



Přírodovědecká
fakulta
Faculty
of Science

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta

Okrajový efekt lesa a jeho ekologické funkce

Bakalářská práce

Mojmír Ježek

Vedoucí práce: RNDr. Martin Hais, Ph.D.

České Budějovice 2020

Ježek, M. (2020). Okrajový efekt lesa a jeho ekologické funkce. [Forest edge effect and its ecological functions. Bc. Thesis, in Czech.] – 33 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

Bakalářská práce je psána formou grantové žádosti o financování projektu, který se zabývá teplotně-vlhkostním porovnáním přirozeného okraje lesa s otevřenou porostní stěnou a rizikem napadení otevřeného porostu lýkožroutem smrkovým s ohledem na orientaci vůči světovým stranám.

Annotation:

The bachelor thesis is written in the form of a grant application for project financing, which deals with the temperature-humidity comparison of the natural edge of the forest with an open growth wall and the risk of infestation of open vegetation with spruce lychees with regard to world orientation.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne: 9.12.2020

.....

Mojmír Ježek

Poděkování

Rád bych poděkoval mému vedoucímu práce RNDr. Martinu Haisovi, Ph.D. za cenné rady, odbornou pomoc, ochotu, trpělivost a celkové vedení bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni, rodině a blízkým za podporu během studia.

Obsah

| | |
|--|----|
| 1 SHRNU TÍ PROJEKTU | 1 |
| 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE | 2 |
| 2.1 Charakteristika morfologie okraje lesa | 2 |
| 2.1.1 Biodiverzita flory | 3 |
| 2.1.2 Biodiverzita fauny | 4 |
| 2.2 Mikroklima lesa | 5 |
| 2.3 Abiotická a biotická disturbance..... | 8 |
| 2.4 Antropogenní disturbance..... | 11 |
| 2.5 Okraj lesa proti erozi půdy..... | 13 |
| 3 CÍL PROJEKTU | 14 |
| 4 HYPOTÉZY | 15 |
| 5 NÁVRH EXPERIMENTU | 16 |
| 5.1 Úvod..... | 16 |
| 5.2 Metodika | 16 |
| 5.3 Časový harmonogram | 18 |
| 5.4 Finanční náklady | 19 |
| 6 ZÁVĚR..... | 21 |
| 7 LITERATURA | 22 |

1 SHRNU TÍ PROJEKTU

Strukturální složení okraje lesa se liší od lesního interiéru, což vede ke vzniku jedinečného okrajového efektu, který pak umožňuje rozmanitý výskyt rostlin, živočichů, a hlavně správné fungování vnitřního mikroklimatu lesa. Okrajové lesní pásmo tvoří hranici mezi vnitřní strukturou lesa a okolní krajinou. Protože okrajové pásmo lesa nabízí druhově bohaté složení vegetace, stává se potravně velmi výhodným prostředím, a pro živočichy i místem s pobytovým komfortem.

Dobrý zdravotní stav a vitalita porostu zvyšuje odolnost proti disturbancím. Okrajový efekt je účinný, je-li porostní okraj přirozeně vytvořen. Narušení okraje porostu může vést ke zhoršení vitality lesa, a až k jeho zániku.

Cílem tohoto projektu je porovnat a zhodnotit teplotně vlhkostní poměry mezi a otevřenou porostní stěnou severní, jižní a jihozápadní strany a zhodnotit riziko disturbance lýkožroutem smrkovým z předešlých let pomocí leteckých snímků.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

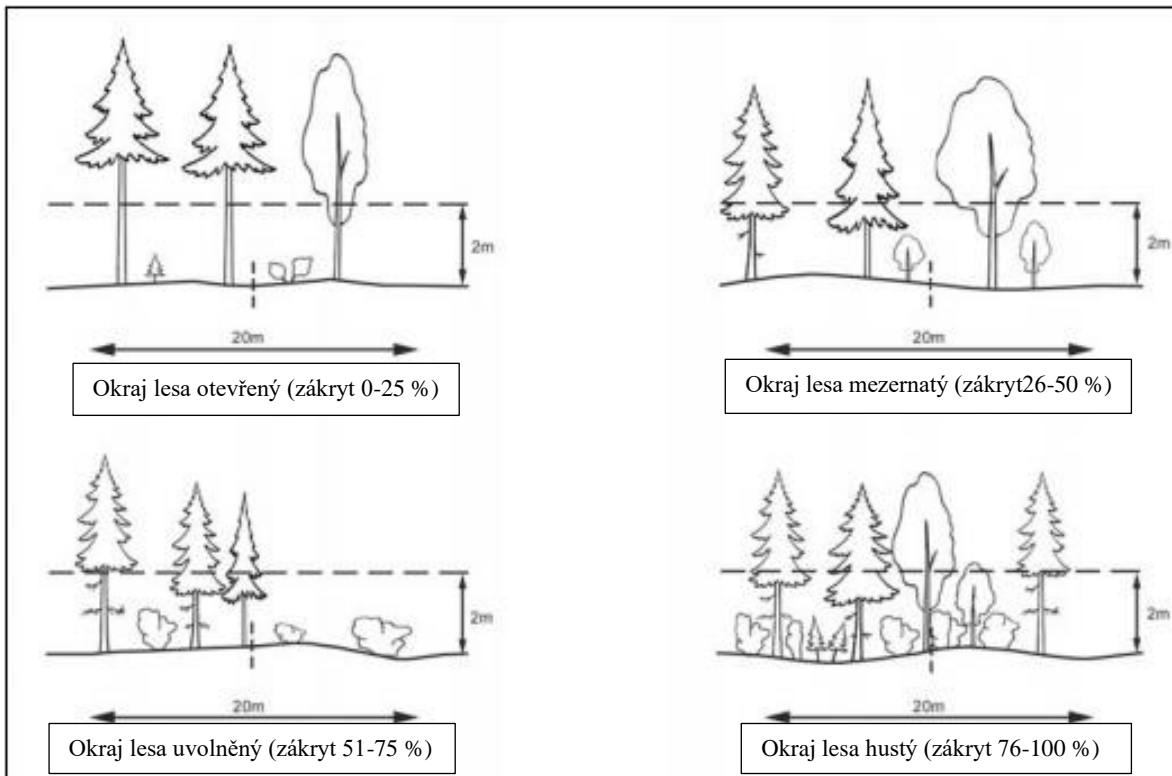
Lesní porost bez zdravého a funkčního okraje je vystaven mnoha faktorům zvyšující riziko disturbance lesa. V otevřeném porostu je značně narušeno mikroklima, tedy především vyššími teplotami, větším prouděním vzduchu a menší půdní vlhkostí. Nepříznivé podmínky v lese pak dávají příležitost například korní spále nebo kůrovci (Petřík et al., 1986). Ohrožujícím faktorem je i vítr o vysoké rychlosti, kdy jsou stromy vystaveny snadnému vyvrácení. Odhalený les dává také příležitost erozi půdy, především při velkém množství srážek v krátkém čase, kdy není půda schopna pojmout velké množství vody najednou.

