

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra hospodářské úpravy lesů**



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Měření tloušťek stromů pomocí aplikace  
Mobile Forester**

**Bakalářská práce**

**Markéta Skalová**

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

**2023**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Markéta Skalová

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

**Měření tlouštěk stromů pomocí aplikace Mobile Forester**

Název anglicky

**Tree diameter measurement using Mobile Forester**

---

### Cíle práce

Cílem práce je ověřit použití aplikace Mobile Forester při měření tlouštěk stromů, ověřit jeho přesnost a správnost a určit časovou náročnost. Ověření vykonat na jednom druhu jehličnaté a jednom druhu listnaté dřeviny.

### Metodika

1. Popis dendrometrických dat
2. Rešerše metod, pomůcek a přístrojů pro měření tloušťky
3. Párové měření tlouštěk stromů pomocí Mobile Forester a klasickou průměrkou
4. Vyhodnocení dat
5. Odvození závěrů pro praxi

Harmonogram práce:

duben 2022 – leden 2023 – studium literatury, popis dendrometrických dat, zpracování literární rešerše metod sběru dendrometrických dat se zaměřením na tloušťku

duben 2022 – říjen 2022 – sběr dat

září 2022 – leden 2023 – vyhodnocení dat

únor 2022 – předložení literární rešerše a analýz ke kontrole

březen 2023 – předložení diskuze práce ke kontrole

**Doporučený rozsah práce**

40 normostran

**Klíčová slova**

dendrometrické veličiny, tloušťka stromu, měření denrometrických veličin

---

**Doporučené zdroje informací**

KANGAS, A. – MALTAMO, M. *Forest inventory : methodology and applications*. Dordrecht: Springer, 2006. ISBN 1402043791.

KUŽELKA, K. – MARUŠÁK, R. – URBÁNEK, V. *Dendrometrie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. ISBN 978-80-213-2673-6.

MARUŠÁK, R., URBÁNEK, V., ŠEBŇ, V. *Dendrometrické přístroje a pomůcky pre efektívne meranie lesa*. NLC Zvolen, 2009

ŠMELKO, Š. *Dendrometria – vysokoškolská učebnica*. Zvolen: TU, 2000.

ŠMELKO, Š. *Meranie lesa a dreva*. Zvolen: ÚVVP LVH, 2003. ISBN 80-89100-14-7.

VAN LAAR, A. – AKÇA, A. *Forest mensuration*. Dordrecht: Springer, 2007. ISBN 978-1-4020-5990-2.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FLD

**Vedoucí práce**

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

**Garantující pracoviště**

Katedra hospodářské úpravy lesů

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2023

**doc. Ing. Peter Surový, PhD.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2023

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2023

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma "Měření tloušťek stromů pomocí aplikace Mobile Forester" vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst., 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne .....

Podpis \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat panu prof. Ing. Róbertu Marušákovi, PhD., mému vedoucímu bakalářské práce, za vypůjčení pomůcek potřebných k sbírání dat a za pomoc při zpracovávání bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na zjišťování dendrometrických veličin pomocí moderního přístroje MobileForester. Hlavním cílem bakalářské práce bylo zjistit, zda je výhodné používání tohoto moderního přístroje v praxi, či je lepší zůstat u klasické metody měření tloušťek stromů pomocí průměrky. K tomuto zjištění dopomohly následující dílčí cíle. Důležitým kritériem pro hodnocení použitelnosti přístroje je přesnost měření. Ta byla zjišťována při měření tloušťek stromů. Zjišťovala se taktéž časová náročnost měření a určovalo se, jakou metodou je měření tloušťek rychlejší. Podle výrobců MobileForestru je měření pomocí přístroje MobileForestr 2x až 3x rychlejší než zjišťování dendrometrických veličin tradičními způsoby (MobileForester, 2023). Dále výrobci uvádějí, že MobileForester dokáže změřit vzdálenost cíle na až na 50 metrů (MobileForester, 2023). Toto tvrzení bylo taktéž ověřováno.

Přesnost měření tloušťek pomocí přístroje MobileForestr se zjišťovala porovnáním s naměřenými hodnotami průměrkou ve stejném bodě stromu, ve kterém probíhalo měření MobileForestem. Rychlost měření se ověřovala dvěma druhy pokusů pomocí stopek. Na ověřování vzdálenosti byla potřeba pásmo a metr. Data se v průběhu měření zapisovala na papír do tabulky a později vyhodnocovala v programu Microsoft Excel.

Výsledky práce ukazují, že přístroj je v praxi nevhodný z důvodu časové náročnosti. Měření s přístrojem MobileForester je časově náročné. Naměřené hodnoty tloušťek byly pro praktické lesnictví přesné.

Tato práce může sloužit jako podpůrný materiál při rozhodování o koupi přístroje MobileForester.

## **Klíčová slova**

dendrometrické veličiny; tloušťka stromu; měření dendrometrických veličin

## **Summary**

This Bachelor thesis is aimed at measurement dendrometric quantities using the modern MobileForester. The main aim of the bachelor's thesis was to find out how is advantageous to use this modern device in practice. Or whether it is better to use the classic method of measuring tree diameters using a calliper. The following sub-objectives helped to achieve this. The important quality is an accuracy of the instrument. This was detected during measurement diameters of trees. It was determined which method is faster. According to the designers, measurement using MobileForestr is 2x - 3x faster than detecting dendrometric quantities in traditional ways (MobileForester, 2023).

The accuracy of the diameter measurements using the MobileForestr instrument was determined by comparing them with the measured diameter values at the same point in the tree at which the MobileForestr measurements were conducted. The measurement rate was verified by two types of experiments using stopwatches. It took a band and a meter to verify the distance. The data was written to paper in a spreadsheet during the measurements and later evaluated in Microsoft Excel.

The results of the work shows that the device is not suitable in practice due to the time-consuming. Measuring with the MobileForester is time consuming. The measured diameters were accurate for practical forestry.

This work can serve as a supporting material when deciding to buy a MobileForester.

## **Keywords**

tree diameter; dendrometric quantities measurement; dendrometric quantities

## Obsah

1	Úvod .....	11
2	Cíle .....	13
3	Literární rešerše současného stavu problematiky .....	14
3.1	Dendrometrické veličiny .....	16
3.1.1	Vzdálenost, délka .....	17
3.1.2	Tloušťka.....	20
3.2	MobileForester .....	27
3.2.1	Před spuštěním .....	29
3.2.2	Spuštění přístroje.....	30
3.2.3	Nastavení .....	31
3.2.4	Stav baterie a nabíjení MobileForestru .....	33
3.2.5	Vypnutí přístroje .....	34
4	Metodika .....	35
4.1	Kalibrace přístroje ve vztahu ke vzdálenosti .....	35
4.2	Přesnost měření .....	36
4.3	Časová náročnost měření tlouštěk.....	39
4.3.1	Pokus č. 1.....	39
4.3.2	Pokus č. 2.....	40
5	Charakteristika zájmového území .....	41
5.1	Hájenský úsek Bystřice.....	42
5.2	Hájenský úsek Jámy .....	43
6	Výsledky .....	44
6.1	Zjišťování rychlosti měření .....	44
6.1.1	Pokus č. 1.....	44
6.1.2	Pokus č. 2.....	45
6.2	Přesnost .....	46
7	Diskuse.....	51



8	Závěr .....	53
9	Citovaná literatura.....	54
10	Seznam obrázků.....	56
11	Seznam tabulek.....	57

## **Seznam zkratek**

MF = Mobileforester

Prům = průměrka

SM = smrk ztepilý

BK = buk lesní

cm = centimetr

m = metr

in = inch = palec

ft = foot = stopa

cm<sup>2</sup> = centimetr čtvereční

m<sup>2</sup> metr čtvereční

in<sup>2</sup> = čtvereční palec

ft<sup>2</sup> = čtvereční stopa

cm<sup>3</sup> = centimetr krychlový

m<sup>3</sup> = metr krychlový

in<sup>3</sup> = krychlový palec

ft<sup>3</sup> = krychlová stopa

## 1 Úvod

Důležitým milníkem lidstva ve svém vývoji je začátek uvědomování si, že planeta Země není nevyčerpatelná, že se nenávratně poškozuje, a že některé suroviny dosavadním způsobem hospodaření brzy vyčerpá. Začal se klást větší zřetel na budoucnost a na udržitelný rozvoj. Je potřeba zmírnit nebo nejlépe úplně odstranit negativní projevy vývoje společnosti (Udržitelný rozvoj). Postupně se opouští od neudržitelného hospodaření a využívání neobnovitelných surovin či surovin, které planetu ničí. Svět začíná hojně využívat místo uhlí obnovitelné zdroje energie, jako je například dřevo, slunce, vítr, voda, geotermální energie.

Hůře recyklovatelné materiály například cihly, plast, který se vyrábí z neekologické ropy, jsou nahrazovány dřevem. Hračky, nábytek, stavební materiál, šperky, doplňky, domy, oblečení, to vše lze vyrobit ze dřeva. Dřevo materiálem budoucnosti. Zároveň je nehospodárním zacházení s lesem velmi ožehavé téma. I přes to, že je poptávka velká, lesnické společnosti by měly vždy v první řadě myslet na trvale udržitelné hospodaření v lesích, a hospodařit s ohledem na budoucnost.

Pro hospodaření v lesích je nejdůležitější disponovat s co nejpřesnějšími daty o lese. Data musí být zjišťována za co nejmenší finanční náklady a za co nejkratší dobu. Z tohoto důvodu se neustále vyvíjejí nové měřící pomůcky a technologie pro monitorování stavu lesa a pro získávání dendrometrických veličin.

Z tohoto důvodu vznikl i přístroj MobileForester. Přístroj slibuje efektivní, přesné, rychlé a jednoduché zjišťování dendrometrických veličin, které pak v digitální podobě snadno použít k pozdějšímu zpracování (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Konstrukteři proto cílí na využitelnost v lesnickém i dřevozpracujícím odvětví (MobileForester, 2023).

V současné době je na trhu velké množství přístrojů slibující podobné vlastnosti jako přístroj MobileForester. Bohužel se mnohdy později ukáže, že dané přístroje jsou z různých důvodů v lesnické praxi nepoužitelné. Pro zjišťování tlouštěk stromů jsou nyní využívány hlavně ruční průměrky ať už klasické či registrační. Hlavními důvody je jejich přesnost, odolnost, cena a v neposlední řadě i rychlost měření.

Tato práce je řešena z důvodu ověření, zda je přístroj opravdu tak efektivní a přesný, a zda s ním lze nahradit měření tloušťek stromů pomocí průměrky.

## 2 Cíle

Hlavním cílem práce je ověření, zda je výhodnější v lesnické praxi používat moderní způsob měření pomocí MobileForester, nebo zda je lepší zůstat u měření klasickou průměrkou. Podle návodu k přístroji MobileForester a podle oficiálních stránek přístroje je MobileForester vhodný k používání v praxi, neboť je potřeba pouze jedno zařízení na zjištění vzdálenosti, tloušťky, výšky, objemu výřezu, objemu hráně či zásoby porostu (MobileForester, 2023). Oficiální web udává, že je měření MobileForestem 2x až 3x rychlejší než měření manuálními metodami (MobileForester, 2023). Dále je měření s MobileForestem je rychlé, snadné a naměřené hodnoty jsou vysoce přesné. Přístroj je cenově výhodný a dostupný, neboť nahrazuje několik dalších měřících přístrojů či metod.

V této práci bych chtěla odpovědět na následující otázky:

1. Je měření pomocí přístroje MobileForestem 2x rychlejší než měření průměrkou Mantax Blue?
2. Dokáže MobileForester změřit vzdálenost až na 50 m?
3. Jak jsou hodnoty tlouštěk naměřené MobileForestem přesné?
4. Závisí na přesnosti měření tlouštěk pomocí MobileForestru druh měřené dřeviny, tloušťkový stupeň, či jestli s přístrojem měříme proti světlu nebo ves stínu?
5. Je celkově výhodnější používat v praxi MobileForester nebo průměrku Mantax Blue?

### 3 Literární rešerše současného stavu problematiky

Trvale udržitelné hospodaření v lesích úzce souvisí s hospodářskou úpravou lesa. Přesněji řečeno, Šálek (2014) uvedl, že hospodářská úprava lesa upravuje les tak, aby mohl nepřetržitě, trvale a vyrovnaně plnit i nadále funkci lesa (Šálek, 2014). Takže tento obor má zásadní vliv na stav dnešních lesů i lesů budoucích.

K tomu slouží dokumenty upravující nakládání s pozemky určenými k plnění funkcí lesa. Těmito dokumenty jsou lesní hospodářské plány nebo lesní hospodářské osnovy. Plány i osnovy obsahují závazná a doporučující ustanovení, kterými se musí vlastníci lesa řídit (Česká republika, 1995). Tvorba plánů a osnov spadá do oboru hospodářská úprava lesa.

Činnost hospodářské úpravy lesa vychází z dendrometrických veličin (Šálek, 2014). Tyto veličiny jsou základním kamenem hospodářské úpravy lesa. Díky dendrometrickým veličinám lze posoudit aktuální stav lesa, či utvořit tolik potřebné lesní hospodářské plány a lesní hospodářské osnovy. Zjišťování dendrometrické veličiny zajišťuje obor zvaný dendrometrie (Kuželka, 2016).

Dendrometrie v překladu z řečtiny znamená nauku o měření dřeva (Šmelko, 2015). Definice dendrometrie se postupem času vyvíjela. Každý vědec určil jako dendrometrii něco trochu jiného. Někdy své definice měnili i během života jednotliví vědci. Tomu je příkladem i pan Korf. Ten během svého života vyřknul dvě hlavní definice dendrometrie.

První jeho definice z roku 1953 říká, že dendrometrie je nauka o měření a zjišťování dendrometrických veličin. Zabývá se stanovením stáří stromů a porostů, stanovením přírůstu stromů a porostů a zjišťováním krychlového objemu stromů, nebo jeho částí, a porostů. (Marušák 2021 ex. Korf, 1953)

Oproti tomu v roce 1972 již konkrétně neuváděl, jaké taxační veličiny do této definice spadají. Uvedl, že dendrometrie je nauka o základních taxačních veličinách, o vzájemných vztazích mezi těmito veličinami, o metodách jejich zjišťování a o potřebných pomůckách (Marušák 2021 ex. Korf a kol. 1972). V dřívější definici se zabýval jen stanovováním a měřením veličin.

