

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

**Analýza odrůstání výmladků listnatých dřevin
v interakci s vlivem zvěře v experimentálním porostu
v přírodní rezervaci Na Voskopě, Český kras**

Diplomová práce

Autor: Bc. Martin Cukr

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Cukr

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Analýza odrůstání výmladků listnatých dřevin v interakci s vlivem zvěře v experimentálním porostu v přírodní rezervaci Na Voskopě, Český kras

Název anglicky

Analysis of the growing up the sprouts of broadleaved woody species in interaction with game browsing in the experimental stand in the natural reserve Na Voskopě, Czech Karst

Cíle práce

V přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras) běží sedmým rokem experimentální výzkum, kde se převádí dlouhodobě opuštěná pařezina/střední les na aktivní střední les. V části experimentální lokality byly smýčeny dva pruhů a jeden z těchto pruhů je chráněn oplocenkou proti zvěři. Cílem této práce bude průběžný monitoring výmladkové regenerace jedinců přítomných dřevin v obnovené pařezině a analýza dlouhodobějších trendů této regenerace. Při vyhodnocení dat bude přihlédnuto také k vlivu počasí v jednotlivých sezónách, a to na odrůstání dřevin v oplocené ploše. Práce tak přispěje k prohloubení poznatků biologických vlastností vůdčích druhů dřevin typických pro nížinné lesy českého termofytika.

Metodika

Práce navazuje na předešlé studie, prováděné na experimentální lokalitě v předcházejících letech studenty FLD ČZU. Ke konci sezóny 2019 bude zaznamenána intenzita vegetativního zmlazení u všech pařezů (odhad 1000 ks) ve dvou experimentálních pruzích (každý o rozměru 25 x 125 m) dle zjednodušené metodiky použité pro monitoring regenerace (diplomová práce J. Božky). Pruh smýčený v roce 2016 je oplocený, pruh smýčený v roce 2015 je ponechán bez oplocení a probíhá na něm intenzivní okus zvěří. Druhové přiřazení jednotlivých pařezů bude provedeno na základě porostní inventarizace, provedené před mýčením v roce 2014 technologií FieldMap (diplomová práce A. Jelenecké). Terénní data budou vyhodnocena a porovnána s předešlými sezónami vhodnými statistickými technikami (ANOVA, tvorba lineárních regresních modelů). Do analýzy budou použity jak charakteristiky topografie lokality, tak základní parametry chodu počasí v příslušných letech (průměrné teploty a srážky exerpované z elektronického archivu ČHMÚ).

Doporučený rozsah práce

Předpokládá se rozsah textu v délce 40-80 stran (bez příloh)

Klíčová slova

pařeziny, výmladková regenerace, okus zvěří, vývojový trend, nížinné lesy, dubohabřiny, biologie dřevin

Doporučené zdroje informací

- Božka J. (2017): Parametry vegetativní regenerace dřevin na experimentální ploše obnoveného středního lesa v PR Na Voskopě, Český kras. – Ms., Dipl. práce, depon. in: Fakulta lesnická a dřevařská, Praha-Suchdol, 74 p. + přílohy.
- Dekan P. (2016): Počáteční vegetativní regenerace listnatých dřevin na experimentální ploše předřezaného středního lesa v PR „Na Voskopě“, Český kras. – Ms., Dipl. práce, depon. in: Fakulta lesnická a dřevařská, Praha-Suchdol, 89 p. + přílohy.
- Hroník P. (2014): Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu. – Ms., Dipl. práce, depon. in: Fakulta lesnická a dřevařská, Praha-Suchdol, 106 p.
- Jelenecká A. (2015): Struktura lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu. – Ms., Dipl. práce, depon. in: Fakulta lesnická a dřevařská, Praha-Suchdol, 58 p. + přílohy.
- Kadavý J. et al. (2011): Nízký a střední les jako plnohodnotná alternativa hospodaření malých a středních vlastníků lesa. – Lesnická Práce, Kostelec n. Černými lesy, 294 p.
- Ložek V., Kubíková J., Špryňar P. et al. (2005): Střední Čechy. – In: Mackovčín P. & Sedláček M. (eds.), Chráněná území ČR, svazek XIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR & EkoCentrum Brno, Praha, 904 p.
- Matulá R., Svátek M., Kúrová J., Úradníček L., Kadavý J. & Kneifl M. (2012): The sprouting ability of the main tree species in Central European coppices: implications for coppice restoration. – European Journal of Forest Resources 131: 1501–1511.
- Pyttel P.L., Fischer U.F., Suchoň C., Gärtner S.M. & Bauhus J. (2013): The effect of harvesting on stump mortality and re-sprouting in aged oak coppice forests. – Forest Ecology and Management 289: 18–27.
- Šálek L., Stolaríková R., Jeřábková L., Karlík P., Dragoun L. & Jelenecká A. (2014): Timber production and ecological characteristics of trees in coppice forest in the nature reserve Voskop in Český kras – a case study. – Journal of Forest Science 60: 519–525.
- Unrau A., Becker G., Spinelli R., Lazdina D., Magagnotti N., Nicolescu V.N., Buckley P., Bartlett D. & Kofman P.D. (eds) (2018): Coppice forests in Europe. – Albert Ludwig University of Freiburg, Freiburg, 387 p.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 10. 6. 2019

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 04. 2021

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Analýza odrůstání výmladků listnatých dřevin v interakci s vlivem zvěře v experimentálním porostu v přírodní rezervaci Na Voskopě, Český kras** vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, 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 20. 4. 2021

Bc. Martin Cukr

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Mgr. Tomáši Černému, Ph.D. za ochotu, trpělivost a odborné vedení při zpracování mé diplomové práce a především Bc. Anně Oplové za nekonečnou podporu nejen při zpracování této práce, ale i po celou dobu mého studia.

**Analýza odrůstání výmladků listnatých dřevin
v interakci s vlivem zvěře v experimentálním porostu
v přírodní rezervaci Na Voskopě, Český kras**

Abstrakt

Práce se zabývá monitoringem parametrů vegetativní regenerace dřevin na experimentální ploše, kde se převádí předřezaná pařezina na aktivní střední les, a jejich následnou analýzou. Výzkum probíhal v severní části přírodní rezervace Na Voskopě v prostředí teplomilné dubohabřiny v CHKO Český kras a navazuje na předešlé, v této lokalitě provedené, výzkumy. Ty zde probíhají již od roku 2013. Experimentální plocha je rozdělena na šest pruhů (každý o rozměru přibližně 25 × 125 m), z nichž jeden byl smýcen na konci zimy roku 2015 a druhý na konci zimy roku 2016. Druhý vytěžený pruh byl následně oplocen kvůli ochraně proti zvěři. Mezi zkoumané dřeviny na obou smýcených pruzích patří duby (*Quercus* sp.), habr obecný (*Carpinus betulus*), jeřáb břek (*Sorbus torminalis*), javor babyka (*Acer campestre*) a javor mléč (*Acer platanoides*). Do podrobnějších analýz byli zahrnuti pouze jedinci dubu, habru a jeřábu břeku, jakožto početně nejvíce zastoupené druhy. Na obou experimentálních pruzích bylo zjištěno celkem 443 zmlazujících pařezů. U každého z nich bylo měřeno pět parametrů vegetativní regenerace: výška nejvyššího výmladku, počet všech výmladků, průměrná výška všech výmladků, největší horizontální šířka celého výmladkového chomáče a intenzita okusu zvěří. Do analýz byla dále využita převzatá dendrometrická data, získaná měřením individuálních kmenů ještě před experimentální těžbou.

Z analýz zejména vyplývá, že jedním z nevýznamnějších prediktorů ovlivňující intenzitu regenerace jedince je jeho pozice na svahu. Na bázi svahu, kde je více živin, vláh a hlubší půda dosahují výmladky přítomných jedinců větších délek než výše na svahu. Zároveň ve střední části svahu dochází k poklesu intenzity zmlazení z důvodu koncentrace zvěře podél stezek při jejím pohybu porostem, a to i na oplocené ploše, jelikož občas dochází k povalení oplocení zvěří. Z pozorování je zřejmé, že vliv zvěře (mufloní a srnčí) je nejvýznamnější limitující faktor zmlazení všech zkoumaných druhů dřevin, a to především na neoploceném pruhu smýceném v roce 2015. Výmladky jedinců na oplocené ploše, zejména v její

dolní polovině, dosahují již čtyři sezony po smýcení značných rozměrů blížících se mnohdy třem metrům. Podíl již vyčerpaných a dále nezmlazujících jedinců je zde však téměř 45 %, na ploše neoplocené více než 72 %. Empirické vyhodnocení vlivu počasí na úmrtnost jedinců a odrůstání výmladků neodhalilo žádné výrazné souvislosti.

Klíčová slova: pařeziny, výmladková regenerace, okus zvěří, vývojový trend, nížinné lesy, dubohabřiny, biologie dřevin

**Analysis of the growing up the sprouts of broadleaved woody species
in interaction with game browsing in the experimental stand
in the natural reserve Na Voskopě, Czech Karst**

Abstract

This study focuses on monitoring of vegetative regeneration parameters of broad-leaved woody plants of re-established coppice-with-standards and their analyses. The study takes place in the north part of natural reserve Na Voskopě, Czech Karst, and follows previous studies concerning this site, conducted here since 2013.

The experimental stand is divided to six stripes (each sized approximately 25×125 m), one of which was felled in early spring in 2015 and one in early spring in 2016. The latter is fenced as a protection against browsing game. Oaks (*Quercus* sp.), hornbeam (*Carpinus betulus*), field maple (*Acer campestre*), norway maple (*Acer platanoides*) and wild service tree (*Sorbus torminalis*) were classified among other woody plants in the stand, but only oaks, hornbeam and wild service tree were included in further analyses as the most common species in the investigated area.

443 living individuals were recorded in total on both experimental strips. Five parameters were measured for each regenerating stump as follows: height of the highest sprout, the average height of all sprouts, total number of sprouts, the largest horizontal width of the whole sprouting bunch, and number of sprouts with terminal buds bitten off. For further analyses stand structural and mensurational data were employed, which were obtained in the investigated stand before felling.

The analyzed data revealed that an individual's position on a slope is one of the most significant predictors affecting its regeneration. On average, highest sprouts were recorded at the slope basis, where the soil is moist, deeper and richer to nutrients, in comparison to positions higher on the slope. In the midsection of the slope there is a high number of terminal buds missing as game tends to use its pre-existing paths going along the slope despite the fact that the stripe is fenced, as the fence is sometimes torn down by game. It is undisputed, that game browsing (mouflon and roe deer) is the most significant limiting factor of regeneration intensity of all tree species examined, especially on the unprotected stripe felled in 2015.

Sprouts observed on the fenced stripe, specifically at the bottom half, reach after only four seasons considerable heights, some even approaching three metres. However, there is almost 45 % of already exhausted and no longer sprouting individuals on this stripe, on the unprotected stripe reaching even almost 72 %. Empirical analysis of weather influence on stump mortality and sprouting ability did not reveal any significant results.

Key words: coppice, vegetative re-sprouting, game browsing, development trend, lowland forest, oak-hornbeam forests, woody plant biology

OBSAH

1. Úvod	13
2. Cíle práce	15
3. Literární rešerše	16
3.1 Přírodní rezervace Na Voskopě	16
3.1.1 Lokalizace rezervace.....	16
3.1.2 Předmět ochrany	17
3.1.3 Potenciální přirozená vegetace	18
3.1.4 Popis lesních porostů a bezlesí	18
3.1.5 Historie managementu v lokalitě Na Voskopě	21
3.2 Obnova lesa.....	22
3.2.1 Obnova přirozená.....	22
3.2.2 Obnova umělá	23
3.3 Hospodářské tvary lesa	23
3.3.1 Nízký les	23
3.3.2 Střední les	25
4. Metodika	27
4.1 Popis experimentu	27
4.2 Sběr a zpracování dat	29
4.2.1 Kontroly stavu výmladků a sběr dat	29
4.2.2 Digitalizace dat	30
4.2.3 Statistické analýzy	32
4.2.4 Zkoumání vlivu chodu počasí na mortalitu a intenzitu zmlazení	34
5. Výsledky a diskuse	35
5.1 Explorační analýza dat, oplocená plocha	35
5.2 Explorační analýza dat, neoplocená plocha	46
5.3 Porovnání parametrů zmlazování na oplocené ploše	47
5.4 Statistické vyhodnocení dat v programu R	52
5.5 Analýza mortality	55
5.6 Analýza vlivu podmínek počasí na intenzitu zmlazení.....	60
5.6.1 Poměry chodu počasí v letech 2015–2019	60
5.6.2 Standardized Precipitation Index	63
5.6.3 Analýza vlivu podmínek počasí na mortalitu dubu a habru	66
5.6.4 Analýza vlivu podmínek počasí na růst výmladků dubu a habru	68
6. Závěr	70
7. Seznam použitých zdrojů	72

Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázky

Obrázek č. 1 – Lokalizace PR Na Voskopě

Obrázek č. 2 – Výřez z mapy zobrazující lokalizaci a označení trvalých zkusných ploch, zkusné pruhy a rok jejich plánované těžby

Obrázek č. 3 – Společná legenda ke krabicovým grafům

Obrázek č. 4 – Společná legenda ke grafům č. 30–35

Obrázek č. 5 – Společná legenda ke grafům č. 36–40

Obrázek č. 6 – Legenda grafu č. 43

Grafy

Graf č. 1 – Sloupcový graf porovnávající současnou a přirozenou dřevinnou skladbu v PR Na Voskopě.

Graf č. 2 – Oplocená plocha – Interakce mezi pozicí na svahu a výškou nejvyššího výmladku.

Graf č. 3 – Oplocená plocha – Interakce mezi pozicí na svahu a průměrnou výškou výmladků.

Graf č. 4 – Oplocená plocha – Interakce mezi pozicí na svahu a počtem výmladků

Graf č. 5 – Oplocená plocha – Interakce mezi pozicí na svahu a šířkou chomáče

Graf č. 6 – Oplocená plocha – Interakce mezi tloušťkovou kategorií a výškou nejvyššího výmladku.

Graf č. 7 – Oplocená plocha – Interakce mezi tloušťkovou kategorií a průměrnou výškou výmladků.

Graf č. 8 – Oplocená plocha – Interakce mezi tloušťkovou kategorií a počtem výmladků

Graf č. 9 – Oplocená plocha – Interakce mezi tloušťkovou kategorií a šířkou chomáče.

Graf č. 10 – Oplocená plocha – Interakce mezi původem jedince a výškou nejvyššího výmladku

Graf č. 11 – Oplocená plocha – Interakce mezi původem jedince a výškou všech výmladků

Graf č. 12 – Oplocená plocha – Interakce mezi původem jedince a počtem výmladků

Graf č. 13 – Oplocená plocha – Interakce mezi původem jedince a šířkou chomáče

Graf č. 14 – Oplocená plocha – Interakce mezi slunností stanoviště a výškou nejvyššího výmladku

Graf č. 15 – Oplocená plocha – Interakce mezi slunností stanoviště a výškou všech výmladků

Graf č. 16 – Oplocená plocha – Interakce mezi slunností stanoviště a počtem výmladků

Graf č. 17 – Oplocená plocha – Interakce mezi slunností stanoviště a šířkou chomáče

Graf č. 18 – Vývoj výšek nejvyšších výmladků (*v_{nv}*) a průměrných výšek všech výmladků (*p_{vv}*) v průběhu let 2016–2019 u dubů a habrů v závislosti na oslunění stanoviště. Oplocená plocha.

Graf č. 19 – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na druhu dřeviny. Oplocená plocha.

- Graf č. 20** – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na pozici na svahu.
Oplocená plocha.
- Graf č. 21** – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na tloušťkové kategorii jedince.
Oplocená plocha.
- Graf č. 22** – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na původu jedince.
Oplocená plocha.
- Graf č. 23** – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na osluněnosti stanoviště.
Oplocená plocha.
- Graf č. 24** – Složený sloupcový graf porovnávající poměr mezi zmlazujícími pařezy a pařezy bez zmlazení všech přítomných druhů dřevin na neoplocené ploše vytěžené v roce 2015.
- Graf č. 25** – Složený sloupcový graf porovnávající poměr mezi zmlazujícími pařezy a pařezy bez zmlazení všech přítomných druhů dřevin na neoplocené ploše vytěžené v roce 2016.
- Graf č. 26** – Přehled počtu nově uhynulých dubů a habrů v jednotlivých letech pozorování pro obě plochy.
- Graf č. 27** – Přehled průměrných tloušťek nově uhynulých dubů a habrů v porovnání s průměrnými tloušťkami stále zmlazujících jedinců v jednotlivých letech pozorování pro obě plochy.
- Grafy č. 28 a 29** – Měsíční úhrny srážek (mm) a průměrné měsíční teploty (°C) v jednotlivých měsících let 2015–2019
- Grafy č. 30–35** – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání s normály pro Středočeský kraj a Prahu v letech 1981–2010.
- Grafy č. 36–38** – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání s mortalitou dubu a habru na neoplocené ploše.
- Grafy č. 39–40** – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání mortalitou dubu a habru na oplocené ploše.
- Grafy č. 41 a 42** – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání se zjištěnými průměrnými výškami výmladků dubů a habrů pro srovnání na obou plochách.
- Graf č. 43** – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání se zjištěnými průměrnými výškami výmladků dubů pro srovnání na obou plochách.

Tabulky

- Tabulka č. 1:** Rozdělení dřevin podle DBH v (mm) do tloušťkových kategorií.
- Tabulka č. 2:** Výsledky lineárních modelů se smíšenými efekty pro plochu vytěženou v roce 2016 a následně oplocenou.
- Tabulka č. 3:** Přehledová tabulka nově uhynulých jedinců DB a HB v daném roce na neoplocené ploše a jejich průměrných výčetních tloušťek
- Tabulka č. 4:** Přehledová tabulka nově uhynulých jedinců DB a HB v daném roce na oplocené ploše a jejich průměrných výčetních tloušťek.
- Tabulka č. 5:** Pro SPI jsou definovány následující třídy
- Tabulka č. 6:** Hodnoty SPI (*Standardized Precipitation Index*) pro vybraná období sledovaných let.

1. Úvod

Přírodní rezervace Na Voskopě se nachází v jihozápadní části CHKO Český kras, v katastrálním území obce Suchomasty. Za severu ji obklopuje Velkolom Čertovy schody a.s., v jehož dobývacím území rezervace leží a který zde v minulém století výrazně ovlivnil způsob lesního hospodaření. Kvůli původně plánované těžbě vápence v oblasti byl po staletí intenzivně obhospodařovaný pastevní les v současné rezervaci ponechán od poloviny 20. století bez zásahu, což umožnilo zachování odrostlého výmladkového lesa (HRONÍK 2014, AOPK ČR 2012).

V současné době zde probíhá dlouhodobý experiment převodu přestárlé a předržené pařeziny na aktivní střední les organizovaný katedrou Ekologie lesa Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze. Jedním z primárních cílů je rozvolnění porostu a jeho proslunění, což by mělo mít pozitivní vliv na biodiverzitu zde vyskytujících se organismů (VAN CALSTER et al. 2008), především světlomilných druhů vázaných na nízký les.

Kromě ekologického aspektu může probíhající výzkum poskytnout náhled i do ekonomické stránky pařezinového hospodaření. Vzhledem k rostoucí poptávce po bioenergiích a stoupajícím a konkurenceschopnějším cenám palivového dříví a štěpky (KADAVÝ & KNEIFL 2014) může být relativně nenáročný pařezinový management zejména pro soukromé vlastníky lesa ekonomicky atraktivní. Například ve Francii či Itálii, kde je vysoký podíl lesních pozemků v soukromém vlastnictví, je pařezinové hospodaření velmi rozšířené – ve Francii až na 50 % lesních pozemků dle Polena (2007), Kantor (2012) uvádí 35 %. V České republice zaujímá nízký les pouhou jednu desetinu procenta lesní půdy (KONVIČKA et al. 2006).

Výzkum organizovaný katedrou Ekologie lesa FLD ČZU probíhá v severní části přírodní rezervace Na Voskopě od roku 2013 a sleduje zejména komplexní dynamiku ekosystému středního lesa po obnovení tradičního managementu. V průběhu roku 2013 zde bylo provedeno fytoecologické snímkování ve vymezených kruhových zkusných plochách (HRONÍK 2014), dále v předjaří roku 2014 byla provedena kompletní porostní inventarizace v podobě zaměření geografické polohy stromů na lokalitě (s parametrem DBH > 7 cm) a odečtena základní dendrometrická data (JELENECKÁ 2015). Na konci vegetační sezony roku 2015 zkoumal P. Dekan

ve své diplomové práci intenzitu zmlazení na pokusném pruhu vytěženém po zimě téhož roku (DEKAN 2016), a na konci vegetační sezóny roku 2016 provedl navazující výzkum J. Božka na téže ploše (tj. vytěžené v roce 2015) a rovněž na další ploše vytěžené v roce 2016 (BOŽKa 2017).

Na lokalitě byly provedeny další výzkumy, blíže popsané v kapitole Metodika.

2. Cíle práce

V přírodní rezervaci Na Voskopě v Českém krasu probíhá od roku 2013 experimentální výzkum pod vedením katedry Ekologie lesa Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze, kde se převádí přestárlá a předržená pařezina/střední les na aktivní střední les. Pro navázání na původní management je potřeba zdejší porosty prosvětlit pomocí těžebních zásahů. Ačkoli je zde radikální zásah potřebný pro udržení dobré kondice flóry i fauny, není zatím zcela jasný jeho vliv na jednotlivé aspekty zdejšího života, jelikož v současné době nemáme s takovými zásahy dostatečné zkušenosti.

Před začátkem vegetačních sezon let 2015 a 2016 zde došlo k vytěžení dvou pruhů (o rozměrech 25 × 125 m) s ponecháním 14 a 12 výstavků. Pruh vytěžený v roce 2016 byl následně oplocen jako ochrana proti zvěři. Na těchto pruzích od té doby probíhá (mimo jiné) každoroční sledování intenzity pařezového zmlazení.

Podstatou této práce je průběžný monitoring intenzity vegetativní regenerace jedinců přítomných dřevin v obnovené pařezině a analýza jejich dlouhodobých trendů. Kromě vyhodnocení aktuálních dat z lokality a analýzy jejich vztahu k dříve shromážděným datům o mateřských jedincích bude v této práci také nově přihlédnuto k vlivu počasí v jednotlivých sezonách předešlých let na intenzitu zmlazení především v oplocené ploše.

Práce tak přispěje k prohloubení poznatků biologických vlastností vůdčích druhů dřevin typických pro nížinné lesy českého termofytika.

3. Literární rešerše

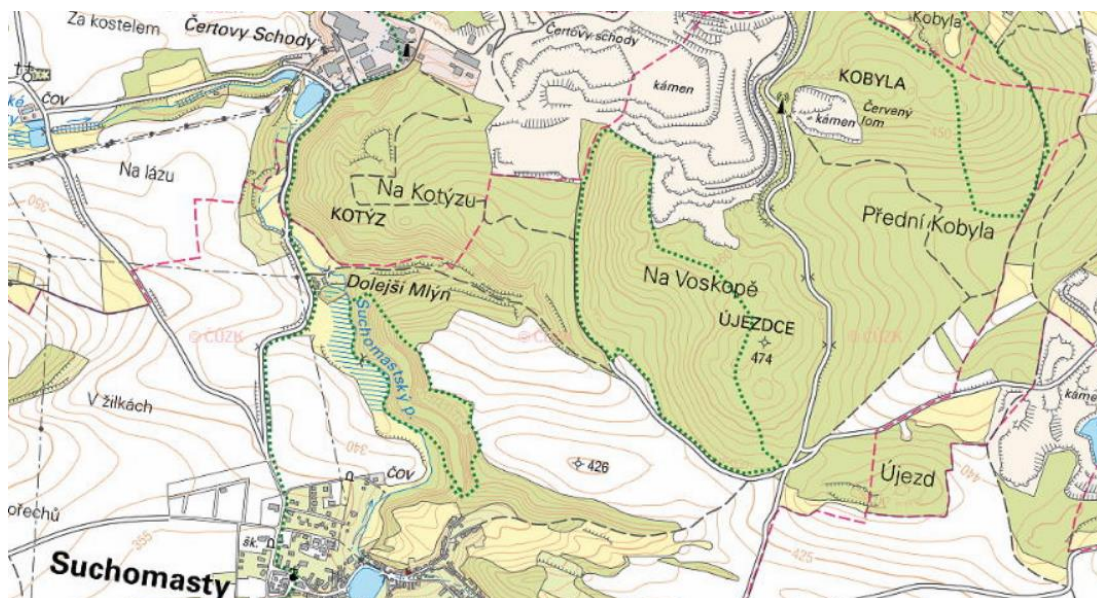
3.1 Přírodní rezervace Na Voskopě

Přírodní rezervace Na Voskopě, zřízena nařízením Správy chráněné krajinné oblasti Český kras č. 1/2012 ze dne 26. 11. 2012, je nejmladším maloplošným zvláště chráněným územím v CHKO Český kras. Rezervaci se zde podařilo zřídit po téměř patnáctiletých sporech a komplikovaných vyjednáváních s vlastníkem pozemku – Velkolomem Čertovy schody, a. s. Daná lokalita je totiž součástí delimitovaného dobývacího prostoru a téměř třetina současné rezervace leží v území, pro které bylo již počátkem 90. let minulého století vydáno povolení k těžbě (AOPK 2012).