Okraj lesa je definován jako rozhraní mezi zalesněnými a nezalesněnými ekosystémy nebo mezi dvěma lesy kontrastního druhového nebo věkového složení (Harper et al., 2005). Okrajový efekt je vliv, který na sebe mají dvě společenstva, když se setkávají na své hranici. Tato přechodná zóna obsahuje prvky společné oběma společenstvím a prvky jedinečné pro samotnou přechodnou zónu, a proto obsahuje větší populační a druhovou rozmanitost než obě jednotlivá společenství. (Definition-What does Edge Effects mean? 2017)

V důsledku mikroklimatických změn, jako je vyšší dopad slunečního záření, snížená vlhkost a vyšší teploty je struktura lesů v okrajích výrazně odlišná od interiéru lesů. (Dantas de Paula et al. 2016).

2.1 Charakteristika morfologie okraje lesa

Šířka oblasti okraje lesa závisí především na stupni kontrastu s okolní maticí bez porostu. Dalšími důležitými faktory ovlivňujícími okraje lesa jsou topografie, věkové a druhové složení, a hustota stromů a keřů (Hofmeister et al., 2019). Schematické znázornění posuzování hustoty okraje lesa na obrázku 1.



Obrázek 1: Typy okrajů lesa (ÚHÚL, 2003)

Podle Forsta et al. (1985) by měly mít stromy při okraji, kde jsou ohrožené větrem, zákryt větví minimálně do dvou třetin délky kmene. Lesní okraje jsou zajišťovány na návětrných stranách výsadbou okrajových zpevňovacích pruhů. Musí být nejméně 30 m široké a jsou tvořeny ve vyšších polohách například modřínem, bukem, javorem klenem a jilmem, v nižších polohách jde o borovici, dub, lípu nebo habr. Vítané jsou také keře, které tvoří vhodný porostní plášť (Forst et al., 1985).

2.1.1 Biodiverzita flory

Podle studie prováděné Hofmeisterem et al. (2013) ve středních Čechách je druhová rozmanitost lesních okrajů ovlivněna především dostupností světla, pH půdy, typem lesní vegetace, sklonem terénu a vzdáleností od okraje lesa, pro kterou byl zjištěn vliv druhové bohatosti na vzdálenost až 200 m směrem do nitra lesního porostu. Zastoupení rostlinných druhů s nízkou schopností kolonizace území se zvyšovalo od okraje lesa směrem do porostu, zatímco zastoupení druhů schopných rychle kolonizovat prostředí vykazovalo opačný trend. Průnik rychle kolonizujících druhů do interiéru lesa byl obvykle omezen nepříznivými podmínkami slunečního záření (Hofmeister et al., 2013). Na vegetační zastoupení v okrajovém pásmu lesa, má také vliv způsob obhospodařování travních porostů sečením a pastvou různých

druhů zvířat. To je důležité pro zachování biologické rozmanitosti, což dokládá studie Kosice a Britvece (2014), prováděná v Chorvatsku. Podle Erdöse et al. (2013) je zastoupení rostlinných druhů vyšší v okrajích ve srovnání s vnitřním prostředím travního nebo lesního porostu. Vzájemné pronikání druhů mezi travním a lesním ekosystémem bylo také potvrzeno výzkumy provedenými v Karpatech (Erdős et al. 2015).

Při umělém vytváření okraje se vysazují především světlomilné druhy dřevin, a to především stromy listnaté. Pro jejich udržení je potřeba udržování řídkého porostu na lesním okraji. Mezi vhodné listnaté stromy vysazované na okraj lesa můžeme zařadit např. dub, buk nebo lípu, ale především záleží na vlhkosti půdy, nadmořské výšce a dalších důležitých parametrech prostředí (Svoboda et al., 2016).

2.1.2 Biodiverzita fauny

Základní funkcí okrajového pásma lesa je ochrana navazujících porostů, ale kromě této a mnoha jiných jsou zřejmé i významné vlivy na biodiverzitu fauny (Norman et al., 2016). Ve Francii došli k výsledkům, že význam porostních okrajů pro biodiverzitu fauny je nenahraditelný, a to z důvodu, že hustota osídlení fauny je dvakrát vyšší v okrajových pásmech, než ve vnitřním porostu lesa (Ouin et al., 2015).

Podle studií jsou porostní okraje velmi důležité pro společenstvo brouků, což dokládá německá studie od Normana et al. (2016). K podobným výsledkům došli Sydenham et al. (2014) v jižním Norsku při výzkumu včel. Studie dle Fischera et al. (2013) to potvrzují i v případě biodiverzity brouků a pavouků. Také nárůst a rozmanitost společenstev bezobratlých organismů směrem k okraji lesa a také do interiéru travních porostů potvrdila studie Bieringer et al. (2013). V České republice sledovali vliv porostních okrajů na zastoupení členovců, kde došli k závěrům, že počet druhů byl na okraji více jak o 60 % vyšší ve srovnání s interiérem porostu (Vodka, Čížek, 2013). Důležitost lesních porostů (i jejich okrajů) v zemědělsky obdělávané krajině dokládá studie od Leslieho et al. (2014), protože bylo zjištěno, že druhy z čeledi střevlíkovití, žijících v okrajových pásmech lesa, mají vliv na složení společenstev na okolních zemědělských plochách.