Další novější pohled na dendrometrii má pan Šmelko. Podle něj se dendrometrie zabývá lesnickými důležitými stromovými a porostními veličinami, vzájemnými vztahy mezi nimi a metodami, přístroji a pomůckami vhodnými

k jejich zjišťování a hodnocení (Šmelko, 2015). Definici dendrometrie pojímá ze širokého úhlu. Nezařazuje sem jen porostní zásobu, jako jeho kolega Korf, ale i stanovování rozměrů a objemu vytěženého dřeva, určování veličin, které charakterizují jednotlivé stromy a lesní porosty, veličiny, které určují výškovou a tloušťkovou strukturu porostu, a změnu růstu a přírůstu dendrometrických veličin v čase (Šmelko, 2015) Jako současná definice dendrometrie je považována právě tato všeobecná definice (Šmelko, 2015).

Dendrometrie je jednou z historicky nejstarších lesnických disciplín, ale i v současnosti patří mezi základní lesnické nauky (Kuželka, 2016) Bez dendrometrických veličin by nemohlo udržitelně fungovat lesnictví, hospodaření v lesích, ani obchodování se dřevem.

Samotné počátky HÚL se zařazují již do 14. století (Korf, 1968). V tu dobu se do tohoto oboru řadilo pouze mapování lesů (Korf, 1968). K úpravě těžeb docházelo jen v některých oblastech dolů a v okolí větších měst (Korf, 1968). Všude jinde nebylo kontrolováno a hlídáno, jak se s lesy zachází a jak v nich kdo hospodaří (Korf, 1968). Vlastní metody HÚL se počínají intenzivně vyvíjet od poloviny 18. stol (Korf, 1968). S tím souvisí i počátek vývoje dendrometrie jako takové (Šmelko, 2015).

Nejprve byly dendrometrické veličiny zjišťovány pouze okulárním odhadem (Sequens, 2007). Dříví bylo děleno pouze na užitkové a palivové (Sequens, 2007). Později začaly přicházet nové nápady, metody a postupy na kubírování smýceného dřeva. Roku 1758 přichází Kâstner s prvními tabulkami na určování objemu vytěženého dříví podle střední kruhové plochy (Adamec, 2022). Tyto tabulky se rozšířily až v roce 1825 díky Huberovi (Sequens, 2007). V 18. století vznikají i první jednoduché výškoměry (Adamec, 2022). V průběhu 19. století vznikaly ještě další růstové a objemové tabulky a do dendrometrie vstoupily i matematicko – fyzikální metody (Šmelko, 2015).

Po 2. světové válce zažila dendrometrie enormní rozkvět. Napomohlo tomu nejen to, že se začaly v tomto oboru používat matematické a statistické metody, ale i různá registrační a výpočetní technika. Klád se větší zřetel na vzájemné vztahy mezi jednotlivými veličinami. Vznikaly nové optické pomůcky, či pomůcky na bázi laseru, kterými se zkoušeli zjišťovat dendrometrické veličiny. (Šmelko, 2015)

### 3.1 Dendrometrické veličiny

Dendrometrické veličiny jsou stromové nebo porostní kvantitativní nebo kvalitativní veličiny, které jsou zjišťovány při inventarizaci lesa či jeho části (Adamec, 2022).

Dělí se na stromové veličiny a porostní veličiny. Stromové veličiny popisují na jednotlivé stromy a jejich části, kdežto porostní veličiny se zaměřují na celé soubory stromů – lesní porosty. (Marušák)

Dendrometrické veličiny vyjadřují buď vlastnosti neměřitelné, které se můžou popsat pouze slovy (druh stromu, zdravý / nezdravý, zelený / hnědý, malý / velký...). Takové veličiny se nazývají kvalitativní. Nebo můžou vyjadřovat veličiny měřitelné (hmotnost, délka, tloušťka...). Tyto veličiny se jmenují kvantitativní. (Marušák)

Kvalitativní veličiny se nejčastěji zjišťují pozorováním (Šmelko, 2015). Kvantitativní veličiny naopak měřením, výpočtem, či odhadem.

Mezi základní dendrometrické veličiny stromové se řadí (výčetní) tloušťka, výška, (výčetní) kruhová základna, obvod, výtvarnice, objem, věk, přírůst, výška nasazení koruny, průměr koruny a biomasa (Marušák). Naopak Šmelko (2015) jako základní dendrometrické stromové veličiny uvádí pouze tloušťku, výšku, kruhovou základnu, výtvarnici, objem, věk a přírůst (Šmelko, 2015).

Jako porostní základní veličiny Šmelko (2015) určil výměru, počet stromů, kruhovou základnu, zásobu, přírůst, střední tloušťku a výšku, kruhovou základnu, přírůst a objem středního kmene (Šmelko, 2015). Marušák tyto veličiny uvedl také, ale ještě přidal zakmenění, zastoupení, bonitu, horní výšku a tloušťku a v neposlední řadě celkovou objemovou produkci (Marušák). V tomto případě bych se přikláněla spíše k veličinám uvedenými panem docentem Marušákem, neboť uvádí i zastoupení a zakmenění, které se běžně zjišťuje pro tvorbu lesního hospodářského plánu.

Na zjišťování dendrometrických veličin jsou potřebné pomůcky, přístroje a metody, které co nejefektivněji zjistí co nejpřesnější hodnotu. Je důležité, aby pomůcky nebyly časově ani finančně náročné, a aby byly přesné. Z toho důvodu se měřicí přístroje postupem času vyvíjejí a zdokonalují. Je snahou vše zefektivňovat, zpřesňovat, zjednodušovat na obsluhu a snižovat na náklady (MobileForester as a new innovative measuring device in forestry). Z tohoto



důvodu byl vynalezen přístroj MobileForester (MobileForester, 2023). Autoři přístroje chtěli přijít s něčím inovativním, co ušetří finance, čas, a hlavně bude přesnější než ostatní metody měření dat (MobileForester, 2023).

Tato práce se věnuje nejzákladnější dendrometrické veličině, což je tloušťka, a měření vzdálenosti. Ta se mezi základní dendrometrické veličiny neřadí, ale tato veličina je dílčím krokem k změření tloušťek přístrojem MobileForester, takže je do této práce zařazena opodstatněně.

### 3.1.1 Vzdálenost, délka

Délka je základní fyzikální veličiny (Jednotky a jejich historie). Je to vzdálenost dvou bodů, které lze spojit křivkou (Jednotky a jejich historie). Základní jednotkou délky je metr.

Délka se používá pro výpočet plochy. S plochou se v praktickém lesnictví běžně pracuje. Zjišťuje se například plocha jednotlivých porostů, velikost LHC, plocha oplocenek, a hlavně plocha holiny kterou je potřeba zalesnit. V tomto případě se plocha potřebuje pro výpočet potřebných počtů sazenic pro zalesnění.

#### 3.1.1.1 Pomůcky na měření vzdálenosti

Ve starověku se používaly jako pomůcky na měření délky hlavně části těla. Od toho se pak odvodily i jednotky. Například chodidlo a jednotkou byla jedna stopa, nebo loket či palec. Právě stopa je nejstarší dochovanou jednotkou (Jednotky a jejich historie). Později se začaly používat na měření různé tyče, latě, provázky, které nahrazovaly odměřování pomocí částí těla.

Největší změna přišla ve Francii na konci 18. století, kdy probíhal velký obchod i mezi jednotlivými zeměmi (Jednotky a jejich historie). Každá země měla jiný způsob měření a jinak velké jednotky. Bylo nezbytné zavést mezinárodní jednotky, které by platily ve většině zemí a byly by všude stejně velké (Jednotky a jejich historie). A tím vznikla jednotka zvaná metr.

Tyto pomůcky se postupně zdokonalovaly do dnešních podob. Nyní se v dendrometrii na měření vzdálenosti používají hlavně pásma, lana, metry, latě, anebo dálkoměry (Šmelko, 2015).

Jako nejpřesnější pomůcka na měření větších vzdálenosti je bráno **ocelové pásmo**. Ocelové pásmo dokáže změřit vzdálenost několika desítek metrů a nepodléhá takovým chybám měření, jako například pásmo plátěné či

lana. Ocelové pásmo je zavinuté do kotouče a je snadné na přenášení (Šmelko, 2015). Plátěná pásma a lana se snadno natahují a znehodnocují, tudíž je jsou nepřesné (Šmelko, 2015).

Na měření menších vzdáleností se v praxi často používají **měřicí tyče** (Šmelko, 2015). Jsou lehké, přesné, snadné na přenášení, ale nejdou složit do menších rozměrů. Většinou se používá tyč o velikosti 1 metr (Šmelko, 2015).

Pro zjišťování vzdáleností, které nemusí být tak přesné, se často **krokuje**. Měřič si určí, jak velký je jeho krok a měřenou vzdálenost odkrokuje (Šmelko, 2015). Po spočítání kroků se počet vynásobí délkou kroku a vyjde přibližná hodnota délky. Tato metoda je v běžné lesnické praxi plně dostačující.

Nyní je používána řada **multifunkčních přístrojů**, které zjišťují jak výšku objektu, tak vzdálenost. Měření těmito přístroji může být založeno na vysílání ultrazvukových vln či laserového paprsku (Kuželka, 2016). Na bázi laseru funguje i přístroj MobileForester.

### 3.1.1.2 Měření vzdálenost pomocí MF

Přístroj MobileForester měří vzdálenost objektu na základě laseru. Zařízení vyšle laserový paprsek směrem k cíli. Paprsek se od cíle odrazí a vrátí zpět k MF. Podle toho, za jak dlouho se paprsek vrátí k přístroji či v jaké intenzitě, MobileForester spočítá vzdálenost cíle od přístroje. Ostatní veličiny, které MobileForester dokáže zjistit se měří právě přes laserový paprsek a přes vzdálenost.

Podle oficiálních webových stránek lze tímto přístrojem měřit zájmové objekty až na vzdálenost 50 metrů (MobileForester, 2023). To, na jak velké vzdálenosti dokáže přístroj s laserem změřit cíl, záleží na síle paprsku. Čím je paprsek silnější, tím delší vzdálenost dokáže změřit. Bohužel s rostoucí intenzitou paprsku roste i riziko poškození očí.

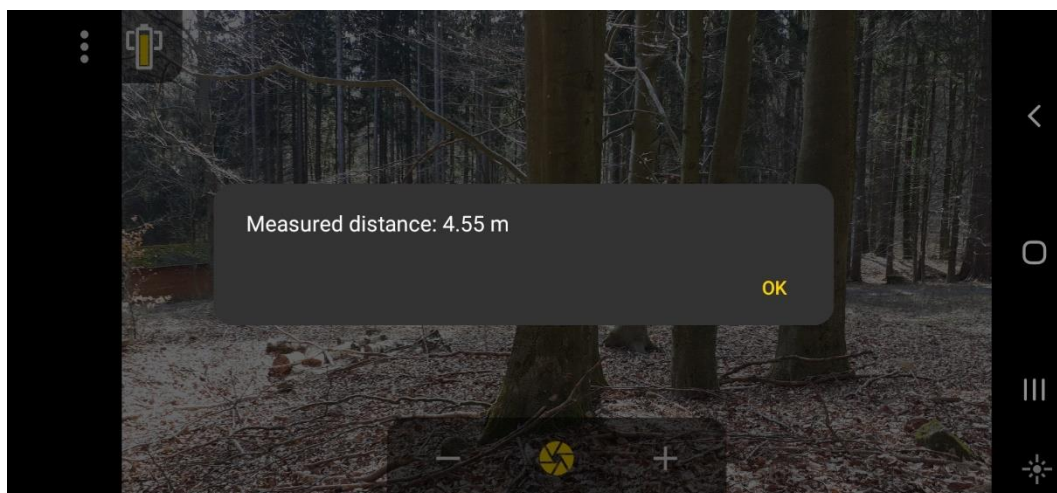
Před měřením je nutné MobileForester zkalibrovat na daný cíl. Kalibrace se provádí v nastavení. (dle kapitoly [Kalibrace mířidel laseru](#)). (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)

Pro změření vzdálenosti je potřeba stisknout žlutou ikonu uprostřed dolní části obrazovky (Obrázek 1). Pro zjištění vzdálenosti objektu je potřeba namířit mířidla na cíl. Po změření se objeví vyskakovací okno s naměřenou vzdáleností

v metrech s přesností na centimetry (Obrázek 2). Data o vzdálenosti nelze uložit do paměti přístroje k dalšímu zpracování. (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)



Obrázek 1 Měření vzdálenosti (foto autora)



Obrázek 2 Výsledek měření vzdálenosti (foto autora)

### 3.1.2 Tloušťka

Základní dendrometrickou veličinou je tloušťka (Bílek, 2013). Tloušťka je nedílnou součástí hospodářské úpravy lesa. Z tloušťky vychází řada jiných dendrometrických veličin, jako například objem kmene a s tím i související zásoba porostu, či střední tloušťka porostu.

Tloušťka kmene je i jedním z nejběžnějších stanovovaných rozměrů jednotlivých sortimentů. Je důležitá nejen pro stanovení objemu, ale i pro zařazení vyrobeného dříví do tříd jakosti či k určení technologie zpracování a k výrobě konkrétních produktů. (Bílek, 2013)

Pro tloušťku kmene se používá symbol  $d$  a její základní jednotkou jsou centimetry.

Podle pana inženýra Bílka a podle pana Běleho je tloušťkou kmene vzdálenost mezi dvěma tečnami vedenými rovnoběžně v protilehlých bodech příčného řezu kmene (Bílek, 2013), (Běle, 1992). Pan Šmelko na rozdíl od pana inženýra ovšem dodává, že jde o kolmou vzdálenost těchto tečen (Šmelko, 2015).

V lesnické praxi se používá několik druhů tlouštěk. Jako první je výčetní tloušťka. Výčetní tloušťka je tloušťka kmene je měřená ve výšce 1,3 m nad patou kmene (Běle, 1992). Tato tloušťka se potřebná pro výpočet objemu stojících stromů, pro výpočet kruhové základny, či k zjištění zásoby porostu.