3.1.1 Lokalizace rezervace

Přírodní rezervace Na Voskopě se nachází v katastrálním území Suchomasty v Berounském okrese ve Středočeském kraji. Leží v západní části chráněné krajinné oblasti Český kras, na úpatí dvojvrší Voskop a Újezdce. Vrch Voskop v minulosti dosahoval výšky 468 m n. m., nyní je jeho vrchol odtěžen. Kóta Újezdce sahá do výše 474 m n. m., vrchol však leží již za hranicí rezervace. Současná nadmořská výška rezervace se pohybuje mezi 392 a 473 m n. m. (AOPK ČR 2012).

Rezervace je přístupná z jihovýchodní strany po silnici III. třídy č. 11413 mezi obcemi Koněprusy a Bykoš, severní část rezervace se dotýká lomové stěny velkolomu Čertovy schody.



Obrázek č. 1: Lokalizace PR Na Voskopě.

Přírodní rezervace je na mapě vyznačena zelenou tečkovanou čarou.

(Zdroj: upravená mapa z <http://geoportal.gov.cz>, CENIA 2021).

3.1.2 Předmět ochrany

Nařízení č. 1/2012 ze dne 26. 11. 2012 Správy Chráněné krajinné oblasti Český kras, kterým se zřizuje Přírodní rezervace Na Voskopě a jenž stanoví její bližší ochranné podmínky, uvádí následující předměty ochrany:

“a) nízkokmenné habrové (*Melampyro-Carpinetum*) a dřínové doubravy (*Corno-Quercetum*) s přechody do reliktních pěchavových borů, pěchavových trávníků (*Primulo-Seslerietum*), kostřavových trávníků (*Carici humilis-Festucetum sulcatae* a *Fragario-Festucetum*) a vápnomilných bučin (*Cephalanthero-Fagetum*), hostících nejvýznamnější zvláště chráněné druhy – krušík růžkatý (*Epipactis muelleri*) a okrotici červenou (*Cephalanthera rubra*). Významná mykologická lokalita s bohatým výskytem vzácných druhů hřibovitých hub, hřibu královského (*Boletus regius*) a hřibu Fechtnerova (*Boletus fechtneri*), dále pak pavučinců z podrodu *Phlegmacium*. Lokalita zvláště chráněné užovky hladké (*Coronella austriaca*) a ohrožených druhů motýlů – vřetenušky chrastavcové (*Zygaena osterodensis*), lišejníkovce malého (*Setina roscida*);

b) ochrana geologického reliéfu s povrchovými krasovými jevy a krasovými kapsami s jejich výplněmi“ (AOPK ČR 2012).

3.1.3 Potenciální přirozená vegetace

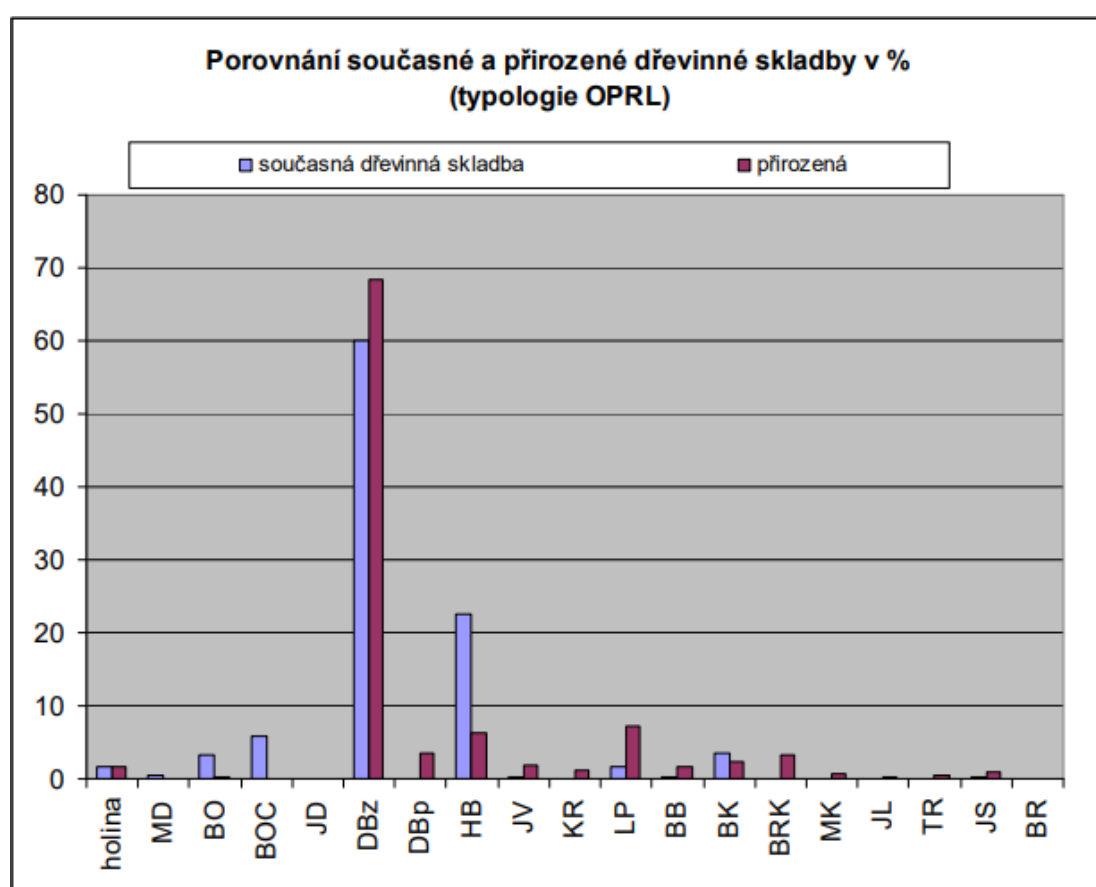
Potenciální přirozená vegetace představuje takové vegetační složení, které by se vytvořilo na určitém území za určitou dobu (obvykle 100 let), kdyby se vyloučily veškeré antropogenní vlivy (MORAVEC et al. 1994). Přírodní rezervace Na Voskopě se nachází na území mapovací jednotky č. 7 dle Mapy potenciální přirozené vegetace České republiky (NEUHÄUSLOVÁ et al. 1998), tedy v černýšové dubohabřině. Černýšové dubohabřiny se v České republice nacházejí průměrně ve 250 až 450 m n. m. Tuto jednotku tvoří spíše stinné dubohabřiny s převládajícím dubem zimním (*Quercus petraea*) a habrem obecným (*Carpinus betulus*). Příměs tvoří často lípa srdčitá (*Tilia cordata*), na vodou více ovlivněných stanovištích i lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*), dub letní (*Quercus robur*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javory klen a mléč (*Acer pseudoplatanus*, *A. platanoides*) a třešeň ptačí (*Prunus avium*). Ve vyšších nadmořských výškách se objevuje buk lesní (*Fagus sylvatica*) a jedle bělokorá (*Abies alba*). V bylinném patře převládají mezofilní druhy, jako jsou jaterník podléška (*Hepatica nobilis*), svízel lesní (*Galium sylvaticum*), zvonek broskvolistý (*Campanula persicifolia*), hrachor jarní (*Lathyrus vernus*), černýš hajní (*Melampyrum nemorosum*), bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*), kopytník evropský (*Asarum europaeum*), řimbaba chocholičnatá (*Pyrethrum corymbosum*), violka lesní (*Viola reichenbachiana*), aj. (NEUHÄUSLOVÁ et al. 1998).

3.1.4 Popis lesních porostů a bezlesí

Většinu Přírodní rezervace Na Voskopě pokrývá dubohabrový háj svazu *Carpinion* s abundantním bylinným patrem. Jsou zde nízkokmenné habrové a subtermofilní doubravy (*Melampyro-Carpinetum*, *Corno-Quercetum*) s přechody do rozvolněných, historicky pastevních, lesů. V těchto se vyskytuje silně ohrožený krušík růžkatý (*Epipactis muelleri*) a ohrožená sasanka lesní (*Anemone sylvestris*). Na mělčí půdě jihozápadních svahů se ojediněle vyskytují teplomilné doubravy svazu *Quercion pubescenti-petraeae* s příměsí ohroženého dřínu obecného (*Cornus mas*) a dubu pýřitého (*Quercus pubescens*). Ve střední a severní části rezervace, na vodou více ovlivněných, většinou severně orientovaných svazích, jsou vyvinuty bukové porosty (svaz *Fagion*) s padlými i stojícími odumřelými kmeny,

kteří tvoří ideální životní podmínky pro několik vzácných druhů bezobratlých. Na severu rezervace se dále nacházejí zajímavé a dobře zachovalé vápnomilné bučiny podsvazu *Cephalanthero-Fagenion* s populací pěchavy vápnomilné (*Sesleria calcarea*) a ohroženého zimostrázku nízkého (*Polygala chamaebuxus*), které přecházejí v úsek vápencového boru (AOPK ČR 2012).

V roce 2012 bylo v rezervaci následující složení dřevin: dub zimní 60 %, habr obecný 23 %, borovice černá 6 %, buk lesní 3 %, borovice lesní 3 % a další dřeviny (lípa srdčitá, javor babyka, modřín opadavý, jeřáb břek, aj.) v zastoupení přibližně 3 % (AOPK ČR 2012).



Graf č. 1 – Sloupcový graf porovnávající současnou a přirozenou dřevinnou skladbu v PR Na Voskopě (převzato od AOPK ČR 2012).

Vysvětlivky: BB = javor babyka, BK = buk lesní, BO = borovice lesní, BOC = borovice černá, BR = břiza bělokora, BRK = jeřáb břek, DBP = dub pýřitý (šipák), DBZ = dub zimní, HB = habr obecný, JD = jedle bělokora, JL = jilmy, JS = jasan ztepilý, JV = javor mléč, KR = keře, LP = lípa srdčitá, MD = modřín opadavý, MK = jeřáb muk (a dunajský), OS = topol osika, TR = třešeň ptačí.

Současný vysoký podíl zastoupení habru v rezervaci je důsledkem pařezinového způsobu hospodaření na této lokalitě. Modřín opadavý a borovice černá se zde většinou vyskytují ojediněle či v menších skupinách a v přirozené skladbě se vůbec nevyskytují. V současné skladbě má oproti minulosti relativně nízké zastoupení lípa, rozdíl mezi přirozeným a skutečným zastoupením ve skladbě porostu u ostatních dřevin nejsou tak výrazné. Zastoupení buku je na této lokalitě v podstatě přirozené. Častěji než v jiných částech Českého krasu se zde setkáváme s příměsí třešně ptačí (*Prunus avium*), jeřábu břeku (*Sorbus torminalis*) a jeřábu dunajského (*Sorbus danubialis*). Podél jižní hranice rezervace se ve větší míře vyskytuje dub letní (*Quercus robur*). Dále zde můžeme najít duby z agregátu dubu zimního – dub žlutavý a dub mnohoplodý. Jejich zastoupení v rezervaci není přesně známo. Většina zdejších porostů je vysoce strukturovaná a s bohatým keřovým patrem. To tvoří převážně růže šípková (*Rosa canina*), dřín obecný (*Cornus mas*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*), hloh jednosemenný (*Crataegus monogyna*) a další druhy. Na některých méně exponovaných stanovištích živné řady se začíná v přirozeném zmlazení prosazovat jasan.

Nízko nasazené koruny a výskyt jalovce obecného v keřovém patře naznačují, že vápencová bučina v centrální části rezervace, nyní ve fázi rozpadu, byla v minulosti rozpojeným porostem s nízkým zakmeněním. To svědčí o historickém využívání území k pastevním účelům. Je zde vysoký podíl mrtvého dřeva a projevuje se intenzivní zmlazení buku s přimíšeným habrem.

Ačkoli je zde selský způsob hospodaření stále patrný, podíl výmladkové složky je v PR Na Voskopě nižší než ve většině porostů této oblasti. Pařeziny se nacházejí především na západních svazích přiléhajících ke komunikaci vedoucí do lomu, zejména v porostu 84B9 a dílčí ploše 84B9a a 84A11.

Zásoba dříví zjištěná pro porost experimentální plochy v severní části přírodní rezervace činí zhruba $136 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, z čehož $84 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ připadá na jednokmenné stromy a $53 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ na stromy rostoucí v polykormonech. Toto je zajímavé, vezmeme-li v úvahu, že počet polykormonů v porostu výrazně převažuje. Celková zásoba dříví je na porost o věku 84 let poměrně nízká (ŠÁLEK et al. 2014).

PR Na Voskopě leží v 1. a 2. lesním vegetačním stupni (LVS) (AOPK ČR 2012). První, dubový LVS se obvykle nachází na lokalitách s průměrnou roční teplotou nižší než 8 °C, průměrným ročním srážkovým úhrnem do 600 mm a délkou vegetační doby delší než 165 dní. Klimaxová dřevinná skladba obsahuje především dub zimní. Tento LVS zaujímá v České republice přibližně 8,31 % plochy lesních porostů.

Druhý, bukodubový LVS se nachází na lokalitách s průměrnou roční teplotou v rozmezí 7,5 až 8 °C, průměrným ročním úhrnem srážek mezi 600 a 650 mm a trváním vegetační doby 160–165 dní. Zde má nejvyšší procento zastoupení dub zimní, v porostech se dále často vyskytují habr obecný a buk lesní. Druhý LVS zaujímá v České republice přibližně 14,89 % plochy lesních porostů. (KŘIVÁNEK 2009).

Primární a sekundární bezlesí na lesní půdě v rezervaci je tvořeno biotopy kostřavových a pěchavových trávníků. Podíl primárního bezlesí je zde nejspíše velmi malý, převládá sekundární bezlesí, vzniklé následkem pastvy. Tyto trávníky se rozkládají na mělké půdě s vystupujícími kameny a vápencovými skalkami (AOPK ČR 2012).

3.1.5 Historie managementu v lokalitě Na Voskopě

Lesní porosty v Českém krasu byly hojně vyžívány nejen pro produkci dřeva, ale také pro pastvu či k hrabání steliva. Svědčí o tom například již zmíněné porosty buků s nízko nasazenými korunami a nízkým zakmeněním, či přítomnost jalovce obecného v keřovém patře. Tento intenzivní a dlouhodobý způsob hospodaření se podepsal na současné podobě vegetace i v rezervaci Na Voskopě (AOPK ČR 2012). V místních lesních porostech se plně využíval pařezinový způsob hospodaření s využitím výmladkové, vegetativní, regenerace. Udržovala se velmi krátká doba obmýtí a po těžbě se nezalesňovalo (AOPK ČR 2012). Kombinace tohoto způsobu hospodaření, pastvy a hrabání steliva měla za následek změny ve struktuře porostů i v druhové skladbě podrostu. Porosty jsou rozvolněné, dřeviny dosahují malých výšek i tloušťek, v bylinném patře se daří xerothermním druhům (AOPK ČR 2012).

K zákazu hrabání steliva došlo až v druhé polovině 19. století. Zároveň se v tomto století začalo upouštět od chovu ovcí, který ztrácel na lukrativnosti (AOPK ČR 2008). Od počátku 20. století se zde začínají výmladkové lesy převádět na lesy vysoké, někdy vysazováním jehličnatých monokultur (FELLNER et al. 1983). Přírodní rezervace Na Voskopě je jedním z mála území, kde se pařeziny dochovaly dodnes.

3.2 Obnova lesa

Obnovou lesa rozumíme proces, kterým dochází k nahrazení současného, obvykle dospělého lesního porostu, novými generacemi dřevin. Primární členění je dáno způsobem vytváření nových porostů. Rozlišujeme obnovu přirozenou a obnovu umělou (POLENO et al. 2011)

3.2.1 Obnova přirozená

Při přirozené obnově jedinci nové generace vznikají autoreprodukcí mateřského porostu. Přirozená obnova probíhá samovolně, proto může probíhat i v hospodářských lesích. Pomocí přirozené obnovy je vhodné obnovovat pouze přirozené porosty původních či cenných ekotypů, ne porosty tvořené dřevinami nevhodných proveniencí (SANIGA 2010). Při přirozené obnově je půda trvale kryta a má tak trvalý charakter lesní půdy (MAUER 2009).

Přirozenou obnovu rozlišujeme na vegetativní a generativní. Generativní obnova neboli obnova semenného původu je rozšířenějším způsobem přirozeného zakládání nových generací. Mezi pozitiva přirozené generativní obnovy patří například zachování kontinuity místních ekotypů dřevin, které jsou zpravidla více rezistentní proti biotickým škůdcům a abiotickým činitelům typickým pro dané stanoviště. Z hospodářského hlediska pozitivně vnímáme u tohoto typu obnovy také nízké náklady na vznik nového porostu či obvykle samovolný proces výběru nejzdatnějších jedinců do horní úrovně porostu. Mezi negativa tohoto generativní přirozené obnovy patří závislost na plodivosti mateřských jedinců, nemožnost změny druhové skladby, či vyšší pěstební náklady na první výchovné zásahy v přehoustlých či nepravidelně zmlazených porostech (KANTOR et al. 2012). Přirozená vegetativní obnova může probíhat formou pařezového zmlazení, kořenovými výmladky či hřížením (schopnosti větví některých dřevin při styku s vlhkou půdou zakořenit).

Nejrozšířenější a nejvýznamnější formou vegetativní obnovy je pařezové zmlazení. Kromě druhu dřeviny má na výmladkové zmlazení vliv několik dalších faktorů. Zejména se jedná o půdní podmínky, oslunění, věk mateřského jedince a jeho postavení v porostu (KANTOR et al. 2012).

3.2.2 Obnova umělá

Jedná se o cílevědomou výsadbu reprodukčního materiálu či výsev osiva. Cílem je kromě zalesnění holiny především snaha o dosažení kvalitního porostu (MAUER 2009). Umělá obnova je hlavním způsobem obnovy holosečí, také se praktikuje ve formě podsadby či podsíje při clonném hospodaření (POLENO et al. 2011).

Hlavními výhodami umělé obnovy jsou možnost vysazení žádoucích druhů dřevin a jejich rychlejší odrůstání buřeni a zvěři. Aplikací umělé obnovy získáme jistotu genetické kvality nového porostu, které můžeme docílit použitím kvalitního materiálu (MAUER 2009).

3.3 Hospodářské tvary lesa

Hospodářské tvary lesa se podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 298/2018 Sb. rozlišují následovně:

- „1. vysoký tvar, pro lesní porosty vzniklé ze semen nebo sadebního materiálu lesních dřevin,
2. nízký tvar, pro lesní porosty vzniklé výmladností a
3. střední tvar, pro lesní porosty, u kterých spodní etáž vznikla převážně výmladností a jedna či více horních etáží vznikly převážně ze semen nebo sadebního materiálu lesních dřevin“ (Vyhláška MZe č. 298/2018 Sb.).

Diplomová práce byla zaměřena na studium nízkého a středního lesa, proto je o těchto dvou tvarech dále podrobněji pojednáno.

3.3.1 Nízký les

Nízký les, les výmladkový, či pařezina (anglicky *coppice forest*, německy *Niederwald* či *Ausschlagwald*, francouzsky *taillis simple*) (GREBENSCHIKOV 1963) vzniká a obnovuje se výmladky, a to převážně pařezovými. Ty mají schopnost vytvářet obzvláště druhy jako dub, habr, jasan, lípa,

akát. Kořenové výmladky pak vytvářejí například topol osika či akát (POLENO et al. 2007) anebo jeřáb břek (THOMAS 2017). Nízký les tedy tvoří listnáče, jehličnany, s výjimkou několika u nás nepůvodních druhů (THOMAS & PACKHAM 2007), vlastnost vegetativního rozmnožování nemají. Vznik a udržování tvaru nízkého lesa je podmíněn lidskou činností (ZLATNÍK 1957). Výmladky, obzvláště prvních pár let po pokácení mateřského porostu, rostou poměrně rychle a předrůstají jedince semenného původu. Kolem věku 25–30 let se však růst výmladků rapidně zpomaluje a generativní jedinci je začínají předrůstat. Proto se v pařezinových porostech praktikuje krátká doba obmýtí, předrřžovat výmladky by bylo neekonomické. Obmýtí pařezin je obvykle v rozmezí 30–40 let, pouze výjimečně až 60 let (LANDA & PROCHÁZKA 1960), může však být i kratší, například extrémně již pět let v případě vrby při sklizení proutí (tzv. prutníky) (TESAŘ et al. 1996).

Pařezové výmladky jsou často rozvětvené, tedy sukaté, na bázi zakřivené a nedosahují zdaleka takových dimenzí, jako generativní jedinci. Jsou tedy vhodné na využití zejména jako palivové dříví (HÉDL & SZABÓ 2010). Ve srovnání s generativními jedinci bývají častěji napadány hnilobou, a proto se nedožívají tak vysokého věku. Výmladky se ve srovnání s jedinci ze semene vyvíjejí vyšším tempem. Dříve plodí, ale také dříve zpomalují růst a dříve umírají (LANDA & PROCHÁZKA 1960). Celková produkce dobře obhospodařované a vitální pařeziny se vyrovná celkové produkci vysokého lesa, hodnotový přírůstek je však výrazně nižší (TESAŘ et al. 1996).

Pařezení je nejstarší formou hospodaření v lesích. Po staletí byla většina evropských lesů udržována bez použití sazenic (THOMAS & PACKHAM 2007). Od 18. století začínají být nízké a střední lesy převáděny na lesy vysoké (UTINEK 2014). Důvodem je potřeba zvýšení produkce sortimentů vhodných na další zpracování. S příchodem uhlí a ropy lesy přestávají být využívány jako zdroj paliva (HÉDL & SZABÓ 2010) a lesních plodů a jako prostor k pastvě, namísto toho jsou zdrojem užitkového a stavebního dříví. Probíhá snaha o maximalizaci produkce na jednotku plochy zvýšením doby obmýtí. Upravuje se druhová i výšková struktura porostu a čím dál více se aplikuje umělá obnova (UTINEK 2014).

Na počátku 20. století zaujímaly nízké lesy na území České republiky přibližně 4 % rozlohy lesních pozemků (KONVIČKA et al. 2006), v průběhu 20. století se od tohoto způsobu hospodaření téměř zcela upustilo (HÉDL & SZABÓ 2010) a v současné době zaujímají nízké lesy na území České republiky pouhých $0,5 \pm 0,1$ % celkové rozlohy lesů (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018). Konvička uvádí pouze 0,1 % z celkové rozlohy lesů (2006). Zpravidla jde však o předržené a přestárlé porosty, často v přírodních rezervacích, které už dlouhou dobu nejsou obhospodařovány (KONVIČKA et al. 2006).

Tvar lesa nízkého je velmi vzdálený podobě a vývoji přirozeného lesního ekosystému. Vlivem krátké doby obmýti je nízký les stále udržován ve fázi dorůstání, časté odnímání biomasy, ať už těžbou dřevní hmoty či doprovodným hrabáním steliva či sklízením letniny, silně omezuje koloběh živin (TESAŘ et al. 1996).

3.3.2 Střední les

Střední les je etážový hospodářský tvar lesa, kde je spodní etáž tvořena pařezinou, horní pak různě starými jedinci generativního původu (TESAŘ et al. 1996). Jde tedy o lidskou činností ovlivněný les s typickou schopností obnovy některých dřevin (ZLATNÍK 1957). Dle POLENA (2007) se střední les rozlišuje na pravý a nepravý. V horní etáži pravého středního lesa jsou zastoupeni jedinci generativního původu, kdežto nepravý střední les obsahuje kvalitní jedince z výmladkové etáže či z nepravé kmenoviny. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 298/2018 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů však les střední dále nečlení.

Pro údržbu středního neboli sdruženého lesa je potřeba při každém výrazném zásahu do výmladkové etáže ponechat či vysadit určitý počet jedinců generativního původu. Jeho pěstování je odborně náročné, je důležité udržovat optimální vztah mezi etážemi, usměrňovat druhovou skladbu, počet výstavků, míru zápoje, a to podle hospodářského cíle s ohledem na podmínky na daném stanovišti a růstové vztahy mezi dřevinami (TESAŘ et al. 1996).

Střední les nevyužívá dostatečně produkčního potenciálu stanoviště. Proto byl (nejen) u nás v minulosti převáděn na les vysoký (TESAŘ et al. 1996). V posledních desetiletích popularita tohoto hospodářského tvaru lesa však stoupá,

a to zejména v západní Evropě (POLENO et al. 2007). Důvodem je především vysoká ekologická hodnota těchto lesů, zejména z hlediska potenciální biodiverzity (TESAŘ et al. 1996).

V České republice se zastoupení středního lesa od počátku 19. století snižuje. Z původních 2,5 % klesl na 0,02 % z celkové rozlohy lesů ČR (KONVIČKA et al. 2006).

Ve Zprávě o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018 je však uveden podíl středního lesa z celkové rozlohy lesů ČR $2,4 \pm 0,3$ % (Ministerstvo zemědělství 2019).

