



Radomír Ulrich, Luboš Staněk, Ladislav Zvěřina

NOVÁ TECHNOLOGIE PRO TĚŽBU PAŘEZŮ S VYUŽITÍM PRO ENERGETICKÉ ÚČELY

- MENDELU
- Lesnická
- a dřevařská
- fakulta



Radomír Ulrich, Luboš Staněk, Ladislav Zvěřina

NOVÁ TECHNOLOGIE PRO TĚŽBU PAŘEZŮ S VYUŽITÍM PRO ENERGETICKÉ ÚČELY

2022

- MENDELU
- Lesnická
- a dřevařská
- fakulta

Recenzovali:

Ing. Robert Flandera, Blatná
Ing. Jiří Policar, Telč

Autoři:

prof. Ing. Radomír Ulrich, CSc.¹
Ing. Luboš Staněk¹
Ing. Bc. Ladislav Zvěřina¹

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, 613 00 Brno

Tato publikace obsahuje výsledky řešení projektu TRIO 4 č. FV 40031 „Víceúčelový modulární systém těžby pařezů a dalších komodit“.

© Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

ISBN 978-80-7509-885-6 (tisk)

ISBN 978-80-7509-886-3 (online ; pdf)

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-886-3>



Open Access: Publikace „Nová technologie pro těžbu pařezů s využitím pro energetické účely“
podléhá licenci CC BY-NC-ND 4.0 – <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ABSTRAKT

Pařezy, které zůstaly po kácení stromů, představují významný zdroj obnovitelné energie, který by mohl být využit pro palivové směsi jako udržitelné řešení. Předmětem tohoto výzkumu bylo zjistit vliv druhu stromu, velikosti průměru pařezu a podloží na dobu potřebnou pro zpracování pařezu. Hodnocené parametry zahrnovaly průměrnou dobu zpracování jednoho pařezu; dobu zpracování pařezu v závislosti na průměru pařezu; různé typy půdy a druhy stromů; a druh stromu (jehličnatý, listnatý). Výzkum probíhal na území České republiky v letech 2020/2021. Celkem bylo zpracováno 287 pařezů a 6 druhů stromů. Pařezy byly vytrhávány pomocí nového prototypu klučicí hlavice, vyvinuté na Mendelově univerzitě v Brně, který byl připevněn jako adaptér na výložník rýpadla JCB JS 220 LC s pásovým podvozkem a byl ovládán dálkově z kabiny rýpadla. Výsledky výzkumu potvrdily, že doba zpracování jednoho pařezu závisí na průměru pařezu (GLM) a doba potřebná ke zpracování jednoho pařezu se na všech pokusných stanovištích zvyšovala s rostoucím průměrem pařezu. Byla navržena rovnice pro předpověď času potřebného ke zpracování jednoho pařezu.

Klíčová slova:

časová efektivita; klučení pařezů; lesní biomasa; lesní činnosti; mechanizace; odstraňování pařezů; trvale udržitelné hospodaření

ABSTRACT

Stumps left behind after the felling of trees represent an important source of renewable energy that could be used for fuel mixtures as a sustainable solution. The subject of this research was to determine the influence of tree species, stump diameter size, and subsoil on the time required for stump processing. Evaluated parameters included the mean time for one stump's processing; the stump processing time based on the stump diameter; different soil types and tree species; and the tree species type (coniferous, broadleaved). The research was conducted in the territory of the Czech Republic in 2020/2021. There were 287 stumps and 6 tree species in total. The stumps were uprooted using a new prototype of grubbing head, developed at Mendel University in Brno, attached as an adapter on the boom of a JCB JS 220 LC excavator with a tracked undercarriage and was controlled remotely from an excavator cab. Research results confirmed that the processing time of one stump depends on the stump diameter (GLM), and the time needed for the processing of one stump increased with an increase in stump diameter in all experimental sites. An equation was suggested to predict the time needed to work on one stump.

Keywords:

forest biomass; forest operations; grubbing head; mechanization; sustainable management; stump removal; time efficiency

OBSAH

1	Úvod	7
2	Problematika obnovitelných zdrojů energie	9
3	Mechanizace a stroje pro získávání dřevní hmoty z pařezů	21
4	Nová technologie těžby pařezů jako obnovitelného zdroje energie	25
5	Výroba dřevní štěpky z pařezové dendromasy	61
6	Legislativní a strategický rámec ve vztahu k energetické biomase.....	65
7	ZÁVĚR	71
8	SUMMARY	73
9	LITERATURA	75
10	PŘÍLOHY.....	80

1 ÚVOD

Pro snížení závislosti na dovozu fosilních paliv je podle mnoha odborníků udržitelným řešením klučení pařezů v lesích [1], protože lesní biomasa představuje jedno z nejspolehlivějších a nejrozšířenějších obnovitelných paliv, a tedy i zdrojů energie. Zájem o využívání obnovitelných zdrojů k částečnému nahrazení fosilních paliv při výrobě energie v Evropské unii roste. Například ve Finsku, podobně jako v mnoha dalších dřevařských zemích, je lesní biomasa považována za udržitelný a snadno dostupný zdroj energie [2]. V těchto zemích tvoří velkou část vstupních surovin pro výrobu biopaliv zbytky po těžbě dřeva (větve, vrcholky stromů, pařezy), které zůstávají na vykácených plochách po kácení [3]. Paliva ze dřeva se v posledním století stále více využívají. Ve Finsku činil v roce 2017 podíl paliv na bázi dřeva, včetně lesní biomasy a vedlejších průmyslových produktů, 75 % [4]. V lesních ekosystémech se velká část biomasy nachází pod zemí (kořeny, pařezy) a může být potenciálním zdrojem obnovitelné energie. Proto se očekává, že využívání biomasy pro energetické účely bude v blízké budoucnosti pravděpodobně intenzivnější. Naznačuje to i Pařížská dohoda o klimatu [5] a rostoucí obsah CO₂ v atmosféře [6,7].

Těžba dřeva vede k tomu, že v dříve uzavřených lesích vzniká mnoho vykácených ploch [8] a na těchto vykácených plochách zůstává mnoho zbytků po těžbě dřeva, které by mohly být využity k energetickým účelům. Kůra, pařezy, kořeny, větve, vrcholky stromů a asimilační orgány, které zůstávají v lese po hlavní těžbě jako odpad z těžby bez přímého využití, představují 35–40 % vyprodukované dendromasy [9]. Pařezy jsou jedním ze zdrojů lesní biomasy [8] a získávají se spolu s kořeny klučením [10].

Ve skandinávských zemích se pařezy k energetickým účelům kácí již od 70. let 20. století [11], konkrétně druh stromu smrku ztepilého (*Picea abies*) [12]. V posledních deseti letech je klučení pařezů v lesnické praxi severovýchodních a pobaltských zemí stále aktuálnější [13–15]. Ačkoli je klučení pařezů pro energetické účely v současnosti neobvyklou praxí, může snížit náklady na přípravu vykácených ploch pro následnou obnovu lesních porostů [16]. Například ve Finsku je klučení pařezů a velkých kořenů běžné [17] a od roku 2000 se postupně rozšiřuje. Velký rozmach nastal v letech 2006–2007, kdy se plocha odstraňovaných pařezů zvýšila o 50 % [18]. V roce 2010 činila rozloha pařezin ve Finsku přibližně 20 000 ha [6], což v porovnání s předchozím rokem znamenalo nárůst o cca 20 % [19]. Kácení pařezů dosáhlo v této severovýchodní zemi vrcholu v letech 2010–2013 s 1,1 mil. m³ vyklüčených pařezů [4]. Při této metodě jsou pařezy a kořeny vyklüčeny, rozřezány a oklepány tak, aby byla odstraněna zemina a nežádoucí materiály. Poté se navrhá na hromadu vedle těžební linky, kde se vysuší a očistí sluncem a deštěm [20]. Speditéři je pak převezou na otevřené skladovací místo, kde zůstanou několik měsíců. Odtud jsou ve formě celých pařezů nebo štěpky přepravovány ke konečným uživatelům [21].

Současná situace, tzv. kůrovcová kalamita, nabízí velké množství dřevní hmoty ve formě palivového dřeva. V České republice je nejvíce poškozenou oblastí severovýchodní část republiky. Po vykácení vzrostlých stromů napadených kůrovcem zůstávají rozsáhlé vykácené plochy s nevyužitou dřevní hmotou v podobě pařezů a kořenů, které se během několika let rozpadnou. Pařezy by však neměly být ponechávány postupnému rozpadu, protože na některých lokalitách se mohou vyskytovat dřevokazné houby (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), které mohou napadat i kořenové systémy,

a existuje riziko, že nové výsadby na obnovovaných plochách mohou být napadeny tímto houbovým patogenem [22]. Využití této dřevní hmoty k dalšímu zpracování je proto žádoucí. Jednou z metod používaných ke klučení takového dřevního odpadu je použití klučících hlavice.

Těžba pařezů byla v České republice donedávna běžná, nyní se používá pouze při některých formách hospodaření v lesích nebo při odlesňování. Nejčastěji používanou metodou v ČR je klučení pařezů pomocí radlice dozeru. Pařezy se shrnují do hromad nebo terénních depresí a ponechávají se přirozenému rozkladu. Lokálně se používá také „zakopávání“ pařezů, kdy se bagrem vytvoří rýha, do které se pařezy zatlačí a zasyjou zeminou [11]. Nevýhodou této metody je, že dřevní hmotu nelze dále využít.

Jedním z důvodů, proč byl vyvinut nový prototyp klučící hlavice, byla v té době rozšířená kůrovcová kalamita, která spotřebitelům nabízela velké množství dřevní hmoty v podobě palivového dřeva. Po vytěžení těchto „kůrovcových“ vzrostlých stromů však zůstávaly rozsáhlé lesní mýtiny, na nichž se nacházelo velké množství nevyužitého dřeva v podobě pařezů a kořenů, které za několik let shnilo. Proto myšlenkou bylo vytěžit, zpracovat a zpeněžit tuto dřevní hmotu ve formě dřevní štěpky pro energetické účely.

2 PROBLEMATIKA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

Důsledky klimatických změn, rostoucí závislost na fosilních palivech a rostoucí ceny energií jsou důvodem, proč se dnes dostává do popředí oblast obnovitelných zdrojů energie. Přínos obnovitelných zdrojů energie spočívá především v jejich schopnosti snižovat emise skleníkových plynů a úroveň znečištění, zvyšovat bezpečnost dodávek, podporovat průmyslový rozvoj založený na znalostech, vytvářet pracovní příležitosti a posilovat hospodářský růst, jakož i konkurenceschopnost a regionální rozvoj.

Obnovitelné zdroje energie jsou většinou domácího původu, nespolehnají se na dostupnost konvenčních energetických zdrojů v budoucnosti a díky jejich převážně decentralizovanému charakteru přispívají ke zmírnění energetické závislosti na dodávkách energie ze zahraničí. Obnovitelné zdroje energie představují jeden z důležitých prvků budoucí udržitelné energetiky [23].

Zákon č. 165/2012 Sb., § 2, odrážka a) definuje, že obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie jsou: „(...) energie větru, energie slunečního záření (termální a fotovoltaická), geotermální energie, energie okolního prostředí, energie z přílivu nebo vln a jiná energie z oceánů, energie vody, energie biomasy a paliv z ní vyráběných, energie skladového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu.“

V zájmu každého státu nebo společenství je, aby nebyly zcela závislé na dovozu cizích surovin, a v rámci svých možností dosáhly aspoň částečné energetické soběstačnosti. Jenomže na evropském kontinentě už nemáme fosilních přírodních zdrojů (například uhlí, ropy a zemního plynu) nazbyt. Za to sluneční záření, vítr, vodní toky nebo biomasu můžeme využívat pořád dokola! Evropská unie se proto domluvila, že podpoří obnovitelné zdroje energie tak, aby tady v roce 2020 tvořily 20 % spotřebované elektřiny.

Jednotlivé státy mají různé přírodní podmínky, čemuž odpovídají odlišné národní cíle. Konkrétně v České republice mají obnovitelné zdroje energie v roce 2020 vytvářet 13 % veškeré spotřebované elektřiny. Energetický regulační úřad sleduje, jestli svoji ambici stíháme naplňovat a výsledná statistika ukazuje, že během jedné dekády došlo k výrazné změně. Zatímco v roce 2005 bylo prostřednictvím obnovitelných zdrojů vyrobeno 4,4 % elektřiny, už v roce 2014 podíl obnovitelných zdrojů přesáhl 13 % [24].

Biomasa

Biomasa je nositelem obnovitelných zdrojů energie vznikajících fotosyntézou. Z hlediska energetického využití jde v podmínkách České republiky většinou o dřevo (či jeho odpad), slámu a jiné zemědělské zbytky a exkrementy užitkových zvířat, či o energeticky využitelný komunální odpad nebo plynné produkty odpadající při provozu čistíren odpadních vod. Zákon č. 165/2012 Sb. konkrétně definuje, že biomasu jsou „(...) biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu ze zemědělství, z lesnictví a souvisejících odvětví a z rybolovu a akvakultury, včetně rostlinných a živočišných látek, jakož i biologicky rozložitelná část odpadů, včetně průmyslových a komunálních odpadů biologického původu, přičemž zemědělská biomasa je biomasa vyrobená v zemědělství a lesní biomasa je biomasa vyrobená v lesnictví.“

Biomasu v lesním hospodářství často označujeme termínem dendromasa, kterým se rozumí dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest [25].

Nejčastěji přicházejí v úvahu přímé spalovací procesy vlastní primární biomasy (např. spalování dřeva), nebo spalování produktů mokrých nebo suchých procesů (bioplyn, dřevoplyn).

Výhody využití biomasy k energetickým účelům jsou následující:

- zdroj energie má obnovitelný charakter;
- tuzemský zdroj energie;
- menší negativní dopady na životní prostředí („nulová bilance CO₂“);
- snižuje se spotřeba dovážených energetických zdrojů;
- zdroje biomasy nejsou lokálně omezeny;
- účelně se využijí spalitelné, někdy i toxické odpady;
- řízená produkce biomasy přispívá k vytváření krajiny a péči o ni.

Nevýhody využití biomasy k energetickým účelům:

- prostorová rozptýlenost;
- vysoké náklady na zpracování a dopravu;
- nedostatečně vyvinuté technologie;
- nebezpečné látky v emisích při spalování v nevhodných zařízeních;
- v některých případech nižší výhřevnost než u fosilních paliv [25].

V České republice se podle mnoha odhadů ukazuje biomasa jako nejperspektivnější součást obnovitelných zdrojů energie s největším potenciálem rozvoje. Důvodem je relativně vysoká lesnatost, ale zejména vysoký podíl zemědělských půd, které nejsou nebo nebudou využívány pro potravinovou produkci a bude možné jejich využívání pro energetické plodiny.

Využívání dendromasy pro energetické účely v České republice probíhá již několik let. Zjednodušeně lze říci, že je využívána zbytková biomasa vznikající při dřevařském zpracování. Spalování pilin, hoblin a bílé štěpky je ovšem v přímé konkurenci s využíváním tohoto materiálu k jiným účelům, např. pro výrobu aglomerovaných materiálů. Využívány jsou i těžební zbytky, zejména po mýtních těžbách ve smrkových porostech. Klest, vršky a případné zbytky hroubí se zpracovávají štěpkováním, drcením nebo svazkováním. Největší část takto vyrobené hmoty je v ČR spolu spalována s hnědým uhlím a jen malá část je využívána pro čisté spalování ve speciálních kotlích na biomasu. O přínosu spolu spalování biomasy s hnědým uhlím se vedou dlouhodobé spory, při kterých je zmiňováno mnoho negativ i pozitiv.

Příznivým trendem jsou výstavby lokálních výtopen na biomasu, které spalují čistou biomasu. Obvykle jsou tyto kotle na biomasu realizovány obcemi. V některých případech využívají vlastní zdroje biomasy, v jiných biomasu nakupují. Existují také projekty kotlů na biomasu s výkonem až desítek MW, které budou zpracovávat velké množství biomasy. Realizace těchto projektů je možné očekávat v nejbližších letech a následně velmi pravděpodobně přijde i nárůst poptávky po energeticky využitelné biomase. Určitou část bude nesporně možné pokrýt energeticky využitelnou biomasou pocházející z lesnictví. Dle odhadů rozvoje využívání biomasy pro energetické

účely bude patrně nutné získávat tyto obnovitelné suroviny i cíleným pěstováním. Z energetických plodin jsou nejvíce vyzkoušené a perspektivní rychle rostoucí dřeviny RRD (vybrané klony vrby a topolů a dalších dřevin [25]).

Vývoj zájmu o dendromasu vhodnou pro energetické využití

Dendromasa byla v českých zemích ještě poměrně nedávno rozhodujícím zdrojem tepelné energie ve většině venkovských domácností. Z dendromasy byly vyráběny i hodnotnější biopaliva (dřevěné uhlí, dřevoplyn). Asi nejznámějším příkladem byly dřevoplynové agregáty využívané pro pohon automobilů. S nástupem využívání uhlí a ropy byla odsunuta ostatní paliva včetně dřeva do pozadí. Teprve ropná krize v 70. a 80. letech minulého století obrátila pozornost zpět k dendromase. V socialistickém Československu o tomto problému dokonce jednal i sjezd KSČ! „Dřevní hmota a ostatní lignocelulóznové materiály představují náš nejbohatší a každoročně se obnovující zdroj surovin, které je možno chemickými a biotechnologickými způsoby zpracovat na mnohé potřebné výrobky, dosud vyráběné na bázi ropy a jiných strategických surovin. Závěry XVI. sjezdu KSČ jsou velkou společenskou objednávkou na kvalitativní obrat v našem vědeckotechnickém rozvoji.“ Důvody pro zpracování dendromasy v 70. a 80. letech byly i technologické. V lesním provozu byly koncem 70. let nasazovány protahovací a odvětovací stroje, později procesory. Tím vznikla potřeba likvidace těžebního odpadu nahromaděného na odvozních místech. Rovněž vysoké exhalační těžby v Krušných horách, v Jizerských horách, na Krkonoších a v Orlických horách vyvolaly problém likvidace velkého objemu běžně neprodejné dendromasy. Výroba lesní štěpky byla udržována jen mimoekonomickými nástroji Řízení (příkazy nadřízených orgánů, nepřidělování tzv. uhelné bilance lesním závodům apod.). Po zrušení bilančních gescí a po částečném uvolnění cen dříví po roce 1989 výroba lesní štěpky, jejíž objem produkce byl podstatně nižší než ve vyspělých státech, ustala prakticky úplně. Vzniklo tak reálné nebezpečí, že po obnovení zájmu o lesní štěpku, což bylo s ohledem na celoevropský trend zcela nepochybné, nastane určité technologické vakuum, kdy se bude jen obtížně navazovat na předcházející, pracně získané zkušenosti z přípravy a Řízení této specifické výroby. Nepoměr vysokých přímých nákladů na výrobu lesní štěpky a nízkých tržeb za ni nemotivoval ani lesní hospodářství ke zvýšení její výroby. Devadesátá léta minulého století byla z pohledu výroby lesní štěpky obdobím stagnace. Dosluhovaly pouze technologie nakoupené v době centrálního plánování. Nákup nových strojů nebyl pro podnikatelské subjekty zajímavý, protože neexistovala stabilní poptávka po lesní štěpce. Novým impulzem byly programy Evropské unie související s podporou rozvoje obnovitelných zdrojů energie. I Česká republika zpracovala zcela novou „Státní energetickou koncepci o obnovitelných zdrojích“ v roce 2004. [26].

Zdroje biomasy pro výrobu dřevní štěpky

Dřevní, resp. lesní štěpka, jako jeden ze základních zdrojů biomasy využívané pro energetické účely je strojně nakráčená a nadrcená dřevní hmota na částice o délce od 3 do 250 mm. Obsah vody bezprostředně po těžbě dosahuje více než 55 %, objemová hmotnost se pohybuje okolo 300 kg/m³. Obsah vody po přirozeném dosoušení přes léto na slunném a větru vystaveném místě zpravidla klesá na 30 % při objemové hmotnosti kolem 250 kg/m³. Výhřevnost je vysoce závislá na obsahu vody, její hodnotu

můžeme uvažovat v rozmezí 8 až 12 MJ/kg. Dřevní štěpka je získávána především z odpadů lesní těžby a průmyslového zpracování dřeva nebo rychle rostoucích dřevin. Jedná se o relativně levné biopalivo určené pro vytápění. Podle kvality štěpky a dalších příměsí ji můžeme dělit na štěpku zelenou, hnědou a bílou. Na trhu se objevuje několik druhů dřevní štěpky:

Zelená štěpka (lesní)

Štěpka získaná ze zbytků po lesní těžbě. Lze v ní nalézt nejen části drobných větví, ale také listí, případně jehličí – proto zelená štěpka. Tím, že se zpracovává čerstvá hmota, je vlhkost této štěpky vysoká.

Hnědá štěpka

Štěpka získaná ze zbytkových částí kmenů, pilařských odřezků apod. Sjednocujícím prvkem je obsah kůry. Dříví totiž nebylo před zpracováním odkorněno, lze tedy na jednotlivých štěpkách rozpoznat části kůry.

Bílá štěpka

Štěpka získaná z odkorněného dříví, obvykle odřezků při pilařské výrobě. Ani na jednotlivých štěpkách se již nenachází kůra (narozdíl od štěpky hnědé). Využívá se především pro výrobu dřevotřískových desek.

Dřevní štěpku (Obr. 1) lze používat ve vyšší výkonové škále kotlů a kamen v rodinných domech a ve větších budovách. Vzhledem k povaze paliva jde o zcela čistý a obnovitelný zdroj energie bez přidané energie (např. na sušení nebo lisování), což se projevuje v nízké pořizovací ceně za palivo. V kotlích na spalování dřevní štěpky je možno spalovat neztačenou, volně loženou dřevní štěpku zpracovanou na drobno (štěpkovačem nebo drtičem) z dřevních zbytků z lesní těžby, pil, apod. Podle velikosti a výkonu kotle a doporučení výrobce lze využívat štěpku hrubší o nestejně frakci vyrobenou v kladivových drtičích nebo jemnější štěpku vyrobenou v nožových štěpkovačích.

Obr. 1 Dřevní štěpka z těžebních zbytků určená pro energetické účely



Skladování a manipulace se štěpkou

Pro skladování dřevní štěpky potřebujeme díky její nízké objemové hmotnosti prostornější sklady, velkoobjemová síla, nebo haly. V případě instalace kotle na štěpku v rodinném domě je potřeba počítat s odpovídajícími prostory např. ve sklepě pro min. 50 m³ štěpky. Ve skladu musí být především zaručeno nezbytné provětrávání. Palivová štěpka má vyšší obsah vody, je náchylná k plesnivění a zapařování, což by mohlo v uzavřených místnostech vést k riziku samovznícení. Dostatečné provětrávání skladu nám zajistí i dosoušení štěpky během skladování. Uskladnění přímo ve vytápěných obytných budovách bez účinného provětrávání skladu se nedoporučuje, v některých zemích je přímo zakázáno. Při skladování většího objemu dřevní štěpky je potřeba dimenzovat vstup do skladu pro dopravní a manipulační techniku.

Vlastní přikládání dřevní štěpky je nejčastěji řešeno šnekovým dopravníkem, popř. pomocnými hrably z blízkého skladu paliva. V případě vytápění většího objektu je menší objem štěpky do kotle dopravován šnekovým dopravníkem z meziskladu, který je dle aktuální potřeby doplňován větším pásovým dopravníkem nebo kolovým manipulátorem z centrálního skladu štěpky.

Odstraňování dendromasy

V lesním hospodářství lze dendromasu pro energetické účely získat jako palivové dřevo z těžby nebo jako odpad z těžby dřeva, který zůstane v lese po kácení ve formě větví, odřezků, pařezů nebo jiných odpadů. kořenů. V České republice se pařezy pro energetické účely běžně nevyužívají, a to i přes to, že odstraňování pařezů bylo již ve třicátých letech 20. století označeno za jednu z technologií při lesnictví s největším potenciálem pro zajištění dodávek pevných biopaliv [27].

Stupavský a kol. tvrdí, že zbytky po těžbě dřeva jsou stále málo využívaným zdrojem obnovitelných zdrojů energie, s výjimkou skandinávských zemí [28]. Melin et al. a Alam et al. jsou stejného názoru a tvrdí, že ve Finsku se velká část současné těžby lesních dřevin pro výrobu elektrické energie z dendromasy představují zbytky po těžbě dřeva [29,30], tj. stromy, které se v průběhu roku vrcholky, větve, listí, ale i pařezy a kosterní kořeny. Kácení pařezů a velkých kořenů ve Skandinávii potvrzují také Juntunen a Herrala-Ylinen [6] a Persson a Egnell [7], kteří uvádějí, že pařezy spolu s kořeny jsou také klučeny i v Severní Americe. V Lotyšsku nabývá dendromasa v lesích ještě většího významu pro vlastníky lesů a lesnický průmysl, kde se zbytky po těžbě dřeva používají pro výrobu biopaliv a je tato technologie široce akceptována ve státních i soukromých lesích [27]. Podle von Hofstena jsou ve Skandinávii hlavními dřevinami, na které se zaměřuje klučení pařezů je smrk ztepilý (*Picea abies*) [31]. Köstler et al. tvrdí, že díky mělkým kořenům systému se pařezy smrku ztepilého skvěle hodí k odstraňování pařezů, snadno se zvedají a poškozují na půdě není příliš rozsáhlé [16,32]. Von Hofsten uvádí, že metody, které byly použity pro odstraňování pařezů v roce 2006, zahrnovaly odstranění nadzemní části pařezu a kořenů o průměru nad 5 cm [31]. Výsledkem byla sklizená biomasa pařezů, která se skládala z 32 % nadzemní části pařezu a 68 % dřeva z kořenů pařezu, protože dřevo z pařezu se skládalo z 32 % nadzemní části pařezu a 68 % dřeva z kořenů. téměř vždy zahrnuje také kůru a jemné kořeny [33].

