

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 – Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph. D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Stanovení potřebného výkonu motorové řetězové pily v závislosti na úhlu řezu

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor bakalářské práce: Štěpán Kouba

České Budějovice, 2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Štěpán KOUBA**
Osobní číslo: **Z16109**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **ZDTb-16 - specializace Zemědělská technika**
Název tématu: **Stanovení potřebného výkonu motoru v závislosti na úhlu řezu při řezání motorovou řetězovou pilou**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Cílem práce je provést měření potřebného výkonu motoru motorové řetězové pily v závislosti na úhlu řezu a na technických a konstrukčních parametrech použité motorové řetězové pily.

Metodický postup:

1. Přehled o současném stavu poznání v oblasti řešené problematiky.
2. Analýza technických a konstrukčních parametrů motorových řetězových pil.
3. Výběr a příprava dřevin z hlediska druhu, stavu a rozmanitých průměrů.
4. Měření příkonu motoru při rozdílné pracovní činnosti a rozdílných dřevinách.
5. Stanovení faktorů podílejících se na potřebě výkonu při řezání motorovou řetězovou pilou.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **60 stran**

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

Seznam odborné literatury:

Douda a kol.: Mechanizační prostředky lesnické a jejich použití. SZN, Praha 1974, 594 s.

Celjak, I.: Potřebný příkon při práci s ručními motorovými řetězovými pilami. Komunální technika, roč. IX, č.5/2016, s. 48-52, ISSN 1802-2391

Klíma, J.: Lesář/dřevorunec. Správa pro výchovu a vzdělávání, Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha1991, 182 s.

Kocman, K., Prokop, J.: Technologie obrábění. CERM, leden 2006, s. 271,24,91, AA, ISBN 80-2143068-0

www.zahrada.cz/pily/srovnani-vykonu-bemzinove-a-el-pily-320071

ČSN EN ISO 11681-1,2 Bezpečnostní požadavky a zkoušení přenosných řetězových pil - Část 1 a 2: Řetězové pily pro lesní práce

Katalogy firem, například Husqvarna a Stihl.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**


Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **4. ledna 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2019**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan


JHOCESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Študentůváká 1688, 370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 21. února 2018

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Stanovení potřebného výkonu motorové řetězové pily v závislosti na úhlu řezu“ vypracoval samostatně a to s použitím zdrojů a literatury uvedené v seznamu citované literatury. Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. dubna 2019

.....

Štěpán Kouba

Poděkování

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce, panu Ing. Ivo Celjakovi, CSc., za jeho připomínky, vstřícnost a odborné vedení. Také bych chtěl poděkovat své rodině za jejich podporu a pevné nervy.

Abstrakt ČJ

Tato bakalářská práce se zabývá měřením výkonu motoru elektrické řetězové pily v závislosti na úhlu řezu. Výkonnost motoru ovlivňuje celá řada faktorů, které ve výsledku mají vliv na celý pracovní proces a jeho ekonomiku.

Cílem této práce bylo provést měření, která jsou potřebná pro stanovení řezného výkonu motoru elektrické řetězové pily a stanovit faktory, které mohou tento výkon ovlivnit. Mezi hlavní faktory patří zejména výkon a objem motoru pily, provedení spojky, druh a naostření použitého řetězu, stáří pily, zkušenosti obsluhy, druh a stav prořezávané dřeviny a úhel, pod kterým je řez veden.

Klíčová slova: motorová řetězová pila, dřevina, úhel, výkon, faktory, měření.

Abstrakt EN

This bachelor thesis deals with the measurement of the power of the electric chainsaw depending on the cutting angle. The engine power is influenced by number of factors which ultimately affect the work process and its economy.

The main goal of this bachelor thesis was to make measurements which are needed to determine the cutting power of the electric chainsaw engine and to determine the factors which may affect this cutting power. The main factors include the power and the cubic capacity of the chainsaw engine, the type of clutch, the type and sharpness of used chain, the age of the chainsaw, the operator's experiences, the type and condition of the sawn wood and the angle of cutting angle.

Keywords: chainsaw, wood, angle, power, factors, measurement.

Obsah

1.	Úvod a cíl práce	11
2.	Motorové řetězové pily	12
2.1	Rozdělení motorových řetězových pil	13
2.2	Konstrukce motorové řetězové pily se spalovacím motorem	14
2.2.1	Motorová část	14
2.2.2	Řezací část	16
2.2.3	Nosná část	16
2.3	Konstrukce elektrické motorové řetězové pily	17
3.	Analýza technických a konstrukčních parametrů motorových řetězových pil ..	19
3.1	Benzínové motorové pily	20
3.2	Elektrické motorové pily	23
4.	Údržba motorové pily	26
5.	Bezpečnost při práci s motorovou pilou	28
6.	Těžba dřeva	31
6.1	Těžební metody	31
6.1.1	Metoda sortimentní	31
6.1.2	Metoda kmenová	32
6.1.3	Metoda stromová	32
6.1.4	Technologie se štěpkováním	33
7.	Všeobecné vlastnosti dřevin	34
7.1	Tvrдость dřeva	35
7.1.1	Metody měření	35
7.2	Rozdělení dřevin podle tvrdosti	37
7.3	Chemické složení dřeva	37
7.4	Využití dřeva	39
8.	Vybrané dřeviny	40

8.1.1	Smrk	40
8.1.2	Bříza	41
8.1.3	Buk	42
9.	Metodika	43
9.1	Výběr dřevin	43
9.2	Příprava pracoviště	43
9.3	Postup měření	44
9.4	Naměřené hodnoty	47
9.5	Průměrné hodnoty jednotlivých dřevin	52
10.	Faktory ovlivňující výkon	54
10.1	Objem motoru	54
10.2	Výkon motoru	54
10.3	Otáčky motoru	54
10.4	Druh řetězu	55
10.5	Naostření řetězu	55
10.6	Opotřebení řetězu	56
10.7	Opotřebení vodící lišty	56
10.8	Provedení spojky	56
10.9	Stáří pily	57
10.10	Stáří a druh dřeviny	57
10.11	Lidský faktor	57
11.	Stanovení výkonu.....	58
12.	Výsledky a diskuze	62
13.	Závěr	66
14.	Seznam použité literatury.....	68
15.	Seznam obrázku	72
16.	Seznam tabulek	73

17.	Seznam grafů.....	74
18.	Seznam zkratek	75

1. Úvod a cíl práce

Motorová řetězová pila prošla v uplynulých více než padesáti letech intenzivním vývojem jak po stránce konstrukční, tak i po stránce způsobu a rozsahu využití. Z původně těžkého, rozměrného a finančně náročného stroje se postupem doby stal lehký, snadno ovladatelný a běžně dostupný pracovní prostředek, který je jedním z nejrozšířenějších přenosných strojů. Používá se jak v profesním nasazení, tak i v hobby činnostech. Na trh se dodávají motorové řetězové pily s rozdílným pohonem a s různými konstrukčními a funkčními vlastnostmi. Rozdílné jsou i zpracovávané dřeviny, například jejich tvrdost, vlhkost, průměr, nebo úhel vedení řezu. Všechny tyto skutečnosti ve výsledku ovlivní potřebu výkonu motoru motorové řetězové pily.

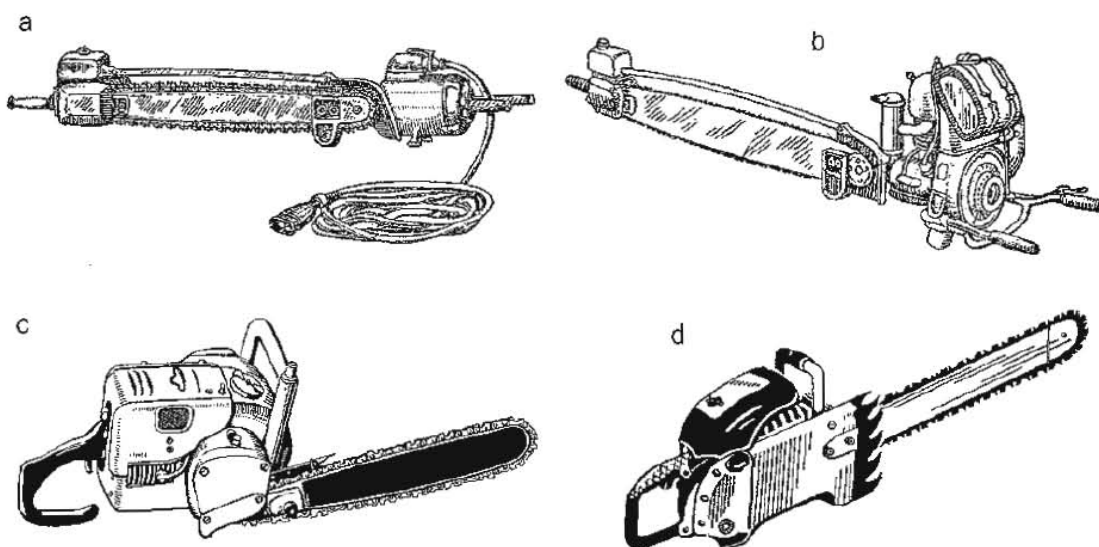
Cílem bakalářské práce je zjistit, jaký výkon bude potřebovat elektrická motorová pila k dělení rozmanitých druhů dříví pod různým úhlem řezu a porovnat naměřené hodnoty s hodnotami vypočtenými na základě konstrukčních parametrů pily a pomocí doporučených součinitelů.

V první části bakalářské práce je uvedeno rozdělení motorových řetězových pil v závislosti na druhu používané energie, podle hmotnosti a výkonové třídy, kvality zpracování a podle jejich konstrukčních řešení. Další část se zabývá analýzou technických a konstrukčních parametrů pil, které jsou v dnešní době na trhu běžně dostupné. S tím souvisí i údržba motorové pily uvedená v třetí části. Dále je řešena jedna z nejdůležitějších součástí práce s motorovou řetězovou pilou, a to je bezesporu bezpečnost a ochrana zdraví při práci. V páté části jsou přiblíženy jednotlivé těžební metody a jejich varianty používané při těžbě dřeva. Další kapitola se zabývá všeobecnými vlastnostmi dřevin, jejich tvrdostí, chemickým složením a využitím dřeva. Podrobně přibližuje tři dřeviny s různou tvrdostí, vybrané k bakalářské práci. V sedmé části je popsána metodika práce při měření a naměřené hodnoty. Analýzou naměřených hodnot jsou stanoveny faktory, které mohou ovlivnit výkon motorové řetězové pily.

2. Motorové řetězové pily

Motorové pily mají poměrně krátkou historii. S objevem motorových pil se zmiňují především tři jména: Wolf (USA), Westfelt (Švédsko) a Stihl (Německo).

Vznik řetězové motorové pily se datuje do dvacátých let 19. století. Počátky vývoje jsou spojeny jak s rozvojem jednomužných, tak i dvoumužných pil znázorněných na obrázku obr. 1.



Obr. 2. Starší typy motorových řetězových pil

a - dvoumužná elektrická řetězová pila Rinco, b - dvoumužná řetězová pila se spalovacím motorem MP-50, c - jednomužná motorová řetězová pila JMP 40, d - jednomužná řetězová pila Stihl Contra

Obrázek 1 Jednomužné a dvoumužné řetězové pily Zdroj: [7],

Po ukončení druhé světové války nastal prudký rozvoj jednomužných řetězových pil, které se dodnes nejvíce používají. Jednomužná motorová řetězová pila je nástroj vybavený vysokootáčkovým motorem, který ovládá jedna osoba.

Zdroj: [7]

2.1 Rozdělení motorových řetězových pil

Motorové řetězové pily se rozdělují podle mnoha kritérií. Porovnáním různých parametrů, vlastností i ceny jednotlivých modelů si může budoucí uživatel vybrat vhodnou motorovou pilu.

Motorové pily lze rozdělit podle druhu používané energie na benzínové, elektrické s dodávkou energie ze sítě a elektrické akumulátorové.

Benzínové motorové pily jsou poháněny dvoudobým spalovacím motorem. Získávají energii ze spalování benzínu. Výhodou těchto pil je, že nejsou omezovány přírodními kabely jako pily elektrické, jsou mobilní a lze je využívat kdekoli v terénu. Po dolití směsi benzínu a oleje mají oproti akumulátorovým pilám delší dobu provozu. Nevýhodou benzínových motorových pil je produkce emisí, hluchost, a vibrace. Vzhledem k produkci emisí není možno pracovat s těmito pilami v uzavřeném prostoru.

Další skupinou jsou akumulátorové pily, které získávají energii pro motorovou jednotku z vestavěného či vyjímatelného akumulátoru. Jejich výhodou je také mobilita a nezávislost na elektrickém přívodu jako u benzínových pil, ale oproti nim jsou lehčí, neprodukují emise, a tudíž lze s nimi pracovat i v uzavřených prostorech. Nevýhodou těchto pil je omezená výdrž akumulátoru, který se musí po určité době nabíjet. Vzhledem k tomu nejsou vhodné pro těžbu a manipulaci dřeva v lese.

Elektrické pily získávají energii pro motor z elektrické sítě 230 V přes pohyblivý prodlužovací přívod. Výhodami elektrických pil oproti pilám se spalovacím motorem jsou nižší hmotnost i hluchost, menší vibrace. Bez problémů se mohou používat v uzavřených prostorech. Další výhodou je jednoduchá údržba a seřizování. Nevýhodou těchto pil je stálé připojení k elektrické síti a nelze s nimi pracovat ve vlhkém prostředí, kde hrozí úraz elektrickým proudem. Pracovní plocha je omezena délkou prodlužovacího přívodu.

Další způsob rozdělení je podle hmotnosti a výkonové třídy. V následující tabulce vidíme orientační rozdělení motorových řetězových pil do pěti tříd podle hmotnosti (kg), zdvihového objemu (cm³) a výkonu motoru (kW).

Zdroj: [7]

Tabulka 1 Orientační rozlišení pil do tříd dle hmotnosti a výkonu motoru

Třída	Hmotnost (kg)	Zdvihový objem (cm ³)	Výkon motoru (kW)
I. velmi lehké	4 – 5	30 – 40	1,1 – 1,9
II. lehké	6 – 7	50 – 60	1,9 – 2,6
III. středně těžké	8 – 10	60 – 80	2,6 – 3,4
IV. těžké	11 – 12	90 – 100	3,7 – 4,8
V. velmi těžké	>13	120 – 140	5,2 – 6,6

Zdroj: [7]

Podle kvality zpracování a podle konstrukce základních částí rozdělujeme motorové řetězové pily na profesionální, farmářské (poloprofesionální) a hobby.

Hobby pily jsou navrženy pro krátkodobé používání a tomu odpovídá i konstrukční řešení. Objem válce se pohybuje do 40 cm³ a délka lišty do 35 cm. Klikový mechanismus motoru bývá uložen v plastu, olejové čerpadlo většinou nelze seřídít a řetězku není možné vyměnit.

Farmářské pily jsou navrženy pro střednědobé nasazení. Zdvihový objem válce se pohybuje od 40 do 60 cm³, délka lišty je zhruba do 45 cm a klikový mechanismus bývá uložen v kovu. Na olejovém čerpadle je již možné seřizovat průtok oleje a řetězka je konstruována v podobě prstence, do kterého zapadají články řetězu.

Profesionální pily jsou navrženy pro dlouhodobé používání a zvládají tak bez problémů každodenní činnost. Při výrobě jsou použity nejkvalitnější a nejmodernější materiály. Zdvihový objem válcem se pohybuje od 60 do 120 cm³ a řezná lišta má délku od 45 cm. Klikový mechanismus bývá zpravidla uložen v kovu a olejové čerpadlo má plně seřiditelný průtok oleje. Řetězka je stejná jako na farmářských pilách a je snadno vyměnitelná.

