

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra ochrany lesa a entomologie



**Pozemní palivo bukových lesů  
v závislosti na sklonu svahu**

---

Diplomová práce

Autor: **Bc. Stanislav Ošťádal**

Vedoucí práce: **prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.**

2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Stanislav Ošťádal

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

**Pozemní palivo bukových lesů v závislosti na sklonu svahu**

Název anglicky

**Ground fuel of beech forests according to slope**

---

### Cíle práce

Porovnat strukturu a množství pozemního paliva bukových porostů na svazích s porosty na bohatých stanovištích

### Metodika

V oblastech 4. lesního vegetačního stupně budou vytipovány porosty, ve kterých bude kvantifikováno pozemní palivo. Vybrané porosty se budou nacházet na svahových a bohatých stanovištích se zastoupením buku 65% a více a minimální rozlohou 0,5 ha. Budou rozděleny do několika kategorií v závislosti na věku porostu. V každé kombinaci bude minimálně pět opakování. Samotná kvantifikace pozemního paliva bude probíhat vždy minimálně 15 metrů od nejbližšího okraje porostu, na ploše 1 m<sup>2</sup> bude pečlivě odebrány a zváženy jednotlivé části pozemního paliva (drobné dřevní materiál, byliny, hrabanka, humus). Budou odebrány vzorky jednotlivých segmentů paliva pro laboratorní zjištění vlhkosti. Následně bude dle zjištěné vlhkosti dopočítána váha sušiny. Součástí terénních měření bude i přesné zaměření GPS souřadnice daných kvantifikovaných ploch a fotografický záznam zkusné plochy. Výsledky budou zaznamenány do databáze a vhodnými statistickými metodami vyhodnoceny.

## Doporučený rozsah práce

40 stran včetně příloh

## Klíčová slova

spruce forests, fuel, forest fires

---

## Doporučené zdroje informací

- Berčák R., Holuša J., Lukášová K., Hanuška Z., Agh P., Vaněk J., Kula E., Chromek I. 2018. Lesní požáry v České republice – charakteristika, prevence a hašení: review. Zprávy lesnického výzkumu, 63: 184-194.
- Brown J.K., Oberheuer R.D., Johnston C.M. 1982. Handbook for Inventorying Surface Fuels and Biomass in Interior West. General Technical Report INT-129. Forest Service.
- Hlaváč P., Chromek I. 2016. Lesné požiare a integrovaný systém ochrany lesov pred požiarimi. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene.
- Holuša J., Berčák R., Lukášová K., Hanuška Z., Agh P., Vaněk J., Kula E., Chromek I. 2018. Lesní požáry v České republice – definice a rozdělení: review. Zprávy lesnického výzkumu, 63: 102–111.
- Krakovský A. 2004. Lesné požiare. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 78 s.
- Pfeffer A. et al. 1961. Ochrana lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 838 s.
- Sedliak M., Majlingová A. 2013. Kvantifikácia pozemného paliva v lese. GIS Ostrava, Ostrava.
- Thomas E.A., McAlpine R.S. 2010. Fire in the forest. Cambridge, Cambridge University Press. 225 s.
- Vida T., Tuček J. 2006. Metodika identifikácie a kvantifikácie palivových modelov pre simulovanie lesných požiarov, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen.
- 

## Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

## Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

## Konzultant

ing. Roman Berčák

Elektronicky schváleno dne 24. 10. 2019

**prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2020

---

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Pozemní palivo bukových lesů v závislosti na sklonu svahu“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslava Holuši, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 14. 6. 2020

Podpis autora:



## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu práce, prof. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D., za odborné vedení, inspirativní podněty, za konzultace a poskytnuté materiály. Děkuji také konzultantovi, Ing. Romanu Berčákovi, za jeho ochotu a vstřícnost, za veškeré rady a podklady nezbytné ke zpracování této práce. V neposlední řadě chci poděkovat Ing. Arnoštu Bučkovi a Ing. Otakaru Martinátovi ze společnosti Arcibiskupské lesy a statky Olomouc s.r.o., za postoupení potřebné dokumentace a za umožnění provádět terénní měření v jimi obhospodařovaných lesích. Za příjemnou spolupráci a podporu děkuji také Bc. Renátě Hanušové.

V Praze dne 14. 6. 2020

## **ABSTRAKT A KLÍČOVÁ SLOVA**

### **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá problematikou lesních požárů, které řadíme mezi škodlivé činitele negativně ovlivňující produkční i mimoprodukční funkce lesa.

V teoretické části se práce zabývá charakteristikou lesních požárů, definováním jejich parametrů a popisem při požáru probíhajících procesů. Část práce je věnována souboru jevů provázejících lesní požáry ve svahovitém terénu.

Pro analytickou část bylo ve vybraných bukových porostech založeno 60 zkusných ploch. Metodikou definovaná kritéria pro jejich lokalizaci bylo zajištěno zastoupení porostů reprezentující všechny požadované věkové kategorie, a to jak na bohatých stanovištích, tak na stanovištích svěžích kamenitých. Na studovaných plochách byly metodicky změřeny jednotlivé vrstvy pozemního paliva a z nich odebrány vzorky, u kterých byla laboratorně zjištěna vlhkost a dopočítána hmotnost sušiny.

Ve výsledcích práce předkládá statistické porovnání kvantifikace pozemního paliva mezi jednotlivými věkovými kategoriemi porostů, a také srovnání struktury a množství pozemního paliva porostů bohatých stanovišť s porosty na svazích. Z těchto výsledků je zřejmý rozdíl kvantifikace pozemního paliva mezi jednotlivými věkovými kategoriemi porostů, kde prokazatelně dochází ke změnám ve struktuře i v množství uložených paliv v závislosti na stáří porostu, přičemž nejvýraznější difference byla zaznamenána mezi nárstem a kmenovinou. Rozdíl kvantifikace paliva vázaný na typ stanoviště nebyl touto prací prokázán.

### **KLÍČOVÁ SLOVA**

bukové lesy, palivo, lesní požáry

## **ABSTRACT AND KEYWORDS**

### **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with the issue of forest fires, which we rank among the harmful factors negatively affecting the production and non-production functions of the forest.

The theoretical part deals with the characteristics of forest fires, defining their parameters and a description of the processes taking place during the fire. Part of the work is devoted to a set of phenomena accompanying forest fires in sloping terrain.

For the analytical part, 60 test plots were established in selected beech stands. By the methodology defined criteria for their localization, the representation of vegetation was ensured representing all required age categories, both in rich and in lush rocky habitat. The individual layers of land fuel were methodically measured on the studied areas, and samples were taken, in which the humidity was determined in the laboratory and the dry matter was calculated.

In the results, this thesis presents a statistical comparison of land fuel quantification between different age categories of stands, as well as a comparison of the structure and amount of ground fuel stands of rich habitats with stands on slopes. From these results, the difference in the quantification of land fuel between individual age categories of stands is evident, where there are demonstrable changes in the structure and amount of stored fuels depending on the age of the stand, with the most significant difference between seedling forest and high forest. The difference in fuel quantification related to the habitat type was not proven by this thesis.

### **KEYWORDS**

beech forests, fuel, forest fires

## OBSAH

Zadání diplomové práce.....	2
Prohlášení.....	4
Poděkování .....	5
Abstrakt a klíčová slova.....	6
Abstrakt.....	6
Klíčová slova.....	6
Abstract and keywords.....	7
Abstract.....	7
Keywords.....	7
Obsah.....	8
Seznam použitých zkratek.....	11
Seznam tabulek.....	12
Seznam obrázků.....	13
Seznam grafů .....	14
Úvod .....	15
1    Cíl práce.....	17
2    Rozbor problematiky .....	18
2.1    Les .....	18
2.1.1    Definice lesa .....	18
2.1.2    Lesnická typologie.....	19
2.1.3    Charakteristika zvolených lesních typů a stanovišť.....	21
2.1.4    Buk v lesním hospodářství.....	23
2.2    Lesní požár .....	24
2.2.1    Definice lesního požáru .....	24
2.2.2    Charakteristika lesního požáru.....	25

2.2.3	Fáze vzniku lesního požáru.....	28
2.2.4	Fáze lesního požáru.....	28
2.2.5	Části lesního požáru .....	29
2.3	Druhy lesních požárů.....	32
2.3.1	Podzemní požár.....	32
2.3.2	Pozemní požár.....	33
2.3.3	Korunový požár .....	34
2.3.4	Požár kalamitní plochy .....	36
2.4	Proces hoření při lesním požáru .....	37
2.4.1	Trojúhelník hoření .....	38
2.4.2	Palivo .....	39
2.5	Šíření lesního požáru .....	42
2.5.1	Přenos tepla.....	42
2.5.2	Způsoby šíření lesního požáru.....	44
2.6	Lesní požár ve svahovitém terénu .....	47
2.6.1	Šíření požáru po svahu nahoru.....	48
2.6.2	Šíření požáru ze svahu dolů.....	50
2.6.3	Vliv prostorové orientace svahu .....	51
2.6.4	Topografické rysy terénu ovlivňující lesní požár.....	52
3	Metodický postup .....	57
3.1	Výběr lokalit a porostů.....	57
3.2	Terénní měření .....	58
3.3	Laboratorní měření.....	61
3.4	Zpracování výsledků měření .....	61
4	Výsledky.....	62
4.1	Vyhodnocení testu normality .....	62

4.2	Vyhodnocení výsledků na bohatých stanovištích .....	64
4.3	Vyhodnocení výsledků na svahových stanovištích.....	67
4.4	Vyhodnocení struktury pozemního paliva podle věkových kategorií porostů.....	70
4.4.1	Bylinný materiál.....	70
4.4.2	Drobné dřevo .....	71
4.4.3	Hrabanka .....	73
4.4.4	Humus .....	74
4.5	Výsledky porovnání paliv mezi bohatými a svahovými stanovišti ....	76
4.5.1	Bylinný materiál.....	76
4.5.2	Drobné dřevo .....	77
4.5.3	Hrabanka .....	78
4.5.4	Humus .....	79
5	Diskuse .....	80
6	Závěr.....	83
7	Použité zdroje .....	84
8	Přílohy .....	89
8.1	Příloha 1 Fotografie terénního měření .....	89
8.2	Příloha 2 Fotografie struktury složek pozemního paliva .....	93

## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

ALSOL	Arcibiskupské lesy a statky Olomouc s.r.o.
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
LHC	Lesní hospodářský celek
LT	Lesní typ
LVS	Lesní vegetační stupeň
SLT	Soubor lesních typů
OSN	Organizace spojených národů (United Nations)
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vývoj celkové výměry lesních pozemků.....	19
Tabulka 2 Přehled lesních vegetačních stupňů.....	20
Tabulka 3 Druhové zastoupení <i>Fagus sylvatica</i> .....	23
Tabulka 4 Střední plošný věk <i>Fagus sylvatica</i> .....	23
Tabulka 5 Tvar požářiště v závislosti na rychlosti větru.....	45
Tabulka 6 Rychlost šíření pozemního požáru v borovicovém porostu v závislosti na vlhkosti vzduchu .....	46
Tabulka 7 Popisné statistiky hmotností sušiny paliv podle věkových kategorií na bohatých stanovištích.....	64
Tabulka 8 Průměrná hmotnost sušiny paliva na bohatých stanovištích .....	66
Tabulka 9 Popisné statistiky hmotností sušiny paliv podle věkových kategorií na svahových stanovištích.....	67
Tabulka 10 Průměrná hmotnost sušiny paliva na svahových stanovištích....	69
Tabulka 11 Porovnání hmotnosti sušiny bylin pomocí Kruskal – Wallisova testu .....	70
Tabulka 12 Porovnání hmotnosti sušiny dřeva pomocí Kruskal – Wallisova testu .....	72
Tabulka 13 Porovnání hmotnosti sušiny hrabanky pomocí Kruskal – Wallisova testu .....	73
Tabulka 14 Porovnání hmotnosti sušiny humusu pomocí Kruskal – Wallisova testu .....	75
Tabulka 15 Hmotnost složek paliva podle výskytu v terénu.....	81



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Popis částí a pásem lesního požáru.....	31
Obrázek 2 Pásma požáru v bočním pohledu.....	31
Obrázek 3 Podzemní požár.....	33
Obrázek 4 Pozemní požár.....	34
Obrázek 5 Korunový požár .....	35
Obrázek 6 Požár kalamitní plochy.....	36
Obrázek 7 Schéma trojúhelníku hoření.....	39
Obrázek 8 Vegetativní složky zahrnuté do pozemního paliva.....	41
Obrázek 9 Způsoby přenosu tepla .....	43
Obrázek 10 Přenos tepla během lesního požáru za bezvětrí .....	45
Obrázek 11 Přenos tepla během lesního požáru za větrného počasí.....	46
Obrázek 12 Přenos tepla během lesního požáru ve svahu.....	49
Obrázek 13 Šíření lesního požáru ve svahovitém terénu.....	50
Obrázek 14 Vliv orientace svahu na palivo a šíření požáru .....	52
Obrázek 15 Šíření požáru po konkávním svahu.....	53
Obrázek 16 Šíření požáru po koxním svahu .....	54
Obrázek 17 Šíření požáru v úzkém údolí.....	55
Obrázek 18 Komínový efek při lesním požáru .....	56
Obrázek 19 Terénní měření – Vytýčení zkusné plochy .....	89
Obrázek 20 Terénní měření – Plocha po odebrání drobného dřeva .....	90
Obrázek 21 Terénní měření – Plocha po odebrání hrabanky.....	91
Obrázek 22 Terénní měření – Plocha po odebrání humusu z 1/4.....	92
Obrázek 23 Ukázka struktury paliva bylin.....	93
Obrázek 24 Ukázka struktury paliva drobného dřeva.....	93
Obrázek 25 Ukázka struktury paliva hrabanky.....	94

Obrázek 26 Ukázka struktury paliva humusu.....	94
--	----

## **SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 Histogram Lillieforsova testu normality pro sušinu bylin.....	62
Graf 2 Histogram Lilliefosova testu normality pro sušinu dřeva.....	62
Graf 3 Histogram Lillieforsova testu normality pro sušinu hrabanky .....	63
Graf 4 Histogram Lilliefrosova testu normality pro sušinu humusu .....	63
Graf 5 Průměrná hmotnost sušiny paliva na bohatých stanovištích .....	66
Graf 6 Průměrná hmotnost sušiny paliva na svahových stanovištích .....	69
Graf 7 Hmotnost sušiny bylin podle věkových kategorií.....	70
Graf 8 Hmotnost sušiny dřeva podle věkových kategorií .....	71
Graf 9 Hmotnost sušiny hrabanky podle věkových kategorií .....	73
Graf 10 Hmotnost sušiny humusu podle věkových kategorií.....	74
Graf 11 Množství sušiny bylin ve věkových kategoriích na bohatých a svahových stanovištích.....	76
Graf 12 Množství sušiny dřeva ve věkových kategoriích na bohatých a svahových stanovištích.....	77
Graf 13 Množství sušiny hrabanky ve věkových kategoriích na bohatých a svahových stanovištích.....	78
Graf 14 Množství sušiny humusu ve věkových kategoriích na bohatých a svahových stanovištích.....	79

## ÚVOD

Z negativních vlivů působících na zdravotní stav lesů nabývají v posledních letech stále na větším významu klimatické excesy. V přímém důsledku nepříznivého vývoje klimatu zaznamenáváme stále se zvyšující mortalitu lesních dřevin. Vysoce nadprůměrné teploty a hluboce podnormální srážky a jejich nerovnoměrnost během vegetačního období, představují pro lesy velice nepříznivé a stresové podmínky. Neustálé meziroční prohlubování odchylky od dlouhodobých teplotních a srážkových normálů vede také ke zvyšování rizika vzniku lesních požárů. Zatímco v roce 2017 bylo evidováno 966 lesních požárů, u kterých musely zasahovat jednotky požární ochrany, v roce následujícím jejich počet vzrostl na 2033. V roce 2017 představovala celková plocha požárem zasažených lesních porostů 170 ha a přímá škoda byla vyčíslena na 6,3 mil. Kč. V roce 2018 lesní požáry zasáhly plochu 492,2 ha, se škodou 15 mil. Kč a hasičskými zásahy byly uchráněny další lesní porosty v hodnotě 271,1 mil. Kč. Hlavní příčinou vzniku lesních požárů bylo v objasněných případech z roku 2018 stanovené lidské zavinění, především pak nedbalost, která zapříčinila 1656 požárů se zničenou plochou 276,6 ha. Z přírodních příčin bylo v roce 2018 evidováno 21 požárů s celkovou zničenou plochou asi 0,4 ha. Přibližně 21,5 % požárem zničené plochy představoval les vysokokmenný, především les jehličnatý nebo smíšený, asi 22 % les výmladkový a 56,5 % plochy tvořily jiné lesní pozemky (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2019).

Působením lesních požárů jsou ničeny celé porosty, stromy a keře, uložená lesní produkce, ale i nejrůznější stavby a zařízení. Požárem poškozené porosty jsou oslabené, rychle se stávají zdrojem zhoubných nemocí a snadným cílem pro mnoho škůdců. To vede k jejich zániku a k následnému rozšíření těchto sekundárních škodlivých činitelů na další okolní porosty. Následkem poškození ohněm dochází ke snížení ochranných a dalších užitečných funkcí lesa, je narušeno samotné lesní hospodářství, ale i využívání všech dalších zdrojů lesa (Francl, 2007). Při dlouhotrvajícím lesním požáru hynou nejen rostliny, ale i ptáci, zvěř, mikroflóra a mezofauna lesní hrabanky a půdy (Stolina, 1985).

V roce 2018 při lesním požáru nedošlo k usmrcení žádných osob, 35 osob však bylo při lesním požáru zraněno (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2019).

Mění se klimatické podmínky v našem zeměpisném pásmu, charakterizované dlouhodobým oteplováním a úbytkem srážek, společně s činností člověka, ať již úmyslnou či neúmyslnou, se stávají prvořadými faktory mající za následek progresivní trend vzniku lesních požárů (Chromek, 2006). Řešení otázek spojených s požární ochranou v lesním hospodářství je tedy téma nanejvýš aktuální a z hlediska ochrany lesů je nutné se touto problematikou věcně zabírat.

## **1 CÍL PRÁCE**

Pro tuto diplomovou práci je cílem provedení komparace struktury a množství pozemního paliva bukových porostů 5. lesního vegetačního stupně na svazích (5F) s porosty na bohatých stanovištích (5B). Cílem této práce je pak ověřit hypotézu, že kvantifikace pozemního paliva se mezi těmito stanovištními typy výrazně neliší.

## 2 ROZBOR PROBLEMATIKY

### 2.1 LES

#### 2.1.1 DEFINICE LESA

Jasně vymezení pojmu „les“ je pro účely problematiky zabývající se lesními požáry nezbytné.

Lesnický naučný slovník (1994) definuje les jako *„velmi složitý heterotypický systém, který můžeme chápat jako lesní ekosystém či lesní geobiocenózu či fytoocenózu. Pro všechny uvedené systémy je společné to, že v jejich rostlinné složce tvoří základní determinantní a edifikátorovou složku dřeviny stromovitého vzrůstu.“* (Poleno, 1994).

Les lze vnímat jako lesní ekosystém, který v krajině plní ekologicko-stabilizační funkce. Je tvořen porostem dřevin s vyvinutým stromovým patrem, se zastoupením rostlinných a živočišných společenstev, vázaných na ekologické podmínky stanoviště, tedy jako funkční ekosystém fytoocenózy, zoocenózy a biotopu.

Podle § 2 zákona č. 289/1995 Sb., zákon o lesích, se lesem rozumí *„lesní porosty s jejich prostředím a pozemky určené k plnění funkcí lesa,“* přičemž funkce lesa tento zákon vykládá jako *„přínosy podmíněné existencí lesa, které se člení na produkční a mimoprodukční,“* a lesní porosty jako *„stromy a keře lesních dřevin, které v daných podmínkách plní funkce lesa.“* V § 3 lesního zákona jsou pozemky určené k plnění funkcí lesa definovány jako *„pozemky s lesními porosty a plochy, na nichž byly lesní porosty odstraněny za účelem obnovy, lesní průseky a nezpevněné lesní cesty, nejsou-li širší než 4 m, a pozemky, na nichž byly lesní porosty dočasně odstraněny na základě rozhodnutí orgánu státní správy lesů...“* a dále také jako *„zpevněné lesní cesty, drobné vodní plochy, ostatní plochy, pozemky nad horní hranicí dřevinné vegetace (hole), s výjimkou pozemků zastavěných a jejich příjezdních komunikací, a lesní pastviny a polička pro zvěř, pokud nejsou součástí zemědělského půdního fondu<sup>1</sup>) a jestliže s lesem souvisejí nebo slouží lesnímu hospodářství.“* (Česká republika, 1995).

Organizace FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organizace OSN pro výživu a zemědělství), v programu hodnocení lesních zdrojů FRA. 2000, popisuje les jako porost s výměrou plochy větší než 0,5 ha, s minimálním korunovým zápojem 10 % a se stromy v dospělosti přesahující výšku 5 m (FAO, 2000). Tento popis lesa ve své práci Holuša et al. (2018) předkládají v souvislosti s lesními požáry jako snadnější a věcně správné definování „lesa“. Holuša et al. (2018) dále uvádějí, že za les považujeme rovněž i lesní školky, semenné sady, větrolamy s minimální šířkou 20 m a také ovocné sady, které naplňují výše specifikované parametry plochy, zápoje a výšky stromů.

Podle Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky z roku 2018 se plocha lesních pozemků na našem území trvale zvětšuje, přičemž v roce 2018 se meziročně zvýšila o 1733 ha (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2019). Vývoj výměry lesních pozemků za posledních 6 let je uveden v tabulce č.1.

TABULKA 1 VÝVOJ CELKOVÉ VÝMĚRY LESNÍCH POZEMKŮ

*Zdroj: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018*

Lesní pozemky							
rok		2012	2014	2015	2016	2017	2018
Výměra lesních pozemků	[ha]	2661889	2666376	2668392	2669850	2671659	2673392

### 2.1.2 LESNICKÁ TYPOLOGIE

Na základě stanovištních podmínek, kterými je nadmořská výška, klimatické charakteristiky a stav půdy, spolu s nepřímou indikací těchto podmínek odrážející se na složení vegetačního krytu půdy, je definován jednotný systém typologického mapování, tzv. Typologický klasifikační systém ÚHÚL, kde jsou popsány třídící jednotky: lesní vegetační stupně, ekologické řady a edafické kategorie (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).

**Lesní vegetační stupně (LVS)** - tvoří vertikální členění vegetace v závislosti na klimatu. Na základě nadmořské výšky a klimatických podmínek je definováno 9 lesních vegetačních stupňů (Plíva, 1987). Jejich přehled se specifikací klimatických charakteristik je uveden v tabulce č. 2.

TABULKA 2 PŘEHLED LESNÍCH VEGETAČNÍCH STUPŇŮ

Zdroj: *Typologický klasifikační systém ÚHÚL*

LVS	Nadmořská výška	Průměrná teplota	Roční srážky	Vegetační doba
	[m n.m.]	[°C]	[mm]	[dny]
1. dubový	350	8,0	600	165
2. buko-dubový	350-400	7,5-8,0	600-650	160-165
3. dubo-bukový	400-550	6,5-7,5	650-700	150-160
4. bukový	550-600	6,5-7,5	690-800	140-150
5. jedlo-bukový	600-700	5,5-6,5	800-980	130-140
6. smrko-bukový	700-900	4,5-5,5	900-1050	115-130
7. buko-smrkový	900-1050	4,0-4,5	1050-1200	100-115
8. smrkový	1050-1350	2,5-4,0	1200-1500	60-100
9. klečový	1350	2,5	1500	60
0. bory*				

\* *Stupeň 0 – bory byl vytvořen mimo rámec klimatické stupňovitosti, neboť výskyt borovice je podmíněn převážně půdními vlastnostmi.*

**Ekologická řada** – tvoří horizontální členění typologického systému diferencí růstových podmínek podle stálých edafických podmínek. Vyznačují se podobnými chemickými vlastnostmi matečných hornin a režimem půdní vody. Typologický systém rozlišuje ekologické řady: extrémní, živné, oglejené, podmáčené, rašelinné, obohacené vodou nebo humusem a exponované (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).

**Edafická kategorie** – tvoří část ekologické řady, vymezenou hospodářsky významnými vlastnostmi půdy (fyzikálními a chemickými). V rámci vegetačních stupňů tvoří edafická kategorie rámec souborů lesních typů (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).



**Lesní typ (LT)** – je základní jednotkou diferenciací růstových podmínek. „Lesní typ je soubor lesních biocenóz včetně prostředí, tedy geobiocenóz vývojově k sobě patřících.“ (Viewegh, 2003). LT je označován symboly tzv. jednotného typologického systému, z něhož vychází i jeho pojmenování, např. 5F1 – svahová jedlová bučina kapradinová (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).

**Soubor lesních typů (SLT)** – je typologickou jednotkou vyšší než lesní typ. V určitém LVS představuje SLT část edafické kategorie. Podle ekologické příbuznosti, vyjádřené vlastnostmi stanoviště, které jsou hospodářsky významné, spojuje lesní typy v daný soubor, např. svahová jedlová bučina – 5F (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).

### 2.1.3 CHARAKTERISTIKA ZVOLENÝCH LESNÍCH TYPŮ A STANOVIŠŤ

Pro analytickou část této práce byly vybrány lesní porosty 5. lesního vegetačního stupně, náležící do živné řady na bohatých (5B) a svahových (5F) stanovištích.

## 5. LVS Jedlo-bukový

Podle typologického klasifikačního systému ÚHÚL je 5.LVS definován pro nadmořskou výšku 60-700 m n.m. Vyskytuje se v lokalitách s průměrnou roční teplotou 5,5-6,5 °C, s průměrným úhrnem srážek 800-980 mm za rok a délkou vegetační doby 130-140 dní. 5.LVS zaujímá 30,04 % ploch lesů v ČR.