Využití pařezů

Historicky se pařezy sklízely jak pro palivo, tak pro jiné účely, včetně poskytování materiálu pro rohy saní, klečového dřeva na lodích a člunech a pluhy. Pařezové dřevo bylo také používáno ve Švédsku k výrobě dehtu v letech 1850 až 1950. Klesající poptávka po dřevěném palivu spojená s průmyslovou výrobou alternativních materiálů, jako je ocel, vedla ke snížení požadavků na pařezové dřevo ve střední Evropě koncem devatenáctého století.

Na základě obav z hrozící krize ohledně vlákniny (spojené s předpovědí nedostatku malých dodávek kulatiny) a také ropné krize (spojené s rostoucími obavami o energetickou bezpečnost) se těžba pařezů stala středem zájmu výzkumného programu ve Skandinávii v 70. letech [34].

Od té doby poptávka po dalších lesních palivech stále roste, což vedlo k přehodnocení potenciálu pařezů jako zdroje energie. Bylo odhaleno, že v Evropě existuje potenciál získat až 9 milionů m^3 ročně⁻¹ lesní štěpky z pařezů ročně, z celkového potenciálního ročního přírůstku 78 milionů m^3 ročně. Jeden hektar může vyrobit více než 100 m^3 dřevěného paliva, což odpovídá 100 MWh/ha [35].

UPM Kymmene (globální skupina lesnického průmyslu) zahájila komerční těžbu pařezů na pohonné hmoty ve Finsku v roce 2001. Existují také dotace na odstraňování pařezů z vytěžených míst ve Finsku, protože se předpokládá, že to snižuje riziko poškození kořenové hniloby při příští rotaci stromů [34].

Bioenergie a pařezy

Pařezy a jejich kořeny se také staly důležitým zdrojem bioenergie kvůli rostoucím obavám ze změny klimatu. Ve Švédsku se například odhaduje, že odstraňování pařezů by mohlo nahradit 2,5–5 % energie, která se v současnosti vyrábí z fosilních paliv [36]. Björheden je podobného názoru a tvrdí, že využití bioenergie z těžebního odpadu [37], které obvykle zůstávají na holinách po pokácení stromů, přibývá kvůli obavám ze změny klimatu a rostoucí poptávce po bioenergii. Literární zdroje se liší v obsahu energie v pařezech [27]. Podle studií provedených ve Finsku [34] je možné získat cca. 140–160 MWh.ha⁻¹. Společnost Tekes uvedla 200 MWh.ha⁻¹ [38]. Von Hofsten je přesvědčen, že odstraňování pařezů má potenciál produkovat 5–10 terawatthodin (TWh) ročně [31]. Neruda a kol. upozorňují na to, že dendromasu z lesního hospodářství lze energeticky využít přímým spalováním [11], tedy bez úpravy jejich rozměrů nebo v případě dřeva po nařezání, naštípání, našťipání nebo rozdrčení. Podobné pravidlo pro dřevo platí i pro vykloučené pařezy. Jiní autoři [11,39,40] zdůrazňují skutečnost, že v rámci time managementu musí být čas, aby pahýly před spálením vyschly. Simanov tvrdí, že výhřevnost biomasy klesá s rostoucím obsahem vlhkosti v ní a naopak [39]. Autor předpokládá, že je to dáno tím, že teplo ze spalování se spotřebovává při odpařování vody obsažené v biomase. Uvádí, že velmi důležitou vlastností dendromasy určenou pro energetické využití je výhřevnost a související vlhkost. Pastorek a spol. tvrdí, že lesní dendromasa obsahuje vždy min. 10 % vody [40] a obsah vlhkosti v čerstvě nařezaném dřevě je 40 %–60 %, a proto se dřevo musí nechat vyschnout alespoň rok, čímž se jeho vlhkost sníží na 15 %–30 %, což je vhodnější pro spalování. Neruda a kol. dodávají, že při spalování dřeva ze stojících stromů je podíl energie potřebné k jeho vysušení vyšší než u jiných paliv. Jelikož je rozsah vlhkosti dřeva velký, je velký i rozsah jeho efektivní výhřevnosti [11]. Stejná situace je i u pálení pařezů nebo

kořenů, a proto se doporučuje nechat tento organický materiál před spalováním vyschnout např. ve spalovnách na vlhkost min 30 %.

Odstraňování pařezů a správa lesů

Množství pařezů a velkop průměrových kořenů, které jsou na vykácené ploše po těžbě k dispozici, závisí na typu lesního hospodaření, např. na intenzitě a načasování vylepšování těžebních prací. Ty mají zásadní vliv na rychlost růstu a další vývoj lesních porostů [41].

Protože pařezy se skládají ze dřeva a kůry stromů, lze je využít k získání dalších obnovitelných zdrojů pro biopaliva z lesních porostů. Proto po kácení stromů někdy následuje odstraňování pařezů pomocí těžkých strojů [42], obvykle bagrů se speciálními zuby pro vytahování pařezů, které mohou pařezy rozdělit na menší kusy. Dřevní hmota z pařezů a kořenů představuje 23–25 % kmenové dřevní biomasy jak u smrku, tak u borovice [17]. Finér et al. odhadli celkovou biomasu pařezových systémů (bez jemných kořenů) ve 140letém porostu smrku ztepilého na 21 875 kg.ha⁻¹ [43] a celkovou biomasu porostu na 101 943 kg.ha⁻¹. To představuje, že pařezové systémy tvoří 21 % celkové biomasy stromů. Alam et al. uvádí, že pařezy a velké kořeny ve vzrostlém lesním porostu představují cca 25–30 % celkové biomasy stromů [30]. O rok později stejní autoři publikovali zjištění, že pařezy a kořeny mohou zvýšit celkovou produkci biomasy (energetická biomasa a kmenové dřevo) přibližně o 21–36 % [44]. Merilä et al. odhadují, že spolu s kořeny o velkém průměru tvoří pařezy smrku ztepilého 38 % celkové biomasy stromu [45]. Hakkila zdůvodňuje, že v pařezech smrku ztepilého je hustota dřeva roste od pařezu ke kořenům, protože růst v blízkosti pařezu je rychlejší, a přírůstek dřevní hmoty je tak vyšší [33]. Kalliokoski a kol. uvádějí, že ukotvení stromu je jednou z nejdůležitějších funkcí kořenů stromů, a proto většina stromů vytváří husté dřevo, zejména u báze kmene, tj. u pařezu [46,47].

Ulrich a kol. také tvrdí, že objem vykloučených pařezů může být značný a může přesáhnout i 100 m³.ha⁻¹. Například v Estonsku se biomasa pařezů vytěžených ze smrku ztepilého v regionech Myrtillus a Oxalistry dosáhla 44–55 t.ha⁻¹ a jejich energetický obsah činil 294 MWh.ha⁻¹ [16].

Výhody odstraňování pařezů

Ačkoli hlavním účelem odstraňování pařezů je dřevní biomasa, tato metoda také má i některé další výhody. Klučením pařezů se naruší značná část svrchní vrstvy půdy, což vede k jejímu kypření a promíchání. Vzhledem k tomu, že po odstranění pařezů dochází k mineralizaci části půdního povrchu, snižuje se potřeba přípravy stanoviště pro následnou obnovu lesa i náklady [48], což představuje pro vlastníky lesa neočekávané náklady. Kromě toho se díky zvýšené mineralizaci zlepšuje počáteční dostupnost dusíku pro nové cílové druhy [49,50]. Takto lze podpořit přirozenou obnovu vytěžením pařezů [48] a odstranění pařezů lze považovat za metodu přípravy stanoviště pro obnovu lesa. Současně dojde k odstranění semenáčků nežádoucích druhů i s jejich kořenovými systémy. Persson a Egnell dodávají, že odstraňování pařezů nemá žádný negativní vliv na růst další generace lesa [7]. To potvrzují i Egnell a Hyvönen et al. a poukazují na to, že jejich studie nezaznamenaly žádné dlouhodobé negativní environmentální dopady odstraňování pařezů na podrostní vegetaci a produktivitu porostů [51,52].

Petersson a kol. a Rahman a kol. shodně tvrdí, že nespornou výhodou vytrhávání pařezů je nižší poškození sazenic způsobené škůdcem *Hylobius abietis* [53,54], což zlepšuje přežívání sadebního materiálu, protože samičky škůdce kladou vajíčka do pařezů [55].

Cleary a kol. jsou přesvědčeni, že jednou z výhod odstraňování pařezů je také menší poškození lesa houbovými patogeny [23]. Pařezy ponechané na vykácených plochách jsou hlavním infekčním místem pro vstup patogenů do nové generace a zůstávají dominantním zdrojem infekce [56], protože houby mohou v pařezech přežívat až 46 let [57]. Je například známo, že k přenosu houbou *Heterobasidion* sp. dochází při obnově jehličnatých porostů [57]. Problematika související s těžbou pařezů byla diskutována v některých předchozích studiích [23,58]. Woodward et al. a Garbelotto a Gonthier tvrdí, že hniloba pařezů a kořenů způsobená svazem *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. je nejničivější chorobou jehličnanů na severní polokouli, konkrétně v Severní Americe, Evropě, Číně, Japonsku [59–61] a na jihu Ruska. Z toho vyplývá, že je významným problémem obnovy lesa v řadě oblastí světa, zejména tam, kde se uplatňuje intenzivní lesní hospodaření [61], protože v období intenzivního růstu stromů se zvyšuje počet kořenových kontaktů, což často podporuje přechod houbových patogenů z infikovaných pařezových kořenů na zdravé kořeny přesazovaných stromů [62]. Woodward et al. odhadují, že škody způsobené v Evropě *Heterobasidion* sp. se rovnají 790 mil. EUR ročně [59]. Vasaitis et al. zjistili, že odstranění pařezů může omezit šíření a infekci plísni na kořenových systémech v půdě, což obvykle ovlivňuje smrkové porosty následujících generací [63].

S ohledem na nedávnou situaci požáru v NP České Švýcarsko lze považovat odstranění pařezů za důležitý faktor pro snížení rizika rozšíření (šíření, latence) podzemních požárů, kdy díky tomuto potencionálnímu nebezpečí byl nutný dohled příslušných záchranných složek a požární pohotovost byla odvolána až po několika týdnech.

Dalším významným a nezastupitelným je stanovisko ochrany půdy, kdy z napadeného stromu kořenovníkem nebo václavkou se kořenovým systémem dostává hniloba do půdy až do vzdálenosti 30–40 m od pařezu. Při výsadbě nových stromků dochází k infekci, která způsobuje již v nových porostech středovou hnilobu – dokázáno fotodokumentací, kde je viditelná hniloba až do výšky cca 1–2 m. Tedy vychováváme nezdravé lesní porosty, kde nebudou žádné průmyslově zpracovatelné sortimenty dříví. Závěrem: vytrháním pařezů ozdravíme půdu, kde se nemusí realizovat příprava půdy před výsadbou a je možno plynule tyto plochy mechanizovaně zalesňovat.

Další oblastí, na kterou se zaměří výzkumné aktivity projektu a jeho řešitelů je problematika šíření patogenů hub, zejména kořenovníku – rod *Heterobasidion*, konkrétně druh kořenovník vrstevnatý *Heterobasidion annosum*. Odborné publikace se zabývají rychlostí růstu mycelia a předpokládá se, že v optimálních podmínkách může z jednoho napadeného stromu vzniknout pomocí kořenových přenosů poškození s průměrem cca 50 metrů okolo napadeného jedince. Není přesně známo, jaká je průměrná doba trvání nebezpečí infekce, ale bylo zjištěno, že některé pařezy jsou infekční ještě 62 let po skácení stromu (Greig a Pratt, 1976; Piri et al., 1990; Piri, 1996). Rovněž další autoři (Stenlid, 1987, Lygis et al. 2004) uvádějí, že *Heterobasidion*

annosum může přetrvávat v kořenové soustavě nemocných stromů po celá desetiletí a účinně se šířit z jedné generace lesa na další – viz schéma.

Obr. 2 Schéma napadení porostu kořenovníkem (*Heterobasidion annosum*) a jeho postupu porostem pomocí kořenových dotyků a srůstů.



Zdroj: © F. Asiegbu.

Příkladem může být ukázka z výzkumné plochy na divizi VLS Plumlov, kde jsme sledovali výskyt hniloby v lesním porostu Rychtářov 194 C, stáří 38 let, kde bylo vykáčeno několik stromů vizuálně zdravých a nepoškozených, ale při měření přístrojovou technikou byla určena hniloba, po skácení stromu č. 369 je na přiloženém snímku patrná hniloba kořenovníkem, který tam byl rozšířen kořenovou infekcí předešlé mýtní těžby po zalesňování. Z jiných měření je stanovena rychlost prorůstání hniloby za rok v závislosti na bonitě – hustotě letokruhů = 20–60 cm / rok. V první probírce ve sledovaném porostu bude místo vlákniny zastoupeno palivo v rozpětí 10–20 %.

Nevýhody odstraňování pařezů

Odstranění pařezů může mít i negativní stránky. Podle Walmsleyho a Godbolda a Hellstena et al. [64,65] se při něm z lokality odebírají živiny (konkrétně odstraněním drobných kořenů) a dochází k utužení půdy. Zemánek a Neruda vysvětlují, že pohyb lesních strojů po porostu způsobuje interakci mezi podvozkem stroje a povrchem půdy prostřednictvím styčné plochy kol nebo pásů [66]. Podle Eklöfa a kol. a Kiikkiläho a kol [67,68] spočívají další nevýhody klučení pařezů v narušení půdy, které může způsobit vyplavování živin a těžkých kovů z vyklizované plochy, a v riziku eroze. Riziko narušení půdy potvrzují také Berg et al. [69], kteří informují, že průměrná velikost narušené půdy je 6 m² na jeden vytěžený pařez a že tato velikost exponenciálně roste s rostoucí velikostí pařezu. Berg et al. se obávají možného snížení množství mrtvého dřeva [70], což by mohlo potenciálně snížit množství významných hub, mechů a hmyzu na lokalitě.

Biodiverzita pařezu

Organismy obývající dřevo a kůru tvoří velkou část lesních druhů. Vzácné a ohrožené druhy organismů většinou bývají v pařezech listnatých stromů. Praktická těžba pařezů by se proto měla omezit na pařezy jehličnanů, zejména pařezů smrku

ztepilého. Níže uvedené studie ukazují, které druhy se nacházejí ve smrkových pařezech a mohou být potenciálně ovlivněny těžbou pařezů.

Lišejníky

Ve studii 450 smrkových pařezů ve středním Švédsku zjistili 52 druhů lišejníků. Většina druhů se vyskytovala na pařezech starých 12–13 let. V dalším průzkumu 576 smrkových pařezů byly saproxylické lišejníky studovány ve dvou švédských krajinách s dlouhou historií lesního hospodaření. Celkem bylo nalezeno 77 druhů lišejníků, z toho více druhů lišejníků bylo zjištěno na 16–19letých pařezech než na 4–7letých. Z 20 podrobně studovaných druhů mělo 11 více než polovinu své populace na pařezech a 4 druhy byly omezeny pouze na pařezy. Pařezy byly důležitější než jiné druhy dřeva používaného pro bioenergii, tj. řezané a jemné mrtvé dřevo, které využívalo pouze pět druhů.

Mechy

Na rozdíl od lišejníků rostou mechy přednostně ve stinných polohách. Ve studii 450 smrkových pařezů ve středním Švédsku ve věkové řadě 4–18 let bylo zjištěno, že druhová bohatost se zvyšuje s rostoucím věkem pařezů, rostoucím stavem rozpadu a rostoucím stínem. Celkem bylo v této studii zjištěno 35 druhů mechů.

Houby

V rámci jednoho výzkumu, byly vzorky dřeva ze smrkových pařezů a kmenů z jižního až severního Švédska analyzovány na plísňovou DNA. S rostoucím věkem pařezů rostla druhová bohatost. Celkem bylo v pařezech nalezeno 1 355 různých „provozních taxonomických jednotek“ (přibližně ekvivalentních druhům).

Brouci

Prvními zvířaty napadajícími čerstvé pařezy jsou často kůrovci a tesaříkové. V kompilaci dat z 10 studií brouků ve Švédsku bylo nalezeno v pařezech smrku ztepilého celkem 491 druhů brouků. Z těchto druhů bylo 276 klasifikováno jako závislé na dřevě. Při srovnání různých dřevitých substrátů se souvrství saproxylických brouků významně lišila mezi vysokými pařezy a kmeny, zatímco vysoké pařezy se významně nelišily od nízkých pařezů. Ve studii v jižním Švédsku víme, že druhová bohatost byla vyšší u vysokých pařezů než u nízkých pařezů. Zdá se, že pařezy smrku ztepilého obsahují podobný počet druhů jako pařezy borovice lesní, břízy a osiky, ale ze 124 druhů nalezených v těchto 4–5 let starých pařezech, bylo pouze 15 společných všem druhům stromů.

Většina studií o druhové diverzitě se týká nadzemních pařezů. Při srovnání diverzity brouků ve 2letých pařezech a hrubých kořenech ve středním Švédsku bylo nalezeno 50 druhů brouků nad zemí a 27 druhů pod zemí. Dřevo pod zemí bylo výrazně druhově chudší než nadzemní, ale 10 z celkových 60 druhů bylo unikátních pro kořeny.

Obratlovci

Různé druhy suchozemských obratlovců využívají pařezy s vysokým a nízkým řezem. Využití šterbin v kůře obratlovci však nepřesáhlo 1,5 % prohledávaných pahýlů.

Kolik druhů se vyskytuje ve smrkových pařezech?

V 16 samostatných studiích ve Švédsku bylo nalezeno asi 2 200 různých druhů na nebo v 1–20 let starých pařezech smrku ztepilého. Bylo zjištěno více než 1 355 druhů hub, 491 druhů brouků, 223 druhů ostatních členovců, 93 druhů lišejníků a 35 druhů mechů. Pařezy po kácení jsou tedy druhově bohaté, ale jen menšina těchto druhů (hlavně lišejníky a brouci) je do jisté míry závislá na pařezovém biotopu [7].

Těžba pařezů v zahraničí

Techniky kácení pařezů v Britské Kolumbii, Finsku, Švédsku a Spojeném království jsou poměrně podobné. V Britské Kolumbii se doporučuje používat k vytahování pařezů „bagry se standardní lžící a hydraulicky ovládaným uchopovacím palcem“. Vzhledem k tomu, že pařezy jsou obvykle ponechány obráceny v otvoru, ze které byly vytaženy, není obvykle nutný jejich transport. Ve Finsku, Švédsku a Spojeném království se nejzákladnější systém sklizně pařezů skládá z bagru s účelovou hlavicí pro sklizeň pařezů, která se používá k vytahování, rozstřížení a odklizení pařezů, a z nakladače, který slouží k přesunu pařezů ke krajnici, kde se uskladní. Mezi sklízecí hlavice patří různé modely Pallari „Kantokunkku“, Alto, Steelpa a Hercules. Hlavní rozdíly mezi zařízeními pro těžbu pařezů v Britské Kolumbii a v Evropě tedy spočívají v používání účelových klučících hlavic a v používání forwarderů pro přepravu pařezů.

Válcové vrtáky mohou být účinné při vytahování stromů s dlouhými kůlovými kořeny, jako jsou borovice nebo topoly. Takové vrtáky se hojně používají na plantážích v Itálii, Maďarsku a na Balkáně. Ve Švédsku byl na pařezech borovice i smrku testován nově navržený válcový pařezový vrták o průměru 70 cm, ale výtěžnost dřeva byla nižší než obvykle, protože vrták přerušuje boční kořeny a vrták, který je v podstatě obří děrovací pilou, se snadno poškodil hrubými úlomky. Válcové vrtáky by samozřejmě nebyly vhodné pro ošetření porostů napadených kořenovými chorobami, protože ponechávají hrubé kořeny v půdě neporušené.

Ve Finsku je v současné době běžnou praxí sklízet pařezy až při konečném kácení, protože při odstraňování pařezů při prořezávce může dojít k poškození zbytků porostu. Ačkoli se pařezové vrtáky ve Finsku nepoužívají, byl v roce 2010 s omezeným úspěchem testován konvenční pařezový vrták John Deere jako metoda sklizně smrkových pařezů při prořezávkách [71].

Kanada

S výjimkou Nového Brunswicku žádná kanadská provincie nevypracovala specifické pokyny pro těžbu lesní biomasy, ačkoli se vyvíjejí v Manitobě, Novém Skotsku, Quebecu a Saskatchewanu. V Ontariu jsou stávající směrnice pro těžbu lesů pravidelně přezkoumávány, aby bylo zajištěno, že řeší vyvíjející se problémy, jako je např. sklizeň biomasy. Zásady týkající se sklizně biomasy v Ontariu, Quebecu, New Brunswick a Nova Scotia výslovně zakazují odstraňování pařezů pro výrobu energie. Naproti tomu zákon Saskatchewan's Forest and Range Practices Act zahrnuje do definice dřeva pařezy, což naznačuje, že pařezový materiál lze považovat za komerční zdroj. Nebyly nalezeny žádné konkrétní odkazy na těžbu pařezů v Albertě nebo Newfoundlandu, ačkoli Alberta Sustainable Resource Development je proti intenzivní sklizni biomasy v této provincii [72].

Pouze Britská Kolumbie vypracovala pokyny týkající se odstraňování pařezů, které však byly vypracovány pro účely řízení kořenových chorob a neřeší otázky spojené s odstraňováním pařezů mimo lokalitu. Odstraňování pařezů se experimentálně provádí za účelem tlumení kořenových chorob v Manitobě, ale tato praxe tam není běžná a nezdá se, že by se praktikovala i na Newfoundlandu. V Quebecu se v malém měřítku provádělo vytrhávání infikovaných pařezů, ale není to běžná praxe [71].

Spojené státy americké

Řada amerických států vypracovala směrnice pro sklizeň biomasy v rámci v posledních letech. Obecně tyto směrnice doporučují ponechávat pařezy neporušené. Alabama však doporučuje vyhnout se sklizni pařezů na území na místech náchylných k erozi.

Evropa

V Dánsku se odstraňování pařezů nedoporučuje. Ve Francii sice existují pokyny pro sklizeň biomasy, ale o pařezech se nezmiňují. Naproti tomu Finsko, Litva, Švédsko a Spojené království vypracovaly pokyny pro sklizeň biomasy, které se zabývají také sklizní pařezů. odstraňování pařezů pro výrobu energie za určitých podmínek.

Finsko

Finsko má nejpracovanější systém sklizně pařezové biomasy, a přesto se pařezy ve velkém měřítku využívají k výrobě bioenergie teprve v poslední době. Mezi lety 2000 a 2006 se využití pařezů a kořenů jako suroviny pro výrobu lesní štěpky zvýšilo z 5 000 m³ na 458 000 m³ a do roku 2008 dosáhlo přibližně 2 000 000 m³. V současné době se pařezová těžba provádí pouze při konečném kácení (tj. nikoliv při prořezávkách), pro které byly vypracovány směrnice pro odstraňování pařezů [73].

Švédsko

Sklizeň pařezů pro bioenergetické účely je ve Švédsku poměrně novinkou. V roce 2008 bylo sklizeno jen několik pařezů. V roce 2009 švédská lesnická rada povolila „kontrolovanou a zodpovědnou“ těžbu pařezů. Švédsko nedávno zveřejnilo pokyny pro těžbu pařezů a odstraňování pařezů v této zemi se doporučuje až při konečném kácení [74].

Spojené království

Ve Spojeném království se zbytky z lesní těžby stále častěji využívají k dodávkám energie a pozornost se nyní obrací k využití pařezů, zejména v jižním Skotsku. Stejně jako ve Finsku a Švédsku se ani ve Spojeném království při prořezávkách těžba pařezů neprovádí, protože hrozí poškození sousedních stromů, a těžba pařezů pro biomasu se provádí až při konečném kácení. Lesnická komise nedávno zveřejnila pokyny, které mají lesnímu hospodářství pomoci při určování lokalit, kde lze pařezy odstranit, aniž by byla ohrožena dlouhodobá produktivita lokality. Nicméně, tyto pokyny se nevztahují na lokality napadené svazem *Heterobasidion annosum*, jako například ve východní Anglii, kde jsou opatření k omezení výskytu kořenových chorob. jsou považována za prioritní [75].