Zdroj: [8]

2.2 Konstrukce motorové řetězové pily se spalovacím motorem

Základ pily tvoří tři hlavní celky:

2.2.1 Motorová část

Motorovou část tvoří motor, karburátor, vzduchový filtr, zapalovací soustava, palivová a olejová nádrž, spouštěcí ústrojí, výfuk, odstředivá spojka a brzda řetězu.

Motor se v dnešní době používá hlavně dvoudobý pístový jednoválec, který je chlazený vzduchem. Hlavní části motoru, což jsou válec (na povrchu je opatřen žebrováním, které slouží k lepšímu odvádění tepla) a píst (zavírá vstupní a výstupní otvory ve válci), bývají odlity z lehkých slitin hliníku a hořčíku. Základní stavební část tvoří kliková hřídel, která je spojena ojnicí s pístem. Zde se přeměňuje přímočarý pohyb na rotační, který přímo pohání ventilátor a nepřímo přes odstředivou spojku pohání řetězové kolo.

Karburátor připravuje jemně rozprášenou směs paliva a vzduchu do motoru v poměru 1:13 až 1:15 hmotnostních dílků. Karburátor je výhradně bezplovákový, membránový a pracuje ve všech polohách.

Vzduchový filtr předčistiňuje vzduch a snižuje hluk způsobený vzduchem nasávaným do motoru. Filtry se mohou výrazně lišit v konstrukci. Používané jsou především jednoduché (ploché) nebo dvojité se sítka z plastu nebo kovu.

Zapalovací soustava. Jejím úkolem je ve vhodném okamžiku zapálit palivovou směs ve válci motoru přeskokem jiskry na elektrodách svíčky. Zapalování musí být nezávislé na vnějších podmínkách (povětrnostní, nečistoty). Zapalovací soustava se v současné době používá výhradně elektronická, tyristorová, bezkontaktní, která je spolehlivá a plně nezávislá na velikosti otáček.

Palivová a olejová nádrž. Nádrž paliva tvoří součást nosné konstrukce pily u zadní rukojeti. Je to plastový výlisek obsahující hadičku, která je tlačena stále tak, aby byla schopna nasávat palivo v každé poloze pily. Tento mechanismus zajišťuje přívod paliva do karburátoru. Na stejném principu je založena i olejová nádrž. Objemy olejové a palivové nádrže jsou voleny tak, aby nemohlo dojít k vyčerpání oleje dříve než paliva. Podmínkou je, aby vždy při doplňování paliva byly obě nádrže maximálně naplněny.

Spouštěcí (startovací) ústrojí. Slouží při startování motoru k uvedení klikové hřídele do pohybu. Skládá se z kladky, navíjecí pružiny, startovacího lanka a unášečů připevněných k navíjecí kladce.

Výfuk a tlumič výfuku. Má tvar ocelové krabice a slouží ke snížení hluku motoru a k ochlazení výfukových plynů, které jsou odváděny stranou od pracovníka. Výfukové plyny obsahují celou řadu škodlivých látek, a proto je zakázáno s motorovými pilami pracovat v uzavřených prostorách. Výfukové cesty je nutné pravidelně čistit, neboť se zde usazují pevné části spalin a snižují tak průchodnost a výkon motoru. Přestože se u tlumičů používají velmi moderní

konstrukce, i tak bývá hladina akustického tlaku, zjišťovaná podle ISO 7182, naměřena okolo 100 decibelů.

Spojka motorové pily má za úkol přenášet točivý moment na hnací řetězku pilového řetězu. Je suchá, odstředivá a je upevněna na klikové hřídeli. Spojka umožňuje při nadměrných otáčkách proklouznutí a při snížení otáček se zase rozpojí. Prokluzování spojky však způsobuje její zahřívání a tím i rychlejší opotřebení.

Brzda řetězu. Je to velmi důležitý bezpečnostní prvek pily. Slouží k okamžitému zastavení hoblovacího řetězu z plné rychlosti za 0,1 sekundy. Uvádí se do činnosti buď zatlačením na ochranný rámeček na páčce brzdy, anebo automaticky při zpětném vrhu pily (nekontrolovaný pohyb lišty směrem k obsluze).

2.2.2 Řezací část

Řezací část tvoří vodící lišta a pilový řetěz. Jsou to extrémně namáhané části motorové pily, a proto je nutné jim věnovat správnou péči, aby se jejich životnost co nejvíce prodloužila.

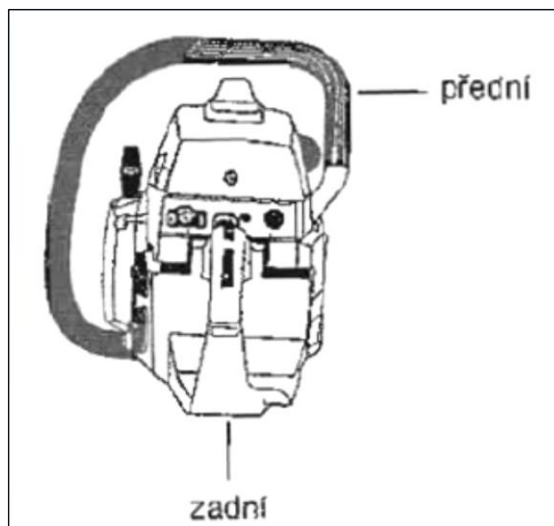
Vodící lišta. Je bodově svařena z 3 výlisků plechu, nebo vyrobena z jednoho kusu ocelového plechu s vyfrézovanou drážkou, ve které se pohybují vodící články řetězu. Vodící lišta vede řetěz a udržuje ho dostatečně napnutý. Na jednom konci je upravená pro připevnění k motorové části pily pomocí šroubových spojů. Podléhá nerovnoměrnému opotřebení a její životnost je cca 800hodin.

Pilový řetěz je nekonečný pás vodících, spojovacích a pracovních článků s různě vytvarovanými břity. Všechny články jsou spojeny pomocí nýtů. Řezací články se rozdělují na levé a pravé a jsou rozmístěny po celém obvodu řetězu v pravidelných rozestupech. Řetěz pracuje na principu hoblovacího zubu. Hoblovací zub odřezává při práci hoblinu o velikosti rozdílu mezi hřbetním břitem a omezovací patkou. Výhodou hoblovacích zubů je především vysoká řeznost, schopnost řezu dřevní hmoty ve všech směrech a snadné ostření zubů kdekoliv na pracovišti. Jeho životnost je cca 200 hodin.

2.2.3 Nosná část

Nosnou část pily tvoří přední a zadní rukojeť, které jsou vhodně tvarovány a vzájemně spojeny ke konstrukci pily.

Přední a zadní rukojeť. Na obrázku 2 vidíme znázorněnou přední a zadní rukojeť, které bývají potaženy pryžovými povlaky snižujícími vibrace. Motorové pily sloužící k těžbě mohou mít rukojeti vyhřívané.



Obrázek 2 Přední a zadní rukojeť Zdroj: [7]

A – Přední rukojeť tvoří trubkový rám obepínající část pravé strany, celou horní a levou stranu pily. Slouží k vedení a polohování pily při kácení, odvětvování a prořezávce stromů.

B – Zadní rukojeť je plastový odlitek umístěný paralelně s podélnou osou pily. Dolní část oblouku je rozšířena a tvoří tak ochranu pravé ruky proti poranění přetrženým řetězem či letícím odštěpkem.

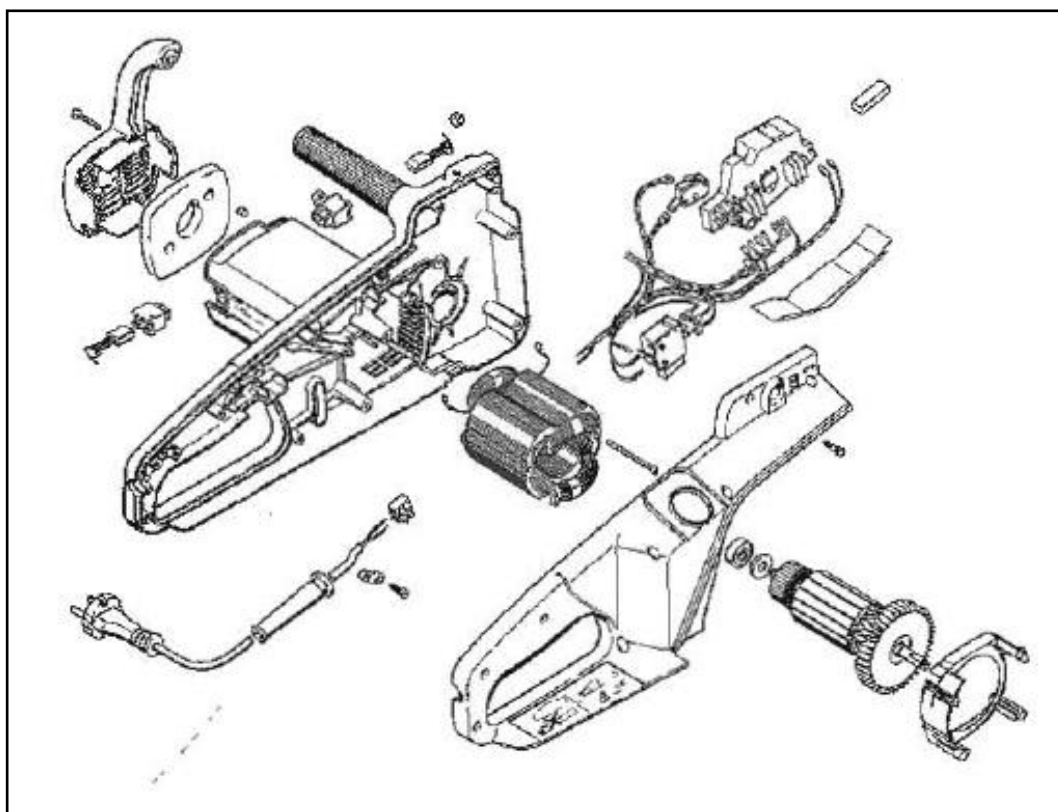
Celá nosná část je od motorové části oddělena pryžikovými prvky (silentbloky), které omezují přenášení vibrací od motoru na ruce.

Zdroj: [7]

2.3 Konstrukce elektrické motorové řetězové pily

Tyto pily jsou vybaveny speciálním elektromotorem s výkonem od 1,4 do 2,2 kW, pro napětí 230 V. Výhodou těchto elektromotorů je schopnost snášet krátkodobě přetížení. Motory mohou být svou osou uloženy vzhledem k pilovému řetězu buď kolmo, nebo podélně.

Kolmé uložení elektromotoru je konstrukčně jednodušší, hnací řetězka bývá nasazena přímo na hřídel motoru, případně může být pila vybavena převodem s ozubenými koly s čelním ozubením. Konstrukce takové pily je spolehlivá a robustní. Kolmo uložený motor může však v některých případech ztěžovat vedení pily a být tak pro obsluhu překážkou. Schéma s kolmým uložením motoru vidíme na obrázku 3.



Obrázek 3 Schéma motorové části elektrické řetězové pily Zdroj: [7]

Podélné uložení motoru vytváří štíhlou konstrukci pily. Toto uložení vyžaduje použití úhlového, nebo šnekového převodu, který přenáší točivý moment na hřídel hnací řetězky. Takovéto konstrukční řešení může někdy zvyšovat poruchovost pily.

Řezací část elektrických řetězových pil, způsob jejich mazání, bezpečnostní brzdy řetězu a spínače napájení motoru jsou obdobné jako u pil se spalovacím motorem.

Elektrické motorové pily nemají odstředivou spojku jako pily benzínové, a proto se řetěz uvádí do pohybu současně se zapnutím motoru. Při spouštění pily je tedy nutné dbát zvýšené opatrnosti.

S elektrickou řetězovou pilou mohou pracovat i osoby bez elektrotechnické kvalifikace, každý však musí dodržovat pokyny výrobce uvedené v návodu k obsluze.

Zdroj: [7], [1]

3. Analýza technických a konstrukčních parametrů motorových řetězových pil

V praxi se setkáváme s mnoha pilami, které mají různé konstrukční řešení a různé technické parametry.

Mezi nejdůležitější parametry při výběru motorové pily patří výkon a obsah motoru. Úměrně k tomu je určena délka vodící lišty a druh řetězu. Čím větší je výkon a obsah motoru, tím delší je vodící lišta s řetězem. Připojení motoru a řetězky, která pohání pilový řetěz, je bezpřevodové (otáčky řetězky jsou shodné s otáčkami motoru). Vyrábí se řetězky hvězdicové a prstencové. Hvězdicová řetězka je spojená s bubínkem spojky a při opotřebení se musí vyměnit jako celek. Prstencová řetězka má v sobě drážku, do které zapadají vodící články řetězu. Je nasazená na drážkovaném osazení bubínku spojky a lze ji vyměnit. Využívá se zejména v profesionálních a poloprofesionálních pilách. Tyto řetězky jsou uloženy na odstředivé spojce umístěné na klikovém hřídeli motoru. Odstředivá spojka přenáší krouticí moment a umožňuje prokluz pily při přetížení. Otáčky motoru a rychlost řetězu jsou důležitým ukazatelem výkonnosti.

Neméně důležitým parametrem při výběru motorové pily je i její hmotnost. Hobby pily jsou lehčí, protože její součástky jsou vyráběny z plastu. Profesionální pily používají více kovových součástek, a proto jsou těžší. Mají i delší životnost než hobby pily.

Tlumicí systém vibrací má za úkol snížit vibrace přenášející se do rukou obsluhy. Ke snížení vibrací se používají dva druhy tlumících systémů, jsou to pryžové silentbloky a vinuté pružiny. Hodnoty vibrací se udávají v metrech za sekundu pro každou rukojeť zvlášť.

Zdroj: [7], [8]

3.1 Benzínové motorové pily

Jednou z nejprodávanějších hobby pil je benzínová motorová pila Hecht 45. Mazání řetězu a lišty je při řezání zajištěno automaticky čerpadlem. Její antivibrační systém tvoří soustava ocelových pružin pro snadnou a neunavující práci. Tento model je vhodný pro příležitostnou práci na zahradě a pro kácení menších stromů. Má přiměřenou délku lišty, dobrý výkon a nízkou cenu.



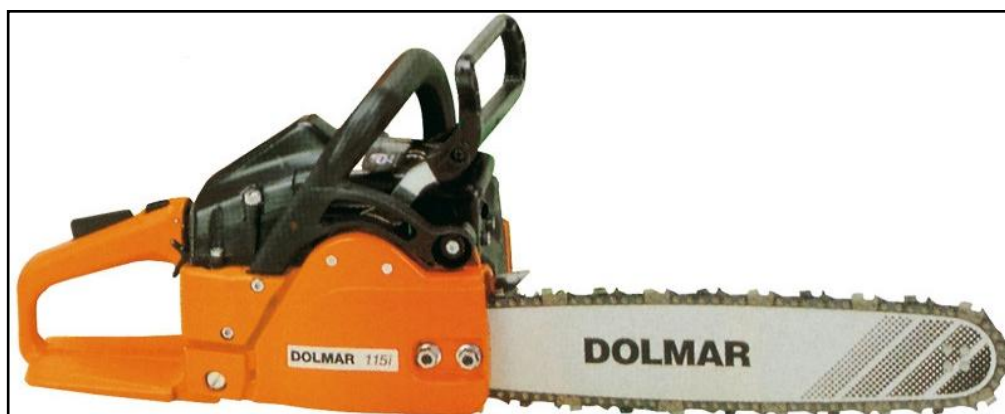
Obrázek 4 Hobby pila Hecht Zdroj: [9]

Tabulka 2 Technická specifikace pily Hecht

Objem [cm ³]	Výkon [kW]	Délka lišty [cm]	Hmotnost [kg]	Otáčky motoru [ot.min ⁻¹]
45	2	40	5,4	11 500

Zdroj: [9]

Jako poloprofesionální pilu jsem vybral pilu Dolmar s označením 115–38. Motorová pila má silný motor, velmi účinné tlumení vibrací, bezúdržbové elektronické zapalování a efektivní filtrování vzduchu pomocí dvojitého vzduchového filtru. Je vhodná k odvětvování, probírce, kácení a řezání palivového dřeva.