4. Metodika

4.1 Popis experimentu

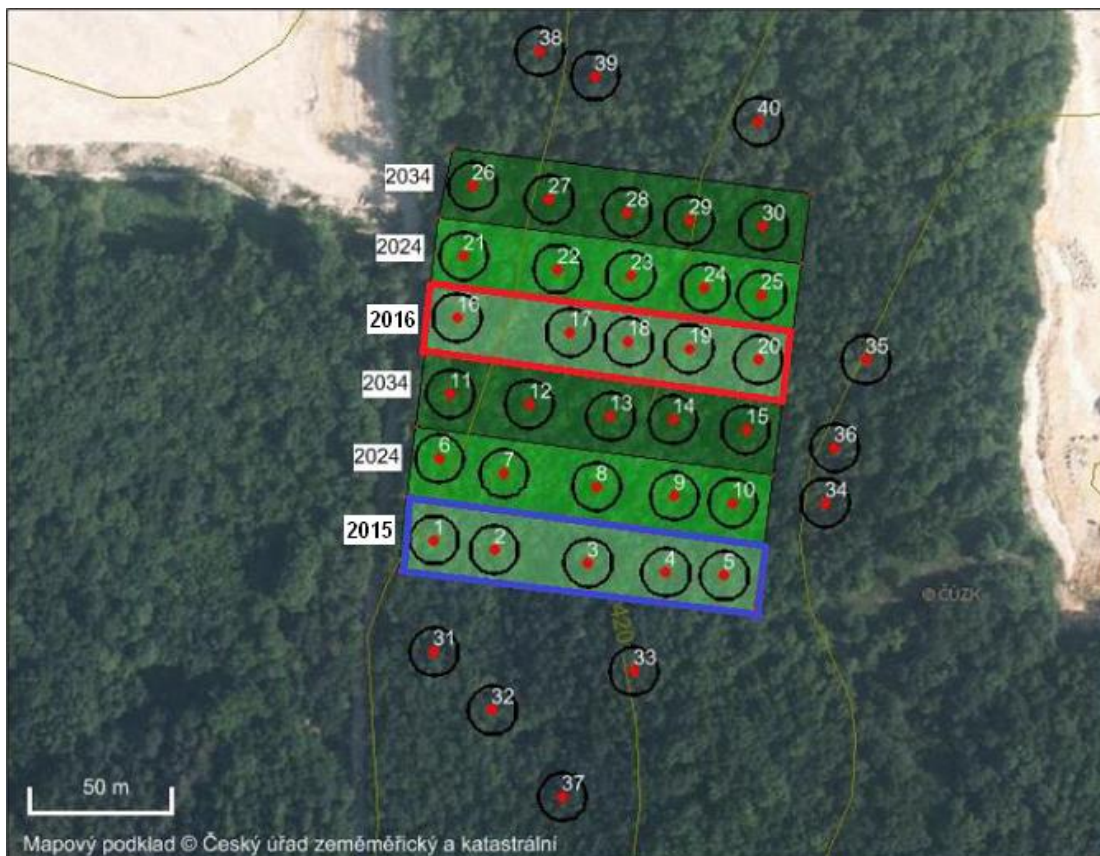
V přírodní rezervaci Na Voskopě se nachází typ tzv. selského lesa, po staletí intenzivně obhospodařovaného, a kromě k těžbě palivového dříví využívaného také pro pastvu dobytka, hrabání steliva či získávání letniny pro dobytek (AOPK ČR 2012).

Rezervace je jednou z posledních lokalit, kde je zachován výmladkový les. O zachování podoby zdejších porostů se nepřímo zasadil sousedící Velkolom Čertovy schody, a.s., jelikož od poloviny minulého století je celá oblast součástí dobývacího prostoru a pro třetinu území rezervace bylo dokonce na počátku 90. let vydáno povolení k těžbě. To vše mělo za následek přerušení veškerého managementu, díky čemuž se zde výjimečný výmladkový les dochoval dodnes (AOPK ČR 2012). Zároveň zde však ale došlo k úplnému zapojení porostů, což mohlo a pravděpodobně vedlo k redukci biodiverzity (VAN CALSTER et al. 2008).

Proto je žádoucí na původní management navázat a pomocí těžebních zásahů zdejší porosty prosvětlit. Ačkoli je zde radikální zásah potřebný pro udržení dobré kondice flóry i fauny, není zatím zcela jasný jeho vliv na jednotlivé aspekty zdejšího života, jelikož v současné době nemáme s takovými zásahy dostatečné zkušenosti.

Právě proto zde Katedra ekologie lesa Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze od roku 2013 provádí dlouhodobý experiment, který by měl poskytnout zásadní informace o vlivu pařezinového hospodaření na přítomné druhy (HRONÍK 2014).

Výzkum probíhá na porostu 84B9a. V předjařích let 2015 a 2016 zde byly smýceny dva pruhy o rozměrech přibližně 25 × 125 m. Pruh smýcen v roce 2016 byl oplocen, pruh smýcen v roce 2015 byl ponechán bez oplocení. Takových pruhů je zde celkem šest, jejich hraniční stromy jsou v terénu označeny svislým pruhem. Pro zbylé čtyři pruhy je těžba naplánována na roky 2024 a 2034 (těžba bude však posunuta až na období 2025 a 2035, se zohledněním první etapy kácení). V každém ze zkusných pruhů se nachází pět kruhových zkusných ploch o poloměru 8,5 m se středem vyznačeným geodetickým mezníkem (viz obrázek č. 2).



Obrázek č. 2: Výřez z mapy zobrazující lokalizaci a označení trvalých zkusných ploch, zkusné pruhy a rok jejich plánované těžby (Převzato z: HRONÍK 2014, upraveno).

Pozn.: Barevným obdélníkem jsou označeny smýcené pruhy zkoumané v této práci, přičemž modrý pruh zůstal neoplocen a červený pruh je oplocený.

Ve vzdálenosti alespoň 15 metrů od těchto zkusných pruhů bylo založeno dalších 10 bezzásahových, kontrolních, kruhových zkusných ploch. Začátkem roku 2014 byla pomocí technologie FieldMap zaměřena geografická poloha stromů na lokalitě a odečtena vybraná dendrometrická data (JELENECKÁ 2015). V předjaří roku 2015 byl smýcen první pruh, na obrázku č. 2 označen modře. Bylo zde ponecháno čtrnáct výstavek. Na jaře téhož roku byl odečten věk na padesáti přítomných pařezech. Na konci vegetační sezony byla pak poprvé provedena kontrola výmladkové regenerace pařezů na pokácené ploše. Kontrola mimo jiné odhalila narůstající tlak zvěře, a proto byl na této ploše aplikován postřik přípravkem Aversol (DEKAN 2016).

Na konci zimy roku 2016 byl smýcen druhý pruh, na obrázku č. 2 označen červeně, s dvanácti ponechanými výstavkami. V létě byl tento pruh oplocen kvůli

ochraně proti zvěři. Na konci vegetační sezony roku 2016 navázala práce provádějící kontrolu výmladkové regenerace již na obou smýcených pruzích (BOŽKA 2017). V březnu roku 2016 a v březnu roku 2017 probíhal na 10 zkusných plochách mimo vytyčené pruhy výzkum zaměřený na rozšíření druhů dubu a jejich kříženců a dalších dřevin, jako habru obecného, jeřábu muku, dřínu, či jalovce (ERBA 2017). V roce 2017 hodnotil dynamiku managementu v těchto lesích pomocí analýzy letokruhů z vývrtů nejstarších jedinců v porostu ŠTEFL (2018) a na konci této vegetační sezony proběhlo pokračující měření intenzity zmlazení všech pařezů na obou smýcených pruzích (CUKR 2018). V roce 2018 se zde PANOCHA (2019) zaměřil na výmladkovou schopnost dalších druhů dřevin, zejména jeřábů břeku a muku a dřínu obecného. Na konci vegetační sezony roku 2018 opět proběhl odečet intenzity zmlazení všech pařezů na obou smýcených pruzích (ŠVANDOVÁ nepublikováno).

Tato práce předkládá výsledky zatím posledního opakovaného měření intenzity zmlazení u všech pařezů na obou smýcených pruzích na konci vegetační sezony 2019.

4.2 Sběr a zpracování dat

4.2.1 Kontroly stavu výmladků a sběr dat

Kontrola stavu zmlazení na lokalitě proběhla v průběhu sedmi dní v intervalu od 24. října do 1. prosince 2019. Vzhledem k narůstajícím dimenzím výmladků a jejich olistění proběhl sběr dat později než v roce 2017, kdy práce v terénu probíhaly od 31.října do 10. listopadu. Všechny listnáče s výjimkou buku a dubu již byly touto dobou bez listů, což výrazně usnadnilo měření a počítání výmladků.

K orientaci na ploše byl použit stejný mapový výstup z programu ArcGIS jako v roce 2017, jehož podkladem byla data z aplikace FieldMap (JELENECKÁ 2015), doplněný o grafické znázornění druhů dřevin, jejich výčetních tloušťek a počtu jedinců v polykormonu.

Výšky nejvyšších výmladků byly měřeny svinovacím metrem. K obsluze svinovacího metru jsou za potřeby dvě ruce, a proto se tato metoda hodí pouze k měření výmladků o maximální celkové výšce přibližně jako je rozpětí rukou (jedna ruka drží začátek metru u báze výmladku a druhá vine metr k vrcholu výmladku).

Vzhledem k tomu, že na oplocené ploše smýcené v roce 2016 výmladky často dosahují výšek i přes 2 metry, bylo nutné použití improvizované měřičské latě v podobě více než 3 metry dlouhé, průběžně rovné větve habru vytnuté z blízkého porostu. Na té jsem vytvořil zářezy ve vzdálenostech po 25 cm a pomocí černé fixy doplnil úseky po pěti centimetrech. Vzdálenost terminálu byla vždy odhadnuta s přesností na pět centimetrů.

K zaznamenávání naměřených hodnot byla použita aplikace Záznamník v mobilním telefonu a souprava *handsfree*.

Na každém pařezu obou ploch bylo zjištěno pět následujících hodnot. Výška nejvyššího výmladku (od báze – většinou od místa rašení z pařezu po terminální pupen) v centimetrech, počet výmladků byl určen pomocí odhadové stupnice (1 = 1–3 výmladky, 2 = 4–10 výmladků, 3 = 11–20 výmladků, 4 = 21–40 výmladků a 5 = 41 výmladků a více), průměrná výška výmladků v centimetrech, největší horizontální šířka výmladkového chomáče v centimetrech (kořenové výmladky byly započítávány jen v případech, kde nebylo sporu o jejich příslušnosti k danému pařezu) a míru okusu zvěří za pomoci odhadové stupnice (1 = bez okusu, 2 = okousáno do 50 % počtu výmladků, 3 = okousáno více než 50 % všech výmladků) (CUKR 2018).

4.2.2 Digitalizace dat

Všechna tato získaná data byla z audio souborů přepsána do počítačového programu MS EXCEL a byla k nim přiřazena následující data získaná z inventarizace struktury lesního porostu (JELENECKÁ 2015) (*ID* – unikátní identifikační číslo, *DBH* – výčetní tloušťka v 1,3 m, *orig* – původ jedince – *S/P* = semenáček či zmlazení z pařezu, *height* – výška stromu (m), *cbm* – výška nasazení koruny (m), *clm* – délka koruny (m), *chr* – poměr *clm/height*). Z další diplomové práce (BOŽKA 2017) byly k těmto datům přiřazeny údaje o tloušťkové kategorii měřených jedinců (TK 1–6 dle DBH, kdy každá dřevina má svou stupnici, viz tabulka č.1), o pozici jedinců na svahu (hodnoty 1–5, přičemž 1 je nejnižší pozice na svahu, 5 odpovídá pozici nejvýše na svahu) a průměrné výšce pařezů. Takto doplněná data byla dále využita jako proměnné k regresním analýzám.

Tabulka č. 1: Rozdělení dřevin podle DBH v (mm) do tloušťkových kategorií.
Vysvětlivky: TK = tloušťková kategorie. Převzato z diplomové práce BOŽKA 2017.

Dřevina	TK 1	TK 2	TK 3	TK 4	TK 5	TK 6
habr obecný (<i>Carpinus betulus</i>)	21–70	71–90	91–110	111–130	131–150	154–295
dub (<i>Quercus</i> sp.)	60–100	101–140	141–180	181–220	221–255	256–418
jeřáb břek (<i>Sorbus torminalis</i>)	57–147	148–300				

Svah je vertikálně rozdělen na pět výškových stupňů dle HRONÍKA (2014) a každý z pařezů spadá do jednoho z nich. U báze svahu je půda hlubší, bohatší na vláhu a živiny, v horní části naopak sušší, chudší a mělčí. Čísla 1 až 5 jsou přiřazena segmentům ve vzestupném pořadí dle pozice jedince na svahu. Tak vznikla další proměnná určující potenciální vliv polohy pařezu na svahu na intenzitu jeho zmlazení; tato proměnná představuje *proxy* proměnnou podchycující vliv půdního prostředí podél svahové katény.

Kromě výše uvedených proměnných byla pro tuto práci na rozdíl od předchozích studií přidána informace o rozdělení pařezů dle osluněnosti stanoviště. Za tím účelem bylo třeba graficky znázornit za pomoci grafického editoru na výše zmíněných mapových výstupech okrajové 6 m široké pásy. Pařezy spadající do těchto okrajových pásů byly označeny jako pařezy na polostinném stanovišti písmenem A a pařezy ležící ve střední části smýceného pruhu, na kterou připadá šířka 13 metrů, byly označeny jako pařezy na osluněném stanovišti písmenem B. Účelem této úpravy bylo ověření hypotézy, že jedinci na kraji jsou vždy buďto ráno či večer v zástínu přilehlých porostů, kdežto jedinci uprostřed smýceného pruhu jsou slunečnímu záření vystaveni téměř po celý den, a to se může odrážet v diferencované rychlosti odrůstání výmladků na obou typech stanovišť.

Použitím řady vysvětlujících proměnných uvedených výše můžeme zkoumat závislosti nejen mezi intenzitou zmlazení a dimenzemi mateřského jedince, ale i stanovištními vlivy jak obecnými (úhrny srážek a průměrné teploty v daných obdobích let kdy probíhá monitoring intenzity zmlazení), tak i lokálními (vertikální

pozice na svahu ve vztahu s půdní vláhou a nově i horizontální pozice ovlivňující intenzitu slunečního záření v průběhu dne).

4.2.3 Statistické analýzy

V této práci jsou s použitím statistických programů R 4.0.5 (R CORE DEVELOPMENT TEAM 2021) a STATISTICA 12 (STATSOFT, Inc. 2013) zpracována data získána na podzim roku 2019 na pruhu vytěženém v roce 2016 a následně oploceném. V předchozích letech byla s použitím těchto programů vyhodnocována data z obou pruhů, ale vzhledem k enormnímu tlaku zvěře na neoplocené ploše zde dimenze výmladků není možné porovnávat s predispozicemi jedinců,

ani se stanovištními vlivy. Kvůli vysoké mortalitě na neoplocené ploše smýcené v roce 2015 je nyní vzorek dat z neoplocené plochy takřka o 50 % menší než z oplocené. Konkrétně se jedná o 145 jedinců dubu (*Quercus* sp.), habru obecného (*Carpinus betulus*), a jeřábu břeku (*Sorbus torminalis*) na neoplocené ploše a 284 jedinců těchto druhů na ploše oplocené. Počty jedinců ostatních druhů jsou statisticky nízké, proto nebyly pro analýzy zahrnuty. U druhů jako javor babyka (*Acer campestre*) či buk lesní (*Fagus sylvatica*) tomu tak bylo i v předchozích letech, nicméně jedinců javoru mléče (*Acer platanoides*) bylo dříve alespoň na oplocené ploše dostatek, vlivem vysoké mortality se však počet živých a stále zmlazujících jedinců výrazně snížil, a proto byl tento druh z analýz také, poprvé, vyřazen.

Data z oplocené plochy byla vyhodnocena analogicky dle BOŽKY (2017) a CUKRA (2018) kvůli konzistenci a kontinuitě pozorovatelných změn v čase.

Explorační analýza dat a regresní analýzy byly provedeny za pomoci programu R 4.0.5. Pro tyto účely bylo potřeba data dosud zpracovávaná v programu MS EXCEL exportovat do formátu *csv* (*comma-separated values*).

Z upravených terénních dat z roku 2019 bylo vytvořeno 16 interakčních grafů pro každý ze zkoumaných pruhů. Ty byly vytvořeny v programu R za pomocí funkce *interaction.plot*. Stejně jako v práci CUKRA (2018) znázorňují interakce mezi každoročně měřenými hodnotami popisujícími intenzitu zmlazení jedinců (výšky nejvyšších výmladků, průměrné výšky výmladků, počty výmladků a nejdlejší horizontální šířky výmladkového chomáče) a původem jedince, pozicí jedince na

svahu a tloušťkovou kategorií mateřského jedince pro tři nejvíce zastoupené druhy dřevin (DB, HB, BRK). V této práci však byla jednotlivým pařezům nově přidělena i informace o tom, zda se nacházejí v okrajové (polostinné) části, či ve středové (slunné) části pruhu (blíže popsáno v kapitole 4.2.2 Digitalizace dat). Proto může nově být zkoumána interakce mezi touto novou proměnou a proměnnými popisujícími zmlazení jedinců pro stejné tři hlavní druhy dřevin.

Tyto interakční grafy mají zvláštní význam pro obě plochy. Na oplocené ploše vytěžené v roce 2016 ukazují vliv stanovištních podmínek a vlastností mateřských jedinců na intenzitu zmlazení. Na druhou stranu na neoplocené ploše vytěžené v roce 2015 z nich lze vyčíst určité preference zvěře. Tlak zvěře zde má výrazně vyšší vliv na odrůstání výmladků než jakýkoliv jiný ukazatel. Růst výmladků je zde v podstatě anulován okusem a rozdíly v rychlosti růstu napříč druhy dřevin jsou srovnány vlivem zvěře. Přesto je hypotéza taková, že průměrné výšky výmladků se budou lišit v závislosti na druhu dřeviny, výčetní tloušťce jedince, i jeho pozici na svahu, a to právě kvůli preferencím zvěře.

Použitím lineárních modelů se smíšenými efekty byla vytvořena mnohonásobná regresní analýza v programu R nejdříve v knihovně *nlme* (PINHEIRO et al. 2012), posléze i v knihovně *lme4* (BATES et al. 2015) s použitím pomocných knihoven *lmerTest* (KUZNETSOVA et al., 2017) a *MuMIn* (BARTOŇ 2020). V obou případech byla jako náhodný efekt zvolena příslušnost jedince do svahového gradientu (svahové katény). Odhad podílu celkové variability dané závislé proměnné vysvětlené vytvořeným smíšeným modelem byl vypočten jako druhá mocnina korelačního koeficientu mezi predikovanými a reálnými hodnotami závislé proměnné (BOŽKA 2017). Byly použity tyto závislé proměnné popisující intenzitu zmlazení: výška nejvyššího výmladku (*v_{nv}*), průměrný počet výmladků (*p_v*), průměrná výška všech výmladků (*p_{vv}*) a šířka chomáče (*sch*). Jako nezávislé prediktory byly použity proměnné: výška základny koruny (*cbm*), délka koruny (*clm*), výška stromu (*height*), podíl délky koruny/výšky stromu (*chr*), průměrná výška pařezu (*p_{vyska}*) a výčetní tloušťka stromu (*DBH*). Jelikož některá data po vizuální kontrole (pomocí standardizovaného kvantilového grafu vytvořeného funkcí *qqnorm*) nevykazovala znaky normálního rozdělení, byla logaritmicky transformována, čímž se normálnímu rozdělení značně přiblížila. Bylo nutné

zlogaritmovat proměnné *DBH* (výčetní tloušťka stromu v 1,3 m nad zemí), *sch* (největší horizontální šířka chomáče) a *pvyska* (výška pařezu). Transformace těchto proměnných byla provedena v programu R před tvořením lineárních modelů se smíšenými efekty.

V programu STATISTICA 12 bylo vytvořeno celkem 20 krabicových grafů popisujících vliv druhu dřeviny, tloušťkové kategorie, původu jedince, jeho pozice na svahu a slunnosti stanoviště na závislých proměnných na oplocené ploše vytěžené v roce 2016. U všech krabicových grafů byl zároveň proveden Kruskal-Wallisův neparametrický test porovnání nezávislých výběrů a analýza rozptylů. Dále bylo pro každý

tzv. *box-plot* (tj. krabicový graf) provedena jednofaktorová ANOVA příslušných proměnných a pomocí *post-hoc* (tj. následného) testu bylo provedeno mnohonásobné porovnání s použitím Tukeyho HSD testu (*honest significant difference*) pro nestejná *N* kvůli bližšímu určení, které kategorie mají signifikantně rozdílné střední hodnoty. Těmito testy zjištěné signifikantní rozdíly mezi kategoriemi jsou v krabicových grafech znázorněné pomocí písmenkové konvence.

4.2.4 Zkoumání vlivu chodu počasí na mortalitu a intenzitu zmlazení

S využitím dat Českého hydrometeorologického ústavu z nedaleké stanice v Neumětelích o měsíčních úhrnech srážek a průměrných teplotách za období 1. 1. 1961–31. 12. 2019 (ČHMÚ 2020, ČHMÚ 2021) byla vytvořena série grafů popisující chod počasí v letech 2015–2019. Implementací hodnot výšek výmladků dubů a habrů a procentuálního nárůstu mortality mezi jednotlivými léty vznikl prostředek pro empirické vyhodnocení vlivu počasí na podmínky na lokalitě.

Standardized Precipitation Index (*SPI*) je ukazatel sucha vyvinutý v roce 1993 (MCKEE et al. 1993), založený pouze na úhrnu srážek. Jeho výpočet je poměrně snadný (SVOBODA et al. 2012) a lze ho stanovit pro různě dlouhá období, což z něj dělá užitečný a flexibilní nástroj k monitoringu více druhů sucha (Japan Meteorological Agency 2002). R. Vlnas a kolektiv vysvětluje princip výpočtu *SPI* následovně: „Indikátor představuje transformaci šikmého rozdělení pravděpodobnosti časových řad srážkových úhrnů na standardní normální rozdělení se střední hodnotou rovnou nule a směrodatnou odchylkou rovnou jedné, tedy tzv. z-

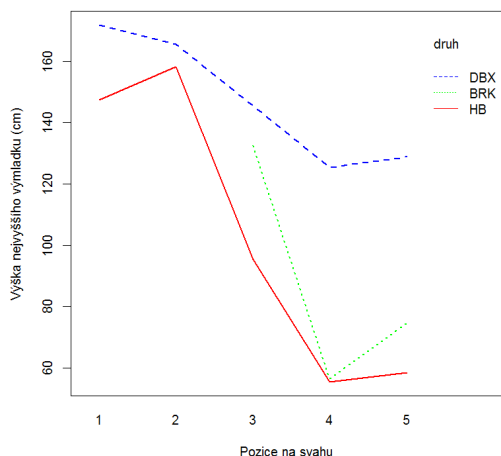
rozdělení. Hodnoty indikátoru jsou klasifikovány do kategorií, které určují charakter období.“ (VLNAS et al. 2015)

Data ČHMÚ (2020) poskytují téměř šedesátiletou konzistentní časovou řadu, přerušenu pouze v prosinci 1980 až květnu 1981. Po jejich transformaci do požadované podoby k užití v programu SPI generator v 1.7.5. (NDMC 2018) byly vygenerovány hodnoty SPI pro jednotlivá období sledovaných let i pro celé roky.

5. Výsledky a diskuse

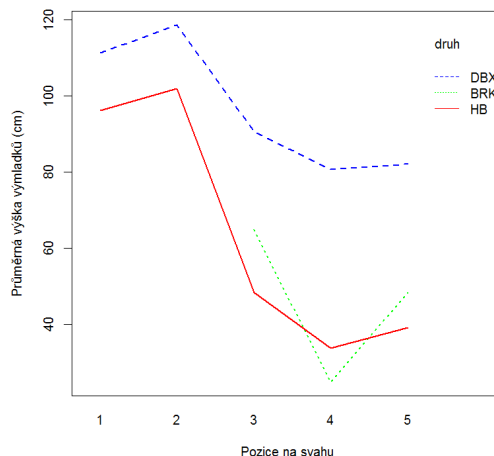
5.1 Explorační analýza dat, oplocená plocha

Interakční grafy vytvořené v programu R 4.0.5 jsou rozděleny do dvou skupin. V první je 16 grafů, které vizualizují podmínky na oplocené ploše vytěžené v roce 2016. Data jsou aktuální ke konci vegetační sezony roku 2019.



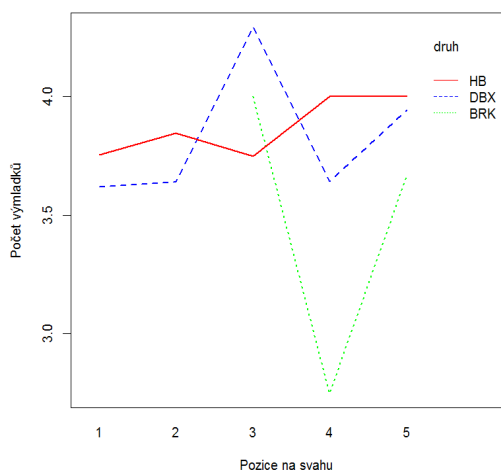
Graf č. 2 – Oplocená plocha – Interakce mezi pozicí na svahu a výškou nejvyššího výmladku.

Vysvětlivky: pozice na svahu 1 = spodní část svahu, pozice na svahu 5 = horní část svahu, HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.