Další zjišťovanou tloušťkou je čepová tloušťka. Čepová tloušťka je tloušťka měřená na tenkém konci výřezu (Běle, 1992). Určuje nejtenčí tloušťku daného kusu (Bílek, 2013). Většinou je důležitá ve dřevozpracujícím průmyslu při rozhodování o výsledném produktu z daného kusu a při výběru způsobu zpracování (Bílek, 2013). Díky ní se zjišťuje objemu jak u jednotlivých kusů výřezů, tak i u dříví složených v hraních (Běle, 1992).

Tloušťka měřená na tlustém konci kmene se nazývá tloušťka čela. Tato tloušťka je důležitá pro dřevozpracující průmysl, neboť je nejtlustší částí kmene. Výrobní linky mají technické parametry, které určují maximální velikost kmenů, které lze pomocí této technologie zpracovat. Největší průměr výřezu nesmí být větší, než dovolují technické parametry výrobních linek odběratelů (Bílek, 2013). Na maximální tloušťce závisí i volba technologie těžby stromů. Tloušťku čela se

používá i k vyjádření rozsahu vad na čele kmenu (Bílek, 2013). Pomocí této tloušťky se zjišťuje i objem hrání (Běle, 1992).

Středová tloušťka se měří uprostřed jmenovité délky výřezu (Bílek, 2013). Podle Běleho se středová tloušťka výřezu měří v polovině jeho délky, bez přídatku k délce (Běle, 1992). Obě tyto definice sdělují totéž, ale jinými slovy. Středová tloušťka se používá se k zjištění objemu podle Huberova vzorce (Bílek, 2013). Dále je důležitá pro zařazení výřezů do tloušťkových tříd, které jsou potřebné pro stanovení ceny dříví (Bílek, 2013).

Pro taxační účely se zjišťuje tloušťka jedním měřením s přesností na 2 cm nebo na 1 cm. Pro vědecké účely většinou dvojím měřením s přesností na 1 milimetr. U poražených stromů nebo jejich částí se měří jejich délka a průměry. Ty se zjišťují zpravidla v určitých vzdálenostech od obou konců. Nejčastěji to bývá středová tloušťka nebo průměr, popřípadě i tloušťka na slabším konci. U dřeva zpracovaného na kratší kusy (1 m, 2 m a jiné) a rovnaného do hrání se měří výška a šířka hranice a délka polena. Pro zatřídění je rozhodující průměr polena na slabším konci. (Čabart, 1959-1960)

Tloušťka se používá pro výpočet hmoty stromu a zásoby porostu či objemu zmýcených stromů. Počítá se pomocí Huberova, Smailianova či Newtonova vzorce. Pro výpočet objemu kmene pomocí Huberova vzorce je potřeba znát pouze středovou tloušťku kmene či kruhovou základnu v polovině kmene a délku kmene. (Kuželka, 2016)

Výpočet pomocí Newtonova vychází z tloušťky čepu, čela i ze středové tloušťky kmene a jeho délky. Kdežto výpočet objemu kmene pomocí čepové tloušťky a tloušťky čela a délky kmene lze nalézt u Smalianova vzorce. (Kuželka, 2016)

### 3.1.2.1 Měření tloušťky

Přesnost měření dendrometrických veličin, i samotné měření tlouštěk je ovlivňováno **měřičskými chybami** (Šmelko, 2015). To je stav, kdy se zjištěná hodnota liší od té skutečné. Chyby u zjišťování tlouštěk vznikají nedokonalostí smyslů měřiče či špatnými měřičskými pomůckami (Šmelko, 2015).

Existují **zásady měření tlouštěk**, při kterých dochází k eliminaci chyb. První zásadou je dodržování výšky měření, které je v případě zjišťování výčetní tloušťky 1,30 metrů nad zemí (Kuželka, 2016). Tloušťka je měřena kolmo

na osu kmene. Pohyblivé rameno průměrky musí být vždy kolmé na pravítko průměrky (Marušák) a musí být delší než jedna polovina tloušťky kmene (Bílek, 2013).

U stojících stromů s nepravidelným tvarem kmene se doporučuje měřit tloušťku ve dvou kolmých směrech (Kuželka, 2016). U výřezů do tloušťky 19 cm se tloušťka měří jednou, a to středová tloušťka (Bílek, 2013). Výřezy silnější 19 cm se měří dvakrát, a to kolmo na sebe (Bílek, 2013).

Při měření tloušťky přímo v terénu se nejčastěji používá lesnická průměrka (Kuželka, 2016).

### **Průměrky**

Začalo se měřit s jednoduchými průměrkami, které jen ukazovaly naměřené hodnoty s přesností na 1 cm. Tyto průměrky se postupně zdokonalovaly a přišly na svět registrační průměrky mechanické a registrační průměrky elektronické. Tyto přístroje si dokázaly zapamatovat a uložit naměřené hodnoty. V lesnicky vyspělejších státech používali oproti nám pokročilejší průměrky – například s pohyblivým ramenem a podobně. Průměrky se dováželi hlavně z Rakouska, Švédska a z Německé spolkové republiky. (Simon)

Nyní se používají dva základní typy průměrek – milimetrové, ty jsou vhodné na zjišťování tlouštěk u pokácených stromů a k vědeckým účelům, a průměrky taxační, které se používají na měření tlouštěk u stojících stromů (Šmelko, 2015). Taxační průměrky měří tloušťky buď v celých centimetrech, nebo v jednotlivých tloušťkových stupních (Marušák). Průměrky milimetrové zjišťují tloušťku s přesností na milimetry (Marušák).

Průměrka se nejčastěji skládá z pravítka, na kterém se zjišťuje hodnota tloušťky, a z dvou ramen (Kuželka, 2016). Jedno rameno je pevně přídělané k pravítku a druhé je pohyblivé. Dnešní průměrky jsou lehké, odolné a zaručují vysokou přesnost (Kuželka, 2016).

Menší nevýhodou je jejich skladnost. Průměrky se často nedají skládat a jsou velké tak, jak je velké jejich pravítko (Kuželka, 2016). Na trhu je ale průměrka Mantax Black, které má sklopná ramena (Kuželka, 2016). Hojně používanou průměrkou je Mantax Blue. Jde o klasickou lesnickou průměrku bez registrace a bez sklopných ramen.

Jak už je psáno výše, při práci s průměrkou byla potřeba dvou osob. Jeden člověk měřil tloušťky stromů a druhý člověk zapisoval naměřená data.

Registrační průměrky zaznamenávají údaje samy a opadne tím potřeba dalšího zapisovače. Tento typ průměrky se v 80. letech 20. století využíval hojně ve Švédsku. (Simon)

Principem bylo zmáčknutí tlačítka u příslušné tloušťky. Počítal se tak počet změřených stromů v příslušných tloušťkách. Průměrka si pamatovala 3 různé dřeviny. Po měření se daly odečíst počty změřených kmenů v daných tloušťkách. Na průměrku se daly taktéž připevnit bombičky s barvou na označení změřených stromů. (Simon)

Na současném trhu hrají prim digitální průměrky Mantax Digitech (Kuželka, 2016). Tato průměrka dokáže do své paměti uložit až 8000 hodnot. Velice přesná data přenáší do počítače bezdrátově přes rádio a infraport. Průměrka čerpá energii z baterie velikosti AA. Průměrka má jednoduchý malý display, na kterém lze označovat pomocí číselných kódů dřeviny, výšky a tloušťky. (Kuželka, 2016)

Jejím nástupcem je průměrka Mantax Digitech Professional. Tato průměrka disponuje s malým počítačem, který lze používat i samostatně bez průměrky. K této průměrce se dá připojit i relaskop a zjišťovat kruhovou základnu porostu. Přístroj lze připojit s jiným zařízením například přes Bluetooth. Zaznamenává GPS souřadnice, zaznamenává naměřené výšky z připojeného výškoměru, a je možné připojit i čtečku čárových kódů na snímání informací o výřezech. (Kuželka, 2016)

Příkladem laserové průměrky může být Mantax Digitech Pro One, které ale měří stromy kontaktně. Čelisti je potřeba přiložit ke kmenu stromu. Přístroj je velice přesný. (Kuželka, 2016)

### **Obvodové pásmo**

Pásmo je vyrobené z ohebné ocele, které měří tloušťky stromů s přesností na milimetry. Toto měření je velice přesné, ale i přes to je vhodné měřit tloušťku dvakrát, stejně jako při měření s průměrkami. Z tohoto důvodu se pásmo používá pro měření z vědeckých důvodů. (Šmelko, 2015)

### 3.1.2.2 Měření tloušťky pomocí MF

Podle oficiálních webových stránek přístroje je velkou výhodou MF, že dokáže změřit tloušťku stromu na větší vzdálenost (MobileForester, 2023). Pásztory dokonce uvádí, že tento přístroj změří tloušťku stromu na vzdálenost 40 – 50 metrů (Pásztory, 2022). Podmínkou je, aby byl zájmový strom přímo na dohled od místa měření (MobileForester as a new innovative measuring device in forestry). Z toho vyplývá, že měření pomocí tohoto moderního zařízení šetří čas, neboť není potřeba chodit přímo k jednotlivým stromům a tloušťky stromů měřit kontaktně (MobileForester, 2023). Z jednoho místa měření je možné změřit vícero tlouštěk okolních stromů (MobileForester, 2023). Stejného názoru jsou i autoři návodu k použití, kteří říkají, že měření tlouštěk přístrojem MF je rychlé, jednoduché a šetří čas (MobileForester digital forestry measuring device, 2021).

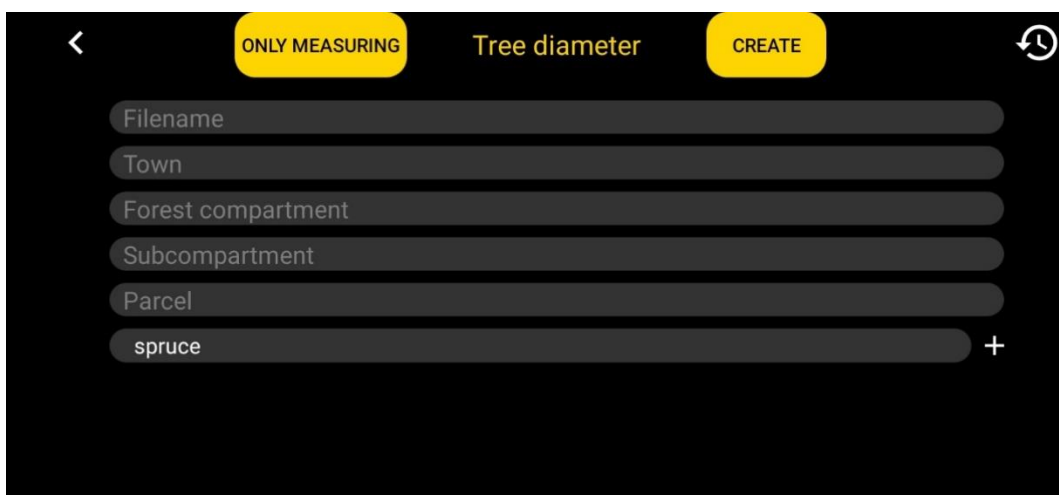
Přístroj měří tloušťky díky vestavěnému G-senzoru, díky laseru díky inteligentnímu algoritmu. Stačí namířit mířidla na strom ve výšce prsou, srovnat přístroj, aby nebal nakloněn a pouhým jedním kliknutím na tlačítko pro měření tlouštěk získáme přesnou naměřenou hodnotu. Výsledek je k dispozici okamžitě a lze jej uložit do paměti přístroje, či měření zopakovat. Data se ukládají v běžně použitelném formátu. (MobileForester, 2023)

Během terénního šetření je možné určovat, jaký druh se právě měří. Druhy dřeviny se přidávají v nastavení do seznamu dřevin. Před samotným měřením lze přidat nové druhy do seznamu. Podle webových stránek lze v průběhu měření vybírat a přidávat jednotlivé druhy do seznamu dřevin (MobileForester, 2023). Během měření měřič opravdu může přepínat jednotlivé druhy, ale pokud by chtěl do seznamu přidat úplně nový druh, musel by ukončit měření, přejít do nastavení, přidat nový druh a vrátit se zpět k měření.

Pokud chceme pouze měřit a data neukládat, je potřeba zmáčknout na úvodní obrazovce žluté tlačítko ONLY MEASURING v levém horním rohu (Obrázek 3). Pokud je potřeba naměřená data ukládat pro pozdější zpracování, je vhodné vyplnit název souboru, do kterého se mají naměřená data ukládat. (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)



Nejprve je potřeba soubor pojmenovat v kolonce Filename. Pak se může vyplnit doplňující informace, jako například název obce či porost (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). V neposlední řadě se zde nachází i seznam dřevin (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Je výhodnější vyplnit všechny očekávané druhy rovnou a pak pouze přepínat jednotlivé druhy během měření. Tlačítko CREATE v pravém horním rohu vytvoří nový soubor a začne měření tloušťky stromu (MobileForester digital forestry measuring device, 2021).



Obrázek 3 Nastavení měření tloušťek stromů (foto autora)

Ikonou stromů v pravém dolním rohu se vybírá právě měřený druh dřeviny (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Během měření nelze přidávat nové druhy přímo na obrazovce měření. Je potřeba otevřít znovu nastavení aplikace a přidat druhy stromů tam.

Nejprve je potřeba změřit vzdálenost cílového stromu v prsní výšce, což je 130 cm nad zemí (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). K přesné výšce může pomoci monopod, který lze nastavit na požadovanou výšku (MobileForester as a new innovative measuring device in forestry). Přesná výška měření je důležitá pro zjištění co nejpřesnější výčetní tloušťky stromu. V této práci nebylo potřebné měřit tloušťku v konkrétní výšce. Zde bylo podstatné změřit tloušťku stromu pomocí MF a v tom daném bodě a výšce změřit tloušťku stromu pomocí průměrky. K tomu mi napomáhaly záchytné body na stromech – jizvy, šupiny kůry, suky apod. Vždy jsem podle těchto znaků dokázala přesně najít body, ve kterých strom měřit.

Nejprve je potřeba zaměřit zkalibrovanými mířidly na cílový strom a srovnat úhel na 0°. (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). To indikují stupnice po stranách a červená čára. Pokud přístroj svírá 0° se zemí, rozsvítí se risky na stupnici červeně. Poté je potřeba stisknout žlutou ikonu pro měření (MobileForester digital forestry measuring device, 2021).