Podle lokálních diferencí zde převažuje buk lesní (*Fagus sylvatica*), nebo jedle bělokorá (*Abies alba*), přičemž platí, že na těžších půdách a na hřebenech, kde nedochází k hromadění bukové hrabanky, je častější jedle bělokorá. Buku lesnímu naopak vyhovují místa s výskytem slehlých pláství nahromaděné bukové hrabanky. V tomto LVS je přirozeně přítomen také smrk ztepilý (*Picea abies*), který zde má své produkční optimum. Bylinné patro zde tvoří hojně se vyskytující tzv. bučinné druhy a v inverzních polohách se vyskytují již i tzv. subalpínské bylinné druhy (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).

## **B – kategorie - (*categoria trophica*) – bohatá**

Odpovídá charakteristickým vlastnostem živné řady. Vyznačuje se tedy minerálně bohatým nebo středně bohatým podložím, málo exponovanou polohou bez příkrých svahů, s normálně vyvinutou půdou. Ekologická řada B se vyznačuje svojí únosností i pro složitější porostní výstavbu, výrazně hospodářskou funkcí lesa, většinou s nadprůměrnou produkcí. Přirozená obnova buku lesního je v 3.-5. LVS bohatá, v ostatních pak dobrá. Ekologické působení porostů je infiltrační. Již při slabém prosvětlení zde vzniká ohrožení buření (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).

## **F – kategorie – svahová kapradinová (*Filices*), svěží, kamenitá svěží kamenitá (*categoria lapidosa mesotrophica*)**

Pro tuto řadu jsou typickým stanovištěm kamenité stinné svahy, hřebeny, ale i méně kamenité rokly a hluboké strže, které se exponovaným reliéfem blíží příkrým svahům. Mezi charakterizující vlastnosti patří příznivá vlhkost a zhoršená humifikace. V této kategorii je funkce lesa produkční, s nadprůměrnou bonitou dřevin a s protierozními ekologickými účinky porostů. Porosty jsou ohroženy buřením a proto je zde přirozená obnova u listnáčů hodnocena jako střední. Použití holosečí je omezeno značným ohrožením erozí. (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).

## **Lesní typ Jedlové bučiny (5.LVS)**

Jedlové bučiny jsou klimaxovým společenstvem, které je v ČR nejvíce rozšířené. V rozsáhlých plochách se rozkládá ve vrchovinách a nižších horských polohách, na území Beskyd vystupují i do poloh vyšších. Díky celoročně vlhkým půdám s dobrou humifikací se zde vytváří bohaté dvouetážové bylinné patro, ve kterém převažují bučinné druhy, vysoké byliny a kapradiny. Keřové patro je zde stejně jako v bučině vyvinuto pouze fragmentálně. Přirozenou dřevinou skladbu zde původně tvořil buk lesní (*Fagus sylvatica*) a jedle bělokora (*Abies alba*) s příměsí cenných listnáčů. Smrk ztepilý (*Picea abies*) sem zasahoval jen ojediněle (Viewegh, 2003; Plíva, 1987).

#### 2.1.4 BUK V LESNÍM HOSPODÁŘSTVÍ

Buk lesní (*Fagus sylvatica*) je dřevinou oceánického a suboceánického klimatu s ročními srážkami 800–1000 mm. Buk lesní je vnímavý k suchu a dobře snáší zástín. Jeho růstové optimum se nachází na provzdušněných vlhkých, humózních a minerálně bohatých půdách. Naopak buk nesnáší půdy zamokřené a ulehlé, suché a písčité. Produkční optimum buku lesního je v oblastech bukového stupně, kde je vůdčí dřevinou a často zde tvoří téměř nesmíšené stinné více etážové porosty. V ČR je rozšířený téměř na celém území, s převahou v oblastech mezofytika a oreofytika (Leugnerová, 2007-2019; Poleno, 1994).

Zastoupení buku lesního v rámci evropských lesů je asi 10 %. V ČR je buk lesní zastoupen 8,6 % na ploše 223 611 ha porostní půdy (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2019).

Vývoj zastoupení buku lesního v ČR od roku 2000 je uveden v tabulce č.3. V další tabulce (Tabulka 4) je uvedený přehled středního plošného věku buku lesního v ČR od roku 1970 do 2018.

TABULKA 3 DRUHOVÉ ZASTOUPENÍ FAGUS SYLVATICA

Zdroj: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018

Buk lesní ( <i>Fagus sylvatica</i> )							
rok		2000	2010	2015	2016	2017	2018
plocha porostní půdy	[ha]	154791	189998	211835	215535	218781	223611
podíl z celkové plochy porostní půdy	[%]	6,0	7,3	8,2	8,3	8,4	8,6

TABULKA 4 STŘEDNÍ PLOŠNÝ VĚK FAGUS SYLVATICA

Zdroj: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018

Buk lesní ( <i>Fagus sylvatica</i> )							
rok		1970	1980	1990	2000	2010	2018
Střední věk	[rok]	67	69	71	73	68	64

Bukové hospodářství může být cílem hospodaření i na ne zcela vyvinuté bohaté i středně bohaté půdě slunných svahů, hřbetů a terénních vyvýšenin. Na těchto stanovištích podmínky nevyhovují smrku a mnohdy ani borovici, zatímco cílová skladba s převažujícím zastoupením buku se zde blíží skladbě přirozené (Plíva, 2000). V závislosti na terénu jsou tato stanoviště ohrožena erozí a suchem. V kombinaci s nevhodnou skladbou a sktrukturou porostů, vedou tyto aspekty ke zhoršené humifikaci a půdy jsou na těchto stanovištích citlivé na ochuzení. Hospodaření v těchto podmínkách probíhá s ohledem na ochranu půdy proti erozi (Plíva, 2000).

Hlavní zásady výchovy bukových porostů vychází z potřeby růstu buků v plném zápoji. V nezapojených či rozvolněných mlazinách má buk tendenci ke košatění a k nežádoucímu vidličnatému růstu. Z těchto důvodů se přistupuje k provádění prořezávek výhradně negativním výběrem, při kterém se odstraňují zdravotně a tvarově nevhodní jedinci v nadúrovni a úrovni. Při výchově buků se dbá na zachování houštiny, a proto se prořezávkami zásadně nezasahuje do podúrovně porostu. Obdobně se postupuje u prvních probírek. I v této výchovné fázi se řídíme negativním výběrem tvarově a zdravotně nevhodných buků v úrovni a nadúrovni. Teprve od věku asi 40 let se postupně přechází na kladný úrovňový výběr budoucích cílových stromů. V závislosti na stanovišti se počet cílových stromů v bukových porostech pohybuje v rozmezí 100-200 ks/ha (Zezula, 2000).

## **2.2 LESNÍ POŽÁR**

### **2.2.1 DEFINICE LESNÍHO POŽÁRU**

Jasně definování lesního požáru a jednotný výklad jeho popisových částí je nezbytně nutný pro jeho studium, provádění analýz, výzkumů, a především pro přehlednou orientaci při jeho eliminaci či likvidaci následků, stejně tak při přípravě protipožárních preventivních opatření.

Problematikou definování lesního požáru se ve své práci ve větším rozsahu zabývají Holuša et al. (2018) a uvádí, že v České republice existuje oficiální zákonná definice pouze obecného požáru, kterou je možné v obdobné obecné podobě dohledat i v dalších zdrojích. Avšak lesní požár naší legislativou

konkrétně definován není, stejně tak v odborné literatuře definici lesního požáru po dlouhou dobu žádný z autorů neuváděl.

Vyhláška Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), v § 1 definuje požár jako: „*každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí a nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy.*“

Jakýkoliv požár je definován jako soubor fyzikálně-chemických jevů, jejichž základem jsou v čase a v prostoru se měnící procesy hoření, výměny plynů a přenosu tepla (Chromek, 2006).

Lesní požár je možné označit za mimořádnou událost, která není zcela ovládaná, je časově a prostorově ohraničená a má nepříznivý vliv na funkce lesa (Chromek, 2006), či jako živelné poškození nebo zničení lesních porostů ohněm včetně půdního krytu (Poleno, 1995).

Z pohledu lesního hospodářství je lesní požár mimořádně škodlivým činitelem, poškozující veškeré části lesních biocenóz, a to jak biotop, tak i rostlinnou a živočišnou složku. Jde o náhlou neovládanou událost, která je časově a prostorově ohraničená, s nepříznivým dopadem na produkční i mimoprodukční funkce lesa (Hlaváč, 2016).

### 2.2.2 CHARAKTERISTIKA LESNÍHO POŽÁRU

Požár, coby nestacionární proces, je popisován parametry požáru, které jsou nestálé a měnící se v čase. Znalost parametrů charakterizujících lesní požár je důležitá především pro stanovení sil a prostředků potřebných k jeho uhašení. Hlavní parametry požáru jsou: plocha požáru, obvod požáru, fronta požáru, lineární rychlost šíření požáru, rychlost odhořívání, výška plamene, teplota požáru, intenzita výměny plynů, intenzita sálání a stupeň zakouření (Chromek, 2006; Ptáček, 2019).

**Plocha požáru** – je hodnota vycházející z kolmého průmětu povrchu hořících látek na povrch terénu. Plocha požáru se udává v jednotkách plochy [m<sup>2</sup>, ha, km<sup>2</sup>]. Plocha mezer mezi jednotlivými ohnisky hoření se do plochy požáru

započítává v případě, že jejich šířka nezamezuje šíření požáru. Rychlost zvětšování plochy požáru závisí na geometrii plochy (kruhová, úhlová, obdélníková, elipsovité...) a na lineární rychlosti šíření požáru (Ptáček, 2019; Chromek, 2006).

**Obvod požáru** – je závislý na velikosti a členitosti plochy požáru a dále na lineární rychlosti šíření požáru. Obvod požáru se udává v délkových jednotkách [m, km] (Ptáček, 2019).

**Fronta požáru** – (čelo požáru) označuje část obvodu požáru, kde v daném okamžiku dochází k šíření požáru (Ptáček, 2019).

**Lineární rychlost šíření požáru** – udává rychlost přemísťování (posunu) čela požáru po povrchu, resp. vzdálenost rozšíření požáru v určitém směru za jednotku času. Udává se tedy poměrem vzdálenosti k času [ $m \cdot s^{-1}$ ,  $m \cdot \text{min}^{-1}$ ]. Lineární rychlost šíření požáru není konstantní veličinou, nýbrž se mění například na vlastnostech paliva, na rychlosti jeho přípravy k hoření, na podmínkách výměny plynů, na prostředí, terénu atd. (Chromek, 2006; Ptáček, 2019).

**Rychlost odhořívání** – tento parametr lze definovat jako množství hořlavé látky, které shoří za časovou jednotku z dané plochy [ $kg \cdot m^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ ]. Rychlost odhořívání se mění v závislosti na podmínkách při požáru, na druhu a vlastnostech hořící látky. Se zvyšující se vlhkostí paliva se rychlost odhořívání snižuje, neboť je spotřebováno větší množství tepla na její odpaření (k vysušení). Rychlost odhořívání je podstatně ovlivňována také tvorbou kouře a sazí, jež mění intenzitu výměny tepla zářením. Hodnota rychlosti odhořívání se mění také s velikostí hodnoty teploty plamene (Chromek, 2006; Ptáček, 2019).

**Výška plamenů** – maximální výšku plameny dosahují v místě nejvyššího rozkladu hořlavých látek při nedostatečném přístupu kyslíku. Výšku plamenů ovlivňuje také proudění plynů a vítr. Jedná se o parametr, od kterého lze odvodit velikost oblasti tepelného účinku, neboť tvar a velikost plamene souvisí s množstvím tepelné energie, které plameny vyzařují a tím ovlivňují šíření požáru. Výšku plamenů udáváme v délkových jednotkách [m] (Ptáček, 2019; Chromek, 2006).

**Teplota požáru** – v případě lesního požáru uvádíme střední teplotu plamene anebo povrchu hořící látky. Tyto teploty jsou částečně ovlivněny intenzitou výměny plynů a současně je teplotou zásadním způsobem ovlivněný průběh celého požáru. Vlivem teploty se mění vlastnosti hořícího paliva a urychlují se procesy hoření. Teplota se v různých bodech plamene mění. V těsné blízkosti povrchu hořlavé látky je oblast s relativně nízkými teplotami, zatímco nad ní v oblasti hoření dosahují teploty maximálních hodnot. Směrem nad oblast hoření se teplota opět snižuje. Jednotkou teploty požáru jsou stupně Celsia [°C] (Chromek, 2006; Ptáček, 2019).

**Intenzita výměny plynů** – je daná přítokem vzduchu a odvodem produktů hoření z oblasti požáru. Na otevřené ploše dochází k výměně plynů v zestupným sloupcem toku plynných zplodin vznikajících hořením. Při požárech lesů je intenzita a rychlost výměny plynů vysoká a dosahuje až  $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Intenzitu výměny plynů zvyšuje rychlost větru, který ovlivňuje také tvar a směr proudu zplodin hoření. Nepřímou úměrou rychlost výměny plynů ovlivňuje atmosférický tlak a také atmosférické srážky v podobě deště, sněhu nebo mlhy (Chromek, 2006; Ptáček, 2019).

**Intenzita sálání** – Podstatná část uvolněného tepla rozvíjejícího se požáru je do okolí předávána konvekcí – prouděním. Při dosažení teplot nad  $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$  je hlavní složkou výměny tepla s okolím radiace – sálání. Intenzita sálání má hlavní význam na přípravu hořlavých látek na jejich následné hoření a při vysokých hodnotách představuje riziko vzniku nových ohnisek požáru. Intenzita sálání je udávána v jednotkách [ $\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ] (Chromek, 2006; Ptáček, 2019).

**Stupeň zakouření** – nebo také hustota kouře, je směsí plynných a pevných zplodin hoření se vzduchem. Hustota kouře se mění v závislosti na druhu hořící látky a na intenzitě výměny plynů. Při lesním požáru hoří organické látky, a proto kouř obsahuje látky jako je dusík, oxid uhličitý, uhlík, oxid uhelnatý, vodní páry a další. Hustota kouře ovlivňuje možnosti protipožárního zásahu (Chromek, 2006; Ptáček, 2019).

### 2.2.3 FÁZE VZNIKU LESNÍHO POŽÁRU

**Fáze zahřívání** – během této fáze se palivo v podobě organického materiálu nacházející se v pásmu přípravy zahřívá na teplotu vznícení. Z buněčné struktury se začíná odpařovat voda. Přes povrch paliva je v podobě par vedená až do atmosféry. S rostoucí teplotou se palivo začíná rozkládat, přičemž dochází k uvolňování hořlavých plynů a páry (Scott, 2014).

**Fáze zapálení** (hoření) – v této fázi z povrchu paliva unikají hořlavé plyny, které spolu se vzduchem vytváří zápalnou směs. V tomto okamžiku se již mohou, ale nemusí objevit plameny (Scott, 2014).

**Fáze tlení** (žhnutí) – koncentrace směsi hořlavých plynů je v této fázi nad povrchem paliva příliš nízká, než aby mohla být zdrojem nepřerušovaného hoření. Pro fázi tlení je charakteristické pomalé hoření bez přítomnosti plamenů. Plyny a páry kondenzují za vzniku dýmu (Scott, 2014).

### 2.2.4 FÁZE LESNÍHO POŽÁRU

Pokud lesní požár neovlivníme protipožárním zásahem, probíhá ve čtyřech fázích (Chromek, 2006; Berčák, 2018):

**I. fáze** – trvá 4–10 minut. Tento čas je brán od vzniku požáru k rozhoření hořlavého materiálu. V této fázi je potlačení požáru nejméně náročné. Požár se v tomto stádiu vyznačuje pomalým růstem vlastní plochy, nízkou teplotou a nízkou intenzitou výměny plynů (Chromek, 2006; Berčák, 2018; Stolina, 1985).

**II. fáze** – v této fázi se od intenzivně hořícího předmětu postupně zapalují další hořlavé látky a předměty, což vede k rychlému zvětšování plochy požáru, ke zvyšování teploty i intenzity výměny plynů. V této fázi je požár již hůře zvládnutelný a jeho eliminace vyžaduje nasazení většího počtu hasící techniky a hasičů (Chromek, 2006; Berčák, 2018; Stolina, 1985).

**III. fáze** – je charakteristická již plně rozvinutým požárem, kde intenzivně hoří všechny hořlavé látky. Postupně dochází k poklesu teploty a ke zmenšování plochy požáru. Pro likvidaci požáru ve III. fázi je často nutné



využít letecký zásah s maximálním využitím pozemní techniky a hasičů (Chromek, 2006; Berčák, 2018; Stolina, 1985).

**IV. fáze** – je posledním stádiem požáru, při kterém dochází k postupnému odhořívání hořlavých látek až do úplného dohoření, k vyhasnutí (Chromek, 2006; Berčák, 2018; Stolina, 1985).

#### 2.2.5 ČÁSTI LESNÍHO POŽÁRU

V terminologii popisující lesní požár je důležitým pojmem požářiště. **Požářištěm** se rozumí samotné místo požáru nebo místo po požáru. Hodnotíme jeho velikost, která záleží na podmínkách, na hořlavosti prostředí a větru (Poleno, 1995).

Vlastní požár potom popisujeme sedmi částmi. Jedná se o ohnisko požáru, čelo požáru, tyl požáru, křídla, obvod a ostrovy (Chromek, 2006; Holuša, 2018).

**Ohnisko požáru** je lokalizované místo, kde požár vznikl a ze kterého se začal šířit dál do prostoru. Ohnisko se může nacházet v odlehlých a těžko dostupných oblastech, ale velmi často v blízkosti komunikací nebo zástavby (Chromek, 2006; Berčák, 2018).

**Čelo požáru** se z pravidla nachází v přední části směru šíření, tedy na vzdálené straně po směru větru. V této části bývá hoření nejintenzivnější, jeho postup je nejrychlejší a zpravidla způsobuje největší škody. Čelo požáru v prostoru postupuje po směru větru, v případě svahovitého terénu směrem nahoru (Chromek, 2006; Berčák, 2018).

**Tyl požáru** leží na opačné straně proti čelu požáru. Většinou pomalu prohořívá proti směru větru či po svahu dolů. Proces hoření v tylu požáru je mírnější, a ne tolik intenzivní jako hoření probíhající na čele (Chromek, 2006; Berčák, 2018).

**Křídla** tvoří boční strany požáru. Křídla většinou probíhají rovnoběžně se směrem větru, tedy s hlavním směrem šíření požáru (Chromek, 2006).

**Obvod požáru**, někdy také označován jako okraj požáru, udává obvodovou délku kolem vnějšího pásma hoření a přípravy. Obvod požáru se během požáru neustále zvětšuje (Chromek, 2006).

**Ostrovy** jsou místa uvnitř plochy požáru, kde nedošlo ke shoření porostu a jsou tedy potenciálním zdrojem hořlavého paliva (Chromek, 2006).

**Body požáru** se nachází mimo plochu hlavního požáru. S postupem šíření hlavního požáru se mohou stát jeho součástí. Body požáru vznikají odletujícími uhlíky, jiskrami anebo žhavým popelem (Chromek, 2006; Berčák, 2018).

Popisované části lesního požáru jsou znázorněny na obrázku č. 1.

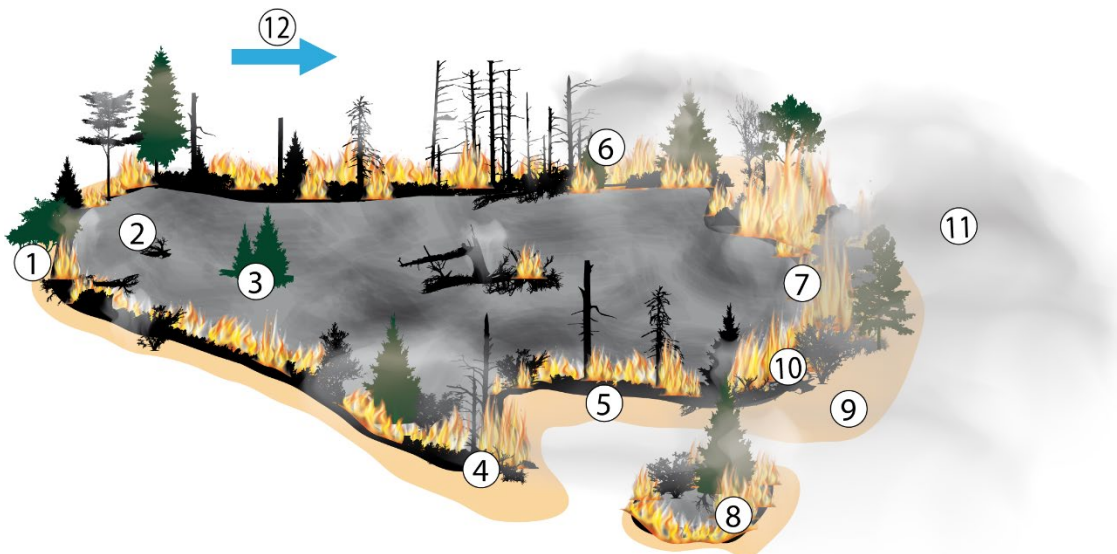
Lesní požár společně s jeho částmi charakterizujeme také jeho rozdělením na tři spolu související, případně navzájem se prolínající pásma (Chromek, 2006; Berčák, 2018).

**Pásmo hoření** představuje pásmo, kde se v důsledku působení tepla z materiálu uvolňují hořlavé plyny a dochází zde k vlastnímu hoření. Pásmo hoření představuje prostor zahrnující objem plynů a par, jež jsou ohraničeny povrchem hořící látky a povrchem plamene. (Chromek, 2006; Vilímek, 2008; Berčák, 2018).

**Pásmo přípravy** je nejbližší pásmu hoření a probíhá v něm příprava materiálů na následné hoření. Proces přípravy probíhá zahříváním materiálů, čímž dochází k odpařování vody, k jejich rozkladu a následně ke vznícení. Bez této přípravy materiálů k jejich hoření nedojde (Chromek, 2006; Berčák, 2018).

**Pásmo zadýmení** se mění v závislosti na směru a síly větru. Dochází v něm k pohybu dýmových produktů, které jsou tvořeny nejmenšími částmi plynů a par, vznikajících při hoření a rozkladu látek (Chromek, 2006; Berčák, 2018).

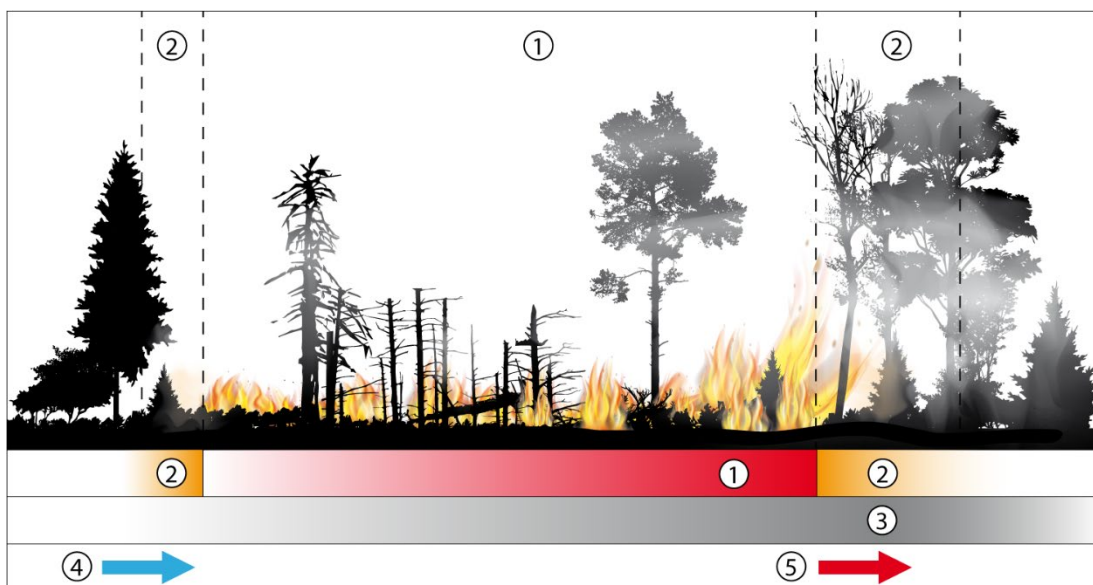
Pásma lesního požáru jsou znázorněna na obrázku č. 2.



OBRÁZEK 1 POPIS ČÁSTÍ A PÁSEM LESNÍHO POŽÁRU

1 – týl požáru, 2 – ohnisko požáru, 3 – ostrov, 4 – prst požáru, 5 – pravé křídlo, 6 – levé křídlo, 7 – čelo požáru (front), 8 – bod požáru, 9 – pásmo přípravy hoření, 10 – pásmo hoření, 11 – pásmo zadýmení, 12 – směr větru

Zdroj: vlastní podle Berčáka (2018).



OBRÁZEK 2 PÁSMA POŽÁRU V BOČNÍM POHLEDU

1 – pásmo hoření, 2 – pásmo přípravy, 3 – pásmo zadýmení, 4 – směr větru, 5 – směr šíření požáru  
Zdroj: vlastní

## 2.3 DRUHY LESNÍCH POŽÁRŮ

Lesní požáry můžeme rozdělit podle zasažené části lesního porostu, resp. podle druhu hořícího materiálu. Na základě toho rozlišujeme čtyři základní druhy lesních požárů:

- podzemní požár,
- pozemní požár,
- korunový požár,
- kombinované požáry, přechod pozemního do korunového
- požár kalamitní plochy,
- požár dutého stromu (Hlaváč, 2016; Chromek, 2006; Holuša, 2018).

### 2.3.1 PODZEMNÍ POŽÁR

V Lesnickém slovníku je tento typ lesního požáru definován jako živelné poškození nebo zničení silných vrstev hrabanky, humusu nebo vyschlé vrstvy rašeliny (Poleno, 1995). Kromě hořlavého organického substrátu při podzemním požáru hoří i kořeny zdravých stromů, nálet a nárost dřevin (Obrázek 3) (Stolina, 1985). Nejčastěji se objevuje v lokalitách, kde se nachází podpovrchová ložiska rašeliny, aktivní vápence či jiné hořlavé látky (Hlaváč, 2016a). Tento druh požáru bývá často spojován s požáry pozemními, při kterých oheň nejčastěji u kmenů stromů proniká do vrstvy suché rašeliny. Pfeffer (1961), však uvádí, že ve střední Evropě je výskyt podzemních požárů na rašelinných půdách malý (Pfeffer, 1961). Odtud se postupně šíří do stran (Francl, 2007). Podzemní požár je charakteristický produkcí vysokého tepla bez přítomnosti plamenů (Sahin, 2007). Podzemní požár vydává jen málo kouře, který vychází kolem kořenů a pařezů (Hlaváč, 2016; Poleno, 1995; Pfeffer, 1961).