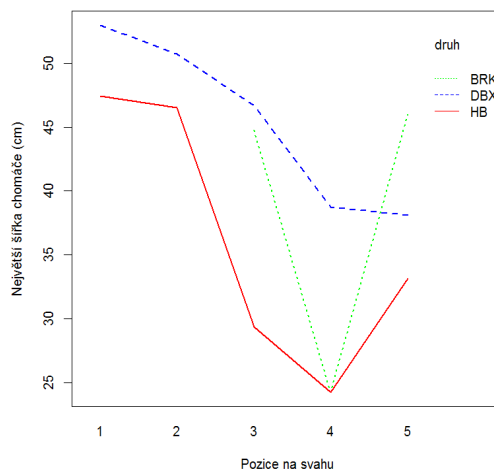
Graf č. 3 – Oplocená plocha – Interakce mezi pozicí na svahu a průměrnou výškou výmladků.

Vysvětlivky: pozice na svahu 1 = spodní část svahu, pozice na svahu 5 = horní část svahu, HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.



Graf č. 4 – Oplocená plocha – Interakce mezi pozicí na svahu a počtem výmladků.

Vysvětlivky: pozice na svahu 1 = spodní část svahu, 5 = horní část svahu, počet výmladků byl určen pomocí odhadové stupnice (1 = 1–3 výmladky, 2 = 4–10 výmladků, 3 = 11–20 výmladků, 4 = 21–40 výmladků a 5 = 41 výmladků a více).



Graf č. 5 – Oplocená plocha – Interakce mezi pozicí na svahu a největší horizontální šířkou chomáče.

Vysvětlivky: pozice na svahu 1 = spodní část svahu, 5 = horní část svahu, HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.

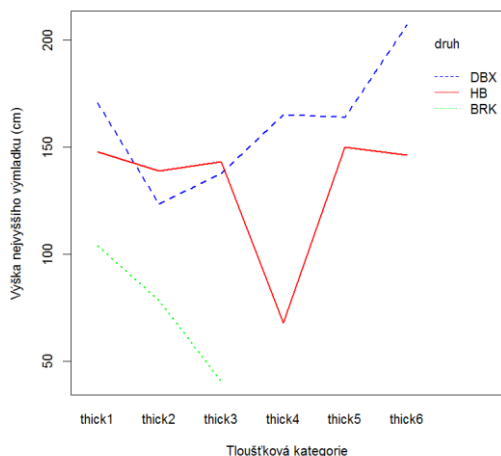
Interakci zmlazení s pozicí pařezů na svahu znázorňují grafy č. 2–5. Svahový gradient (1–5, kde 1 označuje bázi svahu, 5 vrchol svahu) rozlišuje rozdílné stanovištní podmínky v rámci zkusné pruhové plochy. Vytěžené pruhy jsou orientovány západně a při délce zhruba 125 m dosahují převýšení přibližně 35–40 m. Lze tedy předpokládat, že jsou podmínky na bázi a na vrcholu svahu výrazně odlišné. Zatímco dolní část je eutrofizovaná, bohatší na vláhu a s hlubší půdou, čím výše se pohybujeme po svahu, tím je substrát mělký, sušší a chudší. Toto tvrzení podporují i zjištěné hodnoty odrůstání výmladků. Nejvyšších výšek totiž dosahují jedinci v oblasti 1 a 2, tedy v nejnižších částech svahu. To platí pro přítomné habry i duby.

Nejvyšších výmladků dosahují duby v prvním segmentu svahového gradientu, avšak co se týče průměrných výšek všech výmladků daného jedince, nejvyšší hodnoty byly u obou dřevin změřeny v segmentu druhém. Jeřáb břek se na této ploše vyskytuje až od třetího segmentu výše. V roce 2017 (CUKR 2018) byly zjištěny břeky i v druhém segmentu, jejich výšky zde dosahovaly nejnižších hodnot. Nejvyšších délek aktuálně dosahují výmladky břeků ve třetím segmentu (nejnižší, kde se aktuálně břek vyskytuje). Nejnižších dimenzí pak dosahují ve čtvrtém a o něco vyšších opět v pátém segmentu svahu. Břeků je na této ploše poměrně málo – 11 živých jedinců zjištěných v roce 2019 a 16 živých jedinců v roce 2017. Z toho vyplývá, že průměrné hodnoty vzorku břeků mohou být snadno ovlivněny extrémními jedinci. Ve čtvrtém segmentu mají minimum všechny tři druhy dřevin, kdežto směrem do pátého průměrné hodnoty výšek výmladků opět lehce rostou. Je možné, že je to způsobeno vlivem zvěře. Ačkoli je tato plocha oplocena, nebyla oplocenka zbudována kvalitně. Pletivo je napnuté mezi hraniční stromy sousedního porostu a na mnohých místech jsou dlouhé mezery. Běžící zvěř tak pletivo snadno povalí, přetrhává drát, jímž je pletivo ke stromům upevněno. Vzhledem k nepravidelným návštěvám lokality tak může být oplocenka na jednom či více místech zvěři přístupná i týdně. Vliv zvěře na této ploše je minimální ve srovnání s plochou neoplocenou, přesto je však patrný. Právě čtvrtý segment svahového gradientu je tranzitním pro zvěř, jsou zde vyšlapané stezky a okus je zde nejpatrnější. Z grafů je patrné, že výšky výmladků se snižují graduálně od 2. do 4. segmentu u obou dřevin, z čehož plyne, že vliv zvěře, ačkoli znatelný, zde není jediným činitelem.

Nejvyššího počtu výmladků dle grafu č. 4 břek dosahuje ve třetím a pátém výškovém stupni, nejmenšího pak ve čtvrtém. Rozdělení 11 břeků ve svahových segmentech je následující: čtyři jedinci ve 3. segmentu, čtyři ve 4. a tři v 5. segmentu. Počet výmladků byl odhadnut a dle intervalů bylo jedincům přiděleno číslo na stupnici 1–5. Jedinci, který má 1–3 výmladky, bylo přiděleno číslo 1, jedinci se 4–10 výmladky číslo 2, s 11–20 výmladky číslo 3, s 21–40 výmladky číslo 4 a s více než 41 výmladky číslo 5. Ve čtvrtém svahovém segmentu je jeden jedinec břeku s počtem výmladků 2 dle této stupnice, který ovlivňuje průměrný počet výmladků. Rozdíly mezi počty výmladků nejsou u břeku ve skutečnosti tak markantní, jak se dle grafu č. 4 může zdát.

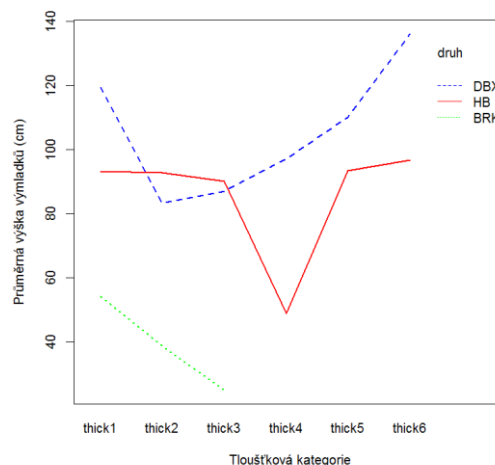
Zajímavostí je rozdíl v počtu výmladků dubů a habru ve třetím svahovém segmentu (Graf č. 4). Dub zde má absolutní maximum, zatímco habr, jehož křivka je výrazně plošší, zde dosahuje nejnižších počtů výmladků. Dub tvoří nejméně výmladků v 1. a 2. svahovém stupni, kde však výmladky dosahují největších výšek. Další zajímavostí je množství výmladků, které tvoří habr v horních dvou částech svahu, a dub v páté části, v porovnání s jejich výškami. Vykazují zde opačnou tendenci než na bázi svahu, tedy vyšší množství nízkých výmladků.

Duby i habry tvoří největší výmladkové chomáče v prvních dvou svahových stupních (Graf č. 5). S každým vyšším stupněm se průměrná šířka chomáče snižuje, avšak u habru po překonání minima ve 4. stupni opět k 5. stupni stoupá. Minimum, které habr vykazuje ve 4. svahovém stupni je ovlivněno velmi nízkým počtem jedinců v této oblasti. Ze 157 stále zmlazujících habrů na této zkusné ploše jsou pouze čtyři jedinci ve 4. svahovém segmentu. Dva z nich jsou v tloušťkové kategorii *thick1* a druzí dva jsou v tloušťkové kategorii *thick2*, jedná se tedy o velmi tenké pařezy, a proto zde byly zjištěny tak malé šířky výmladkových chomáčů. Křivka břeku je zde stejně jako v grafu č. 4 ovlivněna stejným jedním slabým jedincem ve 4. stupni, s šířkou chomáče pouhých 9 cm. Pomineme-li tento extrém, propad v průměrné šířce chomáče ve 4. stupni nebude tak výrazný, ačkoli bude stále patrný.



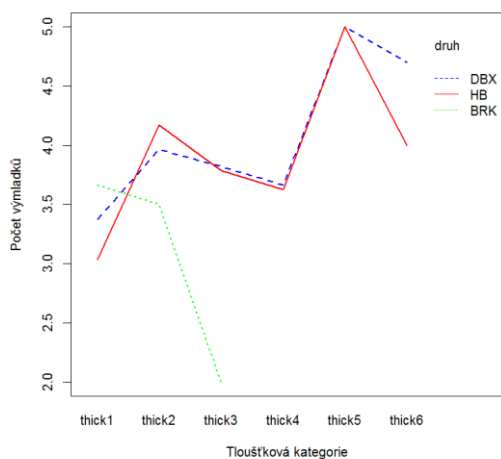
Graf č. 6 – Oplocená plocha – Interakce mezi tloušťkovou kategorií a výškou nejvyššího výmladku.

Vysvětlivky: *thick1–thick6* viz Tabulka č. 1; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.



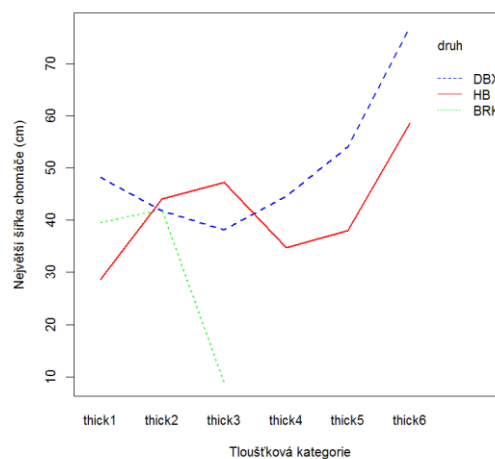
Graf č. 7 – Oplocená plocha – Interakce mezi tloušťkovou kategorií a průměrnou výškou výmladků.

Vysvětlivky: *thick1–thick6* viz Tabulka č. 1; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.



Graf č. 8 – Oplocená plocha – Interakce mezi tloušťkovou kategorií a počtem výmladků.

Vysvětlivky: *thick1–thick6* viz Tabulka č. 1; počet výmladků byl určen pomocí odhadové stupnice (1 = 1–3 výmladky, 2 = 4–10 výmladků, 3 = 11–20 výmladků, 4 = 21–40 výmladků a 5 = 41 výmladků a více).



Graf č. 9 – Oplocená plocha – Interakce mezi tloušťkovou kategorií a největší horizontální šířkou chomáče.

Vysvětlivky: *thick1–thick6* viz Tabulka č. 1; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.

Interakci zmlazení s výčetní tloušťkou jedince znázorňují grafy č. 6–9. Hypotéza je taková, že existuje vztah mezi tloušťkou mateřského jedince v 1,3 m nad zemí na intenzitou pařezového zmlazení po smýcení jedince. Existuje totiž přímá úměra mezi tloušťkou a věkem jedince, stejně jako mezi tloušťkou a rozvinutostí kořenového systému.

Zajímavé hodnoty zde vykazuje dub, který dosahuje nejvyšších výmladků v případě nejtenčích a zároveň nejtlustších jedinců. Mladí jedinci jsou vitální, u starších jedinců se dá očekávat například vyšší zastoupení houbových onemocnění. Na druhou stranu mají starší a hmotnější jedinci rozvinutější kořenový systém, schopný efektivněji vyživovat nově přirůstající výmladky. Toto jsou faktory, kvůli kterým pravděpodobně nejpomaleji rostou výmladky jedinců ve druhé až páté tloušťkové kategorii. Porovnáním grafů č. 6 a 7 v této práci s grafy č. 11 a 15 z bakalářské práce CUKRA (2018), zjistíme, že došlo k rapidnímu zrychlení růstu výmladků nejtenčích jedinců. Výška nejvyššího výmladku i průměrná výška výmladků se dle dat z roku 2017 pohybovala na přibližně stejné úrovni u jedinců 1.–3. tloušťkové kategorie, poté začala prudce stoupat úměrně k tloušťce mateřských jedinců (s výjimkou průměrné výšky výmladků v pátém tloušťkovém stupni, kde je však pouze jediný exemplář). To znamená, že silní jedinci jsou schopni rychlého odrůstání výmladků takřka okamžitě po smýcení, kdežto tenčí jedinci (kategorie *thick1*) začínají pozvolna a trvá dvě až čtyři vegetační sezony, než přerostou všechny ostatní tloušťkové kategorie vyjma nejvyšší (kategorie *thick6*).

Po kontrole zastoupení různě silných jedinců dubu napříč svahovými úseky však bylo zjištěno, že medián rozložení nejsilnějších jedinců dubu (kategorie *thick6*) je 2 (2. svahová pozice), modus 1 (1. svahová pozice) a průměr 1,9. U nejslabších jedinců (kategorie *thick1*) je medián rozložení do svahového gradientu 1,5, modus je 1 a průměr 1,75. Z uvedeného jasně vyplývá, že nejrychlejší růst výmladků u nejslabších a zároveň nejsilnějších jedinců dubu není způsoben ani tak dimenzemi mateřského jedince, jako právě pozicí na svahu, jelikož jak nejsilnější, tak nejslabší jedinci se nachází převážně na bázi svahu, kde jsou nejprůvětivější podmínky k růstu, jak ukazují i grafy č. 2 a 3.

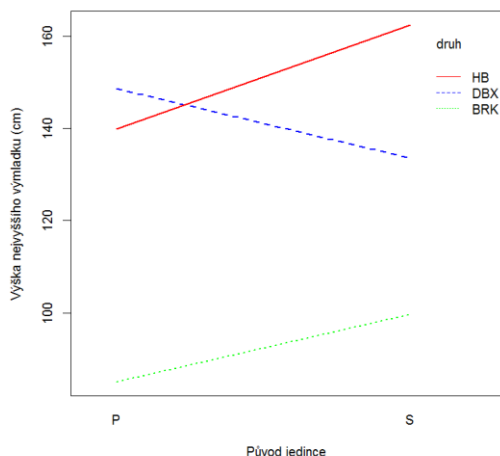
U habru jsou výšky výmladků vesměs vyrovnané napříč tloušťkovými kategoriemi, výjimku tvoří pouze tloušťková kategorie 4 (kategorie *thick4*). I zde

jsou však důvodem spíše stanovištní vlivy než dimenze mateřského jedince. Jedinců ve 4. tloušťkové kategorii je poměrně málo, a co se týče rozložení do výškových stupňů, má tato kategorie nejvyšší střední hodnoty. Jak ukazují grafy č. 2 a 3, v nejvyšších pozicích na svahu dosahují výmladky nejnižších výšek. Vzhledem k tomu, že habry v tloušťkové kategorii 4 leží nejvýše na svahu, lze předpokládat, že nízká výška jejich výmladků je způsobena tímto faktorem.

Počty výmladků jsou u dubu i habru nejvyšší v tloušťkové kategorii 5, u dubu je na druhém místě v četnosti výmladků tloušťková kategorie 6, u habru kategorie 2 a 6. Nejnižší počty výmladků mají u obou dřevin nejtenčí jedinci v první tloušťkové kategorii. Zde opět můžeme vidět souvislost s pozicí na svahu, jelikož největší zastoupení nejtenčích jedinců dubu i habru je ve spodních dvou výškových stupních. Nejsilnější jedinci dubu, kteří jsou také převážně situováni na bázi svahu však mají nejvyšší počty výmladků. Z toho lze vyvodit, že u nejsilnějších jedinců dubů je vliv tloušťky mateřského jedince na počet výmladků významnější než jeho pozice ve svahu.

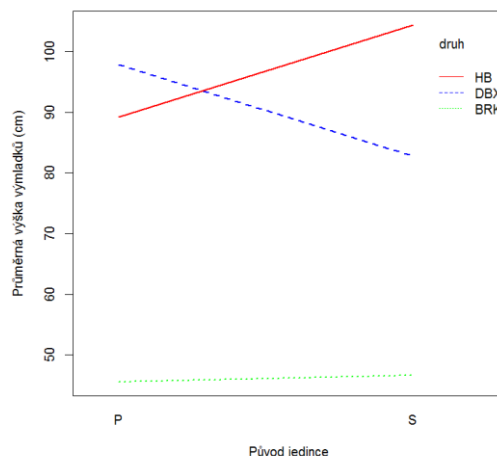
Břek je zde zastoupen pouze ve třech nejnižších tloušťkových kategoriích a z grafů vyplývá, že čím byl mateřský jedinec tenčí, tím lépe nyní pařez zmlazuje.

Nerovnoměrné rozmístění jedinců různých tloušťkových kategorií ve svahovém gradientu výrazně komplikuje explorační analýzy. Může se zdát, že má tloušťka jedince výrazný vliv na intenzitu jeho zmlazení. Z empirického hlediska je však můžeme říct, že větší vliv na intenzitu zmlazení má pozice jedince na svahu. Výjimku mohou tvořit nejsilnější duby, jež jsou situovány převážně ve spodní části svahu, a přesto zde dosahují největšího počtu výmladků.



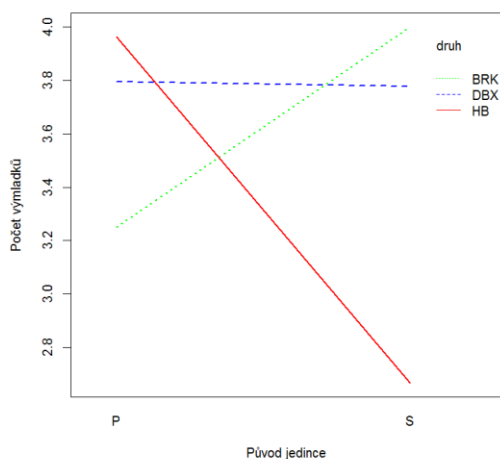
Graf č. 10 – Oplocená plocha – Interakce mezi původem jedince a výškou nejvyššího výmladku.

Vysvětlivky: P = pařezový výmladek, S = semenáček; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.



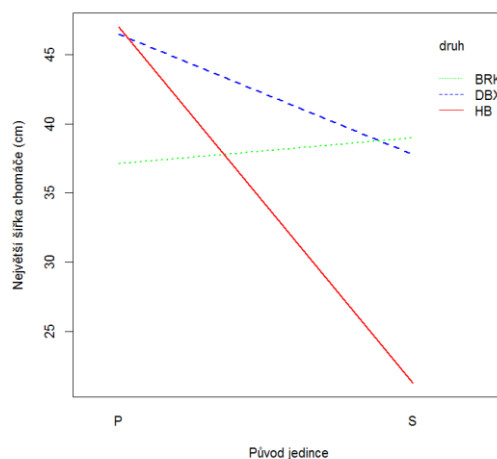
Graf č. 11 – Oplocená plocha – Interakce mezi původem jedince a průměrnou výškou výmladků.

Vysvětlivky: P = pařezový výmladek, S = semenáček; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.



Graf č. 12 – Oplocená plocha – Interakce mezi původem jedince a počtem výmladků.

Vysvětlivky: P = pařezový výmladek, S = semenáček; počet výmladků byl určen pomocí odhadové stupnice (1 = 1–3 výmladky, 2 = 4–10 výmladků, 3 = 11–20 výmladků, 4 = 21–40 výmladků a 5 = 41 výmladků a více).



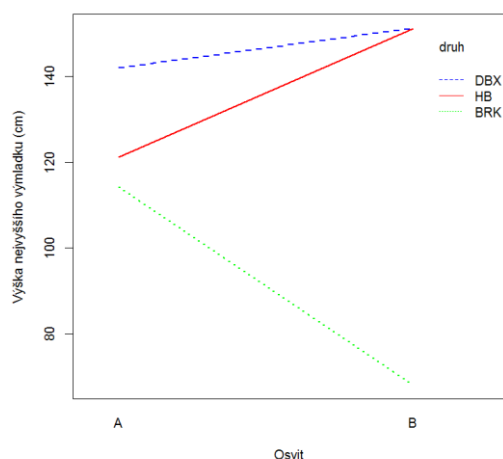
Graf č. 13 – Oplocená plocha – Interakce mezi původem jedince a největší horizontální šířkou chomáče.

Vysvětlivky: P = pařezový výmladek, S = semenáček; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.

Interakci zmlazení s původem jedince znázorňují grafy č. 10–13. Z grafů č. 10 a č. 11 je na první pohled zjevný protichůdný režim intenzity zmlazování dubů a habrů v závislosti na původu mateřského jedince. Zatímco vegetativní jedinci dubu dosahují nyní větších výšek výmladků než generativní jedinci, u habru je tomu naopak. V roce 2017 byl tento trend stejný (CUKR 2018). Výmladky na generativních jedincích břeku nyní dosahují větších výšek než výmladky na vegetativních jedincích, stejně jako je tomu u habru, nicméně v případě průměrné výšky všech výmladků je tento rozdíl nepatrný.

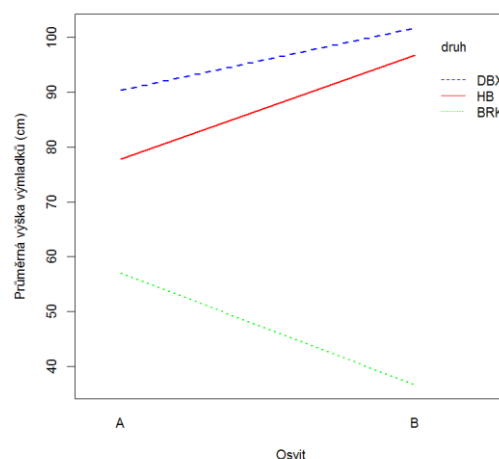
Původ jedince nemá zjevný vliv na počet výmladků u dubů, a to stejné bylo zjištěno i z dat získaných na téže ploše v roce 2017 (CUKR 2018). Na druhou stranu na neoplocené ploše je výrazný rozdíl v počtu výmladků generativních a výmladkových jedinců. Jedinci generativního původu zde tvoří podstatně více výmladků než jedinci vegetativního původu, a to jak dle dat z roku 2017, tak z roku 2019, ačkoli na oplocené ploše obě sady dat vykazují podobné hodnoty pro semenáčky i výmladkové jedince. Důvodem je pravděpodobně opět rozložení jedinců na svahovém gradientu. Na oplocené ploše jsou výmladkoví jedinci v podstatně rovnoměrně rozloženi po celém svahu, zatímco jedinci ze semenáčku jsou soustředěni ve třetím a čtvrtém výškovém stupni. Na neoplocené ploše je toto rozložení o něco rovnoměrnější, ale přesto je vyšší koncentrace generativních jedinců ve spodní polovině svahu.

Břek nejlépe zmlazuje ze semenáčků, nejvýrazněji je to patrné v počtu výmladků (Graf č. 12). Na neoplocené ploše je rozdíl v počtu výmladků v závislosti na původu jedince nepatrný. Největších výšek výmladků na neoplocené ploše dosahují u břeku jedinci vegetativního původu. Takový výsledek (intenzivnější zmlazení břeků vegetativního původu) je i v souladu se zjištěním PANOCHY (2019). Příčinou rozdílných výsledků mezi plochami jsou malé vzorky živých břeků a jejich nerovnoměrné rozložení na svahové katéně.



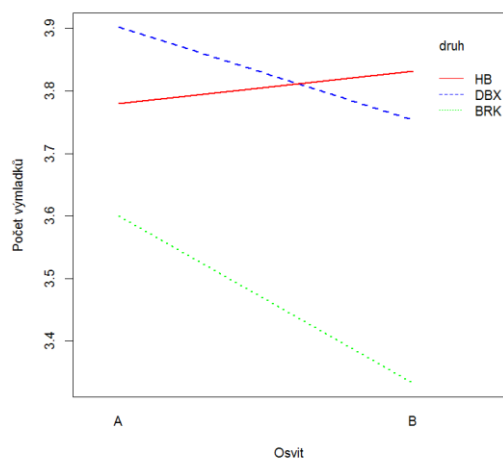
Graf č. 14 – Oplocená plocha – Interakce mezi slunností stanoviště a výškou nejvyššího výmladku.

Vysvětlivky: A = polostín, B = slunce; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.



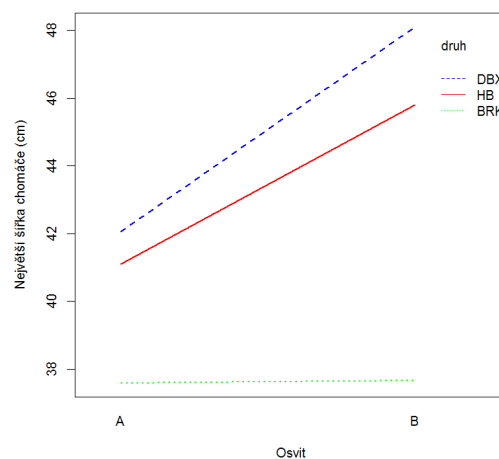
Graf č. 15 – Oplocená plocha – Interakce mezi slunností stanoviště a průměrnou výškou výmladků.

Vysvětlivky: A = polostín, B = slunce; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.



Graf č. 16 – Oplocená plocha – Interakce mezi slunností stanoviště a počtem výmladků.