Objeví se vyskakovací okno s naměřenou vzdáleností cílového stromu od přístroje v metrech s přesností na centimetry. Pokud s hodnotou měřič souhlasí, zmáčkne se OK (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Objeví se vyfotografovaná situace z předchozího kroku a dvě šipky směřující ke kmenu v bodu měření. Inteligentní systém přístroje by měl sám rozeznat na fotografii kmen a jeho „strany“ (návod). Pokud šipky nepřiléhají přímo ke kmenu, je potřeba je umístit ručně (MobileForester as a new innovative measuring device in forestry). Pro co nejpřesnější měření je potřeba fotografii přiblížit. Čím větší detail, tím víc přesněji jsou šipky umístěny.

Pokud s pozicí šipek měřič souvisí, stiskne žlutou fajfku jako souhlas a objeví se naměřená tloušťka stromu v centimetrech s přesností na desetiny milimetru.

## 3.2 MobileForester

MF je kombinací chytrého telefonu a adaptéru MobileForester. MF měří několik dendrometrických veličiny co nejjednodušeji a nejpřesněji pomocí jednoho jediného přístroje. (MobileForester, 2023)

MF funguje na základě několika senzorů a funkcí. Prvním takovým je G- senzor, který je zabudován v chytrém telefonu (MobileForester as a new innovative measuring device in forestry). Tento senzor určuje polohu telefonu v prostoru. Určuje, na jakou světovou stranu je telefon natočen, zda leží nehybně či zda je s ním manipulováno. Díky tomuto senzoru probíhá i automatické otáčení obrazovky chytrého telefonu. G-senzor přístroj MF využívá hlavně k určování sklonu k cíli, k měření úhlu svírající nejnižší bod a nejvyšší bod stromu či k určení prsní výšky na stromu.

Jako další nezbytnou součástí MF je laser. Ten je zabudován v adaptéru MF. Paprsek laseru je potřebný k měření vzdálenosti cílového objektu od MF. Vzdálenost je potřebnou funkcí pro zjišťování dendrometrických veličin tímto přístrojem. Většina měření vychází z prvotního změření vzdálenosti. Podle Pásztoryho lze díky tomuto špičkovému laseru zjistit dendrometrické veličiny až na 50 metrů (MobileForester as a new innovative measuring device in forestry). Toto tvrzení potvrzuje i oficiální webové stránky a návod k použití. Co už ovšem nikdo jiný kromě Pásztoryho nepotvrzuje je tvrzení, že za skvělých světelných podmínek lze zjišťovat veličiny až na 70 – 80 metrů (MobileForester as a new innovative measuring device in forestry). Přenos dat mezi chytrým telefonem a MF probíhá pomocí bezdrátové komunikace Bluetooth.

Konstruktoři MF vidí největší uplatnění přístroje v praktickém lesnictví. Největší výhody spatřují v rychlém, efektivním a přesném měření, v uživatelsky snadném ovládní, v cenové nenáročnosti, neboť přístroj disponuje s vícero měřicími funkcemi a odpadá tím nutnost kupovat jiné přístroje, jako je třeba průměrka, dálkoměr, výškoměr a jiné. K používání přístroje není potřeba mobilní síť, data, ani wifi. A jako poslední kladný bod spatřují ergonomický vzhled přístroje. (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)

Autoři přístroje cílí na několik cílových skupin využití MF v praxi. Jako první cílové odvětví je lesnictví (MobileForester, 2023). Lesníci se starají o svěšené porosty. Plánují a provádějí výchovné a těžební zásahy v porostech. Přístroj určí i výčetní tloušťku porostů. Pro ověření správnosti jejich postupů

potřebují kontrolní metody. Potřebují zjistit i to, jaký objem dříví vytěžili, zda je to v souladu s LHP, kolik mají zaplatit těžařům a dělníkům za odvedenou práci, jak velkou holinu utvořili a kolik sazenic bude potřeba na její zalesnění, i to, jaké množství dříví odvezli ze skládky. To vše by mohlo jít zjistit pomocí tohoto jednoho přístroje.

Vlastníci lesů zase potřebují vědět, jak se v jejich lese hospodaří, zda jsou jejich počiny v souladu s trvale udržitelným hospodařením. MF snadno změří porostní veličiny a uchová je v digitální podobě. Vlastníci si pak budou moci snadno porovnávat hodnoty z předešlých let a posoudit kvalitu jejich hospodaření a stav porostů. (MobileForester, 2023)

Další využití spatřují u přepravních společností. Tyto společnosti potřebují přesné údaje o přepravovaném dříví. Je nutné znát i hmotnost přepravovaného dříví kvůli přetížení. Při přesném zjištění objemu dříví se dá vypočítat i přibližná hmotnost nákladu. Pro řidiče by tento údaj mohl sloužit aspoň jako přibližná kontrola, zda přesáhli maximální hmotnost nákladu či nikoliv. MF dokáže změřit a vypočítat přesný objem přepravovaného dříví najednou. Přístroj vytvoří i seznam jednotlivých přepravovaných výřezů s jejich objemem (MobileForester, 2023). Výsledek je samozřejmě ve formě digitálních dat (MobileForester, 2023). Tyto údaje by mohly zjednodušit a zrychlit silniční kontroly (MobileForester, 2023).

Poslední cílovou skupinou je dřevozpracující průmysl (MobileForester, 2023). Společnosti z tohoto odvětví pravidelně měří dříví a kontrolují jeho rozměry a objem, ať už při přejímce nového dříví tak i v průběhu zpracování. Pro společnosti je důležité provádět rychlá měření s přesnými výslednými digitálními daty, což podle konstruktérů přístroj MF naprosto splňuje (MobileForester, 2023).

Všechny tyto cílové skupiny mají společný bod. Má jim to značně usnadnit a urychlit práci. Nejen samotné měření s přístrojem, ale i opadnutí potřeby následného zpracování dat a převedení papírových údajů do digitální podoby. (MobileForester as a new innovative measuring device in forestry)

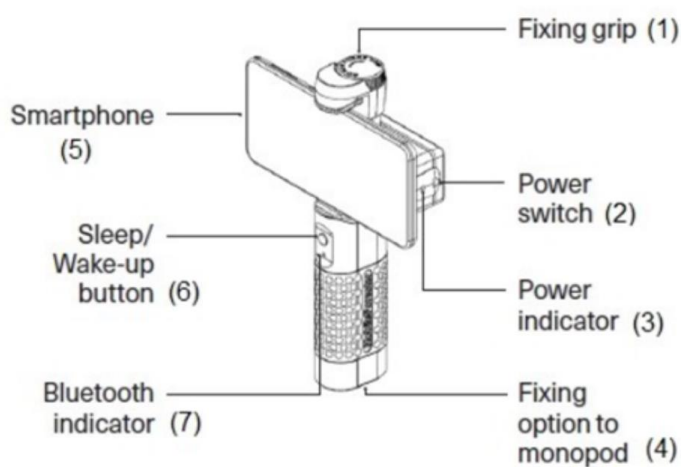
Pro používání MobileForestru je potřeba chytrý telefon, který má verzi Android minimálně 7.0, a adaptér MobileForester. (MobileForester, 2023) Pro funkci přístroje není potřeba žádný mobilní signál, ani internet. Pouze připojení Bluetooth. (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)

MobileForester zkonstruovala a vynalezla společnost Woodspring Ltd. (Faforrás Kft.) která byla založena roku 2003 a zaměřuje se na vývoj inovativních technologií a služeb. (MobileForester, 2023)

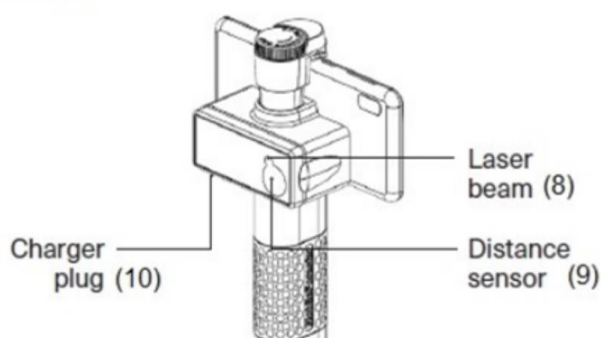
#### Popis MobileForestru

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. upevňovací držadlo        | 6. tlačítko pro vypnutí/zapnutí Bluetooth |
| 2. spínač                    | 7. kontrolka Bluetooth                    |
| 3. kontrolka napájení        | 8. paprsek laseru                         |
| 4. místo upevňování monopodu | 9. senzor pro měření vzdálenosti          |
| 5. chytrý telefon            | 10. nabíjecí zdířka                       |

#### Front view



#### Rear view



Obrázek 4 Popis MobileForestru (autor Woodspring)

### 3.2.1 Před spuštěním

Telefon by měl být zasazen mezi upevňovací úchopy tak, aby byl rovně a zapadl do ploch úchopů MobileForestru. Poté je potřeba mobilní telefon upevnit otáčením kolečkem na upevňovacím držadle „1“ (Obrázek 4), dokud nebude mobilní telefon pevně držen. (MobileForester digital forestry measuring device,

2021) V případě špatného upevnění telefonu by mohlo dojít k jeho pádu a následnému rozbití.

### 3.2.2 Spuštění přístroje

Nejprve se musí zapnout mobilní telefon. Po jeho spuštění je potřeba zapnout tlačítkem „2“ (Obrázek 4) MobileForestru (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Kontrolka „3“ (Obrázek 4) se rozsvítí zeleně (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Tlačítkem „6“ se zapíná Bluetooth MobileForestru (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Pokud není zapnutý Bluetooth v mobilu a zařízení není spárováno, učiníme tak v nastavení mobilního telefonu. Je potřeba taktéž zapnout v mobilu funkci Umístění, aby přístroj správně fungoval.

Pokud Bluetooth přístroje a mobilního telefonu není správně připojeno, kontrolka „7“ (Obrázek 4) blikne jednou za 3 sekundy. Pokud jsou zařízení správně připojena, kontrolka problikává rychleji dvakrát za sebou. (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)

Pokud se zařízení nepoužívá po dobu 15 minut, zařízení se vypne a zhasne také kontrolka „7“ (Obrázek 4). Pro opětovné zapnutí přístroje je potřeba stlačit tlačítko „6“ (Obrázek 4). (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)

Po otevření aplikace MobileForester v mobilním telefonu se jako první ukáže varování, že přístroj obsahuje laser (Obrázek 5). Následně se otevře menu aplikace a v něm funkce na výběr. (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)



Obrázek 5 Varovné hlášení (foto autora)

### 3.2.3 Nastavení

Pro přesné měření veličin je nutné před prvním měřením nastavit tělesné údaje člověka, který obsluhuje přístroj MF. Těmito údaji jsou výška očí a délka paží. Dále je v nastavení možné přidávat a upravovat seznam měřených druhů stromů, zvolení jednotek měření či provést velice důležitou věc – kalibraci přístroje. V nastavení je možné změnit i údaje, které nemají tak zásadní vliv, nebo žádný vliv na výsledek naměřených hodnot. Následující parametry nastavení jsou řazeny podle důležitosti a vlivu na přesnost měření.

#### 3.2.3.1 Kalibrace mířidel laseru

V tomto nastavení probíhá kalibrace mířidel laseru. Cílem správné kalibrace je dostat mířidla kolem paprsku laseru. Kalibrace má zásadní vliv na přesnost měření přístroje. Doporučuje se přístroj kalibrovat při každé změně místa měření (MobileForester digital forestry measuring device, 2021).

Ikona v levém dolním rohu srovná kříž doprostřed obrazovky. Ikonou, která je umístěna v pravém dolním rohu obrazovky, lze zapnout nebo vypnout paprsek laseru. Žluté šipky uprostřed každé strany obrazovky posouvají mířidla ve směru dané šipky. Ikonou „-“ a „+“ lze přibližovat a oddalovat obraz pro přesnější umístění mířidel. (MobileForester digital forestry measuring device, 2021)

#### 3.2.3.2 Výška očí

Pro měření výšky stromů pomocí dvou bodů je důležité zadat výšku očí měřiče nad zemí (MobileForester digital forestry measuring device, 2021).

Předpokládá se, že se ve výšce očí drží MobileForester. Tento údaj má vliv na přesnost měření výšky stromu, proto je nutné údaj upravit po každé změně měřiče (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Výška očí se zapisuje v milimetrech (MobileForester digital forestry measuring device, 2021).

### 3.2.3.3 Délka paže

Údaj délky paže je důležitý při měření výšek stromů z volné ruky (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Měří se paže od kloubu ramene až po zápěstí (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Při tomto měření se totiž otáčí ruce v ramenním kloubu a ruce s přístrojem se zvedají, aby zaměřily vrchol stromu. V případě měření z podpory či při pohybování pouze zápěstím ruky se údaj do nastavení zapisuje jako nula (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Hodnota se měří s přesností na milimetry (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Tento údaj má vliv na přesnost výsledné hodnoty, proto je nutné ji aktualizovat při každé změně měřiče či při každé změně techniky měření (MobileForester digital forestry measuring device, 2021).

### 3.2.3.4 Seznam druhů dřevin

V tomto nastavení lze nalézt aktuální seznam uložených druhů dřevin. Tento seznam je důležitý pro pozdější měření s přístrojem. Přidávají se zde nové druhy dřevin, či se mažou a upravují ty stávající. V prvním sloupci se zobrazuje název druhu dřevin. Tyto názvy se můžou psát i v češtině, neboť nemají vliv na měření. Může to pomoci v lepší orientaci při práci s naměřenými daty. V druhém sloupci se zobrazuje, do jaké skupiny tento druh spadá. Kliknutím na daný druh se zobrazí možnost úpravy.

Ikonou „+“ se přidává nový strom do seznamu (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Přidávat nové druhy stromů je možné i během měření (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Ikonou menu se může seznam exportovat, importovat nebo smazat. Skupiny druhů stromů nelze upravovat. V seznamu lze vybírat například ze skupin dubů, stromů s měkkým dřevem či ze skupiny borovic.

### 3.2.3.5 Nastavení, která nemají vliv na přesnost měření

Jako první nastavení, které nemá vliv na měření je potřeba uvést nastavení jazyka aplikace. Na výběr jsou pouze dva jazyky, a těmi jsou angličtina



a maďarština. Angličtina je mezinárodní jazyk a maďarština je jazykem autorů přístroje.