Okrajové porostní pásmo je také domovem velkého množství ptactva (Fonderflick et al., 2013). Ve značném rozsahu hledá v okrajovém pásmu v půdě hmyz sýkora koňadra, hyl obecný využívá plody rostlin a šoupálek dlouhoprstý si hledá hmyzí potravu šplháním po

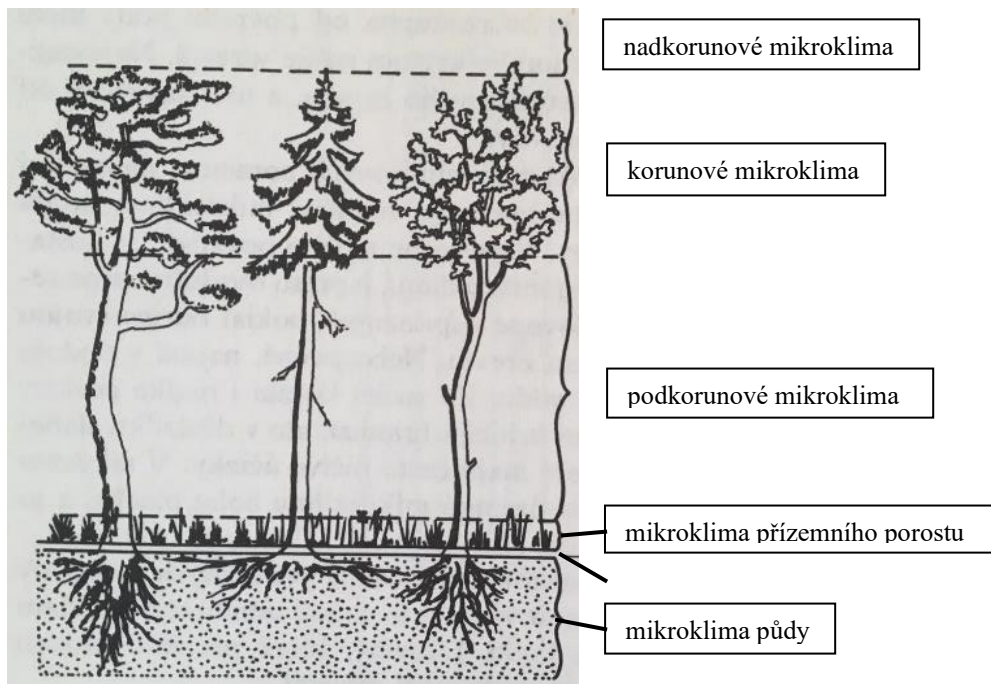
kmenech (Reichholf, 1999). Studie z Maďarska prováděná u ptáků zaměřených na regulaci populací listožravého hmyzu, došla k závěrům, že tyto druhy ptáků jsou silně zastoupeny v okrajových pásmech lesa ve vzdálenosti 50 m od okraje do interiéru lesa (Berezki et al., 2015). Zvýšený výskyt tetřívka obecného v okrajových pásmech lesa potvrzuje studie ze Škotska od Whiteho et al. (2015). K podobným výsledkům došli u společenstev netopýrů v Německu (Heim et al., 2015). Důležitost problematiky porostních okrajů dokládá také výzkum Vetterové et al. (2013), zabývající se hustotou predátorů ptačích hnízd. Populacemi živočichů šířících dužnatá semena v okrajích lesa se zabývala studie z Polska, ve které došli k závěrům, že správné utvoření okrajového lesního pásma je podmiňující pro biodiverzitu těchto organismů (Albrecht et al. 2013).

Zajíc polní potřebuje volný prostor k útěku, aby unikl svým přirozeným nepřítelům, a i svá mláďata přivádí na svět na otevřeném poli. Lesní porost a zejména okraj lesa využívá jako útočiště, kde hustý porost značně omezuje možnost lovu zvířete o velikosti zajíce a dalším důvodem je i velkoplošné intenzivní využívání zemědělské krajiny (Reichholf, 1999). Podobně jako zajíc je na tom například srna obecná, která potřebuje části rostlin s vysokým obsahem živin, například pupeny křovin a mladých stromů. Na ně dosáhnou jen okolo výšky jednoho metru, kdy jim otevřená porostní stěna nebo les vysokého věku poskytne jen málo potravy (Reichholf, 1999).

2.2 Mikroklima lesa

Odlíšné tvary lesních porostů způsobené věkem, vertikálním a horizontálním zápojem korun stromů, druhem porostu, rozdílným stanovištěm a změnami způsobenými lidskou činností vytvářejí vždy specificky utvořené lesní mikroklima (Petřík et al., 1986).

Pod pojmem mikroklima lesa je třeba rozumět mikroklima a bioklima korun stromů, dále klima kmenových porostů a lesního opadu i s příslušným ovzduším a klimatem lesní půdy v prostoru kořenové soustavy (Obrázek 2).



Obrázek 2: Vertikální pásmo lesního mikroklímatu (Novák, 1954, upraveno)

Každé rostlinné společenstvo, především pak dospělý les, si vytváří svoje vlastní prostorové klima, které je rozdílné od klimatu okolní krajiny. Koruny stromů zachytávají sluneční záření a vysoko nad půdním povrchem vytvářejí aktivní povrch důležitý pro bilanci tepla a vlhkosti.