3 MECHANIZACE A STROJE PRO ZÍSKÁVÁNÍ DŘEVNÍ HMOTY Z PAŘEZŮ

V současnosti jsou pařezy a kořeny získávány tzv. klučením. To je však obvyklé jen při některých formách lesnického obhospodařování lesů v borových oblastech a v lužních lesích. V menší míře se ještě klučení pařezů užívá při odlesňování ploch pro vodní nádrže, komunikace a stavby, případně při celoplošné přípravě půdy před zalesněním. Vytěžená hmota však není zpravidla využita z důvodu většího obsahu nežádoucích příměsí, které by při zpracování na energetickou štěpku ovlivnily její kvalitu. Po vyklučení jsou tak pařezy většinou shrnovány buldozery do valů nebo terénních prohlubní, ve kterých jsou ponechávány přirozenému rozpadu. To však má za následek dlouholetou ztrátu produkční plochy a dopravní zneprístupnění následného porostu. Lokálně se tak provádí i tzv. „pohřbívání“ pařezů, při kterém se bagrem vyhloubí příkop, do kterého se pařezy nahnou a překryjí zeminou (Obr. 3–4). Nevýhodou tohoto způsobu je vysoká nákladnost, ohrožení spodních vod a poškozování kořenů následného porostu, ke kterému dochází nerovnoměrným sesedáním zeminy.

Obr. 3–4 Ukázka nahnuté a nevyužitě pařezová hmoty pod vrstvou zeminy



Značný pokrok ve vývoji technologií však dnes umožňuje pařezové dřevo zpracovat v mnohem lepší kvalitě, než tomu bylo doposud. Díky novým technologiím se dnes tato hmota vyzvedává a částečně zpracovává klučicí hlavici pro trhání pařezů, která je vytrhne, rozštípe a očistí od hlíny i kamení. Déšť a další sušení zlepšuje kvalitu pařezového dříví, které je následně možné zpracovat stejně jako jiné zdroje dendromasy na požadovaný produkt (dřevní štěpka) ve standardní kvalitě. Technologie těžby a zpracování je v současné době konkurenceschopná a kvalita štěpky vyhovující. Lesní práce spojené s odstraňováním pařezů jsou postupem času jednodušší a cenově efektivnější než v minulosti. Pařezové dříví dobré kvality je v zimním období nejlepším lesním palivem pro teplárny.

Těžba pařezů, kromě energetické využitelnosti, přináší řadu dalších významných vědeckých poznatků, navzdory odpůrcům z řad ekologů a ochránců přírody. Některé studie prokázaly, že pařezy není vhodné ponechávat k postupnému rozkladu, protože

na některých lokalitách se mohou vyskytovat dřevokazné houby (*Heterobasidion anosum* (Fr.) Bref.), u kterých se hniloba přenáší do kořenových systémů. Dobývání pařezů narušuje značnou část horní vrstvy minerální půdy, což má za účinek zky-pření půdního horizontu, resp. promíchání půdy zvyšující retenční (vodozadržnou) vlastnost půdy. Jelikož je značná část povrchu půdy po těžbě pařezu mineralizována, snižuje se potřeba přípravy lokality pro následnou obnovu lesa (vč. podmínek pro přirozený nálet), a tím se snižují i finanční náklady na obnovu lesa [48], což představuje pozitivum v podobě nevynaložených výdajů pro vlastníky lesů. Prodejem energetického paliva pak vzniká další zdroj příjmů hospodáře. Rovněž se zlepší podmínky pro počáteční dostupnost dusíku pro nové cílené dřeviny, a to díky zvýšené mineralizaci [49; 50]. Proto můžeme extrahováním pařezů podporovat přirozenou obnovu [48] a dobývání pařezů tedy také považovat za způsob přípravy plochy na mechanizované zalesňování v rámci obnovy lesa. Persson and Egnell (2018) dodávají, že těžba pařezů nemá negativní vliv na růst příští generace lesů [7]. Což potvrzují i Egnell (2016) and Hyvönen et al. (2016), kteří dodávají, že jejich studie nezaznamenaly žádné dlouhodobé negativní environmentální efekty při těžbě pařezů na podrostovou vegetaci a produktivitu porostu [51].

Technika při dobývání pařezů

Technikou pro odstranění pařezů z mýtiny může být použití dozeru. Klučení pařezů se provádí tlakem radlice přímo na patu pařezu, přičemž současně probíhá její zdvihání. Důsledek této činnosti je vyvrácení pařezu. Pokud pařez klade nadměrný odpor, musí být radlicí dozeru přetrženy kořeny (zpravidla u pařezů s průměrem nad 25 cm). Nevýhodou této techniky je, že pařezy nelze po těžbě využít k energetickým účelům.

Dalším způsobem dobývání pařezů je při použití trhaviny, které má tři varianty:

1. „přiloží“, kdy je trhavina přiložena na povrch pařezu;
2. „na výhoz“, kdy je trhavina vložena do předem vyvrtaného otvoru pod pařez, přičemž explozí dojde k jeho uvolnění;
3. „náloží ve vrtaném otvoru“, kdy je trhavina umístěna do vyvrtaného otvoru v pařezu.

Pařezy lze klučit rovněž pomocí lana navijáku. Nejprve dojde k přesečení povrchových kořenů pařezu. Poté je lano provlečeno silovou kladkou, případně kladkostrojem a ukotví se ke kotevnímu pařezu. Ke kladce je připevněn lanový úvazek podvlečený pod pahýl přeseknutého kořenu v opačném směru, než kde se nachází kotevní pařez. Tahem lana se pařez překlápí nebo přetácí a uvolňuje z půdy.

Variantou je klučení pařezů pomocí lana navijáku je klučení pařezů lanem navijáku s klučicí trojnožkou, kdy se po přerušení povrchových kořenů lano navijáku provleče přes kladkostroj (tím se vícenásobně zvýší tažná síla lana) zavěšený na trojnožce nad pařezem. Řetězový úvazek kladkostroje se připevní k pahýlům kořenů na jedné straně pařezu, který se pak tahem lana vyvrátí.

Vyvrtávání nebo rozmělnění hmoty pařezu umožňuje princip traktorem neseného dutého vrtáku o průměru 600 mm vyvrtávajícího válec zeminy včetně pařezu. Pro rozmělnění hmoty pařezů slouží speciální na traktorech nesené frézy s vertikálním

nebo horizontálním směrem otáčení). Jen pro odstranění nadzemní hmoty pařezu jsou používány frézy nesené na traktorech. Dalším principem je „dlabací adaptér“ (Obr. 5–6) nesený na výložníku bagru rozměňující přímočarým pohybem nástroje pařez i s kořeny.

Obr. 5 Ukázka dobývání pařezů pomocí techniky „dlabání“ I.



Obr. 6 Ukázka dobývání pařezů pomocí techniky „dlabání“ II.



Další alternativou klučení pařezů jsou klučící adaptéry na výložnicích bagrů (Obr. 7 8), které se používají při rozsáhlém klučení pařezů při odlesňování pro výstavbu a při celoplošné těžbě pařezů k energetickým účelům. Jednodušší variantou je použití trhacího zubu na hydraulickém rypadle, kterým se pařez pouze vytrhne; složitější variantou je použití speciálního nástroje, sloužícího nejen k vytrhnutí pařezu,

ale umožňujícího i odstříhání kořenů, rozstříhnutí velkého pařezu před vytrhnutím, případně umožňujícího pařez částečně zbavit zeminy oklepáním vibracemi nástroje. Konstrukce těchto adaptérů však nejsou vhodné pro trhání pařezů na lesních pozemcích.

Obr. 7–8 Klučící hlavice Woodcracker R900 využívána při úpravách terénu pro stavební účely.



Prostředkem pro dobývání pařezů je i finská čtyřramenná klučící hlavice. Základním strojem je bagr o hmotnosti 20 t a výše, což je nutné pro jeho stabilitu při vytahování pařezů z půdy, zejména obsahuje-li větší podíl skeletu. Hlavice je zavěšena na rotátoru a má dálkové ovládání 4 ramen, která jsou na konci zahnutá tak, aby při sevření ramen okolo pařezu zahnuté konce obepnuly pařez ve spodní části. Tahem směrem vzhůru je pařez vytažen do výšky cca 1 metr. Postupně jsou jednotlivá ramena hlavice stranově roztahována a svírána, tím se postupně uvolňuje zemina a kameny ze spodních prostor mezi kořenovým systémem. Zemina dopadá do místa po pařezu a plocha je zarovnána. Pařezy jsou postupně rozděleny na 3–4 části, tím ještě odpadne zbývající zemina z kořenů. Po rozevření všech ramen jsou části pařezu ukládány na hromady v dosahu hydraulického výložníku [11].

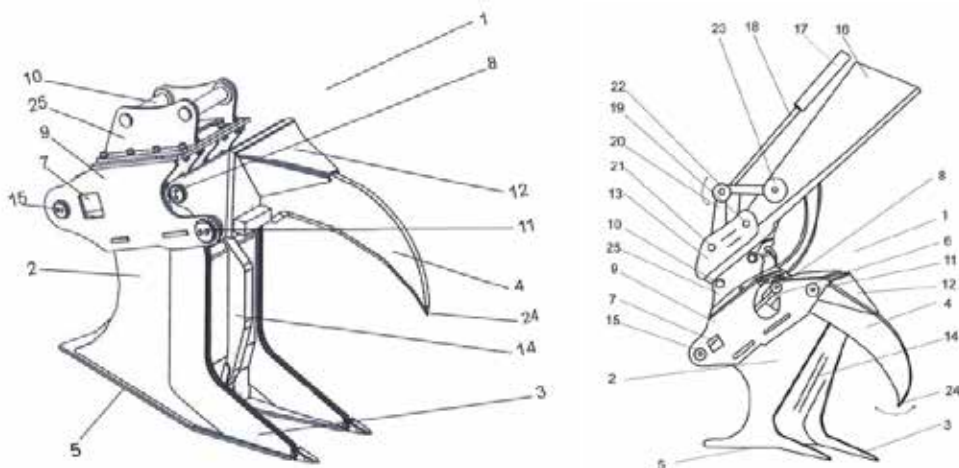
4 NOVÁ TECHNOLOGIE TĚŽBY PAŘEŽŮ JAKO OBNOVITELNÉHO ZDROJE ENERGIE

Objektivní stanovení potenciálních možností produkce dřevní biomasy z pařežů na bázi trvalé udržitelnosti je nutnou podmínkou umožňující efektivní a environmentální přijatelný rozvoj výroby energií. Nejen z tohoto důvodu byl na Ústavu techniky Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně ve spolupráci se strojírenským výrobcem STS Prachatice a.s. vyvinut nový prototyp klučící hlavice, který poslouží k získávání tohoto dřevního materiálu. Tento nový prototyp dokáže šetrným způsobem těžít pařezy, přičemž humusový povrch půdy je pouze minimálně narušen.

Popis klučící hlavice

Obr. 9 Schéma popisu klučící hlavice (vlevo)

Obr. 10 Schéma popisu uchycení klučící hlavice (vpravo)



Na obr. 9 je vidět klučící hlavice (1) podle technického řešení pro připojení na výložník bagru, která obsahuje podpůrné rameno (2), které je na spodní straně zakončeno dvěma vystupujícími rozrývacími hroty (3). Na podpůrném rameni (2) je v jeho horní části uspořádán dutý kryt (9) hlavice (1). V krytu (9) jsou vpředu provedeny otvory pro uložení (11) štípacího ramene (4) a vzadu jsou provedeny otvory pro uložení (15) válce (7) pro ovládání pohybu štípacího ramene. To je další součástí klučící hlavice (1) a jak bylo uvedeno je kyvně uspořádáno v uložení (11). Štípací rameno (4) je zahnuté a ukončené hrotem (24) a směřuje proti a mezi rozrývací hroty (3) na obou stranách podpůrného ramene (2). Na opačném konci, než je hrot (24) je štípací rameno (4) opatřeno ukotvením (8) pro pístnici (6) válce (7), které je kyvně uloženo na příslušné ose. Vysouváním a zasouváním pístnice (6) válce (7) se vykyvuje štípacím ramenem (4). Štípací rameno (4) je v horní části opatřeno krytem (12), který působí jako zarážka. Pohyb je na druhé straně omezen dorazem (14) provedeným na podpůrném rameni (2). Na spodní stěně podpůrného ramene (2) klučící hlavice (1) je vytvořena

základna (5), která slouží ke zhutnění a upravení půdy odkud byl pařez odstraněn pro úspěšnou obnovu holin.

Na obr. 10 je vidět, že na horní straně krytu (9) je uspořádán upínač (25) se dvěma osami (10) upínače (25) sloužícími k připojení klučicí hlavice (1) k výložníku (16) neznázorněného bagru. Upínač (25) je opatřen přírubou (13), která má dvě osy, přičemž na jedné je otočně uspořádán výložník (16) a na druhé ose (21) je uspořádáno svým jedním koncem zalomené rameno (20), které je kyvně ovládáno v zalomení (22) pístnicí (18) výložníku (16) a jeho druhý konec je otočně ukotven přímo na výložníku (16) v ukotvení (23). Druhý konec pístnice (18) je ve válci (17) výložníku (16) bagru.

Proces zpracování jednoho pařezu zahrnuje několik pracovních operací: vytrhání pařezu, jeho rozdělení na více částí, oklepání, očištění, otočení hydraulické ruky, uložení na hromadu a vyrovnání povrchu.

Výhodou klučicí hlavice je, že dokáže sklízet pařezy šetrným způsobem s minimálním narušením půdy. Stroj, na kterém je připevněna, se může pohybovat podél lesních cest a nemusí nutně vjíždět na mýtinu. Jelikož stroj nevstupuje do mýtiny, nedochází také ke zhutňování půdy při jízdě a přejezdu stroje. Další výhodou hlavice je možnost přemístění pařezu nebo jeho částí poté, co se pařez po vytažení ze země, dokud se neoddělí půda a další nežádoucí materiály od pařezu. Vyklízečí hlavici lze používat z pracovních cest stroje a lze zabránit zhutnění půdy přejezdem stroje.

Další výhodou je spodní část těla hlavice, kde je schopna upravit, srovnat, zhutnit a připravit plochu po vytěžení pařezu pro následnou mechanizovanou obnovu lesa. Vyklízečí hlavice používaná k trhání pařezů se vyznačuje tím, že při zvednutí nad zem se základna hlavice a štípací rameno postupně roztahují a stlačují, čímž se uvolňuje zemina a kamení ze spodních prostor těla hlavice a mezi kořenovým systémem. Půda se po pařezu propadne na místo a plocha se vyrovná tak, že je možné mechanizovaně osázet mýtní plochu (nebo následnou přípravu půdy, pokud je to nutné, přímo spodní částí těla hlavice). Hlavice se ovládá dálkově mezi tělesem hlavice a štípacím ramenem, které do sebe zapadají. Když jsou tělo hlavice a štěpkovací rameno uchopeny nad pařez, rozštípnou jej a vytáhnou ze země kus po kuse.

Provozní zkoušky nového prototypu

Před uvedením adaptéru na trh bylo nutné prověřit a prozkoumat všechny aspekty využití v praxi. Hlavním cílem výzkumu bylo zkoumat výkonnost nově vyvinutého zařízení, jedinečného prototypu klučicí hlavice pro ekologické a udržitelné odstraňování pařezů pomocí časové studie. Ta byla prováděna na různých místech a zkoumala vliv průměru pařezu a různých druhů stromů a jejich typu (jehličnaté/ listnaté) na spotřebu času. Dílčím cílem bylo stanovit průměrnou dobu zpracování a určit časovou náročnost a efektivitu při výrobě lesní biomasy. Efektivita produkce byla v tomto příspěvku hodnocena na základě času, který je potřeba ke zpracování jednoho pařezu.

Autoři jsou si vědomi skutečnosti, že cena pařezové biomasy souvisí s více faktory než jen s dobou zpracování. Může být ovlivněna hmotností pařezu, množstvím energie, kterou obsahuje, atd. Údaje použité pro tuto studii byly shromážděny v období od listopadu 2020 do července 2021. V České republice byly vybrány tři experimentální lokality (mýtiny), které se lišily přírodními, klimatickými a půdními podmínkami,

aby výsledky měření mohly být dostatečně objektivní. Lokalizace vybraných výzkumných lokalit je znázorněna na obrázku 11.

Obr. 11 Lokalizace vybrané výzkumné lokality na území České republiky. 1 – LZ Boubín, Polesí Netolice 2 – LHC Strážnice, oblast Ratíškovice, 3 – LHC Strážnice, oblast Bzenec, lokalita Pískovna.



Podrobný popis vybraných lokalit je uveden níže. V letech 2020–2021 byly lesní porosty pokrývající tyto lokality vykáceny. Pařezy byly vytěženy tři až šest měsíců po vykácení stromů. Činnost odstraňování pařezů byla na každé lokalitě prováděna jiným subjektem. Všichni provozovatelé měli s danou činností několikaleté zkušenosti a jejich výkony byly pro účely porovnání výsledků výzkumu srovnatelné.

Před zahájením časové studie byly všechny pařezy, které měly být měřeny na vykácených plochách, očíslovány, byl určen druh a průměr pařezu byl změřen pomocí lesnické průměrky. Výška pařezu byla měřena ve výšce 10 až 30 cm od země, na základě průměru pařezu. Čím větší průměr, tím větší výška pařezu.

Průměr pařezu byl stanoven jako průměr nejdelší a nejkratší strany. Získané údaje byly následně zaznamenány do připravených tabulek. Časové údaje o délce trvání jednotlivých operací byly zaznamenávány na očíslovaných pařezech pomocí elektronických stopek pro přesné měření časových intervalů. V každém cyklu klučení pařezů, který se skládá z příslušných dílčích operací, byl zpracován jeden pařez. Celkem bylo na výzkumných lokalitách zaznamenáno 287 pařezů a 6 druhů dřevin.

Výsledky byly porovnávány ve vztahu k typu podloží, velikosti průměru pařezu a typu či druhu stromu. Prototyp klučící hlavice, o váze cca 2 tuny byl dopraven a připojen (Obr. 12–13) jako adaptér k pásovému rýpadlu JCB JS 220 LC (Tabulka 1). Tento typ rýpadla byl použit proto, že některé dřívější výzkumné aktivity potvrdily hypotézu, že optimální výkon vyžaduje rýpadlo vyšší výkonnostní třídy a vyšší hmotnosti; v opačném případě by výkonnost klučící hlavice nedosáhla svého potenciálu.

Tab. 1 Technické parametry JCB 220X SL [76]

Hmotnost	23.002t
Přepravní délka	9.622m
Přepravní šířka	2.77m
Přepravní výška	3.266m
Šířka pásů	600mm
Výložník	MB
Maximální dosah	9,361 m
Hlubkový dosah	6,096m
Rypná síla	126.6 kN
Výrobce motoru	JCB
Typ motoru	448 DIESELMAX
Výkon motoru	129 kW

Obr. 12–13 Doprava klučicí hlavice a přemístění na zem prostřednictvím výložníku

Hlavice byla umístěna na výložníku rypadla v jeho úchytu (Obr. 14–15), kde bylo dálkově ovládáno propojení těla hlavice a štípacího ramene. Následně dochází k napojení hydraulického systému na klučicí hlavici a napojení pravé strany hydraulického okruhu. Před započítím těžební činnosti je ještě nutné provést kontrolu ovládání pohybů výložníku, obou čelistí hlavice a stranovou kontrolu všech částí okruhu a správné funkčnosti celého systému.

Samotná těžba pařezu spočívala v tom, že byl pařez rozštípnut a po částech vytažen ze země do výšky přibližně jednoho metru. V následující poloze hlavice nad zemí se základna hlavice a štípací rameno postupně roztáhly a přitlačily k sobě, čímž se setřásla zemina a kámen na uříznutém pařezu nebo v jeho kořenovém systému. Při vyvracení se pařez nebo jeho části přemísťovaly, dokud se od pařezu neoddělil veškerý nežádoucí materiál. Do prostoru po vyvráceném pařezu se sesypala zemina a povrch půdy se vyrovnal a ztuhl pomoci spodní části hlavicového tělesa. Poté byly pařezy nebo jejich části pomocí výložníku uloženy na hromady.

Obr. 14–15 Aplikace klučící hlavice na výložník bagru JCB. Odpojení bagrové lžice a montáž klučící hlavice a kontrola upevnění na koncovou část výložníku



Pracovní dosah výložníku je do 10 m na každou stranu, kam se ukládaly části pařezů. Vyvázečský stroj pojížděl ve stejné dráze jako bagr a vyvážel části pařezů na úložiště podél cesty. Nakládáním a vykládáním nastavá zároveň očištění dendromasy od nežádoucích příměsí.

Doba zpracování jednoho pařezu je pracovní proces, který se skládá z několika operací: vytrhnutí, rozštípání, očištění pařezů od zeminy a následné povrchová úprava, popř. zhutnění půdního povrchu s jeho minimálním poškozením. Celý proces byl zaznamenáván na videozáznam, který byl podkladem pro časovou studii a analýzu konkrétních činností. Doba zpracování jednoho pařezu je ovlivněna řadou faktorů. V rámci celkové časové náročnosti výrobního řetězce je nutné ji co nejvíce zkrátit. Každá z těchto operací je nezbytná k dosažení vyššího výkonu, lepší kvality výrobku a vyšší efektivity výroby v souladu s ochranou životního prostředí. Během zpracování pařezu se některé operace mohou opakovat vícekrát – v závislosti na průměru pařezu nebo velikosti kořenového systému – a tyto jednotlivé operace jsou následující:

Vytržení pařezu – proces, při kterém se pařez nebo jeho části vytrhnou ze země a zvednou (Obr. 16). Pokud je pařez nebo kořenový systém větší, musí být nejprve rozštípnut v půdě pomocí štěpkovacího ramene klučící hlavice (Obr. 16) a poté po částech vytažen ze země do výšky přibližně jednoho metru. Výhodou této klučící hlavice je možnost pařez, resp. jeho části, po vytažení z podloží přemísťovat, dokud se od vytaženého pařezu neoddělí zemina a další nežádoucí materiály. V této následné poloze je proto nutné klučící hlavici zatřást, aby se uvolnila nežádoucí zemina a kameny, které se nacházely na odříznutém pařezu nebo mezi kořenovým systémem. Tuto operaci lze opakovat až do úplného odstranění vytěžené pařezové dendromasy.

Otáčení výložníku – jakmile jsou pařezy nebo jejich části zbaveny nečistot, jsou uchopeny klučící hlavici připevněnou k výložníku rypadla a přemístěny na vybrané místo k uložení na hromady. Počet hromad a vzdálenost mezi nimi jsou určeny především dosahem výložníku rypadla, který nese klučící hlavice.

Obr. 16–17 Sevření pařezu s následným zdvihem, současnými pohyby hlavičky a výložníku vypadne zemina a skelet z kořenového systému



Obr. 18–19 Rozštípání pařezové hmoty a kořenů na požadovanou velikost



Zpětné otáčení výložníku – po ukončení ukládání se výložník rypadla vrátí na místo těžby pařezu a následuje první a další operace, které se opakují, dokud není vytěžena celá pařezová dendromasa.

Uložení – na vybraném úložném místě se očištěné pařezy nebo jejich části uvolní z klučící hlavičky a vhodně se uloží (Obr. 21). Vytěžená dendromasa se pak nechá vyschnout až do požadované vlhkosti.

Povrchové úpravy – použitá technologie nesmí narušit prostředí lokality a je třeba se vyvarovat zejména narušení povrchu půdy, aby byl zachován lesní ekosystém a připraveny podmínky pro zalesnění lokality. Při některých výše uvedených postupech dochází k propadu půdy buď do prostoru, kde je pařez vytržen, nebo do celého okolí lokality. Z tohoto důvodu se povrch zarovná s pohyby výložníku bagru, případně se upravuje a zhutňuje spodní část vyklizovací hlavičky. Tuto operaci nelze provést při použití jiných typů klučících hlavic.