Obrázek 5 Poloprofesionální pila Dolmar Zdroj: [10]

Tabulka 3 Technická specifikace pily Dolmar

Objem [cm ³]	Výkon [kW]	Délka lišty [cm]	Hmotnost [kg]	Otáčky motoru [ot.min ⁻¹]
56	2,7	38	5,1	Neudáno

Zdroj: [11]

Profesionální pilou, kterou jsem vybral, je Husqvarna s označením 576 XP. Vyznačuje se nižší hladinou zplodin a nižší spotřebou paliva. Je vybavena vyhřívanou rukojetí a karburátorem pro práci v chladném počasí. Nastavitelné olejové čerpadlo umožňuje snadno seřizovat mazání řetězu podle potřeby. Kliková skříň má pevnou konstrukci, díky které dobře odolává vysokým otáčkám, a zaručuje tak dlouhou životnost pily. Pila je vhodná pro dlouhodobé nasazení při těžbě dřeva.



Obrázek 6 Profesionální pila Husqvarna Zdroj: [12]

Tabulka 4 Technická specifikace pily Husqvarna

Objem [cm ³]	Výkon [kW]	Délka lišty [cm]	Hmotnost [kg]	Otáčky motoru [ot.min ⁻¹]
73,5	4,2	45	6,9	13 300

Zdroj: [13], [14]

3.2 Elektrické motorové pily

Jako zástupce skupiny hobby elektrických řetězových pil jsem zvolil pilu značky Hecht 2035. Mazání řetězu a lišty je při řezání zajištěno automaticky čerpadlem z nádrže integrované přímo v pile. Motor je uložen podélně, pila tak má úzký profil a je vhodná pro práci v omezeném prostoru. Dobře se využije i pro běžnou práci v blízkém okolí domu, přípravu palivového dřeva a lze ji použít při krátkodobém nasazení na stavbě nebo v dílně.



Obrázek 7 Hobby elektrická pila Hecht Zdroj: [15]

Tabulka 5 Technická specifikace pily Hecht

Výkon [W]	Délka lišty [cm]	Hmotnost [kg]	Rychlost řetězu [m.s ⁻¹]	Množství oleje [ml]
2000	35	4,2	13,5	neudáno

Zdroj: [15]

Za nejvhodnějšího zástupce poloprofesionálních řetězových pil jsem zvolil pilu Narex s označením EPR 40–25 HS. Mazání řetězu je automatické, jeho napnutí a výměnu lze provést bez použití nástrojů. Motor je uložen kolmo a to může v některých případech ztěžovat vedení pily. Díky síle motoru a speciální řetězce dosahuje nejvyšší řezné rychlosti mezi elektrickými pilami. Vzduchový filtr zabraňuje vniku nečistot do motoru a je výměnný. Tato řetězová pila je vhodná pro řezání palivového dřeva, hrubé kácení stromů a formátování dřevěných prvků.



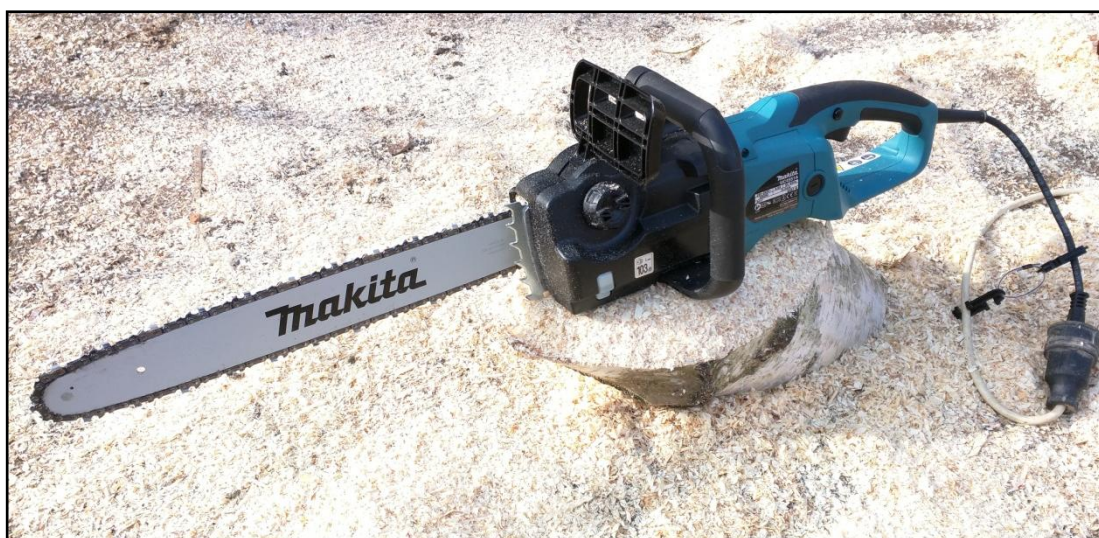
Obrázek 8 Poloprofesionální elektrická pila Narex Zdroj: [16]

Tabulka 6 Technická specifikace pily Narex

Výkon [W]	Délka lišty [cm]	Hmotnost [kg]	Rychlost řetězu [m.s ⁻¹]	Množství oleje [ml]
2500	40	4,5	17	200

Zdroj: [16]

Ke stanovení výkonu elektrické řetězové pily v bakalářské práci jsem použil profesionální pilu Makita UC4554A, kterou vlastním. Mazání řetězu je automatické s možností regulace. Pila má pozvolný rozběh a omezovač proudu. Napínání řetězu a jeho výměnu lze provést bez nástrojů. Velká zubová opěrka umožňuje provádět přesné řezání. Motor pily je uložen podélně, což umožňuje práci v omezeném prostoru. Pila umožňuje dlouhodobé nasazení a vyhovuje zejména řemeslníkům. Využívá se na prořezávání stromů, řezání palivového dříví a při práci v interiérech.



Obrázek 9 Profesionální elektrická pila Makita

Tabulka 7 Technická specifikace pily Makita

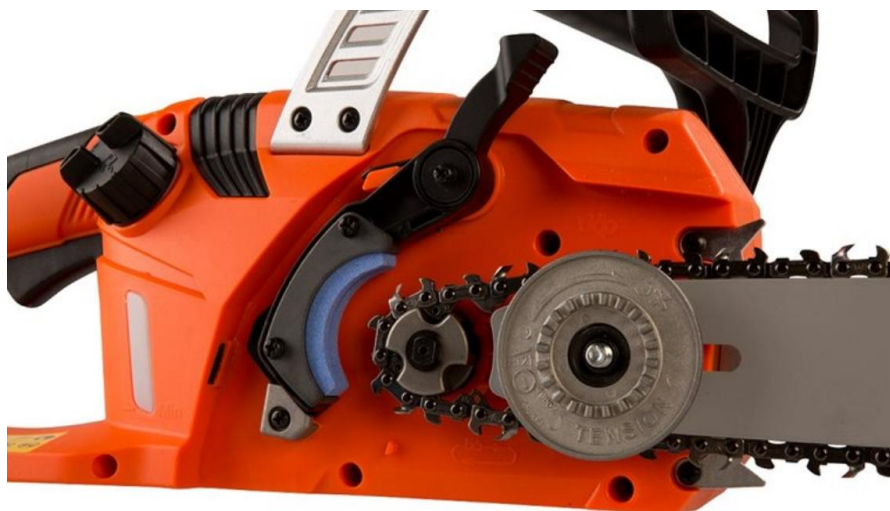
Výkon [W]	Délka lišty [cm]	Hmotnost [kg]	Rychlost řetězu [m.s ⁻¹]	Množství oleje [ml]
2000	45	5,7	14,5	neudáno

Zdroj: [17]

4. Údržba motorové pily

Řádná údržba motorové pily může velmi ovlivnit její životnost. Je proto důležité, aby každý uživatel věnoval údržbě náležitou pozornost, prováděl ji pečlivě, včas a řídil se návodem k obsluze.

Běžná údržba je nenáročná a může ji provádět sám uživatel. Mezi takové úkony údržby patří čištění pily, údržba řezací části a výměna jejích komponentů, výměna svíčky, základní seřízení karburátoru a podobně. K takovéto údržbě potřebujeme kombinovaný klíč na demontáž a montáž krytu spojky, zapalovací svíčky nebo dotažení řetězu, křížové nebo ploché šroubováky na běžné seřízení karburátoru a dávkování mazacího oleje. Na čištění pily od nečistot je dobré využít tlakový vzduch, pokud není k dispozici, postačí i štětec. Ostření řetězu se provádí buď strojně, nebo ručně. Strojní broušení provádějí především různé servisy, ale je možné si ostříčku pilových řetězů zakoupit. Jednou z možností ostření speciálních pilových řetězů je brousící systém PowerSharp, znázorněný na obrázku 10.



Obrázek 10 Motorová pila s brousícím systémem Powersharp Zdroj: [18]

Systém je založený na brousícím kameni a pilovém řetězu se speciálním zubem, kterým se kámen udržuje. Brousící kámen může být zabudovaný v motorové pile nebo upevněn ve speciálním pouzdře. Výhodou tohoto systému je rychlost a jednoduchost broušení. Umožňuje velmi hladký řez a je určen pro zájmové pily nebo pro dřevovýrobu.

Ruční broušení pilových řetězů se provádí kulatými pilníky, které mohou být upevněny v tzv. vodítku (plechový výlisek s ryskami). Vodítko usnadňuje dodržet předepsaný úhel ostření. Vždy je nutné dodržet předepsaný průměr pilníku pro daný typ řetězu.

Některé opravy je lepší svěřit odbornému servisu. Jedná se především o opravy vlastního motoru (výměna válce, pístu, klikové hřídele, ložisek), seřizování a oprava řetězové brzdy, přesné nastavení karburátoru, oprava elektronické soustavy a podobně.

Při každodenní práci s pilou je potřeba dodržovat časový harmonogram údržby, který rozeznává denní, týdenní měsíční a čtvrtletní údržbu.

Denní údržba:

Provede se celkové očištění pily, otočení lišty, vyčištění čističe vzduchu, drážky vodící lišty, mazacích otvorů, zkontroluje se mazání a napnutí řetězu, mazání ložiska vodící řetězky lišty a ostří řetězu.

Týdenní údržba:

Je nutné vyčistit žebra válce, lopatky a kryt větráku, zkontrolovat, vyčistit a seřídít zapalovací svíčku, překontrolovat stav lišty, řetězu a řetězového kola a dotáhnout šroubové spojení.

Měsíční údržba:

Spočívá ve vypláchnutí nádrže paliva a oleje čistým benzínem a je potřeba zkontrolovat a vyčistit spouštěcí ústrojí pily.

Čtvrtletní údržba:

Při čtvrtletní údržbě je nutné provést prohlídku v odborné dílně, případně vyměnit hnací a vodící řetězové kolo a seřídít bezpečnostní brzdu.

Zdroj: [2], [7], [19]

5. Bezpečnost při práci s motorovou pilou

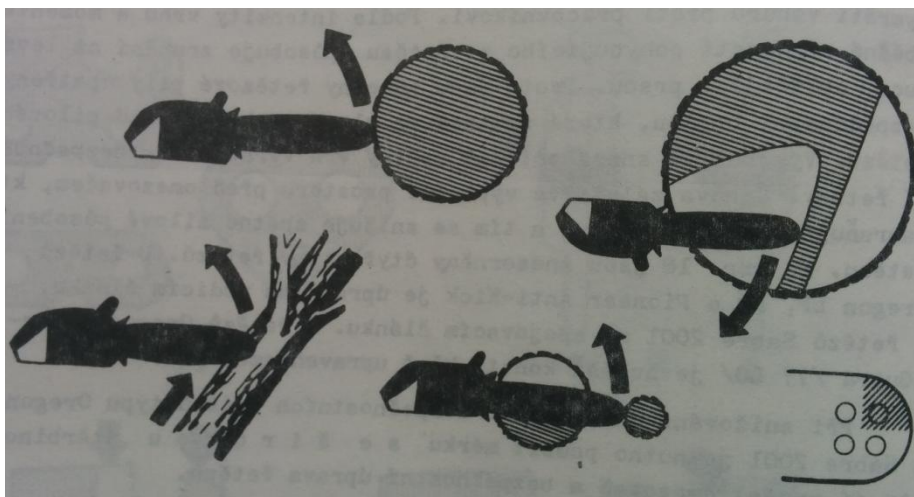
Motorové řetězové pily jsou velmi užitečné nástroje, které člověku usnadňují práci. Patří však k nejnebezpečnějším strojům, které mohou způsobit velmi vážná poranění. Nesprávné zacházení s pilou nebo zbytečné chyby při práci mohou způsobit úraz a v některých případech i smrt. Je proto nutné při práci s motorovou řetězovou pilou dodržovat určité zásady, pravidla a doporučení.

Při práci s pilou je především nutné používat osobní ochranné pracovní prostředky. Jedná se například o kvalitní protipořezové oblečení bez tkanic a volných částí, pevné boty, nejlépe se zpevněnou špičkou, přilbu, ochranný štít nebo brýle a ochranná sluchátka nebo špunty do uší. Hluk, který vydává motorová pila, působí rušivě na pohodu pracovníka, vyvolává únavu, snižuje výkon a zvyšuje nebezpečí vzniku úrazu. Při dlouhodobém působení hluku na centrální nervovou soustavu vzniká nedoslýchavost až hluchota. Při používání ochranných sluchátek je však nutné mít neustále kontrolu nad tím, co se kolem děje.

Dalším důležitým prvkem v ochraně člověka při práci s motorovou pilou jsou antivibrační rukavice. Mají za úkol omezit přenos vibrací z rukojeti motorové pily na ruce pracovníka. Vibrace motorové pily mohou způsobit onemocnění z vibrací (traumatickou vázoneurózu), která se považuje za nemoc z povolání. Projevuje se celou řadou příznaků, např. pocitem chladných prstů, bělením, brněním, ztrátou citu a určitou neobratností prstů. Ruka se při vázoneuróze stává méně obratnou, což vede k pevnějšímu uchopení pily, a tím k ještě většímu přenosu vibrací.

Při práci s motorovou pilou je nutné věnovat zvýšenou pozornost také okolnímu terénu. Například pařezy, kořeny, kameny, větve, příkopy apod. mohou zapříčinit zakopnutí a vážné poranění o motorovou pilu. Stejnou pozornost je potřeba věnovat i práci na kluzkém nebo mokřém povrchu, na sněhu, v blátě nebo v jakémkoliv nerovném či nestabilním terénu.

Extrémní pozor je nutné dávat na nebezpečí zpětného rázu. Je to rychlý nekontrolovatelný pohyb pily směrem k pracovníkovi, jak vidíme na obrázku 11.



Obrázek 11 Polohy řezací části, kdy vzniká nejčastěji zpětný ráz Zdroj: [2]

Dochází k němu při náhodném styku běžícího řetězu v místě horní čtvrtiny špičky lišty se dřevem nebo jiným pevným předmětem. Abychom zpětnému rázu předcházeli, musíme pracovat s rozmyslem, opatrně a neprovádět řez hrotem lišty. Dále je potřeba řezat pod plným plynem, držet pilu vždy oběma rukama, neřezat více větví najednou a mít vždy perfektně nabroušený a napnutý řetěz. Všechny druhy článků pilového řetězu mohou mít tzv. bezpečnostní úpravu, která riziko zpětného rázu pily snižuje.