Dále je možné nastavit, v jakých jednotkách bude přístroj zobrazovat naměřené hodnoty (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Sice toto nastavení nemá vliv na přesnost měření, ale je důležitým nastavením, které usnadňuje práci. Pokud by nebylo možné jednotky měnit, musela by se každá hodnota převádět do potřebných jednotek. Seznam zkratk jednotlivých jednotek lze nalézt v seznamu používaných jednotek.

Druhým nedůležitým nastavením je nastavení odezvy na stisknutí tlačítka měření (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Tato funkce může pomoci měřiči ověřit, zda měření opravdu proběhlo. Na výběr je z několika možností. První možností je žádná odezva, vibrace, zvuk či zvuk a vibrace.

V nastavení je taktéž možné zapnutí notifikace při slabém nebo žádném GPS signálu (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Toto nastavení nemá vliv na přesnost měření, ale je důležitým bodem při potřebě zjišťovat přesnou GPS polohu měření či konkrétních stromů.

Následující nastavení udává, jaká minimální tloušťka ležícího kmene má být změřena (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Tato funkce se hodí při měření dříví v hrani, ve které se nachází i slabé kusy, které nemohou být dále využity, jako například větve či tenké špice. Lze snadno nastavit od kolika milimetrů tloušťky se mají hodnoty měřit (MobileForester digital forestry measuring device, 2021).

Další nastavení je důležité, pokud je potřeba zjistit a zapsat co nejvíce údajů o místě měření. Lze zde vypínat a zapínat ruční zadávání místopisných údajů (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Například název města či porost (MobileForester digital forestry measuring device, 2021). Lze mít tyto údaje všechny zapnuté a vyplňovat je jen v případě potřeby.

### 3.2.4 Stav baterie a nabíjení MobileForestru

Nabití přístroje se ukazuje v levém horním rohu obrazovky v otevřené aplikaci. Pokud je baterie MF vybitá, tlačítko „6“ na 1 sekundu přestane svítit zeleně a po 3 sekundách svítí (Obrázek 4). Pokud je baterie silně vybitá, tlačítko „6“ začne rychle blikat a poté se přístroj vypne. Velikost nabití mobilního přístroje se ukazuje na pravé straně stavového řádku mobilu.

Během nabíjení přístroje kontrolka „3“ svítí modře. Pokud je zařízení plně nabito, začne svítit zeleně. Stav nabíjení baterie telefonu se ukazuje v pravém horním rohu obrazovky mobilu, nebo na jeho stavovém řádku.

### 3.2.5 Vypnutí přístroje

Pro vypnutí přístroje je potřeba opustit aplikaci MobileForester pomocí tlačítka QUIT na hlavním menu aplikace. Spojení mezi přístrojem a mobilním telefonem se automaticky přeruší. Přestane svítit tlačítko „6“ a kontrolka „7“ přestane taktéž blikat.

## 4 Metodika

Hlavním úkolem této práce bylo zjistit, zda je používání MF v praxi výhodnější než používání ruční průměrky. Pro zodpovězení této otázky byla potřeba stanovit menší dílčí cíle. Způsob dosažení těchto cílů budou podrobněji popsán v následujících podkapitolách.

Před každým výjezdem do terénu bylo nutné zkontrolovat stav baterie přístroje a chytrého telefonu, případně je nabít ([Stav baterie a nabíjení MobileForestru](#)). Dalším důležitým bodem byla kontrola upevnění telefonu k MobileForestru ([Před spuštěním](#)).

Po zapnutí MobileForestru se podle postupu v [Spuštění přístroje](#) v [Nastavení](#) nastavovaly pro výsledné přesnější hodnoty informace o měřiči. Byla potřeba znát výšku očí měřiče ([Výška očí](#)), předpokládá se, že v této výšce měřič drží MF, a délku paží ([Délka paže](#)) z důvodu natahování rukou při měření výšek. Tyto údaje zůstávaly uloženy a nastavovaly se jen před prvním měřením, při změně měřiče, nebo po resetování přístroje.

Následně se do seznamu dřevin podle [Seznam druhů dřevin](#) vkládaly druhy, které se v porostu očekávaly. Nové druhy nebylo možné při některých měřeních přidávat nové. Proto se vyplatilo přidat na začátku všechny dřeviny, které se v dané lokalitě vyskytují. Vzhledem k tomu, že se tato práce zaměřuje pouze na SM a BK, nebylo nutné si tento sylab dřevin utvářet a stačilo přidat pouze zmiňovaný SM a BK. Tento seznam se utvářel před prvním měřením, nebo se v průběhu upravoval a následně zůstal uložený v paměti.

Jako další podstatnou věc bylo potřeba nastavit jednotky měření podle kapitoly [Nastavení, která nemají vliv na přesnost měření](#). Jednotky taktéž zůstávaly uložené a nebyla potřeba je měnit při každém měření. Žádná další nastavení již neměla vliv na přesnost výsledné hodnoty.

Posledním zásadním krokem byla kalibrace MF podle [Kalibrace mířidel laseru](#). Přístroj byla potřeba kalibrovat při každé změně vzdálenosti mezi měřičem a cílovým objektem.

### 4.1 Kalibrace přístroje ve vztahu ke vzdálenosti

Jako první se ověřovala přesnost měření vzdálenosti, neboť většina veličin se zjišťují tímto přístrojem pomocí vzdálenosti. Tímto pokusem se ověřovalo, zda přístroj MF změří cíl na vzdálenost 50 m tak, jak uvádějí výrobci

(MobileForester, 2023). Dále se zjišťovalo, na jakou vzdálenost lze vidět paprsek laseru, díky kterému se zaměřuje na cíl a který je potřebný na kalibraci přístroje. Bez správně zkalibrovaného přístroje měří MF nepřesně. K pokusu byl potřeba metr a MF.

Nejprve se pomocí metru odměřila vzdálenost 4 m. Menší vzdálenost nebyla zkoušena, neboť na vzdálenost menší než 4 m probíhalo ověřování přesnosti měření tlouštěk a přístroj na tuto vzdálenost fungoval dobře. Metr byl natažen od cílového stromu. Měřilo se z konce metru směrem k cílovému stromu. Zkoušela se viditelnost laseru, s tím souvisela i kalibrace přístroje a přesnost měření vzdálenosti. Tento pokus probíhal v rovinatém terénu z důvodu eliminace rozdílu vzdálenosti z důvodu sklonu terénu. Měřič se přibližováním a oddalováním obrazu na chytrém mobilu snažil najít paprsek laseru. Pokud byl nalezen, mohla být provedena kalibrace MF a následně se popostoupilo o další metr dále a provedl se stejný postup měření.

## 4.2 Přesnost měření

Jako nejdůležitější kritérium pro zjištění efektivity přístroje je přesnost měření. Přesnost měla být ověřována na dvou druhích stromů, z nichž jeden musel být listnatý a jeden jehličnatý. Pro ověřování byl vybrán smrk ztepilý a buk lesní. Tyto druhy nebyly vybrány náhodou. SM je v České republice nejzastoupenější dřevina a BK je nejzastoupenější listnatá dřevina v ČR. V roce 2021 SM v České republice tvořil 48,1% a BK 9,3% (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství 2021, 2022). Pro ověření přesnosti bylo zjišťováno 170 tlouštěk smrků a 150 buků.

Pro tuto práci bylo podstatné změřit přibližně stejný počet tlouštěk v jednotlivých tloušťkových stupních u jednotlivých dřevin. Jen tak se může s jistotou říci, jestli má na přesnost vliv tloušťkový stupeň měřeného stromu. Z tohoto důvodu byly vybírány jednotlivé stromy, a ne konkrétní porosty. Stromy byly vybírány okulárně podle druhu dřeviny a podle jeho přibližné tloušťky.

Přesnost se zjišťovala pomocí porovnání naměřených hodnot změřených v konkrétním bodě stromu přístrojem MF a průměrkou Mantax Blue. Hodnoty naměřené průměrkou byly brány jako správné.

Po vstupu do porostu a výběru prvního stromu byla potřeba přístroj zkalibrovat na požadovanou vzdálenost. Za šera a v zimě se měřilo 2 – 3 metry

od stromu. Za slunce a velkého světla byla potřeba měřit z kratší vzdálenosti, maximálně ze 2 metrů. Kalibrace by měla být prováděná při každé změně vzdálenosti mezi měřičem a cílovým stromem. Mělo by se pokaždé opustit měření, otevřít nastavení, přístroj zkalibrovat, zavřít nastavení a vrátit se zpět k měření. Tento postup je velmi časově náročný, vzhledem k tomu, že nikdy člověk nestojí na takovém místě, odkud by byly okolní stromy stejně vzdáleny. Při měření tloušťek přístroj nejprve změří vzdálenost od stromu. Během měření se přišlo na to, že v tomto kroku na chvilku problikne na obrazovce laser. Podle pozice laseru lze poznat, zda je přístroj na tuto vzdálenost zkalibrován. Pokud se laser nacházel v mířidlech, vše bylo v pořádku a pokračovalo se k dalšímu kroku zjištění tloušťky. Pokud se laser nacházel mimo mířidla, udělalo se s MF pár kroků vzad nebo v před a pomocí tlačítka DISCARD provedl pokus znovu. Tento postup se opakoval, dokud se laser nenacházel v mířidlech.

Nyní se nebere v potaz kalibrace přístroje. Zaměřme se pouze na měření tloušťek pro ověření přesnosti přístroje. Jak je již popsáno v kapitole [Měření tloušťky pomocí MF](#), k měření se dostaneme z hlavního menu pomocí ikony TREE DIAMETER. Po rozkliknutí lze nastavit bližší údaje o místě měření, potřebné pro pozdější použití, ale hlavně je možnost jednoduše přidat druhy stromů do seznamu dřevin.

Nejprve byl vybrán ikonou vpravo dole druh stromu, který bude aktuálně měřen. Pak byla namířena mířidla na cílový strom a srovnal se přístroj na sklon 0°. Při tomto pokusu nebylo rozhodující, v jaké výšce byl strom přístrojem měřen, neboť v tom stejném budě byl následně měřen průměrkou. Poté se kliklo na ikonu měření. Vypočítala se vzdálenost mezi cílovým stromem a přístrojem. Vzdálenost byla zapsána do tabulky na papír pro pozdější použití. Po odsouhlasení vzdálenosti pomocí tlačítka OK se přistoupí k dalšímu kroku.

Přístroj vyhodnotí tloušťku daného stromu a na krajní linii stromu na obrazovce umístí dvě šipky. V případě nepřesného umístění může měřit šipky posunout ručně. Pro přesnější umístění jsem si danou fotku zvětšovala.

V tomto bodě byla vzata průměrka do ruky. Průměrka byla po celou dobu položena přímo u nohou měřiče, aby nedošlo k pohybu mimo místo měření. Fotka byla prohlížena a hledaly se na ni záchytné body stromu. Body byly například šupiny kůry, větve, jizvy, skvrny, nerovnosti stromu a podobně. Hledalo se přesné umístění šipek měření z obrazovky přímo na stromě. Za celou tuto

dobu se nesmělo udělat krok jinam. Celou dobu bylo nutné stát na původním místě. Mělo by to fatální vliv na výsledek naměřené hodnoty. Poté, co byl záchytný bod nalezen přímo na stromě, měřič se vydal kolmo ke stromu tak, aby nezměnil ani o milimetr směr chůze. K tomu pomáhalo záchytný bod nespustit z očí. Pokud byl změněn směr chůze či byl ztracen zájmový bod, byla potřeba celé měření provést znovu a tento pokus nepočítat.

Po příchodu ke stromu, byl v zájmovém bodě změřen průměr stromu průměrkou. Kolmo na daný bod. Údaj byl zapsán do tabulky na papír. Pro výsledek měření MF byla potřeba odsouhlasit umístění šipek měření. V dalším vyskakovacím okně se objevila naměřená tloušťka stromu. Tato hodnota byla zapsána na papír a pokračovalo se k měření dalšího stromu. Tento postup byl opakován u všech 300 stromů.

Pokus šel provádět i v jednom člověku. Průměrka byla pokládána přímo k nohám, či byla opírána o nohy měřiče tak, aby měřič nemusel opustit místo měření. Blok pro zaznamenávání naměřených hodnot byl pověšen na krku měřiče a tužku pro zapisování hodnot byla daná v kapse. Nebyla tudíž potřeba pomoc od dalšího člověka. Když pomocníka byl, zapisoval údaje do tabulky či podával průměrku a měřič s přístrojem prováděl měření tlouštěk.

Naměřené hodnoty byly přepsány do tabulky do programu Microsoft Excel. Vzorovou tabulku s naměřenými hodnotami lze nalézt v kapitole [Výsledky](#). Do dalšího listu byly zkopírovány naměřené hodnoty tlouštěk na SM. První sloupec obsahoval hodnoty naměřené MobileForestrem, druhý sloupec příslušné hodnoty naměřené pomocí průměrky. Oba sloupce byly v jednotkách centimetry. Do třetí sloupce se spočítala absolutní chyba měření pomocí vzorce  $e = y - Y$ , kdy  $e$  je absolutní chyba;  $y$  je zjištěná hodnota tloušťky, což je v tomto případě výsledek měření MobileForestrem a  $Y$  je přesná hodnota tloušťky, tedy hodnota naměřená průměrkou Mantax Blue (Šmelko, 2015).

Relativní chyba byla spočítána ze vzorce  $e\% = \frac{e}{Y} * 100$  (Šmelko, 2015). Údaj vyjde v procentech. Aritmetickým průměrem absolutních chyb bylo získané vychýlení.

Rozdíl byl seřazen podle velikosti a byla určena nejmenší, největší a průměrná hodnota rozdílu. Tento výsledek bral v potaz, zda přístroj podměřuje nebo přeměřuje. Zjištěním absolutní hodnoty rozdílu se nebere v potaz

podměřování a přeměřování, ale zjišťuje se minimální, maximální a průměrný rozdíl tloušťek. Stejný postup se opakoval i u zjišťování rozdílu u BK.

### 4.3 Časová náročnost měření tloušťek

Druhou podstatnou vlastností pro určení výhodnosti použití přístroje v praxi je rychlost přístroje. Nevyplatí se používat metody, které jsou časově náročné. Rychlost měření byla ověřována pomocí dvou pokusů. Během prvního byla určována doba měření stejného stromu pomocí MobileForestru a pomocí průměrky Mantax Blue. V druhém pokusu se zkoušelo ověřit, jakou metodou se naměří během 10 minut více tloušťek stromů.