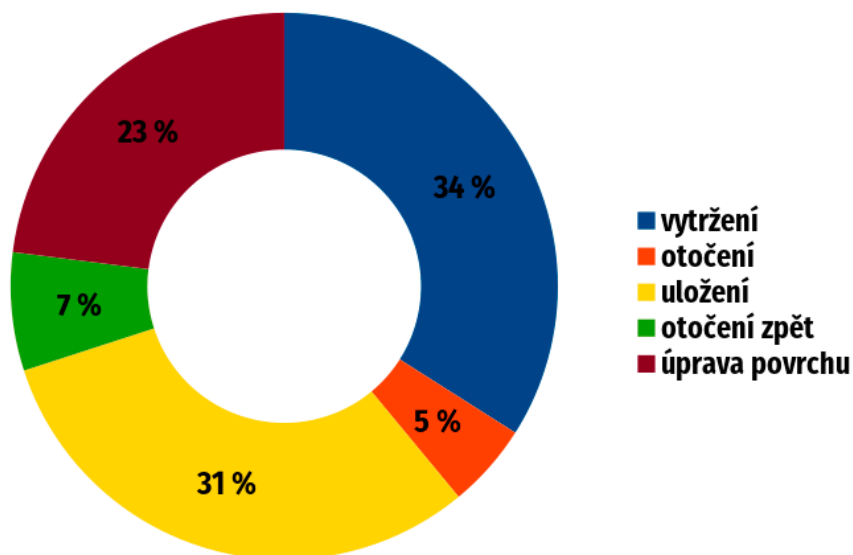
Obr. 20–21 Po odstranění zeminy a zpracování pařezu na menší části vhodné pro vysychání a drcení se očištěné části ukládají otočením výložníku na hromady podél budoucí vyvážecí linky



Metodika časové studie

Časová náročnost a její hodnocení se zaměřily na celkový čas zpracování jednoho pařezu (Obr. 22). Celková doba zpracování jednoho pařezu nezohledňuje cestu od jednoho pařezu k druhému. Zpracování jednoho pařezu zahrnovalo následující pracovní operace: vytržení pařezu; jeho rozdělení na více částí; oklepání – očištění (oddělení zeminy od pařezu); otočení hydraulické ruky, uložení na hromadu; a vyrovnání povrchu – úprava (zhutnění). U pařezů s velkými rozměry musely být pracovní operace několikrát opakovány.

Obr. 22 Procentuální vyjádření poměru spotřeby času jednotlivých pracovních operací



Popis výzkumných lokalit

Lokalita č. 1: LZ Boubín – Polesí Netolice

Vybraná lokalita je klasifikována jako svěží bučina (*Fagetum mesotrophicum*). Půda na této lokalitě byla čerstvě vlhká, hlinitá. Půdní typ kambizem. Na výzkumné ploše byl reliéf terénu svažité. Zastoupení dřeviny na této lokalitě byl výhradně smrk ztepilý (*Picea abies*) a bylo hodnoceno celkem 157 ks pařezů v rozsahu s nejmenším průměrem pařezu 15 cm a největším průměrem pařezu 77 cm.

Za účelem vyhodnocení a porovnání výsledků průměrné doby zpracování jednoho pařezu, byly pařezy rozděleny do tří referenčních skupin dle jejich průměru. První skupina obsahuje všechny pařezy s průměrem menším než 30 cm včetně, druhá skupina pařezy o průměru od 31 do 60 cm včetně, třetí skupina 61 cm a více. Počet pařezů dle rozdělení do příslušných skupin uvádí tabulka 2.

Tab. 2 Zastoupení počtu pařezů dle kritéria průměru na lokalitě LS Boubín – Netolice

Druh dřeviny	Počet pařezů dle kritéria průměru [ks]			Celkem
	30 cm >	31 cm–60 cm	61 cm <	
Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>)	46	97	14	157

Lokalita č. 2: LHC Strážnice – oblast Ratíškovice

Vybraná lokalita je klasifikována jako obohacená habrová doubrava (*Carpineto-Quercetum acerosum deluvium*). Půda je hlinitá, vysychavá, humózní a slabě oglejená. Půdní typ jsou arenické kambizemě oligotrofní až mezotrofní. Na výzkumné ploše byl reliéf terénu rovinatý.

Na této lokalitě se nacházelo pět druhů dřevin s celkem 110 ks pařezů s rozsahem velikosti průměru pařezu 11–140 cm, konkrétně: Dub letní (*Quercus robur*) 20 ks pařezů o průměru 21–140 cm; Smrk ztepilý (*Picea abies*) 37 ks pařezů o průměru 24–66 cm; Javor babyka (*Acer campestre*) 14 ks pařezů o průměru 11–82 cm; Trnovník Akát (*Robinia pseudoacacia*) 17 ks pařezů o průměru 15–60 cm; Lípa srdčitá (*Tilia cordata*) 22 ks pařezů s rozsahem velikosti průměru 11–75 cm. Vzhledem k tomu, že na ploše se vyskytovaly pařezy s vyšším průměrem a pro účely srovnání naměřených hodnot ze všech lokalit dle velikosti průměru pařezu, byly vymezeny čtyři referenční skupiny. Zastoupení a počet pařezů v každé skupině na vybrané lokalitě uvádí Tabulka 3.

Tab. 3 Zastoupení počtu pařezů dle kritéria průměru na lokalitě LHC Strážnice – oblast Ratíškovice

Zastoupení dřevin	Počet pařezů dle kritéria průměru [ks]				Celkem
	30 cm >	31 cm–60 cm	61 cm–90 cm	91 cm <	
Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>) Dub letní (<i>Quercus robur</i>) Javor babyka (<i>Acer campestre</i>) Trnovník Akát (<i>Robinia pseudoacacia</i>) Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>)	30	61	11	8	110

Lokalita č. 3: LHC Strážnice – oblast Bzenec, lokalita Pískovna

Lokalita je charakteristická jako písčité stanoviště, specifické váté písky. Na výzkumné ploše byl reliéf terénu rovinatý.

Na této lokalitě se nacházel jeden druh dřeviny, a to borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Dohromady zde bylo zaznamenáno 20 kusů pařezů s rozsahem velikosti průměru pařezu 14–65 cm. Zastoupení a počet pařezů v každé skupině na vybrané lokalitě znázorňuje tabulka 4.

Tab. 4 Zastoupení počtu pařezů dle kritéria průměru na lokalitě LHC Strážnice – lokalita Pískovna

Druh dřeviny	Počet pařezů dle kritéria průměru [ks]			Celkem
	30 cm >	31 cm–60 cm	61 cm <	
Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	4	14	2	20

Zastoupení pařezů na lokalitách

Zastoupení a počet pařezů v jednotlivých skupinách je uveden v Tabulce 5. Pokud jde o srovnání (jehličnatých/listnatých) dřevin, v LHC Strážnice, okres Ratíškovice, to byl smrk ztepilý (*Picea abies*) s 37 pařezy. Na lokalitě LZ Boubín, okres Netolice, činil počet pařezů smrku ztepilého 157 a jejich průměry se pohybovaly od 15 do 77 cm. Celkem se tedy jednalo o 194 pařezů smrku ztepilého (*Picea abies*). Dalším hodnoceným druhem byla borovice lesní (*Pinus sylvestris*) s 20 pařezy, jejichž průměr se pohyboval od 14 do 65 cm. Celkový počet posuzovaných pařezů jehličnatých dřevin byl 214.

Tab. 5 Zastoupení dřevin a počtu pařezů (včetně jejich průměru)

Druh dřeviny	Počet pařezů [ks]	Rozsah průměru pařezu [cm]
Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>)	194	15–77
Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	20	14–65
Dub letní (<i>Quercus robur</i>)	20	21–140
Javor babyka (<i>Acer campestre</i>)	14	11–82
Trnovník akát (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	17	15–60
Lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>)	22	11–75
Celkem	287	

U listnatých dřevin bylo zaznamenáno 73 pařezů, přičemž podíly jednotlivých druhů byly následující: dub letní (*Quercus robur*) 20 pařezů o průměru od 21 do 140 cm; javor babyka (*Acer campestre*) 14 pařezů o průměru od 11 do 82 cm; trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) 17 pařezů o průměru od 15 do 60 cm; lípa srdčitá (*Tilia cordata*) 22 pařezů o průměru od 11 do 75 cm.

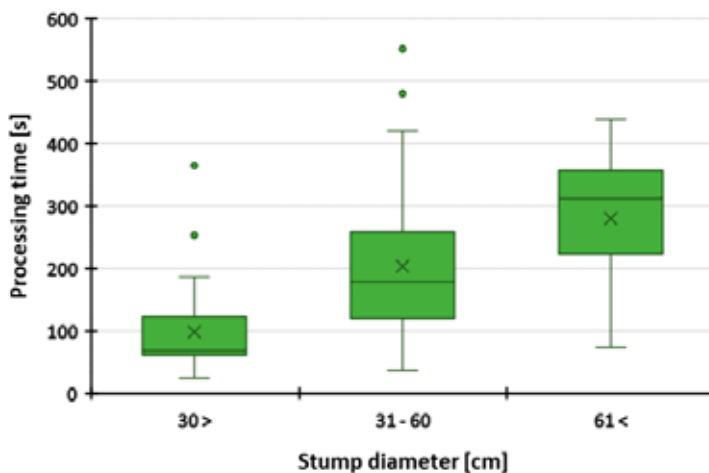
Výsledky

Průměrná doba zpracování jednoho pařezu na vybraných lokalitách dle půdních typů, LZ Boubín – Polesí Netolice (Půda čerstvě vlhká, hlinitá. Půdní typ kambizem)

Z naměřených a zpracovaných dat výzkumu (Graf 1) bylo zjištěno, že ve skupině pařezů s průměrem pařezu do 30 cm je průměrná doba zpracování jednoho pařezu 99 vteřin, což činí 1 minutu a 39 vteřin. Ve skupině pařezů s průměrem od 31–60 cm, činila průměrná doba zpracování jednoho pařezu 204 vteřin, což je v přepočtu 3 minuty a 24 vteřin. Poslední skupina na dané lokalitě hodnotící pařezy s průměrem větším než 61 cm zaznamenala průměrnou hodnotu doby zpracování jednoho pařezu 280 vteřin čili 4 minuty 40 vteřin.

Z výsledků je tedy patrná závislost délky doby zpracování jednoho pařezu na jeho průměru. S rostoucí hodnotou průměru pařezu se tedy zvyšuje i potřebný čas na zpracování jednoho pařezu.

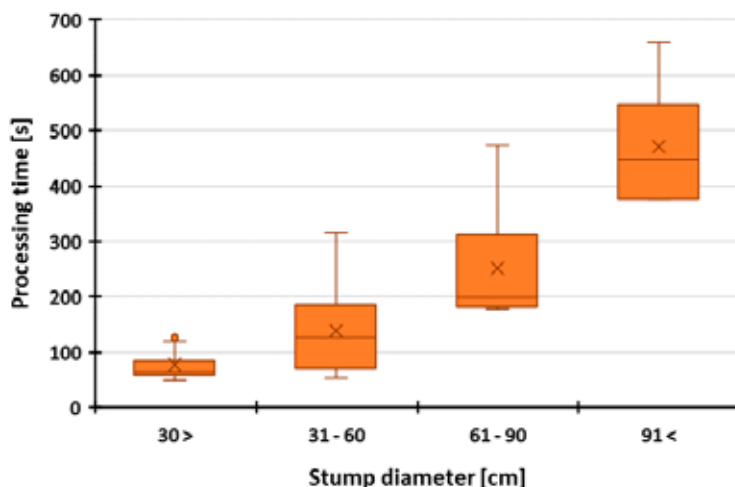
Graf 1 Statistické vyhodnocení doby zpracování jednoho pařezu na lokalitě LZ Boubín – Polesí Netolice



LHC Strážnice – oblast Ratíškovice (Půda hlinitá, vysýchavá, humózní a slabě oglejená. Půdní typ arenické kambizemě oligotrofní až mezotrofní)

Z naměřených a zpracovaných hodnot výzkumu (Graf 1) bylo zjištěno, že ve skupině pařezů s průměrem pařezu do 30 cm je průměrná doba zpracování jednoho pařezu 78 vteřin, což činí 1 minutu a 18 vteřin. Ve skupině pařezů s průměrem od 31–60 cm, činila průměrná doba zpracování jednoho pařezu 139 vteřin, což je v přepočtu 2 minuty a 19 vteřin. Třetí skupina na dané lokalitě hodnotící pařezy s průměrem v rozmezí 61–90 cm zaznamenala průměrnou hodnotu doby zpracování jednoho pařezu 251 vteřin, čili 4 minuty 11 vteřin. Průměrná doba zpracování jednoho pařezu v poslední skupině, v nichž se nacházely pařezy o průměru větším než 90 cm, činila 471 vteřin (7 minut 51 vteřin). Z výsledků je tedy patrná opět závislost délky doby zpracování jednoho pařezu na jeho průměru. Stejně jako na předešlé lokalitě, i zde je patrná závislost mezi hodnotou průměru pařezu a průměrné doby zpracování jednoho pařezu.

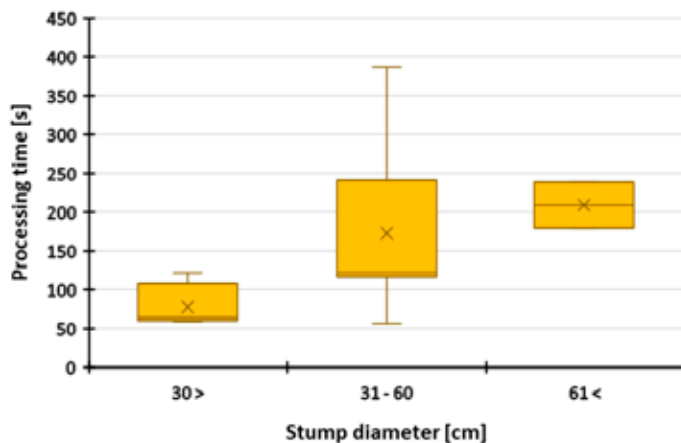
Graf 2 Statistické vyhodnocení doby zpracování jednoho pařezu na lokalitě LHC Strážnice – oblast Ratíškovice



LHC Strážnice – oblast Bzenec, lokalita Pískovna

Ze zaznamenaných hodnot (Graf 2) bylo zjištěno, že ve skupině pařezů s průměrem pařezu do 30 cm je průměrná doba zpracování jednoho pařezu na této lokalitě 77 vteřin, což činí 1 minutu a 17 vteřin. Ve skupině pařezů s průměrem od 31–60 cm, činila průměrná doba zpracování jednoho pařezu 173 vteřin, což je v přepočtu 2 minuty a 53 vteřin. Poslední skupina na dané lokalitě hodnotící největší pařezy s průměrem 61–90 cm zaznamenala průměrnou hodnotu doby zpracování jednoho pařezu 209 vteřin čili 3 minuty 29 vteřin.

Z výsledků je tedy opět patrná závislost délky doby zpracování jednoho pařezu na jeho průměru. S rostoucí hodnotou průměru pařezu se tedy zvyšuje rovněž i potřebný čas na zpracování jednoho pařezu.

Graf 3 Statistické vyhodnocení doby zpracování jednoho pařezu na lokalitě LHC Strážnice – oblast Bzenec, lokalita Pískovna

Srovnání času zpracování jednoho pařezu z hlediska lokality s ohledem na půdní typ dle příslušné skupiny velikosti průměru pařezu

Z hodnot, viz Tabulka 6 lze konstatovat, že na všech lokalitách činily nejkratší dobu zpracování pařezů pařezy, které byly zařazeny do skupiny s průměrem menším než 30 cm. Naopak nejdéle trvalo zpracování pařezů, které se řadily do kategorie s největšími průměry, a to opět na všech zkoumaných lokalitách s odlišným půdním typem. Obecně lze naznat, že při srovnání vybraných lokalit se nijak významně neliší průměrná doba zpracování jednoho pařezu u jednotlivé skupiny dle průměru. Výsledné hodnoty průměrných časů tedy ukazují, že půdní typ nemá zásadní vliv na časovou výkonnost a průměrnou dobu zpracování pařezu.

Tab. 6 Srovnání doby zpracování jednoho pařezu na jednotlivých lokalitách dle kritéria průměru

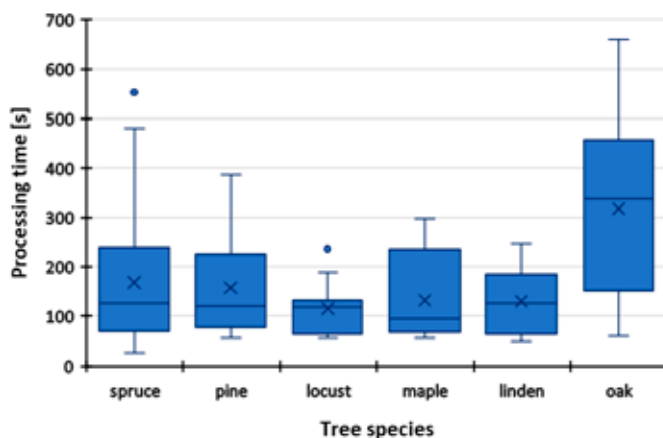
Lokalita	Průměrná doba zpracování pařezu [min:s]			
	30 cm >	31cm-60 cm	61 cm-90 cm	91 cm <
LZ Boubín – Polesí Netolice	1:39	3:24	4:40	-
LHC Strážnice – oblast Ratíškovice	1:18	2:19	4:11	7:51
LHC Strážnice – oblast Bzenec, lokalita Pískovna	1:17	2:53	3:29	-

Srovnání času zpracování jednoho pařezu dle druhu dřeviny

Z Grafu 4 lze vyčíst, že značný rozdíl oproti ostatním dřevinám má v průměrné době zpracování jednoho pařezu dub letní (*Quercus robur*), na který je zapotřebí vynaložit nejvyšší čas při zpracování pařezu, konkrétně 318 vteřin (5 min 18 s). Naopak nejnižší čas 116 vteřin (1 min 56 s) pro zpracování pařezu představuje dřevina trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*). Ve skupině dřeviny smrk ztepilý (*Picea abies*) byla průměrná hodnota doby zpracování jednoho pařezu 168 vteřin (2 min 48 s). Pro skupinu dřeviny borovice lesní (*Pinus sylvestris*) byla průměrná hodnota doby zpracování jednoho pařezu 157 vteřin (2 min 37 s). Ve skupině dřeviny druhu javor babyka (*Acer campestre*) byla průměrná hodnota doby zpracování jednoho pařezu 132 vteřin (2 min 12 s)

a ve skupině dřeviny lípa srdčitá (*Tilia cordata*) byla průměrná hodnota doby zpracování jednoho pařezu 130 vteřin (2 min 10 s).

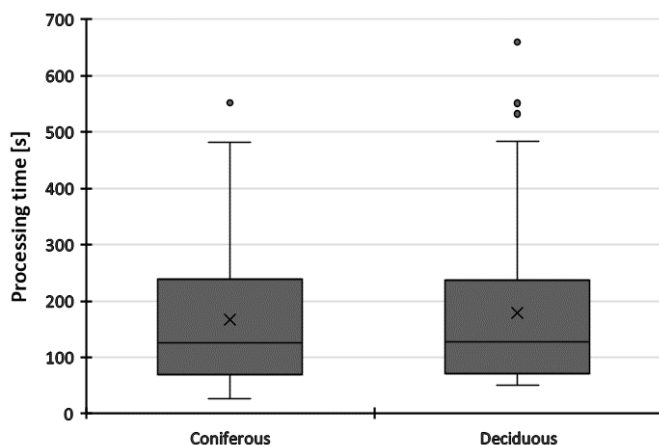
Graf 4 Srovnání času zpracování jednoho pařezu dle druhu dřeviny



Srovnání času zpracování jednoho pařezu dle druhu dřeviny (jehličnaté, listnaté)

Graf 5 představuje srovnání průměrného času při zpracování pařezu u jehličnatých a listnatých dřevin. Ve skupině jehličnatých dřevin byla průměrná hodnota doby zpracování jednoho pařezu 167 vteřin (2 min 47 s). Ve skupině listnatých dřevin byla průměrná hodnota doby zpracování jednoho pařezu 179 vteřin (2 min 59 s). Z takto zjištěných výsledků lze konstatovat, že v případě rychlosti zpracování pařezů není podstatné, jestli se jedná o jehličnatou či listnatou dřevinu.

Graf 5 Srovnání času zpracování jednoho pařezu dle druhu dřeviny (jehličnaté, listnaté)



Ze zjištěných výsledků lze celkově naznat, že zpracování jednoho pařezu je závislé na jeho průměru. S rostoucí hodnotou průměru pařezu se zvyšuje i potřebný čas

na zpracování jednoho pařezu, a to na všech námi zkoumaných lokalitách. Rovněž lze konstatovat, že půdní typy, na kterých jsme prováděli výzkum, nemají navzájem značný význam na době zpracování pařezu. Ovšem na Lokalitě LZ Boubín – Polesí Netolice byly zaznamenány nejvyšší průměrné doby zpracování pařezu (oproti ostatním lokalitám), a to ve všech skupinách průměru pařezu. Na této lokalitě se nachází půdní typ kambizem.

Dřevinu, u které byl značný rozdíl oproti ostatním dřevinám, a to v průměrné době zpracování jednoho pařezu, představoval dub letní (*Quercus robur*). Naopak nejnižší čas pro zpracování jednoho pařezu byl zaznamenán u dřeviny trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*).

Rovněž lze konstatovat, že nebyl zaznamenán významný časový rozdíl ve zpracování pařezů mezi listnatými a jehličnatými dřevinami.

Shrnutí výsledků výzkumné činnosti

Provozní zkoušky prototypu klučící hlavice přispěly k novým poznatkům o využití dalšího zdroje energie, dendromasy, kterou lze získat z odpadu při těžbě dřeva. Konstrukce prototypu klučící hlavice umožňuje zpracování pařezů bez zjevného znečištění, tj. v kvalitě srovnatelné s ostatními částmi dendromasy, a zároveň zabraňuje degradaci půdy a připravuje místo pro obnovu lesa. Pokud jde o budoucí využitelnost, výsledky této studie mohou být podkladem pro vyhodnocení či porovnání časové a ekonomické efektivity využití technologie odstraňování pařezů. K tomuto účelu byl použit dostatečný soubor vyvrácených a očištěných pařezů, které byly po vykácení stromů na vybraných lokalitách ponechány na vykácené ploše. Lokality byly vybrány tak, aby byla zajištěna rozdílnost typů podloží pro vyhodnocení a porovnání výkonnosti hlavice nejen podle typu půdy, ale také podle velikosti průměru pařezu a druhu stromu.

Přestože odstraňování pařezů prováděl na každé lokalitě jiný pracovník, nemělo to na průměrnou dobu zpracování pařezů významný vliv, protože všichni pracovníci mají s danou činností několikaleté zkušenosti a jejich výkonnost je srovnatelná. Obecně lze konstatovat, že výkonnost jakéhokoli stroje řízeného člověkem závisí na výkonu člověka, konkrétně na zkušenostech obsluhy stroje. Operátoři pracující se strojem vybaveným klučící hlavici měli velmi podobné dlouhodobé zkušenosti a rozdíly v jejich výkonnosti byly nezaznamenatelné, přičemž hmotnostní a výkonnostní třída bagru je základním předpokladem pro plné využití provozního potenciálu nového prototypu. Sklizeň pařezů není závislá na obsluze stroje jako při kácení nebo prořezávkách, kde je kladen větší důraz na produkt a jeho výslednou kvalitu. Jsme si vědomi toho, že ideální situací by bylo, kdyby práci dokončil stejný operátor. Z praktických důvodů to nebylo možné, proto jsme vybrali operátory se stejnou pracovní zkušeností. Přestože zde může být mírný vliv rozdílů mezi operacemi, nemá to vliv na výsledek našich zjištění.

Výsledky výzkumu ukázaly, že doba zpracování jednoho pařezu závisí na jeho průměru. Podobný názor publikovali Palander et al. [77], kteří na základě výsledků svého výzkumu potvrdili, že doba pro vyvrácení pařezů o větším průměru je delší. Nejdelší doba zpracování jednoho pařezu byla zaznamenána u dubu letního (*Quercus robur*). To nebylo až tak překvapivé, protože průměry pařezů větší než 90 cm byly u tohoto druhu zastoupeny ve 45 % z celkového počtu pařezů. Důležitým faktorem může být

také tvar a struktura jeho kořenového systému, který dosahuje podstatně větší hloubky než např. kořenový systém smrku ztepilého (*Picea abies*), který je plochý a mělký.

Překvapivou skutečností však bylo, že na základě našich terénních stanovišť nemají půdní typy téměř žádný vliv na průměrnou dobu zpracování jednoho pařezu. Srovnáním bylo prokázáno, že skupiny průměrů pařezů na všech třech lokalitách měly přibližně stejnou dobu zpracování pařezů s rozdíly menšími než 10 %.

Stejná situace byla zaznamenána i při porovnání průměrné doby zpracování jednoho pařezu mezi jehličnatými a listnatými dřevinami, kdy byly výsledky téměř shodné. Zastoupení dřevin a průměrů pařezů není jednotné, a proto se srovnání podle vybraných faktorů může jevit jako zkreslené nebo nedostatečné. Nicméně všechny výzkumné činnosti byly prováděny podle místních přírodních podmínek a časovým možностям všech účastníků a množství shromážděných údajů lze považovat za dostatečné pro využití výsledků výzkumu v praxi.

Laitila et al. [78] použili ke zvedání pařezů bagr o hmotnosti 17 tun s vidlicovým náradím a tvrdili, že pro zpracování pařezů o průměru do 47 cm potřeboval bagr méně času než pro zpracování pařezů o průměru nad 47 cm. Stejní autoři informují, že čas potřebný ke zpracování pařezu o průměru 35 cm je 51 s. Fredriksson [79] a Kärhä [80] dodávají, že klučení velkých pařezů vyžaduje těžší stroje s větší stabilitou a výkonem (stejný názor jako náš na základě předchozích výzkumných studií). Zároveň uvádějí příklad z Finska, kde se k odstraňování pařezů nejčastěji používají stroje o hmotnosti 21 tun. Další výhodou velkých bagrů je větší dosah jejich výložníku, což zvyšuje jejich produktivitu, protože jsou schopny zpracovat více pařezů z jednoho místa bez nutnosti pojezdu.