Pokud hrozí jakékoliv nebezpečí, je nutné motorovou pilu okamžitě vypnout. Roztočený řetěz ve spojení se silným motorem může způsobit rozsáhlá zranění a někdy dokonce amputaci končetiny. Nesmíme zapomenout ani na dobohový efekt řetězu, který se točí ještě chvíli po vypnutí motoru.

I při největší opatrnosti nelze riziko úrazu zcela vyloučit, a proto s motorovou pilou není vhodné pracovat osamoceně. V dohledné vzdálenosti by měla být osoba, která pracovníkovi v případě úrazu poskytne nebo zavolá pomoc.

K bezpečné práci patří také kontrola motorové pily před nastartováním, správné startování, kontrola pily po nastartování a správná údržba a servis.

Před každým nastartováním motorové pily musíme zkontrolovat ostrost a napnutí řetězu, zablokovat řetězovou brzdu, očistit pilu suchým hadrem a zkontrolovat, zda někde neuniká benzín. Nakonec doplníme provozní kapaliny. Při dolévání benzínu je zakázáno manipulovat s otevřeným ohněm. Po doplnění provozních tekutin dotáhneme co nejvíce uzávěr palivové a olejové nádrže.

Dalším krokem je správné startování motorové pily. Pilu startujeme vždy nejméně 3 metry od místa, kde jsme provozní kapaliny doplňovali, aby nevznikl požár. Při startování pilu položíme na rovnou plochu, aby se řetěz nedotýkal země. Levou rukou uchopíme přední rukojeť pily, pravou rukou držadlo spouštěcího lanka a pravou nohou přišlápneme zadní rukojeť. Pak teprve můžeme provést startování pomocí spouštěcího lanka. Nikdy neshodíme motorovou pilu z ruky, v uzavřené místnosti nebo v těsné blízkosti jiné osoby.

Před samotným řezáním se provede poslední kontrola. Je nutné ověřit funkčnost plynové páčky a řetězové brzdy. Velmi důležitá je kontrola mazání řetězu. Přední lišta s běžícím řetězem se přidrží 5 až 10 cm od světlého podkladu (prkno, papír, pařez apod.) a přidá se plyn. Za několik sekund se objeví olejová čára, což je důkaz, že pila maže. Suchý řetěz se zahřívá, může se přetrhnout a způsobit zranění.

Pokud jsme s pilou dlouho nepracovali, nebo ji máme půjčenou, provedeme zkušební řez. Při plných otáčkách motoru provedeme odříznutí několika polínek v tenkém dříví a pozorujeme, jak se pila chová.

Na závěr si připomeneme správnou manipulaci s motorovou pilou. Při práci přenášíme pilu lištou kupředu a musíme mít aktivovanou řetězovou brzdu. Při přenášení pily na vzdálenost větší než 150 m motor zastavujeme a nasadíme chránič vodící lišty. U pil s benzínovým motorem je horký tlumič výfuku, proto pilu nosíme tak, aby byl na odvrácené straně těla.

Na všech pracovištích, kde používáme motorové pily, musíme dodržovat pořádek. Zabráníme tak úrazům při práci s motorovou pilou.

Zdroj: [2], [3], [7], [20]

6. Těžba dřeva

Těžba dřeva je soubor prací zahrnující kácení stromů, odvětňování, odkornování, rozměřování, zkracování a přeřezávání stromů na jednotlivé sortimenty a jejich úprava. Je to počáteční fáze těžební činnosti, na kterou navazuje soustřeďování, odvoz a manipulace.

Podle podílu ruční a strojové práce při těžbě dřeva se rozdělují jednotlivé technologie na manuální (obsahují výhradně ruční práci), motomanuální (používají se motorové pily, křovinořezy apod.), animální (využívají tažné síly zvířat) a mechanizované (s použitím strojů). Za plně mechanizované technologie se považují jen ty, při kterých se vyráběného dříví nedotkne lidská ruka (např. harvestory, procesory, vyvážecí soupravy, traktory s klešťovými závěsy).

6.1 Těžební metody

S výjimkou kácení (může být provedeno jen v místě výskytu suroviny) existuje v celém procesu výroby surového dříví velká kombinační volnost (volba lokalit, sestavování sledu operací). Lokalita realizace operací výrobních fází těžby dříví a výroba sortimentů je základem pro třídění těžebních metod.

Podle formy surového dříví, ve kterém je dopraveno na odvozní místo, rozeznáváme tři základní těžební metody a jejich varianty.

6.1.1 Metoda sortimentní

Je historicky nejstarší metodou, vznikla v období výhradního používání animálního soustřeďování dříví. Bylo nutné dříví rozdělit na kratší kusy, aby byly fyzicky zvládnutelné. Určitou výhodou této metody bylo přizpůsobení výběru dříví již v porostu podle požadavku odběratele.

Varianta s úplným druhováním dříví:

Surové dříví je na odvozní místo dopraveno úplně vyduhované a připravené k prodeji v různých délkách i tvarech (výřezy, polena, kuláčky).

Varianta výřezů standardních délek:

Jedná se o variantu, při které je surové dříví zkracováno na stejné délky (zpravidla 2, 4, 5, výjimečně 6 m). To umožňuje dopravu na odvozní místo vyvážecí soupravou. Jedná se o netříděné dříví, které nemá charakter obchodovatelného sortimentu.

6.1.2 Metoda kmenová

Kmenová metoda má také dvě varianty a to s druhováním na odvozním místě a s druhováním na manipulačním skladě. Její výhodou je přenesení části prací z porostu na odvozní místo, nebo manipulační sklad. Je to metoda, která umožnila zprůměrnění výroby a zároveň zajistila vyšší kulturu, hygienu a bezpečnost práce. Použití harvestorů a procesorů je v kmenové metodě omezené, protože dlouhé kusy se při odvětvování ohýbají, lámou a ryjí čelem odvětvěné části do země. Z tohoto důvodu mají stroje určené pro odvětvování celých stromů krokový způsob odvětvování.

Varianta s druhováním na odvozním místě:

Tato varianta umožňuje dopravu surového kmene na odvozní místo, kde se vykoná úplné druhování na obchodovatelné sortimenty.

Varianta s druhováním na manipulačním skladě:

Surové kmeny jsou dopraveny na odvozní místo a odtud jsou převezeny na manipulační sklad. Na skladě se pak provede úplné druhování.

6.1.3 Metoda stromová

Stromová metoda se rozvinula v době, kdy byly k dispozici mechanizované prostředky (odvětvovače, procesory a přibližovací prostředky) s vyšší tažnou silou. Vlečení stromu s větvemi vyžaduje o 20 – 30 % vyšší tažnou sílu, než při vlečení kmene. Výhodou této metody je vyloučení motomanuálního odvětvování jako operace s vysokou pracností. Další předností je přenesení části prací z porostu na výhodnější místo, vyklizení klestu z těžební plochy současně s těžbou a koncentrace těžebního odpadu pro další zpracování. Nevýhodou je vyšší poškození stojících stromů, vyšší energetická náročnost a ztráta kapacity u prostředků na soustředování dříví a u odvozních prostředků při přepravě na manipulační sklad.

Varianta s odvětvěním na odvozním místě:

Na odvozní místo se dopraví celý strom i s větvemi, následně se odvětví a provede se druhování buď na odvozním místě, nebo na manipulačním skladě.

Varianta s odvětvěním na manipulačním skladě:

Celé stromy i s větvemi jsou dopravovány na odvozní místo a odtud na manipulační sklad, kde se provede odvětvění, úplné druhování a seštěpkování klestu.

6.1.4 Technologie se štěpkováním

Tato technologie vznikla jako výsledek snahy o zužitkování dosud nevyužité dendromasy (těžebního odpadu, prořezávkového materiálu a stromků z prvních probírkových zásahů). Produktem štěpkování dendromasy je lesní štěpka. Vzhledem k tomu, že realizační cena lesní štěpky je nízká, ale náklady na výrobu jsou vysoké, musí se dodržovat zásada neštěpkovat materiály, které jsou výhodněji prodejné v jiném sortimentu surového dříví. Přínosem štěpkování je vyšší výtěžnost dendromasy, snížení pracnosti při těžbě, zvýšení čistoty lesních porostů, menší riziko požárů a usnadnění zalesňování na vyčištěných těžebních plochách. Nevýhodami štěpkování je velká investiční a energetická náročnost, nevratný způsob zpracování a riziko odnámání živin a organického materiálu k humifikaci na vytěžených plochách.

Zdroj: [2], [6]

7. Všeobecné vlastnosti dřevin

Dřeviny jsou vytrvalé rostliny, jejichž nadzemní části neodumírají, ale dřevnatí a každý rok pokračují v růstu do výšky a tloušťky. Jsou součástí lesa, kde tvoří spolu s ostatními rostlinnými a živočišnými organismy nedílný celek. Pro všechny tyto živé organismy je les rozhodujícím životním prostředím, bez kterého nemohou trvale existovat.

Každý strom se skládá ze tří částí: z korunové, kmenové a kořenové.

Koruna je vegetačním orgánem stromu a spolu s olistěním tvoří habitus dřeviny.

Kmen nese korunu a zprostředkovává látkovou výměnu mezi kořenovým systémem a korunou. Je místem, kde se tvoří a ukládá dřevo.

Hlavní kořen je přímým pokračováním osy kmene. Větví se na postranní kořeny a dál na vláskové kořinky, které čerpají vodu a živné roztoky z půdy. Rovněž umožňují zasakování srážkové vody, provzdušňují půdu a zajišťují odolnost dřeviny proti větru. Kořenové systémy mají různé tvary např. ploché (smrk, bříza), kulové (borovice, modřín) nebo srdčité (jedle, buk). Tvar kořenového systému však značně ovlivňuje složení půdy, ve které dřevina roste.

Vegetační růst dřevin začíná v našich klimatických podmínkách na jaře před rašením pupenů a končí na podzim po opadu listů. Na začátku vegetační doby vzniká světlejší a lehčí jarní dřevo. Na konci vegetační doby vytvoří dřevina tmavší a hutné letní dřevo. Jedna světlejší a jedna tmavší vrstva vytvoří letokruh, který odpovídá přírůstku jedné vegetační sezóny. Roční přírůst dřeviny je patrný na příčném řezu kmene.

Dřeviny se dělí na jehličnaté a listnaté a z hlediska množství zpracovaného dřeva na hlavní a podružné. Mezi hlavní jehličnaté dřeviny patří zejména smrk, jedle, borovice a modřín, mezi listnaté dřeviny patří dub, buk, lípa, osika, bříza, olše, jasan, javor, jilm, habr a topol. Všechny ostatní dřeviny jsou podružné.

Zdroj: [2]

7.1 Tvrdost dřeva

Z hlediska možnosti opracování se rozdělují dřeviny na tvrdé a měkké.

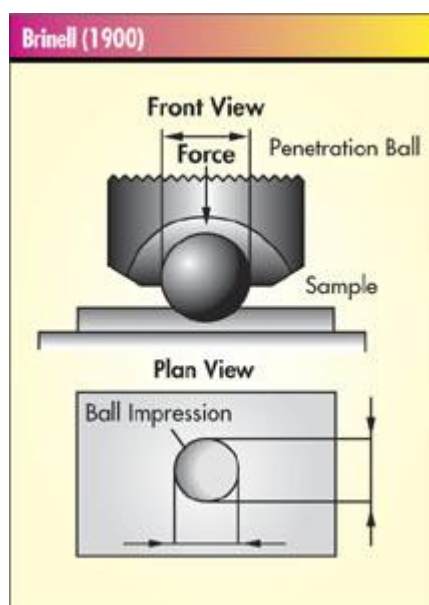
Tvrdost je schopnost dřeva klást odpor proti vnikání jiného tělesa do jeho struktury. Posuzuje se podle síly, která je potřeba k vtlačení ocelové kuličky daného průměru do materiálu. Stanovení tvrdosti dřeva má význam při opracování řeznými nástroji a při užívání dřeva.

7.1.1 Metody měření

Tvrdost dřeva lze stanovit dvěma metodami, podle Brinella a podle Janka.

Metoda Brinella tvrdosti (HB)

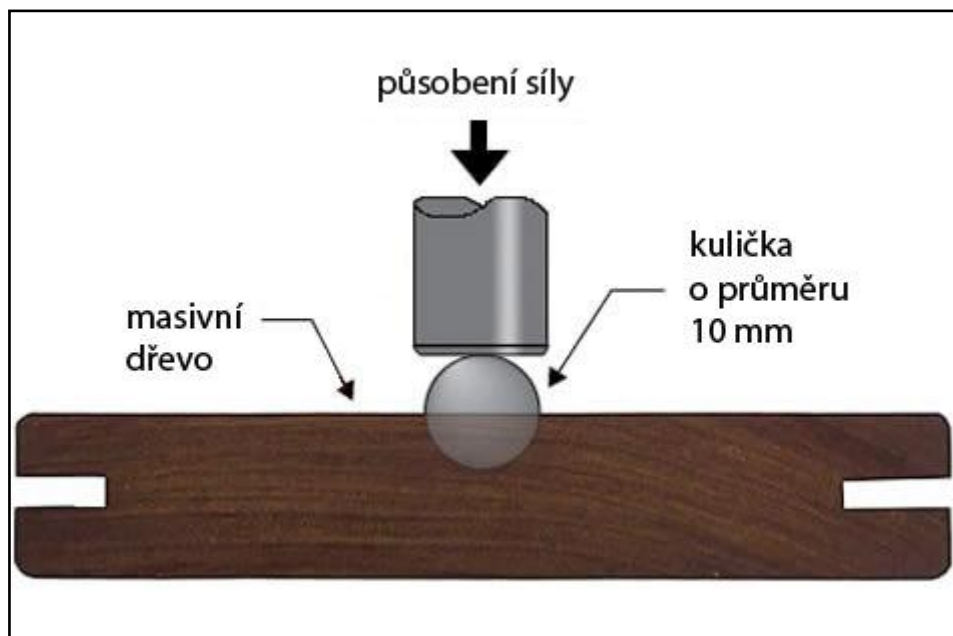
Tato metoda spočívá ve vtlačování ocelové kuličky o průměru 10 mm konstantní silou podle tvrdosti dřeva. U velmi měkkých dřevin se používá síla 100 N, u středně tvrdých 500 N a u tvrdých 1000 N. Plochu otláčení pak následně vypočítáme z průměru otláčení plochy a kuličky.



Obrázek 12 Metoda Brinella tvrdosti Zdroj: [21]

Metoda tvrdosti Janky (HJ)

Provádí se změřením síly, která je nutná k zatlačení ocelové kuličky o průměru 0,444 palce (tj. 11,28 mm) do dřeva až po její největší průměr. Čím vyšší číslo je naměřeno, tím je dřevo tvrdší.



Obrázek 13 Metoda tvrdosti Janky Zdroj: [22]

Zdroj: [6], [23]

7.2 Rozdělení dřevin podle tvrdosti

Tvrdość dřeva se uvádí jako zátěž na plochu. Dříve udávala v kg/cm², dnes se používá častěji tlak v megapascalch (MPa). V praxi stačí, když hodnoty v kg/cm² vydělíme deseti a získáme hodnotu tlaku v MPa.



Obrázek 14 Rozdělení dřevin podle tvrdosti Zdroj: [24]

Tabulka 8 Tvrdość dřeva podle skupin

Skupina	Tvrdość (MPa)	Příklady
Měkká	<40	Lípa, jedle, smrk, borovice, topol
Středně tvrdá	≥40	Jasan, jilm, dub, ořeš
Tvrdá	≥80	Habr, akát, tis

Zdroj: [25]

7.3 Chemické složení dřeva

Dřevo obsahuje nejen anorganické látky jako jsou voda, soli a plyny, ale i látky organické. Stěny dřevních buněk se skládají především z celulózy, hemicelulózy a ligninu.