Vliv na mikroklíma lesa byl dokumentován desítky nebo dokonce stovky metrů od okraje fyzického lesa. Menší fragmenty lesů jsou tedy celé ovlivněny okrajovým efektem a pouze větší lesní porosty s podstatným podílem vnitřní plochy jsou ovlivňovány environmentálními a biotickými změnami spojenými s okrajem. Bylo zjištěno, že šířka okrajové zóny s monotónním okrajovým efektem se rozprostírá 100 m směrem k vnitřku lesa (Hofmeister et al., 2019). Výzkum Davies-Colley et al. (2000) na Novém Zélandu naznačuje, že k ochraně lesního mikroklímatu je zapotřebí okrajové pásmo alespoň 40 metrů široké. Za takových okolností mají vnitřní plochy pouze největší fragmenty lesa, zatímco většina (10 ze 14) zkoumaných fragmentů lesů je složena výhradně z okrajové oblasti. Pro srovnání, podíl takto definovaných okrajových oblastí ve střední Evropě je kolem 40% celkové zalesněné oblasti včetně méně fragmentovaných horských lesů (Hofmeister et al., 2019). Okraj lesa by neměl být považován za jediný klimatický prostředník mezi okolními oblastmi a vnitřkem lesa, protože jak maximální, tak střední hodnoty denních teplot vzduchu mohou být na okraji lesa ještě vyšší než v obou sousedních prostředích (Wright et al., 2010).

Hofmeister et al. (2019) zjistili, že rozdíly v denní průměrné teplotě vzduchu v lesních fragmentech studovaných ve středních Čechách jsou významně ovlivněny orientací svahu nebo sklonem svahu. Maximální tepelný požitek je posunut z jihu na jihozápadní svahy (McCune a Keon, 2002). Zatímco vyšší teplota byla omezena na lokality na strmějších svazích (sklon > 15 °) s jižní nebo mírně jihozápadní orientací, negativní teplotní odchylka byla spojena se svahy od západní k východní orientaci a také na lokalitách umístěných na rovném terénu bez ohledu na orientaci (Hofmeister et al., 2019). Lze očekávat nejsilnější tepelný gradient od okraje do vnitřku lesa v lesích mírného pásma severní polokoule a byl také experimentálně ověřen na jižních a jihozápadních okrajích, které přijímají nejpřímější sluneční záření v době, kdy denní teploty vzduchu dosáhnou svých maxim (Chen et al., 1993, Gelhausen et al., 2000). Naproti tomu nejslabší teplotní gradient se pravděpodobně vyskytne na severních nebo severovýchodních okrajích. Toto prostorové uspořádání okrajových tepelných gradientů však lze podstatně omezit strukturou stromů a keřů v důsledku zvýšeného uzavření korun porostu (von Arx et al., 2013, Baker et al., 2014). Vyšší denní teplotní variabilita je obvykle vlastní místům s jižním než severním aspektem bez ohledu na vzdálenost od okraje lesa (Chen et al., 1993, Chen et al., 1999). Nejstrmější tepelný gradient a nejvyšší proměnná denní teplota se vyskytuje v lesních porostech na jižních a / nebo jihozápadních svazích, zejména v lesích s otevřenější vrstvou vrchlíku (korun stromů) a na okrajích lesů, které jsou vystaveny přímému slunečnímu záření. Denní průměrné teploty vzduchu 200 cm nad zemí byly mírně vyšší v lokalitě na jižním svahu ve srovnání s teplotou na severním svahu. Vrcholy denních maximálních a minimálních teplot vzduchu byly ostřejší a vyskytovaly se dříve na místě na jižním svahu, zatímco na severně orientovaném místě byly pozvolnější a zpožděné (Hofmeister et al., 2019).

Podle Crockattové a Bebbera (2015) byly zjištěny nejvyšší naměřené hodnoty světla a teploty vzduchu v travním porostu mimo les, nižší hodnoty vykazoval okrajový pás lesa a nejméně bylo stanoveno v interiéru lesního porostu. Nejvíce horního a bočního světla dostávají stromy při okraji (porostní plášť), při kterých se za normálních okolností na volné straně rozkládají větve až k zemi (Petrík et al., 1986). Okraje lesů bývají sušší a teplejší než interiér lesa díky slunečnímu záření, větší intenzitě větru a evapotranspiraci. (Crockatt, Bebber 2015). Intenzita osvětlení ve starších porostech klesá od porostních okrajů do hloubky lesa (Petrík et al., 1986).

Rozložení rostlinných druhů v lesním podrostu odpovídá prostorovým výkyvům teploty vzduchu nebo půdy, zatímco efekt světelného gradientu se překvapivě zdá být méně

důležitý (Warren, 2010). Dlouhodobé vysychání půdy, které nevyhnutelně doprovází otevřená slunná místa v podmínkách změny klimatu (Samaniego et al., 2018), však pravděpodobně zvýhodňuje rozptyl, nábor a konkurenceschopnost mnoha rychle kolonizujících druhů na úkor lesních druhů (Hermy, 2007).

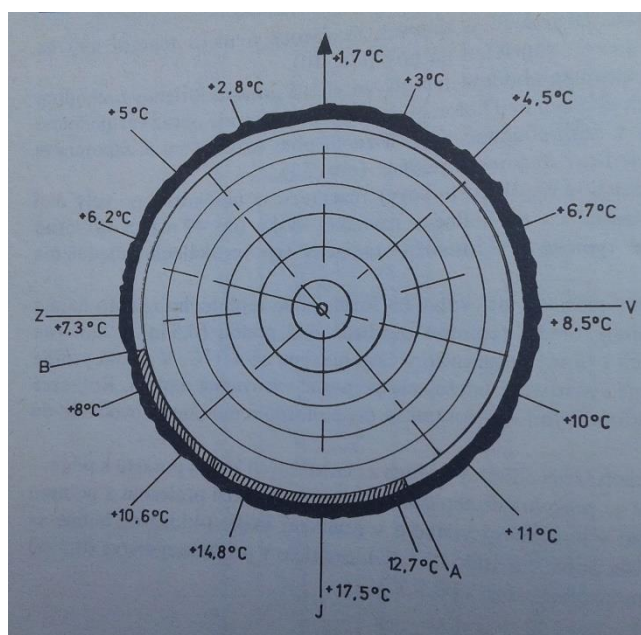
Díky rychle kolonizujícím druhům je značně ovlivněn uhlíkový cyklus ekosystému. Což potvrzuje Vajari (2015) zjištěním, že okraje v bukových lesích mají jiný obsah dusíku a uhlíku v půdě, než je ve středu světliny. Ke značné změně koloběhu živin také dochází tam, kde stromový opad zasahuje do travního porostu. Podle Loydi et al. (2014) je tento jev výraznější, pokud se ponechá travní porost samovolně zarůst dřevinnou vegetací. V těsné blízkosti lesní vegetace tak pod množstvím opadu dochází k rychlejším změnám vůči původní vegetaci, obsahu živin v půdě a celkových podmínkách stanoviště. V místě sekundárního bezlesí se vyvíjejí široké lesní okraje spontánní sukcesí, kde vstupují jednotlivé dřeviny do travního porostu individuálně a vytváří tak specifické ekosystémy (Matějka, 2010).

