/vyrobku/gkc3630l20-qw/akumulatorova-retezova-pila-36-v-20-ah-li-ion-30-cm?tid=. [cit. 2025-05-21].

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN 614-1+A1, *Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – Část 1: Terminologie a všeobecné zásady*. 2009.

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN 62841-4-1, *Elektromechanické ruční nářadí, přenosné nářadí a žací a zahradní stroje – Bezpečnost – Část 4-1: Zvláštní požadavky na řetězové pily*. 2020.

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN ISO 11681-1, *Lesnická strojní zařízení - Bezpečnostní požadavky a zkoušení přenosných řetězových pil - Část 1: Řetězové pily pro lesní práce*. 2023.

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN ISO 12100, *Bezpečnost strojních zařízení – Obecné zásady navrhování.*. 2011.

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN EN ISO 9241-210, *Ergonomie interakce člověk-systém – Část 210: Ergonomické projektování interakčních systémů*. 2020.

DEWALT. Řetězová pila 54 V FLEXVOLT – S vybavením. Online. In: DEWALT. 2025. Dostupné z: https://www.dewalt.cz/vyrobku/dcm575x1-qw/retezova-pila-54-v-flexvolt-s-vybavenim?tid=573171. [cit. 2025-05-21].

FIELL, Charlotte a FIELL, Peter. Industrial design A - Z. Bibliotheca Universalis. Köln: Taschen, [2016]. ISBN 978-3-8365-2216-8.

GREENWORKS TOOLS EU. 60V Chainsaw 40cm. Online. In: Greenworks. 2025. Dostupné z: https://greenworkstools.eu/products/60v-chainsaw-40cm?_pos=4&_fid=ccc59e8c2&_ss=c. [cit. 2025-05-21].

HIESL, Patrick. The Safety Features of a Modern Chainsaw. Online. In: Clemson University. 5 September 2023. Dostupné z: https://blogs.clemson.edu/fnr/2023/09/05/the-safety-features-of-a-modern-chainsaw/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA AB. Aku pila Husqvarna Aspire™ C15X-P4A s akumulátorem a nabíječkou. Online. In: Husqvarna. 2025. Dostupné z: https://www.husqvarna.com/cz/retezove-pily/aku-pila-aspire-c15x-p4a-s-akumulatorem-a-nabijeckou/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA AB. Husqvarna 240i s akumulátorem a nabíječkou. Online. In: Husqvarna. 2025. Dostupné z: https://www.husqvarna.com/cz/retezove-pily/240i-s-akumulatorem-a-nabijeckou/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA AB. Husqvarna 542i XP® bez akumulátoru a nabíječky. Online. In: Husqvarna. 2025. Dostupné z: https://www.husqvarna.com/cz/retezove-pily/542i-xp-bez-akumulatoru-a-nabijecky/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA AB. Přístup společnosti Husqvarna k udržitelnosti. Online. In: Husqvarna. 2025. Dostupné z: https://www.husqvarna.com/cz/objevujte-a-ucte-se/pristup-spolecnosti-husqvarna-k-udrzitelnosti/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA AB. Řetězové pily Husqvarna – v provozu díky naším zákazníkům od roku 1959. Online. In: Husqvarna. 2025. Dostupné z: https://www.husqvarna.com/cz/objevujte-a-ucte-se/chainsaw-history/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA AB. The Invention of the Chainsaw: A Revolution in Cutting Technology. Online. In: Husqvarna.com. 2025. Dostupné z:

https://www.husqvarna.com/us/discover/history-of-the-chainsaw-celebrating-60-years/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA CHAINSAW ACADEMY. ZÁKLADY BEZPEČNOSTI PŘI PRÁCI S ŘETĚZOVOU PILOU. Online. In: HUSQVARNA CHAINSAW ACADEMY. 2021. Dostupné z: https://chainsawacademy.husqvarna.com/cs/zaklady-bezpecnosti-pri-praci-s-retezovou-pilou/. [cit. 2025-05-21].

JELÍNEK, Michal. Heuréka!: kapesní průvodce kreativitou. [Praha]: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, 2025. ISBN 978-80-88622-19-2.

KULA, Daniel; TERNAUX, Elodie a HIRSINGER, Quentin. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials, c2012. ISBN 978-80-260-0538-4.