Podle hloubky působení podzemního požáru, tento dělíme na:

- slabé do hloubky 250 mm,
- střední do hloubky 250-500 mm,
- silné do hloubky nad 500 mm (Kapusniak, 2014).

Z podzemního požáru se může postupně vyvinout v požár pozemní a následně korunový (Stolina, 1985; Hlaváč, 2016).



OBRÁZEK 3 PODZEMNÍ POŽÁR

*Zdroj: vlastní*

### 2.3.2 POZEMNÍ POŽÁR

Pozemní požár se v našich podmínkách vyskytuje nejčastěji (Holuša, 2018; Hlaváč, 2016).

Při pozemním požáru dochází k zapálení lesního půdního krytu (Pfeffer, 1961; Holuša, 2018). Pozemní požár, někdy označovaný také jako povrchový, je živelné poškození nebo zničení suchého odumřelého rostlinného pokryvu (Poleno, 1995). Hořícím materiálem bývá suchá tráva, opad asimilačních orgánů stromů a kůra, na zemi ležící větve, ale i nízké stromy a kmeny (Holuša, 2018; Sahin, 2007). Pozemní požár ničí přirozený nálet, nárost a kulturu (Obrázek 4) (Stolina, 1985). Pozemní požár se šíří na všechny strany (Stolina, 1985). Při svém šíření je ovlivňován rychlostí větru (Holuša, 2018). Podle rychlosti šíření Nesterov (1949) rozlišuje pozemní požár letný a pozemní požár vytrvalý.

Krakovský (2004) dělí podle rychlosti šíření pozemní požáry na:

- slabé, jež dosahují rychlosti menší než  $1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,
- střední s rychlostí  $1-3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,
- silné s rychlostí vyšší než  $3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Rozlišovat pozemní požáry můžeme také podle výšky plamene:

- slabé s plamenem  $< 0,5$  m,
- střední s plameny  $0,5-1,5$  m,
- silné  $> 1,5$  m (Krakovský, 2004).

Výška plamene u tohoto druhu požáru závisí na zdroji hoření (Holuša, 2018). Při zapálení nízkých trav hoří plamenem asi 10 cm vysokým. V případě hoření rostlin borůvky, třtiny nebo vyšší buřně, dosahují plameny do výšky 60 cm. U hořícího klestu jsou plameny 2-4 m vysoké. Tyto plameny pak mohou být příčinou rozšíření ohně na suché spodní větve stromů (Poleno, 1995). Holuša et al. (2018) uvádějí, že pokud při pozemním požáru hoří tráva nebo hrabanka bez přítomnosti klestu a suchých větví, plameny dosahují výšky 0,05-0,5 m, při hořícím borůvčí, brusinky a třtiny mohou plameny dosahovat 0,6-1,5 m. Podle Pfeffera (1961) nepředstavují pozemní požáry významné nebezpečí, neboť dostupné palivo v podobě suché trávy a spodních částí kmenů dřevin neposkytují pro vytvoření velkého požáru dostatečný objem hořlavého materiálu.



OBRÁZEK 4 POZEMNÍ POŽÁR

*Zdroj: vlastní*

### 2.3.3 KORUNOVÝ POŽÁR

Tento druh lesního požáru je považován za nejnebezpečnější (Hlaváč, 2016; Holuša, 2018).

Korunový požár bývá popisován jako živelné poškození nebo zničení nadzemních částí stromů, zejména korun (Krakovský, 2004). Spolu

s korunami různověkých stromů však hoří i půdní kryt a hořlavý materiál v porostu (Obrázek 5) (Stolina, 1985; Pfeffer, 1961).

Jeho vznik je častý v pěstitelsky zanedbaných porostech, v porostech s výskytem hluboce zavětvených kmenů a souší, s vysokou buřeni, hojným podrostem a suchým klestem (Poleno, 1995; Sahin, 2007; Hlaváč, 2016). Jeho vzniku většinou předchází požár pozemní (Hlaváč, 2016). Při hoření drobných větviček v korunách stromů, se porostem požár šíří velmi rychle v podobě ohňového valu (Pfeffer, 1961). Fronty korunového požáru předstihují frontu požáru pozemního (Kapusniak, 2014; Pfeffer, 1961).

Korunové požáry se dělí na:

- letný vrcholkový,
- vytrvalý stojatý (Kapusniak, 2014).

Pokud se požár v korunách stromů pohybuje vlnovitě jako voda, hovoříme o požáru letném. Pokud tento požár provází silné proudění vzduchu, obvykle jsou tímto požárem zasažené kmeny i kořeny stromů, a dochází i k jejich vyvrácení. Při vytrvalém stojatém požáru vytváří plameny přímou stěnu. Tento požár se šíří pomaleji (Kapusniak, 2014).

Chromek (2006) uvádí, že při hoření korunové části jehličnatého stromu mohou mít plameny výšku až 100 m a teploty mohou dosahovat kolem 1000 °C.



OBRÁZEK 5 KORUNOVÝ POŽÁR

*Zdroj: vlastní*



#### 2.3.4 POŽÁR KALAMITNÍ PLOCHY

Jako samostatný druh byl požár kalamitní plochy zaveden a definován odborníky na Slovensku při řešení projektu „Protipožiarna ochrana lesa na území Vysokých Tatier po vetrovej kalamite“ v roce 2005 (Chromek, 2006).

Tento druh lesního požáru je velmi specifický a je vázán na lesní plochy poškozené větrnou kalamitou. V tomto případě není plocha požářiště výškově diferenciována jako u předcházejících typů lesních požárů. Zdrojem paliva jsou zde části polomů, zlomů, vývraty společně se stojícími stromy a zbytky rozkládajících se stromů, bylinným krytem a hrabankou. Rozložení paliva v podobě dřevní hmoty je nerovnoměrné, často nakupené i v několikametrových vrstvách. Hoření v takovém prostředí může probíhat celoplošně a dlouhodobě, i několik dní (Obrázek 6) (Chromek, 2006).



OBRÁZEK 6 POŽÁR KALAMITNÍ PLOCHY

*Zdroj: vlastní*



## 2.4 PROCES HOŘENÍ PŘI LESNÍM POŽÁRU

**Teplota vzplanutí** – je definována hodnotou nejnižší teploty, při níž za normálního tlaku vyvine hořlavá látka takové množství hořlavých plynů, že tyto ve směsi se vzduchem a při kontaktu s otevřeným plamenem krátce vzplanou, ale opět uhasnou a dále nehoří (Pecl, 1999).

**Teplota hoření** – představuje nejnižší teplotu hořlavé látky, při níž tato látka vytváří dostatečné množství hořlavé směsi plynů a ta se po přiblížení k plamenu vznítí a samy dále hoří. Z toho vyplývá, že při dosažení teploty hoření je rychlost odpařování nejméně tak velká, jako rychlost spalování. Teplota hoření má vyšší hodnotu než teplota vzplanutí (Pecl, 1999).

**Teplota vznícení** – někdy uváděná také jako zápalná teplota, udává nejnižší hodnotu teploty při průměrné vlhkosti vzduchu, při níž se určitá látka vznítí bez působení dalšího zdroje tepla (Riziko požiarov v krajine, 2016). Za vznícení se považuje začátek chemické reakce směsi hořlavých plynů se vzduchem při objevení plamene. Vznícení lze označit tehdy, pokud tuto reakci vyvolá pouze samotné působení tepla, nikoliv kontakt s otevřeným plamenem či jiskrou (Pecl, 1999). V souvislosti s lesními požáry je znalost výše definovaných limitních teplot důležitá. Například teplota vznícení dřeva je již asi při 270 °C, slámy 310 °C a rašeliny 230 °C (Pecl, 1999).

**Výhřevnost** – udává množství tepla na jednotku hmotnosti látky, které vznikne při jejím spálení [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]. Toto množství tepla se může z látky uvolnit během požáru. Čím větší má látka výhřevnost, tím větší množství vody potřebujeme k jejímu uhašení (Pecl, 1999).

Hlaváč (2016) hoření při lesním požáru charakterizuje jako hoření souboru organických materiálů lesního porostu (Hlaváč, 2016).

Hlavním zdrojem počátku lesního požáru je požár travního porostu. Při lesním požáru se potom jako první vznítí suché drobné větvičky s jehličím a listy, které jsou v dosahu plamene. Pokud v jeho okolí vzroste teplota nad 100 °C, odpaří se voda z asimilačních orgánů dřevin, tedy z jehličí a listů, které se vznítí rychleji než dřevo kmene. Nejprve tedy začínají hořet asimilační orgány, následují tenké větve a po nich dochází k zapálení silnějších větví a dřeva kmene (Hlaváč, 2016).

Borka a kůra stromů mají funkci izolační vrstvy, která chrání dřevinu vůči obvyklým teplotním výkyvům. Při vypuknutí požáru působí na dřeviny žár, který způsobuje částečné anebo i celkové odumření podkorních pletiv, neboť teploty vyšší než 54 °C ničí živé buňky v lýku. Teplota 40–80 °C způsobuje ztrátu vody dřeva a u jehličnatých dřevin dochází k částečnému vylučování pryskyřic. Při dalším zvýšení teploty na 80–150 °C dochází k úplné eliminaci vody v pletivech i ve dřevě. Při delším působení teploty 250 °C se z dřeva začínají uvolňovat hořlavé plyny. Dřevo se samo vznítí při teplotě kolem 300 °C.

Při teplotách přesahujících 450 °C hořlavé plyny unikající ze dřeva vznítí již při samotném kontaktu s vnějším vzduchem. Při 600 °C se dřevo stává zdrojem hoření, přičemž plameny hořícího dřeva dosahují teploty 700–800 °C (Hlaváč, 2016; Pfeffer, 1961; Stolina, 1985).

#### 2.4.1 TROJÚHELNÍK HOŘENÍ

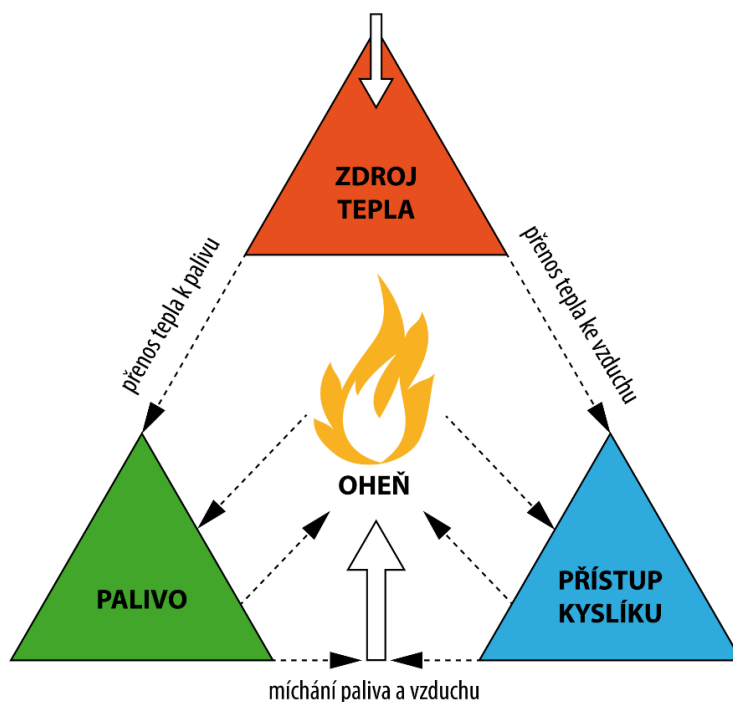
K hoření je zapotřebí:

- hořlavá látka,
- oxidační prostředek,
- zdroj zapálení s dostatečnou energií a vysokou teplotou.

Tento soubor tří podmínek hoření označujeme jako „trojúhelník hoření“. Spojení hořlavé látky a oxidačního prostředku se nazývá „hořlavý soubor“ (Volf, 2019).

Také lesní požár je podmíněný vztahy vycházejícími z definice trojúhelníku hoření. V případě absence či vyloučení jednoho ze tří aspektů trojúhelníku hoření, požár nevznikne, popř. se tím proces hoření přeruší. Vznik a následné šíření lesního požáru je tedy podmíněné přítomností všech složek a průběhem jevů popisovaných v trojúhelníku hoření:

- přístup kyslíku do místa hoření,
- přítomnost paliva a jeho přísun pro rozšíření hoření,
- uvolňování a přenos tepla pro přípravu látek k hoření (Obrázek 7) (Chromek, 2006; Berčák, 2018).



OBRÁZEK 7 SCHÉMA TROJÚHELNÍKU HOŘENÍ

Zdroj: vlastní podle Berčáka (2017).

#### 2.4.2 PALIVO

Palivo sloužící jako prostředek hoření při lesním požáru můžeme rozdělit do několika skupin:

- živé palivo,
- mrtvé palivo,
- hrubé palivo
- jemné palivo,
- stojící palivo
- ležící palivo (Riziko požiarov v krajine, 2016).

Při vzniku a šíření požáru má z těchto skupin nejvýznamnější roli jemné palivo. Menší části paliva (5-6 mm), jakými jsou suchá tráva, větvičky, odumřelé ale i živé listí a jehličí bohaté na obsah pryskyřice, jsou nejsnáze zapalitelné. Přítomnost a množství jemného paliva ovlivňuje zejména počáteční fáze požáru a při hoření se stávají prostředkem pro přenos ohně na další skupiny většího paliva (Riziko požiarov v krajine, 2016).

Palivo v lesních porostech rozdělujeme do tří tzv. palivových vrstev:

- podzemní palivo,
- povrchové palivo,
- korunové palivo (Riziko požiarov v krajine, 2016).

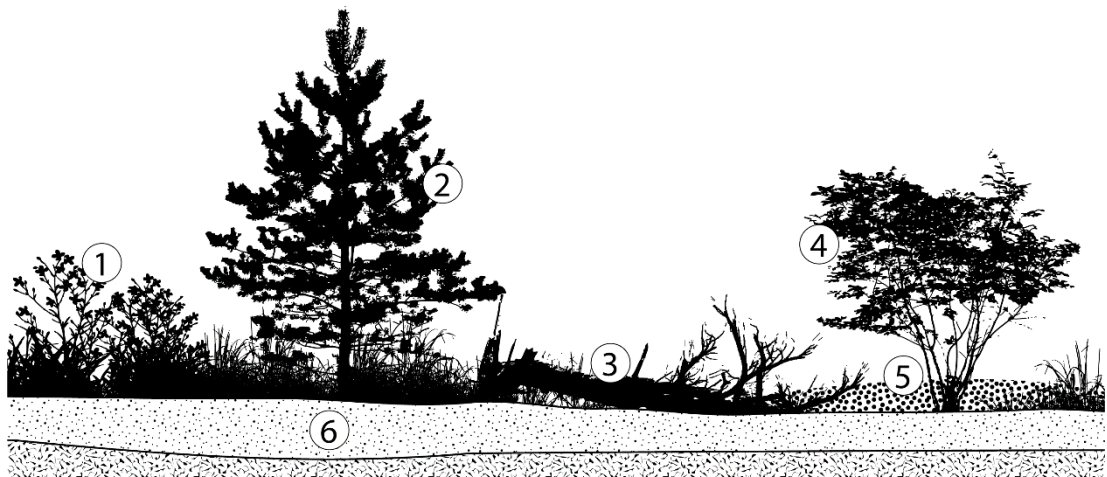
**Podzemní palivo** je tvořeno především rozkládajícími se částmi vegetace, jako jsou kořeny, větve, asimilační orgány dřevin, zbytky semen, odumřelých částí bylin apod. Tato vrstva se nachází mezi lesní opadankou a půdou, která již pozbývá dostatečné množství organického materiálu (Riziko požiarov v krajine, 2016).

Vrstvu **povrchového paliva** tvoří opadnuté listí, jehličí, lišejníky, mechy, živé a odumřelé části bylin, drobné keříky, nálet a malé stromy (Riziko požiarov v krajine, 2016).

**Korunové palivo** představují horní etáže velkých stromů a keřů, které dosahují výšky korun stromů (Riziko požiarov v krajine, 2016).

Kategorizací paliv lesních porostů se věnují ve své publikaci také Brown et al. (1982), kde rozdělují paliva do skupin podobného fyzikálního charakteru:

- stojící stromy,
- keře,
- bylinná vegetace,
- mrtvé ležící dřevo,
- opadanka
- hrabanka (Obrázek 8).



OBRÁZEK 8 VEGETATIVNÍ SLOŽKY ZAHRNUTÉ DO POZEMNÍHO PALIVA

1 – byliny a trávy, 2 – stojící stromy, 3 – ležící dřevo, 4 – keře, 5 – opadanka, 6 – hrabanka

Zdroj: vlastní podle Browna (1982).

Z pohledu vzniku a šíření lesního požáru jsou důležitými vlastnostmi paliva jeho množství, skladba, vlhkost, tvar, a rozložení paliva v prostoru. Tyto vlastnosti přímo ovlivňují intenzitu, šíření a délku trvání povrchového lesního požáru (Viegas, 1998; Carlson; Sneeuwjagt, 1985; Majlingová, 2014).

**Množství paliva** je vyjádřeno hmotností materiálu v suchém stavu (hmotnost sušiny) na jednotku plochy [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ].

U **tvaru paliva** posuzujeme poměr plochy povrchu k objemu. Palivo s vysokým poměrem hoří lépe než paliva s nižšími hodnotami tohoto poměru.

**Vlhkost paliva** je nejdůležitějším parametrem, který ovlivňuje jeho zápalnost, a tedy i vývoj a chování požáru. Vlhkost obsažená v palivu určuje, zda se palivo bude při požáru chovat jako zdroj teplo nebo jako chladič. Vlhkost, resp. vysušování paliva je ovlivněno zejména meteorologickými faktory, kterými jsou srážky, vítr a teplota (Riziko požiarov v krajine, 2016). Vlhkost paliva má zásadní vliv na vznícení a rychlost šíření lesního požáru (Gisborne, 1928).

**Rozložení paliva** neboli uspořádání, udává průměrnou výšku všech povrchových paliv. Podle toho, jakým směrem palivo přenáší oheň, může být horizontální nebo vertikální. Horizontálním nosičem ohně jsou například

paseky, polomy a lesní opad, vertikálním tráva a keře (Riziko požiarov v krajine, 2016).

V lesním porostu představuje větší palivový potenciál strom s nízkou a hustou korunou než strom s korunou vysoko nasazenou. Velmi rizikové pro přenos požáru jsou usychající zlomy a vývraty stromů po kalamitách, silně zavětvené s vyschnutými asimilačními orgány, podobně jako těžební zbytky či zbytky po zpracování kalamitního dříví. Také zanedbané a neobhospodařované porosty s množstvím stojatého i ležícího odumřelého dřeva zvyšují nebezpečí vzniku lesního požáru (Hlaváč, 2016).

## 2.5 ŠÍŘENÍ LESNÍHO POŽÁRU

### 2.5.1 PŘENOS TEPLA

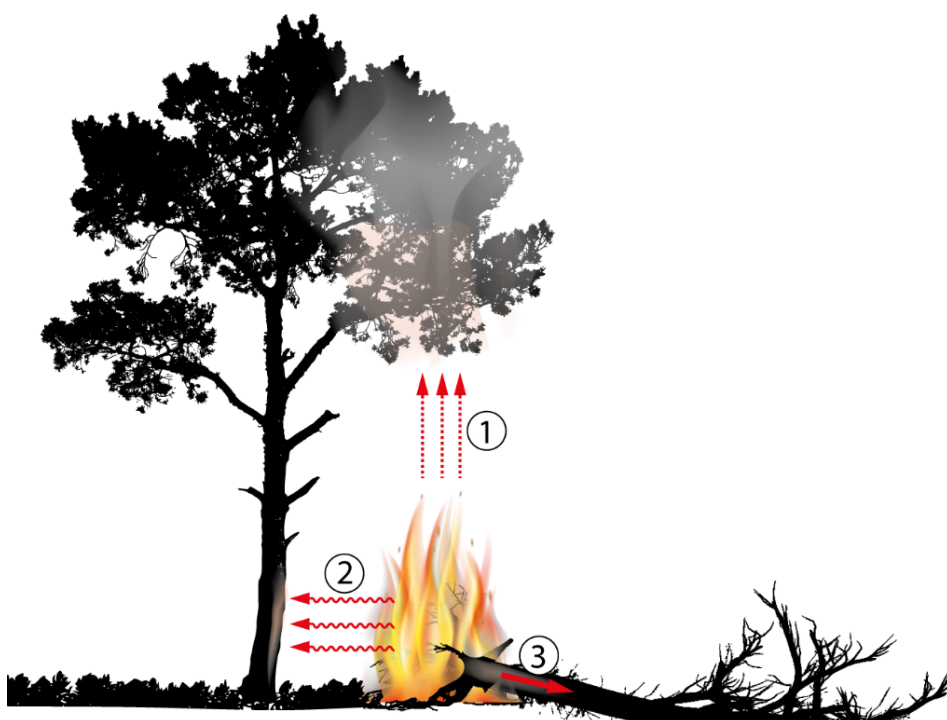
Hoření je fyzikálně chemická reakce, při které se uvolňuje teplo, které se v oblasti hoření nehromadí, ale je přenášeno do okolí třemi možnými způsoby: vedením, prouděním a sáláním. Přenos tepla probíhá uvnitř tělesa mezi místy s rozdílnou teplotou, nebo mezi různými tělesy odlišné teploty (Volf, 2019).

**Přenos tepla prouděním (konvekce)** probíhá formou předání tepelné energie prostřednictvím pohybu plynných nebo kapalných částic (Vilímek, 2008). Při lesním požáru realizováno především prostřednictvím ohřívání kouře (Volf, 2019). Plyny v kouři mají při požáru velmi vysokou teplotu, kterou v pásmech přípravy a zakouření předežívají další materiály (Vilímek, 2008). Vysoce zahřátý kouř může být zdrojem vzniku nových ohnisek požáru. Přenos tepla prouděním nepodporuje vlastní hoření, ale ovlivňuje šíření požáru (Volf, 2019).

**Přenos tepla sáláním (radiace)** je realizován pomocí elektromagnetických vln, které se šíří prostorem do všech směrů. Při dopadu na pevnou látku ji ohřívá (Vilímek, 2008). Vlastní přenos tepla probíhá z větší části do okolí místa hoření a z menší části zpět k povrchu hořící látky. Dopad sálavého tepla na okolní hořlavé materiály vytváří podmínky pro šíření požáru. Část sálavého tepla, která dopadá zpět na povrch hořícího paliva, je podstatná pro udržování a rozvoj vlastního hoření. Tento díl vráceného tepla udržuje vysokou teplotu

povrchu hořlavého materiálu a tím se podporuje rychlost odpařování hořavin. Tímto způsobem se hoření samovolně udržuje (Volf, 2019).

**Přenos tepla vedením (kondukce)** je vázán především na pevné látky v místě hoření (Volf, 2019). Při vzájemném dotyku kusů paliva se z jedné části přenáší teplo na část druhou (Thomas, 2010). Kondukce nastává uvnitř pevné látky s rozdílnou teplotou nebo při kontaktu dvou pevných těles s odlišnými teplotami. Kondukce je ovlivněna tepelnou vodivostí materiálů. Dobře tepelně vodivé materiály mohou napomáhat při šíření požáru, např. kovy (Vilímek, 2008). Přestože má dřevo tepelnou vodivost poměrně špatnou, sehrává významnou roli především při pozemních požárech s přenosem tepla do větších kusů paliva. Tato vlastnost je ovlivněna hustotou dřeva. Shnilé dřevo vykazuje hustotu nižší a vede teplo hůře, než dřevo zdravé s vyšší hustotou (Thomas, 2010).



OBRÁZEK 9 ZPŮSOBY PŘENOSU TEPLA

1 – konvekce, 2 – radiace, 3 - kondukce

Zdroj: vlastní

## 2.5.2 ZPŮSOBY ŠÍŘENÍ LESNÍHO POŽÁRU

Šíření lesního požáru je ovlivňováno více faktory (Chromek, 2006; Stolina, 1985; Duff, 2017; Pfeffer, 1961). Šíření požáru není možné, pokud není přítomné dostatečné množství paliva správného druhu (Riziko požiarov v krajine, 2016).

Vlastní proces šíření požáru je závislý na teplotě horkého vzduchu mezi plameny. Požár se šíří tehdy, pokud teplota mezi plameny dosáhla hodnot potřebných k zapálení ještě nehořící části (Stolina, 1985). To, jakým způsobem se lesní požár chová, jakou rychlostí, směrem a s jakou intenzitou postupuje, je ovlivňováno počasím, topologií, zásahem člověka a vlastnostmi paliva v okamžiku požáru (Duff, 2017). Rozšíření požáru závisí na druhu požáru, ročním období, počasí, věku a struktuře lesního porostu a podle stanoviště. Vliv na rychlost šíření požáru má také typ lesa, přičemž v suchých borech se požár šíří rychleji než ve vlhčích smíšených anebo lužních lesích (Stolina, 1985). Mezi základní přírodní faktory ovlivňující šíření lesního požáru patří skladba dřevin, zemní podklad a povrchová vrstva, členitost lesního terénu a klimatické podmínky, jako například vlhkost vzduchu, denní teplota, směr a síla větru (Chromek, 2006; Pfeffer, 1961).

Ve srovnání dřevin jsou jehličnaté dřeviny obecně zápalnější než dřeviny listnaté, a to především pro obsah dobře hořlavých pryskyřic (Riziko požiarov v krajine, 2016; Pfeffer, 1961). Z pohledu věkových tříd či růstových fází porostů, je z důvodu přítomnosti trav a buřiny nejzápalnější první věkový stupeň (Riziko požiarov v krajine, 2016). Pro rychlé šíření lesního požáru je ideální holina porostlá buřením s těžebními zbytky klesu (Pfeffer, 1961).