Rozdílné typy mikroklimatu nalezneme mezi jehličnatými, listnatými i smíšenými lesy. Mikroklima jehličnatých porostů s vysoko nasazenými korunami na slunných plochách se moc neliší od klimatu holé plochy. V takových porostech se půdní květena velmi podobá květeně na volné ploše, protože je jen málo závislá na lesním mikroklimatu. Viditelné znaky lesního mikroklimatu, jako je celoroční odchylka od mikroklimatu holé plochy a tvorba typického charakteru lesní květeny, vykazují dobře zapojené jehličnaté porosty, dobrým příkladem jsou např. borovice (Petrík et al., 1986).

2.3 Abiotická a biotická disturbance

V oblasti ekologie je disturbance přechodná událost, která zabíjí, potlačuje nebo narušuje jednoho nebo více jedinců, čímž přímo či nepřímo otevírá prostor pro kolonizaci a rozvoj nových jedinců téhož či jiného druhu, tedy pro sukcesí (Shea et al., 2004). Disturbance je hlavní faktor ovlivňující dynamiku krajiny. Nicméně disturbance může být menšího i většího rozsahu a může zapříčinit změnu napříč hierarchickými úrovněmi. Epizodické poruchy mění krajinu a tyto změny zase ovlivňují prostorový a časový vzorec budoucích poruch (Rykiel et al., 1988).

Odumírání rostlin vlivem teploty je jev teoreticky i prakticky velmi důležitý. Strom rostoucí při otevřené porostní stěně je vystavený slunečnímu záření přímo (Obrázek 3).



Obrázek 3 Rozdělení teploty na obvodu kmene douglasky v poledních hodinách 15.3.1952 ve výšce 70 cm nad zemí. Šrafovaná část znázorňuje místo nebezpečí korní spály (Ferkel, 1954)

Teplota kmene stromu závisí na podmínkách počasí, ale i na rozměru kmene a struktury kůry. V kmeni stromu, tak jako v ovzduší, nastávají během dne periodické výkyvy teploty. Denní maximum a minimum teploty kmene stromů se však dost zdržují za extrémními teplotami ovzduší. Teplota zastíněného kmene je přes den nižší než teplota vzduchu a v noci obráceně. Rozdíly teplot stromu a vzduchu mohou dosahovat 15 °C i víc. Vysoké teploty zvyšují transpiraci, rostliny vadnou a odumírají. Mimořádně vysoká maxima vznikají na povrchu půdy, kde mohou při plné insolaci vystoupit na smrtící hranici (50-54 °C).

Poškození nebo odumření stromů následkem nízkých teplot závisí na řadě dalších činitelů (rychlost rozmrznutí, teplotní změny, prudké střídání chladu a tepla a jiné), i když všeobecně lze označit jako smrtící mráz až teploty okolo -40 až -50 °C. Při silných mrazech se nerovnoměrným zmrazováním dřeva tvoří mrazové trhliny. Silné mrazy snášejí dřeviny dobře, poškozují se často až při rychlém rozmrznutí. (Petrík et al., 1986)

Podle Svobody (1952) je hranice teploty pro růst u našich vyšších rostlin přibližně mezi 0 až 5 °C (minimum, růst začíná), 20 až 30 °C (optimum) a 40 až 50 °C (maximum, růst

končí). Petřík et al., (1986) udává maximum pro většinu suchozemských rostlin v rozmezí 30 až 40 °C.

Značný stres a narušení lesa vedle extrémních teplot vyvolávají mimo jiné i poryvy větru o vysoké rychlosti (Reichholf, 1999). Les tvoří pro vítr překážku. Když vzduch narazí na les, obtéká ho z boku a po povrchu. Část vzduchu proniká mezi kmeny do porostu. Při vniknutí a obtékání porostu ztrácí vítr rychlost, mění se jeho směr i struktura. Významný je stav okraje porostu mezi lesem a bezlesím (Petřík et al., 1986). Chybí-li hustý lesní lem, mohou vichřice vniknout do lesa a vyvrátit zdravé, jinak sami o sobě silné stromy. (Reichholf, 1999). Takový okraj může být ohniskem vývratu a polomu rozšiřujícího se dovnitř porostu (Petřík et al., 1986). Extrémní případ přechodu mezi lesem a bezlesím je zobrazen na obrázku 3.



Obrázek 4: Otevřená porostní stěna (Reichholf, 1999)

Na proudění vzduchu začíná porostní stěna na návětrné straně působit ve vzdálenosti asi 5krát větší, než je výška porostu. Tedy při výšce porostu 20 metrů se začíná projevovat změna vlastností větru (směr a rychlost) již 100 m od porostu. Vzduch, který byl vnesený nad porost a byl vtlačení mezi koruny stromů a vyšší vzduchové hmoty, je jimi tlačení k zemi, padá do porostu zvýšenou rychlostí a zapříčiňuje v jeho nitru vývraty a polomy. Zdánlivě více namáhané okraje porostu často náporu větru odolávají, zatímco vnitřek porostu, který se zdá chráněný, je rozvrácený větrem. Z lesa na závětrné straně klesá vítr k povrchu země, pokračuje v původním směru, ale menší rychlostí. Snížení rychlosti větru za porostem se může projevovat do vzdálenosti 20 až 40násobku výšky porostu (Petřík et al., 1986). Při větrných kalamitách často dochází k rychlému a jednorázovému poškození porostu, existují však i činitelé, u kterých dochází k poškození porostu v delším časovém měřítku (Svoboda, 1952).