M B M TECHNIK, SPOL. S R.O. BLDC - Stejnosměrné bezkartáčové motory. Online. In: M B M TECHNIK, SPOL. S R.O. Dostupné z: https://www.mbmtechnik.cz/elektromotory/bldc-stejnosmerne-bezkartacove-motory. [cit. 2025-05-21].

M B M TECHNIK, SPOL. S R.O. DC - Stejnosměrné kartáčové motory. Online. In: M B M Technik, spol. s r.o. Dostupné z: https://www.mbmtechnik.cz/elektromotory/dc-motory. [cit. 2025-05-21].

MAKITA®. Aku řetězová pila 350 mm Li-ion LXT 2x18V,bez aku Z. Online. In: Makita®. 2023. Dostupné z: https://katalog.makita.cz/produkt/zahradni-technika/retezove-pily/akumulatorove/lxt-18v/aku-retezova-pila-350-mm-li-ion-lxt-2x18v-bez-aku-z-37730.htm. [cit. 2025-05-21].

MAKITA®. Aku řetězová pila 350 mm Li-ion XGT 40V,bez aku Z. Online. In: Makita®. 2023. Dostupné z: https://katalog.makita.cz/produkt/akumulatorove-stroje/zahradni-technika/retezove-pily/xgt-40v/aku-retezova-pila-350-mm-li-ion-xgt-40v-bez-aku-z-52721.htm. [cit. 2025-05-21].

MAREK, Jakub a SKŘEHOT, Petr. Základy aplikované ergonomie. Bezpečný podnik. Praha: VÚBP, 2009. ISBN 978-80-86973-58-6. Dostupné také z: http://krameriusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:9250e160-c3c3-11e3-aec3-005056827e52.

MARIN-GARCIA, G.; VAZQUEZ-GUZMAN, G.; SOSA, J.M.; LOPEZ, Adolfo R.; MARTINEZ-RODRIGUEZ, P.R. et al. Battery Types and Electrical Models: A Review.

Online. In: 2020 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC). Mexico: IEEE, 2020, s. 1-6. ISBN 978-1-7281-9953-5. ISSN 2573-0770. Dostupné z: https://doi.org/10.1109/ROPEC50909.2020.9258711. [cit. 2025-05-21].

MILWAUKEE ELECTRIC TOOL CORPORATION. M18 FUEL™ ŘETĚZOVÁ PILA 50 CM NA DVA AKUMULÁTORY. Online. In: Milwaukee. 2025. Dostupné z: https://cz.milwaukeetool.eu/cs-cz/m18-fuel-retezova-pila-50-cm-na-dva-akumulatory/m18-f2chs50/?_gl=1*1nivu6k*_up*MQ..*_ga*NzU4OTI5Mjc0LjE3NDc4MzYzMTY.*_ga_6RR0WK74K4*czE3NDc4MzYzMTUkbzEkZzEkdDE3NDc4MzYzMzIkajAkbDAkaDAkZDU3UnVUWF9QY01yNmkxQmZzRkd4MUgtWVJjOGlBdjlSZ2c.. [cit. 2025-05-21].

NAREX S.R.O. CPR 350 BASIC BOX: Akumulátorová řetězová pila CAMOUFLAGE. Online. In: Narex. Dostupné z: https://www.narex.cz/cs-cz/65406393-cpr_350. [cit. 2025-05-21].

NERUDA, Jindřich; NEVRKLA, Pavel a CACH, Adam. *Práce s motorovou pilou a křovinořezem*. Online. Druhé, aktualizované vydání. Mendelova univerzita v Brně, 2022. ISBN 978-80-7375-841-7. Dostupné z: https://ut.ldf.mendelu.cz/wcd/w-ldf-ut/soubory/skripta_prace_s_motorovou_pilou_2022.pdf. [cit. 2025-01-10].

PELTO, Jani et al. *Compatibilized PC/ABS blends from solvent recycled PC and ABS polymers from electronic equipment waste. Polymer Testing*. Oxford: Elsevier Applied Science, 1980-2023., vol. 120. ISSN 0142-9418. Dostupné z: http://www.elsevier.com/locate/polytest. [cit. 2025-05-22].