Při velkých požárech vznikají silné proudy, často provázené víry, kterými jsou unášeny hořící části, kousky dřev, šišky apod. Také tímto způsobem se oheň přenáší a šíří dál do okolního terénu (Stolina, 1985).

Kromě vlastností paliva, povětrnostních a terénních podmínek, jsou parametry šíření lesního požáru rozdílné také podle druhu požáru (Stolina, 1985).

**Pozemní požár** je do značné míry ovlivněn a podporován větrem. Směr jeho šíření závisí na směru větru, přičemž směr šíření se se směrem větru shoduje (Stolina, 1985). Při bezvětří se lesní požár šíří v kruhu (Poleno, 1995). Při větru



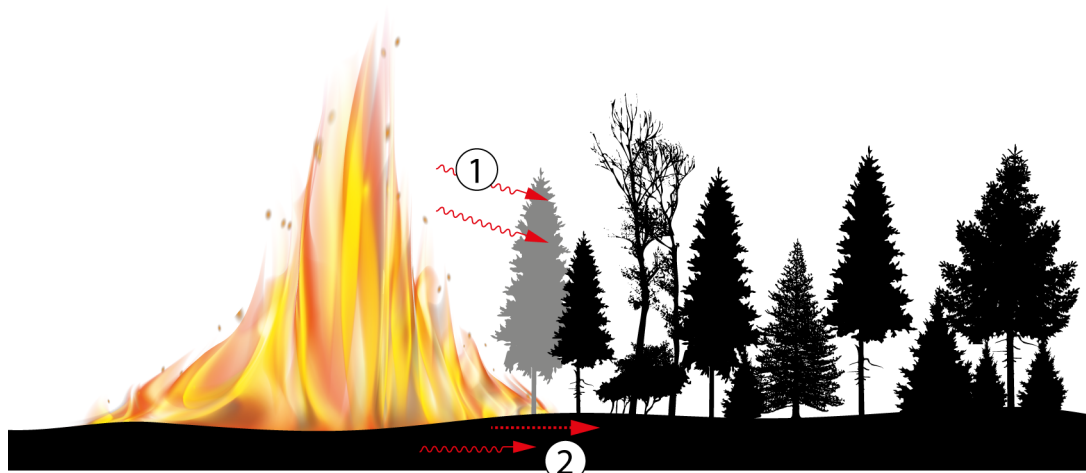
má požářiště tvar elipsy, u které se v závislosti na síle větru mění poměr délky k šířce požářiště (Tabulka 5) (Poleno, 1995; Stolina, 1985).

TABULKA 5 TVAR POŽÁŘIŠTĚ V ZÁVISLOSTI NA RYCHLOSTI VĚTRU

Zdroj: (Stolina, 1985)

Rychlost větru	Poměr délky k šířce požářiště
bezvětří	1 : 1
slabý	1,7 : 1
mírný	2,7 : 1
silný	3,5 : 1
velmi silný	4 : 1

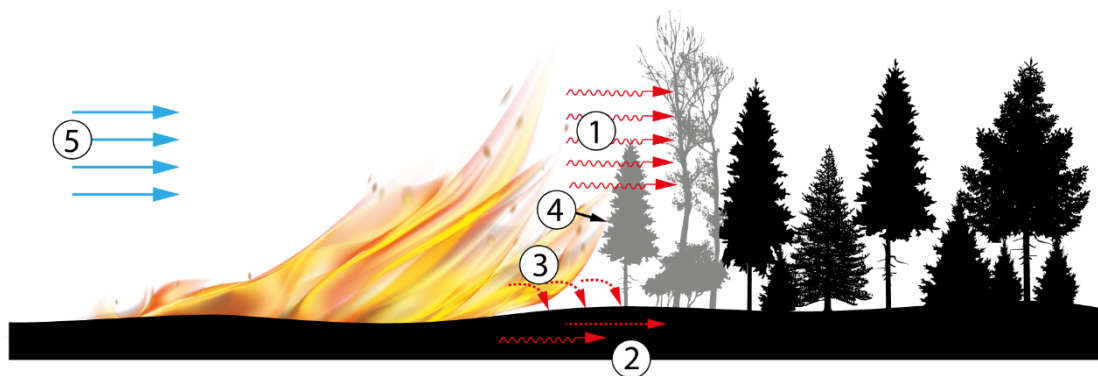
Vlivem působení větru jsou plameny z přirozené svislé pozice skloněny ve směru jeho vanutí. Ve směru větru tak dochází k intenzivnějšímu působení radiace a dochází k ve zvýšené míře a v kratším čase k přehřívání materiálu a tím rovněž k urychlení šíření požáru (Thomas, 2010).



OBRÁZEK 10 PŘENOS TEPLA BĚHEM LESNÍHO POŽÁŘU ZA BEZVĚTŘÍ

1 – radiace působící na palivo a porost, 2 – vnitřní přenos tepla radiací a konvekcí

Zdroj: vlastní podle Rothermela (1972)



OBRÁZEK 11 PŘENOS TEPLA BĚHEM LESNÍHO POŽÁRU ZA VĚTRNÉHO POČASÍ

1 –intenzivní radiace působící na palivo a porost, 2 – vnitřní přenos tepla radiací a konvekcí  
3 – konvekce, 4 – dotyk plamene, 5 – směr větru

Zdroj: vlastní podle Rothermela (1972)

Rychlost šíření lesního požáru je značně ovlivněna také momentální vlhkostí vzduchu (Tabulka 6) (Stolina, 1985).

TABULKA 6 RYCHLOST ŠÍŘENÍ POZEMNÍHO POŽÁRU V BOROVIČOVÉM POROSTU V ZÁVISLOSTI NA VLHKOSTI VZDUCHU

Zdroj: (Stolina, 1985)

Průměrná vlhkost vzduchu [%]	Rychlost šíření ohně [m . h <sup>-1</sup> ]		
	přes den	ráno a večer	v noci
30	500	300	30
50	170	100	10
70	60	30	4
90	4	2	0

V případě hoření půdního pokryvu a kultur, se slabý požár šíří rychlostí 1 m . 1 min.<sup>-1</sup>, střední požár 1-3 m . 1 min.<sup>-1</sup>, silný více než 3 m . 1 min.<sup>-1</sup>. Celkový slabý požár se šíří rychlostí 3 m . 1 min.<sup>-1</sup>, střední do 100 m . 1 min.<sup>-1</sup>, a silný celkový požár se šíří rychlostí vyšší než 100 m . 1 min.<sup>-1</sup> (Stolina, 1985).

Pokud pozemní požár při svém šíření narazí na překážku, například na vodní tok či vodní plochu, na širokou cestu, zabahněný terén, pole anebo na protipožární pás, dál se nešíří a zaniká (Stolina, 1985).

Při **korunovém požáru** vysokého lesa mohou vzdušné proudy a místní větry vyvolané vlastním požárem nasměrovat hoření různými směry. V tomto případě jsou umělé protipožární i přirozené překážky málo účinné. Požár se šíří jazykovitě a obvykle velmi rychle (Stolina, 1985). Jeho šíření je provázeno turbulencemi, a proto je velice rychlé a obtížně zvladatelné (Hlaváč, 2016; Krakovský, 2004). Obdobně jako u pozemního požáru, rozlišujeme i požáry korunové podle rychlosti šíření na slabé do  $3 \text{ m} \cdot 1 \text{ min.}^{-1}$ , střední  $3\text{-}100 \text{ m} \cdot 1 \text{ min.}^{-1}$ , a silné nad  $100 \text{ m} \cdot 1 \text{ min.}^{-1}$  (Hlaváč, 2016).

**Podzemní požár** se šíří nízkou rychlostí a není příliš ovlivňován počasím. Hlavním faktorem šíření podzemního požáru je hořící materiál a hloubka podzemní vody (Stolina, 1985). Podzemní požár se šíří pozvolna pod povrchem rozžhavenými kanály. Rychlost jeho šíření je 2-5 m za den (Hlaváč, 2016).

## 2.6 LESNÍ POŽÁR VE SVAHOVITÉM TERÉNU

Vertikální členitost terénu, především pak svahovitý reliéf, je pro průběh lesního požáru důležitým faktorem ovlivňující jeho šíření. Lesní požár ve svahovitém prostředí je svým průběhem specifický a v závislosti na konkrétním charakteru terénu je při něm umožněn vznik ojedinělých jevů a procesů.

Ráz a prvky terénu jsou faktory výrazně ovlivňující směr a rychlost šíření lesního požáru (Majlingová, 2014). Terén je pro požár charakteristický třemi složkami: sklonem, orientací svahu a tvarem krajiny (Riziko požiarov v krajine, 2016).

Majlingová (2014) se při popisu chování lesního požáru odkazuje na Colemana (1978) a uvádí 4 aspekty svahů, které ovlivňují na chování lesního požáru:

- stoupání (úhel, stupně),
- spojnice, místa s výskytem hřebenů, údolí a kaňonů,
- vrcholy hřebenů,
- expozice svahů vůči slunci a projevům počasí (orientace svahu) (Majlingová, 2014).

Sklon svahu lze považovat za nejdůležitější topografický faktor, který ovlivňuje chování požáru. Svah společně s aktuální meteorologickou situací a v kombinaci s parametry paliva, představuje v případě lesního požáru skutečný problém (Majlingová, 2014). Podle konfigurace terénu se mění rychlost šíření požáru (Stolina, 1985).

### 2.6.1 ŠÍŘENÍ POŽÁRU PO SVAHU NAHORU

V rovinném terénu před sebou čelo požáru vytváří plameny ohřátou zónu (pásmo přípravy). Zde dochází k přehřívání paliva až do momentu, kdy je palivo zahřáté na teplotu vznícení a dojde k jeho zapálení a následnému šíření požáru. V rovinném terénu s rovnoměrně rozloženým palivem a bez vlivu větru, se požár šíří rovnoměrně. Pokud se za stejných podmínek palivo nachází na svahu se sklonem  $20^\circ$ , teplo se z ohně přenáší na okolní palivo konvekcí i radiací, což výrazně rozšiřuje pásmo přípravy (přehřívání paliva), což vede k výrazně rychlejšímu šíření požáru. Platí, že čím je sklon svahu strmější, tím se zvyšuje i rychlost šíření lesního požáru (Majlingová, 2014; Berčák, 2017).

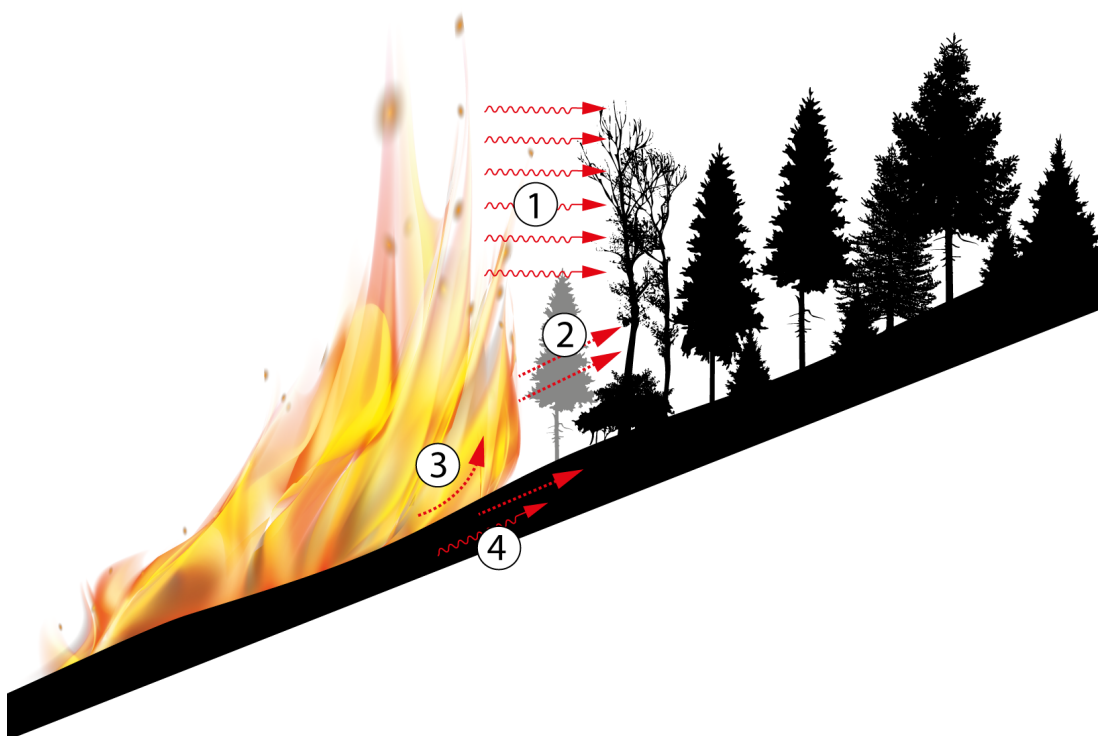
Při mírném sklonu se plameny od svahu odklánějí, zatímco při strmém svahu se plameny ke svahu přiklání (Riziko požiarov v krajine, 2016). Je prokázáno, že zvýšením sklonu o  $10^\circ$  se rychlost šíření požáru zdvojnásobí a při zvýšení sklonu o  $20^\circ$  je tato rychlost až 4x vyšší (Riziko požiarov v krajine, 2016).

Stolina (1985) se ve své knize odkazuje na práci Šešukova (1970) a uvádí až desetinásobné zvýšení rychlosti přesunu požáru při sklonu svahu  $35^\circ$  ve srovnání s terénem v rovině. Rychlost šíření požáru ve svahu není ovlivňována pouze sklonem, ale i dalšími faktory. Významným aspektem ovlivňující rychlost šíření požáru ve svahu je vítr. Na svahu se sklonem  $30^\circ$  je rychlost šíření požáru nejméně 3krát větší při působení větru oproti bezvětří (Anderson, 1968).

Během dne se v blízkosti povrchu zahřátého svahu vytváří vrstva teplého méně hustého vzduchu. Ohřátý vzduch s menší hustotou je lehčí, a proto stoupá podél svahu nahoru, čímž dochází ke vzniku průvanu (proudění vzduchu). Jestliže se lehčí vzduch pohybuje nahoru po svahu, v nižších polohách ho nahrazuje vzduch chladnější. Právě vlivem těchto stoupajících větrů, se v

těchto podmínkách vzniklé lesní požáry obvykle šíří (hoří) směrem nahoru do svahu. Čím strmější svah, tím rychleji a intenzivněji bude oheň hořet (Wildfires on slope, 2018).

Během požáru oheň vyvíjí větší sálavé a konvekční teplo. Jelikož jsou plameny blíže ke svahu, zvyšuje se množství radiace, která přehřívá palivo před požárem. Toto přehřívání vede k rychlejšímu zapálení dalšího paliva. Ohněm ohřátý vzduch stoupá ještě rychleji podél svahu, zesiluje proudění větru, který zvyšuje rychlost šíření ohně. Tyto stoupající větry mohou dosáhnout rychlosti 8 až 16 km / h, v závislosti na sklonu a délce svahu. Těmito nahoru stoupajícími větry je způsobeno, že paliva dosáhne i složka konvekčního tepla, což vede k dalšímu zintenzivnění a zrychlení přehřívání paliva na teplotu jeho vznícení. Toto přehřívání se však neomezuje pouze na povrchová paliva, ale zahrnuje i paliva ve vyšších etážích vegetace, zejména paliva v korunách stromů (Wildfires on slope, 2018).



OBRÁZEK 12 PŘENOS TEPLA BĚHEM LESNÍHO POŽÁRU VE SVAHU

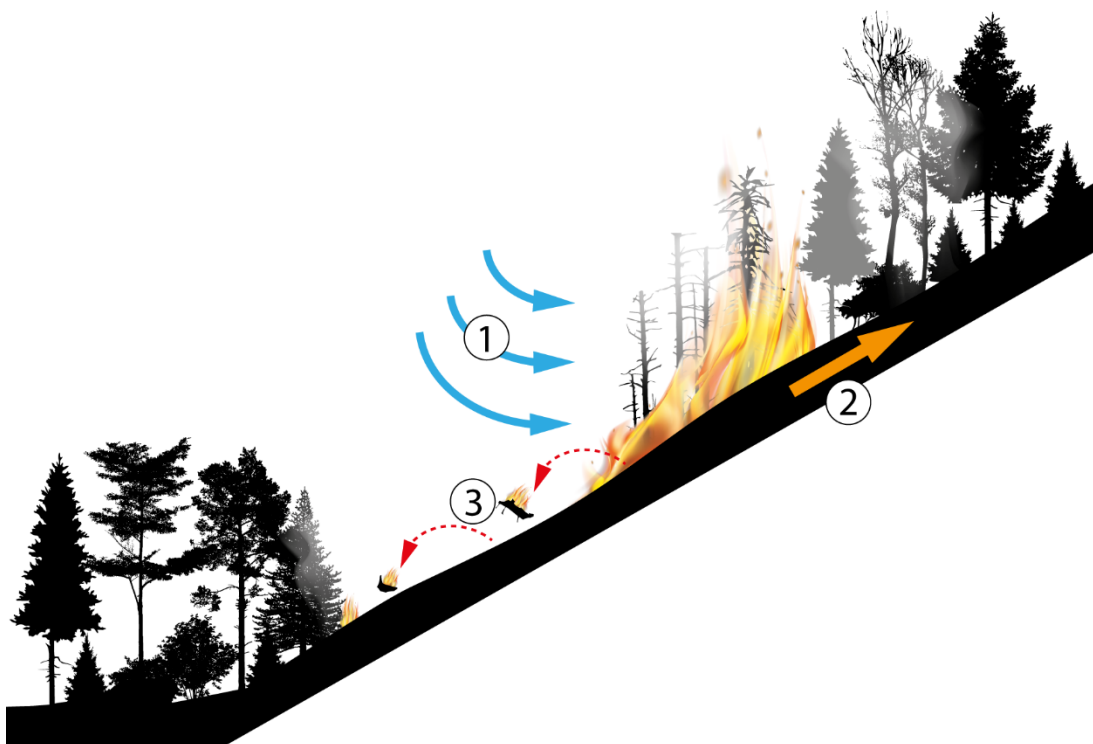
1 – intenzivní radiace působící na palivo a porost, 2, 3 – konvekce, 4 – vnitřní přenos tepla radiací a konvekcí

Zdroj: vlastní podle Rothermel (1972)

## 2.6.2 ŠÍŘENÍ POŽÁRU ZE SVAHU DOLŮ

Požár může postupovat také po svahu dolů. Šíření požáru ze svahu je často způsobeno zřícením poškozených hořících stromů anebo po svahu se pohybujícími kusy hořícího či žhnoucího paliva. Berčák (2017) se ve své práci odkazuje na Andersona (1968) a uvádí, že při sklonu 30° se požár po svahu směrem dolů šíří přibližně pětikrát pomaleji než při témže sklonu směrem nahoru.

Při šíření požáru ze svahu dolů je proces popisovaný v předchozí kapitole při šíření ohně do svahu téměř obrácený. Rozšiřuje se mezera mezi dostupným palivem a ohněm, rychlost postupu ohně se zpomalí a jeho intenzita se sníží. Rychlost větru dolů ze svahu může dosáhnout 3 až 5 km / h. Požár postupující z kopce může občas dosáhnout bodu, kde se začne otáčet a hořet směrem nahoru do svahu. Tato změna může vést k náhlému zvýšení intenzity a rychlosti ohně (Wildfires on slope, 2018).



OBRÁZEK 13 ŠÍŘENÍ LESNÍHO POŽÁRU VE SVAHOVITÉM TERÉNU

1 – proudění čerstvého vzduchu, 2 – směr předehtívání, 3 – ze svahu dolů padající hořící palivo

Zdroj: vlastní

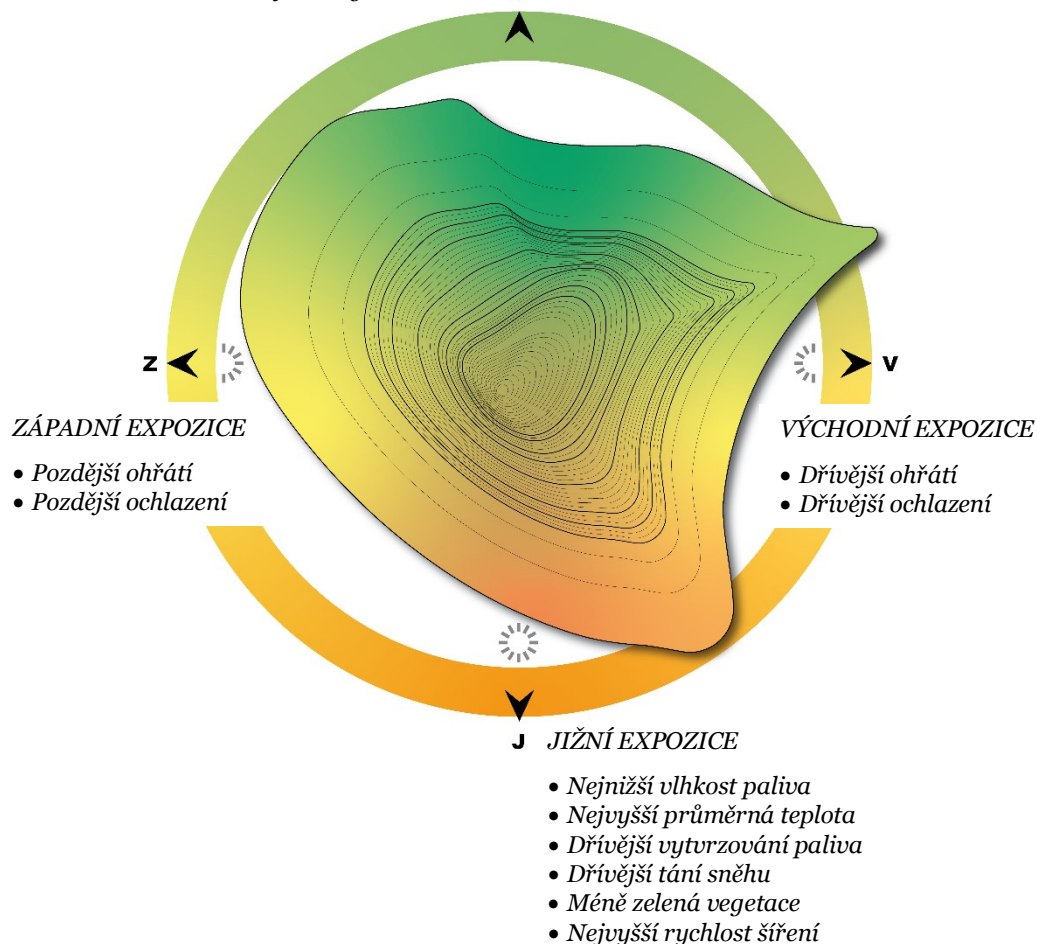
### 2.6.3 VLIV PROSTOROVÉ ORIENTACE SVAHU

Svahy orientované jižním směrem jsou během dne teplejší a sušší, zatímco svahy orientované na sever zůstávají chladnější a mají i vyšší vlhkost. Množství tepla, které povrch svahu absorbuje, ovlivňuje teplotu a vlhkost vzduchu a tím i hořlavost na svahu nacházejících se paliv. Požáry vyskytující se v místě s palivem, které je sluncem více přehřáté, budou intenzivnější (Wildfires on slope, 2018); (Topographic Influences on Fire Behavior, 2015).

Také Majlingová (2014) ve své práci popisuje ovlivnění svahů orientací vůči světovým stranám. Uvádí, že na jihovýchodně, jihozápadně a jižně exponovaných svazích dochází vlivem příznivé teploty k ovlivnění dřevní skladby i půdního krytu, přičemž zde dominují suchomilné a slunné dřeviny. Nižší zakmenění, které je zde způsobováno kořenovou konkurencí, umožňuje zvýšení podílu brzy zasychajícího bylinného a travního krytu. Pro vznik a šíření lesního požáru jsou tyto podmínky velmi příhodné. Naproti tomu jsou svahy orientované na sever zpravidla méně osluněné, zadržují více vlhkosti, a tedy i paliva zde mají obvykle vyšší vlhkost. Vegetace je na severních svazích zelenější a její rychlost hoření je ve srovnání s jižně orientovanými stráněmi menší (Majlingová, 2014; Billings, 1951; Turesson, 1914; Platt, 1951; Bates, 1923; Shreve, 1922; Shreve, 1924; Gail, 1921).

### SEVERNÍ EXPOZICE

- Nejvyšší vlhkost paliva
- Nejnižší průměrná teplota
- Pozdější vytvrzování paliva
- Pozdější tání sněhu
- Zelenější vegetace
- Nejnižší rychlost šíření **s**



OBRÁZEK 14 VLIV ORIENTACE SVAHU NA PALIVO A ŠÍŘENÍ POŽÁRU

Zdroj: Vlastní, podle (Wildfires on slope, 2018); (Majlingová, 2014); (Topographic Influences on Fire Behavior, 2015)

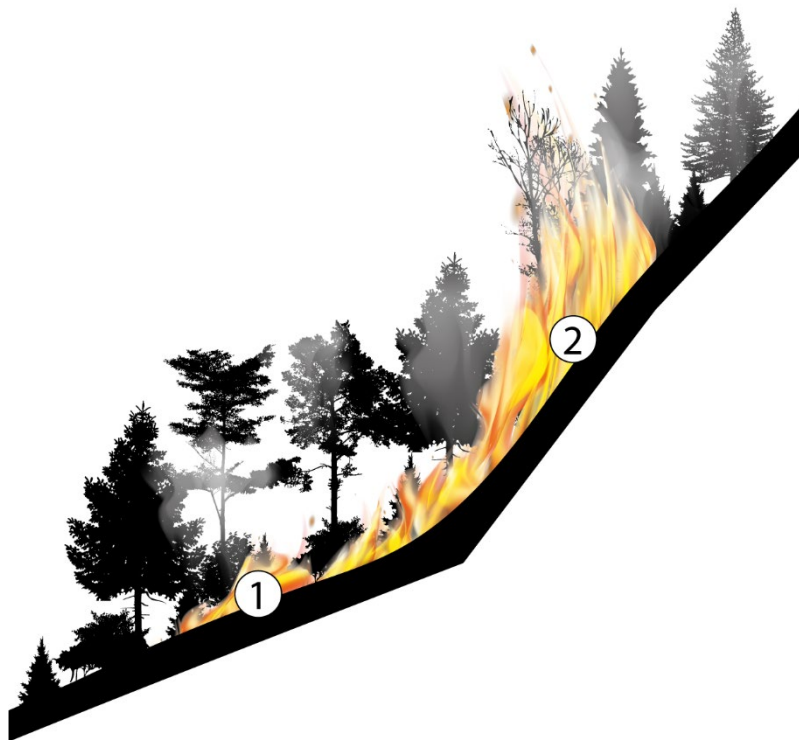
#### 2.6.4 TOPOGRAFICKÉ RYSY TERÉNU OVLIVŇUJÍCÍ LESNÍ POŽÁR

Průběh lesního požáru ve svahovitém terénu je ovlivňován také tvarem samotného svahu.