Mezi významné faktory, které ovlivňují lesní ekosystémy po celém světě patří také hmyz (Frelich, 2002). Hmyz se může stát škůdcem primárním, kdy napadá dosud nepoškozené dřeviny, nebo sekundárním, kdy škodí na dřevinách již poškozených jinými faktory (Forst et al., 1985). Disturbance způsobené hmyzem představují pomalejší změny, než je tomu u větru a ohně, ale mají silné účinky z důvodu nevratné defoliace a následného odumření vzrostlých stromů (Waring et al., 2007). Při přemnožení hmyzu, jako je například listožravý motýl bekyně mniška, mšice, které poškozují dřeviny sáním, nebo kůrovci, kteří se živí lýkem stromu, může dojít ke značnému narušení porostu (Forst et al., 1985). Kůrovci patří mezi nejčastější hmyz narušující jehličnaté lesy v mírném pásu, který v posledních desetiletích postihl desítky milionů hektarů (Seidl et al., 2011, Schelhaas et al., 2003). I přesto, že je narušení kůrovci součástí přirozené dynamiky jehličnatého lesa (Wild et al., 2014), představuje tento hmyz také významnou hrozbu, proto roste potřeba detekce a predikce jeho napadení (Hais et al., 2016).

Citlivost lesního porostu na napadení kůrovci je určována samotným stavem lesa nebo abiotickými faktory prostředí, které zase ovlivňují vitalitu lesa. Jedním z nejvýznamnějších atributů lesa pro rozptýlení kůrovců je vzdálenost k nejbližšímu zamořenému lesu (Lausch et al., 2011). Podle Wermelinger (2004) kůrovci přednostně napadají oslabené lesní porosty a stromy starší 60 let. Větší sucho a zvýšení slunečního záření poblíž otevřených porostů může souviset s vodním stresem, zejména na jižních a západních okrajích lesů. (Dutilleu et al., 2000, Jakuš, 1998). Hais et al. (2016) předpokládají, že postupné změny vitality lesa významně zvyšují zranitelnost lesa vůči napadení kůrovci.

Nebezpečí pro zmlazování lesa a jeho okraje představuje mimo jiné okus zvěře. Škody způsobené okusem srnčí zvěře sahají až do výšky 1,3 metru. Mladé rostliny jsou ovšem spásány již ve stádiu semenáčku, a tak je toto poškozování často nezpozorováno a podceňováno. Okusem postranních výhonků nenastávají tak velké škody, jako při okusu vrcholového pupene, avšak stromky tím pomaleji rostou a setrvávají tak déle v zóně okusu (Engesser 2015).

2.4 Antropogenní disturbance

Antropogenní disturbance souvisí s většinou lidských aktivit, patří sem různá poškození, například sanační kácení, probírka porostu a holosečná těžba (Shea et al., 2004).

Nejběžnější způsob antropogenní disturbance okrajového pásu lesa, pokud nepočítáme s přímou destrukcí jako je holoseč, patří přiblížení hranice rušivého vlivu k hranici okraje lesa. V dnešní krajině se jedná o celkem běžný jev z důvodu velké přírodní plochy využívané zemědělci. Když se zemědělsky obhospodařovaná půda dostane až ke kmenům stromů, následkem je obvykle chudý plášť a řídký lem lesa (Simon, 2007). Příkladem může být vedení nezpevněné hlinité cesty podél lesa, která slouží k průjezdu mechanizace zemědělství. Tento příklad není tak rušivým faktorem pro lesní okrajový porost, ale pro biodiverzitu flory a komfort zvěře, pro které se tento jev stává komplikací (Simon, 2007, Forst et al., 1985). Uvedený případ lze zlepšit vysazováním keřových pásů, případně umožnění přirozené sukcese na vnější straně cesty, které pak slouží jako druhá hranice s ochranným charakterem. Rušivější faktor z hlediska porostu je však orba zemědělské půdy k okrajové hraně lesa. Z toho vyplývá, že hranice narušení by měla být jednoznačně mimo dosah větví stromů v zápoji. Důležitou roli též hraje velikost a tvar půdorysu lesa. Pokud má les stejné rozměry např. čtverec, kruh, tak je poškození lesních okrajů menší s porovnáním lesa tvaru obdélníku, kdy porostní okraj prolíná celý prvek a uvnitř něho není vytvořeno vnitřní prostředí (Simon, 2007).

Mezi antropogenní disturbance řadíme také holoseče, které mají svá pravidla zakotvená v lesním zákoně. Současná praxe hospodářské úpravy lesů limituje šířku holé seče. Lesní zákon omezuje velikost holé seče do jednoho hektaru, přičemž šířka seče nesmí překročit dvojnásobek výšky těžného porostu. Pouze v borových lesích na písčitých půdách, v dubových, vrbových a topolových lesích lužních oblastí, při převodech hospodářského tvaru a při předčasných přeměnách druhové skladby porostů jsou povoleny holé seče o velikosti do dvou hektarů bez omezení šířky seče (Slovník, 2020). Lesní zákon č. 289/1995 Sb. také říká, že se u nahodilých těžeb nehledí na velikost nebo tvar holiny, ať už po kůrovcových nebo větrných kalamitách. Vyplývá to z povinnosti přednostně zpracovat těžbu nahodilou. Při vzniku holiny větší než 0,2 ha má vlastník povinnost tuto skutečnost ohlásit obci s rozšířenou působností.

Při holoseči nebo i jiným zánikem vzniká obnažený okraj porostu, otevřená porostní stěna. Porostní stěna vzniklá v mladých až středně starých porostech dokáže vytvořit porostní plášť. V dospívajících až dospělých porostech zůstává porost otevřený, porostní plášť se již nevytváří. Díky otevřené porostní stěně je nitro lesa vystaveno působení řadě škodlivých činitelů. Bez vážného vystavení riziku poškození lesa je možné vytvářet otevřené porostní stěny jen v odvráceném směru působení nebezpečných činitelů (Struktura lesních porostů, 2001), jako je například vyšší intenzita slunečního záření (Forst et al., 1985).