RAVEO S.R.O. Stejnosměrné motory. Online. In: Raveo. 2025. Dostupné z: https://www.raveo.cz/kategorie-produktu/stejnosmerne-motory/. [cit. 2025-05-21].

ROBERT BOSCH POWER TOOLS GMBH. AdvancedChain 36V-35-40 - 1× akumulátor 2,0 Ah | nabíječka. Online. In: Bosch. 2020. Dostupné z: https://www.bosch-diy.com/cz/cs/p/advancedchain-36v-35-40-06008b8600. [cit. 2025-05-21].

SALVENDY, Gavriel. Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2012. ISBN 9780470528389.

SIMANOV, Vladimír. Dějiny lesnictví. Přeložil Luděk LIŠKA, přeložil Claire BERTAUD. [Praha]: Národní zemědělské muzeum, 2022. ISBN 978-80-88270-27-0.

STANLEY BLACK & DECKER, INC. Stanley® Fatmax® V20 Aku bezuhlíková řetězová pila 18 V, 1 x 4.0 Ah baterie. Online. In: Stanley. 2025. Dostupné z:

https://www.stanleytools.cz/vyrobku/sfmccs730m1-qw/stanley-fatmax-v20-aku-bezuhlikova-retezova-pila-18-v-1-x-40-ah-baterie?tid=577896. [cit. 2025-05-21].

VORLÍČEK, Jiří. *Historie a vývoj bezpečnostních prvků na motorových pilách. Lesnická práce*. 2011, roč. 90, č. 11, s. 22-23. ISSN 0322-9254.

YAMABIKO Corporation. DCS-310. Online. In: ECHO. 2025. Dostupné z: https://www.echotools.com/en_us/products/chain-saws/chain-saw/dcs-310. [cit. 2025-05-21].

YUAN, Qiang; LIU, Zanqun; ZHENG, Keren a MA, Cong. Civil engineering materials: from theory to practice. Online. Woodhead Publishing series in civil and structural engineering. Amsterdam: Elsevier, [2021]. ISBN 978-0-12-822865-4. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpCEMFTP05/cid:kt012RS5I1/viewerType:khtml//root_slug:civil-engineering-materials/url_slug:fundamentals-materials?b-toc-cid=kpCEMFTP05&b-toc-root-slug=civil-engineering-materials&b-toc-title=Civil%20Engineering%20Materials%20-%20From%20Theory%20to%20Practice&b-toc-url-slug=fundamentals-materials&kpromoter=federation&view=collapsed&zoom=1&page=1. [cit. 2025-05-22].

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ K OBRÁZKŮM

ANDREAS STIHL AG & CO. KG. *1959: A saw that conquers the world - the legendary Contra*. Online. In: STIHL. 2023. Dostupné z: https://corporate.stihl.com/content/dam/stihl/media/pr---hr-category/corporate-communications/publications/blick-ins-werk/2019/issue-02-2019/13384.jpg.transform/impressionslide-mq4/img.jpg. [cit. 2025-05-22].

ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 220 C-B. Online. In: STIHL. 2025. Dostupné z: https://www.stihl.cz/cs/p/motorove-pily-akumulatorova-pila-msa-220-c-b-164147#msa-220-c-b-164147. [cit. 2025-05-21].

ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 300. Online. In: STIHL. 2025. Dostupné z: https://www.stihl.cz/cs/p/motorove-pily-akumulatorova-pila-msa-300-210075#msa-300-c-o-144325. [cit. 2025-05-21].

ANDREAS STIHL, SPOL. S R. O. AKUMULÁTOROVÁ PILA MSA 60 C-B. Online. In: STIHL. 2025. Dostupné z: https://www.stihl.cz/cs/p/motorove-pily-akumulatorova-pila-msa-60-c-b-164117#msa-60-c-b-164117. [cit. 2025-05-21].

BLACK+DECKER®. Akumulátorová řetězová pila, 36 V, 2,0 Ah, Li-Ion, 30 cm. Online. In: BLACK+DECKER®. 2025. Dostupné z: https://www.blackanddecker.cz/vyrobku/gkc3630l20-qw/akumulatorova-retezova-pila-36-v-20-ah-li-ion-30-cm?tid=. [cit. 2025-05-21].