V případě **přímých**, lineárně stoupajících svahů, bude mít rychlost šíření ohně rovnoměrnější a předvídatelnější rychlost.



**Konkávni svahy** mají blíže k vrcholu zvětšený úhel sklonu, což může způsobit výrazné zvýšení intenzity ohně při jeho šíření směrem nahoru (Obrázek 15), (Wildfires on slope, 2018).

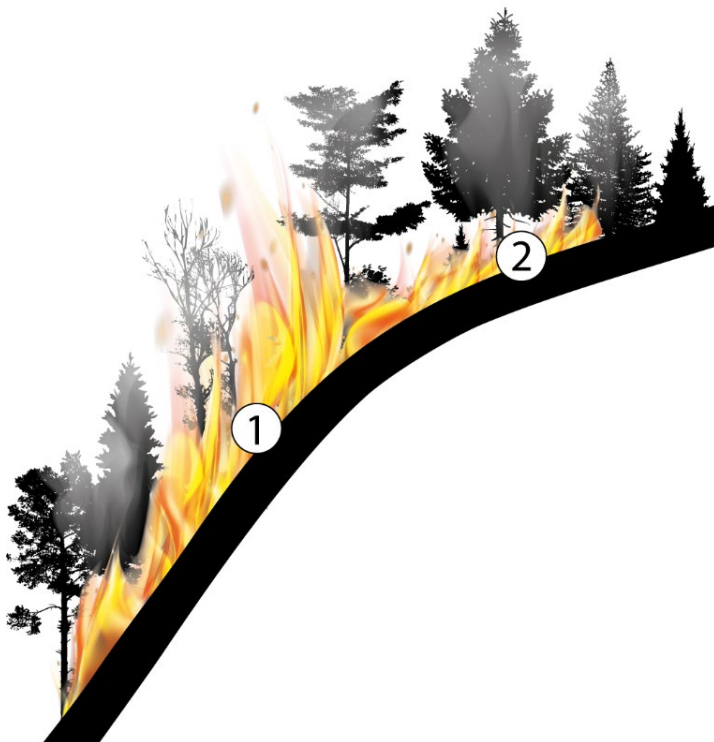


OBRÁZEK 15 ŠÍŘENÍ POŽÁRU PO KONKÁVNÍM SVAHU

*1 – menší sklon svahu, pomalejší šíření a nižší intenzita požáru, 2 – rostoucí sklon svahu, rychlejší šíření a zvyšující se intenzita požáru*

*Zdroj: vlastní podle Wildfires on slope (2018)*

**Konvexní svahy** mají ve srovnání s vrcholem strmější úhel ve spodní části, takže lze u konvexně zakřivených svahů předpokládat silnější požár v těchto příkřejších nižších polohách. Při postupu ohně nahoru se úhel sklonu svahu zmenšuje a sníží se i množství tepla přeneseného k nespálenému palivu (Obrázek 16), (Wildfires on slope, 2018).



OBRÁZEK 16 ŠÍŘENÍ POŽÁRU PO KOVEXNÍM SVAHU

1 – větší sklon svahu, rychlejší šíření a zvyšující se intenzita požáru

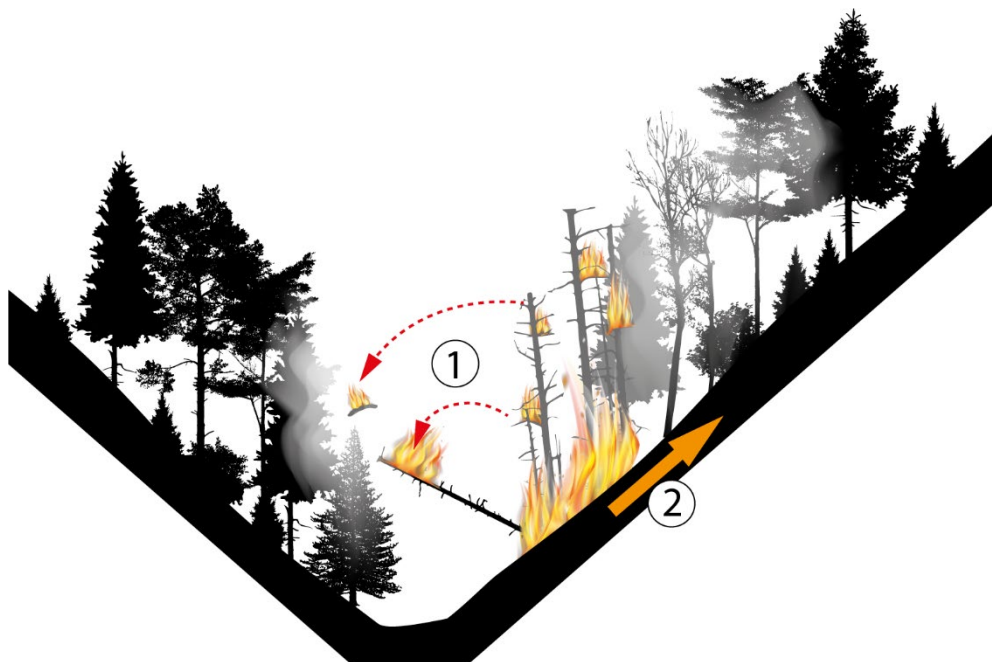
2 – blíže vrcholu menší sklon svahu, pomalejší šíření a nižší intenzita požáru

Zdroj: vlastní podle *Wildfires on slope* (2018)

**Hřebeny** vznikají na vrcholu mezi dvěma protilehlými svahy. Při dosažení hřebene, popř. i vrcholu svahu, změní požár své parametry a chování. Pokud není silný vítr, na hřebeni požár většinou sníží intenzitu a rychlost šíření. V okamžiku, kdy požár dosáhne hřebene, ztrácí se jeho zarovnění s podpurným svahem, kde ztrácí rychlost a sílu, a proto hřebeny představují velmi vhodné místo pro vytvoření požární proluky (Wildfires on slope, 2018).

**Sedla** vytvořená zakřivením mezi dvěma oblastmi zvýšeného terénu, mohou způsobit, že sedlem procházející vítr sílí a kolísá nebo mění směr, čímž ovlivňují postup požáru (Wildfires on slope, 2018).

Pokud se požár pohybuje po jedné straně **úzkého údolí nebo rokle** s velmi strmými stranami, může vyzařované teplo předehtřívát palivo na protilehlém svahu a následně může odletujícími jiskrami nebo zřícením hořícího stromu dojít k přenosu požáru na protější stranu (Obrázek 17), (Wildfires on slope, 2018).



OBRÁZEK 17 ŠÍŘENÍ POŽÁRU V ÚZKÉM ÚDOLÍ

1 – odletující části hořícího paliva přenáší požár na protilehlý svah údolí

2 – směr šíření hlavního požáru po svahu nahoru

Zdroj: vlastní podle *Wildfires on slope* (2018)

**Ostré zářezy** v krajině, často se strmými stranami, mohou působit jako trychtýř, ve kterém může vítr v určitých situacích koncentrovat svou sílu. To může opět výrazně zvýšit intenzitu ohně a rychlost šíření (Wildfires on slope, 2018). Úzká prudce stoupající údolí či drenážní svahy, mohou mít na chování požáru rovněž významný vliv, neboť mohou působit jako komín usměrňující proudění vzduchu a soustředit tak jeho sílu. Tato místa jsou při požáru kritická, protože umožňují požáru měnit směr a jeho rychlost postupu (Wildfires on slope, 2018). Tento fyzikální jev označujeme jako tzv. **komínový efekt** (Obrázek 18). Ve vertikálně orientovaných terénních reliéfech začne proudit vzduch směrem nahoru. Proudění vzniká vlivem rozdílné teploty, která způsobuje i diferenci objemové hustoty vzduchu na jednotlivých koncích vznikajícího „komínu“. Dole plameny ohřátý vzduch má nižší hustotu než studený vzduch v horním požárem nezasazeném úseku, a proto dochází ke stálému pohybu ohřátého vzduchu směrem nahoru (Sodomka, c2001-2020); (Wildfires on slope, 2018). Také Francl (2007) upozorňuje na možnost vzniku komínového efektu na příkrých svazích spolu s nebezpečím padajících kamenů.



OBRÁZEK 18 KOMÍNOVÝ EFEK PŘI LESNÍM POŽÁRU

*1 – směr proudění čerstvého vzduchu, 2 – směr šíření požáru,  
3 – odtah kouře, pásmo přípravy hoření*

*Zdroj: Vlastní*

### 3 METODICKÝ POSTUP

#### 3.1 VÝBĚR LOKALIT A POROSTŮ

Výběr lokalit a konkrétních porostů vychází ze zadání této práce. Předmětem analýzy jsou bukové porosty 5. lesního vegetačního stupně na svazích a porosty na bohatých stanovištích (5F a 5B).

Pro výběr porostů vhodných k realizaci měření byla definována tato kritéria:

- a) porost je řazen do 5. lesního vegetačního stupně,
- b) porosty odpovídají edafické kategorii F a B,
- b) zastoupení buku bude 65 % a více,
- c) minimální rozloha porostu je 0,5 ha.

Zvolené porostní skupiny budou dále rozděleny do věkových kategorií:

- |                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| a) 1. kategorie – nárost              | 0–5 let       |
| b) 2. kategorie – mlazina             | 6–20 let      |
| c) 3. kategorie – tyčkovina, tyčovina | 21–60 let     |
| d) 4. kategorie – kmenovina           | 61 a více let |

Bylo zrealizováno 30 měření v porostech na bohatých stanovištích v rovnoměrném zastoupení všech věkových kategorií. Stejný počet měření byl proveden i v porostech na svazích, celkem bylo tedy provedeno 60 měření.

Za vhodnou lokalitu s výskytem porostů s odpovídajícími parametry byla pro tuto práci zvolena oblast polesí Chvalčov, které je součástí lesní oblasti Hostýnsko-Vsetínská vrchovina a Javorníky, LHC 604503, úseku Hostýn. Vlastníkem zvoleného lesního majetku je společnost Arcibiskupské lesy a statky Olomouc s.r.o. (ALSOL), která zde rovněž zajišťuje lesnické hospodaření. S touto společností bylo vedeno jednání pro udělení souhlasu provádění terénního měření. Vlastníkem byla řešiteli práce poskytnuta hospodářská kniha a mapa porostů dotčených lokalit.

### 3.2 TERÉNNÍ MĚŘENÍ

Pomůcky k terénnímu měření:

- rám k vytýčení zkusné plochy,
- rýč, lopatka,
- sekyra,
- nádoba či vak pro uložení materiálu k jeho vážení,
- závěsná váha,
- uzavíratelné sáčky,
- formuláře a popisovací štítky, číselník,
- GPS lokalizátor.

Vlastní měření v terénu lze rozdělit do pěti fází:

#### *1. Vyhledání porostu*

Ve zvolené lokalitě byl podle porostní mapy vyhledán určený porost.

#### *2. Zvolení místa zkusné plochy*

V identifikovaném porostu bylo nutné lokalizovat vhodné místo pro založení zkusné plochy. Lokalizace konkrétní zkusné plochy musela odpovídat požadovaným parametrům:

- a) místo pro zkusnou plochu muselo svým charakterem a povrchovým pokryvem korespondovat s charakterem celé porostní skupiny,
- b) zkusná plocha byla založena nejméně 15 m od okraje porostní skupiny. Tato minimální vzdálenost byla dodržována i ve vztahu k sousedícím porostním skupinám, k lesním cestám, technologickým linkám, průsekům apod.,
- c) s ohledem na terén byla pro zkusnou plochu nevhodná místa pod svahem, pod výraznější terénní nerovností či na jejím vrcholu. Nevhodné bylo zakládat zkusnou plochu také v prohlubních, ve svazích, kde byla místa lokálně narušená erozí či přívalovými dešti. Rovněž byla vynechána místa viditelně ovlivněná jakoukoliv nepřirozenou činností, např. lesní technikou apod.,

d) pokud to v daném porostu nebylo nutné, vhodné bylo se vyhnout silně prokořeněným místům, která zvyšovala náročnost odkopání humusové vrstvy.

### 3. Založení zkusné plochy

a) Vlastní zkusná plocha byla založena pomocí čtvercového rámu s rozměry 1 x 1 m. Tento rám nám sloužil jako pevná šablona zajišťující rychlé vytýčení požadované výměry zkusné plochy 1 m<sup>2</sup> a zároveň zajišťoval její jasné ohraničení a dodržení během vlastního provádění měření. Zejména v případě svahovitých terénů bylo vhodné rám v jeho rozích ukotvit kotevními kolíky k podkladu a tím zamezit jeho nežádoucímu posunutí v průběhu měření.

b) V dalším kroku byl prostor kolem zkusné plochy zbaven veškeré pozemní biomasy.

c) Pokud větší kusy materiálu (např. delší větve), protínaly hranici zkusné plochy, byly rozděleny tak, aby odpovídající část zasahující do zkusné plochy byla součástí měření a část ležící vně měřena nebyla.

d) Připravená plocha byla označena přiděleným číslem a byl pořízen její fotografický záznam.

### 4. Popis zkusné plochy

K záznamu popisu zkusné plochy byl použit připravený terénní formulář. Do něj byly uvedeny údaje potřebné k identifikaci plochy (označení porostu, lesní typ, věk porostu, souřadnice GPS, číslo zkusné plochy) a byl proveden stručný slovní popis místa, zejména pokud bylo v některém ohledu specifické.

### 5. Kvantifikace pozemního paliva

Předmětem kvantifikace byly veškeré složky biomasy zjištěné na zkusné ploše, tvořící soubor zásoby pozemního paliva. Na základě zadání materiál tvořící pozemní palivo rozdělujeme do 4 skupin:

a) Bylinný materiál – pokud se na ploše vyskytoval bylinný materiál, tento byl odebrán ke zjištění hmotnosti. Navíc zde byla zaznamenána jeho mocnost (výška). Mezi bylinný materiál byly zahrnuty veškeré

v místě rostoucí byliny, trávy, mechy, ale i náletové semenáčky dřevin přirozeného zmlazení lesa.

b) Drobné dřevo – tato skupina zahrnovala veškerý dřevěný materiál, větve, větvičky, ale i šišky či větší kusy kůry apod.

c) Hrabanka – představovala opad asimilačních orgánů dřevin, drobnější úlomky kůry, plody a odumřelé částí podrostu. Vrstva hrabanky byla před kvantifikací zbavena větších dřevěných částí, větví a větviček, které byly hodnoceny jako samostatná skupina „drobné dřevo“.

d) Humus – do této skupiny byl zahrnut materiál obsažený v půdní vrstvě „A – humusový horizont“, až na hranici vrstvy B – horizontu. Vzhledem k předpokladu jeho vyšší hmotnosti a pracnosti odkopání, byl tento odebírán pouze z  $\frac{1}{4}$  plochy zkusné plochy. Odkopaný materiál byl zvážen a naměřená hodnota vynásobena 4x, čímž jsme získali výslednou hmotnost materiálu pro celou zkusnou plochu.

Ze zkusné plochy byly postupně sesbírány jednotlivé výše specifikované materiálové skupiny, každá byla zvlášť zvážena a zjištěné váhové údaje byly zaznamenány do terénního formuláře. Z každé této skupiny byl odebrán vzorek, který byl řádně označen pro jeho následnou identifikaci. Takto odebrané a označené vzorky byly uchovány v uzavřených neprodyšných obalech, v tzv. ZIP sáčkách, na temném chladném místě (v lednici), aby nedocházelo k jejich vysychání, a tedy k nežádoucímu zkreslování skutečných hodnot vlhkosti. Cílem proto bylo vzorky skladovat co nejkratší dobu, zpracovat a podrobit je laboratornímu měření v co nejkratším čase od jejich sběru.

Fotografie terénního měření jsou v příloze této práce.



### 3.3 LABORATORNÍ MĚŘENÍ

Pomůcky pro laboratorní měření:

- analyzátor vlhkosti,
- Petriho misky,
- pinzeta.

V terénu odebrané vzorky byly vyhodnoceny pomocí analyzátoru vlhkosti (typ přístroje Axis ATS). Přístroj vyhodnocuje vlhkost vzorku pomocí termogravimetrické metody, tedy měřením úbytku hmotnosti během jeho sušení. Hodnoty vlhkosti všech vzorků byly zaznamenávány do databáze vytvořené v aplikaci Microsoft Excel, a na jejich základě byla dopočítána hmotnost sušiny pro každou složku paliva na všech zkusných plochách, a to pomocí jednoduchého vztahu:

$$m_s = m_c - (m_c \times (v_v/100))$$

$m_s$  – hmotnost sušiny složky paliva ze zkusné plochy [kg],  
dopočítáno na základě všech měření

$m_c$  – celková hmotnost složky paliva ze zkusné plochy [kg],  
zjištěno vážením v terénu

$v_v$  – vlhkost vzorku [%], zjištěno pomocí analyzátoru vlhkosti

### 3.4 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Získané údaje o hmotnosti sušiny jednotlivých složek pozemních zásob paliva byly statisticky vyhodnoceny programem Statistica 12.0.

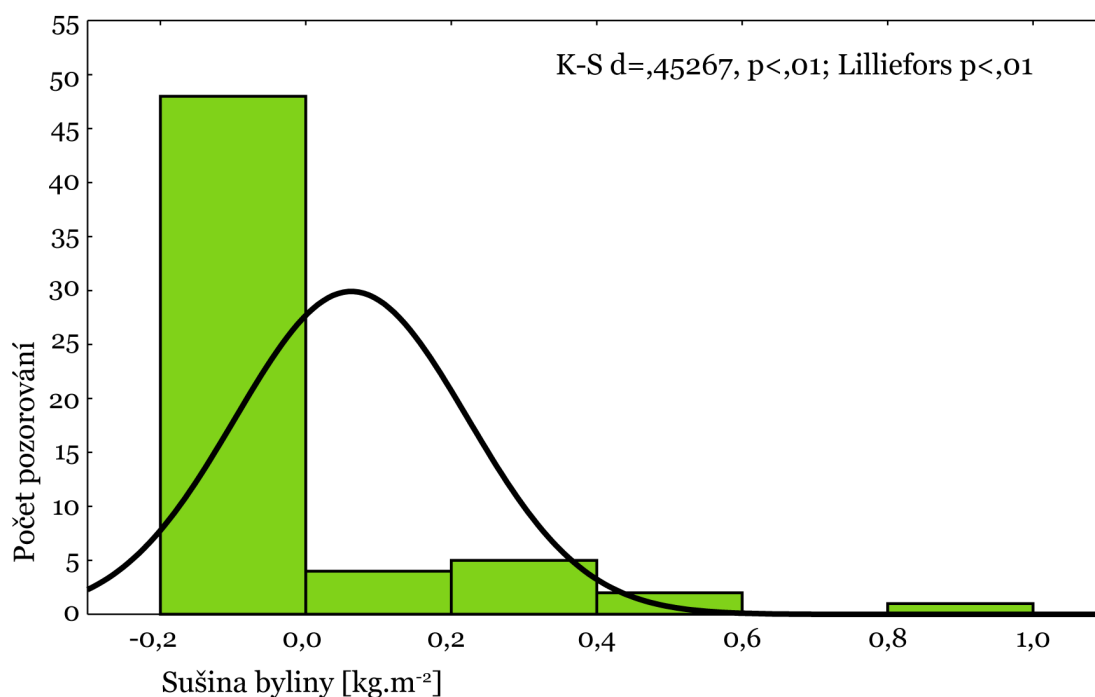
Pro výběr vhodných statistických metod byla v prvním kroku data prověřena testem normálního rozdělení. Použit byl Lillieforsův test normality. Na základě jeho výsledků byly pro samotné vyhodnocení naměřených dat zvoleny neparametrické statistické metody. K porovnání palivových skupin v jednotlivých věkových kategoriích porostů byl použit Kruskal-Wallisův test. Data pro srovnání pozemních paliv mezi bohatými a svahovými stanovišti byla zpracována a vyhodnocena pomocí Mann-Whitneyho testu.

Výstupy statistických testů byly následně graficky zpracovány a popsány ve výsledcích této práce.

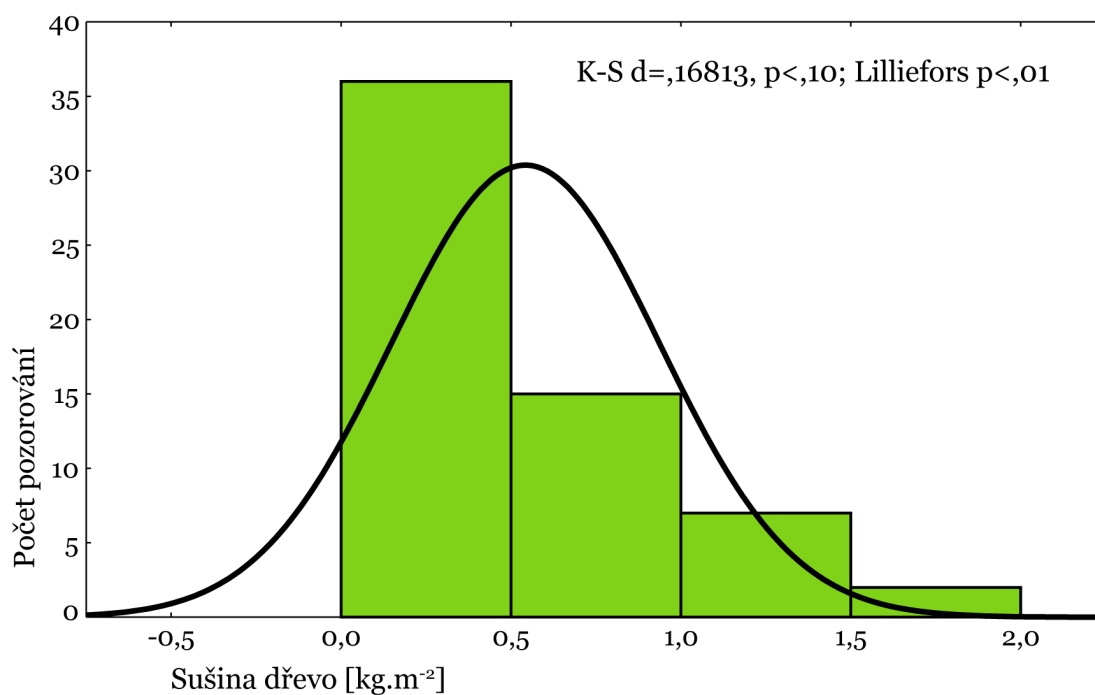
## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 VYHODNOCENÍ TESTU NORMALITY

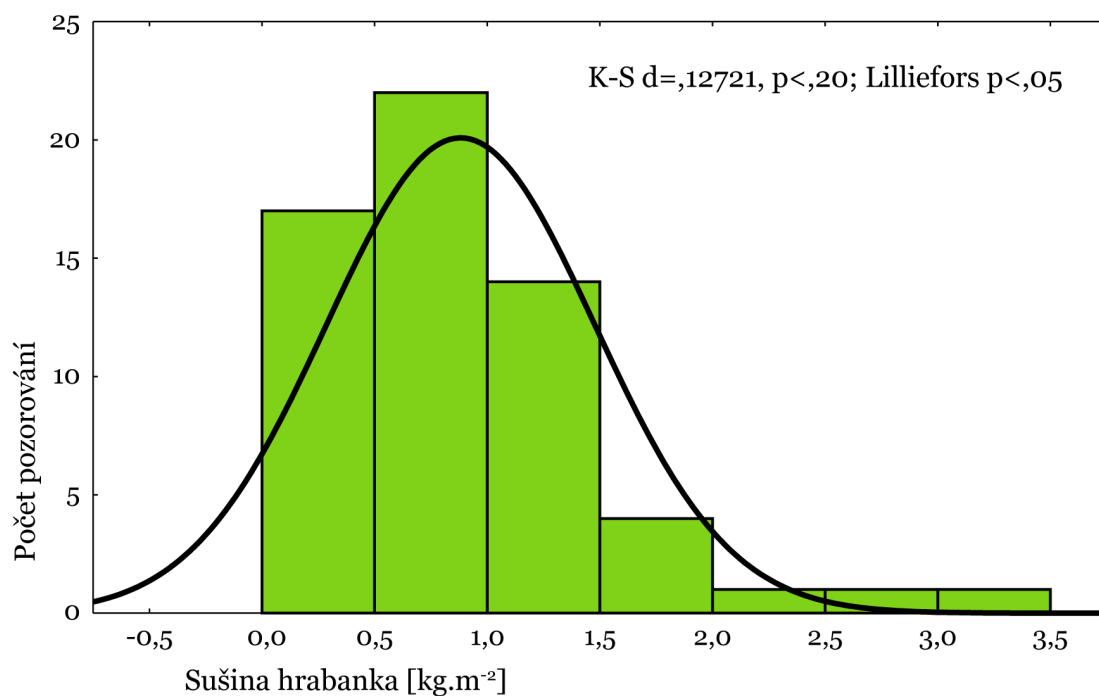
Lillieforsovým testem normality bylo prověřeno, zda lze rozdělení získaných dat měření považovat za normální. Výsledky testu byly graficky znázorněny pomocí histogramů (Graf č.1–4).