#### 4.3.1 Pokus č. 1

Při prvním pokusu bylo ověřováno, zda bude rychlejší měření tloušťek pomocí MobileForestru, tak jak uvádí výrobci (MobileForester, 2023), nebo zda bude rychlejší zjišťování tloušťek pomocí průměrky Mantax Blue.

Pokus začínal uprostřed porostu. Byl vybrán zájmový strom, na kterém měla být rychlost ověřena. Vzdálenost místa měření od zájmového stromu byla náhodná. Bylo označeno místo měření.

Jako první probíhalo měření s MobileForestem. Bylo nutné si stoupnout na místo měření. Po zapnutí aplikace MobileForester a otevření nastavení s kalibrací přístroje byly zapnuté stopky na druhém mobilním telefonu a okamžitě se začalo s kalibrací přístroje. Konec kalibrování nahlášeno pomocníkovi, který časový údaj zapsal do připravené tabulky. Měření mezi tím dál pokračovalo opuštěním nastavení a otevřením měření tloušťek. Pro tento pokus nebyly vyplňovány údaje o místě měření, pro pozdější použití, ale byla tloušťka pouze měřena. Tím se ušetřil další čas. Měření tloušťky probíhalo stejným postupem, jak je popsáno výše. Po změření vzdálenosti byl údaj nhlášen pomocníkovi. Poté se změřila tloušťka a stopky se zastavily. Zapsala se hodnota naměřené tloušťky i časový údaj.

Dále byl proveden pokus s průměrkou Mantax Blue. Začínalo se na stejném místě jako při měření MobileForestem a měřil se identický strom. Po zapnutí stopek se došlo s průměrkou ke stromu a změřily se dvě tloušťky navzájem na sebe kolmé. Po změření se měřič vrátil zpět na místo měření a hodnoty zapsal do připravené tabulky. Až po tomto kroku byly stopky zastaveny.

### 4.3.2 Pokus č. 2

Pokus číslo 2 byl uskutečněn v obou případech ve stejném porostu a na stejném místě. Byly tedy měřeny přibližně stejné stromy, ale v jiném pořadí a z jiného úhlu. Přístrojem MF se měřilo na vzdálenost kolem 1,70 metru. Měřilo se tak, aby byl přístroj zkalibrován, tudíž když laser směřoval mimo mířidla, udělalo se s MF pár kroků vzad nebo v před, dokud laser nebyl v mířidlech. Tento pokus byl začínán se zkalibrovaným přístrojem, tudíž se ušetřilo více času na samotné měření. V případě kalibrace by bylo naměřených stromů ještě méně.

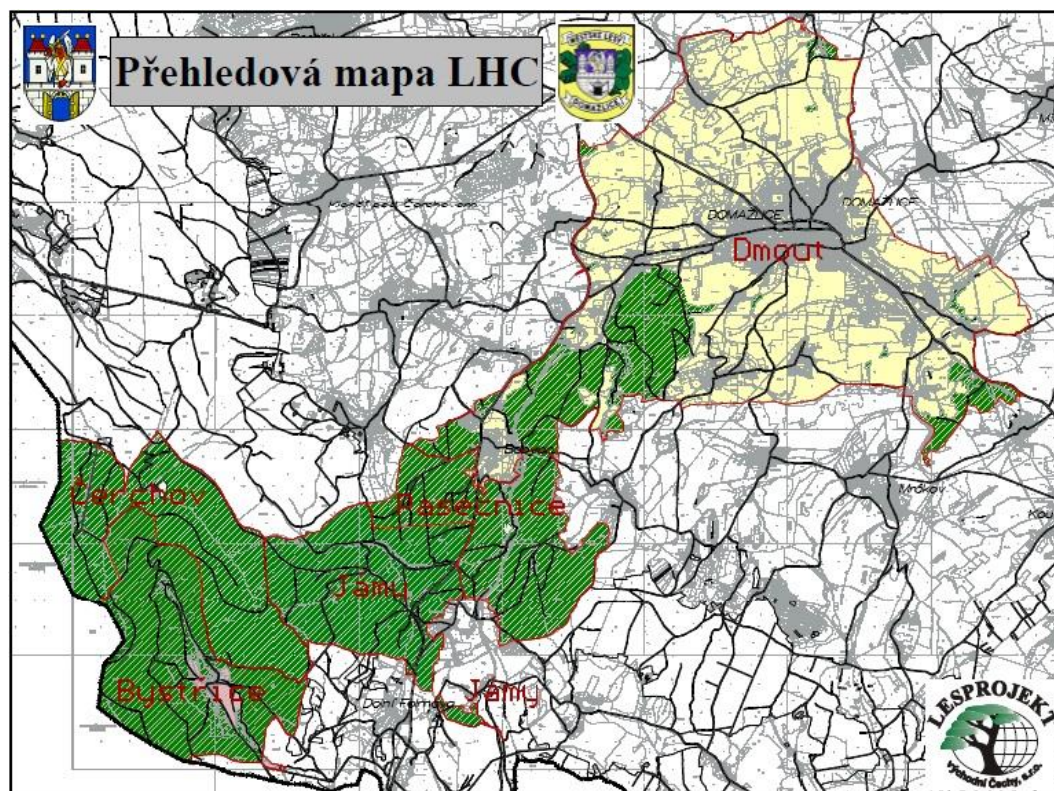
Tloušťky měřené průměrkou Mantax Blue byly měřeny v prsní výšce. Vzhledem k tomu, že měření probíhalo pro bakalářskou práci, byly na každém stromu změřeny dvě tloušťky. Pro vědecké účely se zjišťují dvě tloušťky a následně se pracuje s jejich průměrem. Při praktickém provozu se měří pouze jedna tloušťka a zaokrouhuje se na centimetry. Z tohoto důvodu byly měřeny dvě tloušťky na jednom stromu. Při měření jen jedné tloušťky by bylo průměrkováno ještě více stromů.



## 5 Charakteristika zájmového území

Sbírání dat bylo prováděno v lesním hospodářském celku Městské lesy Domažlice, jehož vlastníkem je město Domažlice. Správu těchto lesů provádí Domažlické městské lesy spol. s r. o. Důvodem volby tohoto LHC byla skladba lesů. Smrk zde zastoupen téměř z 61% a buk z bez mála 25% (Lesprojekt).

Toto LHC se nachází v Českém lese a zaujímá přes 3770 ha. Rozléhá se od bývalého okresního města Domažlice až k hranicím se Spolkovou zemí Německo. (Obrázek 6). LHC se člení do pěti hájenských úseků – Dmout, Pasečnice, Jámy, Bystřice a Čerchov. Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 6°C a průměrné roční srážky kolem 800 milimetrů (Lesprojekt).



Obrázek 6 Mapa LHC (autor Lesprojekt)

Pro sběr dat byly vybrány hájenské úseky Jámy a Bystřice z důvodu zastoupení dřevin a různorodé tloušťkové struktury porostů. Tyto hájenské úseky spadají do přírodní lesní oblasti číslo 11 s názvem Český les.

Cílem hospodaření je dosáhnout trvale udržitelného hospodaření s druhovou, prostorovou, věkovou i výškovou různorodostí porostů. Městští hajní se proto snaží při zalesňování zvyšovat druhové zastoupení dřevinné skladby i z důvodu původních smrkových monokultur a následné kůrovcové kalamity. Při

minulém LHP v letech 2005 – 2014 se zde nevyskytoval podkorní hmyz v kalamitním stavu (Lesprojekt). Během tohoto období se v celém LHC vytěžilo 11 673 m<sup>3</sup> nahodilé těžby z důvodu napadení hmyzem (Lesprojekt). V posledních letech je to bohužel mnohonásobně výše. Jen za rok 2020 se v celém LHC vytěžilo přes 69 000 m<sup>3</sup> z důvodu napadení podkorním hmyzem. To bohužel úzce souvisí se skladbou porostů. Z minulé doby převažovaly staré smrkové stejnověkové monokultury. Neochota k postupnému přeměňování porostů na věkově a druhově rozrůzněné vzala za své.

Dále porostům škodí abiotičtí činitelé, nejvíce vítr a sníh. Nahodilá výše těžeb způsobená abiotickými činiteli činila 71 090 m<sup>3</sup> v letech 2005 – 2014, což je opravdu několikanásobně výše než kůrovcová těžba (Lesprojekt). Právě větrná kalamita z června roku 2017 velice napomohla k následné kůrovcové kalamitě. Jen v hájenském úseku Bystřice lehlo pod větrem přes 8 600 m<sup>3</sup> dřeva. Tento hájenský úsek byl postižen. Prohnal se zde v pásu silný vítr spolu s abnormálně velkými kroupami. Otevřené porosty, holé svahy, nestabilní porosty, čerstvé smrkové dřevo, to vše pomohlo přilákat podkorní hmyz. Právě tento úsek postihla kůrovcová kalamita nejvíce. Za rok 2020 se v tomto úseku vytěžilo přes 22 000 m<sup>3</sup> hmyzí nahodilé těžby. Lehly celé starší porosty, hmyz silně poznamenal i mladší porosty.

## 5.1 Hájenský úsek Bystřice

Tento hájenský úsek spadá do druhého stupně CHKO Český les, do Evropsky významné lokality Čerchovský les a do nadregionálního ÚSES (20). se nachází na území bývalé vesnice Bystřice (Fichtenbach). Už samotný německý název napovídá, jaké zde byly dřívější lesy – smrkové, husté, tmavé, těžko přístupné. Dřevo bylo již tehdy velmi ceněno, a proto o toto území probíhaly věčné boje a hádky mezi Čechy a Němci. V Bystřici bývala sklárna a okolní lesy používali jako zdroj paliva. Bohužel ne vždy se zdejší lesy dostaly do spolehlivých rukou a docházelo k enormnímu drancování a ničení lesů. Z tohoto důvodu nyní v bezprizorní blízkosti vesnice najdeme mladší věkové třídy porostů.

Vybrané porosty spadají do lesů hospodářských. V dílci 47F se nachází genové základny pro sběr semen buku a smrku. Proto jsou tyto porosty zařazené do kategorie Lesů zvláštního určení.

## 5.2 Hájenský úsek Jámy

Toto území se rozléhá kolem vesnic v nižší nadmořské výšce než HÚ Bystřice. Les hospodářský. Celková výměra 732,7 hektarů.

Tabulka 1 Tabulka porostů

Porost	Hájenský úsek	Plocha (ha)	Lesní typ	LVS	CHS	HS	Věk (roky)	Zakmenění	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka (cm)
									SM	BK		
29A3	Jámy	0,14	4A1	4	41	516	22	9	40	11	-	-
29A5	Jámy	0,51	4A1	4	41	511	50	10	90	18	-	-
29A10	Jámy	7,99	4A1	4	41	516	95	10	20	42	65	35
29B8	Jámy	7,89	4A1	4	41	511	72	9	35	30	10	27
29B12	Jámy	0,47	4A1	4	41	516	115	9	-	-	100	55
29C8	Jámy	2,12	4A1	4	41	511	80	9	40	30	35	27
29C10	Jámy	2,53	4A1	4	41	516	95	10	5	45	95	40
29D3	Jámy	2,56	4S2	4	45	511	26	10	85	13	15	12
29D11	Jámy	6,74	4S2	4	45	511	107	8	81	38	14	45
46F12	Bystřice	8,14	6V9	5	59	591	119	9	80	50	5	60
47F3	Bystřice	6,34	5B6	5	55	9546	30	10	5	20	95	13
47F6	Bystřice	3,65	5B6	5	55	9546	54	10	15	23	85	20
47F8	Bystřice	0,34	5B6	5	55	9541	75	9	25	40	45	40

## 6 Výsledky

Celkem bylo zjištěno 171 tloušťek na smrkách a 150 tloušťek na bukách. V následující tabulce lze nalézt ukázkou z naměřených hodnot prvních deseti tloušťek u smrku a buku. V prvním sloupci lze nalézt číslo stromu, druhý sloupec určuje naměřenou tloušťku pomocí MobileForestru a třetí sloupec hodnotu zjištěnou průměrkou.

Tabulka 2 Ukázka naměřených hodnot tloušťek

SM		
číslo stromu	MF (cm)	Prům (cm)
1	47,07	49,4
2	41,66	48,9
3	47,64	48,7
4	42,05	44,3
5	29,15	29,3
6	38,41	40,5
7	36,06	37,5
8	41,36	43,5
9	29,43	29,7
10	35,33	37,3

BK		
číslo stromu	MF (cm)	Prům (cm)
1	43,66	51,6
2	53,29	58,1
3	55,39	61,1
4	54,83	60,8
5	35,84	39
6	32,86	34,1
7	43,89	45,2
8	29,6	30,5
9	61,42	64
10	26,98	26,7

### 6.1 Zjišťování rychlosti měření

Tento údaj byl zjišťován následujícími dvěma pokusy.

#### 6.1.1 Pokus č. 1

Pokus č. 1 jasně ukázal, že mnohem rychlejší metoda je měření tloušťek stromů pomocí průměrky, i přes to, že je nutné chodit k jednotlivým stromům.

První měření probíhalo na vzdálenost 3 metry od stromu. Po jedné minutě hledání paprsku laseru při kalibraci jsem měření vzdala. Průměrkou jsem tento strom změřila za 22 sekund.

Druhé měření bylo zjišťováno ze vzdálenosti 1,73 metrů od stromu. Kalibrace zabrala 26 sekund, a samotné měření 39 sekund. Na tuto vzdálenost byla zjištěna výčetní tloušťka 37,08 centimetru. Průměrkou toto měření trvalo 23 sekund a byly naměřeny hodnoty 40 a 39,4 centimetru.

Při třetím pokusu byla tloušťka měřena ze vzdálenosti 2,04 metru od stromu. Kalibrace MobileForestru trvala 1,06 minuty. Měření trvalo 50 sekund.

Výčetní tloušťka byla stanovena na 15,52 centimetrů. Průměrkou měření trvalo 26 sekund a hodnoty byly naměřeny 15,9 cm a 14,3 cm.