DEWALT. Řetězová pila 54 V FLEXVOLT – S vybavením. Online. In: DEWALT. 2025. Dostupné z: https://www.dewalt.cz/vyrobku/dcm575x1-qw/retezova-pila-54-v-flexvolt-s-vybavenim?tid=573171. [cit. 2025-05-21].

FOREST HISTORY SOCIETY. *Těžba dřeva – kácení – dvoumužná motorová pila*. Online. In: FOREST HISTORY Society. Dostupné z: https://foresthistory.org/wp-content/uploads/2017/01/FHS5402.jpg. [cit. 2025-01-10].

GREENWORKS TOOLS EU. 60V Chainsaw 40cm. Online. In: Greenworks. 2025. Dostupné z: https://greenworkstools.eu/products/60v-chainsaw-40cm?_pos=4&_fid=ccc59e8c2&_ss=c. [cit. 2025-05-21].

HUIZHOU DJMOLDING CO. *Injection Mould Pictures*. Online. In: Djmolding. 2024. Dostupné z: https://www.djmolding.com/wp-content/uploads/2023/02/800x600-01.jpg. [cit. 2025-05-22].

HUSQVARNA AB. Aku pila Husqvarna Aspire™ C15X-P4A s akumulátorem a nabíječkou. Online. In: Husqvarna. 2025. Dostupné z: https://www.husqvarna.com/cz/retezove-pily/aku-pila-aspire-c15x-p4a-s-akumulatorem-a-nabijeckou/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA AB. Husqvarna 240i s akumulátorem a nabíječkou. Online. In: Husqvarna. 2025. Dostupné z: https://www.husqvarna.com/cz/retezove-pily/240i-s-akumulatorem-a-nabijeckou/. [cit. 2025-05-21].

HUSQVARNA AB. Husqvarna 542i XP® bez akumulátoru a nabíječky. Online. In: Husqvarna. 2025. Dostupné z: https://www.husqvarna.com/cz/retezove-pily/542i-xp-bez-akumulatoru-a-nabijecky/. [cit. 2025-05-21].

LELEK, Ing. Matěj. *Motorová pila STIHL MS 500i*. Online. In: Chcipilu. 2025. Dostupné z: https://chcipilu.s3.cdn-upgates.com/_cache/8/e/8e3409f7c24f1aadbcac390552c04426-ms-500i.jpg. [cit. 2025-05-22].

MAKITA®. Aku řetězová pila 350 mm Li-ion LXT 2x18V,bez aku Z. Online. In: Makita®. 2023. Dostupné z: https://katalog.makita.cz/produkt/zahradni-technika/retezove-pily/akumulatorove/lxt-18v/aku-retezova-pila-350-mm-li-ion-lxt-2x18v-bez-aku-z-37730.htm. [cit. 2025-05-21].

MAKITA®. Aku řetězová pila 350 mm Li-ion XGT 40V,bez aku Z. Online. In: Makita®. 2023. Dostupné z: https://katalog.makita.cz/produkt/akumulatorove-stroje/zahradni-technika/retezove-pily/xgt-40v/aku-retezova-pila-350-mm-li-ion-xgt-40v-bez-aku-z-52721.htm. [cit. 2025-05-21].

MILWAUKEE ELECTRIC TOOL CORPORATION. M18 FUEL™ ŘETĚZOVÁ PILA 50 CM NA DVA AKUMULÁTORY. Online. In: Milwaukee. 2025. Dostupné z: https://cz.milwaukeetool.eu/cs-cz/m18-fuel-retezova-pila-50-cm-na-dva-akumulatory/m18-f2chs50/?_gl=1*1nivu6k*_up*MQ..*_ga*NzU4OTI5Mjc0LjE3NDc4MzYzMTY.*_ga_6RR0WK74K4*czE3NDc4MzYzMTUkbzEkZzEkdDE3NDc4MzYzMzIkajAkbDAkaDAkZDU3UnVUWF9QY01yNmkxQmZzRkd4MUgtWVJjOGlBdjlSZ2c.. [cit. 2025-05-21].

MR. BOW SAW. *Titan Model 30*. Online. In: Arboristsite. 2009. Dostupné z: https://www.arboristsite.com/threads/left-handed-operator-first-time-saw-owner.103398/. [cit. 2025-05-23].