Náš výzkum také prokázal, že doba potřebná ke zpracování jednoho pařezu se zvyšuje s rostoucí velikostí pařezu, v našem případě bez ohledu na typ půdy. Jsme si vědomi omezení tohoto výzkumu souvisejících s kvalitou půdy. Pro další výzkum bychom navrhovali podrobnější analýzu složení půdy.

Palander et al. [77] také tvrdí, že vztah mezi časovou produktivitou a průměrem pařezu je lineární. Podobně i Laitila et al. [78] a Kärhä [81] zjistili, že změny v časové produktivitě odstraňování pařezů jsou v různověkových porostech různé a variabilita roste při větších průměrech pařezů. Palander et al. [77] předpokládají, že rozdíly v časové produktivitě pravděpodobně vyplývají z rozdílných metod odstraňování pařezů, tj. z použitých strojů a vlivu osoby, která pařezy těží.

Zpracováním údajů ze všech terénních měření bylo zjištěno, že průměrná doba zpracování jednoho pařezu, včetně ošetření narušeného povrchu půdy, se pohybuje od dvou do tří minut. To je doba, během které by nebylo možné proces provést za použití současných strojů a technologií.

Provozní zkoušky z hlediska ergonomických požadavků

Nový prototyp klučící hlavice byl v průběhu roku 2021 podroben provozním zkouškám na celkem čtyřech lokalitách. Během nichž byli měřeni dva operátoři, kteří obsluhovali bagr nesoucí klučící hlavici jako adaptér na svém výložníku.

V rámci měření bylo zaznamenáno:

- Hodnoty srdeční tepové frekvence operátora bagru
- Průběh teploty v místě měření a srdeční tepové frekvence operátora bagru
- Srdeční frekvence operátora bagru v závislosti na pohybu bagru

- Znázornění pohybu bagru na pasece v době měření
- Trasa pohybu bagru po lesním porostu
- Úroveň nadmořské výšky lokality, na které probíhalo měření

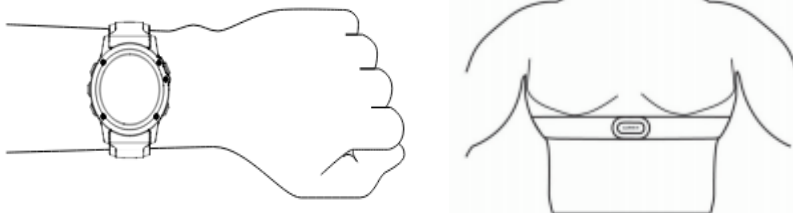
Měření tepové frekvence a umístění měřicího zařízení + maximální tepová frekvence

Tepová frekvence vyjadřuje počet srdečních tepů za 1 minutu (vyjadřuje, kolikrát se srdce za 1 minutu stáhne a uvolní). Rovněž představuje jednoduchý ukazatel zatížení organismu čili intenzity (náročnosti) právě prováděné aktivity pohybu. Za normální tepovou frekvenci v klidovém stavu po dovršení deseti let věku se dle Amerického Institutu národního zdraví (National Institutes of Health – NIH) považuje hodnota 60 až 100 tepů za minutu.

Při získávání a snímání údajů o tepové frekvenci byl použitý tzv. sporttester Garmin, který sestává z přijímače signálu, jenž je ve formě náramkových hodinek s computerovým displejem a z hrudního snímače Garmin HRM–Tri™, který představuje analyzátor a vysílač tepové frekvence. Náramkové hodinky byly po celou dobu snímání nasazené a pevně upevněné nad zápěstní kosti levé ruky operátora bagru, který prováděl činnost dobývání pařezů (Obr. 23). Hrudní snímač srdečního tepu měl operátor bagru umístěný na těle přímo na kůži těsně pod hrudní kostí tak, aby při vykonávaných pohybech v rámci své pracovní činnosti zůstal tento pás na požadovaném místě a nedošlo k jeho posunutí či uvolnění (Obr. 24).

Obr. 23 Umístění hodinek Garmin (Garmin.cz)

Obr. 24 Umístění hrudního snímače (Garmin.cz)



Maximální tepová frekvence

Při měření a následném hodnocení tepové frekvence je důležitou veličinou maximální tepová frekvence, která představuje číselnou hodnotu uvádějící maximální počet kontrakcí, jenž je naše srdce schopno zvládnout za jednu minutu.

Pro účely měření ostatních parametrů a údajů uváděných v této závěrečné zprávě, bylo rovněž využito sporttesteru Garmin a hrudního snímače Garmin HRM–Tri™. Oba dva přístroje měl operátor bagru umístěné na těle stejným způsobem, jako je popsáno výše.

Praktické měření I.

Provozní zkoušky č. 1, 2

Operátor bagru:

Pohlaví: **MUŽ**

Věk: **58 let**

Tělesná výška: **176 cm**

Tělesná hmotnost: **130 kg**

BMI: **41,97**

Měření probíhalo na lesní pasece, která je v majetku Lesů České republiky v katastrálním území obce Ratiškovice. Měřeným pracovníkem byl muž ve věku 58 let s tělesnou výškou 176 cm a tělesnou hmotností 130 kg. Jeho index tělesné hmotnosti (BMI – body mass index) činí hodnotu 41,97, což v hodnocení BMI představuje „*Velmi vysoká nadváha (Obezita 3. stupně)*“. Tento pracovník – operátor bagru prováděl dobývání pařezů na dvou námi měřených lokalitách. Proto níže popsané výsledky odpovídají pouze jednomu, a to právě tomuto pracovníkovi. Měření probíhalo během dvou dnů, a to 6. dubna 2021 a 7. dubna 2021.

1. měření (6. dubna 2021)

Měření bylo realizováno v čase od 14:42 hodin po dobu 48 minut. Průměrná venkovní teplota (během doby měření) dosahovala hodnoty 2,8 °C s tím, že byly přeháňky. Průměrná rychlost větru činila 22 km/h (6,11 m/s). Vlhkost vzduchu byla 60 %.

V rámci měření z oblasti „Ergonomie“ byly zjišťovány, měřeny a následně vyhodnoceny námi vybrané ukazatele, jejichž detailní rozbor s konkrétními výsledky je popsán níže.

Tepová frekvence

V rámci měření byl operátor bagru podroben měření po dobu 48 minut, přičemž jeho průměrná tepová frekvence činila 85 t/min a nejvyšší hodnota srdeční tepová frekvence představovala hodnotu 105 t/min (Graf. 6). Průměrná tepová frekvence operátora bagru představovala 43 % z jeho maximální tepové frekvence. Hodnota nejvyšší naměřené tepové frekvence činila 53 % z maximální tepové frekvence operátora bagru.

Graf 6 Hodnoty srdeční tepové frekvence I.

Námi naměřené průměrné hodnoty tepové frekvence lze zařadit do druhé kategorie (Petr, 1983 [82] – z celkových pěti, přičemž první kategorie představuje „žádné nároky“ a pátá kategorie představuje „Mimořádně vysoké nároky“) hodnot fyzické zátěže. Svalový výkon operátora bagru, během pracovní činnosti dobývání stromů, označujeme dle Hubače (1978) jako „**Mírný**“. Podrobný přehled svalového výkonu představuje Tab. 7.

Tab. 7 Výkon srdce v závislosti na fyzickém zatížení (dle [83])

Svalový výkon	Srdeční frekvence za min.	Minutový energetický výdaj [kJ] (brutto)
Klid (sed)	70	4,2–6,3
Malý	75–95	6,7–16,7
Mírný	96–115	17,2–25,1
Střední	116–130	25,5–37,6
Velký	131–150	38,1–50,2
Velmi velký	nad 150	nad 50,66

Obr. 25 představuje a zobrazuje celkové procentuální rozložení hodnot srdeční tepové frekvence měřeného operátora bagru do pěti zón během jeho výkonu pracovní činnosti.

Obr. 25 Zóny srdečního tepu I.

Jak již bylo uvedeno, hrudní snímač měl operátor bagru umístěný na těle přímo na kůži těsně pod hrudní kostí. Tento snímač zaznamenával mj. i teplotu těla v místě jeho umístění čili pod hrudní kostí. Při prováděném měření byla zaznamenána průměrná teplota v místě měření 22,0 °C, nejnižší hodnota byla 19,0 °C a maximální naměřená teplota činila 27,0 °C. Přičemž průměrná venkovní teplota činila 2,8 °C. Následující graf představuje průběh zaznamenané teploty na hrudi operátora bagru s překrytím zaznamenaných hodnot srdeční tepové frekvence (Graf. 7).

Graf 7 Průběh teploty v místě měření a srdeční tepové frekvence I.

Následující graf (Graf 8) představuje průběh srdeční tepové frekvence měřeného operátora bagru v závislosti na pohybu bagru během pozorovaného měření. Hodnoty „Tempo“ (označené šedou barvou) představují pohyb bagru. Čím je tato hodnota větší, představuje pohyb bagru a s tím i související rychlost bagru. Naopak pokud je tato hodnota vodorovná s osou x, bagr v daný moment stál na místě a prováděl činnost dobývání pařezů.

Graf 8 Srdeční frekvence operátora bagru v závislosti na pohybu bagru I.**Pohyb bagru po lokalitě během prováděné operace dobývání pařezů**

Během měření, které trvalo 48 minut, se operátor s bagrem pohyboval průměrnou rychlostí 0,9 km/h (včetně nečinnosti pohybu bagru během trhání pařezů). Průměrná rychlost pohybu bagru (pouze pohyb bez činnosti stání při trhání pařezů) činila 15,3 km/h a čas, po který se bagr pohyboval je 2 min a 42 s (po zbývajícím čase stál a prováděl vytloukání pařezů) (Graf. 9).

Graf 9 Znázornění pohybu bagru na pasece v době měření I.

Lokalitu, po které se bagr pohyboval, představuje Obr. 26. Během celé doby měření bagr najel 0,69 km, přičemž jeho průměrné tempo pohybu činilo 3:56 min/km. Z Obr. 26 lze vyčíst oblasti, kde se nacházely pařezy, které byly předmětem činnosti dobývání. Jelikož v jejich oblasti se operátor s bagrem pohyboval velmi pomalu, případně stál na místě (označené modrou barvou). Naopak červená barva na obrázku (rychlejší pohyb) znázorňuje trasu bagru, po které se pohyboval za účelem dopravení se k pařezům.

Obr. 26 Trasa pohybu bagru po lesním porostu I.Pomalejší  Rychlejší

Jako doplňkový údaj byla na dané lokalitě zaznamenána i nadmořská výška, kterou bagr zdolal v průběhu výkonu své práce. Tento údaj znázorňuje Graf 10, ze kterého lze vyčíst, že minimální nadmořská výška činila 188,8 m n. m., kdežto oproti tomu maximální zaznamenaná nadmořská výška byla 195,2 m n. m. Operátor v bagru během svého pohybu po lokalitě celkově vystoupal 10 výškových metrů, naopak sestoupal celkem 9 výškových metrů.

Graf 10 Úroveň nadmořské výšky lokality, na které probíhalo měření I.



2. měření (7. dubna 2021)

Měření bylo realizováno v čase od 9:18 hodin po dobu 5h 40min 18s. Průměrná venkovní teplota (během doby měření) dosahovala hodnoty 2,2 °C s tím, že bylo převážně jasno. Průměrná rychlost větru činila 13 km/h (3,61 m/s). Vlhkost vzduchu byla 69 %.

V rámci měření z oblasti „Ergonomie“ byly zjišťovány, měřeny a následně vyhodnoceny námi vybrané ukazatele, jejichž detailní rozbor s konkrétními výsledky je popsán níže.

Tepová frekvence

V rámci měření byl operátor bagru podroben měření po dobu bezmála 341 minut, přičemž jeho průměrná tepová frekvence činila 80 t/min a nejvyšší hodnota srdeční tepové frekvence představovala hodnotu 97 t/min (Graf 11). Průměrná tepová frekvence operátora bagru představovala 40 % z jeho maximální tepové frekvence. Hodnota nejvyšší naměřené tepové frekvence činila 49 % z maximální tepové frekvence operátora bagru.

Graf 11 Hodnoty srdeční tepové frekvence II.



Dle PETR (1983) [82] lze zařadit námi naměřené průměrné hodnoty tepové frekvence do druhé kategorie (z celkových pěti, přičemž první kategorie představuje

„Žádné nároky“ a pátá kategorie představuje „Mimořádně vysoké nároky“) hodnot fyzické zátěže. Svalový výkon operátora bagru, během pracovní činnosti dobývání stromů, označujeme dle HUBAČ [83] jako „**Mírný**“. Podrobný přehled svalového výkonu představuje Tab. 1.

Obr. 27 představuje a zobrazuje celkové procentuální rozložení hodnot srdeční tepové frekvence měřeného operátora bagru do pěti zón během jeho výkonu pracovní činnosti.

Obr. 27 Zóny srdečního tepu



Jak již bylo uvedeno, hrudní snímač měl operátor bagru umístěný na těle přímo na kůži těsně pod hrudní kostí. Tento snímač zaznamenával mj. i teplotu těla v místě jeho umístění čili pod hrudní kostí. Při prováděném měření byla zaznamenána průměrná teplota v místě měření 28,0 °C, nejnižší hodnota byla 19,0 °C a maximální naměřená teplota činila 32,0 °C. Přičemž průměrná venkovní teplota činila 2,2 °C. Následující graf představuje průběh zaznamenané teploty na hrudi operátora bagru s překrytím zaznamenaných hodnot srdeční tepové frekvence (Graf 12).

Graf 12 Průběh teploty v místě měření a srdeční tepové frekvence II.

Následující graf (Graf 13) představuje průběh srdeční tepové frekvence měřeného operátora bagru v závislosti na pohybu bagru během pozorovaného měření. Hodnoty „Tempo“ (označené šedou barvou) představují pohyb bagru. Čím je tato hodnota větší, představuje pohyb bagru a s tím i související rychlost bagru. Naopak pokud je tato hodnota vodorovná s osou x, bagr v daný moment stál na místě a prováděl činnost dobývání pařezů.

Graf 13 Srdeční frekvence operátora bagru v závislosti na pohybu bagru II.

Pohyb bagru po pasece během prováděné operace dobývání pařezů

Z důvodu špatně nastaveného GPS v měřicím příslušenství nebyly změřeny údaje o rychlosti pohybu bagru. Je zaznamenána pouze trasa na lokalitě, po které se bagr pohyboval (Obr. 28). Nicméně z Obr. 28 lze pouze zjistit trasu pohybu bagru bez rychlosti pohybu (veškerá ujetá trasa bagru je červenou barvou – neodpovídá skutečnosti!). Rovněž z důvodu chybně nastavené GPS neodpovídá reálný začátek místa měření na lokalitě. V rámci tohoto měření nebyla taktéž zaznamenána ani nadmořská výška, kterou bagr v rámci svého pohybu zdolal.

Obr. 28 Trasa pohybu bagru po lesním porostu II.

Pomalejší  Rychlejší

Praktické měření II.

Provozní zkoušky č. 3,4

Operátor bagru:

Pohlaví: MUŽ

Věk: 45 let

Tělesná výška: 180 cm

Tělesná hmotnost: 90 kg

BMI: 26,3

Měření probíhalo nedaleko rychlostní silnice č. 4 v katastrálním území obce Jesenice. Měřeným pracovníkem byl muž ve věku 45 let s tělesnou výškou 180 cm a tělesnou hmotností 90 kg. Jeho index tělesné hmotnosti (BMI – body mass index) činí hodnotu 26,3, což v hodnocení BMI představuje „Lehká nadváha“. Tento pracovník – operátor bagru prováděl dobývání pařezů na dvou námi měřených lokalitách. Proto níže popsané výsledky odpovídají pouze jednomu, a to právě tomuto pracovníkovi. Měření probíhalo během dvou dnů, a to 27. – 28. července 2021.

3. měření (27. červenec 2021)

Měření bylo realizováno v čase od 11:55 hodin po dobu 4h 44min 7s. Průměrná venkovní teplota (během doby měření) dosahovala hodnoty 22,8 °C s tím, že bylo počasí jasno. Průměrná rychlost větru činila 11 km/h (3,06 m/s). Vlhkost vzduchu byla 51 %. V rámci měření z oblasti „Ergonomie“ byly zjišťovány, měřeny a následně vyhodnoceny námi vybrané ukazatele, jejichž detailní rozbor s konkrétními výsledky je popsán níže.

Tepová frekvence

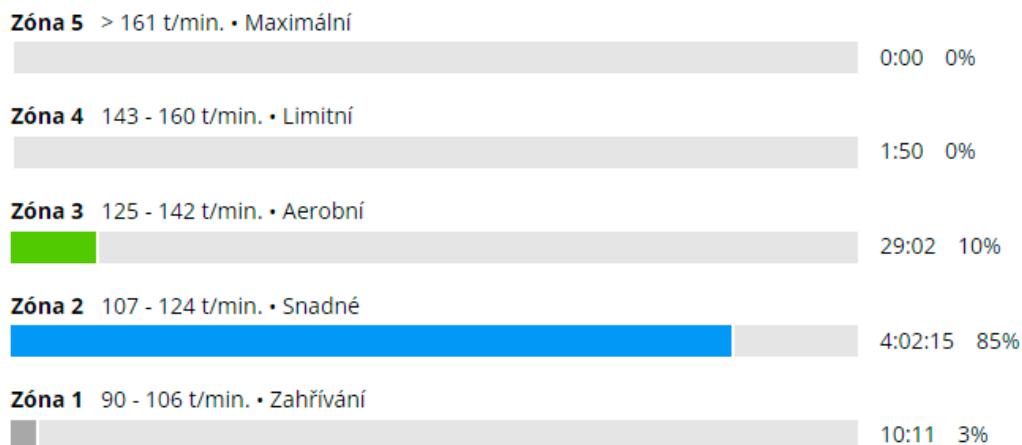
V rámci měření byl operátor bagru podroben měření po dobu 284 minut, přičemž jeho průměrná tepová frekvence činila 117 t/min a nejvyšší hodnota srdeční tepové frekvence představovala hodnotu 149 t/min (Graf 14). Průměrná tepová frekvence operátora bagru představovala 59 % z jeho maximální tepové frekvence. Hodnota nejvyšší naměřené tepové frekvence činila 75 % z maximální tepové frekvence operátora bagru.

Graf 14 Hodnoty srdeční tepové frekvence III.

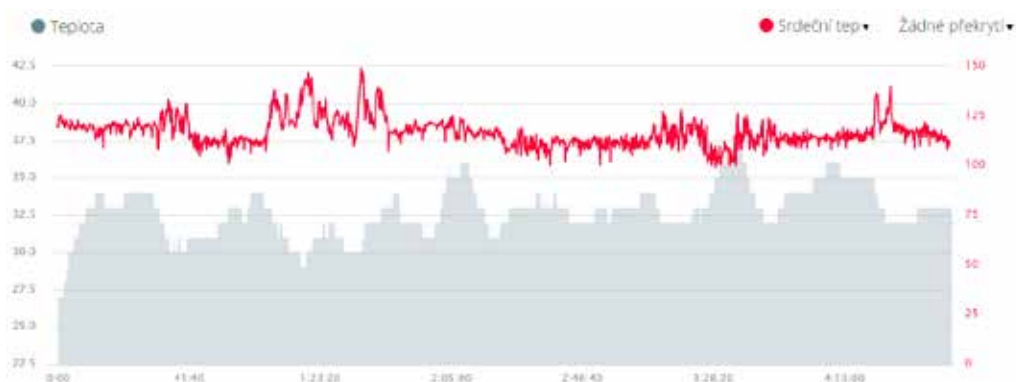


Dle PETR [82] lze zařadit námi naměřené průměrné hodnoty tepové frekvence do třetí kategorie (z celkových pěti, přičemž první kategorie představuje „Žádné nároky“ a pátá kategorie představuje „Mimořádně vysoké nároky“) hodnot fyzické zátěže. Svalový výkon operátora bagru, během pracovní činnosti dobývání stromů, označujeme dle HUBAČ [83] jako „**Střední**“. Podrobný přehled svalového výkonu představuje Tab. 1.

Obr. 29 představuje a zobrazuje celkové procentuální rozložení hodnot srdeční tepové frekvence měřeného operátora bagru do pěti zón během jeho výkonu pracovní činnosti.

Obr. 29 Zóny srdečního tepu III.

Jak již bylo uvedeno, hrudní snímač měl operátor bagru umístěný na těle přímo na kůži těsně pod hrudní kostí. Tento snímač zaznamenával mj. i teplotu těla v místě jeho umístění čili pod hrudní kostí. Při prováděném měření byla zaznamenána průměrná teplota v místě měření 33,0 °C, nejnižší hodnota byla 27,0 °C a maximální naměřená teplota činila 38,0 °C. Přičemž průměrná venkovní teplota činila 22,8 °C. Následující graf představuje průběh zaznamenané teploty na hrudi operátora bagru s překrytím zaznamenaných hodnot srdeční tepové frekvence (Graf 15).

Graf 15 Průběh teploty v místě měření a srdeční tepové frekvence III.

Následující graf (Graf 16) představuje průběh srdeční tepové frekvence měřeného operátora bagru v závislosti na pohybu bagru během pozorovaného měření. Hodnoty „Tempo“ (označené šedou barvou) představují pohyb bagru. Čím je tato hodnota větší, představuje pohyb bagru a s tím i související rychlost bagru. Naopak pokud je tato hodnota vodorovná s osou x, bagr v daný moment stál na místě a prováděl činnost dobývání pařezů.

Graf 16 Srdeční frekvence operátora bagru v závislosti na pohybu bagru III.**Pohyb bagru po pasece během provádění operace dobývání pařezů**

Během měření, které trvalo 284 minut, se operátor s bagrem pohyboval průměrnou rychlostí 1,4 km/h (včetně nečinnosti pohybu bagru během trhání pařezů). Průměrná rychlost pohybu bagru (pouze pohyb bez činnosti stání při trhání pařezů) činila 19,2 km/h a čas, po který se bagr pohyboval je 21 min a 11 s (po zbývajícím čase stál a prováděl vytloukání pařezů) (Graf 17).

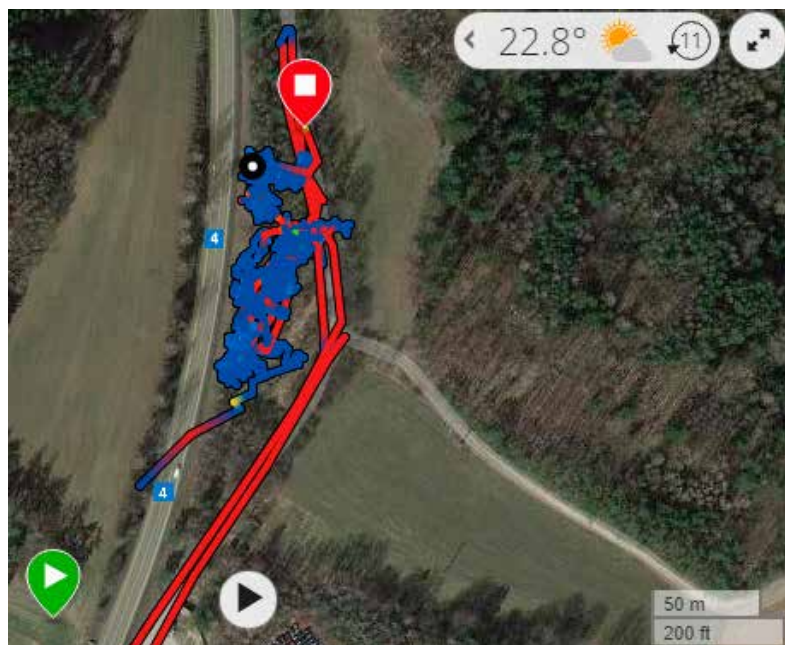
Graf 17 Znázornění pohybu bagru na pasece v době měření III.

Lokalitu, po které se bagr pohyboval, představuje Obr. 30. Během celé doby měření bagr najel 6,78 km, přičemž jeho průměrné tempo pohybu činilo 3:08 min/km. Z Obr. 30 lze vyčíst oblasti, kde se nacházely pařezy, které byly předmětem činnosti dobývání. Jelikož v jejich oblasti se operátor s bagrem pohyboval velmi pomalu, případně stál na místě (označené modrou barvou). Naopak červená barva na obrázku (rychlejší pohyb) znázorňuje trasu bagru, po které se pohyboval za účelem dopravení se k pařezům. Z důvodu špatného GPS signálu je chybně označený začátek místa trhání.