2.5 Okraj lesa proti erozi půdy

Erozi lze definovat jako ztrátu nebo odnos zemského povrchu vlivem vody, větru, ledu nebo geologických faktorů za účasti zemské gravitace. Při půdní erozi dochází nejen k rozrušování zemského povrchu, ale také k chemické a biologické degradaci půd. (Vavříček, Kučera, 2017)

V půdě jsou rostliny ukotveny svými kořeny, skrz které čerpají živiny pro jejich růst. Vlastnosti půdy významně ovlivňují koloběh vody. V půdě je rozkládáno značné množství částí rostlin a živočišných těl, které jsou po rozložení zpřístupněny dalším organismům (Petřík et al., 1986).

K nejrychlejšímu odnosu půdních částic dochází vlivem větru nebo vody. Nejvíce postihnuté jsou svrchní části půdy, kde dochází k odtoku srážkové vody nebo vody z tajícího sněhu (Baláž et al., 2008). Při větrné erozi dochází k odnosu částic klouzáním, válením nebo krátkými skoky (Vopravil, 2013). Riziko půdní eroze dramaticky roste s odstraněním vegetace, nejvíce na strmých svazích. Půdní eroze je jedním z hlavních faktorů zhoršujících přirozené životní prostředí (Wiśniewski, 2019). Pokud dojde k narušení půdního krytu, například těžební činností, za standard potěžebních úprav by měla platit asanace stanoviště a co nejrychlejší zajištění pokrytí povrchu vegetací (Vavříček, Kučera, 2017). Velmi efektivní je použití dlouhověké lesní vegetace, zejména smíšených lesů. Ochranné účinky spočívají především ve stabilizaci půdy prostřednictvím kořenového systému (Wiśniewski, 2019). Větrná eroze působí méně na vlhké půdy, půdy s dobrou strukturou, a především na půdy pokryté vegetací (Vavříček, Kučera, 2017).

Ochranné účinky okraje vegetace spočívají především ve stabilizaci půdy hustým kořenovým systémem. Kromě toho jsou srážky zachycovány a zadržovány podél kmene a na listech nebo jehlicích a v organické vrstvě půdy. Půda zároveň není vystavena slunečnímu záření a tedy vysychání. Výrazná ochrana spočívá i před odnosem půdních částic větrem (Wiśniewski, 2019).

3 CÍL PROJEKTU

Projekt má za cíl:

- Určit míru rizika napadení smrkových porostů lýkožroutem v souvislosti s typem okraje porostu (přirozené okraje, otevřené porostní stěny), který bude klasifikován z leteckých snímků.
- Zhodnotit teplotně-vlhkostní poměry mezi otevřenou porostní stěnou severní, jižní a jihozápadní strany.
- Porovnat teplotně-vlhkostní poměry přirozeného okraje lesa a otevřené porostní stěny.

4 HYPOTÉZY

- Lesy s otevřenou porostní stěnou jsou vystaveny většímu riziku disturbance lýkožroutem smrkovým, než je tomu u přirozených lesních okrajů.
- Lesy s otevřenou porostní stěnou vykazují vyšší teplotu povrchu a nižší míru vlhkosti, než je tomu u přirozených lesních okrajů. U otevřených porostních stěn budou také vyšší diurnální amplitudy teplot i vlhkosti.
- Orientace porostní stěny má zásadní vliv na teplotně-vlhkostní podmínky okraje lesa.

5 NÁVRH EXPERIMENTU

5.1 Úvod

Nedílnou součástí každého zdravého lesa je přirozené okrajové lesní pásmo. Tvoří rozhraní mezi vnitřní strukturou lesa a přilehlými typy krajinného pokryvu. Okraje lesa se strukturálně liší od lesních interiérů, což vede k jedinečnému okrajovému efektu, který zajišťuje biodiverzitu rostlinných i živočišných druhů a celkově správné fungování vnitřního mikroklimatu lesa (Svoboda, 1952, Reichholf, 1999). Přirozené typy okrajů tudíž slouží jako ochranná bariéra lesa (Davies-Colley et al., 2020).

V kontextu klimatických změn se zvyšuje riziko disturbancí lesa, zvyšuje se úmrtnost přírodě blízkých a hospodářských lesů, což má velký vliv na jejich ekosystémové funkce (Seidl et al., 2008).

Tímto projektem chceme vyzdvihnout význam přirozených okrajů pro integritu lesních porostů a jejich ochrannou funkci vůči disturbancím, v důsledku napadení porostu hmyzími škůdci.