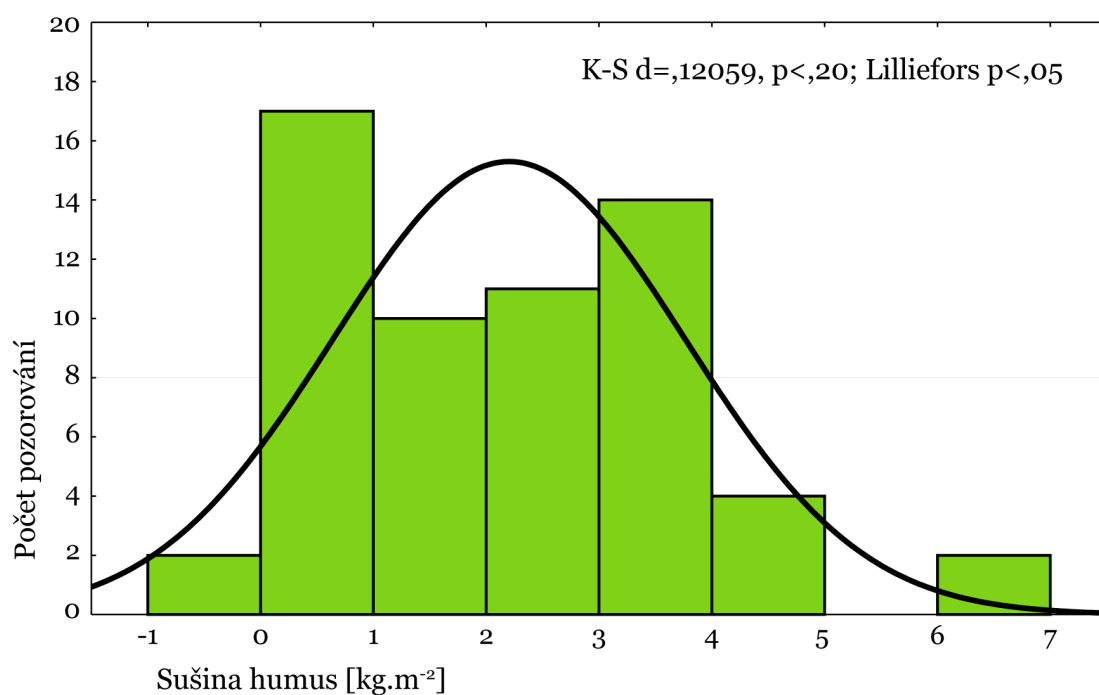
GRAF 1 HISTOGRAM LILLIEFORSOVA TESTU NORMALITY PRO SUŠINU BYLIN



GRAF 2 HISTOGRAM LILLIEFOSOVA TESTU NORMALITY PRO SUŠINU DŘEVA



GRAF 3 HISTOGRAM LILLIEFORSOVA TESTU NORMALITY PRO SUŠINU HRABANKY



GRAF 4 HISTOGRAM LILLIEFRSOVA TESTU NORMALITY PRO SUŠINU HUMUSU

Po zhodnocení grafického znázornění výsledků Lillieforsova testu lze konstatovat, že ve výsledcích měření všech 4 studovaných skupin paliva je  $p < ,01$ , resp.  $p < ,05$  a proto **se normalita dat zamítá** a pro další statistická testování je tedy nutné použít neparametrické statistické metody.

## 4.2 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ NA BOHATÝCH STANOVIŠTÍCH

TABULKA 7 POPISNÉ STATISTIKY HMOTNOSTÍ SUŠINY PALIV PODLE VĚKOVÝCH KATEGORIÍ NA BOHATÝCH STANOVIŠTÍCH

Hmotnost sušiny na bohatých stanovištích						
Věková kategorie	Skupina paliv	Počet měření	Průměrná hodnota	Minimální hodnota	Maximální hodnota	Směrodatná odchylka
		[N]	[kg.m <sup>-2</sup> ]	[kg.m <sup>-2</sup> ]	[kg.m <sup>-2</sup> ]	[kg]
1. nárost	byliny	6	0,326667	0,047000	0,871000	0,300417
	dřevo	6	0,212000	0,100000	0,385000	0,104883
	hrabanka	6	0,292000	0,096000	0,506000	0,139525
	humus	6	0,748833	0,180000	1,440000	0,568730
2. mlazina	byliny	8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	dřevo	8	0,734750	0,075000	1,794000	0,756615
	hrabanka	8	0,850000	0,429000	1,200000	0,240406
	humus	8	1,512625	0,000000	3,904000	1,496854
3. tyčovina	byliny	4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	dřevo	4	0,496250	0,128000	0,774000	0,273065
	hrabanka	4	0,764000	0,363000	0,920000	0,269032
	humus	4	2,813500	0,816000	4,424000	1,527858
4. kmenovina	byliny	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	dřevo	12	0,817125	0,337700	1,311000	0,325402
	hrabanka	12	1,025433	0,276000	3,248000	0,850256
	humus	12	2,827825	1,314600	4,504600	1,198407

Po vyhodnocení popisné statistiky hmotností sušiny jednotlivých skupin paliv rozdělených podle věkových kategorií porostů na bohatých stanovištích (Tabulka 7) je zřejmý nejvyšší hmotnostní průměr sušiny u vrstvy humusu. Za vrstvou humusu následuje hrabanka a po ní segmenty drobného dřeva. Bylinné patro nebylo v kategorii mlazin, tyčovin a kmenovin zjištěno. Výjimkou je kategorie nárostu, kde hmotnost sušiny bylinného patra dosahovala za humusovou vrstvou druhých nejvyšších hodnot, a sice 0,326667 kg . m<sup>-2</sup>, což v přepočtu představuje hmotnost 3266,67 kg . ha<sup>-1</sup>. Průměrná hmotnost sušiny drobného dřeva byla nejvyšší v případě 4.věkové

kategorie (kmenoviny), kde dosáhla hodnoty  $0,817125 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , resp.  $8171,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Následuje hmotnost  $0,73475 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy  $7347,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  v kategorii mlazin, a dále pak  $0,49625 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy  $4962,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  ve 3. věkové kategorii (tyčovina). Nejmenší zjištěná průměrná hmotnost drobného dřeva byla v 1. věkové kategorii (nárost), kde dosahovala pouze  $0,212 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy  $2120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nejvyšší maximum drobného dřeva bylo změřeno v mlazině, kde byla naměřena hodnota  $1,794 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Nejvyšší směrodatná odchylka  $0,756615 \text{ kg}$  je v mlazině.

Nejvyšší průměrná hmotnost hrabanky byla zjištěna opět v nejstarší věkové kategorii, tedy v kmenovině, s hodnotou  $1,025433 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , což představuje  $10254,33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Druhá nejvyšší hodnota  $0,85 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , v přepočtu  $8500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , byla zaznamenána u mlaziny, kterou následuje tyčovina s hodnotou  $0,764 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , resp.  $7640 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nejnižší průměrná hmotnost hrabanky byla naměřena v nárostu  $0,292 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy  $2920 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Maximální hodnoty hrabanky se pohybovaly v rozmezí  $0,506$  až  $3,248 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  a minimální hodnoty od  $0,096000$  v nárostu do  $0,429 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  v mlazině. Výrazně nejvyšší směrodatné odchylky bylo dosaženo u kmenoviny, kde její hodnota činí  $0,850256 \text{ kg}$ .

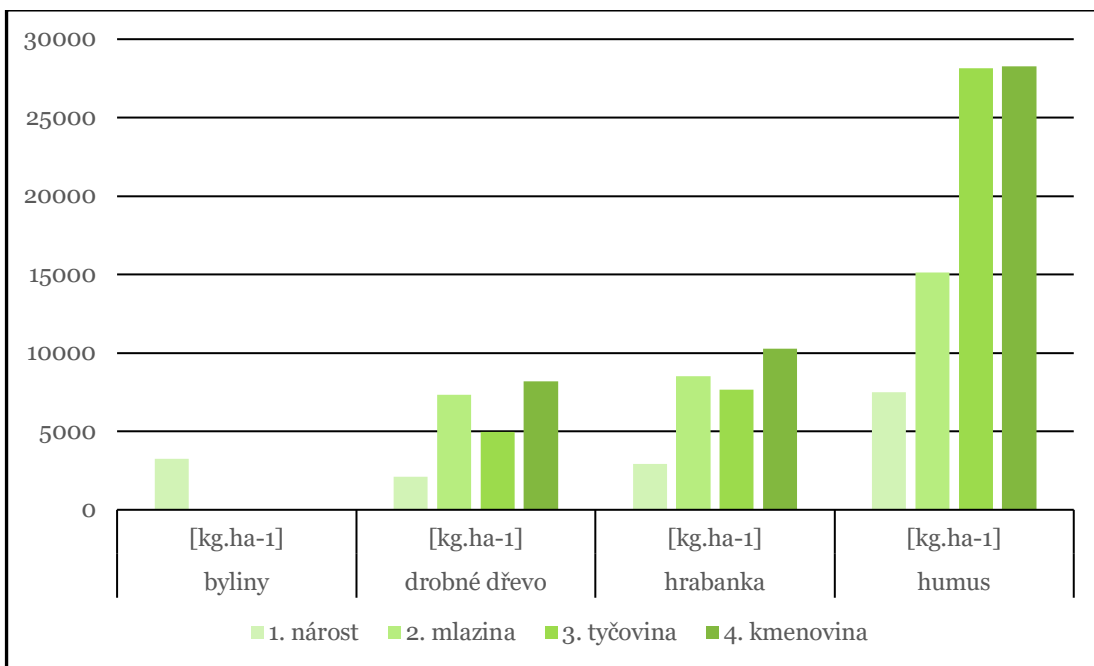
Obecně nejmocnější vrstvou byl humus s maximální hodnotou  $4,504600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  v kmenovině, kde byla nejvyšší i jeho průměrná hmotnost  $2,827825 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy  $28278,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Takřka stejné hodnoty humusová vrstva dosáhla u 3. věkové kategorie, kde její průměrná hmotnost činila  $2,813500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , což je  $28135 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nejvyšší směrodatnou odchylku v případě této palivové skupiny pozorujeme ve 3. věkové kategorii  $1,527858 \text{ kg}$ .

Průměrné hmotnosti sušin všech palivových skupin v jednotkách  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  jsou pro jednotlivé věkové kategorie uvedeny v tabulce č. 8.

TABULKA 8 PRŮMĚRNÁ HMTNOST SUŠINY PALIVA NA BOHATÝCH STANOVIŠTÍCH

Průměrná hmotnost sušiny na bohatých stanovištích				
Věková kategorie	byliny	drobné dřevo	hrabanka	humus
	[kg.ha <sup>-1</sup> ]	[kg.ha <sup>-1</sup> ]	[kg.ha <sup>-1</sup> ]	[kg.ha <sup>-1</sup> ]
1. nárost	3266,67	2120,00	2920,00	7488,33
2. mlazina	0,00	7347,50	8500,00	15126,25
3. tyčovina	0,00	4962,50	7640,00	28135,00
4. kmenovina	0,00	8171,25	10254,33	28278,25

Graf č. 5 graficky znázorňuje trendy hmotností v kg . ha<sup>-1</sup> sušiny jednotlivých palivových skupin v závislosti na věkové kategorii porostu. Je zde velmi dobře patrná hodnota humusu, která svou hmotností převyšuje ostatní skupiny paliv, a to ve všech věkových kategoriích.



GRAF 5 PRŮMĚRNÁ HMTNOST SUŠINY PALIVA NA BOHATÝCH STANOVIŠTÍCH

### 4.3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ NA SVAHOVÝCH STANOVIŠTÍCH

TABULKA 9 POPISNÉ STATISTIKY HMOTNOSTÍ SUŠINY PALIV PODLE VĚKOVÝCH KATEGORIÍ NA SVAHOVÝCH STANOVIŠTÍCH

Hmotnost sušiny na svahových stanovištích						
Věková kategorie	Skupina paliv	Počet měření	Průměrná hodnota	Minimální hodnota	Maximální hodnota	Směrodatná odchylka
		[N]	[kg.m <sup>-2</sup> ]	[kg.m <sup>-2</sup> ]	[kg.m <sup>-2</sup> ]	[kg]
1. nárost	byliny	6	0,301500	0,128000	0,560000	0,148846
	dřevo	6	0,168333	0,100000	0,294000	0,070986
	hrabanka	6	0,227667	0,088000	0,374000	0,113994
	humus	6	1,111500	0,000000	2,232000	0,831678
2. mlazina	byliny	4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	dřevo	4	0,448250	0,240000	0,624000	0,203116
	hrabanka	4	1,144250	0,756000	1,880000	0,504495
	humus	4	2,585000	0,584000	3,572000	1,359664
3. tyčovina	byliny	8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	dřevo	8	0,447250	0,244000	0,576000	0,098768
	hrabanka	8	1,024750	0,544000	1,584000	0,339811
	humus	8	1,665500	0,540000	3,400000	1,128338
4. kmenovina	byliny	12	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
	dřevo	12	0,602758	0,395000	1,123200	0,239663
	hrabanka	12	1,236583	0,583000	2,688000	0,581464
	humus	12	3,338000	0,101400	6,360000	1,864252

Popisné statistiky hmotností sušiny palivových skupin podle věkových kategorií porostů na svahových stanovištích (Tabulka 9), nám ukazují obdobné výsledky jako u popisných statistik pro bohatá stanoviště. Také v tomto případě nejvyšších hodnot dosahuje vrstva humusu, následovaná hrabankou a drobným dřevem. Shodné zjištění je také v případě bylinného patra, které se opět vyskytovalo pouze v 1. věkové kategorii, tedy v nárostu s průměrnou hodnotou 0,3015 kg . m<sup>-2</sup>. Maximální naměřená hodnota bylin dosáhla 0,56 kg . m<sup>-2</sup> a minimální 0,128 kg . m<sup>-2</sup>.

Hmotnost sušiny drobného dřeva dosáhla nejvyšší průměrné hodnoty  $0,602758 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy  $6027,58 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  ve 4. věkové kategorii. Ve 2. a ve 3. věkové kategorii se průměrná hmotnost sušiny drobného dřeva téměř shodují a nejmenší průměrná hmotnost byla zaznamenána v nárstu, kde činila  $0,168333 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , v přepočtu  $1683,33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nejvyšší maximální hodnota činí  $1,123200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  v kmenovině. Nejvyšší hodnotu směrodatné odchylky vidíme v kategorii kmenoviny  $0,239663 \text{ kg}$ , a naopak nejnižší v nárstu  $0,070986 \text{ kg}$ .

Sušina hrabanky dosáhla nejvyšší průměrné hmotnosti  $1,236583 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy v přepočtu  $12365,83 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Tato hodnota je následována podobně vysokou hmotností  $1,144250 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , resp.  $11442,50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  zjištěné v mlazině a délce průměrnou hmotností sušiny v tyčovině  $1,024750 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy  $10247,50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Výrazně nejnižší průměrnou hmotnost sušiny hrabanky můžeme pozorovat v nárstu, kde dosáhla pouze  $0,227667 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , což znamená  $2276,67 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Maximální hodnoty hrabanky se pohybovaly od  $2,688 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  do  $0,374 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Nejvyšší směrodatná odchylka  $0,581464 \text{ kg}$  je v kategorii kmenoviny.

Hodnota  $3,338 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  je nejvyšší průměrnou hmotností sušiny humusu, kterou vidíme ve 4. věkové kategorii, tedy v kmenovině. V přepočtu hodnota činí  $33380 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . V mlazině byla zjištěna průměrná hmotnost  $2,585 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , resp.  $25850 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a v tyčovině  $1,6655 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , tedy  $16655 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Průměrná hmotnost sušiny humusu  $1,1115 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , což je  $11115 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , představuje nejnižší hodnotu zjištěnou v kategorii nárstu. Maximální hodnota se pohybovala v rozpětí od  $2,232 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  v nárstu do  $6,36 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  v kmenovině a minimální hodnotu potom můžeme vidět v nárstu, kde humusová vrstva dokonce schází. Hodnota nejvyšší směrodatné odchylky je ve 4. věkové kategorii  $1,864252 \text{ kg}$ .

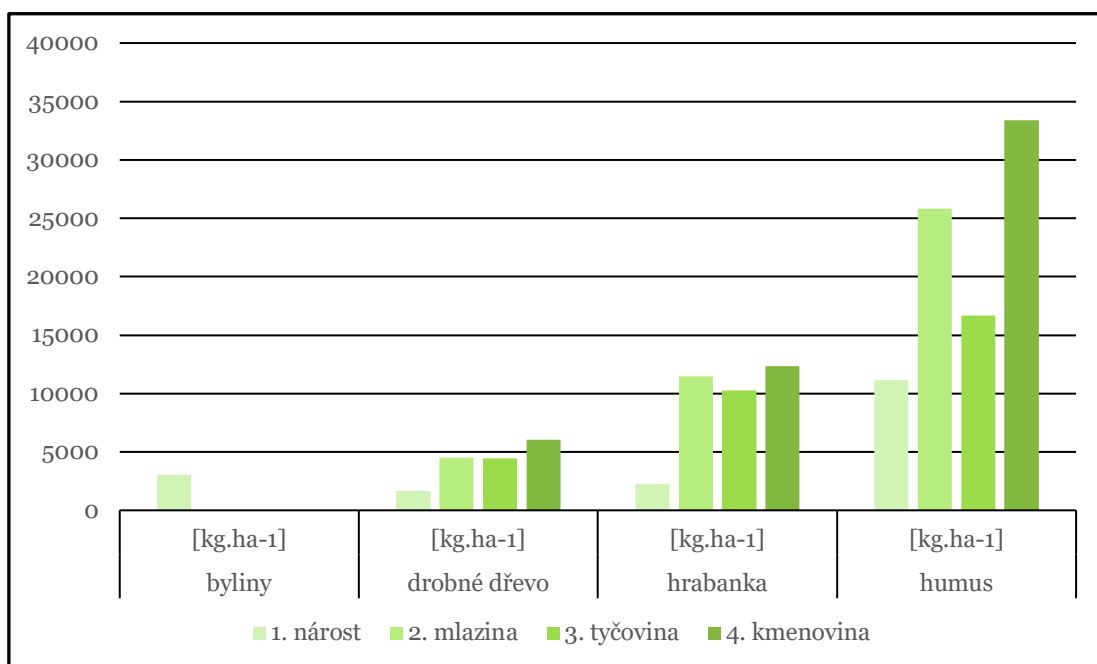
Přehled průměrných hodnot sušiny paliv přepočítaných na  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , je uvedený v tabulce č. 10.



TABULKA 10 PRŮMĚRNÁ HMOTNOST SUŠINY PALIVA NA SVAHOVÝCH STANOVIŠTÍCH

Průměrná hmotnost sušiny na svahových stanovištích				
Věková kategorie	byliny	drobné dřevo	hrabanka	humus
	[kg.ha <sup>-1</sup> ]	[kg.ha <sup>-1</sup> ]	[kg.ha <sup>-1</sup> ]	[kg.ha <sup>-1</sup> ]
1. nárost	3015,00	1683,33	2276,67	11115,00
2. mlazina	0,00	4482,50	11442,50	25850,00
3. tyčovina	0,00	4472,50	10247,50	16655,00
4. kmenovina	0,00	6027,58	12365,83	33380,00

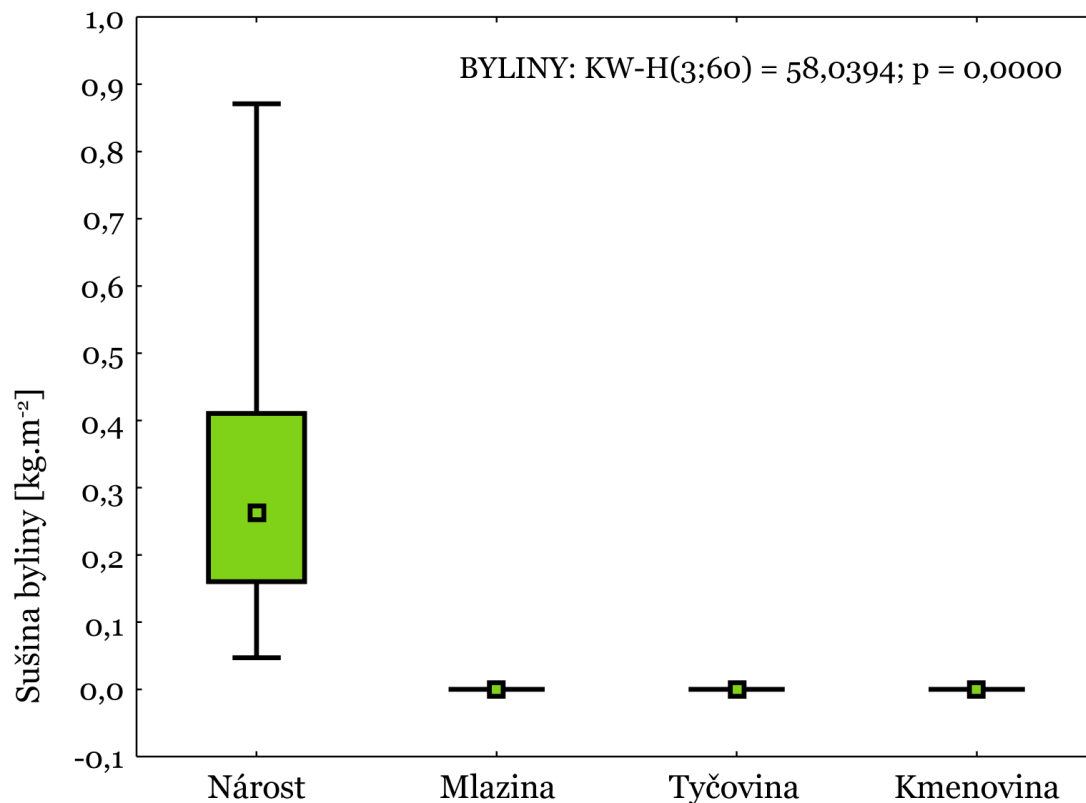
Vývoj průměrné hmotnosti sušiny jednotlivých palivových složek v závislosti na věkové kategorii porostu je vyjádřen v grafu č. 6. Také zde, ve svahových porostech, stejně jako u porostů na bohatých stanovištích, humusová vrstva svojí hmotností převyšuje ostatní palivové složky ve všech věkových kategoriích.



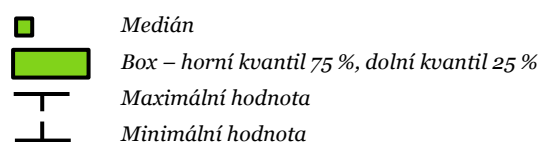
GRAF 6 PRŮMĚRNÁ HMOTNOST SUŠINY PALIVA NA SVAHOVÝCH STANOVIŠTÍCH

## 4.4 VYHODNOCENÍ STRUKTURY POZEMNÍHO PALIVA PODLE VĚKOVÝCH KATEGORIÍ POROSTŮ

### 4.4.1 BYLINNÝ MATERIÁL



GRAF 7 HMOTNOST SUŠINY BYLIN PODLE VĚKOVÝCH KATEGORIÍ

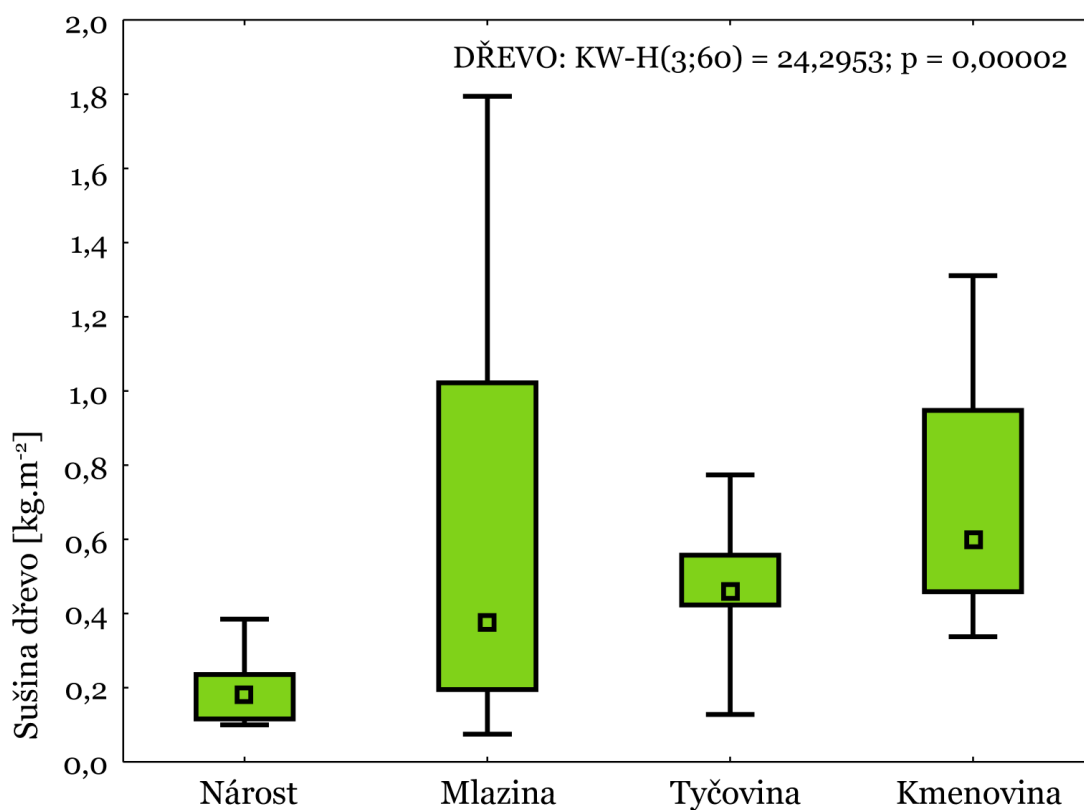


TABULKA 11 POROVNÁNÍ HMOTNOSTI SUŠINY BYLIN POMOCÍ KRUSKAL – WALLISOVA TESTU

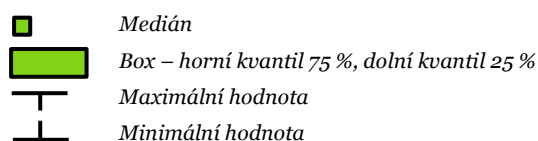
sušina BYLINY	Kruskal – Wallisův test: H (3, N = 60) = 58,03939 p=,000			
	1. nárost	2. mlazina	3. tyčovina	4. kmenovina
	R:54,500	R:24,500	R:24,500	R:24,500
1. nárost		0,000155	0,000155	0,000007
2. mlazina	0,000155		1,0	1,0
3. tyčovina	0,000155	1,0		1,0
4. kmenovina	0,000007	1,0	1,0	

Celkový výsledek Kruskal – Wallisova testu porovnávající hmotnosti sušiny bylinného patra v jednotlivých věkových kategoriích je hodnota  $H(3, N = 60) = 58,0394$  a hodnota  $p = 0,0$ . Tento výsledek ukazuje statisticky významnou rozdílnost mezi věkovými kategoriemi (Graf 7). Toto grafické znázornění ukazuje na nepřítomnost bylinného patra v porostech 2., 3. a 4. věkové kategorie. Bylo zjištěno, že mezi nárstem a ostatními věkovými kategoriemi je statisticky signifikantní rozdíl (Tabulka 11). V nárstu je maximální hodnota hmotnosti sušiny bylin  $0,871 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  a minimální  $0,047 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ .

#### 4.4.2 DROBNÉ DŘEVO



GRAF 8 HMOTNOST SUŠINY DŘEVA PODLE VĚKOVÝCH KATEGORIÍ

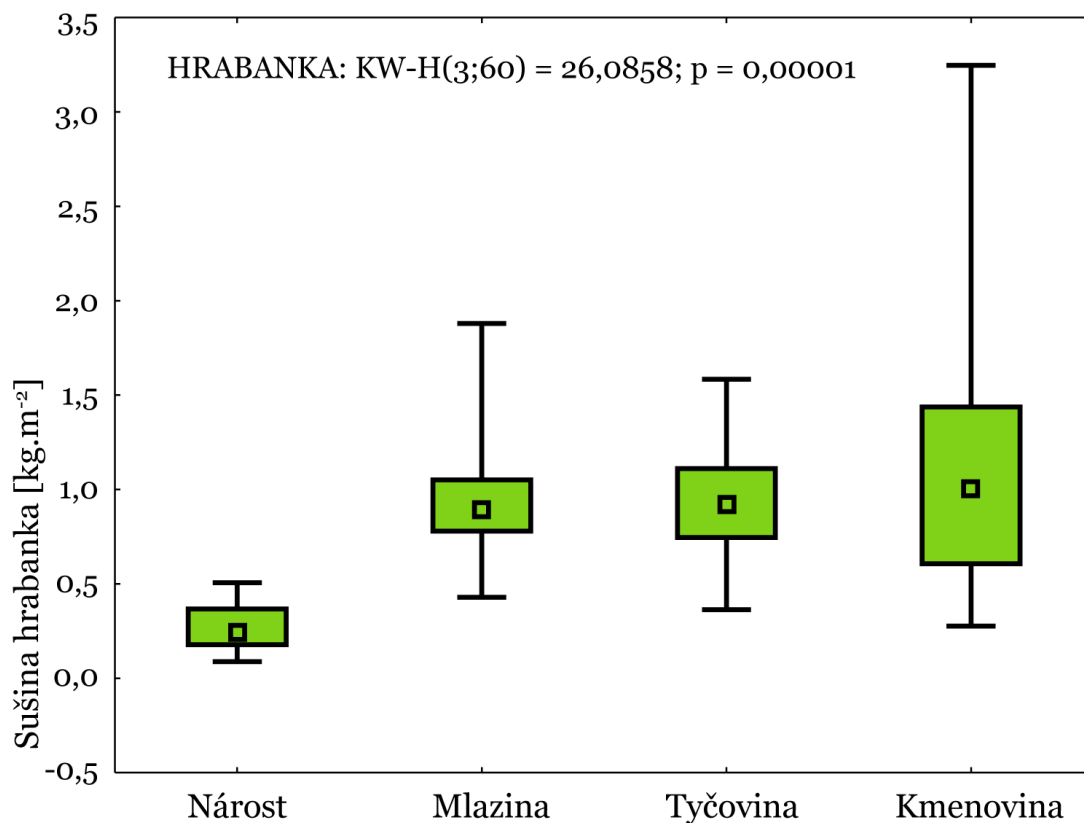


TABULKA 12 POROVNÁNÍ HMOTNOSTI SUŠINY DŘEVA POMOCÍ KRUSKAL – WALLISOVA TESTU

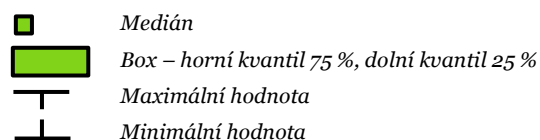
sušina DŘEVO	Kruskal – Wallisův test: $H(3, N = 60) = 24,29527$ $p = 0,00002$			
	1. nárost	2. mlazina	3. tyčovina	4. kmenovina
	R:10,583	R:29,458	R:30,500	R:40,979
1. nárost		0,048674	0,031289	0,000005
2. mlazina	0,048674		1,0	0,372366
3. tyčovina	0,031289	1,0		0,538003
4. kmenovina	0,000005	0,372366	0,538003	

Výsledek Kruskal – Wallisova testu porovnávající hmotnosti sušiny dřeva je hodnota  $H(3, N = 60) = 24,29527$  a hodnot  $p = 0,00002$ , a jde tedy o statisticky signifikantní rozdíl mezi věkovými kategoriemi (Graf 8). Z grafu č. 8 je patrná zvyšující se hodnota mediánu spolu s věkem porostů. Nejvyšší rozdíl mezi maximem a minimem je u kategorie mlazin, kde maximální hmotnost sušiny drobného dřeva byla  $1,794 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  a minimální hmotnost  $0,075 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Statisticky významný rozdíl byl prokázán u 1. věkové kategorie nárostu s kategorií 2., 3. i 4 (Tabulka 12).

#### 4.4.3 HRABANKA



GRAF 9 HMOTNOST SUŠINY HRABANKY PODLE VĚKOVÝCH KATEGORIÍ

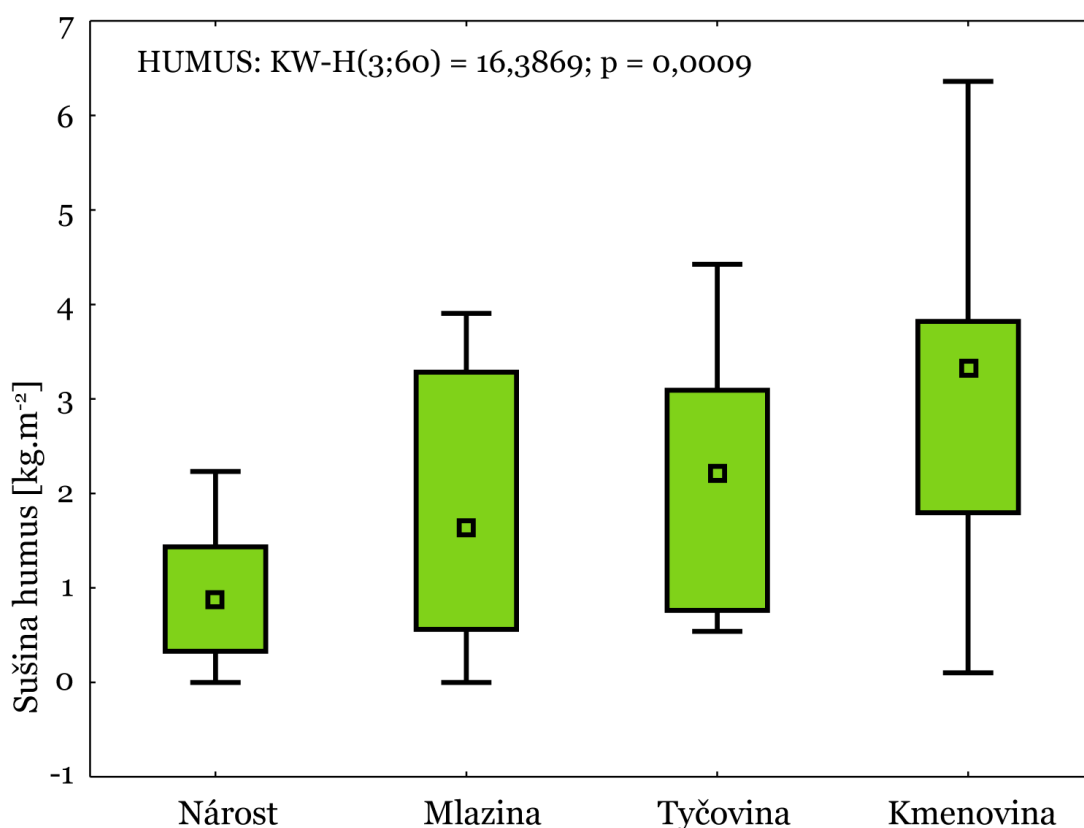


TABULKA 13 POROVNÁNÍ HMOTNOSTI SUŠINY HRABANKY POMOCÍ KRUSKAL – WALLISOVA TESTU

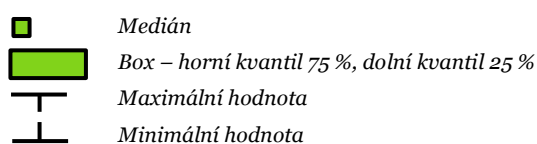
sušina HRABANKA	Kruskal – Wallisův test: H (3, N = 60) = 26,08580 p=,000			
	1. nárůst	2. mlazina	3. tyčovina	4. kmenovina
	R:7,5417	R:34,917	R:35,583	R:37,229
1. nárůst		0,000740	0,000503	0,000009
2. mlazina	0,000740		1,0	1,0
3. tyčovina	0,000503	1,0		1,0
4. kmenovina	0,000009	1,0	1,0	

V testu porovnávajícím hmotnost sušiny hrabanky je celkovým výsledkem hodnota  $H(3, N = 60) = 2,0858$  a hodnota  $p = 0,00001$  a rozdíl mezi věkovými kategoriemi lze tedy hodnotit jako statisticky významný (Graf 9). Z grafického znázornění je patrná nižší hodnota mediánu u nárostu, zatímco ostatní kategorie – mlazina, tyčovina i kmenovina, mají hodnotu mediánu vůči nárostu vyšší. Mezi sebou pak mlazina, tyčovina a kmenovina mají medián téměř vyrovnaný. U kmenoviny byl zaznamenán největší rozdíl mezi minimem a maximem, přičemž minimální hodnota je  $0,276 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  a maximální  $3,248 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Statisticky signifikantní rozdíl byl zjištěn opět u 1. věkové kategorie s ostatními kategoriemi (Tabulka 13).

#### 4.4.4 HUMUS



GRAF 10 HMOTNOST SUŠINY HUMUSU PODLE VĚKOVÝCH KATEGORIÍ



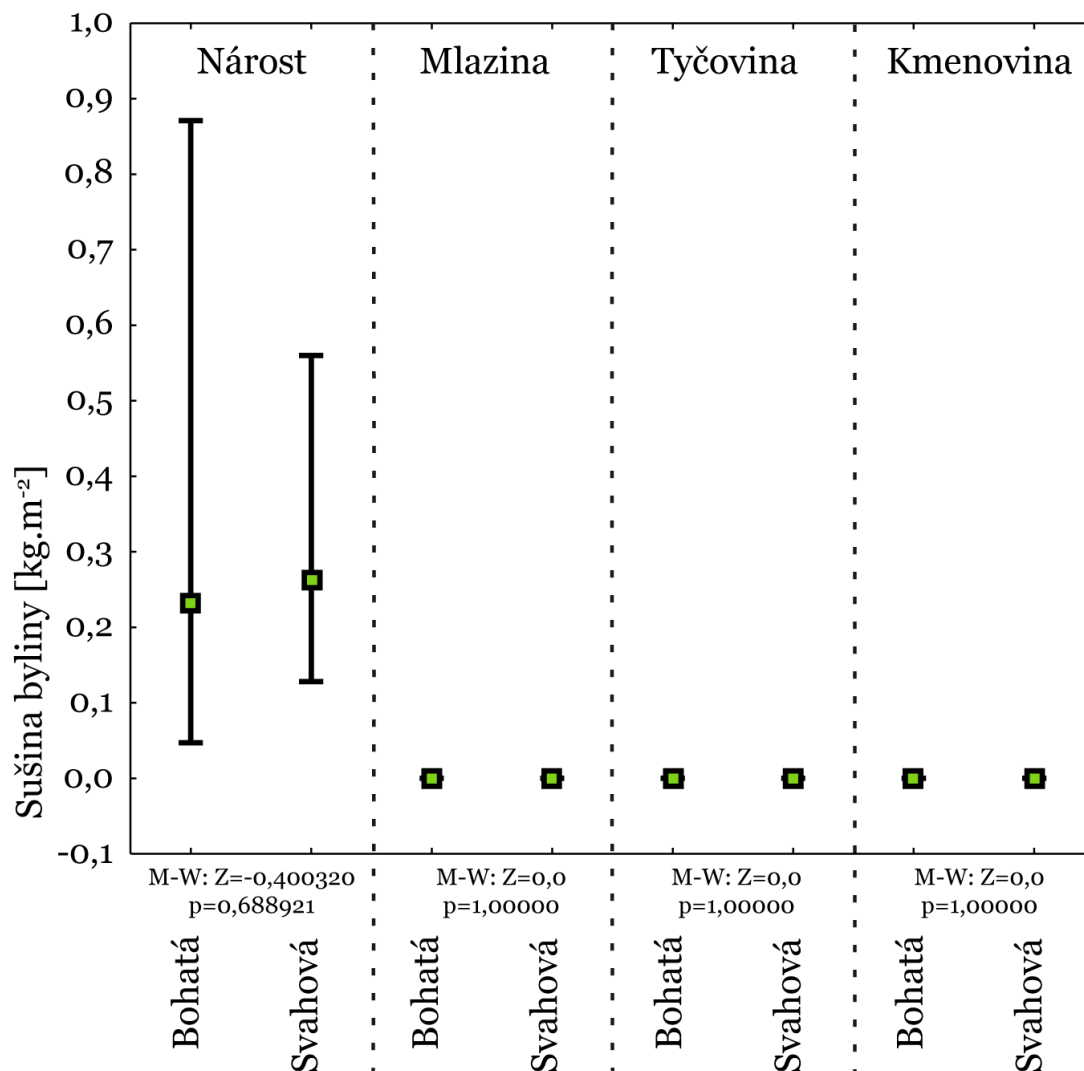
TABULKA 14 POROVNÁNÍ Hmotnosti sušiny humusu pomocí KRUSKAL – WALLISOVA TESTU

sušina HUMUS	Kruskal – Wallisův test: $H(3, N = 60) = 16,38693$ $p = 0,000$			
	1. nárost	2. mlazina	3. tyčovina	4. kmenovina
	R:15,875	R:26,625	R:29,667	R:40,167
1. nárost		0,789685	0,318396	0,000501
2. mlazina	0,789685		1,0	0,169782
3. tyčovina	0,318396	1,0		0,534187
4. kmenovina	0,000501	0,169782	0,534187	

Kruskal – Wallisův test porovnávající hmotnosti sušiny humusu ukazuje výsledek hodnoty  $H(3, N = 60) = 16,38693$  a hodnoty  $p = 0,00009$ , tedy statisticky významný rozdíl mezi věkovými kategoriemi (Graf 10). Medián jednotlivých palivových skupin má se zvyšujícím se věkem porostu rostoucí hodnotu. V případě kmenoviny byl největší rozdíl mezi maximem, kde byla naměřena hodnota  $6,36 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  a minimem s hodnotou  $0,1014 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Statisticky významný rozdíl byl prokázán u nárostu s kmenovinou (Tabulka 14).

## 4.5 VÝSLEDKY POROVNÁNÍ PALIV MEZI BOHATÝMI A SVAHOVÝMI STANOVIŠTI

### 4.5.1 BYLINNÝ MATERIÁL

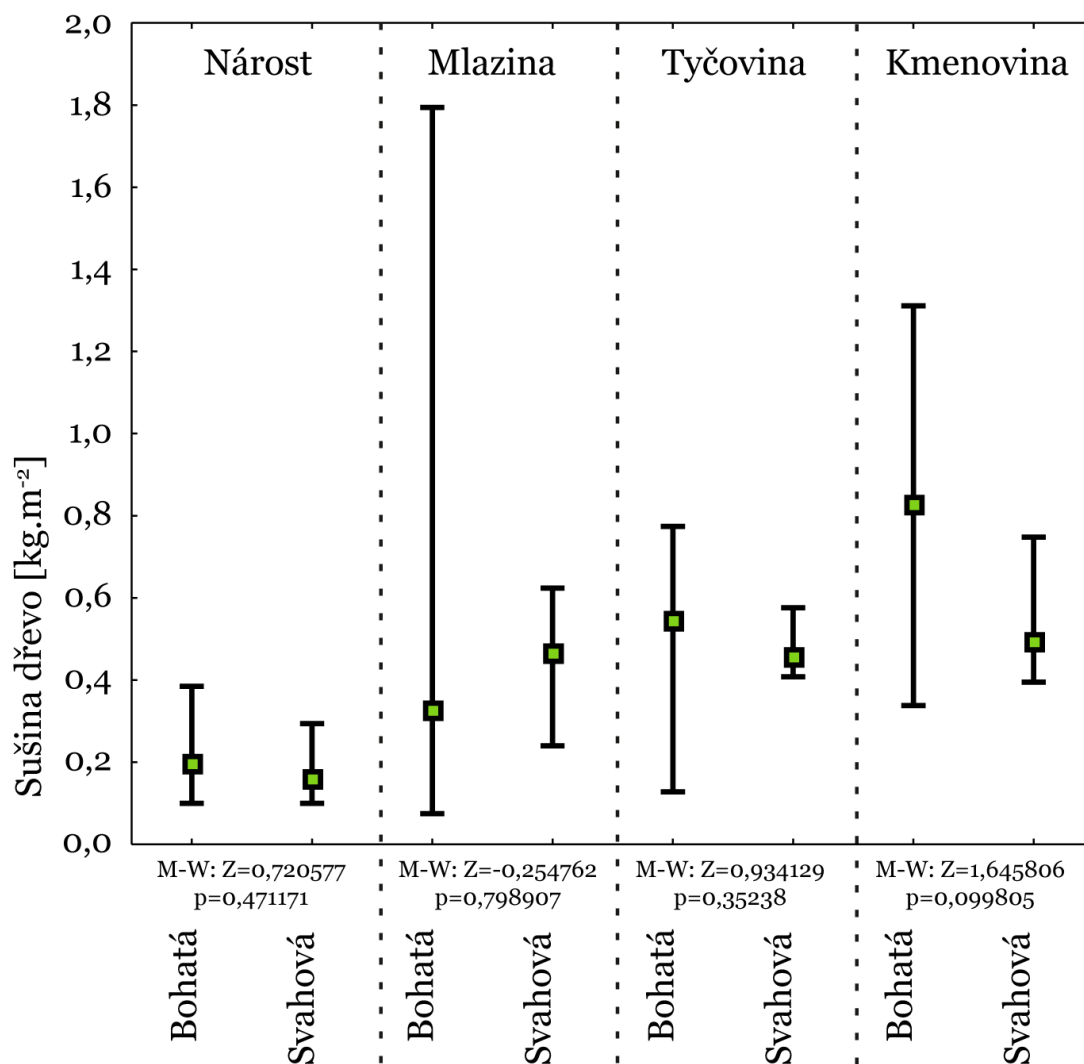


GRAF 11 MNOŽSTVÍ SUŠINY BYLIN VE VĚKOVÝCH KATEGORIÍCH NA BOHATÝCH A SVAHOVÝCH STANOVIŠTÍCH

Rozdíly hmotnosti sušiny bylinného materiálu mezi bohatými a svahovými stanovišti byly testovány Mann-Whitneyův testem. Z jeho výsledků graficky znázorněných v grafu č. 11, je zřejmé, že rozdíly v hmotnostech sušiny bylin mezi studovanými stanovišti nejsou signifikantní, přičemž v mlazině, tyčovíně a také v kmenovině nebylo bylinné patro zjištěno. Rozdíl mezi maximální hmotností a minimální, byl zaznamenán na bohatých stanovištích 1. věkové kategorie (maximum je 0,871 kg . m<sup>-2</sup> a minimum 0,047 kg . m<sup>-2</sup>).



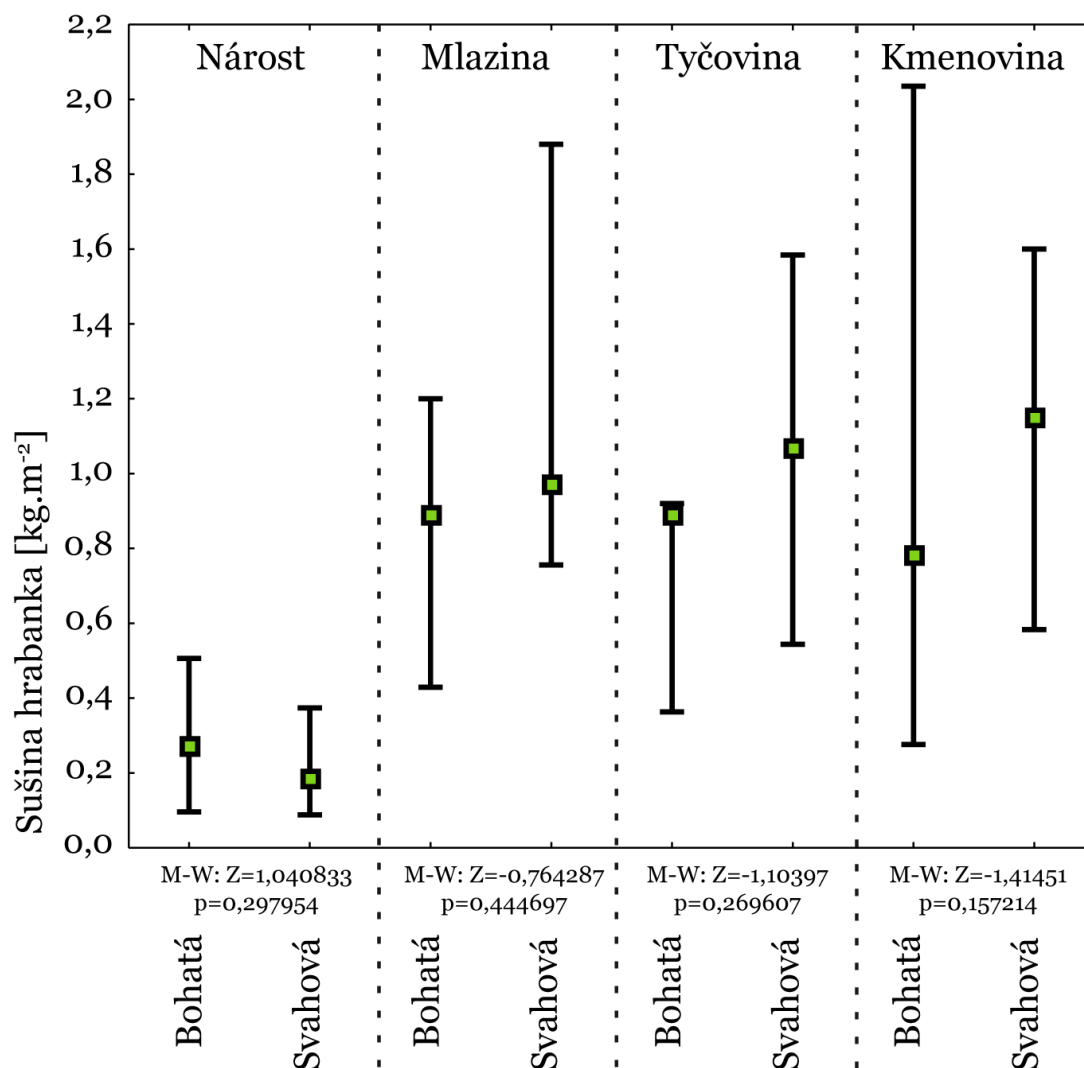
#### 4.5.2 DROBNÉ DŘEVO



GRAF 12 MNOŽSTVÍ SUŠINY DŘEVA VE VĚKOVÝCH KATEGORIÍCH NA BOHATÝCH A SVAHOVÝCH STANOVIŠTÍCH

Mann-Whitneyovým testem bylo prokázáno, že v hodnotách hmotnosti sušiny drobného dřeva mezi typy stanovišť statisticky významný rozdíl není (Graf 12). Maximální hmotnost, která výrazně převyšuje ostatní, byla zaznamenána u mlazin na bohatých stanovištích, kde dosáhla 1,794 kg . m<sup>-2</sup>. Hodnota „p“ se pohybuje od 0,099805 do 0,798907 a hodnota „Z“ od -0,254762 do 1,645806.