Celulóza

Dřevo obsahuje v průměru 50% celulózy. Je to vláknitá organická látka, která je nositelem mechanické pevnosti každého dřeva. Celulóza je důležitou technickou surovinou pro výrobu papíru, umělého hedvábí a celofánu

Hemicelulóza

Je to organická látka, která se snadno přeměňuje na cukry, a proto má ve dřevě funkci zásobní látky. Dřevo obsahuje v průměru 22% hemicelulózy.

Lignin

Dřevo obsahuje průměrně 22% ligninu. Je to červenohnědá látka, která způsobuje dřevnatění buněčných stěn po ukončení růstu dřeva.

Buněčný obsah ve dřevě činí přibližně 6%. Skládá se z pryskyřičných látek, zásobních látek, tříslovin a alkaloidů.

Pryskyřičné látky

Jsou látky, které mají ve dřevě ochrannou úlohu. Zalévají dřevinu při mechanickém poranění kůry, lýka a dřeva. Používají se jako surovina pro farmaceutický, kosmetický a chemický průmysl.

Zásobní látky

Jsou to především cukry a škroby (glycidy), tuky (lipidy) a bílkoviny (proteiny). S výjimkou dřevního cukru xylytu se zásobní látky průmyslově nevyužívají.

Třísloviny

Jsou organické látky, které brání dřevinu proti infekcím dřevokaznými houbami. Získávají se nejčastěji z kůry smrků a využívají se k činění kůží a částečně i k výrobě léčiv.

Alkaloidy

Alkaloidy jsou obsaženy v kořenech, kůře i dřevě některých našich dřevin (tis, škumpa), ale především dřevin tropických. Všechny jsou prudce jedovaté.

7.4 Využití dřeva

Dřevo je klasický přírodní materiál, který nachází využití ve všech oborech lidské činnosti. Nejvíce se využívá jako stavební materiál, k výrobě papíru a celulózy a k výrobě nábytku, nástrojů, dopravních prostředků (lodě) a hudebních nástrojů. Dřevo, které nemá další využití z hlediska kvality či rozměrů, se používá jako palivové dřevo.

Zdroj: [6]

8. Vybrané dřeviny

8.1.1 Smrk

Smrk ztepilý - *Picea abies* (L.) Karst.

Čeleď: Borovicovité - Pinaceae

Je to stálezelený jehličnatý strom s rovným statným kmenem, který dorůstá do výšky 50 metrů. Dosahuje stáří 350 – 400 let, průměr kmene může být až 1,5 m. Smrk je světlomilná dřevina, v mládí snáší zástin a snadno vniká do porostů jiných dřevin, které postupně vytlačuje.

Koruna má zpravidla jehlancovitý tvar a větve rostou v pravidelných přeslenech. Jehlice vyrůstají ve šroubovici, na průřezu jsou čtyřhranné a na konci zašpičatělé. Dorůstají délky 10-25 mm. Kůra stromu je červenohnědá až šedá, jemně šupinatá. Samčí květní šištice se nachází v paždí jehlic na loňských větvičkách, jsou drobné, červené, po rozkvětu žluté. Samičí šištice jsou zelené, později světle hnědé, vzpřímené, rostou v horní části koruny. Plody jsou převislé válcovité šišky, které opadávají druhým rokem. Semena jsou tmavohnědá, vejcovitá s blanitým křídlem. Smrk je strom s mělkou kořenovou soustavou rozvinutou do plochy a snadno u něho dochází k vývrátům.

Dřevo smrku je měkké a lehké ale přitom pevné a pružné. Má smetanovou až nahnědlou barvu a výrazné letokruhy. Dobře se štípá, řeže, hobluje, frézuje, klíží a natírá. Využívá se ve stavebnictví na výrobu trámů, bednění, lešení, na stavební konstrukce, dále pak jako surovina pro výrobu papíru a na výrobu selského nábytku. Ze starých trámů se vyrábí repliky skříní, truhel, apod. Speciální využití mají kmeny s velkou hustotou letokruhů (rezonanční smrky), ze kterých se vyrábí hudební nástroje.

Smrk patří mezi nejdůležitější evropské hospodářské dřeviny a v České republice je nejběžněji používaným a nejvíce obchodovaným stavebním dřívím.

Zdroj: [4], [5], [26]

8.1.2 Bříza

Bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth)

Čeleď: Břízovité - Betulaceae

Bříza je opadavý středně velký strom, dorůstající do výšky 30 m. Dožívá se maximálně 100 – 150 let s průměrem kmene přes 75 cm. Je to silně světlomilná dřevina, která osidluje holé plochy opuštěných luk, polí, skrývek a podobně. Dobře se přizpůsobuje různým klimatickým vlivům a její vzhled odráží podmínky stanoviště, kde vyrostla. V nížinách vyrůstá jako statný strom, kdežto vysoko v horách jako zakrslý stromek.

Koruna je zpočátku úzká, kuželovitá, později nepravidelná. Kůra stromu je hladká na větvičkách hnědá, na kmeni stříbřitě bílá. Letorosty bývají dlouhé, tenké a převislé, pupeny špičaté a lepkavé. Listy jsou okrouhle oválné, někdy trojúhelníkovité, dvakrát pilovité, dlouze řapíkaté a dlouhé 2 – 6 cm. Olistění je řídké, na podzim žloutne a vydrží až do mrazů. Samčí jehnědy jsou převislé, dlouhé 3 – 6 cm, zpočátku mají nahnědlou a později světložlutou barvu. Samičí jehnědy bývají menší, zpočátku vzpřímené, zprvu mají zelenou a v době zralosti pak světlehnědou až hnědou barvu. Plodem břízy jsou drobné nažky velké asi 2 mm se dvěma postranními křídly. Jedna jehněda má několik set takových nažek, středně velký strom pak několik milionů. Tyto nažky se rozšiřují větrem na velké vzdálenosti, kde následující jaro na příhodných místech vyklíčí.

Dřevo břízy je smetanově bílé, stejnoměrně husté, středně tvrdé, pevné, dobře se ohýbá, moří a přijímá lepidlo. Využívá se především k topení v krbech, k soustružení svícňů, kořenek, korbelů, váz apod. Ze silných kmenů se krájí dýhy a z březových větviček se vyrábí košťata. Březové listy se využívají ve farmacii jako diuretikum.

Zdroj: [4], [5], [27]

8.1.3 Buk

Buk lesní – *Fagus sylvatica* L.

Čeleď: Bukovité – Fagaceae

Je to opadavý listnatý strom dosahující výšky kolem 35 – 45 metrů a průměru kmene 1,5 metrů. Dožívá se věku 200 – 400 let. Je to dřevina snášející i silný zástín, a proto na příznivých stanovištích vytlačuje většinu ostatních dřevin a vznikají tak čisté bučiny.

Koruna mladších stromů bývá štíhlá, u starších exemplářů široká a kupolovitě klenutá. Kmen je do poloviny jasně patrný, pak se rozvětňuje do silnějších větví. Kůra stromu je hladká, celistvá a olovnatě šedá. Srdcovitý kořenový systém dobře ukotvuje strom v zemi a chrání tak před vývraty. Pupy jsou štíhlé, úzké a špičaté, s četnými pupenovými šupinami. Listy má buk střídavé, nebo vejčité, po obvodu lehce zvlněné, dlouhé 5 – 10 cm. Na podzim se strom nápadně barví žlutě, pak červeně a nakonec tmavohnědě. Samčí květy vyrůstají v paždí listů po několika svazečcích. Samičí květy jsou po dvou uzavřeny v červenavé číšce, která se otvírá čtyřmi chlopněmi. Plodem buku jsou trojboké nažky (bukvice) ostře trojhranné, leskle hnědé, až 2 cm dlouhé.

Bukové dřevo má všestranné využití. Je tvrdé, pevné, husté, dobře štípatelné, ale málo pružné. Má světlehnědou až narůžovělou barvu, pařením získá tmavší odstín. Dobře se obrábí, moří a také lepí. Používá se v nábytkářství, na ohýbaný nábytek a krájení dýh, v truhlářství na výrobu parket nebo kuchyňského náradí. Dřevo z buku je velmi výhřevné, menší kmeny se zpracovávají na palivo a celulózu.

Zdroj: [4], [5], [28]

9. Metodika

9.1 Výběr dřevin

Stromy potřebné k měření výkonu byly vybrány na okraji lesa, který se nachází na úpatí hory Klet'. Byly pokáceny a rozmanipulovány na délku cca 4 metry a dovezeny na místo určení pomocí vyvážecí soupravy s hydraulickým jeřábem.

9.2 Příprava pracoviště

Před vlastním měřením bylo nutné připravit si pracoviště s ohledem na bezpečnost práce a na průkaznost měření.

Nejprve byl vybrán rovný terén, na který se usadily dvě stavební kozy. Pomocí hydraulického jeřábu na ně byly jednotlivě pokládány připravené výřezy. Uprostřed se zatížily svěrným drapákem hydraulického jeřábu, aby nedocházelo k posunu a převracení výřezu a byla tak zajištěna bezpečnost práce. K dalšímu zajištění stability výřezu byly použity upínací popruhy a staženy v místě, kde se výřez dotýkal stavebních koz.



Obrázek 15 Hydraulický jeřáb s výřezem kmene

9.3 Postup měření

K vlastnímu měření byly použity 2 metry dřeviny bez zjevných suků a nerovností, které byly nejdříve mechanicky očištěny. V délce 1 metru byl pomocí kovové průměrky vypočten průměr dřeviny. Tloušťka výřezu v místě řezu byla vypočítána jako aritmetický průměr ze dvou měření v rovinách na sebe kolmých.



Obrázek 16 Použití průměrky při měření průměru

Potom pomocí vodováhy značky HORYZONT o délce 120 cm a digitálního úhloměru EXTOL PREMIUM byly naměřeny úhly 90, 60, a 45 stupňů. Všechny úhly byly naměřeny vždy pětkrát a následně zprůměrovány, aby byla zajištěna objektivita výsledků.



Obrázek 17 Měření úhlu řezu s vyznačením místa řezu

K řezání jednotlivých úhlů bylo použito nové elektrické motorové pily značky MAKITA s označením UC4551A o délce lišty 450 mm s novým hoblovacím řetězem. Před vlastním řezáním byla provedena kontrola oleje v nádržce, funkčnost mazání řezné lišty. Zároveň byl vyzkoušen chod motoru několika zkušebními řezy.



Obrázek 18 Elektrická motorová pila použitá při měření

Elektrická motorová pila byla zapojena do sítě s napětím 220V pomocí dvou prodlužovacích elektrických kabelů, mezi něž byl vložen digitální měřič spotřeby energie (wattmetr) značky PAGET TRADING LTD, model číslo 9147. Pomocí wattmetru byl změřen výkon elektrické motorové pily při každém řezu.



Obrázek 19 Digitální měřič spotřeby energie použitý při měření příkonu

Po provedení řezu byly naměřeny další hodnoty. Čas každého řezu byl měřen pomocí stopky v mobilním telefonu. Svinovacím metrem Extol Premium byl naměřen průměr dřeviny v řezu, a to zprůměrováním třech hodnot naměřených při posunu o úhel 120 stupňů.



Obrázek 20 Měření průměru dřeviny ve třech pozicích

Dalšími naměřenými hodnotami byla vlhkost a teplota ovzduší. Hodnoty byly měřené pomocí měřicího přístroje značky Voltcraft VC, výrobní číslo 10122941.

Rychlost hoblovacího řetězu byla stanovena technickými parametry elektrické motorové pily. Poslední naměřenou hodnotou byla vlhkost dřeviny. Uříznutá dřevina byla sekýrou rozštípnuta na polovinu a naměřena vlhkost pomocí testeru vlhkosti dřeva a stavebních materiálů značky Elbez model WHT – 860. Sonda testeru byla zaražena do dřeviny tak, aby spojnice obou hrotů byla rovnoběžná s dřevními vlákny.



Obrázek 21 Měření vlhkosti dřeva vlhkoměrem Elbez

9.4 Naměřené hodnoty

Tabulka 9 Hodnoty naměřené u smrku při řezu pod úhlem 90 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Smrk	1.	21,25	20,6	21,6	1 490	11,43	14,5	11,9	79,7
	2.	21,25	20,43	22,2	1 476	12,07	14,5	11,7	81,5
	3.	21,25	20,4	23	1 505	11,6	14,5	11,5	81,7
	4.	21,25	20,5	21,8	1 448	12,14	14,5	11,5	82
	5.	21,25	20,67	22,1	1 515	12,32	14,5	11,3	82,3

Tabulka 10 Hodnoty naměřené u břízy při řezu pod úhlem 90 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Bříza	1.	21,25	21,73	23,6	1 886	16,73	14,5	18,1	65,4
	2.	21,25	21,6	23,6	1 589	15,46	14,5	18,9	62,3
	3.	21,25	21,37	24,6	1 576	15,02	14,5	19,4	59,6
	4.	21,25	21,47	24,6	1 602	14,86	14,5	20,1	57,8
	5.	21,25	21,47	24,6	1 640	14,73	14,5	20,1	54,1

Tabulka 11 Hodnoty naměřené u buku při řezu pod úhlem 90 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Buk	1.	21,5	20,5	17,8	1 594	13,15	14,5	15,2	70,8
	2.	21,5	19,43	22	1 500	12,25	14,5	15,5	69,5
	3.	21,5	19,57	22	1 475	13,68	14,5	15,5	69,8
	4.	21,5	19,37	22	1 636	12,66	14,5	15,5	69,7
	5.	21,5	19,3	22	1 481	13,48	14,5	15,5	70,1

Tabulka 12 Hodnoty naměřené u smrku při řezu pod úhlem 60 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Smrk	1.	21,25	22,33	21,8	1 514	14,14	14,5	11,2	83,7
	2.	21,25	21,97	22,2	1 640	13,72	14,5	11,1	84,4
	3.	21,25	22,37	22,2	1 551	14,28	14,5	10,9	85,5
	4.	21,25	22,33	22,4	1 779	13,73	14,5	10,8	85,9
	5.	21,25	22,53	22	1 632	13,43	14,5	10,8	86,4

Tabulka 13 Hodnoty naměřené u břízy při řezu pod úhlem 60 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Bříza	1.	21,25	23,5	24,6	1 767	14,99	14,5	20,1	60,1
	2.	21,25	23,4	24,6	1 679	16,62	14,5	20,7	55,1
	3.	21,25	23,67	24,6	1 883	15,54	14,5	21,7	54,5
	4.	21,25	24,03	24,6	1 617	16,83	14,5	21,6	50,3
	5.	21,25	24,06	24,6	1 742	15,1	14,5	19,4	57,8

Tabulka 14 Hodnoty naměřené u buku při řezu pod úhlem 60 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Buk	1.	21,5	22,33	20,3	1 910	12,01	14,5	15,7	66,8
	2.	21,5	21,9	22	1 574	15,22	14,5	15,2	69,2
	3.	21,5	22,2	22	1 736	12,92	14,5	15	69,3
	4.	21,5	22,1	22	1 642	13,63	14,5	15	69,3
	5.	21,5	22,47	20,3	1 777	13,55	14,5	15,2	72

Tabulka 15 Hodnoty naměřené u smrku při řezu pod úhlem 45 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Smrk	1.	21,25	25,63	23	1 710	18,37	14,5	10,7	87,8
	2.	21,25	27	22,4	1 932	17,73	14,5	10,4	90,6
	3.	21,25	26,2	22,6	1 915	17,4	14,5	10,3	91,1
	4.	21,25	26	22,5	1 906	15,71	14,5	10,2	91,3
	5.	21,25	25,83	22,5	1 910	15,13	14,5	10,1	91,8