Jako doplňkový údaj byla na dané lokalitě zaznamenána i nadmořská výška, kterou bagr zdolal v průběhu výkonu své práce. Tento údaj znázorňuje Graf. 18, ze kterého lze vyčíst, že minimální nadmořská výška činila 487,8 m n. m., kdežto oproti

tomu maximální zaznamenaná nadmořská výška byla 508,6 m n. m. Operátor v bagru během svého pohybu po lokalitě celkově vystoupal 52,0 výškových metrů, naopak sestoupal celkem 41,0 výškových metrů.

Obr. 30 Trasa pohybu bagru po lesním porostu III.



Pomalejší Rychlejší

Graf 18 Úroveň nadmořské výšky lokality, na které probíhalo měření III.



4. měření (28. červenec 2021)

Měření bylo realizováno v čase od 9:25 hodin po dobu 2 h 01 min. Průměrná venkovní teplota (během doby měření) dosahovala hodnoty 19,4 °C s tím, že bylo zataženo. Průměrná rychlost větru činila 11 km/h (3,06 m/s). Vlhkost vzduchu byla 82 %.

V rámci měření z oblasti „Ergonomie“ byly zjišťovány, měřeny a následně vyhodnoceny námi vybrané ukazatele, jejichž detailní rozbor s konkrétními výsledky je popsán níže.

Tepová frekvence

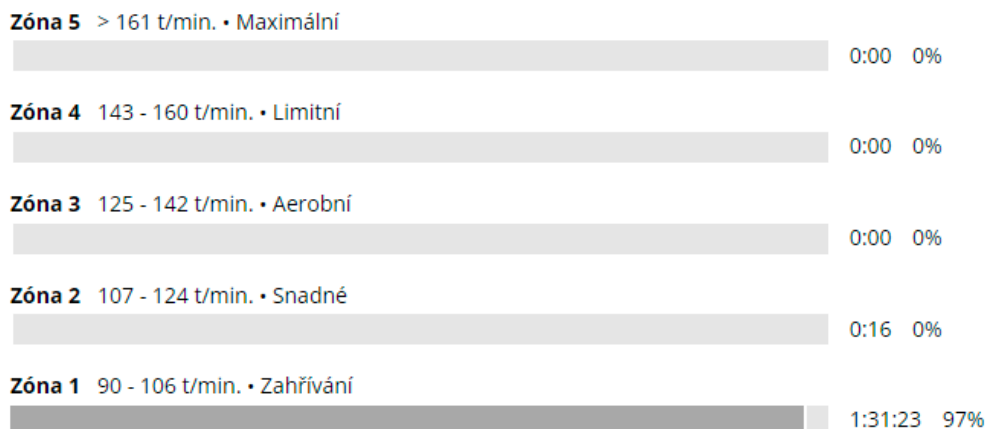
V rámci měření byl operátor bagru podroben měření po dobu 121 minut, přičemž jeho průměrná tepová frekvence činila 97 t/min a nejvyšší hodnota srdeční tepové frekvence představovala hodnotu 108 t/min (Graf. 19). Průměrná tepová frekvence operátora bagru představovala 49 % z jeho maximální tepové frekvence. Hodnota nejvyšší naměřené tepové frekvence činila 55 % z maximální tepové frekvence operátora bagru.

Graf 19 Hodnoty srdeční tepové frekvence IV.



Dle PETR [82] lze zařadit námi naměřené průměrné hodnoty tepové frekvence do druhé kategorie (z celkových pěti, přičemž první kategorie představuje „Žádné nároky“ a pátá kategorie představuje „Mimořádně vysoké nároky“) hodnot fyzické zátěže. Svalový výkon operátora bagru, během pracovní činnosti dobývání stromů, označujeme dle HUBAČ [83] jako „Mírný“. Podrobný přehled svalového výkonu představuje Tab. 1.

Obr. 31 představuje a zobrazuje celkové procentuální rozložení hodnot srdeční tepové frekvence měřeného operátora bagru do pěti zón během jeho výkonu pracovní činnosti.

Obr. 31 Zóny srdečního tepu IV.

Jak již bylo uvedeno, hrudní snímač měl operátor bagru umístěný na těle přímo na kůži těsně pod hrudní kostí. Tento snímač zaznamenával mj. i teplotu těla v místě jeho umístění čili pod hrudní kostí. Při prováděném měření byla zaznamenána průměrná teplota v místě měření 29,0 °C, nejnižší hodnota byla 24,0 °C a maximální naměřená teplota činila 31,0 °C. Přičemž průměrná venkovní teplota činila 19,4 °C. Následující graf představuje průběh zaznamenané teploty na hrudi operátora bagru s překrytím zaznamenaných hodnot srdeční tepové frekvence (Graf. 20).

Graf 20 Průběh teploty v místě měření a srdeční tepové frekvence III.

Následující graf (Graf. 21) představuje průběh srdeční tepové frekvence měřeného operátora bagru v závislosti na pohybu bagru během pozorovaného měření. Hodnoty „Tempo“ (označené šedou barvou) představují pohyb bagru. Čím je tato hodnota větší, představuje pohyb bagru a s tím i související rychlost bagru. Naopak pokud je tato hodnota vodorovná s osou x, bagr v daný moment stál na místě a prováděl činnost dobývání pařezů.

Graf 21 Srdeční frekvence operátora bagru v závislosti na pohybu bagru IV.**Pohyb bagru po pasece během prováděné operace dobývání pařezů**

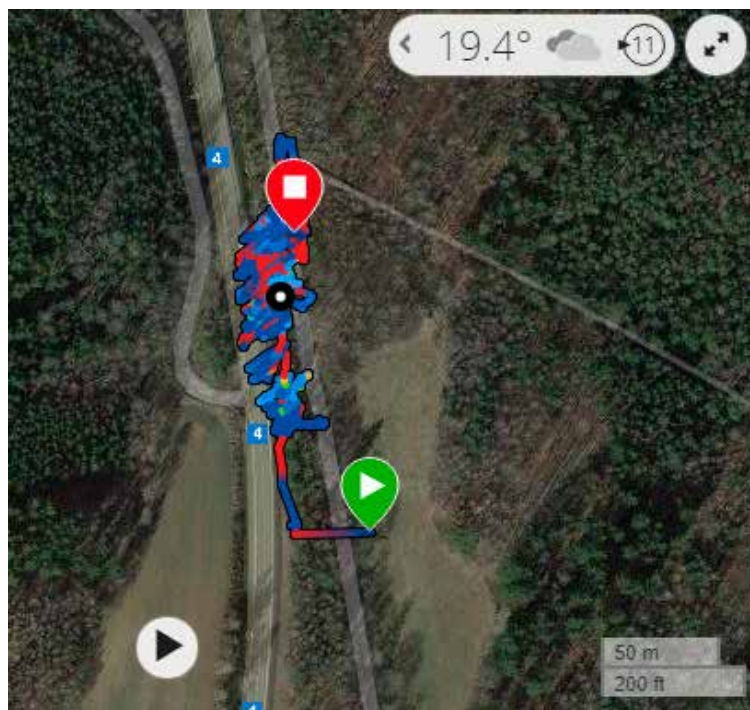
Během měření, které trvalo 121 minut, se operátor s bagrem pohyboval průměrnou rychlostí 1,3 km/h (včetně nečinnosti pohybu bagru během trhání pařezů). Průměrná rychlost pohybu bagru (pouze pohyb bez činnosti stání při trhání pařezů) činila 11,0 km/h a čas, po který se bagr pohyboval je 10 min a 57 s (po zbývajícím čase stál a prováděl vytloukání pařezů) (Graf. 22).

Graf 22 Znázornění pohybu bagru na pasece v době měření IV.

Lokalitu, po které se bagr pohyboval, představuje Obr. 32. Během celé doby měření bagr najel 2,01 km, přičemž jeho průměrné tempo pohybu činilo 5:27 min/km. Z Obr. 32 lze vyčíst oblasti, kde se nacházely pařezy, které byly předmětem činnosti dobývání. Jelikož v jejich oblasti se operátor s bagrem pohyboval velmi pomalu, případně stál na místě (označené modrou barvou). Naopak červená barva na obrázku (rychlejší pohyb) znázorňuje trasu bagru, po které se pohyboval za účel dopravení se k pařezům. Jako doplňkový údaj byla na dané lokalitě zaznamenána i nadmořská výška, kterou bagr zdolal v průběhu výkonu své práce. Tento údaj znázorňuje Graf. 23, ze kterého lze vyčíst, že minimální nadmořská výška činila 501,8 m n. m., kdežto oproti tomu maximální zaznamenaná nadmořská výška byla 508,4 m n. m. Operátor

v bagru během svého pohybu po lokalitě celkově vystoupal 3,0 výškové metry, naopak sestoupal celkem 6,0 výškových metrů.

Obr. 32 Trasa pohybu bagru po lesním porostu IV.



Pomalejší Rychlejší

Graf 23 Úroveň nadmořské výšky lokality, na které probíhalo měření IV.



Zjišťování hygienických limitů v kabině bagru

Měření venkovní hladiny zvuku bagru s prototypem klučicí hlavice na bagru JCB při jednotlivých úkonech ve dnech 13. a 14. 10. 2020 polesí 08 Netolice LZ Boubín. Měření bylo realizováno ve vzdálenosti cca 3–5 m od pracovního prostoru, kde se zpracovávaly jednotlivé pařezy zepředu pracovního stroje. Během jednotlivých pracovních úkonů bylo naměřeno několik hodnot, níže uvedené výsledné údaje udávají rozsah hodnot jednotlivých měření nebo jejich průměr z několika měření. V následujících bodech jsou uvedeny hodnoty hladiny zvuku dle pracovních režimů bagru na pásovém podvozku.

hlavice nevykonávala žádnou činnost (volnoběh motoru) – 55 dB

pohyb ramena jeřábu (hlavice bez činnosti) – 63 dB

vytrhávání pařezů ze země – 66–72 dB

štípání pařezu – 73–80 dB

vytěpávání zeminy z kořenového systému pařezu – 80–83 dB

Naměřené hodnoty při klučení pařezů v kabině obsluhy nepřesahovaly 74.5 dB.

Posouzení účinku hluku na obsluhu JCB 220 s klučicí hlavicí

Jak již bylo uvedeno v úvodu, pro posouzení nepříznivých účinků hluku na zaměstnance dle NV 272/2011 Sb. je nutné sledovat dvě úrovně hluku: dolní akční hladinu hluku a horní akční hladinu hluku. Zaměstnavatel musí přijímat opatření v případech, kdy hladina hluku při pracovní činnosti přesáhne stanovený limit. Na základě provedených měření lze konstatovat, že ani jedna z hladin hluku není překročena v případě, že jsou dveře kabiny uzavřeny. Naměřené hladiny hluku neukázaly nutnost obsluhu vybavit osobními ochrannými prostředky sluchu.

Měření vibrací působících na sedadle obsluhy pásového bagru

Použité měřicí zařízení

Pro snímání vibrací působících na řidiče sedícího na sedadle obsluhy JCB 220 s klučicí hlavicí, byl použit VIBRAČNÍ DATALOGGER CEM DT-178A. Naměřená data byla stažena do programu VIBRATION DATALOGGER 1.0 a statisticky vyhodnocena. Základní metoda hodnocení pomocí vážené efektivní hodnoty zrychlení dle ČSN ISO 2631-1. Na sedadle obsluhy se setkáváme s kombinací vibrací ve více než jednom směru. Podle ČSN ISO 2631-1 se souhrnná hodnota vibrací z vážených efektivních hodnot zrychlení určených z vibrací v ortogonálních souřadnicích.

Naměřená data:

Provozní měření vibrací působících na řidiče sedícího na sedadle obsluhy JCB 220 s klučicí hlavicí probíhalo přímo při klučení pařezů. Výsledné uvedené hodnoty byly statisticky vyhodnoceny z minimálně 10 měření.

Hodnoty měřené na opěráku sedadla obsluhy nepřesáhly v souhrnné hodnotě při klučení pařezů hodnotu $0,35 \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$.

Hodnoty měřené na sedáku sedadla obsluhy nepřesáhly v souhrnné hodnotě při klučení pařezů hodnotu $0,27 \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$.

Posouzení účinku vibrací na zdraví

ČSN ISO 2631-1 řeší posouzení účinku vibrací na zdraví velmi povrchně a obecně: Biodynamický výzkum jakož i epidemiologické studie poskytly důkazy o navýšeném riziku poškození zdraví v důsledku dlouhodobé expozice celkovým vibracím s vysokou intenzitou. Postiženy mohou být především bederní oblast a nervová soustava v úseku zad. Přídavný degenerativní účinek mohou mít metabolické a další faktory, která mají stejný původ. Někdy se předpokládá, že k bolesti svalů mohou přispívat faktory prostředí, jako je poloha těla, nízká teplota a průvan. Není však známo, zda tyto faktory mohou přispívat k degeneraci meziobratlových destiček a obratlů.

Delší doba trvání (během pracovního dne nebo denně po léta) a vyšší intenzita vibrací znamenají zvýšenou dávku vibrací a uvažuje se tak, že zvyšují riziko, zatímco klidové intervaly riziko snižují.

Pro uvedení kvantitativního vztahu mezi expozicí vibracím a rizikem zdravotních účinků nejsou dostatečné údaje. Není proto možné posuzovat celkové vibrace ve tvaru pravděpodobnosti rizika při různých velikostech a dobách trvání expozice.

Posouzení účinku vibrací na pohodlí a vnímání

Z hlediska posouzení účinku vibrací a vnímání uvádí ČSN ISO 2631-1 přesné hodnoty limitů. Příslušné podmínky vibrací mohou být v jedné situaci považovány za příčinu nepříjemného nepohodlí, avšak v jiné situaci mohou být klasifikovány jako příjemné nebo osvěžující. K určení stupně, při kterém může být nepohodlí zaznamenáno nebo tolerováno, přispívá mnoho faktorů. Přesné posouzení přijatelnosti vibrací a formulování nejvyšších přípustných hodnot vibrací lze provádět jen se znalostí mnoha faktorů. V porovnání s komerčními nebo obytnými budovami jsou v dopravních prostředcích zcela rozdílná očekávání pohodlí a tolerování obtěžování. Rušení činností (např. čtení, psaní a pití) vibracemi se může někdy považovat za příčinu nepohodlí.

Přijatelné hodnoty velikosti vibrací pro pohodlí závisí na mnoha faktorech, které se mění s každou aplikací. Proto není v ČSN ISO 2631-1 definována nejvyšší přípustná hodnota.

Vnímání vibrací	Úroveň vibrací
Nejsou nepohodlné	Nižší než $0,315 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Trochu nepohodlné	$0,315 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ až $0,63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Příjemně nepohodlné	$0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ až $1,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Nepohodlné	$0,80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ až $1,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Velmi nepohodlné	$1,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ až $2,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Extrémně nepohodlné	Vyšší než $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Z hlediska posouzení vnímání účinku vibrací bylo zjištěno, že padesát procent osob v bdělém stavu a dobré zdravotní kondici může detekovat vibrace vážené se špičkovou velikostí $0,015 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Mezi jednotlivci existují velké rozdíly v jejich schopnosti vnímat vibrace. Je-li medián prahu vnímání přibližně $0,015 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, může mezikvartilový rozsah odezev dosahovat pro špičkové hodnoty asi $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ až $0,02 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Při měření a hodnocení vibrací působících na řidiče sedícího na sedadle obsluhy JCB 220 při klučení pařezů bylo zjištěno, že **z hlediska posouzení účinku vibrací na zdraví není zapotřebí zajišťovat žádná další nutná opatření**. Vibroizolační systém sedadla obsluhy je na takové úrovni, že tlumení vibrací přenášených na obsluhu umožňuje pracovat i v dvanáctihodinové době pracovního režimu.

Z hlediska vnímání vibrací je jejich úroveň pětinasobná oproti minimální hodnotě vnímatelných vibrací. Lze tedy konstatovat, že pro většinu operátorů budou vibrace vnímatelné. Vibrace však nedosahují takové úrovně, aby mohly být označovány jako nepohodlné. Citlivost vnímání vibrací u jedinců je velmi různorodá, avšak na základě naměřených hodnot lze předpokládat komplikace vnímání vibrací u obsluhy JCB 220 při klučení pařezů velmi výjimečně.

5 VÝROBA DŘEVNÍ ŠTĚPKY Z PAŘEZOVÉ DENDROMASY

Se zpracováním lesní dendromasy vč. pařezů je spojena řada procedur jako jsou těžba, štěpkování nebo drčení, skladování a doprava. Vhodná mechanizace, efektivní transport i časový rozvrh jsou klíčovými body v celém výrobním řetězci. Z tohoto důvodu je důležité zajistit dobrou logistiku, moderní dispečerský systém a zejména moderní a výkonné strojní technologie.

Soustředování a odvoz pařezů

Odvoz je název označovaný pro dopravu dříví po silničních komunikacích. Používají se k němu silniční dopravní prostředky – nákladní automobily a odvozní soupravy. Nejčastěji jsou pro odvoz pařezů využívány kontejnerové odvozní systémy, jelikož kontejnery jsou nejvhodnějším řešením pro dopravu pařezů. Pro vyvážení těžebního odpadu se používají vyvážecí traktory ve standardním provedení nebo častěji s upraveným nákladovým prostorem. Úpravy spočívají např. v rozšíření nákladového prostoru, doplnění pevných nebo kompresních bočnic (Obr. 33–34), uzavřeného dna nákladového prostoru, popř. nástavbě kontejneru. Pro hmotnostní přejímku dendromasy je účelné vybavit vyvážecí traktor vahou, která se montuje mezi drapák a hydraulický jeřáb nebo v podobě čtyř váhových bodů pod nákladový prostor. Kromě aktuální hmotnosti nákladu v drapáku je tak možné sledovat i hmotnost celého nákladu, což pomáhá předcházet v případě rozšířeného nákladového prostoru přetížení vyvážecího traktoru [11]. Převážně ve Finsku se experimentálně používají kolové pařezové „harwardery“, které využívají kabinu a jeřáb bagru a podvozek forwarderu a provádějí jak vytrhávání pařezů, tak jejich přepravu mimo silnici [71]. Těmito prostředky jsou následně pařezy z paseky často dopravovány na odvozní místo.

Obr. 33–34 Odvoz pařezové hmoty na kontejneru se svíratelnými hydraulickými bočnicemi



Zpracování pařezů

Biomasa z pařezů a kořenů musí být před použitím v bioenergetických závodech rozmělněna nebo rozdělena na menší kusy (obvykle o průměru 10–15 cm). Rozmělnění zlepšuje palivové vlastnosti biomasy tím, že se s ní lépe manipuluje, je homogennější

a hustší. Rozmělnění v lese by tak mohlo podstatně snížit náklady na přepravu pařezové biomasy. Kontaminace půdou a kamením obecně znemožňovala použití štěpkovačů, které se obvykle používají pro drcení těžebních zbytků, protože štěpkovače se snadno poškodí. Nové technologické prostředky však umožňují využití i procesu štěpkování (Obr. 35–36).

Přestože rozštípané a vysušené pařezy při hromadění u silnice uvolňují značné množství nečistot a kamenů, jsou nevyhnutelně více kontaminovány než lesní biomasa sklizená z nadzemní části. Jednou z nejkritičtějších překážek využití pařezů a kořenů pro biopaliva byla v minulosti právě kontaminace zeminou a kamením. Vývoj velkých a robustnějších stacionárních drtičů byl zásadním průlomem v rozšíření odvětví pařezové biomasy. Přesto se kvůli vysokým investičním nákladům používalo jen několik těžkých drtičů na místě [71].

Obr. 35–36 Štěpkování pařezové hmoty přímo na skladovacím místě mobilním zařízením typu COBRA



V poslední době byly představeny účinné mobilní drtiče vhodné pro drcení pařezů. Drtič u silnice vybavený pomaloběžným drtičem s vysokým točivým momentem připojeným k bubnovému sítu, který odděluje pařezové štěpky od kontaminantů půdy, snížil náklady na přepravu nejméně o 15 %; kontaminace navíc klesla z 5–7 % na 1–2 % celkové hmotnosti štěpky. Kromě snížení nákladů na dopravu by takový systém mohl zlepšit nákladovou efektivitu sklizně pařezů tím, že by se zkrátila doba potřebná k vytřepání půdy a kamenů z pařezů během fáze těžby a snížilo by se množství popela vznikajícího při spalování.

Jedním z důvodů, proč se pařezová štěpka stává stále oblíbenější surovinou v bioenergetickém závodě, je to, že neporušené pařezy se dobře skladují a přes zimu absorbují méně vlhkosti než jiné formy lesní biomasy [71].

Obr. 37–38 Uložené části pařezů na OM kde je vhodná dostupnost drtičů, nebo štěpkovačů



Pracovní operace při odvozu pařezů

Jízda bez nákladu: silniční dopravní prostředek se pohybuje po komunikacích až k místu, kde jsou na skládce uloženy pařezy, které mají být odvezeno (lokalita odvozní místo, OM).

Nakládání pařezů: dnes se provádí takřka výhradně pomocí hydraulické ruky, zabudované na rámu dopravního prostředku. Dopravní prostředek zaujme stabilní postavení, vysune hydraulické opěry, uvede hydraulickou ruku do funkční polohy.

Jednotlivé kusy, nebo někdy i více kusů pařezů, mohou být nakládány jejich uchopením a uložením na ložnou plochu dopravního prostředku.

Jízda s nákladem pařezů: silniční dopravní prostředek s nákladem pařezů se pohybuje bezpečnou rychlostí po komunikacích až do místa, kam má být náklad dopraven – tj. k odběrateli nebo na jinou lokalitu.

Skládání pařezů: dopravní prostředek s nákladem zaujme stabilní postavení, vysune hydraulické opěry, uvede hydraulickou ruku do funkční polohy. Poté se náklad postupně skládá s dopravního prostředku na skládku, způsobem opačným k nakládání.

Skládání nákladu je také možné jiným prostředkem, například jeřábem. [84]

Ve Finsku jsou náklady na přepravu lesní biomasy jsou velmi vysoké, protože materiál je objemný a obtížně se efektivně nakládá. To je problém zejména u kořenových a pařezových systémů zvláštního tvaru, které se špatně zhutňují. Po ročním sušení u silnice se pařezy přepravují na odvozní místo nebo do zařízení pro konečné využití pomocí nákladních vozidel a návěsů speciálně navržených pro přepravu neseříznuté biomasy. Přepravní vzdálenost ve Finsku obvykle nepřesahuje 100 km [71].

Doprava

Silniční nákladní doprava je nejpoužívanější způsob přepravy lesního biopaliva. Na efektivitu dopravy má vliv forma přepravovaného surového materiálu, jeho měrná tíha, výhřevnost, délka přepravní trasy a vlastnosti užitých dopravních prostředků.

Efektivitu lze zlepšit pomocí opatření vedoucích k navýšení objemu nákladu v rámci omezení daných platnými zákony a k omezení časových prostojů. Efektivita přepravy lesní biomasy bývá často nevalná kvůli nízké měrné tíže a výhřevnosti nákladu. Při přepravě volně ložených odřezků nebo vysušené lesní štěpky není problém dodržet povolenou maximální hmotnost jízdní soupravy, zato nebývá objem nákladního prostoru efektivně zaplněn převážným materiálem. Skladování surového materiálu na odvozních místech v lese je výhodné pro účel snížení vlhkosti, avšak ztěžuje možnost plného využití nosné kapacity jízdní soupravy.

Naopak při přepravě nevysušené lesní štěpky je třeba dát pozor na povolenou hmotnost jízdní soupravy, čímž se omezuje možnost zvýšení objemu nákladu. Velikost částic štěpky a metoda nakládky také ovlivňují měrnou tíhu a využití nákladního prostoru. Nakládka foukáním nemusí nutně vést k hustějšímu navrstvení štěpky než při nakládce pásovým dopravníkem nebo nakladačem. Mezi vlastnosti silniční soupravy patří víceúčelovost nákladního prostoru, jeho objem, povolená hmotnost a typ návěsu. Výběr soupravy závisí na použité metodě štěpkování. Nákladní vozidlo s pevným návěsem se používá při štěpkování na lesních cestách, zatímco při terénním zpracování na místě těžby štěpkovač ukládá materiál do kontejnerů, které se potom připěvňují k nákladním vozidlům. Kromě toho se využívají také štěpkovače s vyvážecím zásobníkem. Polovina přepravy probíhá pomocí jízdních souprav s napevno připojeným návěsem, ve 40 % případů se k soupravě připojují kontejnery, a zbytek tvoří soupravy s návěsy a nákladní automobily.

6 LEGISLATIVNÍ A STRATEGICKÝ RÁMEC VE VZTAHU K ENERGETICKÉ BIOMASE

Již delší dobu diskutované téma ochrany klimatu je závažným environmentálním, ekonomickým a společenským problémem, který vyžaduje značnou pozornost. Jedním z nejdůležitějších mezinárodních orgánů věnujících se problematice změny klimatu je **Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC)**, což je seskupení vědců z celého světa zabývající se zejména poznáním podstaty změny klimatu a hodnocením jejich environmentálních a sociálních důsledků. Nejvýznamnějším krokem pro celosvětovou ochranu klimatu bylo přijetí **Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu** (dále jen „Úmluva“) na Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru v roce 1992, která vstoupila v platnost dne 21. 3. 1994. Úmluva poskytuje rámec mezinárodním vyjednávání o možném řešení problémů spojených s probíhající změnou klimatu, které zahrnují mj. problematiku snižování emisí skleníkových plynů, vyrovnávání se s negativními dopady změny klimatu atd. V současné době má Úmluva 197 smluvních stran. Česká republika Úmluvu podepsala dne 13. 6. 1993 a ratifikovala ji dne 7. 10. 1993 (č. 80/2005 Sb.m.s.) jako v pořadí třicátá šestá strana.

K Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu byl přijat v prosinci roku 1997 tzv. **Kjótský protokol** (dále jen „Protokol“). Země Přílohy I Úmluvy se v Protokolu zavázaly do konce prvního kontrolního období (2008–2012) snížit emise skleníkových plynů nejméně o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990. Česká republika na základě usnesení vlády č.669/1998 Protokol ratifikovala dne 15. 11. 2001. Na základě schváleného dodatku z prosince 2012 bylo potvrzeno pokračování Protokolu a jeho druhé kontrolní období, které bylo stanoveno na osm let (2013–2020). EU a jejích 28 členských států se zavázalo snížit do roku 2020 emise skleníkových plynů o 20 % v porovnání s rokem 1990. Toto snížení odpovídá cíli formulovanému v příslušných předpisech EU přijatých v rámci tzv. klimaticko-energetického balíčku z roku 2009.

V prosinci 2015 byla v Paříži schválena nová smlouva o ochraně klimatu, tzv. **Pařížská dohoda** (dále jen „Dohoda“), která byla přijata smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu v prosinci 2015. Dohoda provádí ustanovení Úmluvy a po roce 2020 nahradila předtím platný Kjótský protokol. V této Dohodě se smluvní strany zavázaly snižovat emise skleníkových plynů tak, aby přispěly k dosažení cíle udržení nárůstu průměrné globální teploty alespoň pod hranicí 2° C ve srovnání s úrovní před průmyslovou revolucí.

Na snížení emisí se v rámci EU značně podílí systém evropského obchodování s emisními povolenkami (EU ETS), který sdružuje největší emitenty odpovídající za přibližně 45 % celkových vypouštěných emisí skleníkových plynů v Evropě. Emisní obchodování je nástroj motivující ke snižování emisí skleníkových plynů co neefektivnějším způsobem. Subjekty, které mají možnost redukovat emise s nižšími náklady, mohou uspořené emisní povolenky nebo jiné emisní kredity prodat těm, u nichž by taková redukce byla nákladnější.

V říjnu 2015 byla vládou schválena Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, která je zaměřena na problematiku adaptace na negativní dopady změny klimatu. Hlavním strategickým dokumentem České republiky v oblasti snižování emisí skleníkových plynů je Politika ochrany klimatu v ČR, která byla schválena usnesením vlády č. 207 ze dne 22. března 2017. Politika ochrany klimatu nahrazuje

Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR z roku 2004. Definuje hlavní cíle a opatření v oblasti ochrany klimatu na národní úrovni tak, aby zajišťovala splnění cílů snižování emisí skleníkových plynů v návaznosti na povinnosti vyplývající z mezinárodních dohod a legislativy Evropské unie. Tato strategie v oblasti ochrany klimatu se zaměřuje na období 2017 až 2030, s výhledem do roku 2050, a měla by tak přispět k dlouhodobému přechodu na udržitelné nízko-emisní hospodářství ČR.

Jedním z hlavních cílů v oblasti energetiky České republiky je zajištění energetických potřeb v dlouhodobém časovém horizontu. Současné znění Státní energetické koncepce předpokládá, že bezpečné dodávky energie za přijatelnou cenu budou garantovány přednostním využitím všech dostupných tuzemských energetických zdrojů při využití nejlepších dostupných technologií a způsobem maximálně šetrným k životnímu prostředí. Poklesem výroby v souvislosti s ekonomickou transformací, změnou skladby zdrojů energie či růstem energetické efektivity postupně dochází ke snižování spotřeby energie.

Z pohledu legislativního rámce se jedná o obnovitelný zdroj energie biomasy a paliv z ní vyráběných. Dle právní terminologie jsou obnovitelnými zdroji energie obnovitelné nefosilní zdroje energie, což je energie větru, energie slunečního záření (termální a fotovoltaická), geotermální energie, energie okolního prostředí, energie z přílivu nebo vln a jiná energie z oceánů, energie vody, **energie biomasy a paliv z ní vyráběných**, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu. Biomasa je pak definována jako biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu ze zemědělství, **z lesnictví a souvisejících odvětví** a z rybolovu a akvakultury, včetně rostlinných a živočišných látek, jakož i biologicky rozložitelná část odpadů, včetně průmyslových a komunálních odpadů biologického původu, přičemž zemědělská biomasa je biomasa vyrobená v zemědělství a **lesní biomasa je biomasa vyrobená v lesnictví**.

Přestože potenciál využití podzemní části stromu není v současné době zcela využíván, v budoucnu lze pařezovou dendromasu jako obnovitelný zdroj energie považovat za významný a důležitý prvek celkové koncepce týkající se oblasti energetiky a rámce stanovených cílů souvisejících s ochranou klimatu. Níže je uvedena legislativní úprava, předmětný právní rámec a související národní a nadnárodní strategické dokumenty v podobě právních předpisů závazného či doporučujícího charakteru – jakkoliv spojeny s řešenou problematikou.

Legislativa EU:

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/841 ze dne 30. května 2018, o zahrnutí emisí skleníkových plynů a jejich pohlcování v důsledku využívání půdy, změn ve využívání půdy a lesnictví do rámce politiky v oblasti klimatu a energetiky do roku 2030 a o změně nařízení (EU) č. 525/2013 a rozhodnutí č. 529/2013/EU, které stanoví závazky členských států týkající se využívání půdy, změn ve využívání půdy a lesnictví přispívající k dosažení cílů Pařížské dohody a k naplňování cíle Unie v oblasti snižování emisí skleníkových plynů pro období 2021–2030. Tímto nařízením se rovněž stanoví pravidla pro započítávání emisí a jejich pohlcování v důsledku využívání půdy, změn ve využívání půdy a lesnictví a kontrolu dodržování těchto závazků jednotlivými členskými státy

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/2001 ze dne 11. prosince 2018 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, která doporučuje společný rámec pro podporu energie z obnovitelných zdrojů. Stanoví závazný cíl Unie pro celkový podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie Unie v roce 2030, pravidla finanční podpory elektřiny z obnovitelných zdrojů, samospořeba této elektřiny a využívání energie z obnovitelných zdrojů v odvětví vytápění a chlazení a v odvětví dopravy, regionální spolupráce mezi členskými státy a mezi členskými státy a třetími zeměmi, záruk původu, správních postupů, informování a odborné přípravy a kritéria udržitelnosti a úspor emisí skleníkových plynů pro biopaliva, biokapaliny a paliva z biomasy.

Vnitrostátní právní předpisy:

Novelizovaný zákon č. 382/2021 Sb., o podporovaných zdrojích, s účinností od 1. ledna 2022, zavádí v Česku kritéria udržitelnosti a úspor emisí skleníkových plynů pro elektřinu a teplo z pevné biomasy a bioplynu, na které výrobce nárokuje veřejnou podporu. Tento zákon vychází z evropské směrnice na podporu využívání energie z obnovitelných zdrojů (2018/2001), která platí od července 2021 a mění nebo zavádí přechodná ustanovení k zákonu:

č. 310/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 407/2012 Sb.,

a další související zákony

č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů

č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách

č. 458/2000 Sb., energetický zákon

č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Vyhláška č. 110/2022 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů a kritérií udržitelnosti a úspory emisí skleníkových plynů pro biokapaliny a paliva z biomasy, která mj. upravuje způsoby využití podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla a biometanu z biomasy, která je využívána v procesu samostatného spalování nebo zplyňování pevné biomasy.

Ze strategických dokumentů:

Ministerské konference o ochraně lesů v Evropě (MCPFE nyní Forest Europe): Varšava 2007 – Varšavská deklarace, Rezoluce W1: Lesy dřeva a energie

Národní lesnický program pro období do roku 2013 (tam viz kap. 2. Vnější vlivy působící na současnou českou lesnickou politiku, kap 5. Analýza SWOT, a zejména Klíčová akce 4: Propagovat a podporovat využívání lesní biomasy pro výrobu energií)

Program aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017–2025, ZEMĚ, Klíčové oblasti Udržitelné zemědělství a lesnictví, Výzkumné směry Lesnictví a navazující odvětví

Koncepce státní lesnické politiky do roku 2035 (Usnesení vlády České republiky ze dne 17. února 2020 č. 116) – koncepce navazuje na dříve přijaté Zásady státní lesnické politiky, Národní lesnický program II, Národní akční plán adaptace na změnu klimatu a další obdobné dokumenty, vychází ze SWOT analýzy obsažené v těchto

dokumentech, aktualizuje, rozvíjí a upřesňuje některé dříve uložené úkoly na příštích patnáct let.

Programové prohlášení vlády České republiky – 2021 (... Prioritou je také podpora rozvoje jaderné energetiky a obnovitelných zdrojů s důrazem na energetickou bezpečnost, soběstačnost, klimatické cíle a dostupné dodávky energií. ... Preferujeme návrat k Národnímu lesnickému programu II.)

Vyhláška č. 110/2022 Sb.

Vyhláška o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů a kritérií udržitelnosti a úspory emisí skleníkových plynů pro biokapaliny a paliva z biomasy

§ 4

Způsoby využití podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla a biometanu z biomasy a biokapalin

- (1) Při výrobě podporované elektřiny je
 - a) biomasa využívána
 1. v procesu samostatného spalování nebo zplyňování pevné biomasy, nebo
 2. spalováním bioplynu vzniklého v procesu anaerobní fermentace,
 - a) biokapalina využívána v procesu spalování,
 - b) kalový plyn nebo skládkový plyn využíván v procesu spalování.
- (2) Při výrobě podporovaného tepla je
 - a) biomasa využívána
 1. v procesu samostatného spalování nebo zplyňování pevné biomasy,
 2. spalováním bioplynu vzniklého v procesu anaerobní fermentace, nebo
 3. v procesu současného spalování obnovitelného zdroje a neobnovitelného zdroje (dále jen „společné spalování“); za společné spalování se nepovažují případy, kdy je výroba tepla možná jen prostřednictvím iniciačního zažehnutí nezbytného množství jiného paliva a spalování nevytříděného komunálního odpadu,
 - d) biokapalina využívána v procesu spalování.
- (3) Podle toho, zda se palivo spaluje v jednom kotli nebo v samostatných kotlích, se společné spalování podle odstavce 2 rozlišuje na:
 - a) společné spalování v zařízeních, kde dochází k mísení různých druhů paliva v jednom topeništi, nebo před vstupem do topeniště, přičemž fyzikálně je možné rozlišit energii vzniklou spálením směsi pouze na základě parametrů jednotlivých složek paliva, jakými jsou například hmotnostní podíl, vlhkost, výhřevnost, obsah popelovin, poměr uhlíku a dusíku (dále jen „spoluspalování“), nebo
 - b) společné spalování v zařízeních, kde dochází ke spalování různých druhů paliv odděleně v samostatných kotlích nebo jiných zařízeních, dodávajících vyrobené teplo do společné parní sběrnice, ze které se uskutečňuje odběr tepla pro výrobu elektřiny a tepla v jednom nebo více parních turbosoustrojích (dále jen „paralelní spalování“).
- (4) Při výrobě podporovaného biometanu je

- a) biomasa využívána v procesu úpravy bioplynu vzniklého v procesu anaerobní fermentace na kvalitu a čistotu splňující kvalitativní parametry zemního plynu, nebo
- b) kalový plyn nebo skládkový plyn využíván v procesu úpravy na kvalitu a čistotu splňující kvalitativní parametry zemního plynu.

Problematika soustředování a odvozu dříví (pařezů) dle legislativy

Předmětná ustanovení nařízení vlády č. 339/2017 Sb.

§ 9

Soustředování dříví

- (1) Při soustředování dříví zaměstnavatel musí zajistit, aby
 - a) nebyla překročena povolená svahová dostupnost mechanizačního prostředku, stanovená výrobcem,
 - b) v kabině mechanizačního prostředku nebylo volně položené nářadí,
 - c) při jízdě nebyly mimo kabinu mechanizačního prostředku převáženy další osoby; při přibližování dříví ani v kabině,
 - d) byl dodržován zákaz vstupu do ohroženého prostoru a byly používány bezpečnostní značky, značení a signály a před zahájením soustředování dříví byly odstraněny překážky z přibližovacích linek a určeny ohrožené prostory pro jednotlivé pracovní operace, zejména prostory k plnění pohonných hmot a k údržbě používaných zařízení a určen počet a umístění skládek dříví,

§ 10

Odvoz dříví

- (1) Při odvozu dříví musí zaměstnavatel zajistit, aby zaměstnanci
 - a) neprováděli nakládku na odvozní prostředek nebo vykládku z odvozního prostředku, který není zajištěn proti pohybu a převrácení,
 - b) nezdržovali se v ohroženém prostoru nakládaného nebo skládaného dříví,
 - c) nepřeváželi dříví nezajištěné proti pohybu a vypadnutí z odvozního prostředku,
 - d) nevstupovali po odjištění klavic mezi soupravu a skládku,
 - e) a jiné fyzické osoby, které se pohybují v prostoru nakládaného nebo skládaného dříví, používali ochranné přilby.

Problematika hygieny práce operátora bagru, který prováděl trhání pařezů, dle legislativy

Limity a preventivní doporučení týkající se expozice vibrací působící na celé tělo (Whole Body Vibration – WBV) jsou stanoveny v mezinárodních normách, které slouží jako reference pro národní legislativu. Hlavní normou je ISO 2631-1: 1997. Dále jsou v Evropě minimální požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost týkající se vystavení pracovníků rizikům vyplývajícím z vibrací definovány ve European Directive, 2002/44/EC, která má za cíl zabránit vystavení pracovníků rozsáhlým vibracím stanovením limitů pro denní expozici a definováním preventivních opatření proti působení vibrací.

Tato směrnice stanovuje limitní hodnoty expozice a hodnoty expozice vyvolávající akci pro vibrace působící na celé tělo:

- a) denní limitní hodnota expozice normalizovaná na osmihodinovou referenční dobu činí $1,15 \text{ m/s}^2$ nebo, podle volby dotyčného členského státu, hodnota dávky vibrace činí $21 \text{ m/s}^{1,75}$;
- b) denní hodnota expozice vyvolávající akci normalizovaná na osmihodinovou referenční dobu činí $0,5 \text{ m/s}^2$ nebo, podle volby dotyčného členského státu, hodnota dávky vibrace činí $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$.

Limity a preventivní doporučení týkající se expozice hluku v kabině bagru jsou stanoveny v European Directive 2003/10/ES, která udává limitní hodnoty expozice a hodnoty expozice vyvolávající akci následovně:

- I. Limitní hodnoty expozice a hodnoty expozice vyvolávající akci s ohledem na denní hladiny expozice hluku a maximální akustický tlak se pro účely této směrnice stanoví takto:
 - a) limitní hodnoty expozice: LEX, 8h = 87 dB(A) a ppeak = 200 Pa [11];
 - b) horní hodnoty expozice vyvolávající akci: LEX, 8h = 85 dB(A) a ppeak = 140 Pa [12];
 - c) dolní hodnoty expozice vyvolávající akci: LEX, 8h = 80 dB(A) a ppeak = 112 Pa [13].
- II. Pro použití limitních hodnot expozice se při zjišťování skutečné expozice zaměstnance hluku vezme v úvahu snížení způsobené osobními chrániči sluchu používanými zaměstnancem. Hodnoty expozice vyvolávající akci účinky těchto chráničů nevezmou v úvahu.
- III. V řádně odůvodněných případech a pro činnosti, u kterých se denní expozice hluku v jednotlivých pracovních dnech výrazně mění, mohou členské státy za účelem používání limitních hodnot expozice a hodnot expozice vyvolávajících akci použít pro hodnocení hladin expozice zaměstnanců hluku týdenní hladinu expozice hluku místo denní hladiny expozice hluku, za podmínky, že:
 - a) týdenní hladina expozice hluku zjištěná vhodným sledováním nepřekračuje limitní hodnotu expozice 87 dB(A) a
 - b) byla přijata vhodná opatření ke snížení rizika spojeného s těmito činnostmi na minimum.

7 ZÁVĚR

Provozní zkoušky prototypu klučící hlavice přispěly k novým poznatkům o využití dalšího zdroje energie dendromasy, kterou lze získat z odpadu při těžbě dřeva. Konstrukce prototypu klučící hlavice umožňuje zpracování pařezů bez zjevného znečištění, tj. v kvalitě srovnatelné s ostatními částmi dendromasy, a zároveň zabraňuje degradaci půdy a připravuje místo pro obnovu lesa. Pokud jde o budoucí využitelnost, výsledky této studie mohou být podkladem pro vyhodnocení či porovnání časové a ekonomické efektivity využití technologie odstraňování pařezů. K tomuto účelu byl použit dostatečný soubor vytěžených a očištěných pařezů, které byly po vytěžení stromů na vybraných lokalitách ponechány na vykácené ploše. Lokality byly vybrány tak, aby byla zajištěna rozdílnost typů podloží pro vyhodnocení a porovnání výkonnosti hlavice nejen podle typu půdy, ale také podle velikosti průměru pařezu a druhu stromu.

Časový výkon klučící hlavice je významně ovlivněn průměrem vytěženého pařezu. To se potvrdilo na každé ze tří vybraných lokalit, kdy se průměrná doba zpracování jednoho pařezu zvyšovala s rostoucí velikostí průměru. Delší dobu zpracování pařezu o větším průměru lze vysvětlit tím, že čím větší je průměr pařezu, tím větší množství dendromasy pařezu včetně kořenového systému je třeba zpracovat. Pracovní operace, jako je štěpkování, obracení nebo ukládání, se někdy mohou několikrát opakovat. Překvapivou skutečností však bylo, že na základě našich terénních stanovišť nemají půdní typy téměř žádný vliv na průměrnou dobu zpracování jednoho pařezu. Srovnáním bylo prokázáno, že skupiny průměrů pařezů na všech třech lokalitách měly přibližně stejnou dobu zpracování pařezů s rozdíly menšími než 10 %.

Nejdelší doba zpracování jednoho pařezu byla zaznamenána u dubu letního (*Quercus robur*). To nebylo až tak překvapivé, protože průměry pařezů větší než 90 cm byly u tohoto druhu zastoupeny ve 45 % z celkového počtu pařezů. Důležitým faktorem může být také tvar a struktura jeho kořenového systému, který dosahuje podstatně větší hloubky než např. kořenový systém smrku ztepilého (*Picea abies*), který je plochý a mělký. Co se týče srovnání doby zpracování jednoho pařezu podle druhu dřeviny, nebyly mezi výsledky ostatních druhů téměř žádné rozdíly.

Stejná situace byla zaznamenána i při porovnání průměrné doby zpracování jednoho pařezu mezi jehličnatými a listnatými dřevinami, kdy byly výsledky téměř shodné. Zastoupení dřevin a průměrů pařezů není rovnoměrné, a proto se srovnání podle vybraných faktorů může jevit jako zkreslené nebo nedostatečné. Nicméně všechny výzkumné aktivity byly prováděny podle místních přírodních podmínek a časových možností všech účastníků a množství získaných dat lze považovat za dostatečné pro využití výsledků výzkumu v praxi.

Ze zpracování údajů ze všech terénních měření vyplynulo, že průměrná doba zpracování jednoho pařezu včetně ošetření narušeného povrchu půdy se pohybovala od dvou do tří minut. To je doba, během které by nebylo možné proces realizovat s využitím současných strojů a technologií. Zkušená obsluha je tedy schopna zpracovat v průměru asi 20 pařezů během jedné hodiny, pokud bagr nemusí jet k dalšímu pařezu, v závislosti na hustotě pařezů.

Výzkum na toto téma probíhá průběžně a prezentované výsledky je třeba považovat pouze za dílčí. V budoucnu budou shromážděny další údaje z dalších lokalit, které

se budou lišit půdními podmínkami. Očekává se také srovnání tohoto prototypu s podobnými typy adaptérů, které se již v praxi používají, a to jak z hlediska účelu jejich použití, tak z hlediska časové a ekonomické efektivity.

8 SUMMARY

Operational tests of the grubbing head prototype contributed to new findings for using another source of energy, dendromass, that can be gained from logging waste. The design of the grubbing head prototype enables the processing of the stumps without apparent dirt, i.e., in quality comparable with other parts of dendromass, and at the same time avoids soil degradation and prepares the site for forest regeneration. As for future applicability, the results of this study can provide a basis for the evaluation or comparison of the time and economic effectiveness of using stump-removal technology. For this purpose, a sufficient set of uprooted and cleaned stumps was used, which were left in the clear-cut area after trees were felled on the selected sites. The localities were selected to ensure the difference in the types of subsoil to evaluate and compare the head performance not only according to the soil type but also according to the size of the stump's diameter and tree species.

The time performance of the grubbing head is significantly affected by the diameter of the extracted stump. This was confirmed on each of the three selected sites when the mean time for processing one stump increased with the increase in diameter size. The longer time for processing a stump with a larger diameter can be explained by the larger the stump diameter, the greater the amount of stump dendromass, including the root system, that has to be processed. Work operations such as splitting, turning, or placement can sometimes be repeated several times. However, a surprising fact was that soil types have almost no influence on the mean time for processing one stump, based on our field sites. It was demonstrated using a comparison that the groups of stump diameters at all three sites had approximately the same processing times for stumps, with differences of less than 10 %.

The longest time for processing one stump was recorded for pedunculate oak (*Quercus robur*). This was not so surprising because stump diameters larger than 90 cm were represented in 45 % of the total number of stumps in this species. An important factor can also be the shape and structure of its root system, which reaches depths considerably greater than, for example, the root system of Norway spruce (*Picea abies*), which is flat and shallow. As for the comparison of time for processing one stump according to the tree species, there were almost no differences among the results of other species.

The same situation was also recorded when comparing the mean time for processing one stump between coniferous and broadleaved tree species when the results were nearly identical. The representation of tree species and stump diameters is not uniform, and this is why the comparison according to selected factors may appear biased or insufficient. Nevertheless, all research activities were performed according to local natural conditions and the scheduling possibilities of all participants, and the amount of collected data can be considered sufficient for using the research results in practice.

Data from all field measurements were processed and indicated that the mean time for processing one stump, including the treatment of the disturbed soil surface, was from two to three minutes. This is a time during which the process could not be feasible using current machines and technologies. Thus, an experienced operator is

capable of processing, on average, about 20 stumps within an hour if the excavator does not have to travel to the next stump, depending on the density of the stumps.

Research on this topic is continuous, and the presented results are to be considered partial only. In the future, more data will be gathered from further localities that will differ in soil conditions. A comparison is also expected of this prototype with similar types of adapters already used in practice, both in respect of the purpose of their use and in terms of time and economic effectiveness.

The results of this study can be used by practitioners for better planning the time required for stump removal in consideration of different stump diameters.