Vysvětlivky: A = polostín, B = slunce; počet výmladků byl určen pomocí odhadové stupnice (1 = 1–3 výmladky, 2 = 4–10 výmladků, 3 = 11–20 výmladků, 4 = 21–40 výmladků a 5 = 41 výmladků a více).

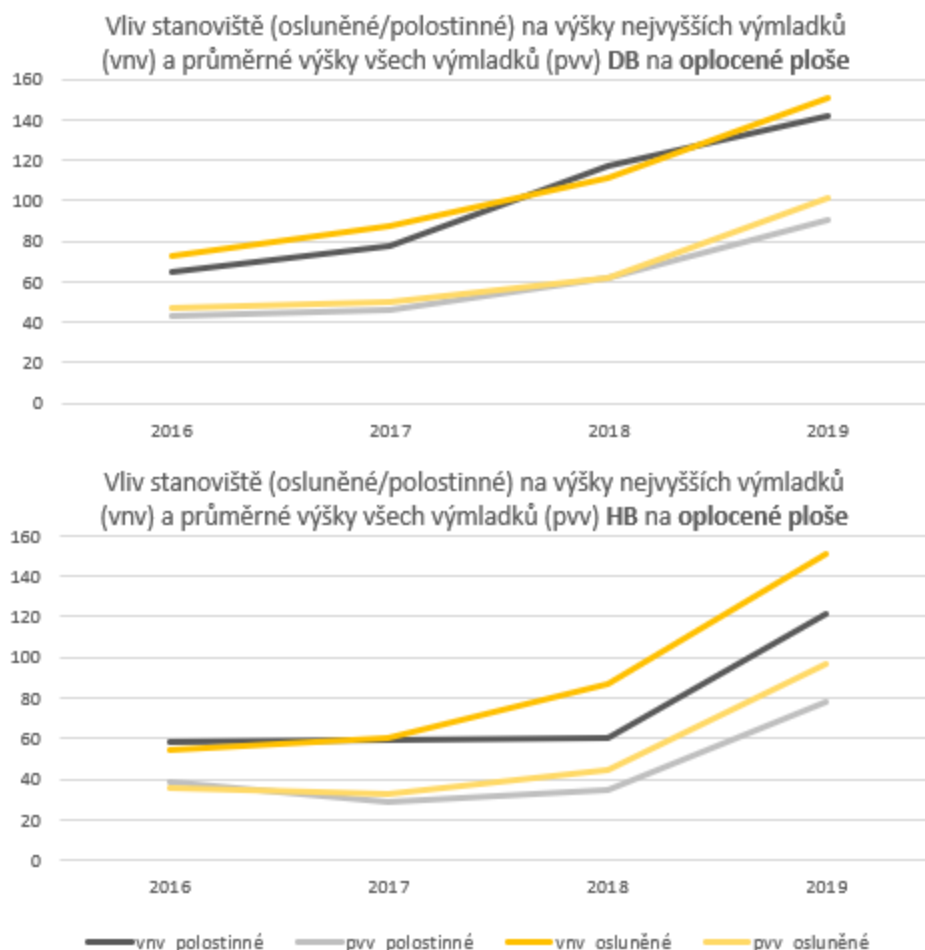


Graf č. 17 – Oplocená plocha – Interakce mezi slunností stanoviště a největší horizontální šířkou chomáče.

Vysvětlivky: A = polostín, B = slunce; HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.

Interakci zmlazení s osluněností stanoviště znázorňují grafy č. 14–17. Z výše uvedených grafů je patrné, že je interakce mezi osluněností stanoviště a rychlostí odrůstání dubů a habrů výmladků pozitivní. Výmladky jedinců ve středním pásmu plochy dosahují výrazně větších výšek. U habru je rozdíl mezi dvěma typy stanovišť výraznější než u dubu. Na druhou stranu u břeku je tomu přesně naopak. Břek rychleji odrůstá na polostinných stanovištích, tvoří zde i více výmladků. Osluněnost stanoviště nemá vliv na největší horizontální šířku chomáče u břeku, dub i habr se na osluněných stanovištích vyznačují větší šířkou chomáče.

Dub na osluněném stanovišti vytváří menší počet výmladků než na stanovišti polostinném.



Graf č. 18 – Vývoj výšek nejvyšších výmladků (vnn) a průměrných výšek všech výmladků (pvv) v průběhu let 2016–2019 u dubů a habrů v závislosti na oslunění stanoviště. Oplocená plocha.

Grafy č. 14 a 15 zachycují průměrnou výšku výmladků všech jedinců jednoho druhu na daném typu stanoviště v roce 2019. Abychom však mohli lépe zkoumat rozdíly v odrůstání výmladků, je potřeba sledovat změnu dat v čase. K tomu slouží souhrnný graf č. 18, jehož horní část popisuje rychlost růstu výmladků podle stanovišť jedinců dubu a spodní část popisuje totéž pro habr. Z tohoto grafu vyplývá, že míra expozice stanoviště nemá z dlouhodobého hlediska výrazný vliv na tempo zmlazení daného jedince dubu. Průměrné výšky všech výmladků dubů se mezi polostinným a slunečným stanovištěm lišily v roce 2016 a 2017 o pouhé čtyři centimetry, v roce 2018 dokonce jen o jeden. Zmlazení habru na expozici stanoviště reaguje výrazně více. Po roce od smýcení se začínají rychlosti odrůstání diferencovat a začíná se projevovat zvýhodnění exponovaných jedinců.

5.2 Explorační analýza dat, neoplocená plocha

Neoplocená plocha je proti zvěři chráněna pachovými zradidly umístěnými poblíž středů kruhových zkusných ploch a pomocí postřiku přípravkem Aversol. Tato ochrana není ani zdaleka tak účinná jako oplocení plochy vytěžené v roce 2016. Proto zde má zvěř na intenzitu zmlazení větší vliv než jakýkoli ze zkoumaných parametrů.

Výmladky habru jsou nejvyšší u jedinců nejvýše na svahu, kde jsou zároveň dosaženy nejmenší šířky výmladkových chomáčů a nejnižší počet výmladků na jedince. Na ploše oplocené je tomu obráceně, nejvýše na svahu se nacházejí jedinci s nejvyššími počty a nejnižšími délkami výmladků. Dub zde dosahuje největších dimenzí výmladků ve 4. výškovém stupni, ve kterém jsou naopak zjištěné hodnoty zmlazení habru nejnižší.

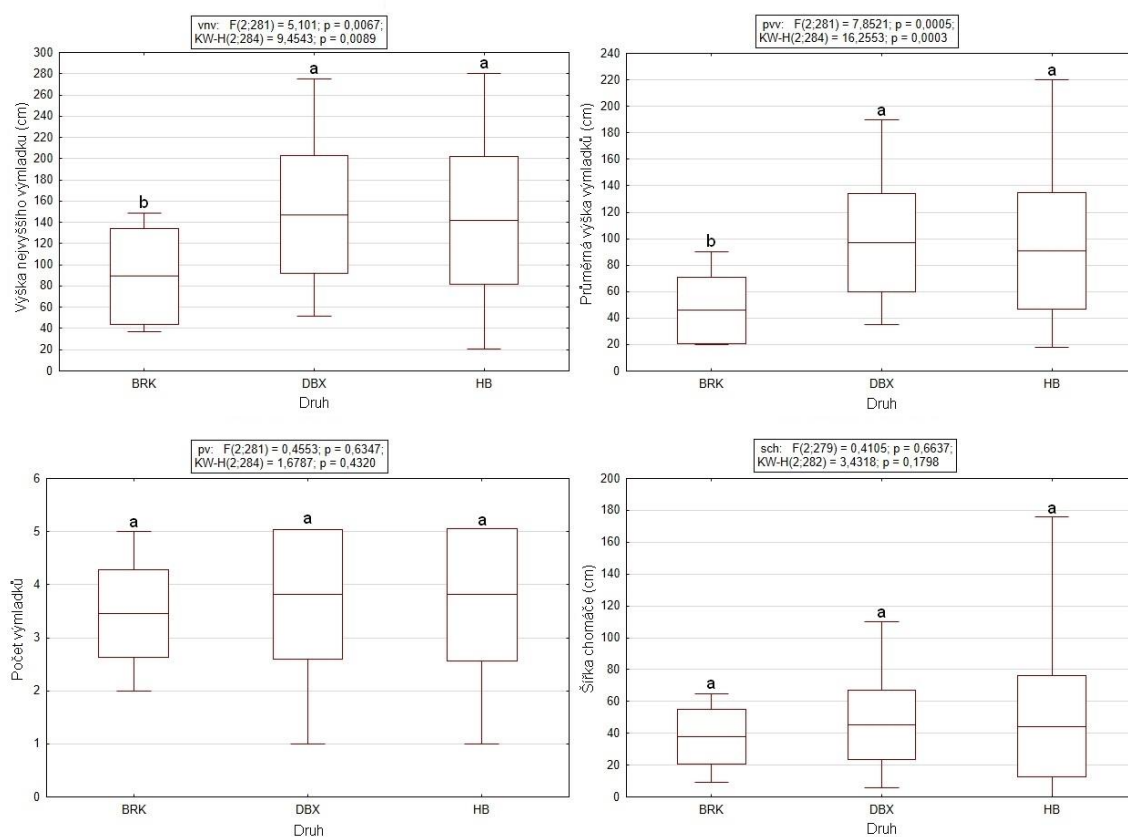
Na oplocené ploše jsou výšky výmladků habru napříč tloušťkovými kategoriemi srovnatelné (výjimku tvoří kategorie thick4, která je ale ovlivněna nízkým počtem zástupců a jejich umístěním vysoko na svahu). Naproti tomu na ploše neoplocené se s rostoucí tloušťkou jedince habru snižují výšky jeho výmladků. To hovoří ve prospěch hypotézy, že mohutnější jedinci jsou pro zvěř dostupnější, jelikož větší pařez bude méně zarůstat okolní vegetací a poskytuje větší koncentraci výmladků na jednom místě (CUKR 2018).

Je zde patrné výrazné zrychlení růstu výmladků habru v první a druhé tloušťkové kategorii oproti měřením z roku 2017 (CUKR 2018).

Průměrná výška výmladků dubu na neoplocené ploše v roce 2019 činila 37,1 cm, na oplocené ploše 96,7 cm. Průměrná výška výmladků habru na neoplocené ploše činila 18,9 cm, na ploše oplocené 90,8 cm.

5.3 Porovnání parametrů zmlazování na oplocené ploše

Krabicové grafy (*box-ploty*) č. 19–24 popisují vztahy mezi závislými proměnnými popisujícími intenzitu zmlazení a vybranými prediktory u jedinců na oplocené ploše.



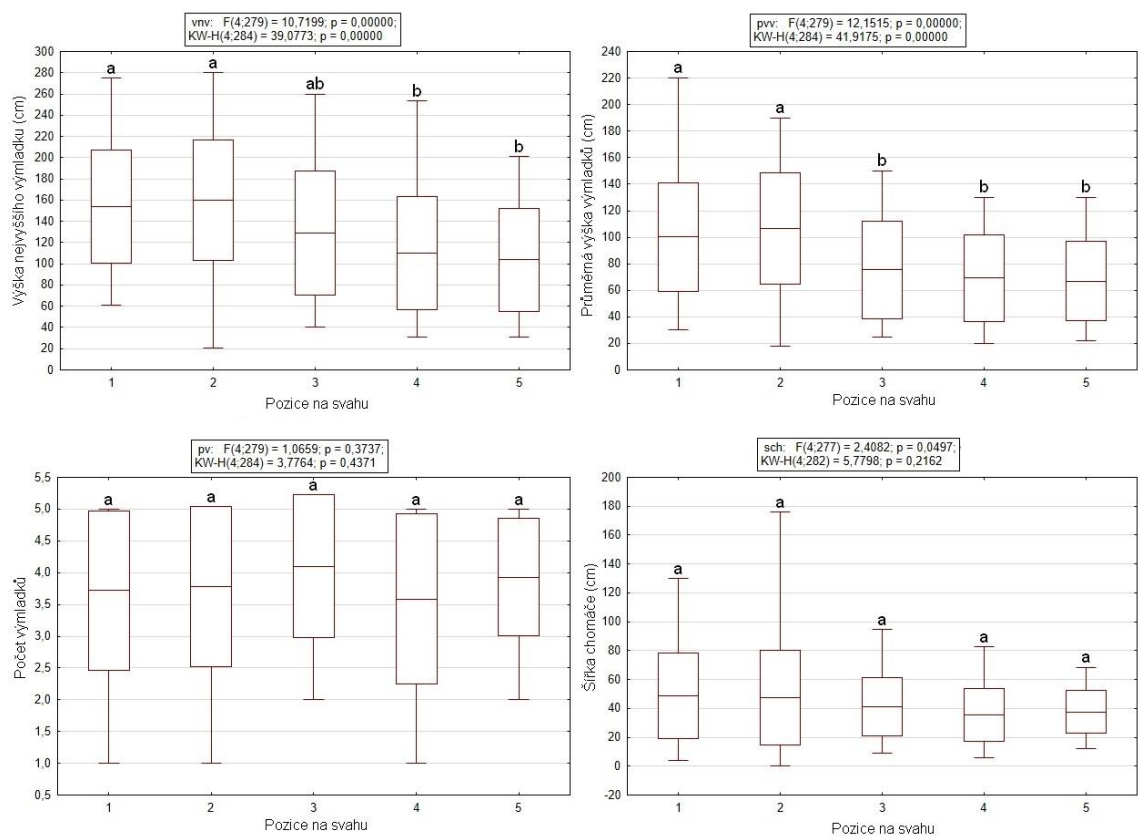
Graf č. 19 – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na druhu dřeviny. Oplocená plocha.

Vysvětlivky: Druhy dřevin: HB = habr obecný; DBX = dub; BRK = jeřáb břek.

KW-H = Kruskal-Wallisův test, p = hodnota signifikance rozdílů; legenda viz Obrázek č. 3. Signifikantně lišící se kategorie jsou v grafu vyznačeny za pomoci písmenkové konvence.

- Průměr
- Průměr ± SmOdch
- ┌ Min-Max

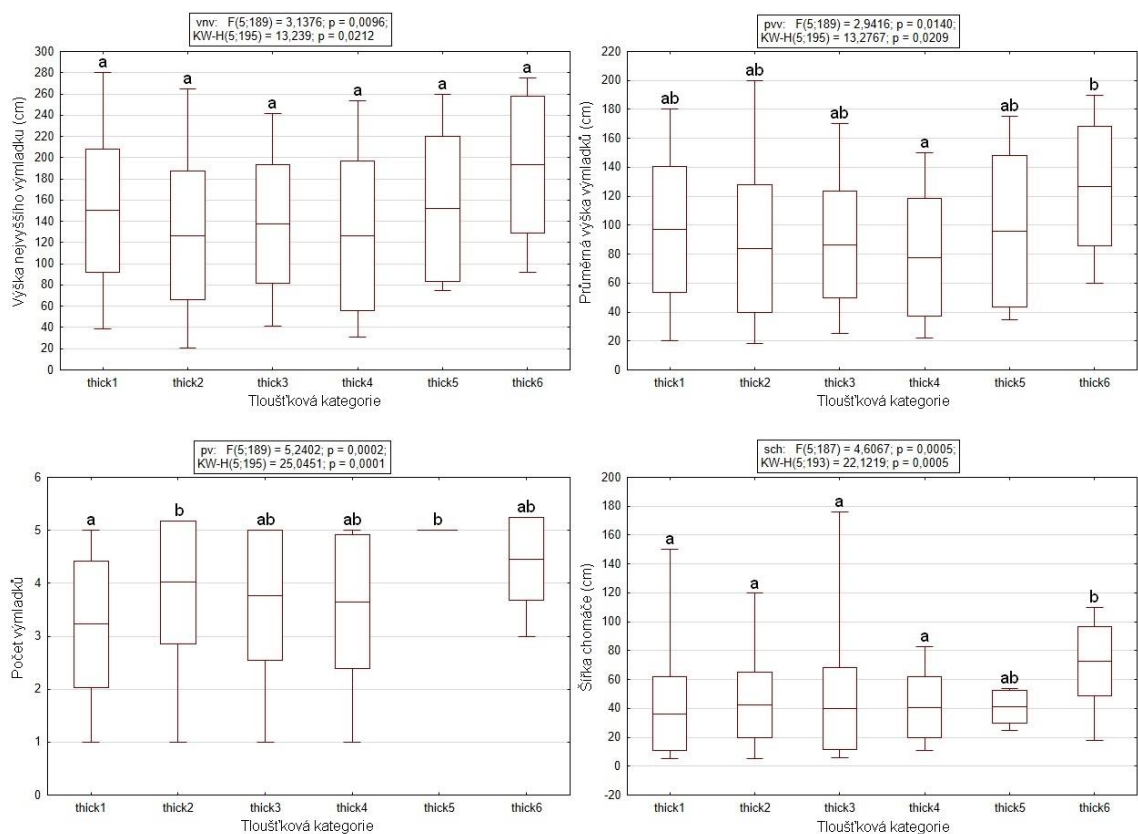
Obrázek č.3: Společná legenda ke krabicovým grafům.



Graf č. 20 – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na pozici na svahu. Oplocená plocha.

Vysvětlivky: Pozice na svahu: 1 – spodní část svahu, 5 – horní část svahu.

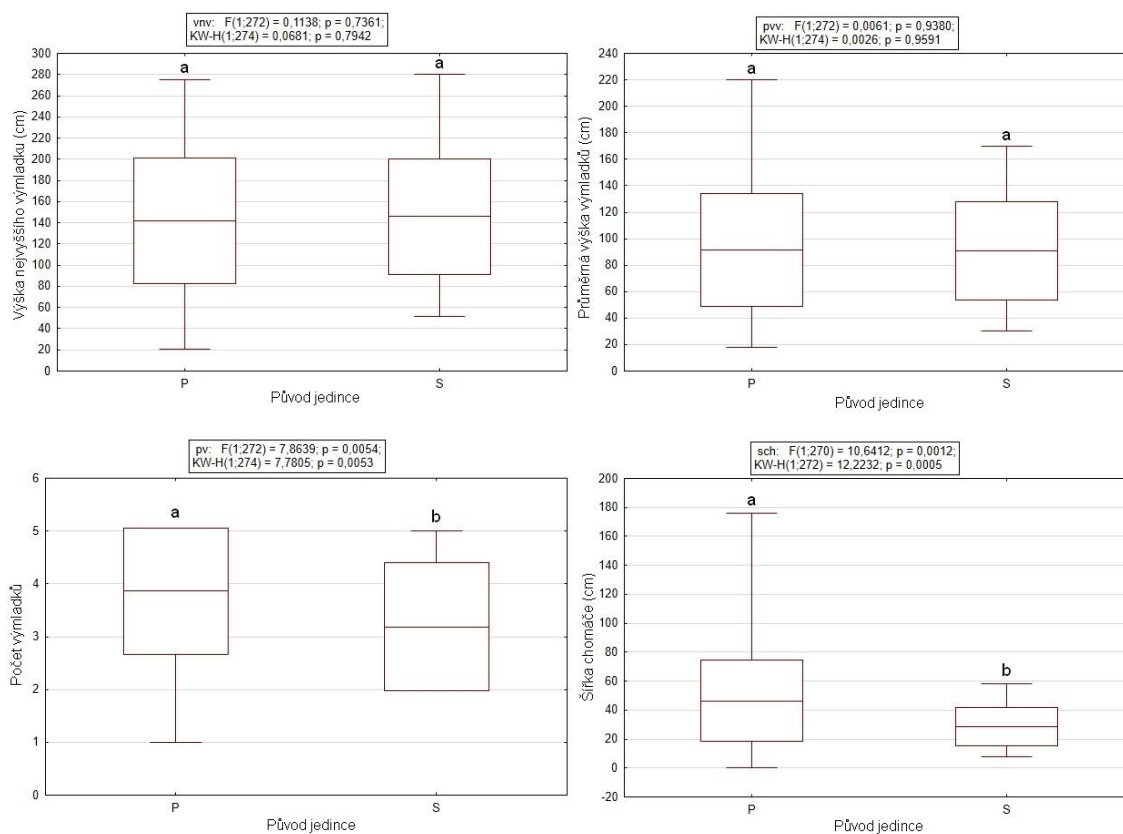
KW-H = Kruskal-Wallisův test, p = hodnota signifikance rozdílů; legenda viz Obrázek č. 3. Signifikantně lišící se kategorie jsou v grafu vyznačeny za pomoci písmenkové konvence.



Graf č. 21 – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na tloušťkové kategorii jedince. Oplocená plocha.

Vysvětlivky: Úrovně kategoriální proměnné „tloušťková kategorie“ thick1–thick6 viz Tabulka č.1.

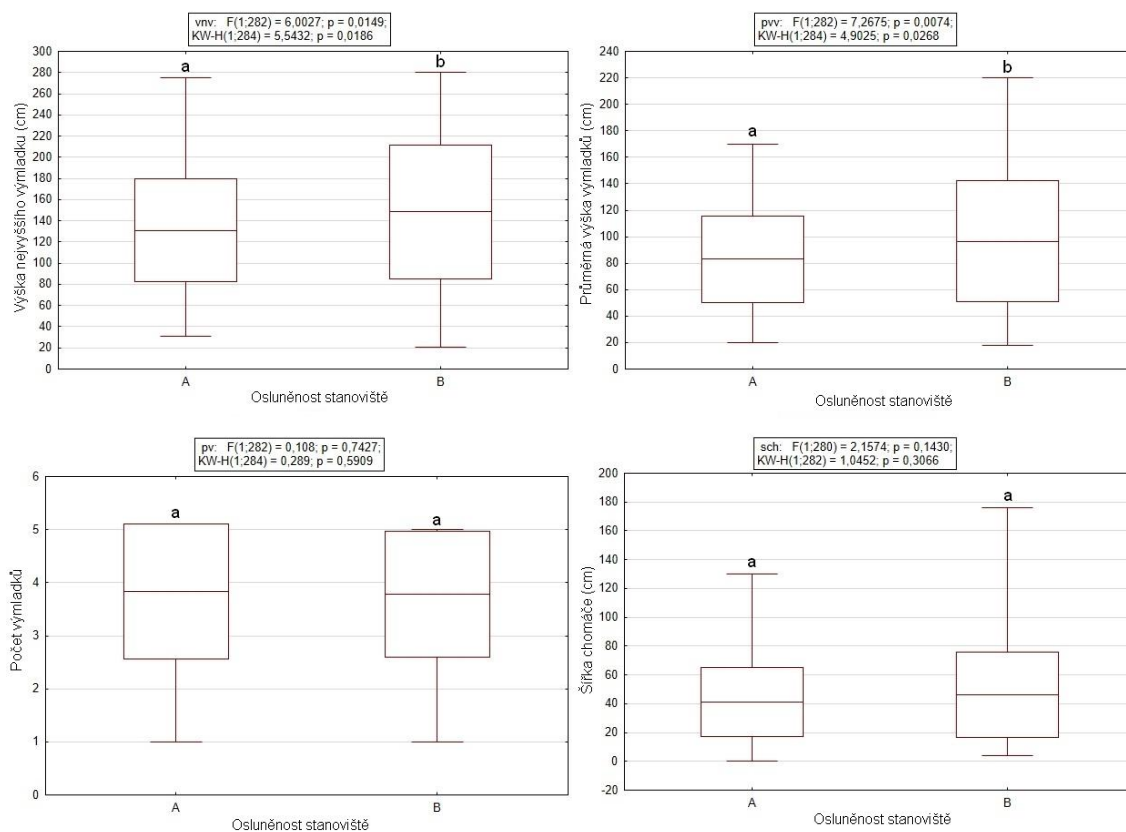
KW-H = Kruskal-Wallisův test, p = hodnota signifikance rozdílů; legenda viz Obrázek č. 3. Signifikantně lišící se kategorie jsou v grafu vyznačeny za pomoci písmenkové konvence.



Graf č. 22 – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na původu jedince. Oplocená plocha.

Vysvětlivky: Původ jedince: S = semenáček, P = pařezový výmladek

KW-H = Kruskal-Wallisův test, p = hodnota signifikance rozdílů; legenda viz Obrázek č. 3. Signifikantně lišící se kategorie jsou v grafu vyznačeny za pomoci písmenkové konvence.



Graf č. 23 – Porovnání parametrů zmlazování v závislosti na osluněnosti stanoviště. Oplocená plocha.

Vysvětlivky: A = polostinné stanoviště, B = osluněné stanoviště;

KW-H = Kruskal-Wallisův test, p = hodnota signifikance rozdílů; legenda viz Obrázek č. 3. Signifikantně lišící se kategorie jsou v grafu vyznačeny za pomoci písmenkové konvence.

Mezi intenzitami zmlazení dubů a habrů nejsou signifikantní rozdíly v žádné ze sledovaných proměnných (Graf č. 19). Břek se od zbývajících dvou druhů dřevin signifikantně liší v dosažených výškách výmladků.

Nejvyšší výmladky byly zjištěny ve spodní části svahu. Na počet výmladků a šířku chomáče nemá svahový gradient vliv (Graf č. 20).

Nejvyšší výmladky tvoří jedinci tloušťkové kategorie *thick6*, avšak od ostatních se neliší signifikantně. Největší průměrnou výšku výmladků tvoří jedinci tloušťkové kategorie *thick6*, nejnižší pak jedinci v kategorii *thick4*. Tyto dvě kategorie se však signifikantně liší pouze jedna od druhé, nikoliv od ostatních tloušťkových kategorií. Jedinci z kategorie *thick6* tvoří nejvíce výmladků a největší výmladkové chomáče, tenci jedinci z kategorie *thick1* tvoří nejméně výmladků (Graf č. 21).