### 6.1.2 Pokus č. 2

Při pokusu č. 2 se zjišťovalo, kolik tlouštěk stromů se zjistí za 10 minut pomocí MF a pomocí průměrky. Přístrojem MF bylo naměřeno 14 stromů. Upozorňuji, že jsem začínala měřit se zkalibrovaným přístrojem, tudíž jsem ušetřila hodně času na samotné měření. V případě kalibrace by bylo naměřených stromů ještě méně. Pomocí průměrky Mantax Blue bylo změřeno 23 stromů. Tloušťku stromů jsem v tomto případě měřila ze dvou bodů v prsní výšce. Tím pádem bylo za 10 minut změřeno 46 tlouštěk.

*Tabulka 3 Tabulka naměřených tlouštěk pomocí MF*

strom č.	tloušťka (cm)	dřevina
1	24,38	smrk
2	25,00	smrk
3	34,71	smrk
4	14,83	buk
5	41,81	buk
6	20,67	buk
7	14,56	buk
8	24,62	smrk
9	23,91	smrk
10	20,74	buk
11	20,75	buk
12	15,78	buk
13	26,27	buk
14	28,84	buk

Tabulka 4 Tabulka naměřených tloušťek pomocí průměrky Mantax Blue

strom č.	1. rozměr (cm)	2. rozměr (cm)	dřevina
1	26,3	25,9	smrk
2	37,9	38,2	smrk
3	15,0	14,5	buk
4	26,0	27,7	smrk
5	17,2	17,1	buk
6	22,9	22,4	buk
7	29,0	26,5	buk
8	32,3	31,4	buk
9	20,6	20,9	buk
10	25,3	26,0	buk
11	17,9	18,0	buk
12	32,8	32,6	buk
13	27,6	29,0	buk
14	25,5	25,7	buk
15	27,2	26,7	buk
16	46,1	45,5	buk
17	20,3	23,5	buk
18	34,3	37,8	buk
19	24,0	24,3	buk
20	38,2	41,0	buk
21	26,6	27,0	buk
22	41,2	42,6	buk
23	46,2	46,6	buk

Měření přístrojem MobileForester je velice časově náročné.

## 6.2 Přesnost

U buku bylo naměřeno 150 tloušťek stromů. Absolutní chybovost byla vypočítána na -1,65 cm. Vyšla záporná hodnota, přístroj MobileForester tedy v průměru měří o 1,65 cm menší hodnoty než průměrka Mantax Blue. Relativní chybovost vyšla na -4,13%.

U smrku bylo zjištěno 171 tloušťek. Absolutní chybovost vyšla opět záporně, jako u buku. V tomto případě byla hodnota -1,75 cm. Tomu odpovídá relativní chybovost -3,94%. Lze tedy říci, že přístroj obecně podměřuje bez závislosti na druhu dřeviny.

Tabulka 5 Tabulka chybovosti MobileForestru

Dřevina	vychýlení (cm)	relativní chybovost (%)	relativní chybovost upravená (%)	Vychýlení upravené (cm)
buk	-1,65	-4,13	-4,54	-1,78
smrk	-1,75	-3,94		

Největší rozdíl s ohledem na podměřování a přeměřování přístrojem bylo přeměření o 18,02 cm u buku. Zde muselo dojít k hrubé chybě měřiče. Možností je několik. Chyba vznikla špatnou manipulací s průměrkou, selháním smyslu měřiče, špatnou kalibrací MobileForestru, či špatným určením „hran“ stromu při měření MobileForestem. Jako druhý největší rozdíl vyšlo -8,26 cm. MobileForester tedy naměřil o 8,26 cm menší tloušťku než průměrka. Od této hodnoty již rozdíly plynule klesaly. Pokud se nebere v potaz měření s rozdílem 18,02 cm, které nekoreluje s ostatními hodnotami, pak chyba měření přístroje vyjde -1,78 cm. Tato hodnota se liší od absolutní chybovosti u smrku o pouhé 0,03 cm.

U smrku byl největší rozdíl zjištěn 7,78 cm. Vzhledem k tomu, že další hodnotou byl rozdíl -7,24 cm, tak nedošlo hrubé chybě ze strany měřiče.

Minimální rozdíl u buku byl 0 cm. V jednom jediném případě byla naměřená hodnota MobileForestem stejná jako průměrkou. Druhou nejmenší hodnotou byl rozdíl 0,03 cm. U smrku byl nejmenší rozdíl hodnot 0,08 cm.

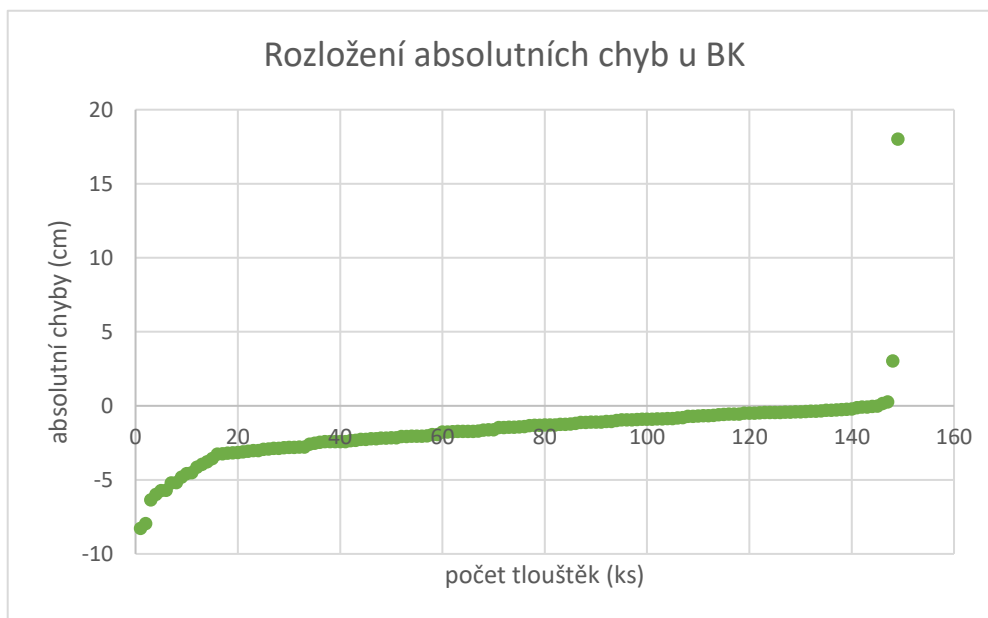
Tabulka 6 Tabulka minimálních a maximálních tlouštěk a rozdílů měření

Dřevina	minimální tloušťka (cm)	maximální tloušťka (cm)	minimální rozdíl (cm)	maximální rozdíl (cm)	maximální rozdíl upravený (cm)
buk	-1,65	-4,13	0	18, 02 (8,26)	8,26
smrk	22,5	66	0,08	7,78	

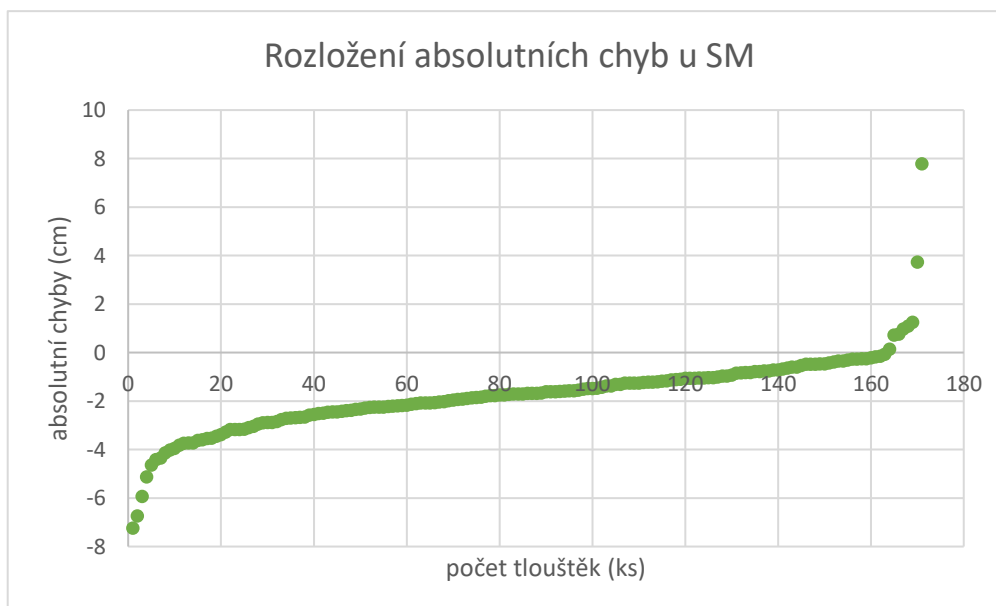
Při zjišťování tlouštěk buků MobileForester u většiny hodnot podměřoval. V jednom případě změřil stejnou hodnotu jako byla změřena tloušťka pomocí

průměrky a pouze ve čtyřech případech přístroj naměřil hodnotu větší než průměrka. Lze tedy s jistotou říci, že přístroj oproti průměrce podměřuje.

U smrku tomu bylo podobně. Přístroj pouze v osmi případech ze 171 zjistil hodnotu větší než průměrka.



Obrázek 7 Rozložení absolutních chyb u BK

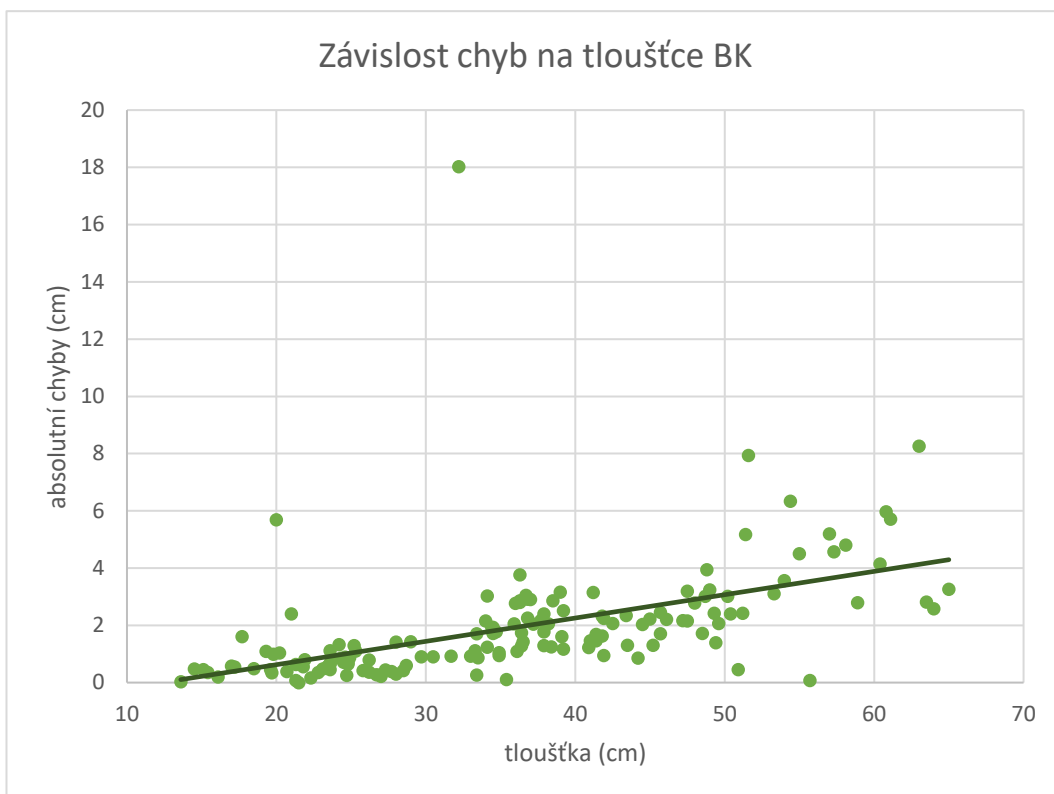


Obrázek 8 Rozložení absolutních chyb u SM

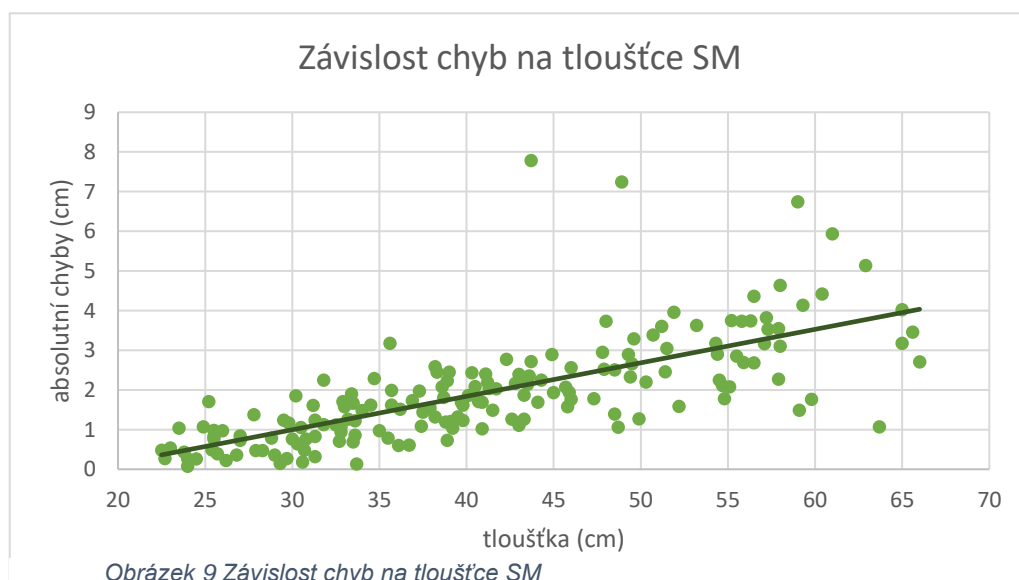
V následujících grafech lze vidět závislost absolutních chyb u obou dřevin na tloušťkách stromů. V tomto případě se nebere v potaz, zda přístroj přeměřuje,



ale to, jak se mění chyba s tloušťkou. V obou případech s rostoucí tloušťkou stromu roste i rozdíl chyb.