Tabulka 16 Hodnoty naměřené u břízy při řezu pod úhlem 45 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Bříza	1.	21,25	28,67	24,6	2 071	20,34	14,5	18,1	57
	2.	21,25	29,5	24,6	1 987	19,67	14,5	17,3	65,2
	3.	21,25	27,47	24,6	2 026	18,27	14,5	16,5	66,7
	4.	21,25	27,47	24,6	1 878	18,33	14,5	17,2	64,6
	5.	21,25	26	24,6	1 958	18,33	14,5	18,1	63,7

Tabulka 17 Hodnoty naměřené u buku při řezu pod úhlem 45 stupňů

Dřevina	Číslo řezu	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Buk	1.	21,5	25,27	22	1 938	16,3	14,5	16,2	65,4
	2.	21,5	25,07	22	2 110	15,31	14,5	16	66,3
	3.	21,5	25,6	22	2 043	16,59	14,5	15,9	66,2
	4.	21,5	26,17	22	2 316	17,45	14,5	15,9	66,7
	5.	21,5	26,63	20,3	2 048	18,38	14,5	15,9	66,1

9.5 Průměrné hodnoty jednotlivých dřevin

Tabulka 18 Řez 90 stupňů

Dřevina	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Smrk	21,25	20,52	22,14	1 486,80	11,91	14,5	11,58	81,44
Bříza	21,25	21,53	24,2	1 658,60	15,36	14,5	19,32	59,84
Buk	21,5	19,63	21,16	1 537,20	13,04	14,5	15,44	69,98

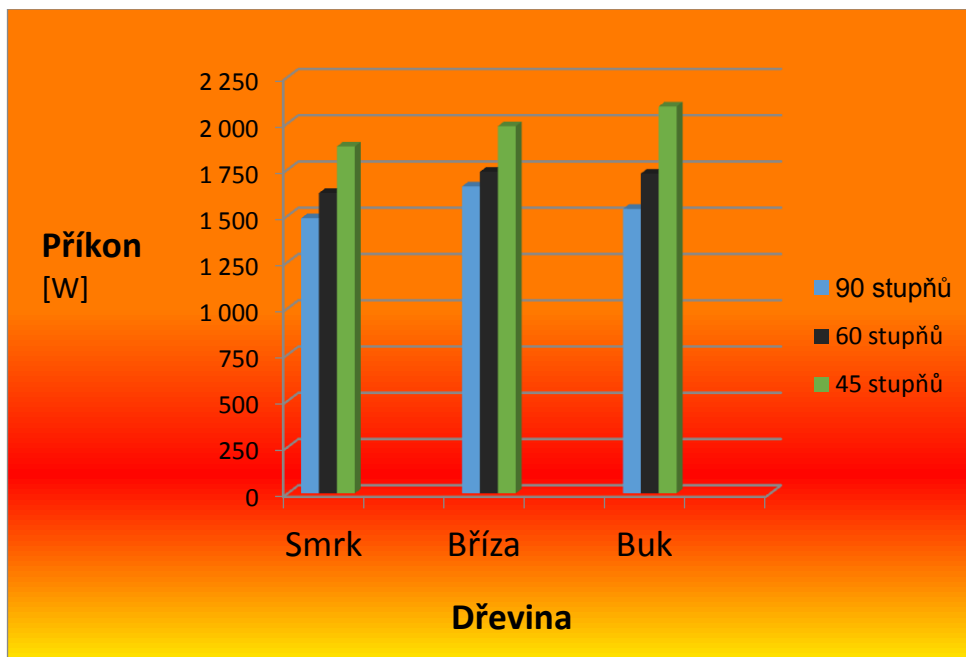
Tabulka 19 Řez 60 stupňů

Dřevina	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Smrk	21,25	22,31	22,12	1 623,20	13,86	14,5	10,96	85,18
Bříza	21,25	23,73	24,6	1 737,60	15,82	14,5	20,7	55,56
Buk	21,5	22,2	21,32	1 727,80	13,47	14,5	15,22	69,32

Tabulka 20 Řez 45 stupňů

Dřevina	Průměr [cm]	Průměr v řezu [cm]	Vlhkost [%]	Příkon [W]	Čas [s]	Rychlost [$m \times s^{-1}$]	Teplota [°C]	Vlhkost ovzduší [%]
Smrk	21,25	26,13	22,6	1 874,60	16,87	14,5	10,34	90,52
Bříza	21,25	27,82	24,6	1 984,00	18,99	14,5	17,44	63,44
Buk	21,5	25,75	21,66	2 091,00	16,81	14,5	15,98	66,14

V následujícím grafu 1 je jasně patrný příkon motorové pily Makita UC4551A u zvolených dřevin, který se mění v závislosti na úhlu řezu a v závislosti na dřevině.



Graf č. 1 Průměrné hodnoty jednotlivých dřevin v závislosti na úhlu řezu

Při měření byly překvapivé naměřené hodnoty u břízy. Při úhlu 90 a 60 stupňů byl naměřen vyšší příkon motoru než u buku, který je zařazen do vyšší stupnice tvrdosti než bříza. Až při úhlu 45 stupňů je příkon motoru naměřený u buku vyšší než u břízy. Tyto hodnoty mohl ovlivnit lidský faktor vyšším přitlakem na lištu, nebo skrytá vada dřeviny v řezu.



Obrázek 22 Detail skryté vady dřeva, která mohla být příčinou vyšší hodnoty příkonu

Všechny řezy byly vedeny mimo větvení, ne vždy se však povede vést řez v homogenním materiálu.

10. Faktory ovlivňující výkon

10.1 Objem motoru

Zdvihový objem motoru je objem válce, který vyplní píst při svém zdvihu. Jedná se tedy o prostor mezi dolní (píst je nejbližší klikové hřídeli) a horní (píst je nejdále od klikové hřídele) úvratí. Čím větší má pila objem válců, tím je řez rychlejší, a celkově má větší řeznou sílu. Samozřejmě to ale nezáleží jenom na objemu motoru. Zároveň s objemem roste i spotřeba paliva. Zdvihový objem motoru se udává v litrech nebo kubických centimetrech.

Zdroj: [29]

10.2 Výkon motoru

Výkon motoru je vykonaná práce za jednotku času. U motorových pil se pohybuje od 2 do 9 kW. Výkon a objem motoru je jedním z nejdůležitějších parametrů motorové pily. Závisí na něm délka vodící lišty a druh používaného řetězu. Obecně platí, že čím je delší řezná část, tím je potřeba většího výkonu motoru.

Zdroj: [1], [8]

10.3 Otáčky motoru

V motorových pilách jsou vesměs vysokootáčkové motory, které dosahují maximálního výkonu při 9000 ot/min^{-1} . U současných typů pil převládá bezpřevodový systém, který zajišťuje především nižší hmotnost pily, možnost dosáhnout vyšší obvodové rychlosti řetězu a s tím spojené vyšší řezné výkonnosti pily.

Zdroj: [1], [7]

10.4 Druh řetězu

Pilové řetězy se zaoblenými hoblovacími články vyžadují větší příkon než řetězy s hranatými články. Mají sice menší řeznost (cca o 15 %), ale lépe drží ostří a jsou odolnější proti poškození při styku např. s kamenem. Používají se hlavně u profesionálních pil, kde je k dispozici dostatečný výkon. U méně výkonných pil jsou vhodné řetězy s hranatými články.

Zdroj: [7]

10.5 Naostření řetězu

Naostření pilového řetězu je jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje celkový výkon. Ostření řetězu se provádí dvěma metodami. První metodou je ruční broušení pilníkem. Tato metoda nezaručuje přesnost a hladkost výbrusu zubu, bývá zdlouhavá a neproduktivní a využívá se tam, kde není možné využít elektrických ostříček. Druhou metodou ostření pilového řetězu je strojní ostření. V české republice se hojně využívá ostříčka BPR. Slouží pro ostření všech typů hoblovacích řetězů a ke kontrole výšky a snížení omezovacích patek. Zaručuje přesné dodržení úhlových hodnot a dokonalý výbrus hoblovacího zubu. Ve srovnání s ostřením pilníkem zvyšuje produktivitu práce až o 300 %.

Omezovací patka (neboli omezovač) je součástí pilového řetězu. Její výška se kontroluje po 4 – 6 nabroušení řetězu. Snížení a úprava se provádí plochým pilníkem. Nevhodný tvar omezovače může způsobovat odpor v řezu, zvýšení námahy pracovníka, nadměrné opotřebení řetězu a vodící lišty a celkově se zkracuje životnost pily.

Zdroj: [1], [2]

10.6 Opotřebení řetězu

K nejčastěji opotřebovávaným částem motorové pily patří pilový řetěz. K jeho opotřebovávání dochází nejen při ostření, ale i při nesprávném napnutí hoblovacího řetězu. Malé napnutí řetězu způsobuje opotřebení hoblovacího článku zejména v jeho zadní části, což zapříčiňuje trhání a praskání řetězu, opotřebení vodící lišty a řetězky. Příliš velké napnutí řetězu způsobuje opotřebení kluzných částí řetězu a lišty, přetěžuje motor a tím zvyšuje vibrace.

Zdroj: [8]

10.7 Opotřebení vodící lišty

Nejnamáhanější částí vodící lišty je špička lišty. K vyššímu opotřebení a ztrátám výkonu (až o 0,3 kW) dochází u lišt s pevnou špičkou, jejichž přední část se proto zušlechťuje vrstvou tvrdokovu. Aby se co nejvíce snížily ztráty výkonu, běžně se dnes špička lišty opatřuje vodící řetězkou uloženou na ložisku. Vodící řetězka přenáší řetěz bez tření o lištu. Lze ji snadno vyměňovat a vyrábí se i lišty, u kterých je možné vyměnit opotřebovanou špičku včetně vodící řetězky.

Zdroj: [7]

10.8 Provedení spojky

Jednoobslužné řetězové pily bývají většinou vybaveny samočinnou odstředivou třecí spojkou, která převádí krouticí moment od klikového hřídele na řetězku. Činnost spojky záleží na otáčkách motoru a řídí se přidáváním a ubíráním plynu a podle potřeby spolehlivě a rychle odpojuje motorovou část od části řezací. Výkon řetězové pily ovlivňuje spojka především počtem, provedením a opotřebením segmentů a pružin.

Zdroj: [1]

10.9 Stáří pily

Stáří pily je posuzováno hlavně podle odpracovaných motohodin a ovlivňuje spolehlivost i výkon motoru. Životnost pily lze částečně ovlivnit řádnou údržbou a správným zacházením s ní. Poruchovost motorových pil je závislá v podstatě na vztahu pracovníka k pile. Řádná a pečlivá údržba snižuje námahu, vibrace, hluk a má vliv na řeznost a spotřebu pohonných hmot. V případě poruchy či větších oprav je nutné dát pilu bezodkladně do servisu, neboť prostoje snižují celkový výkon pily.

Zdroj: [2]

10.10 Stáří a druh dřeviny

Na výkonnost má velký vliv i stáří, stav a druh prořezávané dřeviny. Obvod kmene stromu se zvyšuje s jeho věkem. Stáří stromu určujeme podle počtu letokruhů na příčném řezu. S narůstajícím obvodem kmene narůstá zpravidla i potřeba vydaného výkonu při prořezu dřeviny. Některé stromy mají však špatné růstové podmínky, které zvyšují tvrdost dřeviny a následně i požadovaný výkon bez ohledu na velikost kmene. Zvýšený výkon vyžadují i tvrdší druhy dřevin. Zjednodušeně lze říci, že tvrdší a kvalitnější dřevo mají listnaté stromy, kdežto jehličnaté stromy mají dřevo měkké, snáze opracovatelné a vyžadující nižší výkon pily. Nižší nároky na prořez vyžaduje i dřevo napadené hnilobou.

Zdroj: [30]

10.11 Lidský faktor

Vliv lidského faktoru na využití výkonu je jeden z nejdůležitějších. Zkušenosti a znalosti obsluhy motorové pily se pozitivně promítají do celkového výkonu. Čím zkušenější je pracovník, tím rychleji a kvalitněji provede požadovanou práci. I nejlepší pila v rukách nezodpovědného pracovníka pracuje špatně.

Zdroj: [31]

11. Stanovení výkonu

Výkon motorové pily spotřebovaný na řezání je přímo úměrný objemu dřeva přetvořeného v třísku za časovou jednotku.

Podle polohy řezu ve vztahu k průběhu dřevních vláken jsou rozeznávány tři směry řezání: příčné (rovina řezu je kolmá ke směru vláken), podélné (rovina řezu je rovnoběžná se směrem vláken) a smíšené (rovina řezu svírá se směrem dřevních vláken úhel menší než 90°).

Řezání se provádí řezným ústrojím motorové pily, jehož důležitou částí je řezací hoblovací řetěz. Síla, kterou se břit hoblovacího řetězu zatlačuje do dřeva, se nazývá řeznou silou F_f a udává se v newtonech [N].

Hoblovací zub řetězu odebírá při řezání přesně stanovenou tloušťku hobliny h , která je určena výškovým rozdílem mezi omezovacím zubem a hřbetním břitem zuby. Šířka hobliny b je dána šířkou zuby hoblovacího řetězu. Hoblovací zub se v řezu pohybuje obvodovou rychlostí v_f .

Poměr mezi řeznou silou a průřezem třísky se nazývá měrným řezným odporem dřeva k . Měrný řezný odpor dřeva je proměnná veličina, ovlivněná mnoha faktory, jako např. druh a vlhkost dřeviny, směr řezání vzhledem ke směru dřevních vláken, úhel řezu, tloušťka třísky, počet břitů podílejících se na řezání, rychlost posuvu do řezu, stupeň opotřebení břitu a řezného nástroje. Vliv těchto faktorů se vyjadřuje opravnými koeficienty používanými při výpočtu měrného řezného odporu.

Potřebný výkon motorové řetězové pily lze vypočítat ze vztahu:

$$P_c = P_1 + P_2 \quad [W]$$

Výkon spotřebovaný na chod řetězu v liště P_1 :

Závisí na délce lišty a její konstrukci.