Z hlediska původu jedince napříč druhy nepozorujeme významné rozdíly v rychlosti odrůstání výmladků (Graf č. 22). Jedinci generativního původu však tvoří menší výmladkové chomáče a nižší počet výmladků než jedinci vegetativního původu.

Jedinci na prostřední osluněné části pruhu vytvářejí signifikantně vyšší výmladky než jedinci z polostinných okrajů pruhu (Graf č. 23). Na počet výmladků nebo šířku výmladkového chomáče nemá horizontální poloha jedince na svahu vliv.

5.4 Statistické vyhodnocení dat v programu R

Lineární modely se smíšenými efekty byly vytvořeny pouze pro oplocenou plochu vytěženou v roce 2016. Na ploše neoplocené je vliv zvěře natolik intenzivní, že nelze objektivně hodnotit závislost odrůstání výmladků na vlastnostech mateřského jedince.

Výsledky lineárních modelů se smíšenými efekty z dat z oplocené plochy jsou shrnuty v tabulce č.2.

Tabulka č. 2: Výsledky lineárních modelů se smíšenými efekty pro plochu vytěženou v roce 2016 a následně oplocenou.

Vysvětlivky: *sch* = největší horizontální šířka chomáče *vnv* = výška nejvyššího výmladku; *pv* = počet výmladků; *pvv* = průměrná výška výmladků; *cbm* = výška základny koruny stromu; *DBH* = výčetní tloušťka stromu; *pvyska* = průměrná výška pařezu; *height* = výška stromu; *clm* = délka koruny stromu; *chr* = podíl délka koruny/výška stromu.

- * U zkratk dřevin je v závorce počet pozorování.
- * Vykřičník a počet hvězdiček ukazuje dosaženou hladinu signifikace (zjištěna v knihovně nlme) daného modelu: $p <0,1-0,05> = !$, $p <0,05-0,01> = *$, $p <0,01-0,001> = **$, $p <0,001-0> = ***$.
- * U signifikantních modelů je v procentech uveden odhad podílu celkové variability závislé proměnné vysvětlené daným modelem.
 - * Červenou barvou je zvýrazněn koeficient determinace zjištěný s použitím knihovny *nlme*.
 - * Modrými odstíny jsou zvýrazněny koeficienty determinace zjištěné s použitím knihoven *lme4*, *lmerTest*, a *MuMIn*.
Tmavě modře je zvýrazněn koeficient determinace *R2m* (*marginal R2*), kde je variabilita závislé proměnné vysvětlená pevnými efekty vůči celkové variabilitě (včetně náhodné).
Světle modře je zvýrazněn koeficient determinace *R2c* (*conditional R2*), kde je variabilita závislé proměnné vysvětlená pevnými i náhodnými efekty vůči celkové variabilitě (včetně náhodné).
- * Znak „-“ značí, že nelze vysvětlit chování závislé proměnné použitými prediktory.
- * Pro dosažení normality byly logaritmicky transformovány proměnné *DBH*, *pvyska* a *sch*.
- * Prediktory ukázaly pozitivní (tučný text) nebo negativní (kurzíva) vztah k závislé proměnné.

Dřeviny	Závislá proměnná			
	<i>vnv</i>	<i>pv</i>	<i>pvv</i>	<i>sch</i>
DBX (116)	-	-	chr! 27 % 3 %, 29 %	-
	clm*** 23 % 12 %, 20 %	-	clm** 29 % 9 %, 24 %	clm** 12 % 7 %, 8 %
	height*** 21 % 21 %, 21 %	-	height** 25 % 9 %, 19 %	height* 8 % 4 %, 4 %
	DBH** 23 % 6 %, 24 %	DBH* 5 % 5 %, 5 %	DBH! 25 % 21 %, 28 %	DBH! 15 % 3 %, 8 %
HB (157)	-	DBH*** 18 % 17 %, 17 %	-	DBH** 12 % 12 %, 14 %
	-	pvyska* 6 % 6 %, 6 %	-	pvyska* 92 % 5 %, 5 %
BRK (11)	-	-	-	pvyska* 17 % 30 %, 88 %

Z výsledků lineárních modelů v tabulce č.2 vyplývá, že výška jedince dubu před smýcením a délka jeho koruny mají po jeho smýcení výrazný vliv na rychlost odrůstání výmladků i na šířku výmladkového chomáče. Výčetní tloušťka mateřského jedince má pozitivní vliv na všechny závislé proměnné.

U habru má statisticky významný vliv pouze velikost pařezu (výčetní tloušťka mateřského jedince a výška pařezu), a to na počet výmladků a šířku výmladkového chomáče. Vliv výšky pařezu na zmlazení popisuje i speciální studie (KANTOR et al. 2012). Podle ní je vhodné při těžebním zásahu volit přiměřenou výšku pařezu. Výmladky z příliš vysokých pařezů obtížně zakořeňují a zároveň je u takových jedinců vysoké riziko infekce dřevokaznými houbami. Na druhé straně příliš nízké pařezy pak tvoří málo výmladků (KANTOR et al. 2012)

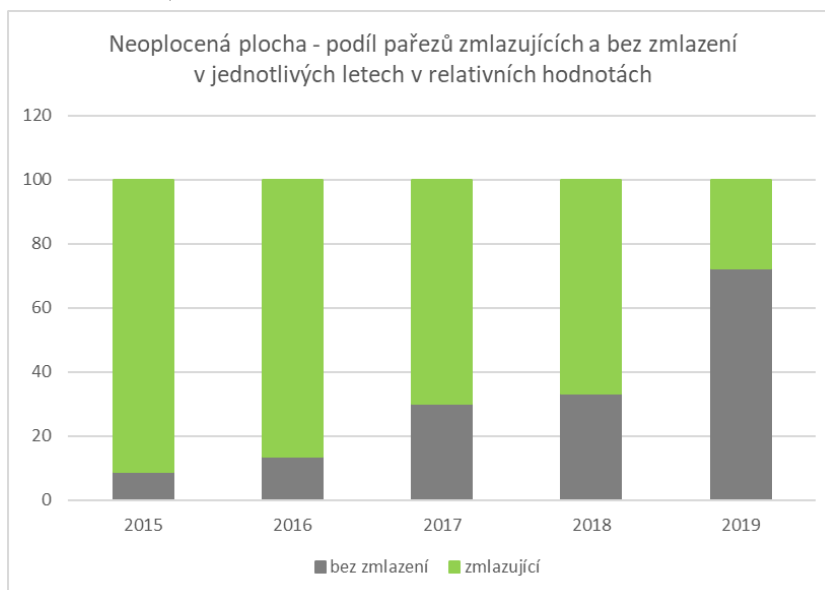
Narozdíl od dubu nevykazuje habr žádné korelace mezi dimenzemi koruny mateřského jedince a následnou intenzitou zmlazení. Výšky výmladků nejsou nijak ovlivněny dimenzemi mateřského jedince.

U břeku je jediným nezávislým prediktorem ovlivňujícím zmlazení výška pařezu, která pozitivně ovlivňuje závislou proměnnou šířku výmladkového chomáče.

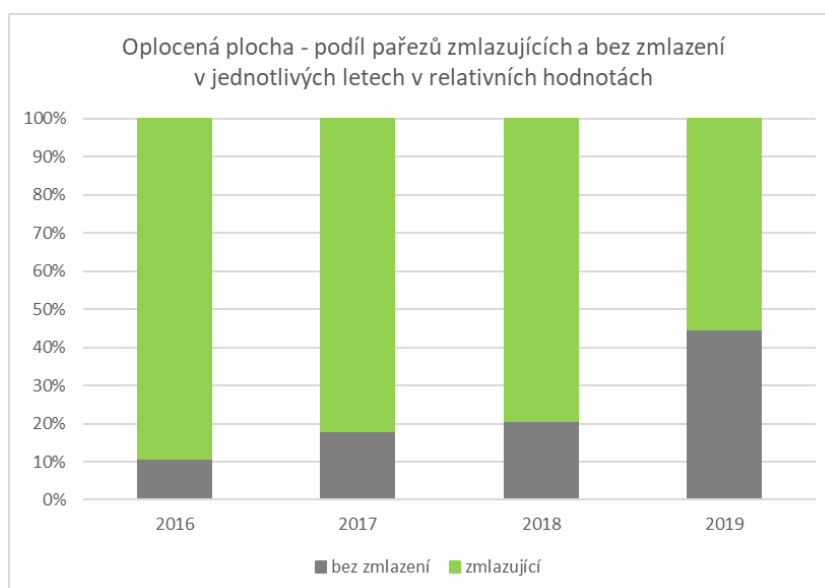
Na základě výsledků těchto lineárních modelů se smíšenými efekty lze tvrdit, že chceme-li výběrem jedince pozitivně ovlivnit množství biomasy získané z jeho zmlazení po smýcení, je vhodné u dubů vybírat mohutné vysoké jedince s dlouhou korunou a u habrů se zaměřit zejména na silné jedince. U habrů a břeků můžeme kromě výběrem jedince ovlivnit budoucí intenzitu zmlazení i ponecháním vyššího pařezu.

5.5 Analýza mortality

Vzhledem k rozdílným podmínkám na ploše oplocené a neoplocené je úmrtnost pařezů analyzována na každé ploše zvlášť. Hlavním rozdílem je zde vliv zvěře, která kontinuálně spásá výmladky na neoplocené ploše. Nutnost kompenzovat ztráty přírůstu způsobené okusem přitom může vézt ke zvýšení citlivosti jedince na sucho (HJÄLTEN et al. 1993).



Graf č. 24 – Složený sloupcový graf porovnávající poměr mezi zmlazujícími pařezy a pařezy bez zmlazení všech přítomných druhů dřevin na neoplocené ploše vytěžené v roce 2015.



Graf č. 25 – Složený sloupcový graf porovnávající poměr mezi zmlazujícími pařezy a pařezy bez zmlazení všech přítomných druhů dřevin na oplocené ploše vytěžené v roce 2016.

Z grafů č. 24 a 25 je patrný benefit oplocení vytěžené plochy. Úmrtnost na neoplocené ploše dosahuje již čtyři roky po vytěžení více než 70 %.

Jsou zde porovnány pařezy, které zmlazují a pařezy bez známek zmlazení. V prvních dvou letech od smýcení byly některé pařezy označeny za mrtvé, jelikož nejevily známky zmlazení, avšak ve skutečnosti byly pouze dormantní. Na ploše neoplocené například bylo na konci vegetační sezony roku smýcení označeno 46 jedinců (všech druhů) za uhynulé. Rozbor dat však odhalil, že 19 jedinců dubu a 8 jedinců habru začalo zmlazovat až v roce 2016, další 3 duby začaly zmlazovat dokonce až v roce 2017. Průměrná výčetní tloušťka všech pokácených jedinců dubu na neoplocené ploše byla přibližně 175 mm. Průměrná tloušťka dubů, které začaly zmlazovat s ročním odstupem, byla přibližně 193 mm a průměrná tloušťka tří dubů, které začaly jevit známky zmlazení až po dvou vegetačních sezonách, byla 210 mm. Průměrná tloušťka všech vytěžených habrů na neoplocené ploše byla přibližně 102 mm, průměrná tloušťka osmi jedinců, u kterých začaly rašit výmladky až po jednom roce od smýcení, byla 103 mm.

Tabulka č. 3: Přehledová tabulka nově uhynulých jedinců DB a HB v daném roce na neoplocené ploše a jejich průměrných výčetních tloušťkách.

Vysvětlivky: *HB* = habr obecný; *DB* = dub, *avg DBH* = průměrná výčetní tloušťka mateřského jedince

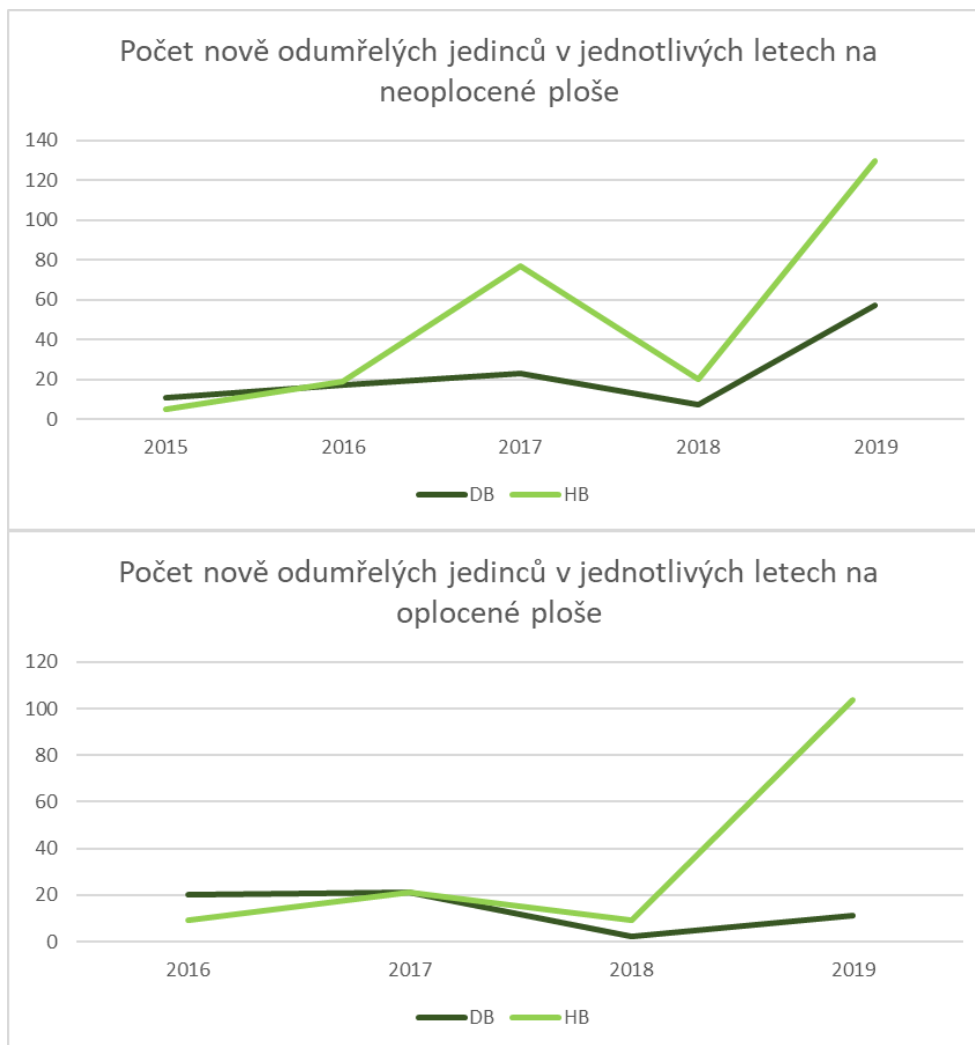
Dřevina	avg DBH uhynulých (mm)	počet	avg DBH živých (mm)
2015			
DB	183	11	131
HB	79	5	103
2016			
DB	135	17	172
HB	83	19	103
2017			
DB	150	23	179
HB	104	77	104
2018			
DB	187	7	176
HB	109	20	103
2019			
DB	181	57	177
HB	108	130	91

Tabulka č. 4: Přehledová tabulka nově uhynulých jedinců DB a HB v daném roce na oplocené ploše a jejich průměrných výčetních tloušťkách.

Vysvětlivky: *HB* = habr obecný; *DB* = dub, *avg DBH* = průměrná výčetní tloušťka mateřského jedince

Dřevina	avg DBH uhynulých (mm)	počet	avg DBH živých (mm)
2016			
DB	175	20	157
HB	96	10	92
2017			
DB	149	20	157
HB	82	21	92
2018			
DB	225	2	157
HB	110	9	92
2019			
DB	147	11	157
HB	94	104	87

Na oplocené ploše (Tabulka č. 4) bylo pozdě zmlazujících jedinců výrazně méně. Jedná se o pět jedinců dubu s průměrnou výčetní tloušťkou mateřského jedince přibližně 195 mm a o tři jedince habru s průměrnou výčetní tloušťkou 94 mm. Průměrná tloušťka všech jedinců dubu na oplocené ploše po smýcení byla přibližně 160 mm a habrů 92 mm. Na obou plochách je tedy patrná tendence silnějších jedinců dubu zahájit výmladkové rašení až minimálně jednu vegetační sezonu od smýcení. Habr zmlazuje až na pár výjimek ještě v roce smýcení, retardovaní jedinci se svou výčetní tloušťkou mnoho neliší od průměru v porostu.



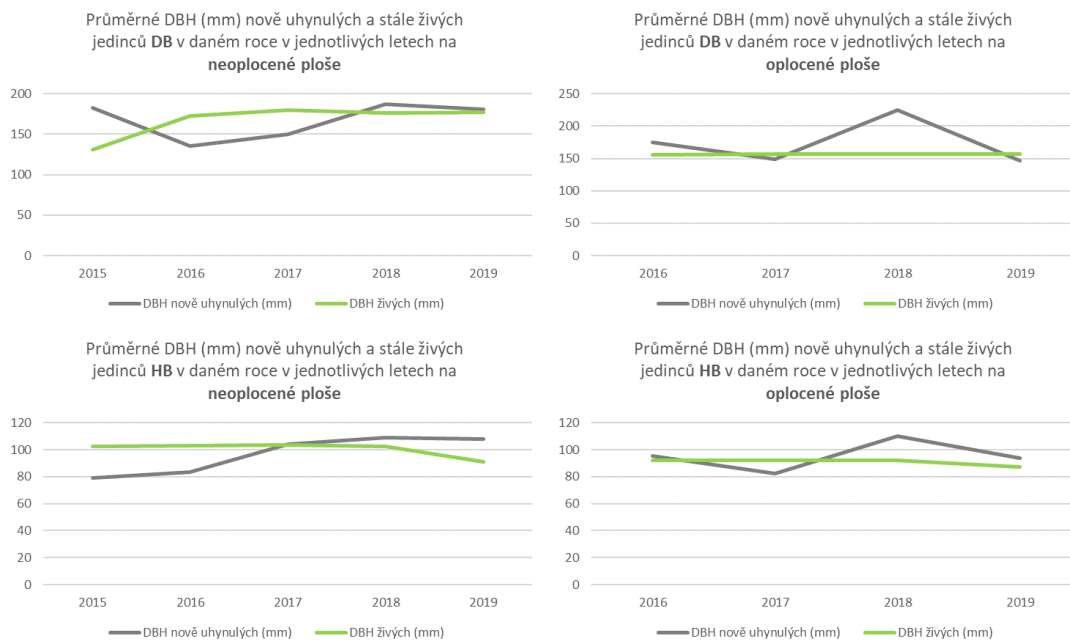
Graf č. 26 – Přehled počtu nově uhynulých dubů a habrů v jednotlivých letech pozorování pro obě plochy.

Vysvětlivky: *DB* = dub, *HB* = habr obecný

Na grafu č. 26 je ukázána mortalita jedinců dubu a habru v jednotlivých letech. Počet uhynulých jedinců není kumulovaný, jedná se čistě o nově uhynulé pařezy v každém roce. Průběh křivky habru není zdaleka tak vyrovnaný jako průběh křivky dubu. To naznačuje vyšší citlivost habru vůči vnějším vlivům, zejména vůči podnebným podmínkám.

V roce smýcení se mezi uhynulými jedinci vyskytuje více zástupců dubu. V druhém roce po smýcení je mortalita dubů a habrů téměř shodná, ale v dalších letech trpí habr výrazně vyšší úmrtností. Na neoplocené ploše je tento rozdíl markantnější než na oplocené. Zde se opět projevuje vliv zvěře, jejíž okusem

trpí jedinci habru více než jedinci dubu (ČERMÁK et al., 2011), obsahující velké množství tříslovin (KYZLÍK & MICHÁLEK, 1963).



Graf č. 27– Přehled průměrných tloušťek nově uhynulých dubů a habrů v porovnání s průměrnými tloušťkami stále zmlazujících jedinců v jednotlivých letech pozorování pro obě plochy.

Vysvětlivky: *DB* = dub, *HB* = habr obecný, *DBH* = výčetní tloušťka mateřského jedince v 1,3 m

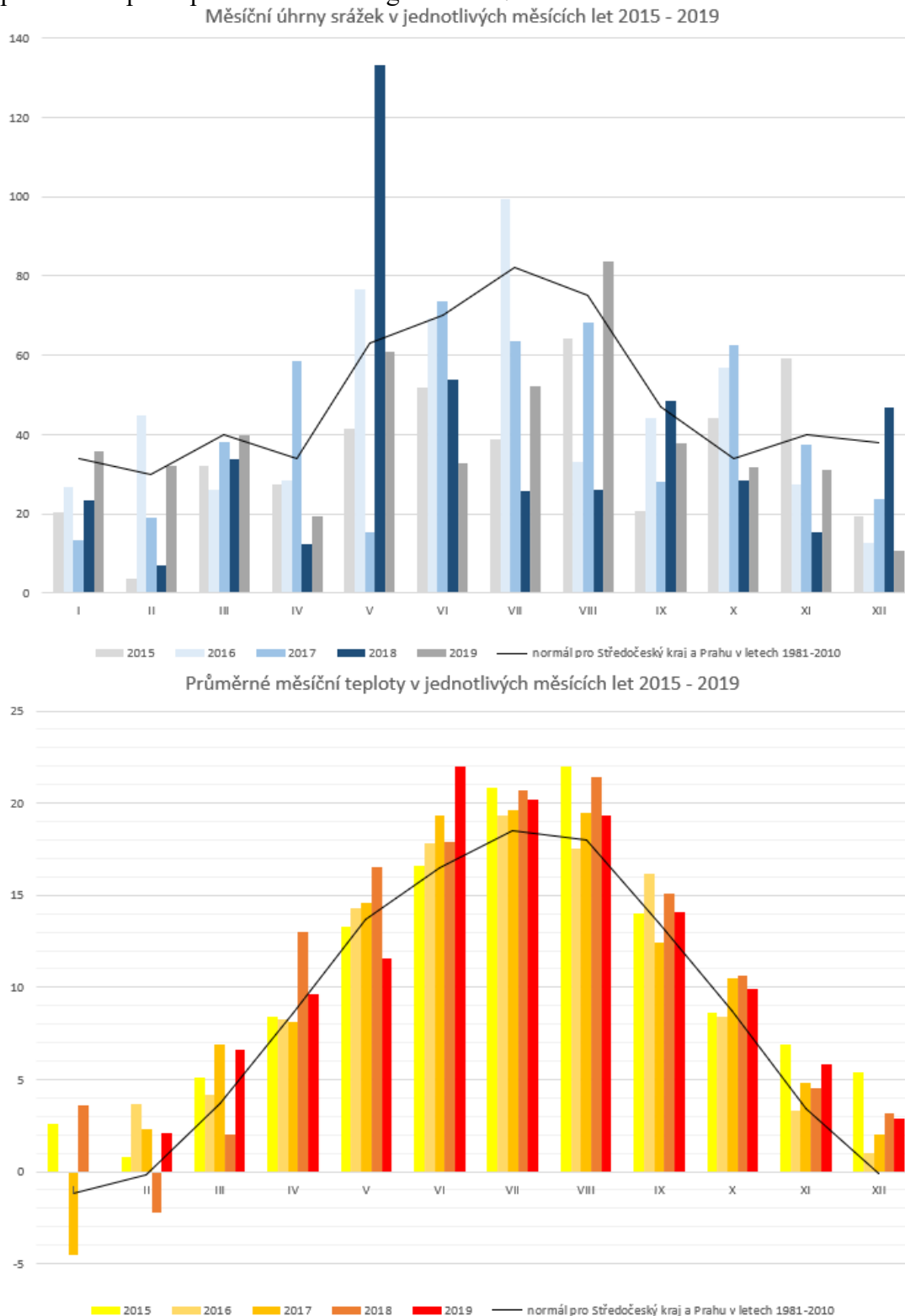
Graf č. 27 popisuje v návaznosti na graf č. 26 průměrné výčetní tloušťky uhynulých a stále živých jedinců v daném roce. Průběh linií habru i dubu na opločené ploše je pozoruhodně podobný (Graf č. 27). Na neopločené ploše není zjevná korelace mezi průměrnými výčetními tloušťkami uhynulých jedinců dubu a habru v jednotlivých letech. Počet uhynulých jedinců dubů a habrů na opločené ploše v jednotlivých letech také není signifikantně odlišný, s výjimkou roku 2019. Vliv zvěře je jediný limitující faktor, který je rozdílný pro opločenou a neopločenou plochu. Z toho lze soudit, že eliminujeme-li vliv zvěře, kombinace stanovištních a podnebných podmínek bude ovlivňovat všechny jedince dubu a habru velmi podobně, nezávisle na jejich druhu či relativní tloušťce.

Rok 2018, kdy byla mortalita nejnižší, zároveň vykazuje nejvyšší průměrné hodnoty výčetních tloušťek uhynulých jedinců.