9 LITERATURA

- EUSTAFOR.2010. *Biomass and Bioenergy Report*. Brussels, Belgium: EUSTAFOR.
- Kaarakka, L.; Vaittinen, J.; Marjanen, M.; Hellsten, S.; Kukkola, M.; Saarsalmi, A.; Palviainen, M.; Helmisaari, H.S. 2018. Stump harvesting in *Picea abies* stands: Soil surface disturbance and biomass distribution of the harvested stumps and roots. *For. Ecol. Manag.*, 425: 27–34.
- Alakangas, E. 2002. *Renewable Energy Sources in Finland 2002*. OPET Report 9 Finland–VTT Process. Jyväskylä, Finland; p. 51
- Luke: Natural Resources Institute Finland–Statistics Database [online]. Available at: www.luke.fi/en/statistics/energy/energy-2016 [accessed: 1 June 2022].
- United Nations. 2015. *Paris agreement* [online]. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf [accessed: 12 June 2022].
- Juntunen, M.; Herrala-Ylinen, H. 2011. Metsien hoito [Silviculture]. In: Ylitalo, E. (Ed.). *Finnish Statistical Yearbook of Forestry*. Vantaa, Finland: Finnish Forest Research Institute, pp. 117–164.
- Persson, T.; Egnell, G. 2018. Stump harvesting for bioenergy: A review of climatic and environmental impacts in northern Europe and America. *WIREs Energy Environ.*, 7: e307.
- Hunter, M. L. 1999. *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*, 1st ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Simanov, V. 2008. *Výroba, Zpracování a Využití Biomasy [Production, Processing and Use of Biomass]*. Přerov, Czech Republic: SZIF, p. 33.
- Laitila, J.; Poikela, A.; Ovaskainen, H.; Väätäinen, K. 2019. Novel extracting methods for conifer stumps. *Int. J. Forest. Eng.*, 30: 56–65.
- Neruda, J.; Simanov, V.; Klvač, R.; Skoupý, A.; Kadlec, J.; Zemánek, T.; Nevvrkla, P. 2015. *Technika a Technologie v Lesnictví 2. [Machines and Technologies in Forestry 2.]*. Brno, Czech Republic: Mendelova Univerzita v Brně.
- Hedman, L. 2008. *Productivity at Stump Harvest*. Umeå, SLU, Department of Forest Resource Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 1–38.
- Persson, T. 2013. Environmental consequences of tree-stump harvesting. *For. Ecol. Manag.*, 290: 1–4.
- Persson, T. 2016. Stump harvesting–impact on climate and environment. *For. Ecol. Manag.*, 371: 1–4.
- Persson, T. 2017. Stump harvesting for bioenergy–methods and environmental effects. *Scand. J. For. Res.*, 32: 201–203.
- Uri, V.; Aosaar, J.; Varik, M.; Becker, H.; Kukumägi, M.; Ligi, K.; Pärn, L.; Kanal, A. 2015. Biomass resource and environmental effects of Norway Spruce (*Picea abies*) stump harvesting: An Estonian case study. *For. Ecol. Manag.*, 335: 207–215.
- Eriksson, L. N.; Gustavsson, L. 2008. Biofuels from stumps and small roundwood – Costs and CO₂ benefits. *Biomass Bioenergy*, 32: 897–902.
- Peltola, A. 2008. *Finnish Statistical Yearbook of Forestry*. Vammala, Finland: Finnish Forest Research Institute, Vammalan kirjapaino Oy; p. 456.
- Ylitalo, E. 2011. *Metsätalustollinen Vuosikirja 2011 [Finnish Statistical Yearbook of Forestry]*. Helsinki, Finland: Finnish Forest Research Institute, Vammalan Kirjapaino Oy., p. 472.
- Laitila, J.; Ranta, T.; Asikainen, A. 2008. Productivity of stump harvesting for fuel. *Int. J. Forest. Eng.*, 19: 37–47.

- Asikainen, A. 2010. Simulation of stump crushing and truck transport of chips. *Scand. J. For. Res.*, 25: 245–250.
- Cleary, M. R.; Arhipova, N.; Morrison, D. J.; Thomsen, I. M.; Sturrock, R. N.; Vasaitis, R.; Gaitnieks, T.; Stenlid, J. 2013. Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *For. Ecol. Manag.*, 290: 5–14.
- Ministerstvo životního prostředí. 2022. Obnovitelné zdroje energie. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Dostupné na: https://www.mzp.cz/cz/obnovitelne_zdroje_energie [cit.: 2. listopadu 2022]
- E-on. 2022. Co jsou to obnovitelné zdroje energie? *E.on* [online]. Dostupné na: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/zelena-elektrina/co-jsou-to-obnovitelne-zdroje-energie/> [cit.: 2. listopadu 2022].
- Příhoda, J. 2007. Energeticky využitelná biomasa v lesním hospodářství. *Lesnická práce*, 86(1). Dostupné na: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-86-2007/lesnicka-prace-c-01-07/energeticky-vyuzitelna-biomasa-v-lesnim-hospodarstvi> [cit.: 2. listopadu 2022].
- Chytrý, M. 2007. Potenciál lesní dendromasy pro energetické využití a energetická koncepce České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52(SPECIAL 2007): 21–25. Dostupné na: https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/potencial-lesni-dendromasy-pro-energeticke-vyuziti-a-energeticka-koncepce-ceske-republiky/ [cit.: 2. listopadu 2022].
- Lazdinš, A.; Zimelis, A. 2012. System analysis of productivity and cost of stump extraction for biofuel using MCR 500 excavator or head. In: Treija, S., Skuja, I. (Eds.) *Research for Rural Development 2012, Proceedings of the Annual 18th International Scientific Conference*. Jelgava, Latvia, 16–18 May 2012. Jelgava, Latvia: Latvia University of Agriculture, pp. 62–68.
- Stupavský, V.; Wantulok, M.; Kratochvílová, Z. 2008. *Zpracování Lesních Těžebních zbytků [Processing of Forest Logging Residues]*. Praha, Czech Republic: CZ Biom – České Sdružení pro Biomasu, p. 32.
- Melin, Y.; Petersson, H.; Egnell, G. 2010. Assessing carbon balance trade-offs between bioenergy and carbon sequestration of stumps at varying time scales and harvest intensities. *For. Ecol. Manag.*, 260: 536–542.
- Alam, A.; Kilpeläinen, A.; Kellomäki, S. 2012. Impacts of initial stand density and thinning regimes on energy wood production and management-related CO₂ emissions in boreal ecosystems. *Eur. J. For. Res.*, 131: 655–667.
- von Hofsten, H. 1968. *Maskinell Upptagning av Stubbar – Möjligheter och Problem [Mechanical Uptake of Stumps – Opportunities and Problems]*. Uppsala, Sweden: SkogForsk., p. 12.
- Köstler, J. N.; Brückner, E.; Bibelriether, H. 1968. *Die Wurzeln der Waldbäume*. Hamburg/Berlin, Germany: Paul Parey Publishers., p. 284.
- Hakkila, P. 1975. Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniutteiden määrä [Bark percentage, basic density and amount of acetone extractives in stump and root wood]. *Folia For.*, 224: 7–15.
- Hakkila, P. 2004. *Developing Technology for Large Scale Production of Forest Chips: Wood Energy Technology Programme 1999–2003*. Prepared by VTI Processes, Helsinki, Finland.
- Flynn P, Kumar A. 2005. *Trip Report: Site Visit to Alholmens 240 MW Power Plant, Pietarsaari, Finland. August 29 to September 2, 2005*. Funded by BIOCAP Canada Foundation and the Province of British Columbia. Available at: www.biocap.ca/files/reports/MPB_Study_Finland_Trip_Report.pdf [accessed: 10 March 2008].

- Victorsson, J.; Jonsell, M. 2016. Overlooked subterranean saproxylic beetle diversity in clear-cut stumps and its implications for stump extraction. *For. Ecol. Manag.*, 371: 59–66.
- Björheden, R. 2006. Drivers behind the development of forest energy in Sweden. *Biomass Bioenergy*, 30: 289–295.
- Tekes. 2022. *Tekes, National Technology Agency of Finland* [online]. Available at: www.tekes.fi [accessed: 19 June 2022].
- Šimanov, V. 1993. *Dříví jako Energetická Surovina: Možné Způsoby Energetického Využívání Těžebního Odpadu a Dalších Opomíjených Zdrojů Dříví [Wood as Energy Raw Material: Possible Methods of Energy Utilization of Mining Waste and other Neglected Sources of Wood]*. Praha, Czech Republic: Ministerstvo zemědělství České republiky v Agrospoji, p. 116.
- Pastorek, Z.; Kclearyára, J.; Jevic, P. 2004. *Biomasa: Obnovitelný Zdroj Energie [Biomass: A Renewable Source of Energy]*. Praha, Czech Republic: FCC Public; p. 286.
- Renshaw, E.; Comas, C.; Mateu, J. 2009. Analysis of forest thinning strategies through the development of space–time growth–interaction simulation models. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, 23: 275–288.
- Ranlund, Å.; Victorsson, J. 2018. Stump extraction in the surrounding landscape: Predatory saproxylic beetles are more negatively affected than lower trophic levels. *For. Ecol. Manag.*, 408: 78–86.
- Finér, L.; Mannerkoski, H.; Piirainen, S.; Starr, M. 2003. Carbon and nitrogen pools in old-growth, Norway spruce mixed forest in eastern Finland and changes associated with clear-cutting. *For. Ecol. Manag.*, 174: 51–63.
- Alam, A.; Kellomäki, S.; Kilpeläinen, A.; Strandman, H. 2013. Effects of stump extraction on the carbon sequestration in Norway spruce forest ecosystems under varying thinning regimes with implications for fossil fuel substitution. *GCB Bioenergy*, 5: 445–458.
- Merilä, P.; Mustajärvi, K.; Helmisaari, H.-S.; Hilli, S.; Lindroos, A.-J.; Nieminen, T.M.; Nöjd, P.; Rautio, P.; Salemaa, M.; Ukonmaanaho, L. 2014. Above - and below-ground N stocks in coniferous boreal forests in Finland: Implications for sustainability of more intensive biomass utilization. *For. Ecol. Manag.*, 311: 17–28.
- Kalliokoski, T.; Nygren, P.; Sievänen, R. 2008. Coarse root architecture of three boreal tree species growing in mixed stands. *Silva Fenn.*, 42: 189–210.
- Hakkila, P. 1989. *Utilization of Residual Forest Biomass*. Springer Series in Wood Science. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.
- Karlsson, K.; Tamminen, P. 2013. Long-term effects of stump harvesting on soil properties and tree growth in Scots pine and Norway spruce stands. *Scand. J. For. Res.*, 28: 550–558.
- Kataja-aho, S.; Smolander, A.; Fritze, H.; Norrgård, S.; Haimi, J. 2012. Responses of soil carbon and nitrogen transformations to stump removal. *Silva Fenn.*, 46: 169–179.
- Becker, H.; Aosaar, J.; Varik, M.; Morozov, G.; Kanal, A.; Uri, V. 2016. The effect of Norway spruce stump harvesting on net nitrogen mineralization and nutrient leaching. *For. Ecol. Manag.*, 377: 150–160.
- Egnell, G. 2016. Effects of slash and stump harvesting after final felling on stand and site productivity in Scots pine and Norway spruce. *For. Ecol. Manag.*, 371: 42–49.
- Hyvönen, R.; Kaarakka, L.; Leppälammil-Kujansuu, J.; Olsson, B.A.; Palviainen, M.; Vegerfors-Persson, B.; Helmisaari, H.-S. 2016. Effects of stump harvesting on soil C and N stocks and vegetation 8–13 years after clear-cutting. *For. Ecol. Manag.*, 371: 23–32.

- Petersson, M.; Örlander, G.; Nordlander, G. 2005. Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forestry*, 78: 83–92.
- Rahman, A.; Viiri, H.; Tikkanen, O.-P. 2018. Is stump removal for bioenergy production effective in reducing pine weevil (*Hylobius abietis*) and *Hylastes* spp. breeding and feeding activities at regeneration sites. *For. Ecol. Manag.*, 424: 184–190.
- Leather, S. R.; Day, K. R.; Salisbury, A. N. 1999. The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): A problem of dispersal? *Bull. Entomol. Res.*, 89: 3–16.
- Rishbeth, J. 1963. Stump protection against *Fomes annosus*. III. Inoculation with *Peniophora gigantea*. *Ann. App. Bio.*, 52: 63–77.
- Piri, T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *Eur. J. For. Pathol.*, 26: 193–204.
- Rahman, A.; Viiri, H.; Pelkonen, P.; Khanam, T. 2015. Have stump piles any effect on the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) incidence and seedling damage. *Glob. Ecol. Conserv.*, 3: 424–432.
- Woodward, S.; Stenlid, J.; Karjalainen, R.; Hüttermann, A. (Eds.). 1998. Preface. In: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. Wallingford, UK: CAB International, pp. 11–12.
- Garbelotto, M.; Gonthier, P. 2013. Biology, epidemiology and control of *Heterobasidion* species worldwide. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 51: 39–59.
- Gonthier, P.; Thor, M. 2013. Annosus root and butt rots. In: Gonthier, P., Nicolotti, G. (Eds.) *Infectious Forest Diseases*. London, UK: CAB International, pp. 128–158.
- Sierota, Z. 2013. *Heterobasidion* root rot in forests on former agricultural lands in Poland: Scale of threat and prevention. *Sci. Res. Essays.*, 8: 2298–2305.
- Vasaitis, R.; Stenlid, J.; Thomsen, I. M.; Barklund, P.; Dahlberg, A. 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fenn.*, 42: 457–483.
- Walmsley, J. D.; Godbold, D. L. 2010. Stump harvesting for bioenergy – a review of the environmental impacts. *Forestry*, 83: 17–38.
- Hellsten, S.; Helmisaari, H.S.; Melin, Y.; Skovsgaard, J.P.; Kaakinen, S.; Kukkola, M.; Saarsalmi, A.; Petersson, H.; Akselsson, C. 2013. Nutrient concentrations in stumps and coarse roots of Norway spruce, scots pine and silver birch in Sweden, Finland and Denmark. *Forest. Ecol. Manag.*, 290: 40–48.
- Zemánek, T.; Neruda, J. 2021. Impact on the Operation of a Forwarder with the Wheeled, Tracked-Wheel or Tracked Chassis on the Soil Surface. *Forests*, 12: 336.
- Eklöf, K.; Kraus, A.; Weyhenmeyer, G. A.; Meili, M.; Bishop, K. 2012. Forestry influence by stump harvest and site preparation on methylmercury, total mercury and other stream water chemistry parameters across a boreal landscape. *Ecosystems*, 15: 1308–1320.
- Kiikkilä, O.; Nieminen, T.M.; Starr, M.; Mäkilä, M.; Loukola-Ruskeeniemi, K.; Ukonmaanaho, L. 2014. Leaching of dissolved organic carbon and trace elements after stem-only and whole-tree clear-cut on boreal peatland. *Water Air Soil Pollut.*, 225: 1767.
- Berg, S.; Nordfjell, T.; Bergström, D. 2015. Effect of stump size and timing of stump harvesting on ground disturbance and root breakage diameter. *Silva Fenn.*, 49: 1312.
- Berg, S.; Nurmi, J.; Prinz, R. 2019. Comparison of ground disturbance of frozen peatland during stump harvesting using a stump drill and rake. *Scand. J. For. Res.*, 34: 436–444.

- Hannam, K. 2012. *The use of stumps for Biomass in British Columbia – a problem analysis*. Technical report 066. Victoria, B.C., Prov. B.C. Available at: www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr066.htm [accessed: 19 June 2022].
- Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR). 2010. *Forest management guide for conserving biodiversity at the stand and site scales (stand and site guide)*. Toronto, Ont.: Ont. Min. Nat. Resourc, For. Br. Available at: www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Forests/Publication/272847.html [Accessed 15 March 2022].
- Tapio. 2010. *Energiapuun korjuu* [online]. Available at: www.forestenergy.org/openfile/152 [Accessed 15 February 2022].
- Egnell, G., R. Hyvonen, L. Hogbom, T. Johansson, T. Lundmark, B. Olsson, E. Ring, and F. von Sydow. 2007. *Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov [Environmental aspects on stump-harvest – compilation of knowledge and knowledge gaps]*. ER 2007:40. Available at: http://213.115.22.116/System/ViewResource.asp?x?p=Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/Static/c1651c317234439eb39d8ea2e0672e07/ER%202007_40W.pdf [Accessed 15 February 2022].
- Forestry Commission. 2009. *Stump harvesting: interim guidance on site selection and good practice*. Forestry Commission, Edinburgh, Scotland. Available at: [www.forestry.gov.uk/pdf/FC_stump_harvesting_guidance_April09.pdf/\\$FILE/FC_stump_harvesting_guidance_April09.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FC_stump_harvesting_guidance_April09.pdf/$FILE/FC_stump_harvesting_guidance_April09.pdf) [Accessed Feb. 2011].
- JCB. 2022. JCB JS 220 LC: 2021–2021. Specifikace, Technické Údaje [Specifications, Technical Data]. *Lectura* [online]. Dostupné na: www.lectura-specs.cz/cz/model/stavebni-stroje/pasova-rypadla-jcb/220x-slc-11748037 (accessed on 4 June 2022).
- Palander, T.; Smolander, J.; Kärhä, K. 2015. Work system study of three stump-lifting devices in Finland. *Scand. J. For. Res.*, 30: 558–567.
- Laitila, J.; Ala-Fossi, A.; Vartiamaäki, T.; Ranta, T.; Asikainen, A. 2007. *Productivity of Stump Lifting and Forest Haulage*. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute. Volume 46. Vantaa, Finland, pp. 1–26.
- Fredriksson, T. 2004. Kantojen korjuu lisääntyy [Harvesting of stump and root wood is increasing]. *Bioenergia*, 4: 4–7.
- Kärhä, K. 2007. Metsähakkeen tuotantokalusto vuonna 2007 ja tulevaisuudessa [Production machinery for forest chips in Finland in 2007 and in the future]. *Metsätehon Kats.*, 28: 1–4.
- Kärhä, K. 2012. Comparison of two stump-lifting heads in final felling Norway spruce stand. *Silva Fenn.*, 46: 625–640.
- Petr, J. 1983. Ergonomická hlediska v těžbě – výrobním procesu. In: Švenda, A. a kol. *Technologie a příprava výroby dříví v LH ČR*. Praha, s. 204 – 225.
- Hubač, M., 1978. Kvantitatívne hodnotenie zaťaženia dynamickou prácou. *Pr. Lekárstvo*, 30: 128–138.
- Bílek, K. a kol. 2013. *Učební texty z předmětu Těžba a doprava dříví*. Písek: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek.

10 PŘÍLOHY

Seznam dílčích výzkumných zpráv, vypracovaných k dané problematice za celou dobu řešení projektu v době od 5/2019 do 12/2022 za spoluřešitele Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav techniky.

2020

- (1) prof. Ing. Radomír Ulrich, CSc.
Vstupní zkoušky STS 12 T
STS Prachatice a.s.
- (2) prof. Ing. Radomír Ulrich, CSc.
Testy klučící hlavice pracoviště 1
STS Prachatice a.s.
- (3) prof. Ing. Radomír Ulrich, CSc.
Testy klučící hlavice pracoviště 2
STS Prachatice a.s.
- (4) prof. Ing. Radomír Ulrich, CSc.
P – Skeletový kořenový systém
ÚPV Praha – Spisová značka přihlášky: PV 2020-687

P – Skeletový kořenový systém

Přihláška vynálezu se žádostí o udělení patentu byla podána s pořadovým číslem: D 20119365

se spisovou značkou přihlášky: PV 2020-687

Potvrzení o přijetí ÚPV dne: 17.12.2020 14:52:05

- (5) prof. Ing. Radomír Ulrich, CSc.
P – Způsob stanovení zdravotního stavu kořenu stromu
ÚPV Praha – Spisová značka přihlášky: PV 2020-631

P – Způsob stanovení zdravotního stavu kořenu stromu

Podání přihlášky Patentu na ÚPV Praha:

Poradové číslo: D20112079

Spisová značka přihlášky: PV 2020-631

Potvrzení o přijetí vydáno dne: 25.11.2020 16:45:11

2021

F Užitiný vzor: Klučící hlavice pro trhání a následné zpracování pařezů

Ulrich, Radomír -- Zvěřina, Ladislav -- Staněk, Luboš

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Klučící hlavice pro trhání a následné zpracování pařezů. ULRICH, R. -- ZVĚŘINA, L. -- STANĚK, L. 35028, Úřad průmyslového vlastnictví, Česká republika. č. 35028 ze dne 5. 2. 2021.

F Průmyslový vzor: Stroj pro těžbu dřeva

Ulrich, Radomír -- Zvěřina, Ladislav -- Čejka, Jiří -- Staněk, Luboš

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Stroj pro těžbu dřeva. ULRICH, R. -- ZVĚŘINA, L. -- ČEJKA, J. -- STANĚK, L. č. 37796, ze dne: 23. 9. 2021; Úřad průmyslového vlastnictví, Česká republika.

G Prototyp: Traktorový přívěs s výklopným dnem

Traktorový přívěs pro vyvážení pařezů a částí stromů s výklopným dnem

Čejka, Jiří -- Ulrich, Radomír -- Zvěřina, Ladislav -- Staněk, Luboš

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, STS PRACHATICE, A.S. Traktorový přívěs pro vyvážení pařezů a částí stromů s výklopným dnem. ČEJKA, J. -- ULRICH, R. -- ZVĚŘINA, L. -- STANĚK, L. 2021.

J Článek: Uplatnění prototypu klučící hlavice pro trhání pařezů

Staněk, Luboš -- Ulrich, Radomír

Uplatnění prototypu klučící hlavice pro trhání pařezů. Lesnická práce. 2021. sv. 100, č. 6, s. 36–38. ISSN 0322-9254.

F Průmyslový vzor: Vyvážecí traktorová souprava

Ulrich, Radomír -- Zvěřina, Ladislav -- Čejka, Jiří -- Staněk, Luboš

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, STS PRACHATICE, A.S. Vyvážecí traktorová souprava. ULRICH, R. -- ZVĚŘINA, L. -- ČEJKA, J. -- STANĚK, L. 37797 ze dne 23. 9. 2021, Úřad průmyslového vlastnictví, Česká republika.

W Prezentace prototypu na odborné výstavě a její zorganizování

MUSIL, M. -- HRUBÝ, M. -- NERUDA, J. -- ŠIMEČKOVÁ, J. DemoGreen 2021. 23. 6. 2021 – 24. 6. 2021, Vyškov (CZ). URL: <https://www.demogreen.cz/>

W Prezentace prototypu na odborné výstavě

Nová technika a technologie pro zpracování pařezů jako obnovitelný zdroj energie;

Ulrich, Radomír -- Zvěřina, Ladislav -- Staněk, Luboš -- Čejka, Jiří

Nová technika a technologie pro zpracování pařezů jako obnovitelný zdroj energie.

In Země živitelka. 2021.

W **Prezentace prototypu na odborné výstavě v zahraničí**

New technology for stump processing as a renewable energy source

Ulrich, Radomír -- Zvěřina, Ladislav -- Staněk, Luboš

New technology for stump processing as a renewable energy source. In 43rd annual meeting of the Council on Forest Engineering (COFE) and the 53rd annual meeting of the International Symposium on Forest Mechanization (FORMEC). 2021, s. 267.

Všechny výstupy byly zadány do systému RIV

2022

Jimp A Unique Grubbing Head Prototype for Environmentally Friendly and Sustainable Stump Removal. Forests. 2022. sv. 13, č. 9, s. 1--23. ISSN 1999-4907. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/9/1515>

Jimp Analysis of Field View from Tractor and Trailer Units Using the Method of Terrestrial Laser Scanning. Forests. 2022. sv. 13, č. 9, s. 1--14. ISSN 1999-4907. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/9/1383/htm>

G funk Čejka, Jiří -- Ulrich, Radomír

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Dálkově ovládaný hydraulický systém pro vybrané příslušenství. ČEJKA, J. -- ULRICH, R. 2022.

Z tech MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Nová technika a technologie pro zpracování pařezů jako obnovitelný zdroj energie. ULRICH, R. -- STANĚK, L. -- ZVĚŘINA, L. -- ČEJKA, J. 2022.

M uspořádání konference Kuběna, Jan -- Vaňková, Yvona -- Dvořák, Jan -- Kuncová, Jana -- Ulrich, Radomír

Silva Regina: 17. mezinárodní lesnický a myslivecký veletrh a 6. veletrh obnovitelných zdrojů energie v zemědělství a lesnictví. 3. 4. 2022 - 6. 4. 2022, Brno (CZ). URL: <https://www.bvv.cz/silva-regina/aktuality/lesnicka-technika-myslivost-vyuziti-biomasy-a-vecelarstvi/>

Z tech Ulrich, Radomír -- Štykar, Jan -- Staněk, Luboš -- Pražan, Radek

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY, V. V. I. Stanovení tažné síly pro vytrhání dubů. ULRICH, R. -- ŠTYKAR, J. -- STANĚK, L. -- PRAŽAN, R. 2022.

G prot Čejka, Jiří -- Ulrich, Radomír MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, STS PRACHATICE, A.S. Štěpkovač na traktorovém přívěsu pro zpracování dendromasy na energetickou štěpku. ČEJKA, J. -- ULRICH, R. 2022.

F prum Čejka, Jiří -- Ulrich, Radomír MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, STS PRACHATICE, A.S. Štěpkovač na traktorovém přívěsu pro zpracování dendromasy na energetickou štěpku. ČEJKA, J. -- ULRICH, R. 2022.

F prum MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Vyvážecí traktorová souprava. ULRICH, R. -- ZVĚŘINA, L. -- STANĚK, L. -- ČEJKA, J. 38006, Úřad průmyslového vlastnictví, Česká republika.

A – audiovizuální tvorba Těžba pařezů upraveným adaptérem a jejich změna na energetickou štěpku František Nádeníček; prof. Ing. Radomír Ulrich, CSc. doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

B kniha Nová technologie pro těžbu pařezů s využitím pro energetické účely ULRICH, R. – STANĚK, L. – ZVĚŘINA, L.

Výsledek tvůrčího výstupu Patent byl předán na ÚPV Praha

P patent Zapojení pro měření podélné elektrické rezistivity dřevin a způsob tohoto měření. Pořadové č. D 22067294; Příhláška PV 2022-321; dne: 29. 7. 2022

Název: Nová technologie pro těžbu pařezů s využitím pro energetické účely
A new technology for the extraction of tree stumps with use for energy purposes

Autor: Radomír Ulrich, Luboš Staněk, Ladislav Zvěřina

Vydala: Mendelova univerzita v Brně,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání: první, 2022

Počet stran: 84

Náklad: 30 ks

ISBN 978-80-7509-885-6 (tisk)

ISBN 978-80-7509-886-3 (online ; pdf)

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-886-3>