NAREX S.R.O. CPR 350 BASIC BOX: Akumulátorová řetězová pila CAMOUFLAGE. Online. In: Narex. Dostupné z: https://www.narex.cz/cs-cz/65406393-cpr_350. [cit. 2025-05-21].

ROBERT BOSCH POWER TOOLS GMBH. AdvancedChain 36V-35-40 - 1× akumulátor 2,0 Ah | nabíječka. Online. In: Bosch. 2020. Dostupné z: https://www.bosch-diy.com/cz/cs/p/advancedchain-36v-35-40-06008b8600. [cit. 2025-05-21].

SOLHEM9. *Husqvarna 162 SE*. Online. In: Solhem9. Dostupné z: https://www.solhem9.se/Husqvarna_162_SE.htm. [cit. 2025-05-22].

STANLEY BLACK & DECKER, INC. Stanley® Fatmax® V20 Aku bezuhlíková řetězová pila 18 V, 1 x 4.0 Ah baterie. Online. In: Stanley. 2025. Dostupné z: https://www.stanleytools.cz/vyrobku/sfmccs730m1-qw/stanley-fatmax-v20-aku-bezuhlikova-retezova-pila-18-v-1-x-40-ah-baterie?tid=577896. [cit. 2025-05-21].

STRYHAL STROJE A NÁŘADÍ S.R.O. První motorová pila z roku 1927 vyrobená v Německu. Online. In: STRYHAL nářadí. Dostupné z: https://stryhal.cz/wp-content/uploads/2016/02/image004-1.jpg. [cit. 2025-05-22].

VINTAGE CHAINSAW COLLECTION. *MCCULLOCH 3-25 (LATER MODEL)*. Online. In: Vintage chainsaw collection. Dostupné z: https://vintagechainsawcollection.blogspot.com/2013/09/pioneer-farmsaw.html. [cit. 2025-05-22].

VOESTALPINE HIGH PERFORMANCE METALS CZ S.R.O. *Tlakové lití kovů*. Online. In: Uddeholm. 2025. Dostupné z: https://www.uddeholm.com/app/uploads/sites/216/2024/06/uddeholm_hot-work-die-casting-e1444172374888.png. [cit. 2025-05-22].

YAMABIKO Corporation. DCS-310. Online. In: ECHO. 2025. Dostupné z: https://www.echotools.com/en_us/products/chain-saws/chain-saw/dcs-310. [cit. 2025-05-21].

ZALTEK PLUS S.R.O. *Kovoobrábění, CNC obrábění*. Online. In: ZALTEK Plus. 2023. Dostupné z: https://zaltek.cz/cnc-obrabeni/. [cit. 2025-05-22].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Dvoumužná benzinová řetězová pila „Dolmar A“ 19
Obrázek 2: MCCULLOCH 3-25 20
Obrázek 3: STIHL Contra 21
Obrázek 4: Husqvarna 162 SE 22
Obrázek 5: STIHL MS 500i 23
Obrázek 6: Aku pila Husqvarna Aspire™ C15X-P4A 25
Obrázek 7: Husqvarna 240i s akumulátorem 25
Obrázek 8: Husqvarna 542i XP® s akumulátorem 26
Obrázek 9: STIHL MSA 60 C-B 27
Obrázek 10: Stihl MSA 220 C-B 27
Obrázek 11: Stihl MSA 300 28
Obrázek 12: Makita® DUC355Z 29
Obrázek 13: Makita® UC022GZ 29
Obrázek 14: Stanley® Fatmax® V20 Aku bezuhlíková řetězová pila 18 V 30
Obrázek 15: Narex CPR 350 31
Obrázek 16: BLACK+DECKER®. Akumulátorová řetězová pila, 36 V 31
Obrázek 17: DEWALT Řetězová pila 54 V FLEXVOLT 32
Obrázek 18: MILWAUKEE M18 FUEL™ 33
Obrázek 19: Bosch AdvancedChain 36V 34
Obrázek 20: Echo DSC-310 34
Obrázek 21: Greenworks 60V 35
Obrázek 22: Ukázka levoruké pily (Titan Model 30) 37
Obrázek 23: Těžba dřeva – kácení – dvoumužná motorová pila 40
Obrázek 24: CNC obrábění 52
Obrázek 25: Tlakové lití kovů 53
Obrázek 26: Ukázka vstřikovací formy i se vstřikovaným dílem 54
Obrázek 27: Idea obouruční motorové pily 60
Obrázek 28: Koláž fotek pujčené pily Husqvarna 542i XP® 61
Obrázek 29: Proces 3D skenování 62
Obrázek 30: 3D model skenu 62
Obrázek 31: Rozmístění jednotlivých prvků v pile 63
Obrázek 32: Schématicky znázorněné rozdělávání pily 64
Obrázek 33: První sada skic 64
Obrázek 34: Druhá sada skic 65