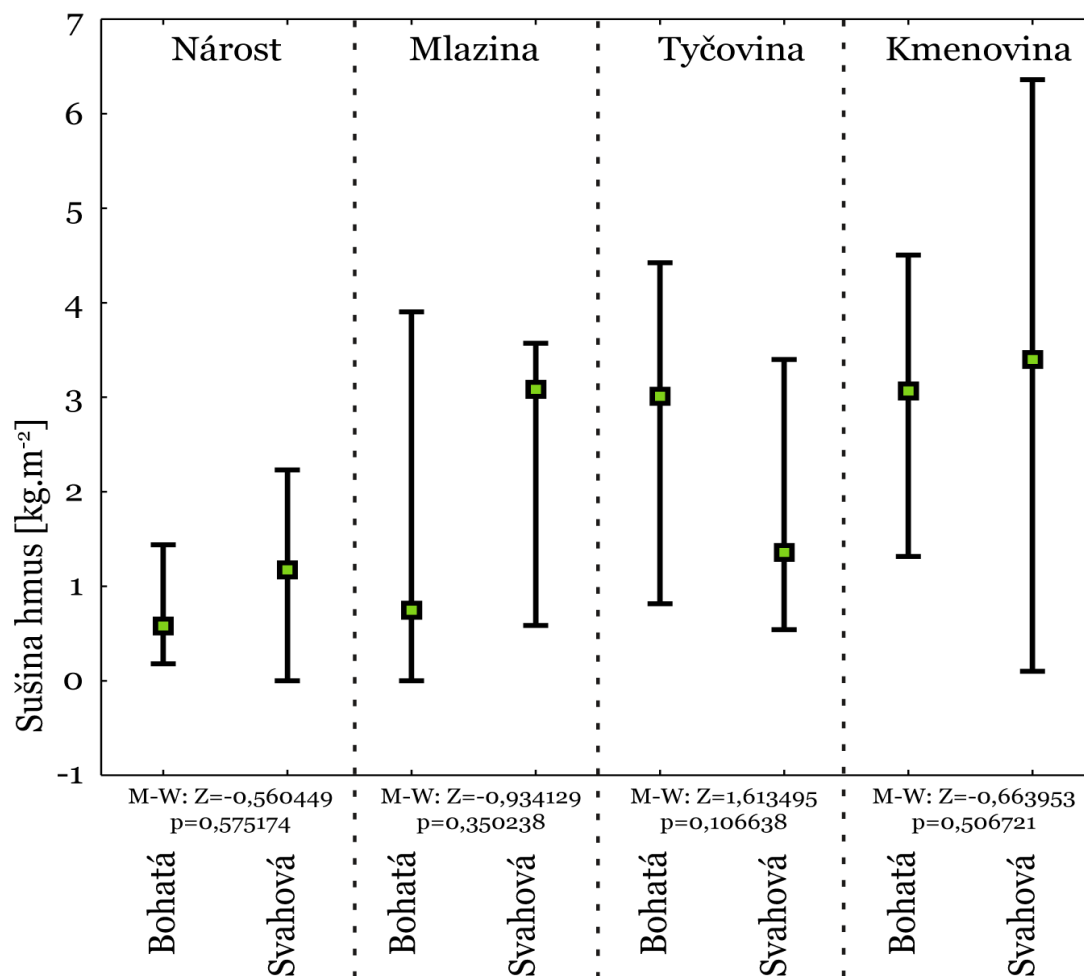
### 4.5.3 HRABANKA



GRAF 13 MNOŽSTVÍ SUŠINY HRABANKY VE VĚKOVÝCH KATEGORIÍCH NA BOHATÝCH A SVAHOVÝCH STANOVIŠTÍCH

Při porovnání množství sušiny hrabanky Mann – Whitneyovým testem bylo zjištěno, že rozdíly mezi bohatými a svahovými stanovišti nejsou statisticky signifikantní. Hodnota „Z“ se pohybuje od -1,141451 do 1,040833 a hodnota „p“ od 0,157214 do 0,444697. Nejvyšší maximální hodnota byla naměřena v kmenovině na bohatých stanovištích, kde hmotnost sušiny hrabanky dosáhla hodnoty 3,248 kg . m<sup>-2</sup>. Naopak nejnižší minimální hmotnost 0,088 kg . m<sup>-2</sup> byla zjištěna u nárostu na svahovitém stanovišti (Graf 13).

#### 4.5.4 HUMUS



GRAF 14 MNOŽSTVÍ SUŠINY HUMUSU VE VĚKOVÝCH KATEGORIÍCH NA BOHATÝCH A SVAHOVÝCH STANOVIŠTÍCH

Mann – Whitneyovým testem bylo zjištěno, že srovnávané hmotnosti sušiny humusu mezi svahovými a bohatými stanovišti nevykazují statisticky významné rozdíly (Graf 14). Ve výsledcích testů se hodnota „Z“ pohybuje v rozmezí od -0,934129 do 1,613495 a hodnota „p“ od 0,350238 do 0,575174. V kmenovině na svahovitém stanovišti byla zjištěna nejvyšší maximální hodnota 6,36 kg . m<sup>-2</sup>.

## 5 DISKUSE

Výsledky měření prováděného pro tuto práci potvrzují hypotézu, ve které výrazný rozdíl v kvantifikaci pozemního paliva mezi porosty na bohatých stanovištích a porosty na stanovištích svahových nebyl očekáván. Určitou diferenci v množství a ve struktuře studovaných palivových složek bylo však možné pozorovat v závislosti na rozdílném věku porostů, a to v obou případech šetřených stanovištních typů.

Zatímco v první věkové kategorii, v nárostu ve věku 0–5 let, tvořil nejvýraznější palivovou složku bylinný materiál, ve všech ostatních věkových kategoriích patro bylin a travin naopak zcela chybí. Tento stav je možné zdůvodnit dvěma předpoklady:

Pro výběr porostů vhodných k založení zkusných ploch bylo pro tuto práci jedním z kritérií minimální 65 % zastoupení buku. Ve většině případů byly zvoleny porosty se zastoupením buku převyšující tuto minimální hranici, a proto první z aspektů, jež mají zcela jistě vliv na eliminaci bylinného patra ve starších bukových porostech, vychází ze zásad samotného pěstování bukových porostů. Již v bukových mlazinách je kladen důraz na dostatečně vysoký zápoj, neboť při intenzivnějším osvětlení má buk tendenci košatět (Zezula, 2000). Na hospodaření se světlem v případě pěstování buku upozorňují také Vacek et al. (2018). Buk disponuje schopností od nízkého věku dobře snášet i poměrně vysoký zástin, a naopak na otevřených plochách bývá negativně ovlivňován mrazy a buření. Dosažení kvalitního bukového porostu předpokládá dostatečně vysokou hustotu mlazin. V takto zastíněných porostech s omezeným množstvím světla ve spodních etážích, jsou potom podmínky pro růst trav a bylin značně nepříznivé.

Druhý aspekt potlačující bylinné složky ve starších bukových porostech souvisí také s hustotou a s vysokým stupněm zápoje. V takovýchto nerozvolněných porostech dochází k hromadění špatně rozložitelné hrabanky, která zde dosahuje vysokých mocností. Vrstva hrabanky omezuje vzrůst náletových semenáčků, tedy vzniku náletu přirozené obnovy (Vacek, 2018). Hrabanka uložená ve vyšší vrstvě potom samozřejmě snižuje také růst bylin a travin. Souvislost mezi množstvím trav a bylin s množstvím opadu, popisují také Sedliak

a Majlingová (2013). Při jejich výzkumu byla nejvyšší hmotnost bylinného patra zjištěna na hřebenech, což vysvětlují menším množstvím opadu, a tedy větším prostorem pro růst vegetace (Sedliak, 2013).

Zastínění, které je při pěstování buku žádoucí, v porostech postupně eliminuje buřeň, ale současně s věkem porostu se zde zvyšuje množství dřeva a hrabanky. Z této změny struktury paliva lze potom předpokládat, že požár bude ve starších porostech postupovat sice pomaleji, ale bude vytrvalejší a intenzivnější, což je dáno vlastnostmi dominujících složek paliv.

V souvislosti se svahovými stanovišti je nutné zabývat se také rozložením paliv. Rozložením a kvantifikací hořlavého materiálu (paliva) v terénu, se ve své práci podrobněji zabývají Sedliak a Majlingová (2013). Z výsledků jimi provedeného mapování pozemního paliva je zřejmé, že největší množství pozemních paliv se nachází v dolinách s menší křivostí, a naopak nejméně na hřebenech s vyšší křivostí. Tento stav je snadno vysvětlitelný přirozeným pohybem materiálu po svahu dolů, který je způsobený vlivem gravitace, případně působením meteorologických jevů, jako je vítr, déšť a sníh. Na hřebenech s vyšší křivostí se potom také nachází výrazně nižší hmotnost humusové vrstvy, což je způsobeno přítomností mateřské horniny v malé hloubce pod povrchem, případně jejím úplným obnažením, a současně také probíhajícím přesunem materiálu ze hřebene dolů po svahu. Jimi zjištěné výsledky hmotnosti jednotlivých složek lesního paliva rozdělené podle výskytu v terénu jsou uvedeny v tabulce č. 15.

TABULKA 15 HMOTNOST SLOŽEK PALIVA PODLE VÝSKYTU V TERÉNU

(VK – vyšší křivost, MK – menší křivost)

Zdroj: (Sedliak, 2013)

	byliny	mech	opad	hrabanka	humus	větve	kořeny	semena a plody	tráva
	[kg . ha <sup>-1</sup> ]	[kg . ha <sup>-1</sup> ]	[kg . ha <sup>-1</sup> ]	[kg . ha <sup>-1</sup> ]	[kg . ha <sup>-1</sup> ]	[kg . ha <sup>-1</sup> ]	[kg . ha <sup>-1</sup> ]	[kg . ha <sup>-1</sup> ]	[kg . ha <sup>-1</sup> ]
dolina VK	16.1	0.0	10457.1	48514.1	40054.5	7036.7	456.9	915.1	0.0
dolina MK	138.3	39.3	13973.4	46204.9	88015.6	8911.8	4033.2	605.8	326.5
hřeben MK	668.8	1321.3	9496.4	14509.9	53488.3	5354.0	1655.1	493.5	397.3
hřeben VK	25.2	0.0	4417.5	39251.0	18187.6	64.4	0.0	0.0	1182.7

Problematikou distribuce paliv v závislosti na tvaru terénu se zabývají i Parsons et al. (2011). Také v jejich práci nacházíme popis vlivu variability krajinného rázu na rozložení paliv, se kterým se Sedliak a Majlingová (2013) ve svých závěrech shodují.

Při provádění terénního měření bylo v porostech na prudkých svazích často pozorováno nerovnoměrné rozložení vrstev pozemního paliva způsobené reliéfem a překážkami omezující sesuv částí paliva dolů po svahu. Pod terénními vlnami a za nerovnostmi bylo patrné hromadění vrstev drobného dřeva, hrabanky i humusu ve formě jakýchsi „naplavených řas a ok“. Toto nerovnoměrné uspořádání a rozložení paliva ve svahovém terénu mohlo potom zapříčinit nežádoucí zkreslení prováděného měření podle toho, zda byla zkusná plocha situována v horní části svahu nebo dole, v terénní řase či na místě ovlivněném zvýšeným transportem hořlavých látek. Z důvodu maximálního potlačení takto vzniklého zkreslení byl kladen důraz na variabilitu lokalit pro založení zkusných ploch střídavě umístěných v horní a spodní části svahu.

Vzhledem k současnému vývoji klimatu a sním souvisejícím poklesem srážek, ubývajícím vlhkostí v lesních porostech, a naopak s rostoucím suchem, se riziko vzniku lesních požárů v naší krajině neustále zvyšuje. Zároveň lze na základě známých jevů provázejících požáry ve svahových terénech předpokládat, že porosty na svazích jsou v tomto ohledu více ohroženy než porosty na rovinatém terénu (Majlingová, 2014).

Je tedy důležité se touto problematikou intenzivně odborně zabývat a s pomocí získaných poznatků zvyšovat účinnost zásahů v boji s požáry a zkvalitňovat systémy jejich předpovědí. Důležitou součástí v opatřeních proti tomuto škodlivému činiteli je samozřejmě prevence, se kterou souvisí otázky hospodaření s vodou v krajině.

## 6 ZÁVĚR

Na základě zjištěných dat a zpracovaných výsledků lze konstatovat, že se pozemní palivo bukových porostů na svazích množstvím a strukturou podobá palivu uloženému v bukových porostech na bohatých stanovištích, čímž byla potvrzena hypotéza, že se kvantifikace pozemního paliva mezi těmito stanovištními typy vzájemně výrazně neliší.

Z výsledků je však zřejmá spojitost kvantifikace pozemního paliva se stářím bukového porostu. Mezi jednotlivými věkovými kategoriemi zkoumaných porostů byla zaznamenána určitá diference ve struktuře i v množství uloženého paliva. Zatímco v 1. věkové kategorii, v nárostu, tvořily nejvýraznější palivovou skupinu byliny a traviny, s rostoucím věkem porostu byla tato složka postupně zcela eliminována, a naopak se zvyšovala zásoba paliva v podobě drobného dřeva. Obdobný vývoj byl zaznamenán také u hrabanky a u skupiny paliva tvořené humusem. Jejich množství rovněž vykazovalo rostoucí trend spolu se zvyšujícím se stářím porostu.

## 7 POUŽITÉ ZDROJE

ANDERSON, H. E., 1968. Flame shape and fire spread. *Fire Technol.* s.51-58.

BATES, C. G., 1923. Transect of a mountain valley. *Ecology.* (4), s.54-62.

BERČÁK, R., 2017. *Ohrožení lesních porostů požáry na území České republiky.* Praha.. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra ochrany lesa a entomologie. Vedoucí práce Jaroslav Holuša.

BERČÁK, R., HOLUŠA, J., LUKÁŠOVÁ, K., HANUŠKA, Z., AGH, P.; VANĚK, J.; KULA, E.; CHROMEK, I., 2018. Lesní požáry v České republice - charakteristika, prevence a hašení. *Zprávy lesnického výzkumu.* (63), s.184-194.

BILLINGS, W. D., 1951. *Vegetation zonation in the Great Basin of Western North America.: In: C. R. de Colloque sur les bases ecologiques dela regeneration de la vegetation des zones arides.* Paris: U. I. S. B.

BROWN, J.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M., 1982. *Handbook for Inventorying Surface Fuels and Biomass in Interior West. General Technical Report INT-129.* Forest Service, 50 s.

CARLSON, J. D.; BURGAN, R. E., 2003. Review of users' needs in operational fire danger estimation: The Oklahoma example. *International Journal of Remote Sensing*, 24(8), s.1601-1620.

ČESKO, 1995. Zákon 289/1995 Sb., o lesích. *Sbírka zákonů České republiky.*

DUFF, T.; KEANE, R.; PENMAN, T.; TOLHURST, K., 2017. Revisiting Wildland Fire Fuel Quantification Methods: The Challenge of Understanding a Dynamic, Biotic Entity. *Forests* [online]. 8(9) [cit. 2020-05-22]. DOI: 10.3390/f8090351. ISSN 1999-4907. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1999-4907/8/9/351>

FRANCL, R., 2007. Lesní požáry v České republice z pohledu hasičů. *Lesnická práce.* 86(0807), s.16-19.

GAIL, F. G., 1921. Factors controlling the distribution of douglas fir in semi-arid regions of the northwest. *Ecology.* (2), s.281-291.



GISBORNE, H. T., 1928. *Measuring forest fire danger in northern Idaho*. U.S. Dep. Agr. Misc., (29), 64.

HLAVÁČ, P.; CHROMEK, I., 2016. *Lesné požiare a integrovaný systém ochrany lesov pred požiarom*. I - 2016. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 978-80-228-2930-4.

HOLUŠA, J.; BERČÁK, R.; LUKÁŠOVÁ, K.; HANUŠKA, K.; AGH, P.; VANĚK, J.; KULA, E.; CHROMEK, I., 2018. Lesní požáry v České republice - definice a rozdělení: review. *Zprůvy lesnického výzkumu*. (63), s.102-111.

CHROMEK, I.; HLAVÁČ, P., 2006. *Lesné požiare aktuálne nebezpečenstvo v jarých a letných mesiacoch: Zborník referátov z odborného seminára*. I - 2006. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 80-228-1579-9.

KAPUSNIAK, J., 2014. *Návrh efektívnych taktických postupov nasadenia hasičskej mobilnej techniky pri lesných požiaroch v extrémnych terénnych podmienkach Žilinského kraja*. Ostrava.. Dizertační práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Mikuláš Monoši.

KRAKOVSKÝ, A., 2004. *Lesné požiare*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 78 s. ISBN 80-228-1301-X.

LEUGNEROVÁ, G., c2007-2019. *Fagus sylvatica*. *Botany* [online]. Botany.cz [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/fagus-sylvatica/>

MAJLINGOVÁ, A., 2014. *Informačné systémy efektívneho nasadenia hasičských jednotiek pro lesných požiaroch na vybranom území SR*. Žilina.. Dizertačná práca. Žilinská univerzita v Žilíně, Fakulta bezpečnostného inžinierstva. Vedoucí práce Mikuláš Monoši.

NESTEROV, V., 1949. *Ochrana lesa proti požiarom*. Bratislava: Oráč.

PARSONS, R. A.; MELL, W. E.; MCCAULEY, P., 2011. Linking 3D spatial models of fuels and fire: Effects of spatial heterogeneity on fire behavior. *Ecological Modelling* [online]. 222(3), 679-691 [cit. 2020-06-11]. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2010.10.023. ISSN 03043800. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380010005831>

- PECL, J., 1999. *Rozdělení hořlavých látek a jejich požárně technické charakteristiky*. I. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. ISBN 80-86111-46-6.
- PFEFFER, A., 1961. *Ochrana lesů*. Vyd. 1. Praha: SZN - Státní zemědělské nakladatelství, 838 s.
- PLATT, R. B., 1951. An ecological study of the mid-Appalachian shale barrens and of the plants endemic to them. *Ecol. Monogr.* (21), s. 269-300.
- PLÍVA, K., 1987. *Typologický klasifikační systém ÚHÚL*. Brandýs nad Labem: ÚHÚL Brandýs n. L.
- PLÍVA, K., 2000. *Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle souborů lesních typů*. ÚHÚL Brandýs nad Labem.
- POLENO, Z., 1994. *Lesnický naučný slovník: I. díl*. Praha: Agrospoj. ISBN 80-7084-111-7.
- POLENO, Z., 1995. *Lesnický naučný slovník: II. díl*. Praha: Agrospoj. ISBN 80-708-4131-1.
- PTÁČEK, B., 2019. Parametry požáru: Konspekty odborné přípravy HZS. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. Praha: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/konspekty-odborne-pripravy-i.aspx?q=Y2hudW09OA%3d%3d>
- Riziko požiarov v krajine, 2016. *Bioclio: Vzdelávací portál o problematike bioklimatológie a krajiny* [online]. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://bioclio.com/riziko-poziarov-v-krajine/>
- SAHIN, Y. G., 2007. *Animals as mobile biological sensors for forest fire detection*. *Sensors*, s. 3084-3099.
- SCOTT, A.; BOWMAN, D.; BOND, W.; PYNE, S.; ALEXANDER, M., 2014. *Fire on earth: an introduction*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-1-119-95356-2.
- SEDLIAK, M.; MAJLINGOVÁ, A., 2013. *Kvantifikácia pozemného paliva. GIS Ostrava*. Ostrava.

SHREVE, F., 1922. Conditions indirectly affecting vertical distribution on desert mountains. *Ecology*. (3), s. 269-274.

SHREVE, F., 1924. Forrest. Soil temperature as influenced by altitude and slope exposure. *Ecology*. (52), s. 128-136.

SNEEUWJAGT, R. J.; PEET, G. B., 1985. Forest fire behaviour tables for Western Australia. *Perth: Western Australian Department of Conservation and Land Management*.

SODOMKA, W., c2001-2020. Komínový tah – podstata, význam a měření. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/kominy-a-kourovody/12277-kominovy-tah-podstata-vyznam-a-mereni>

STOLINA, M., 1985. *Ochrana lesa: Celoštát. vysokošk. učeb. pre les. fak. vys. šk.* Vyd. 1. Bratislava, 473 s.

*The Forest Resources Assessment Programme: 2000.* 15 s. [online]. Rome [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/006/ad665e/ad665e00.htm>

THOMAS, P.; MCALPINE, R., 2010. *Fire in the Forest*. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: DOI: 10.1017/CBO9780511780189. ISBN 9780521822299. Dostupné z: <https://www.cambridge.org/core/books/fire-in-the-forest/EB472A3FD135536C7C6E32CD1E22CCDA>

Topographic Influences on Fire Behavior: S290 Unit 2, 2015. *Fairbanks* [online]. University of Aleska [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/WildlandFire/s290-unit-2>

TURESSON, G., 1914. *Slope exposure as a factor in distribution of Pseudotsuga taxifolia in arid parts of Washington.: Torrey Botan. Club Bull*, s. 337-345.

VACEK, S.; REMEŠ, J.; VACEK, Z.; BÍLEK, L.; ŠTEFANČÍK, I.; BALÁŠ, M.; PODRÁZSKÝ, V., 2018. *Pěstování lesů*. Vydání: první. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2891-4.

VIEGAS, D. X., 1998. Fuel moisture evaluation for fire behaviour assessment. In G. Eftichidis, P. Balabaris, & A. Ghazi (Eds.), *Advanced study course on*

*wildfire management. Final Report, Marathon*. Athens: European Union, s. 81-92.

VIEWEGH, J., 2003. *Klasifikace lesních rostlinných společenstev (se zaměřením na Typologický systém ÚHÚL)*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, Katedra dendrologie a šlechtění lesních dřevin. ISBN 8021310618.

VILÍMEK, M., 2008. *Nežádoucí hoření - požár: Konspekty odborné přípravy jednotek požární ochrany*. II. Frýdek - Místek: Vydalo Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě. ISBN 80-86111-46-6.

VOLF, O., 2019. Proces hoření: Konspekty odborné přípravy jednotek požární ochrany. In: *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. Praha: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/konspekty-odborne-pripravy-i.aspx?q=Y2hudW09NQ%3d%3d>

Wildfires on slope, 2018. *Portugal wildfires* [online]. S. ROBERTSON [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.portugalwildfires.com/wildfires-on-slopes/>

ZEZULA, J., 2000. *Program trvale udržitelného hospodaření v lesích*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80-863-8603-1.

*Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k ..*, 2019. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-530-2.

## 8 PŘÍLOHY

### 8.1 PŘÍLOHA 1 FOTOGRAFIE TERÉNNÍHO MĚŘENÍ



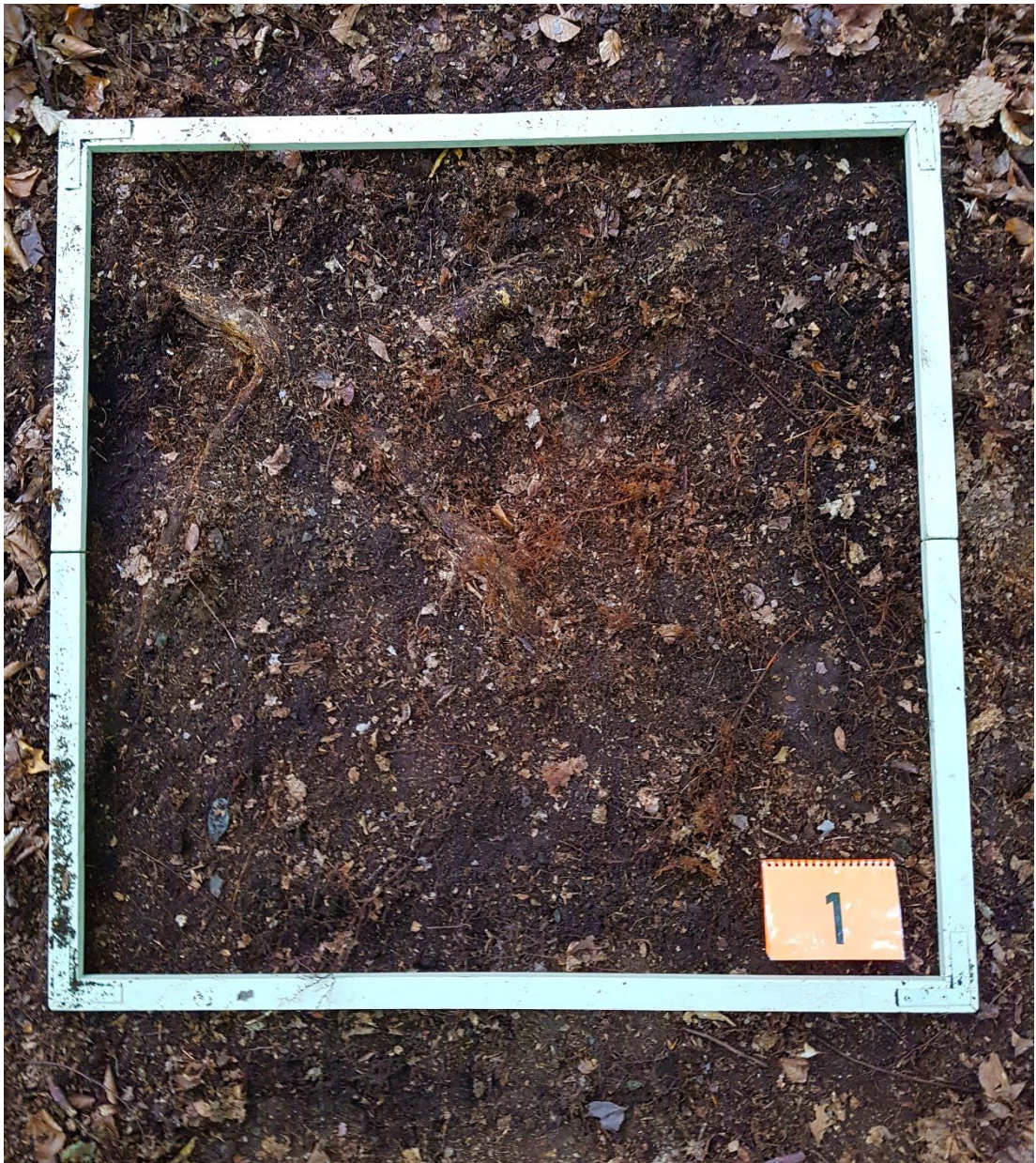
OBRÁZEK 19 TERÉNNÍ MĚŘENÍ – VYTÝČENÍ ZKUSNÉ PLOCHY





OBRÁZEK 20 TERÉNNÍ MĚŘENÍ – PLOCHA PO ODEBRÁNÍ DROBNÉHO DŘEVA





OBRÁZEK 21 TERÉNNÍ MĚŘENÍ – PLOCHA PO ODEBRÁNÍ HRABANKY





OBRÁZEK 22 TERÉNNÍ MEŘENÍ – PLOCHA PO ODEBRÁNÍ HUMUSU Z 1/4



## 8.2 PŘÍLOHA 2 FOTOGRAFIE STRUKTURY SLOŽEK POZEMNÍHO PALIVA



OBRÁZEK 23 UKÁZKA STRUKTURY PALIVA BYLIN



OBRÁZEK 24 UKÁZKA STRUKTURY PALIVA DROBNÉHO DŘEVA



OBRÁZEK 25 UKÁZKA STRUKTURY PALIVA HRABANKY



OBRÁZEK 26 UKÁZKA STRUKTURY PALIVA HUMUSU