Stanovení výkonu pily na řezání P_2 lze vypočítat dle následujícího fyzikálního vztahu:

$$P_2 = F_{\text{ř}} \times v_{\text{ř}} \times I \quad [W]$$

P_2 = výkon motoru pily [W]

$F_{\text{ř}}$ = řezná síla při řezání vícebřitým nástrojem [N]

$v_{\text{ř}}$ = rychlost pohybu řetězu [$\text{m} \times \text{s}^{-1}$]

I = počet břitů v řezu

Řeznou sílu při řezání vícebřitým nástrojem lze vypočítat ze vztahu:

$$F_{\text{ř}} = k \times b \times h \quad [N]$$

$F_{\text{ř}}$ = řezná síla při řezání vícebřitým nástrojem [N]

k = měrný řezný odpor [$\text{N} \times \text{mm}^{-2}$]

b = šířka třísky [mm]

h = tloušťka třísky [mm]

Měrný řezný odpor lze uvést vztahem:

$$k = k_0 \times a_d \times a_e \times a_s \times a_n \times a_{\text{s}} \quad [N \times \text{mm}^{-2}]$$

k = měrný řezný odpor

k_0 = základní měrný řezný odpor [$\text{N} \times \text{mm}^{-2}$]

a_d = koeficient vyjadřující druh dřeviny

a_e = koeficient vyjadřující vliv tloušťky třísky

a_s = koeficient vyjadřující vliv úhlu řezu vůči vláknům

a_n = koeficient vyjadřující otupení břitu nástroje

a_{s} = koeficient vyjadřující suchost dřeviny

Zdroj: [1], [32]

Tabulka 21 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 90 stupňů

Dřevina	k [$N \times mm^{-2}$]	k_0	a_d	a_e	a_s	a_n	a_s
Smrk	19,18	3,6	1	1,4	3,02	1,2	1,05
Bříza	23,01	3,6	1,2	1,4	3,02	1,2	1,05
Buk	28,77	3,6	1,5	1,4	3,02	1,2	1,05

Tabulka 22 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 90 stupňů

Dřevina	F_f [N]	k [$N \times mm^{-2}$]	b [mm]	h [mm]	v_f [$m \times s^{-1}$]	I
Smrk	20,14	19,18	3,5	0,3	14,5	6
Bříza	24,16	23,01	3,5	0,3	14,5	6
Buk	30,21	28,77	3,5	0,3	14,5	5

Tabulka 23 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 60 stupňů

Dřevina	k [$N \times mm^{-2}$]	k_0	a_d	a_e	a_s	a_n	a_s
Smrk	2,46	0,96	1	1,4	1,45	1,2	1,05
Bříza	2,95	0,96	1,2	1,4	1,45	1,2	1,05
Buk	3,68	0,96	1,5	1,4	1,45	1,2	1,05

Tabulka 24 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 60 stupňů

Dřevina	F_f [N]	k [$N \times mm^{-2}$]	b [mm]	h [mm]	v_f [$m \times s^{-1}$]	I
Smrk	2,58	2,46	3,5	0,3	14,5	7
Bříza	3,1	2,95	3,5	0,3	14,5	7
Buk	3,86	3,68	3,5	0,3	14,5	6

Tabulka 25 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 45 stupňů

Dřevina	k [$N \times mm^{-2}$]	k_0	a_d	a_e	a_s	a_n	a_s
Smrk	1,15	0,52	1	1,4	1,25	1,2	1,05
Bříza	1,38	0,52	1,2	1,4	1,25	1,2	1,05
Buk	1,72	0,52	1,5	1,4	1,25	1,2	1,05

Tabulka 26 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 45 stupňů

Dřevina	F_f [N]	k [$N \times mm^{-2}$]	b [mm]	h [mm]	v_f [$m \times s^{-1}$]	I
Smrk	1,21	1,15	3,5	0,3	14,5	8
Bříza	1,45	1,38	3,5	0,3	14,5	8
Buk	1,81	1,72	3,5	0,3	14,5	7

Tabulka 27 Vypočtené hodnoty potřebného výkonu při řezu pod úhlem 90 stupňů

Dřevina	Vypočtený potřebný výkon [W]
Smrk	2574
Bříza	2924
Buk	3012

Tabulka 28 Vypočtené hodnoty potřebného výkonu při řezu pod úhlem 60 stupňů

Dřevina	Vypočtený potřebný výkon [W]
Smrk	1084
Bříza	1137
Buk	1158

Tabulka 29 Vypočtené hodnoty potřebného výkonu při řezu pod úhlem 45 stupňů

Dřevina	Vypočtený potřebný výkon [W]
Smrk	962
Bříza	990
Buk	1006

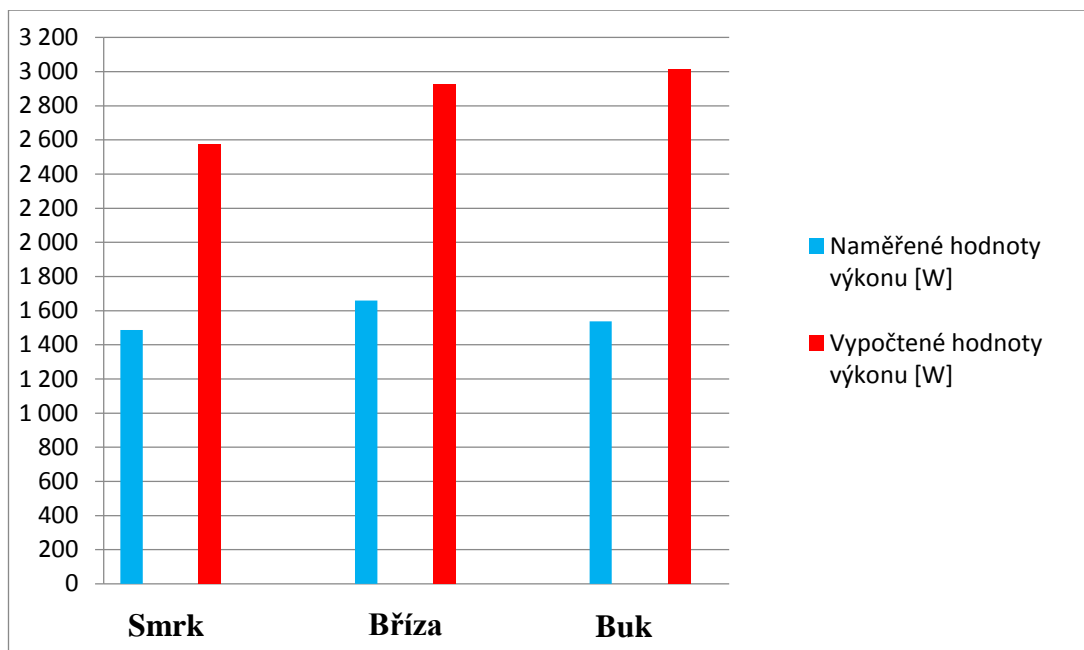
12. Výsledky a diskuze

V rámci bakalářské práce bylo provedeno měření výkonu elektrické motorové řetězové pily Makita UC4551A při řezu pod úhly 90, 60 a 45 stupňů. Po naměření jednotlivých hodnot byly stanoveny faktory, které ovlivňují výkon. Dále byl vypočítán teoretický výkon potřebný k provedení řezu, který byl porovnán s naměřenými hodnotami výkonu, což ukazuje tabulka č. 30.

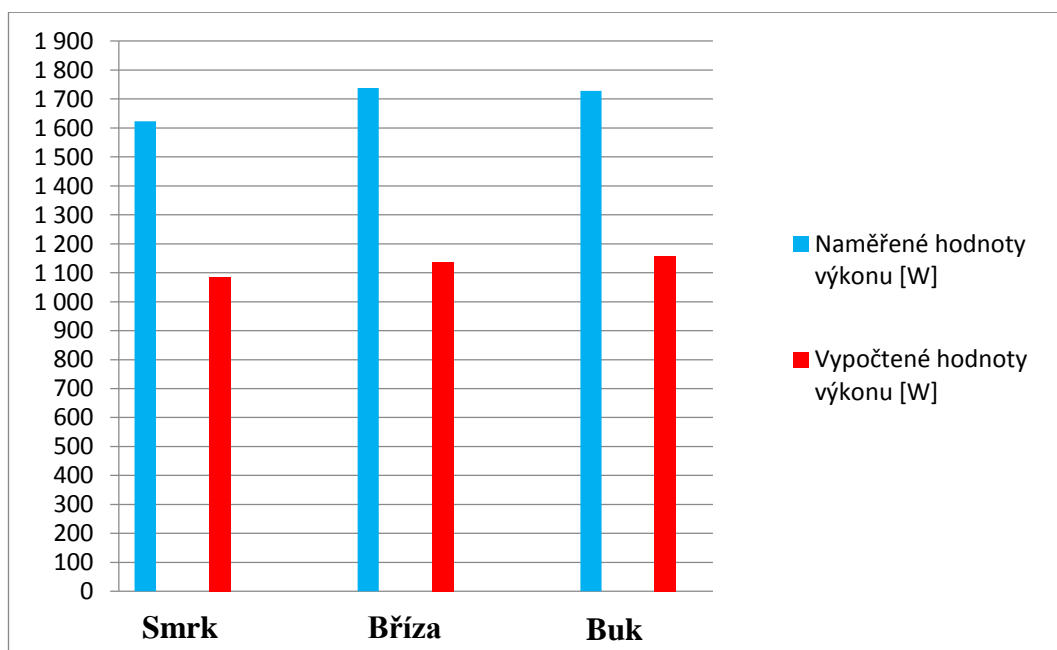
Tabulka 30 Porovnání hodnot naměřeného a vypočteného výkonu

Dřevina	Naměřené hodnoty celkového výkonu [W]	Vypočtené hodnoty celkového výkonu [W]	Úhel řezu [°]
Smrk	1 487	2574	90
Bříza	1 659	2924	
Buk	1 537	3012	
Smrk	1 623	1084	60
Bříza	1 738	1137	
Buk	1 728	1158	
Smrk	1 875	962	45
Bříza	1 984	990	
Buk	2 091	1006	

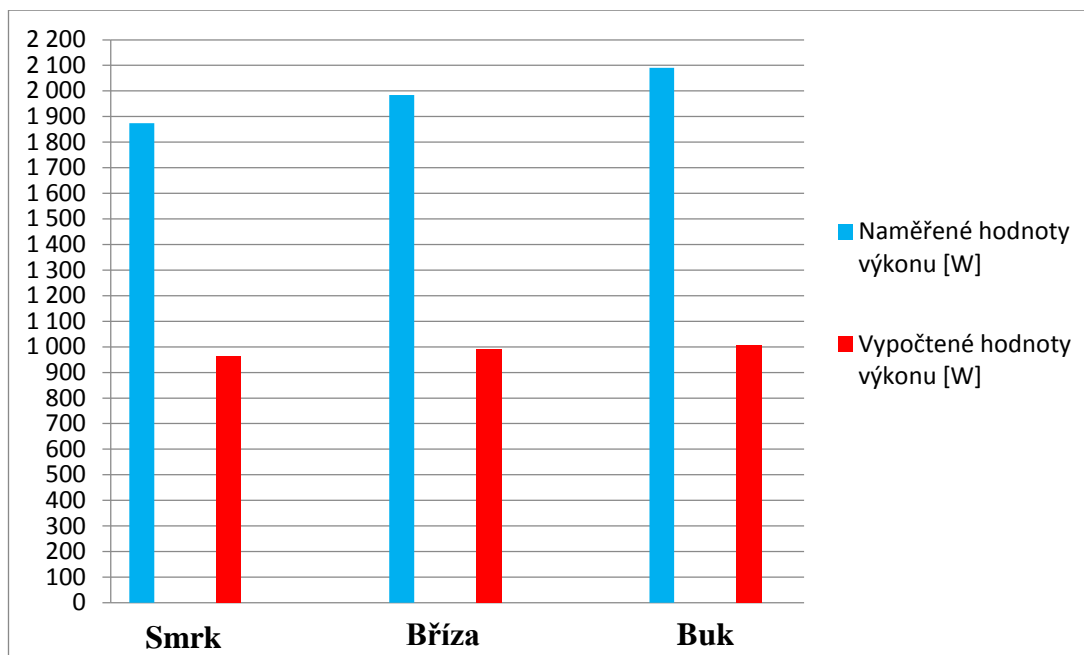
Na závěr bylo vypracováno grafické porovnání naměřených hodnot výkonu s výkonem vypočteným u použitých druhů dřevin při úhlu 90, 60 45 stupňů, jak znázorňují grafy č. 2,3,4.



Graf č. 2 Grafické porovnání hodnot výkonu při řezu pod úhlem 90 stupňů



Graf č. 3 Grafické porovnání hodnot výkonu při řezu pod úhlem 60 stupňů



Graf č. 4 Grafické porovnání hodnot výkonu při řezu pod úhlem 45 stupňů

Pro porovnávání hodnot výkonu naměřeného a vypočítaného bylo potřeba k vypočítaným hodnotám přičíst ještě výkon spotřebovaný na zajištění pohybu řetězu v liště. Jeho hodnota záleží na délce lišty, způsobu mazání, konstrukci lišty, řetězky a typu řetězu. Dále bylo při výpočtu počítáno i s elektrickou účinností stroje. Je to poměr mezi dodanou a získanou energií. Při přeměně elektrické energie dochází ke ztrátám, které ve výpočtu byly zohledněny. U elektrické pily Makita činí výkon spotřebovaný na chod řetězu, snížený o ztráty elektromotoru, 821 Wattů.

Nejvíce mě zaujalo porovnávání naměřených a vypočtených hodnot celkového výkonu mezi jednotlivými úhly. Nejnížší naměřené hodnoty jsou u řezu pod úhlem 90 stupňů a nejvyšší u řezu pod úhlem 45 stupňů. Vypočtené hodnoty mají zcela opačný průběh. Nejvyšší hodnoty jsou vypočteny u řezu pod úhlem 90 stupňů a naopak nejnižší u řezu pod úhlem 45 stupňů. Domnívám se, že rozdíl ve výpočtu výkonu jednotlivých úhlů způsobuje opravný koeficient a_s vyjadřující vliv úhlu řezu při výpočtu základního měrného řezného odporu k_0 , jehož hodnota je u úhlu 90 stupňů 3,02, zatímco u úhlu 45 stupňů je hodnota koeficientu 0,52.

Dále může rozdíl mezi hodnotami tvořit i vliv celé řady objektivních a subjektivních faktorů, které výkonnost ovlivňují, jako například hmotnost dřeviny, znalost techniky práce, organizace práce apod. Technický stav pily lze z faktorů vyloučit, neboť byla při měření výkonu použita nová elektrická motorová pila s novým hoblovacím řetězem.

Naměřené hodnoty výkonu u smrku a u břízy jsem porovnal s Karlem LIEBL, autorem bakalářské práce [zdroj 33], který u těchto dřevin provedl řez pod úhlem 90 stupňů. Výkon naměřený zmiňovaným autorem je u smrku nižší o 262 W a čas potřebný k přeřezání dřeviny je delší o 26 sekund a u břízy o 475 W nižší výkon a čas přeřezání o 3 sekundy delší. Rozdíly v naměřených hodnotách jsou způsobeny nižší výkonností elektrické pily SWING 1 600 W, kterou Karel LIEBL k řezu použil, u smrku i větším průměrem dřeviny. Dále na tento rozdíl může mít vliv i růst dřevin v odlišných podmínkách a lidský faktor. Vypočtené hodnoty nebylo možné porovnat, neboť ve svých výpočtech nezohledňoval výkon spotřebovaný na zajištění pohybu řetězu v liště a elektrickou účinnost stroje.

13. Závěr

Motorová řetězová pila je v současné době jedním z nejrozšířenějších přenosných strojů používaných nejen při kácení a opracování stromů v lesní těžbě, ale i v celé řadě dalších oborů a činností, jako je zemědělství, stavebnictví, dřevovýroba, péče o veřejnou zeleň, výroba palivového dřeva a podobně. Dokáže usnadnit lidskou práci, zvýšit její produktivitu a snížit výrobní náklady. Je však nutné se při práci s motorovou pilou dobře seznámit s konstrukčními a funkčními vlastnostmi pily, s její údržbou a hlavně se správnou a bezpečnou obsluhou.

U motorových řetězových pil se nejčastěji používají hoblovací řetězy, u kterých jsou vždy liché a sudé zuby postaveny proti sobě, což umožňuje dokonale oddělit hobliny v řezné spáře. Vlastní řezání je velmi složitý proces, protože jej ovlivňuje v různých kombinacích mnoho činitelů, jako např. tvar a rozměr řezného nástroje, způsob řezání, řezné podmínky, způsob odvádění třísky, vlastnosti řezaného dříví a podobně.

V bakalářské práci bylo nejdříve popsáno rozdělení motorových řetězových pil s ohledem na druh používané energie, podle hmotnosti a výkonové třídy, kvality zpracování a podle jejich konstrukčního řešení. V další části byla provedena analýza technických a konstrukčních parametrů řetězových pil běžně dostupných na trhu. Jedná se o 3 pily elektrické a 3 pily se spalovacím motorem různých značek s rozdělením na hobby, farmářské a profesionální.