5.6 Analýza vlivu podmínek počasí na intenzitu zmlazení

5.6.1 Poměry chodu počasí v letech 2015–2019

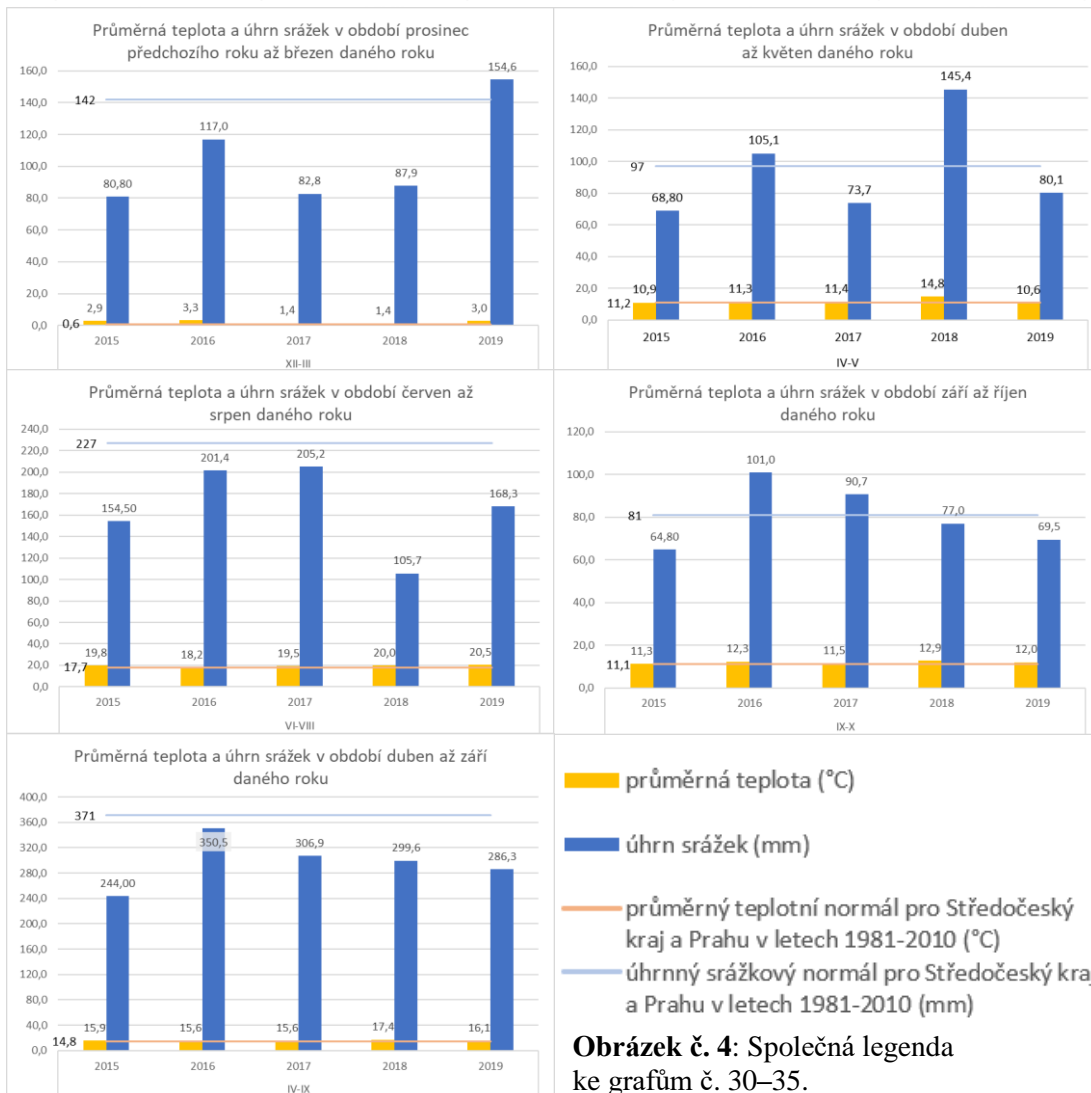
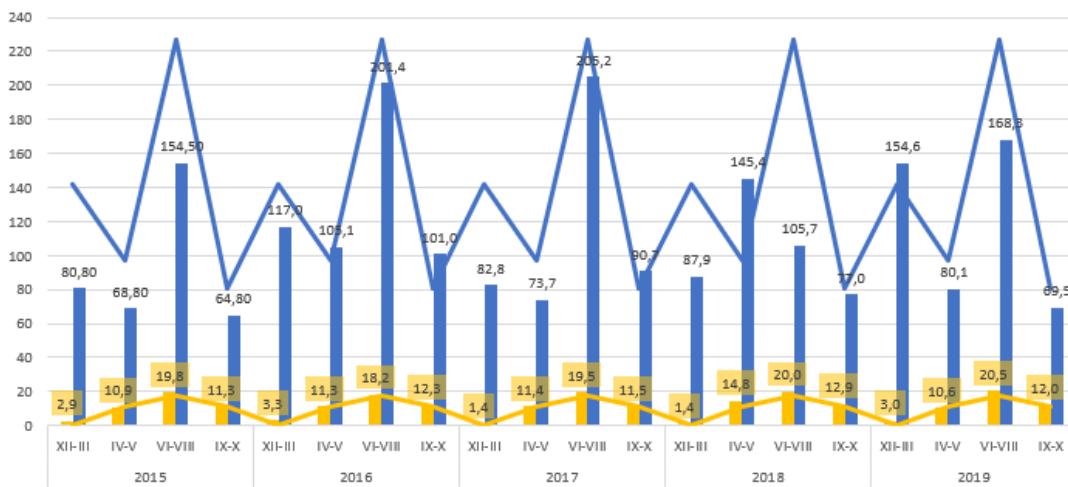
Na grafech č. 28 a 29 jsou znázorněny ukazatelé podmínek počasí pro období, po které na ploše probíhá monitoring zmlazení.



Grafy č. 28 a 29 – Měsíční úhrny srážek (mm) a průměrné měsíční teploty (°C) v jednotlivých měsících let 2015–2019 (Zdroj dat pro grafické zpracování: ČHMÚ 2020, ČHMÚ 2021)

Průměrné teploty v letech 2015–2019 byly obecně vyšší, než jaký je normál pro Středočeský kraj a Prahu v letech 1981–2010. Srážek bylo v tomto období ve srovnání s normálem obecně méně. Abychom mohli lépe posoudit vliv podnebných podmínek (úhrnu srážek a průměrných teplot) na odrůstání výmladků, byla měsíční data sdružena do pěti období stejných pro každý rok. Jedná se o zimní období, tedy prosinec až březen, kdy množství sněhových srážek ovlivňuje zásobu povrchových vod v jarních měsících (XII–III), začátek vegetační sezony, jarní měsíce duben a květen, z hlediska srážek velmi nekonzistentní měsíce (IV–V), letní měsíce, na srážky obvykle nejbohatší, tedy červen až srpen, které ve sledovaném období vykazují největší rozdíly oproti normálu (VI–VIII), září až říjen (IX–X) a souhrnné období duben až září (IV–IX), tzv. teplý půlrok či vegetační sezonu, důležité období pro vývoj rostlin (ZAHRADNÍČEK 2020). Průměrné teploty těchto období byly vypočteny jako průměr z průměrných teplot pro jednotlivé měsíce daného období, úhrny srážek v těchto obdobích byly vypočteny jako suma úhrnů srážek pro jednotlivé měsíce daného období. Analogicky byl vypočten teplotní i srážkový normál z měsíčních hodnot. Na grafech níže můžeme podrobněji pozorovat podmínky chodu počasí v oblasti ve sledovaném období.

Průměrné teploty a úhrny srážek pro jednotlivá období let 2015-2019 v porovnání s normálem pro Středočeský kraj a Prahu v letech 1981-2010



Grafy č. 30-35 – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015-2019 v porovnání s normály pro Středočeský kraj a Prahu v letech 1981-2010.
(Zdroj dat pro grafické zpracování: ČHMÚ 2020, ČHMÚ 2021)

Z této skupiny grafů můžeme vytknout rok 2018, ve kterém byla na obou zkoumaných plochách poměrně malá mortalita ve srovnání s ostatními léty a zároveň zde došlo k nejvýraznějšímu překonání srážkového normálu, a to v jarních měsících duben a květen. Kuriozní je, že letní měsíce téhož roku byly nejsušší za celé sledované období. Zdá se tedy, že na vitalitu jedince v daném roce mají velký vliv srážky spadané těsně před začátkem a na začátku vegetační sezony, a jsou-li tyto dostatečné, umožní jedinci přežít i následné období sucha.

5.6.2 Standardized Precipitation Index

Jednotná definice sucha neexistuje. Můžeme ho vnímat například po stránce meteorologické, zemědělské či hydrologické. Jedná se komplexní jev, jež nelze přesně definovat a mnohdy ani včas zpozorovat. Ovlivňuje různě velká území v různě dlouhých časových intervalech. Proto je ukazatelů sucha několik, jelikož žádný nevyhovuje požadavkům na sledování všech aspektů sucha zároveň (SVOBODA et al. 2012).

Tabulka č. 5: Pro SPI jsou definovány následující třídy (KUČERA 2013):

rozsah hodnot	anglické označení	český překlad
$\leq -2,00$	extremely dry	extrémně suchá
-1,99 až -1,50	severely dry	vážné suchá
-1,49 až -1,00	moderately dry	mírně suchá
-0,99 až 0,99	near normal	téměř v normálu
1,00 až 1,49	moderately wet	mírně vlhká
1,50 až 1,99	very wet	velmi vlhká
$\geq 2,00$	extremely wet	extrémně vlhká

SPI je založen na statistických výpočtech, které kvantifikují úroveň sucha porovnáním úhrnu srážek za jeden, dva, tři, šest, dvanáct či čtyřicet předchozích měsíců s historickými údaji za stejné období (SVOBODA et al. 2012). Například tříměsíční SPI pro březen 2018 tak bude porovnávat úhrn srážek za leden až březen v roce 2018 se stejnými obdobími všech předchozích let v závislosti na velikosti vstupních dat. SPI umožňuje kvantifikaci srážkového deficitu pro různě dlouhá období, jelikož délka období trvání deficitu určuje který „zdroj“ vody bude suchem dotčen. Zatímco na krátkodobé výkyvy srážek reaguje zejména půdní vláhá,

k ovlivnění režimu podzemní vody, vodních toků a nádrží jsou zapotřebí dlouhodobě přetrvávající srážkové anomálie (KHAN et al. 2008). Je vhodné krátkodobé SPI porovnávat zároveň s dlouhodobějšími, jelikož například vlhký měsíc v jinak suchém období nemusí podávat správnou informaci o klimatu z širšího úhlu pohledu a může vyvolat chybné domněnky o skončení suchého období (SVOBODA et al. 2012).

Další z výhod tohoto ukazatele je schopnost výpočtu i s neúplnou časovou řadou dat, byť za cenu ztráty jeho síly v závislosti na celkovém rozsahu dat a množství chybějících hodnot. Čím delší časovou řadu vstupních dat máme k dispozici, tím spolehlivější a silnější SPI můžeme získat. Pro výpočet silného SPI je doporučené užití dat minimálně za posledních dvacet až třicet let, padesát až šedesát let je však optimum (SVOBODA et al. 2012).

Data ČHMÚ (2020) ze stanice v Neumětelích, vzdálené přibližně šest kilometrů od zkušných ploch, obsahující měsíční úhrny srážek z období 1. 1. 1961–31. 12. 2019 poskytla téměř šedesátiletou konzistentní časovou řadu, přerušenu pouze v prosinci 1980 až květnu 1981. Po jejich transformaci do požadované podoby k užití v programu SPI generator v 1.7.5. (NDMC 2018) byly vygenerovány hodnoty SPI pro jednotlivá období sledovaných let i pro celé roky, viz tabulka č. 5.

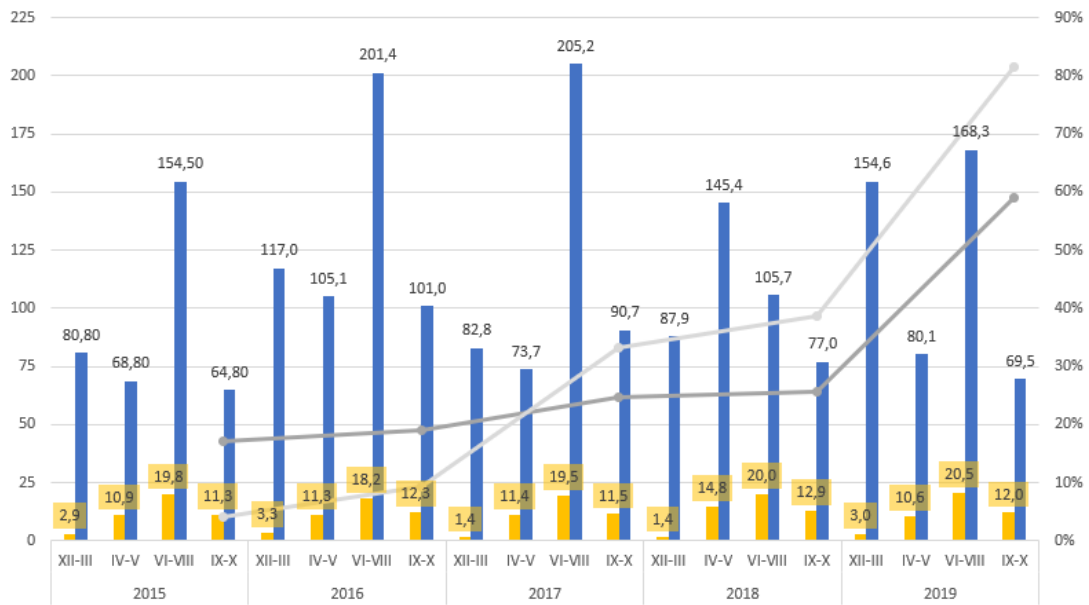
Tabulka č. 6: Hodnoty SPI (*Standardized Precipitation Index*) pro vybraná období sledovaných let.

	2014					
	XII-III	IV-V	VI-VIII	IX-X	IV-IX	I-XII
období (počet měsíců)	4	2	3	2	6	12
SPI	-2,57	1,44	0,32	2,10	1,36	1,04
	2015					
	XII-III	IV-V	VI-VIII	IX-X	IV-IX	I-XII
období (počet měsíců)	4	2	3	2	6	12
SPI	-1,13	-0,81	-1,03	-0,20	-1,44	-1,19
	2016					
	XII-III	IV-V	VI-VIII	IX-X	IV-IX	I-XII
období (počet měsíců)	4	2	3	2	6	12
SPI	0,21	0,23	-0,14	0,89	-0,01	0,16
	2017					
	XII-III	IV-V	VI-VIII	IX-X	IV-IX	I-XII
období (počet měsíců)	4	2	3	2	6	12
SPI	-1,05	-0,65	-0,09	0,60	-0,55	-0,30
	2018					
	XII-III	IV-V	VI-VIII	IX-X	IV-IX	I-XII
období (počet měsíců)	4	2	3	2	6	12
SPI	-0,88	1,17	-2,17	0,19	-0,65	-0,83
	2019					
	XII-III	IV-V	VI-VIII	IX-X	IV-IX	I-XII
období (počet měsíců)	4	2	3	2	6	12
SPI	1,32	-0,46	-0,75	-0,07	-0,84	-0,69

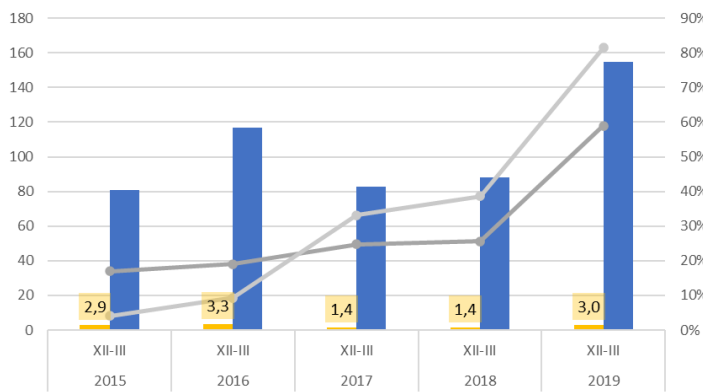
5.6.3 Analýza vlivu podmínek počasí na mortalitu dubu a habru

Vliv podmínek počasí na mortalitu dubu a habru byl zkoumán na obou plochách, ačkoli je zřejmé, že tlak zvěře bude pro mortalitu na neoplocené ploše silnějším faktorem. Jedinci trpící okusem jsou kvůli neustálé snaze o kompenzaci růstu náchylnější na sucho (HJÄLTEN 1993).

Průměrné teploty a úhrny srážek pro jednotlivá období let 2015–2019 v porovnání s množstvím uhynulých jedinců DB a HB na neoplocené ploše

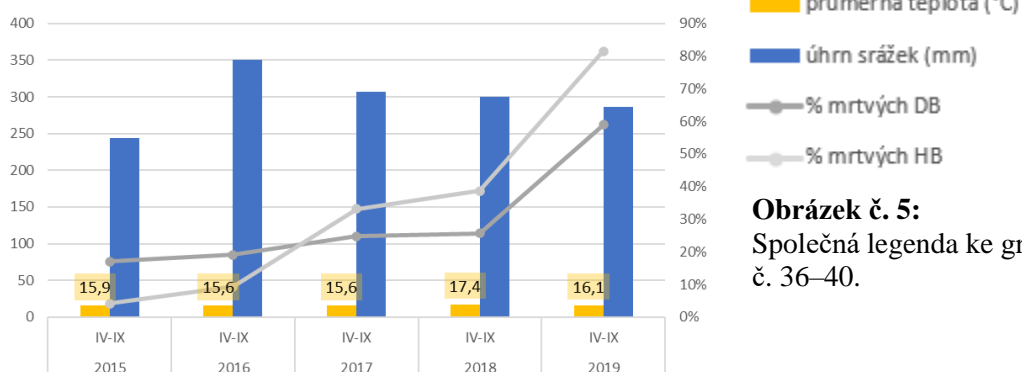


Průměrné teploty a úhrny srážek v zimních měsících daných let v porovnání s úmrtností jedinců DB a HB na neoplocené ploše



Grafy č. 36–38 – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání s mortalitou dubu a habru na neoplocené ploše. (Zdroj klimatologických dat pro grafické zpracování: ČHMÚ 2020, ČHMÚ 2021)

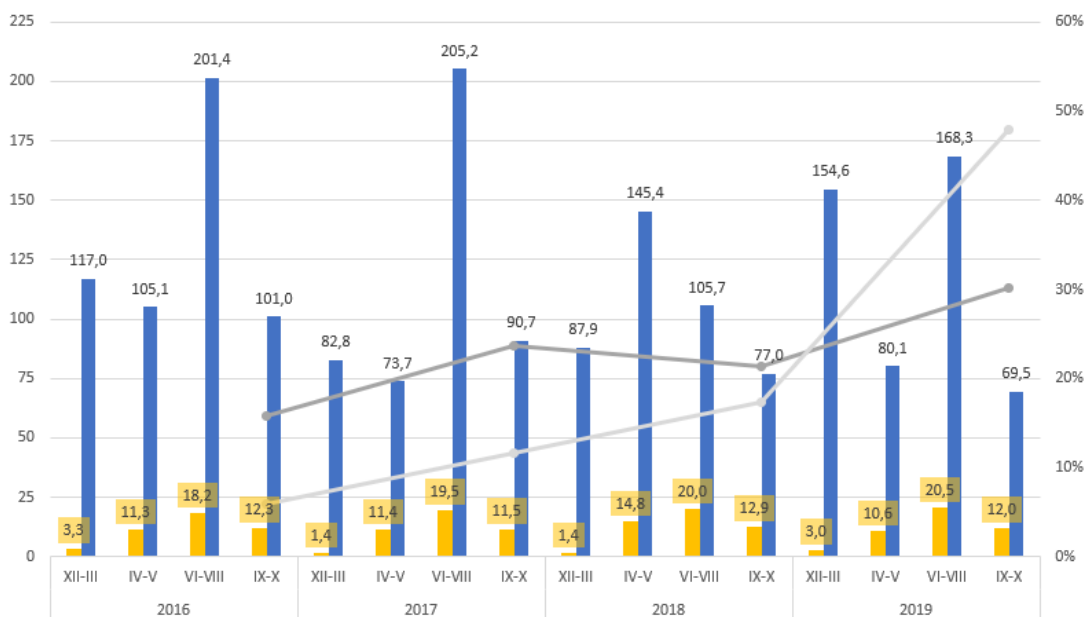
Průměrné teploty a úhrny srážek ve vegetačních sezonách daných let v porovnání s úmrtností jedinců DB a HB na neoplocené ploše



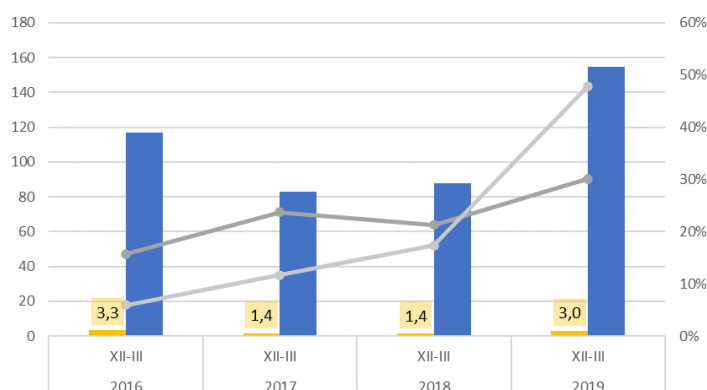
- průměrná teplota (°C)
- úhrn srážek (mm)
- % mrtvých DB
- % mrtvých HB

Obrázek č. 5: Společná legenda ke grafům č. 36–40.

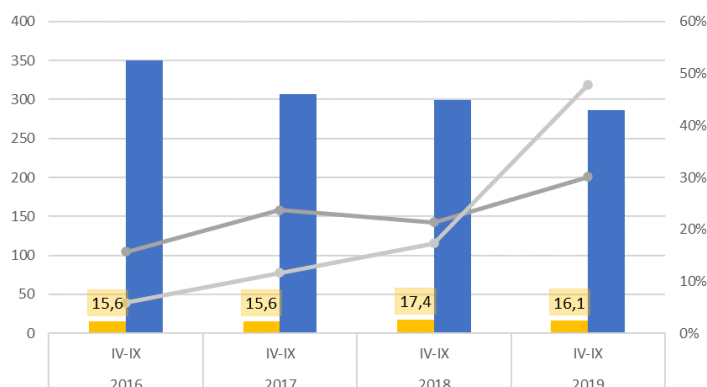
Průměrné teploty a úhrny srážek pro jednotlivá období let 2015-2019 v porovnání s množstvím uhynulých jedinců DB a HB **oplocené ploše**



Průměrné teploty a úhrny srážek v zimních měsících daných let v porovnání s úmrtností jedinců DB a HB na **oplocené ploše**



Průměrné teploty a úhrny srážek ve vegetačních sezonách daných let v porovnání s úmrtností jedinců DB a HB na **oplocené ploše**

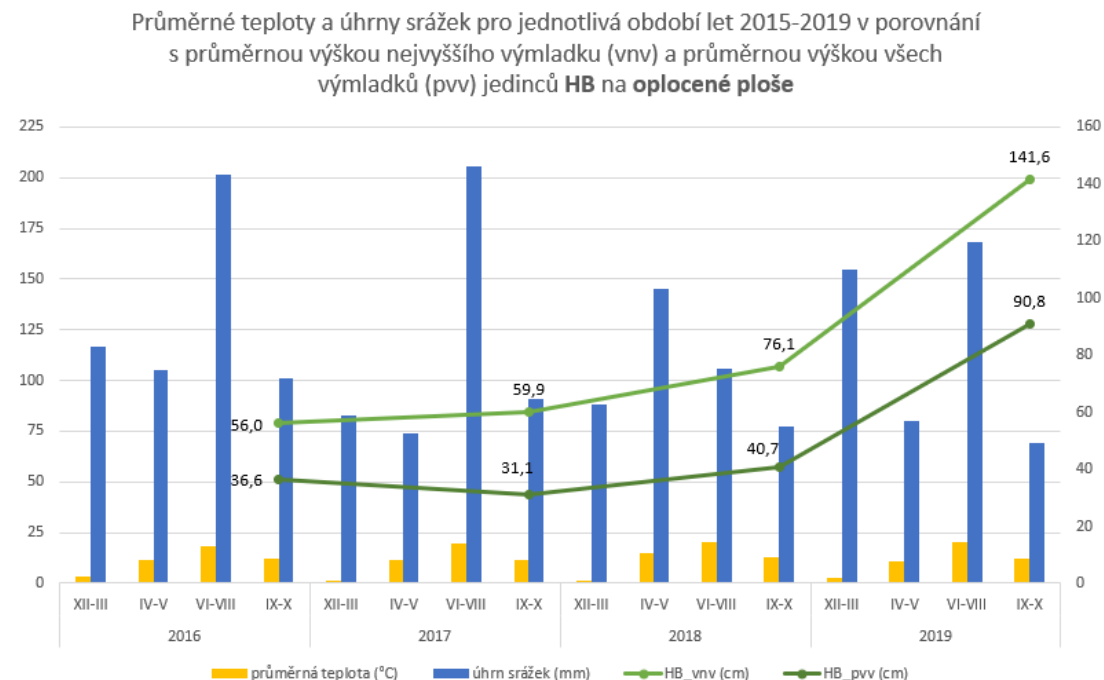
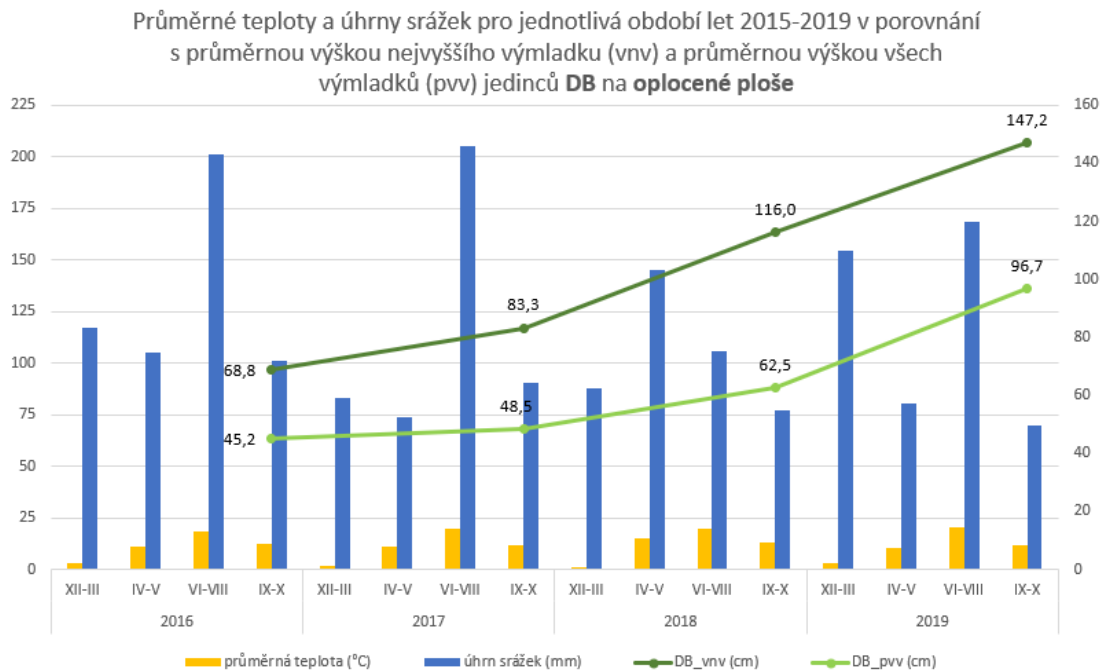


Grafy č. 39–40 – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání mortalitou dubu a habru na oplocené ploše.