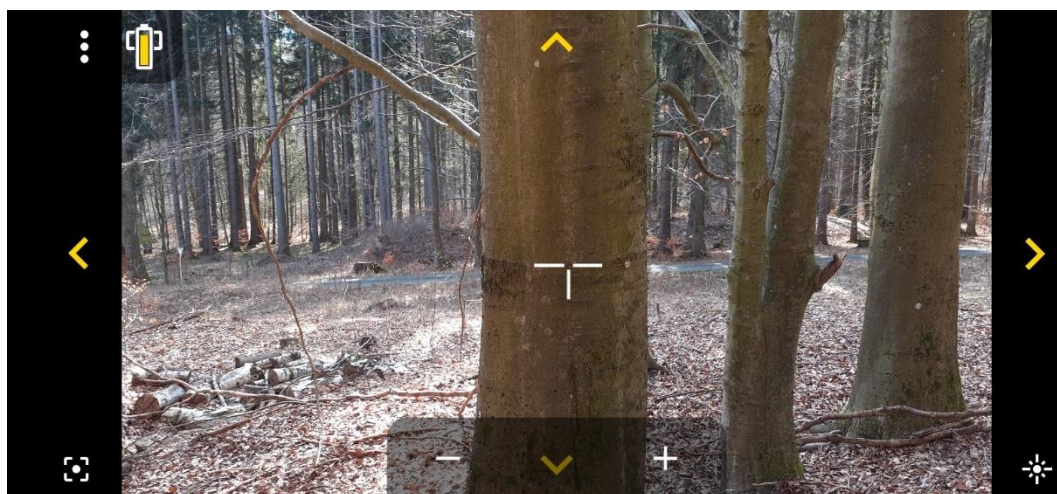


Obrázek 10 Závislost chyb na tloušťce BK

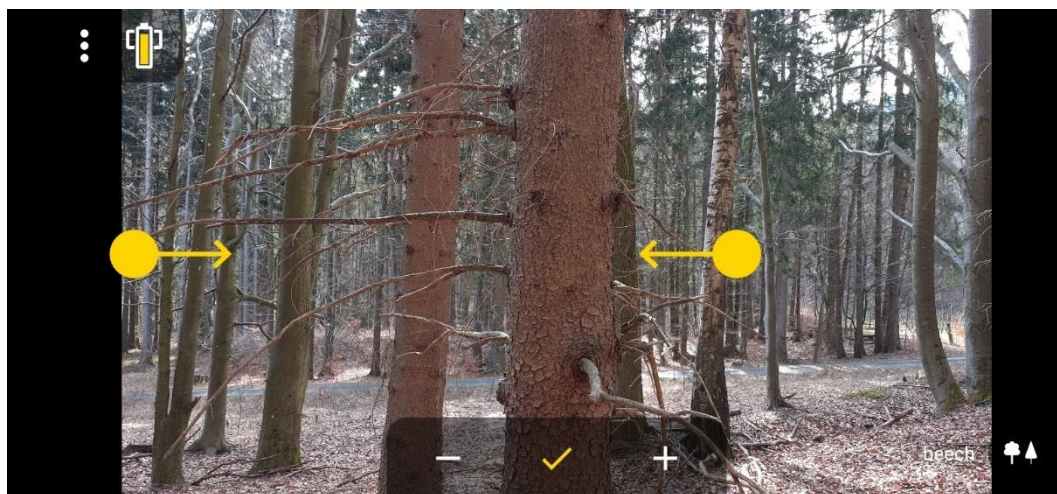


Obrázek 9 Závislost chyb na tloušťce SM

Šipky při měření tloušťek by měly strom sami objímat a určovat „hranu“ stromu na fotce. Ve většině případů šipky směřovaly jinam. Jen u 12 stromů nebylo nutné šipky upravovat ručně ani u přiblížení.



Obrázek 11 Chybné umístění šipek č. 1 (foto autora)



Obrázek 12 Chybné umístění šipek č. 2 (foto autora)

## 7 Diskuse

Jako první výhodu přístroje MobileForester spatřuji v tvaru a materiálu adaptéru. Přístroj je relativně lehký, dobře se drží i ženám, které mají oproti mužům menší ruce. Přístroj z ruky neklouže. Dokonce jde i držet jednou rukou a zároveň zapisovat výsledky na papír. Nastává ovšem první problém při měření tloušťek stromů menších dimensí. I přes to, že je přístroj lehký dochází k třesu ruky a je složité zamířit paprsek laseru na tenčí strom, případně je fotografie k určování „hrany“ stromu rozmazaná a je nutné měření znovu opakovat.

Mobilní telefon i adaptér fungují dobře. Nesekají se, nedocházelo k žádným technickým problémům v průběhu měření.

Další výhodou MobileForestru je, že nahrazuje několik měřících přístrojů. Toto zařízení se skládá pouze z mobilního telefonu s verzí Androidu 7.0 a novější, a z adaptéru MobileForester. Mobilní telefon se dá koupit v každém obchodě s elektronikou za pár tisíc korun a pořizovací cena MobileForestru podle pana Marušáka je přibližně 50 000 Kč. Nevýhodou je, že se adaptér dá zakoupit pouze u výrobců.

První nevýhodu spatřuji v neukládání dat při měření vzdálenosti. Tento přístroj lze používat jako dálkoměr pouze v případě, že se budou zaznamenávat naměřené hodnoty ručně, či nebude nutné výsledné hodnoty ukládat.

Web i článek tvrdí, že je měření MF 2x-5x rychlejší, neboť lze tloušťky měřit až na 50 m, což šetří čas. Tento výrok se podařilo vyvrátit. Změřit tloušťku na 50 metrů nebylo možné z důvodu slabého laseru a z důvodu neumožněné kalibrace přístroje. Laser nebylo možné najít na vzdálenost ani pěti metrů, natož na 50 metrů.

Velkým problémem přístroje je kalibrace. Před každým měřením by se měl přístroj zkalibrovat v nastavení na daný cíl. Kalibraci by byla potřeba dělat před měřením vzdálenosti, tloušťky a výšky stromu, před zjišťováním objemu výřezu i před objemu hráně. Já osobně využívala zapnutého laseru. Po prvotním změření vzdálenosti totiž problikává paprsek a je vidět, zda je v zaměřovacím kříži či nikoliv. Pokud paprsek laseru byl v zaměřovacím kříži, věděla jsem, že je přístroj zkalibrovaný. Pokud byl paprsek mimo zaměřovací kříž, zkusila jsem udělat pár kroků blíž k cíli nebo dál od cíle a provedla nové měření. Tento postup jsem opakovala do té doby, než byl paprsek v zaměřovacím kříži. I takový postup

byl daleko rychlejší než složité a zdlouhavé otvírání a zavírání nastavení a kalibrace MF. Velkou výhodou by byla možnost kalibrace přímo u jednotlivých měření. Dalším velkým problémem bylo, že paprsek laseru za slunečního počasí a ve světlém porostu nebylo možné najít. Z tohoto důvodu bylo nutné provádět měření na vzdálenost menší než 4 metry.

Měření tlouštěk probíhá z větší vzdálenosti. V rozhledu na zájmový strom často překážely větve a jiné objekty. Bylo stejně nutné dojít blíže ke stromu i z důvodu kalibrace.

V případě měření tloušťky ve svažitém terénu, nelze určit prsní výšku. U měření s průměrkou to jde snadno. Při měření MobileForestrem měříme tloušťku ve výšce, ve které držíme přístroj, ne v prsní výšce.

Výrobci dále uvádějí, že pro změření tloušťky stromu stačí namířit měřidla na strom ve výšce prsou a pouhým jedním kliknutím na tlačítko pro měření tlouštěk získáme přesnou naměřenou hodnotu. Toto tvrzení není pravda. Je nutné zkalibrovat. I kdybychom uvážili, že přístroj již zkalibrovaný máme, je nutné nejprve změřit vzdálenost, druhým kliknutím vzdálenost odsouhlasit, následně přemístit šipky určující „hranu“ stromu a posledním kliknutím toto umístění odsouhlasit. Až pak se objeví naměřená hodnota.

Dále bylo uváděno, že přístroj má chytré algoritmy na ohraničení tlouštěk stromů. Toto určování nefunguje a je potřeba „hranu“ stromu hledat ručně.

Další nevýhodou je fakt, že MobileForestrem nelze měřit tloušťky ležících stromů.

MobileForester Měřil tloušťky relativně přesně. Od hodnot naměřených průměrkou se lišil v průměru o 1,7 centimetrů. Pro vědecké účely je to velký odchylka, ale pro použití v praxi je přesnost plně dostačující.

Vzhledem k tomu, že se tento přístroj nerozšířil do provozu a že o něm není ani na internetu vidu ani slechu usuzuji, že je přístroj v praxi opravdu nepoužitelný. Dle mého názoru je přístroj vhodný možná tak na výzkum, ale určitě ne do provozu lesnické společnosti, které potřebuje šetřit čas a používat co nejjednodušší metody a postupy.

## 8 Závěr

Vzhledem k tomu, že se tento přístroj nerozšířil do provozu a že o něm není ani na internetu moc zmínek, usuzuji, že je přístroj k použití v praxi nevhodný. Dle mého názoru je práce s přístrojem velmi časově náročná. Ověřilo se mi, že zjišťování tloušťek průměrkou je plně vyhovující, rychlé a dostačující.

Přesnost přístroje je dobrá. Pro lesnickou praxi plně dostačující, neboť stejně dochází k řazení stromů do tloušťkových tříd. Při ověřování časové náročnosti bylo zjištěno, že je tato metoda mnohem pomalejší, než měření průměrkou. Za 10 minut bylo MobileForestrem změřeno pouze 14 stromů. Průměrkou za tuto dobu bylo naměřeno 23 stromů.

Algoritmy špatně určují obrys stromu, což opět přidává práci a čas. Kalibrace přístroje při každé změně vzdálenosti měření taktéž.

## 9 Citovaná literatura

ADAMEC, Zdeněk, 2022. *Dendrometrie: 1. přednáška - náplň, základní terminologie a chyby měření*. Dostupné také z:

<https://www.user.mendelu.cz/drapela/Dendrometrie/Prednasky/>

BĚLE, Josef, 1992. *Základní lesnické názvosloví*. 1. vyd. Praha: Agrospoj. Dostupné také z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:75354840-45cb-11e2-9b88-005056827e51?page=uuid:da6be180-cbf7-11e2-ada5-005056825209&fulltext=dendrometrie>. Str 27.

BÍLEK, Karel, 2013. *Učební texty z předmětu Těžba a doprava dříví*. Písek.

ČABART, Jan, ed., 1959-1960. *Naučný slovník lesnický*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství).

ČESKÁ REPUBLIKA, 1995. *Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon)*. In: . 76/1995, 289/1995 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>

*Jednotky a jejich historie* [online]. In: . [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1441/podzim2009/ZS1BP\\_ZFCH/um/9728295/02\\_Jednotky\\_a\\_jejich\\_historie.pdf](https://is.muni.cz/el/1441/podzim2009/ZS1BP_ZFCH/um/9728295/02_Jednotky_a_jejich_historie.pdf)

KORF, Václav a Josef ŽÁK, 1968. *Naučný slovník zemědělský: 2 e-j* [online]. První vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství [cit. 2023-04-04]. ISBN 07-005-68. Dostupné z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:fd6f4860-28b0-11e2-9f39-005056827e51?page=uuid:050952a3-6603-28b5-abcd-419ccef8e629>

KUŽELKA, Karel, Róbert MARUŠÁK a Vilém URBÁNEK, 2016. *Dendrometrie*. Vydání druhé. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2673-6.

LESPROJEKT. *LHC Městské lesy Domažlice: Textová část lesního hospodářského plánu*.

MARUŠÁK, Róbert. *Dendrometrie*. 2021. Studijní prezentace.

*MobileForester* [online], 2023. Budapest: Woodspring [cit. 2023-02-23]. Dostupné z: <https://www.mobileforester.com/>

*MobileForester as a new innovative measuring device in forestry* [online]. Sopron [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.miskolcipw.hu/wp-content/uploads/2020/11/A53-Pasztory-et-al.pdf>. University of Sopron.

*MobileForester digital forestry measuring device: Instructions*, 2021. Sopron, 50 s.

PÁSZTORY, Zoltán, Norbert SOMOGYI a Suthon SRIVARO, 2022. *NATURAL RESOURCES, GREEN TECHNOLOGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: 14th – 16th SEPTEMBER 2022, Zagreb, Croatia*. Croatia: Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb. ISSN 2671-1303.

SEQUENS, Josef, 2007. *Dendrometrie*. Dostupné také z: [https://katedry.czu.cz/storage/3844\\_Souhrn\\_Dendrometrie.pdf](https://katedry.czu.cz/storage/3844_Souhrn_Dendrometrie.pdf)

SIMON, Ing. Jaroslav. *Dendrometrie Vybrané části :: Určeno pro posl. les. fak* [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:c640b060-9122-11e2-9a08-005056827e52>

ŠÁLEK, Lubomír, 2014. *Hospodářská úprava lesa I.: cvičení - tvorba lesního hospodářského plánu*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2530-2.

ŠMELKO, Štefan, 2015. *Dendrometria*. II. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene. ISBN 978-80-228-1828-5.

*Udržitelný rozvoj* [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny\\_rozvoj](https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj)

*Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství 2021, 2022*. Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-669-9.

## 10 Seznam obrázků

Obrázek 1 Měření vzdálenosti (foto autora) .....	19
Obrázek 2 Výsledek měření vzdálenosti (foto autora).....	19
Obrázek 3 Nastavení měření tloušťek stromů (foto autora) .....	25
Obrázek 4 Popis MobileForestru (autor Woodspring) .....	29
Obrázek 5 Varovné hlášení (foto autora) .....	31
Obrázek 6 Mapa LHC (autor Lesprojekt) .....	41
Obrázek 7 Rozložení absolutních chyb u BK .....	48
Obrázek 8 Rozložení absolutních chyb u SM.....	48
Obrázek 10 Závislost chyb na tloušťce SM .....	49
Obrázek 9 Závislost chyb na tloušťce BK.....	49
Obrázek 11 Chybné umístění šipek č.1 (foto autora) .....	50
Obrázek 12 Chybné umístění šipek č. 2 (foto autora) .....	50



## 11 Seznam tabulek

Tabulka 1 Tabulka porostů .....	43
Tabulka 2 Ukázka naměřených hodnot tloušťek.....	44
Tabulka 3 Tabulka naměřených tloušťek pomocí MF .....	45
Tabulka 4 Tabulka naměřených tloušťek pomocí průměrky Mantax Blue.....	46
Tabulka 5 Tabulka chybovosti MobileForestru .....	47
Tabulka 6 Tabulka minimálních a maximálních tloušťek a rozdílů měření .....	47