Dále byla řešena údržba motorové pily a bezpečnost a ochrana zdraví při práci s motorovou pilou. Řádná údržba může velmi ovlivnit životnost motorové pily a má vliv na bezpečný provoz stroje. Špatná údržba řetězové pily, zbytečné chyby nebo nesprávné zacházení s pilou může způsobit úraz, smrt, nebo nevratné poškození zdraví člověka. Je proto nutné při každé práci s pilou používat osobní ochranné pracovní prostředky. Zároveň je potřeba věnovat zvýšenou pozornost okolnímu prostředí, zvláště nerovnému a nestabilnímu terénu a pohybu osob a zvířat v okolí.

Další kapitola se zabývá těžbou dřeva a jednotlivými těžebními metodami. Lesní těžba zahrnuje kácení stromů, jejich opracování, přibližování surového dříví z lesních porostů k odvozním cestám, dopravu dříví po pozemních komunikacích, druhotání dříví na skladech i prodej dříví odběratelům. Závěrem této kapitoly byly zhodnoceny výhody a nevýhody štěpkování.

Dále byly řešeny všeobecné vlastnosti dřevin, zvláště pak tvrdost dřeva. Byly popsány dvě metody, kterými se tvrdost dřeva stanovuje. Je to metoda Brinella tvrdosti a metoda Janky. Tvrdost má zásadní vliv na opracovávání dřeva a podle stupně tvrdosti se dřeviny rozdělují do skupin. Dále bylo popsáno chemické složení a využití dřeva.

V následující kapitole byly přiblíženy dřeviny s různým stupněm tvrdosti, které byly vybrány pro bakalářskou práci. Jedná se o smrk, břízu a buk.

V metodice byl popsán postup práce a následné měření při řezání dřevin pod úhly 90, 60 a 45 stupňů. Řez každého úhlu byl proveden pětkrát. Naměřené hodnoty byly zprůměrovány a prezentovány v grafu č. 1.

Následně byly stanoveny faktory, které ovlivňují potřebný výkon motoru pro řez. Jedná se zejména o objem, výkon a otáčky motoru, typ, naostření a opotřebení řetězu, opotřebení vodící lišty, provedení spojky, počet absolvovaných motohodin pily, stáří a druh dřeviny a v neposlední řadě i lidský faktor.

V závěru bakalářské práce byl vypočten teoretický výkon a porovnán s výkonem skutečným, což ukazují grafy č. 2, 3 a 4. Naměřené hodnoty mají zcela opačný průběh vývoje než hodnoty vypočtené. Je možné, že tento rozdíl tvoří nejen vliv řady dalších faktorů, které při výpočtu nelze zohlednit, ale především hodnota koeficientu a_s při výpočtu měrného řezného odporu, který je uváděn v literatuře. V praxi se podobná měření neprovádějí.

14. Seznam požité literatury

- [1] DOUDA, Václav (= a kol.). Mechanizační prostředky lesnické a jejich použití. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1974. ISBN -.
- [2] KLÍMA, Jan. Lesář/dřevorubec. 5. upr. vyd. Praha: Brázda, 1991. ISBN 80-209-0183-3.
- [3] POLENO, Zdeněk a kol. Příručka pro majitele lesa. -. Praha: Agrospoj, 1992. ISBN -.
- [4] KREMER, Bruno P. Stromy: v Evropě zdomácnělé a zavedené druhy. -. Ilustroval Hans HELD. Praha: Knižní klub, 1995. Průvodce přírodou. ISBN 80-85830-92-2.
- [5] MADĚRA, Petr a Luboš ÚRADNÍČEK. Dřeviny České republiky. -. Písek: Matice lesnická, c2001. ISBN 80-86271-09-9.
- [6] SIMANOV, Vladimír a Václav KOHOUT. Těžba a doprava dříví. 2004. Písek: Matice lesnická, [2004]. Učebnice (Matice lesnická). ISBN 80-86271-14-5.
- [7] NERUDA, Jindřich a Zdeněk ČERNÝ. Motorová řetězová pila a křovinořez. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. ISBN 80-7271-175-x.

Citace článku z časopisu:

- [8] CELJAK, Ivo. Potřebný příkon při práci s ručními motorovými řetězovými pilami. Komunální technika. Praha 2: Profi Press, 2016, 10(5), 48-52. ISSN 1802-2391.

Internetové zdroje:

- [9] Specifikace HECHT 45: -. *Heureka*: - [online]. -: -, -, - [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://pily.heureka.cz/hecht-45/specifikace/#section>
- [10] DOLMAR 115-38. *Heureka* [online]. -: -, - [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://pily.heureka.cz/dolmar-115-38/#>

- [11] DOLMAR Benzinová pila 2,7kW, 38cm,3/8" 115-38. StavbaEU [online]. -: -, - [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.stavbaeu.cz/dolmar-motorova-pila-115-38-195515>
- [12] Husqvarna 576 XP - motorová pila - MaM Technika s.r.o.: -. *Nářadí na zahradu:* - [online]. -: -, -, - [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.naradinazahradu.cz/husqvarna-576-xp-motorova-pila/>
- [13] Specifikace HUSQVARNA 576 XP - Heureka.cz: -. *Heureka:* - [online]. -: -, -, - [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://pily.heureka.cz/husqvarna-576-xp/specifikace/#section>
- [14] Husqvarna řetězové pily 576 XP® Auto Tune. *Husqvarna:* - [online]. Praha: -, - [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.husqvarna.com/cz/vyroby/retezove-pily/576-xp-auto-tune/966873818/>
- [15] Hecht 2035 - elektrická pila | MALL.CZ. *Mall.cz* [online]. -: -, - [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: https://www.mall.cz/retezove-pily/hecht-2035-elektricka-pila?gclid=EAIaIQobChMI8-HOu5y04AIVGvhRCh1xiAAuEAQYAiABEGKrTPD_BwE
- [16] Řetězová pila EPR 40-25 HS - 65404069: -. *Narex:* - [online]. -: -, -, - [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: https://www.narex.cz/cs-cz/65404069-epr_40-25_hs
- [17] Pila řetězová 450mm 2000W podél. motor MAKITA UC4551AX1: -. *Agrozet:* - [online]. -: Agrozet, -, - [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.agrozet.cz/e-shop/pila-retezova-450mm-2000w-podel-motor-makita-uc4551ax1-d78522.html>
- [18] Elektrická pila Patriot 240 PS: -. *Mountfield:* - [online]. -: Mountfield, -, - [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.mountfield.cz/elektricka-pila-patriot-240-ps-1pil1046>
- [19] PowerSharp řetěz 14" PS52E a brousící kámen: -. *Mountfield* [online]. -: Mountfield, -, - [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.mountfield.cz/powersharp-retez-14-ps52e-a-brousici-kamen-1piz1019>
- [20] Bezpečnost při práci s motorovou pilou. Zásady, pravidla a doporučení: -. *BOZP.cz: Bezpečnost práce* [online]. -: CRDR spol. s r.o., 2017, 6.9.2017 [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/bezpecnost-prace-s-motorovou-pilou/>

- [21] Quality Digest Magazine: -. *Quality Digest*: - [online]. -: QCI International, -, - [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: https://www.qualitydigest.com/april04/articles/01_article.shtml
- [22] TVRDOST DŘEVA - stupnice tvrdosti - Centrum dřevěných podlah™: -. *Centrum dřevěných podlah*: - [online]. -: Centrum dřevěných podlah™, -, - [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: https://www.cdp-praha.cz/cms.php?id_cms=3
- [23] Tvrdost dřeva: -. -: - [online]. -: Marval podlahy, 2009, - [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: https://search.seznam.cz/?q=tvrdost+d%C5%99eva&url=https%3A%2F%2Fwww.marval.cz%2Fprilohy%2Ftvrdosti_dreva.doc&data=lgLEELBetpfSpywt_zCPIYi3i7fEQOosyCiML55YspHcEKlb9jGOJ1oLnCPLzWiL_NjqVsuOPhBsKEsHdvc1oe_XqN5tcP4hDmlIBxqAGP3XGIBe7mPOW_-lgsQCG5WSxAKipsQCbjg%3D
- [24] -: -. -: - [online]. -: -, -, - [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: https://www.google.com/search?q=Zdroj:+http://strechy-klouda.eu/files/prezentace/zakladni-vlastnosti-dreva.pdf&rlz=1C1LENP_enCZ509CZ657&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjN-6uDjuTgAhXJZlAKHbicAUIQ_AUIDigB&cshid=1551552251364567&biw=1280&bih=921#imgrc=2Mhj1ablj56TSM
- [25] BIRTAS, -. Tvrdost dřeva - Naše stromy: -. *Naše stromy*: - [online]. -: Naše stromy, 2015, 24.6. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://www.nasestromy.cz/tvrdost-dreva/>
- [26] Smrk | Lesy České republiky, s. p.: -. *Lesy ČR*: - [online]. -: Lesy ČR, -, - [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/drevo/charakteristika-dreva-jednotlivych-drevin/smrk/>
- [27] Bříza | Lesy České republiky, s. p.: -. *Lesy ČR*: - [online]. -: Lesy ČR, -, - [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/drevo/charakteristika-dreva-jednotlivych-drevin/briza/>
- [28] Buk | Lesy České republiky, s. p.: -. *Lesy ČR*: - [online]. -: Lesy ČR, -, - [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/drevo/charakteristika-dreva-jednotlivych-drevin/buk/>

- [29] NICOLAUS, -. Vše o obsahu motoru - Král motorů: -. *Král motorů*: - [online]. -: -, 2016, 7.11. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://kralmotoru.cz/media/vse-o-obsahu-motoru>
- [30] Určujeme tvrdost dřeva: -. *Seca*: - [online]. -: Serafin Campestrini, -, - [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.palubky-eshop.cz/urcujeme-tvrdost-dreva>
- [31] ROMAN, -. Výkon a výkonnost pracovníka, pracovní režim | Univerzita-Online.cz: -. *UNIVERZITA-ONLINE.CZ*: - [online]. -: -, 2011, 14.11. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <http://www.univerzita-online.cz/mng/psychologie-v-ekonomicke-praxi/vykon-vykonnost-pracovnika-pracovni-rezim/>
- [32] CELJAK, Ivo. *Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací: Interní učební text* [online]. -. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, zemědělská fakulta, 2009 [cit. 2019-03-15]. ISBN -. Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/strojni_zarizeni_pro_realizaci_staveb.pdf
- [33] *Stanovení potřebného výkonu motorové řetězové pily v závislosti na dřevině*: -. České Budějovice, 2015. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Ivo Celjak.

15. Seznam obrázku

Obrázek 1 Jednomužné a dvoumužné řetězové pily Zdroj: [7],	12
Obrázek 2 Přední a zadní rukojeť Zdroj: [7].....	17
Obrázek 3 Schéma motorové části elektrické řetězové pily Zdroj: [7].....	18
Obrázek 4 Hobby pila Hecht Zdroj: [9]	20
Obrázek 5 Poloprofesionální pila Dolmar Zdroj: [10].....	21
Obrázek 6 Profesionální pila Husqvarna Zdroj: [12].....	22
Obrázek 7 Hobby elektrická pila Hecht Zdroj: [15]	23
Obrázek 8 Poloprofesionální elektrická pila Narex Zdroj: [16].....	24
Obrázek 9 Profesionální elektrická pila Makita.....	25
Obrázek 10 Motorová pila s brousícím systémem Powersharp Zdroj: [18]	26
Obrázek 11 Polohy řezecí části, kdy vzniká nejčastěji zpětný ráz Zdroj: [2]	29
Obrázek 12 Metoda Brinella tvrdosti Zdroj: [21]	35
Obrázek 13 Metoda tvrdosti Janky Zdroj: [22].....	36
Obrázek 14 Rozdělení dřevin podle tvrdosti Zdroj: [24].....	37
Obrázek 15 Hydraulický jeřáb s výřezem kmene	43
Obrázek 16 Použití průměrky při měření průměru	44
Obrázek 17 Měření úhlu řezu s vyznačením místa řezu	45
Obrázek 18 Elektrická motorová pila použitá při měření	45
Obrázek 19 Digitální měřič spotřeby energie použitý při měření příkonu	46
Obrázek 20 Měření průměru dřeviny ve třech pozicích	46
Obrázek 21 Měření vlhkosti dřeva vlhkoměrem Elbez.....	47
Obrázek 22 Detail skryté vady dřeva, která mohla být příčinou vyšší hodnoty příkonu	53

16. Seznam tabulek

Tabulka 1 Orientační rozlišení pil do tříd dle hmotnosti a výkonu motoru	14
Tabulka 2 Technická specifikace pily Hecht	20
Tabulka 3 Technická specifikace pily Dolmar.....	21
Tabulka 4 Technická specifikace pily Husqvarna	22
Tabulka 5 Technická specifikace pily Hecht	23
Tabulka 6 Technická specifikace pily Narex	24
Tabulka 7 Technická specifikace pily Makita	25
Tabulka 8 Tvrdost dřeva podle skupin.....	37
Tabulka 9 Hodnoty naměřené u smrku při řezu pod úhlem 90 stupňů	47
Tabulka 10 Hodnoty naměřené u břízy při řezu pod úhlem 90 stupňů	48
Tabulka 11 Hodnoty naměřené u buku při řezu pod úhlem 90 stupňů	48
Tabulka 12 Hodnoty naměřené u smrku při řezu pod úhlem 60 stupňů	49
Tabulka 13 Hodnoty naměřené u břízy při řezu pod úhlem 60 stupňů	49
Tabulka 14 Hodnoty naměřené u buku při řezu pod úhlem 60 stupňů	50
Tabulka 15 Hodnoty naměřené u smrku při řezu pod úhlem 45 stupňů	50
Tabulka 16 Hodnoty naměřené u břízy při řezu pod úhlem 45 stupňů.....	51
Tabulka 17 Hodnoty naměřené u buku při řezu pod úhlem 45 stupňů	51
Tabulka 18 Řez 90 stupňů.....	52
Tabulka 19 Řez 60 stupňů.....	52
Tabulka 20 Řez 45 stupňů.....	52
Tabulka 21 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 90 stupňů	60
Tabulka 22 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 90 stupňů	60
Tabulka 23 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 60 stupňů	60
Tabulka 24 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 60 stupňů	60
Tabulka 25 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 45 stupňů	61
Tabulka 26 Přehled hodnot pro výpočet výkonu při řezu pod úhlem 45 stupňů	61
Tabulka 27 Vypočtené hodnoty potřebného výkonu při řezu pod úhlem 90 stupňů .	61
Tabulka 28 Vypočtené hodnoty potřebného výkonu při řezu pod úhlem 60 stupňů .	61
Tabulka 29 Vypočtené hodnoty potřebného výkonu při řezu pod úhlem 45 stupňů .	61
Tabulka 30 Porovnání hodnot naměřeného a vypočteného výkonu	62

17. Seznam grafů

Graf č. 1 Průměrné hodnoty jednotlivých dřevin v závislosti na úhlu řezu	53
Graf č. 2 Grafické porovnání hodnot výkonu při řezu pod úhlem 90 stupňů	63
Graf č. 3 Grafické porovnání hodnot výkonu při řezu pod úhlem 60 stupňů	63
Graf č. 4 Grafické porovnání hodnot výkonu při řezu pod úhlem 45 stupňů	64

18. Seznam zkratk

např.....	například
tzv.....	tak zvaný
apod.....	a podobně
kW.....	kilowatt
ot/min ⁻¹	otáčky za minutu
[W].....	watt
[°].....	stupeň
[s].....	sekunda
[%].....	procento
[cm].....	centimetr
[°C].....	stupeň Celsia
[m×s ⁻¹].....	metr za sekundu
[mm].....	milimetr