(Zdroj klimatologických dat pro grafické zpracování: ČHMÚ 2020, ČHMÚ 2021)

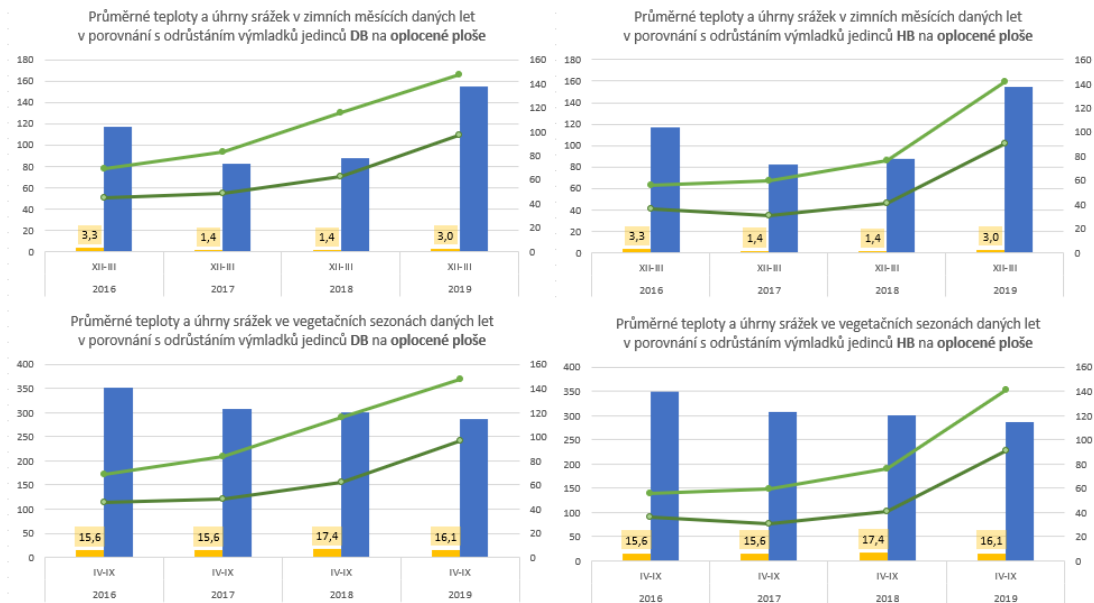
5.6.4 Analýza vlivu podmínek počasí na růst výmladků dubu a habru

Vliv počasí na intenzitu zmlazení dubu a habru byl zkoumán pouze na ploše oplocené, jelikož na neoplocené ploše nelze oddělit vliv počasí od vlivu zvěře.



Grafy č. 41 a 42 – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání se zjištěnými průměrnými výškami výmladků dubů a habrů pro srovnání na obou plochách.

(Zdroj klimatologických dat pro grafické zpracování: ČHMÚ 2020, ČHMÚ 2021)



Graf č. 43 – Úhrny srážek (mm) a průměrné teploty (°C) v jednotlivých obdobích let 2015–2019 v porovnání se zjištěnými průměrnými výškami výmladků dubů pro srovnání na obou plochách.
(Zdroj klimatologických dat pro grafické zpracování: ČHMÚ 2020, ČHMÚ 2021)

■ průměrná teplota (°C)
 ■ úhrn srážek (mm)
 —●— vov (cm)
 —●— pov (cm)

Obrázek č. 6:

Legenda ke grafu č. 43.

Z grafů č. 41 až 43 zřejmě neplyne žádná souvislost mezi počasím v jednotlivých úsecích sledovaného období a odrůstáním výmladků sledovaných dřevin. Výšky výmladku dubů i habrů stoupají graduálně a sledované období je příliš krátké pro vyvození věrohodných závěrů.

6. Závěr

Tato práce měla za cíl monitoring intenzity vegetativní regenerace na zkusných plochách v přírodní rezervaci Na Voskopě a analýzu dat z terénního měření pro tři hlavní zástupce dřevin na lokalitě. Byly zkoumány zejména souvislosti mezi intenzitou zmlazení jedinců a jejich pozicí na svahovém gradientu, výčetní tloušťkou mateřského jedince či jeho původem. Výzkum probíhal na dvou experimentálních pruzích o rozměrech přibližně 25 × 125 m, z nichž jeden byl vytěžen na konci zimy roku 2015 a druhý na konci roku 2016. Pouze druhý pruh byl z důvodu ochrany proti zvěři oplocen, na prvním byla po prvních kontrolách instalována pachová zradidla a byl aplikován postřik přípravkem Aversol. Tato chemická ochrana proti zvěři se velmi brzo začala jevit jako nedostatečná a proto nyní, po letech intenzivního spásání, dosahuje mortalita vytěžených jedinců na neoplocené ploše více než 70 %. V roce 2017 bylo na obou pruzích zaznamenáno celkem 814 živých, zmlazujících, pařezů a 257 pařezů bez známek zmlazení (CUKR 2018). V roce 2019 již bylo zmlazujících pařezů pouze 443, uhynulých 627. Ačkoli je oplocená plocha chráněna proti zvěři oplocenkou, i zde bylo v roce 2019 zjištěno téměř 45 % uhynulých jedinců.

Při analýze intenzity zmlazení v závislosti na vlastnostech jedince bylo zjištěno, že několik na první pohled zřejmých souvislostí je ve skutečnosti způsobeno jiným prediktorem. Tím je nejčastěji pozice jedince na svahu. Rozmístění zkoumaných dřevin po svahovém gradientu je velmi nerovnoměrné s vysokou koncentrací jedinců určitých dimenzí v daném výškovém stupni. Například nejdelší výmladky na dubech byly pozorovány v nejnižší a zároveň v nejvyšší tloušťkové kategorii mateřského jedince. Po kontrole rozptylu jedinců jednotlivých tloušťkových kategorií po svahu bylo zjištěno, že jak nejtenčí, tak nejsilnější jedinci se vyskytují převážně v prvním a druhém výškovém stupni, tedy na bázi svahu, kde jsou nejpřívětivější podmínky. Habr například vykazuje nejnižší výšky výmladků ve 4. tloušťkové kategorii. Důvodem je však nízký počet zástupců v této kategorii, a především jejich rozmístění vysoko na svahu, kde jsou obecně výšky výmladků nižší.

Metodou lineárních regresních modelů se smíšenými efekty bylo zjištěno, že je intenzita zmlazení dubu silně ovlivněna dimenzemi jedince před smýcením. Výčetní

tloušťka v 1,3 m nad zemí má pozitivní vliv na všechny sledované parametry zmlazení, výška jedince a délka koruny pak pozitivně ovlivňují výšky výmladků a šířku výmladkového chomáče. Na druhou stranu u habru se neprojevil vliv žádného ze zkoumaných prediktorů na výšku nejvyššího výmladku ani průměrnou výšku všech výmladků, zato počet výmladků a největší šířka chomáče jsou pozitivně ovlivněny výčetní tloušťkou jedince a výškou ponechaného pařezu.

V práci byl dále empiricky vyhodnocen vliv podmínek chodu počasí v letech 2015–2019 na intenzitu zmlazení na oplocené ploše a na mortalitu na obou plochách. Zdá se, že je pro vitalitu jedince důležitější dostatek srážek v jarních měsících než v průběhu léta. Neprojevil se výrazný vliv počasí v prvních pěti, respektive čtyřech letech od smýcení jedince na odrůstání výmladků.

Analyzovaný vzorek stále zmlazujících jedinců na těchto výzkumných plochách je již příliš malý, než aby se výsledky daly spolehlivě aplikovat při rozhodování o managementu ve větším měřítku či na jiných stanovištích. Analýza vlivu podnebných podmínek na intenzitu zmlazení v této práci má pouze informativní charakter a malou výpovědní hodnotu. Pro prohloubení znalostí o vlivu počasí na vývoj výmladkového lesa by bylo potřeba provádět šetření na větší ploše (s více jedinci), chráněné před vlivem zvěře, po delší dobu a k následné analýze využít pokročilejších statistických metod. Během pěti, respektive čtyř sezon, kdy probíhal monitoring zmlazení na těchto dvou zkusných plochách, dosáhla mortalita příliš vysokých hodnot, a proto doporučuji další monitoring výrazně zjednodušit. Na ploše neoplocené například navrhuji v dalších letech už nezjišťovat růst výmladků, které jsou neustále spásány zvěří, ale již pouze zaznamenávat mortalitu pařezů. Na ploše oplocené rovněž doporučuji dále zaznamenávat mortalitu, a na stále zmlazujících jedincích již sledovat pouze výšku nejvyššího výmladku a průměrnou výšku všech výmladků. Explorační analýzy vlivu původu jedince, pozice jedince na svahu výčetní tloušťky jedince a osluněnosti stanoviště na intenzitu zmlazení již doporučuji nadále neprovádět z důvodu malého vzorku stále zmlazujících jedinců.

7. Seznam použitých zdrojů

Literatura

AOPK ČR. *Plán péče pro Přírodní rezervaci Na Voskopě na období 2012–2026*. Karlštejn: Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, 2012. 37 s.

AOPK ČR. *Rozbory Chráněné krajinné oblasti Český kras k 31. 12. 2008*. Karlštejn: Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, 2008. 175 s.

BOŽKA, Jaroslav. *Parametry vegetativní regenerace dřevin na experimentální ploše obnoveného středního lesa v PR Na Voskopě, Český kras*. Praha, 2017. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

CUKR, Martin. *Postup vegetativní regenerace listnatých dřevin na experimentální ploše obnoveného středního lesa v PR Na Voskopě, Český kras*. Praha, 2018. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

ČERMÁK, Petr; BERANOVÁ, Pavla; ORÁLKOVÁ, Jindřiška; HORSÁK, Petr a PLŠEK, Jaroslav. Relationships between browsing damage and the species dominance by the highly food-attractive and less food-attractive trees. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011, **59**(1), 29–36. Dostupné z: doi: 10.11118/actaun201159010029

DEKAN, Petr. *Počáteční vegetativní regenerace listnatých dřevin na experimentální ploše předrženého středního lesa v PR Na Voskopě, Český kras*. Praha, 2016. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

ERBA, Jan. *Rozšíření druhů dřevin v PR Na Voskopě v Českém krasu*. Praha, 2017. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

FELLNER R. *Základní dokumentační přírodovědný výzkum v dobývacím prostoru Suchomasty v Chráněné krajinné oblasti Český kras (1982-1983)*. Jíloviště: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 1983.

GREBENSCHIKOV, Oleg S. *Geobotanic dictionary, Russian-English-German-French*. Moscow: Nauka, 1963. 266 s.

HECKER, Ulrich. *Stromy a keře: Klíč ke spolehlivému určování 3 znaky*. 3. vyd. Čestlice: Rebo Productions CZ spol. s.r.o., 2012. 238 s. ISBN 978-80-255-0594-6.

HÉDL, Radim a SZABÓ, Péter. Hluboké hvozdy, nebo pokřivené křoví?: Nástin historie lesů nížinných oblastí. *Vesmír*. Praha: Vesmír, s.r.o, 2010, **89**(4), 232–236.

HÉDL, Radim; SZABÓ, Péter; RIEDL, Vladan a KOPECKÝ, Martin. Tradiční lesní hospodaření ve střední Evropě I. Formy a podoby. *Živa*. Praha: Academia, 2011, **2**, 61–63.

HJÄLTEN, Joäkim; DANDEL, Kjell a ERICSON, Lars. Effects of simulated herbivory and intraspecific competition on the compensatory ability of birches. *Ecology*. Hoboken: Wiley, 1993, **74**(4), 1136–1142.

HRABÁK, Rudolf a PORUBA, Miroslav. *Les*. 1. vydání. Praha: Aventinum, 2014. 312 s. ISBN 9788086858098.

HRONÍK, Prokop. *Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu*. Praha, 2014. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

JELENECKÁ, Alžběta. *Struktura lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu*. Praha, 2015. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

KANTOR, Petr; VRŠKA, Tomáš; DOBROVOLNÝ, Lumír a NOVÁK, Jiří. *Pěstění lesů skripta – učební text*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013.

KHAN, Shahbaz; GABRIEL, Hamza a RANA, Tariq. Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. *Irrigation and Drainage Systems*. Heidelberg: Springer, 2008, **22**(2), 159–177. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1007/s10795-008-9049-3>

KONVIČKA, Martin; ČÍŽEK, Lukáš a BENEŠ, Jiří. *Ohrožený hmyz nížinných lesů: ochrana a management*. 2. vyd. Olomouc: Sagittaria, 2006. 80 s. ISBN 80-239-8801-8

KŘIVÁNEK, Jiří. Lesy Středočeského kraje. – In NEMEC, Jan. a HRIB, Michal (eds.). *Lesy v České republice*. Praha: Consult Praha, 2009, 324–335. ISBN 80-903482-5-4.

KUČERA, Jiří. *Analýza časových řad vybraných biofyzikálních parametrů ze skeneru MODIS*. Brno, 2013. Bakalářská práce, Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta.

KYZLÍK, Ladislav a MICHÁLEK, Jiří. *Lesnická botanika*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963. 465 s.

LANDA, Arnošt a PROCHÁZKA, Stanislav. *Pěstování lesů*. 2. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963. 421 s.

LOŽEK, Vojen; KUBÍKOVÁ, Jarmila.; ŠPRYŇAR, Pavel et al. *Střední Čechy*. 1. vyd. Praha: AOPK ČR, 2005. 902 s. Chráněná území ČR, sv. 13. ISBN 80-86064-87-5

MAUER, Oldřich. *Zakládání lesů I. Skripta*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. 172 s.

MCKEE, Thomas B.; DOESKEN, Nolan J. a KLEIST, John. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Eighth Conference on Applied Climatology, 17–22 January 1993*, Anaheim: American Meteorological Society, 1993, 179–184.

Ministerstvo zemědělství ČR. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2019. 110 s. ISBN 978-80-7434-530-2.

MORAVEC, Jaroslav et al. *Fytocenologie*. Praha: Academia, 1994. 403 s. ISBN 80-200-0457-2.

MUSIL, Ivan a MÖLLEROVÁ, Jana. *Listnaté dřeviny. Přehled dřevin v rámci systému krytosemenných (Lesnická dendrologie2)*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. 216 s. ISBN 80-213-1367-6.

NĚMEC, Jan a LOŽEK, Vojen. *Chráněná území ČR 1 – Střední Čechy*. Praha: Consult ČR, 1996. 319 s. ISBN 80-902132-0-0.

NEUHÄUSLOVÁ, Zdenka; BLAŽKOVÁ, Denisa; GRULICH, Vít; HUSOVÁ, Miroslava; CHYTRÝ, Milan; JENÍK, Jan; JIRÁSEK, Jaroslav; KOLBEK, Jiří; KROPÁČ, Zdeněk; LOŽEK, Vojen; MORAVEC, Jaroslav; PRACH, Karel; RYBNÍČEK, Kamil; RYBNÍČKOVÁ, Eliška; SÁDLO, Jiří. *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Textová část*. Praha: Academia, 1998. 341 s. ISBN 80-200-0687-7.

PANOCHA, Ondřej. *Vegetativní obnova vzácnějších druhů lesních dřevin v Českém krasu*. Praha, 2019. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

PLÍVA, Karel a ŽLÁBEK, Ivan. *Přírodní lesní oblasti ČSR*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986. 313 s.

POKORNÝ, Jaromír a FÉR, František. *Listnáče lesů a parků*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1964. 365 s.

POLENO, Zdeněk; VACEK, Stanislav et al. *Pěstování lesů II.: Teoretická východiska pěstování lesů*. Kostelec nad černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2007. 463 s. ISBN 978-80-87154-09-0.

POLENO, Zdeněk; VACEK, Stanislav et al. *Pěstování lesů I.: Ekologické základy pěstování lesů*. Kostelec nad černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2011. 320 s. ISBN 978-80-87154-99-1.

PRŮŠA, Eduard. *Přirozené lesy České republiky*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1990. 246 s. ISBN 80-209-0095-0.

PRŮŠA, Eduard. *Pěstování lesů na typologických základech*. 1. vyd. Kostelec nad černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2001. 593 s. ISBN 80-86386-10-4.

SANIGA, Milan. *Pestovanie lesa*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. 327 s. ISBN 978-80-228-2102-5.

SVOBODA, Mark; HAYES, Michael a WOOD, Deborah A. *Standardized Precipitation Index User Guide*. Geneva: WMO, 2012. 16 s. ISBN 978-92-63-11090-9.

ŠÁLEK, Lubomír; STOLARIKOVÁ, Radka; JEŘÁBKOVÁ, Lucie; KARLÍK, Petr; DRAGOUN, Lukáš a JELENECKÁ, Alžběta. Timber production and ecological characteristics of trees in coppice forest in the nature reserve Voskop in Český kras - a case study. *Journal of forest science*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2014, **60**(12), 519–525. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.17221/93/2014-JFS>

ŠTEFL, Zdeněk. *Detekce předešlého managementu v letokruzích výstavků v předrženém středním lese v přírodní rezervaci Na Voskopě, CHKO Český kras*. Praha, 2018. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

TESAŘ, Vladimír et al. *Pěstování lesa v heslech*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 1996. 95 s.

THOMAS, Peter, A. Biological Flora of the British Isles: *Sorbus torminalis*. *Journal of Ecology*. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2017, **105**(6), 1806-1831. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12857>

THOMAS, Peter a PACKHAM, John. *Ecology of Woodlands and Forests*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 528 s. ISBN 9780521834520

UTINEK, Dušan. Střední a nízký les – proč a jak? (I. část). *Ochrana přírody*. Praha: AOPK ČR, 2014, **4**, 12–15.

VAN CALSTER, Hans; BAETEN, Lander; VERHEYEN, Kris; DE KEERSMAEKER, Luc; DEKEYSER, Stijn; ROGISTER, Jules a HERMY, Martin. Diverging effects of overstorey conversion scenarios on the understorey vegetation in a former coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*. Amsterdam: Elsevier B. V., 2008, **256**(4), 519–528. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foreco.2008.04.042

VLNAS, Radek; BERAN, Adam; HANEL, Martin; HRABÁNKOVÁ, Anna, HRDINKA, Tomáš; KAŠPÁREK, Ladislav; MARTÍNKOVÁ, Marta; PELÁKOVÁ, Martina; TREML, Pavel; VIZINA, Adam; BAŠTA, Petr; JAČKA, Lukáš; MÁCA, Petr; PAVLÁSEK, Jiří a PECH, Pavel. *Metodika pro stanovení mezních hodnot indikátorů hydrologického sucha*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2015. 18 s.

ZLATNÍK, Alois. Výmladkové lesy s hlediska proměn lesů pod vlivem člověka a úloha ekologie při přeměnách a převodech výmladkových lesů. In: *Sborník Československé akademie zemědělských věd. Lesnictví*. Praha: Československá akademie zemědělských věd, 1957, **3**(2), 109-124.

Legislativa

Česká národní rada. Zákon České národní rady č. 114/1992 Sb. ze dne 19. února 1992, o ochraně přírody a krajiny. In *Sbírka zákonů 1992, částka 28/1992*. ISSN 1211-1244.

Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 298/2018 Sb. ze dne 11. prosince 2018, o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. In: *Sbírka zákonů 2018*.

Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras. Nařízení č. 1/2012 ze dne 26.11.2012, kterým se zřizuje Přírodní rezervace Na Voskopě a stanoví její bližší ochranné podmínky. In *Ústřední seznam ochrany přírody 2012*. Dostupné z: <https://ceskykras.ochranaprirody.cz/res/archive/133/017620.pdf?seek=1378291859>

Internetové zdroje

AOPK ČR. Charakteristika oblasti. In: *Správa CHKO Český kras* [online]. Praha: AOPK ČR, 2021 [cit. 30. 3. 2021]. Dostupné z: <https://ceskykras.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>

AOPK ČR. Přírodní rezervace Na Voskopě. In: *Správa CHKO Český kras* [online]. Praha: AOPK ČR, 2021 [cit. 30. 3. 2021]. Dostupné z: <http://ceskykras.ochranaprirody.cz/ochrana-prirody/chranena-uzemi/pr-na-voskope/>

AOPK ČR. Chráněná území. In: *Správa CHKO Český kras* [online]. Praha: AOPK ČR, 2021 [cit. 30. 3. 2021]. Dostupné z: <https://ceskykras.ochranaprirody.cz/ochrana-prirody/chranena-uzemi/>

CENIA. Topografické mapy ČÚZK. In: *Národní geoportál INSPIRE* [online]. Praha: Cenia, 2010–2019 [cit. 30. 3. 2021]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz>

ČHMÚ [Český hydrometeorologický ústav]. *Stanice Neumětely: srážky – měsíční data 1.1.1961 – 31.12.2019* [online]. Praha: ČHMÚ, 25. 4. 2020 [cit. 11. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb#>

ČHMÚ [Český hydrometeorologický ústav]. *Stanice Neumětely: teplota vzduchu – měsíční data 1.1.1961 – 31.12.2019* [online]. Praha: ČHMÚ, 9. 3. 2021 [cit. 11. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb#>

Japan Meteorological Agency. Commentary on Standardized Precipitation Index (SPI). In: *Tokio Climate Center*. [online]. Tokyo: WMO, 2002 [cit. 14. 4. 2021]. Dostupné z: https://ds.data.jma.go.jp/gmd/tcc/tcc/products/climate/climatview/spi_commentary.html

KADAVÝ, Jan a KNEIFL, Michal. Skryté kouzlo pařezin. In: *Vesmír*. [online]. Praha: Vesmír, s.r.o., 1. 10. 2014 [cit. 30. 3. 2021]. Dostupné z: <http://vesmir.cz/2014/10/01/skryte-kouzlo-parezin>

ZAHRADNÍČEK, Pavel. Vegetační sezóna 2020 z pohledu teplot a srážek. In: *ČHMÚ Brno* [online]. Brno: ČHMÚ, 22. 10. 2020 [cit. 12. 4. 2021]. Dostupné z: <https://chmibrno.org/blog/2020/10/22/vegetacni-sezona-2020-z-pohledu-teplot-a-srazek/>

Software

BARTOŇ, Kamil. *MuMIn: Multi-Model Inference*. [R package]. Version 1.43.17. 2020. Dostupné z: <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>

BATES, Douglas; MAECHLER, Martin; BOLKER, Ben a WALKER, Steve. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*. Los Angeles: Foundation for Open Access Statistics, 2015, 67(1), 1-48. Dostupné na: doi:10.18637/jss.v067.i01.

KUZNETSOVA, Alexandra; BROCKHOFF, Per B. a CHRISTENSEN, Rune H. B. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*. Los Angeles: Foundation for Open Access Statistics, 2017, 82(13), 1-26. Dostupné na: doi: 10.18637/jss.v082.i13

NDMC [National Drought Mitigation Center]. *SPI generator* [software]. Version 1.7.5. Lincoln: University of Nebraska, 2018. Dostupné z: <https://drought.unl.edu/droughtmonitoring/SPI/SPIProgram.aspx>

PINHEIRO, José; BATES, Douglas; DEBROY, Saikat; SARKAR, Deepayan a R Core Team. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. [R package]. Version 3.1-152. 2021. Dostupné z: <https://CRAN.R-project.org/package=nlm>

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2021.

STATSOFT, Inc. *STATISTICA 12* [software]. Tulsa: Statsoft, Inc., 2013.