Obrázek 35: Vybraná verze těla pily pro další rozpracování 66
Obrázek 36: Rozpracované tělo pily 66
Obrázek 37: Porovnání modelu pily s 3D skenem 1 67
Obrázek 38: Porovnání modelu pily s 3D skenem 2 67
Obrázek 39: Umístění vnitřních komponentů 68
Obrázek 40: Varianty těla z bočního pohledu 68
Obrázek 41: Barevná skica vybraného profilu pily 69
Obrázek 42: Další série profilových skic 69
Obrázek 43: Skici ze zadního pohledu 70
Obrázek 44: Barevné skici ze zadního pohledu 70
Obrázek 45: Verze brzdy řetězu 71
Obrázek 46: Upravená přední rukojeť 72
Obrázek 47: 3D model s přidanými prvky 72
Obrázek 48: Zúžená rukojeť směrem dolů 73
Obrázek 49: Variace spodního rámu pily 73
Obrázek 50: 4 verze navázání spodní části rámu 74
Obrázek 51: 3D model s přidanými detaily 1 75
Obrázek 52: 3D model s přidanými detaily 2 75
Obrázek 53: Finální vizualizace 01 78
Obrázek 54: Finální vizualizace 02 79
Obrázek 55: Finální vizualizace 03 79
Obrázek 56: Finální vizualizace 04 80
Obrázek 57: Finální vizualizace 05 80
Obrázek 58: Finální vizualizace 06 81
Obrázek 59: Finální vizualizace 07 81
Obrázek 60:Finální vizualizace 08 82
Obrázek 61: Finální vizualizace 09 82
Obrázek 62: Finální vizualizace 10 83
Obrázek 63: Finální vizualizace 11 83
Obrázek 64: Finální vizualizace 12 84
Obrázek 65: Finální vizualizace 13 84
Obrázek 66: Barevné variace 85
Obrázek 67: První fáze prototypů 87
Obrázek 68: Druhá fáze prototypů 87
Obrázek 69: Třetí fáze prototypů zadní rukojeti 88

Obrázek 70: 4 verze pření rukojeti v průměru 20 mm a 25 mm 88
Obrázek 71: Vybrané rukojeti ze třetí fáze prototypů v dámské a panské ruce 89
Obrázek 72: Čtvrtá fáze prototypů rukojeti 89
Obrázek 73: Čtvrtá fáze prototypů v dámské a panské ruce 89
Obrázek 74: Finální ergonomický prototyp rukojeti na pile 90
Obrázek 75: Finální ergonomický prototyp v dámské ruce 91
Obrázek 76: Finální ergonomický prototyp v pánské ruce 91
Obrázek 77: Rozměrový náčrt 92
Obrázek 78: Ukázka vnitřností z levé strany 92
Obrázek 79: Ukázka vnitřností z pravé strany 93
Obrázek 80: Schéma přeměny pily z pravoruké na levorukou 94
Obrázek 81: Povyskočená baterie po stisku tlačítek na uvolnění baterie 95
Obrázek 82: Vytažená baterie z těla pily 95
Obrázek 83: 3D model pily v procesu 99

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	procento
2D	dvojdimenzionální
3D	trojdimenzionální
ABS	akrylonitrilbutadienstyren
ccm	centimetr krychlový
cm	centimetr
CNC	Computer Numerical Control
dB(A)	decibel
FDM	Fused Deposition Modeling
hp	koňská síla
kg	kilogram
mm	milimetr
PA	polyamid
PC	polykarbonát
PP	polypropylen
UV	ultrafialové záření
V	Volt
Wh/kg	watthodina / kilogram