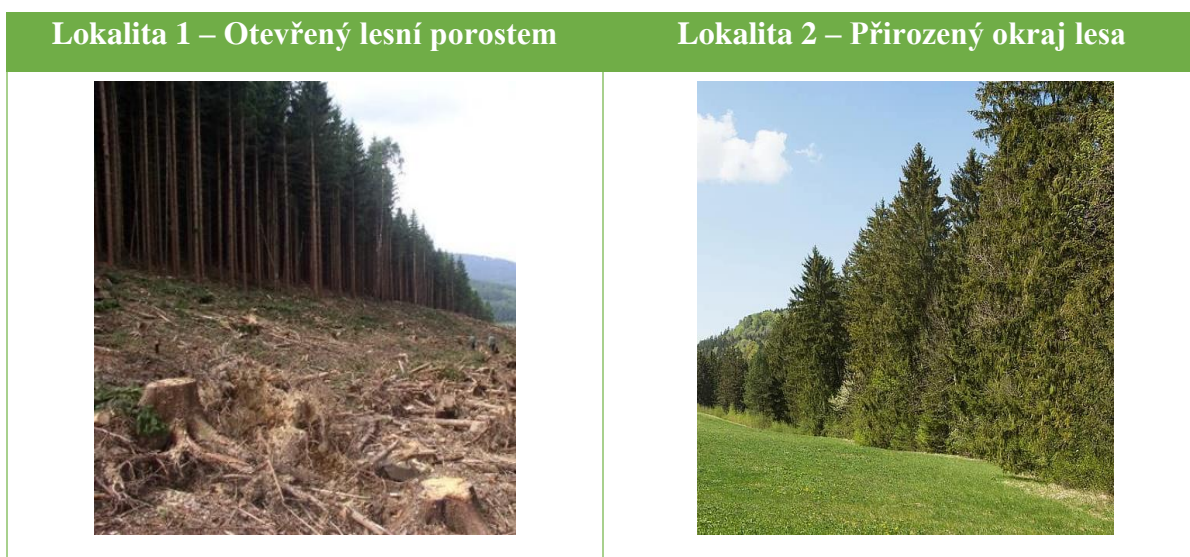
5.2 Metodika

Projekt je plánován od 1. 9. 2021 do 31.12.2022 na území České republiky, na vybraných lokalitách NP Šumava. Podmínkou pro výběr lokalit jsou smrkové porosty na rovném terénu, aby byl vyloučen vliv sklonu svahu na rozdíly v dopadajícím slunečním záření.

Projekt je rozdělen do dvou částí, v jedné bude provedena analýza leteckých snímků pro klasifikaci okrajů lesa na porostní stěny a přirozené okraje v čase s následným určením rizika napadení lýkožroutem smrkovým a ve druhé části budou zjišťovány teplotně-vlhkostní rozdíly v okrajích porostů pomocí terénního měření.

U leteckých snímků získaných z archivu NP Šumava s rozlišením 0,5 m budeme klasifikovat pomocí vizuální interpretace dva typy lesních okrajů. Jedním typem budou otevřené porostní stěny a dalším přirozené okraje lesa (Obrázek 5). Snímky budou pocházet z let 2003 až 2010, ve kterých byla zaznamenána jedna z několika kůrovcových kalamity posledních desetiletí. U vybraných lokalit budeme hodnotit napadení porostů vzhledem

k typům jejich okrajů. Zaměříme se, na kterých místech (orientace podle světových stran, otevřená porostní stěna, přirozený okraj) daný rok kůrovcové kalamity došlo k napadení u vybraných lokalit. V závislosti na těchto získaných informacích následně vyhodnotíme míru rizika napadení lokalit s otevřenou porostní stěnou a přirozeným okrajem. Pro zpracování snímků bude použit program QGIS verze 3.6, který je volně přístupný ke stažení.



Obrázek 5: Znárodnění vybraných lokalit (Internetové zdroje, 2020)

Pomocí dataloggeru typu U3631 značky Comet (Obrázek 6) bude provedeno teplotně-vlhkostní měření.

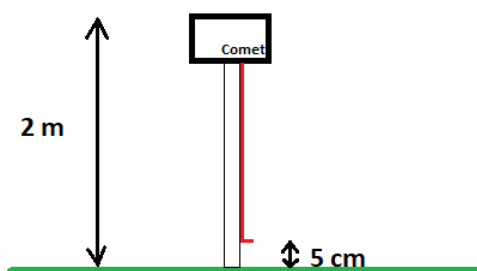


Obrázek 6 Teplotně-vlhkostní datalogger U3631 značky Comet (Cometsystem.cz, 2020)

Teplotní čidlo přístroje má měřicí rozsah od -30 až $+70$ °C, přesnost $\pm 0,4$ °C a rozlišení $0,1$ °C. Vlhkostní senzor měří rozsah relativní vlhkosti od 0 až 100 %, přesnost je $\pm 1,8$ % RV (při teplotě 23 °C v rozsahu 0 až 90 % RV) a rozlišení $0,1$ % RV. Externí teplotní čidlo Pt1000 měří rozsah teplot od -90 až $+260$ °C, s přesností $\pm 0,2$ °C (-50 až $+100$ °C), $\pm 0,2$ % z měřené

hodnoty v rozsahu +100 až +260 °C a $\pm 0,4\%$ z měřené hodnoty v rozsahu -90 až -50 °C. Jeho rozlišení je 0,1 °C (Cometsystem.cz, 2020).

Dataloggery v celkovém počtu dvanácti kusů budou rozmístěny v páru, z důvodu selhání jednoho z přístrojů, na severní, jižní a jihozápadní stranu lokalit s otevřeným porostním okrajem a okrajem přirozeným. Hodnoty budou zaznamenávány pomocí tří čidel. Přístroje budou umístěny ve výšce dvou metrů, kde bude pomocí dvou zabudovaných čidel měřena teplota a vlhkost. Třetí čidlo, externí sonda Pt1000, bude měřit teplotu ve výšce 5 cm nad zemí (Obrázek 7).



Obrázek 7: Schéma umístění dataloggeru a externího čidla.

Přístroj bude zaznamenávat měřené hodnoty každých 30 minut. Dataloggery jsou vybaveny vlastním zdrojem napájení. Záznam je prováděn do energeticky nezávislé elektronické paměti. Funkčnost dataloggerů bude kontrolována každý měsíc, při které bude probíhat stahování dat do PC. Stahování dat z měřících přístrojů do PC pomocí USB rozhraní je jednoduché, a lze data stahovat přímo v terénu. Dataloggery budou umístěny ve středu čtverců o rozměrech 4x4 metry a zajištěny lesnickým pletivem, ve kterých bude probíhat pravidelné kosení travního porostu, kterým zabráníme zarůstání teplotního čidla.

Získané hodnoty teploty a vlhkosti otevřených porostní stěn na severní, jižní a jihozápadní straně budou následně porovnány s daty přirozených okrajů. Data budou zpracována v programu RStudio bez nutnosti nákupu licence.

5.3 Časový harmonogram

Pro realizaci projektu bude podána žádost o povolení k výzkumu v oblasti NP Šumava. Na vyřízení žádosti jsou vyhrazeny dva měsíce. Časová náročnost na přípravu projektu je tři měsíce, kdy bude sepsána literární rešerše, proběhne výběr vhodných lokalit, nákup vybavení a získání ostatních potřeb. Hodnocení leteckých snímků je plánováno po dobu čtyř měsíců. Instalace dataloggerů proběhne v květnu 2022. Od doby zprovoznění přístrojů budou v období

vegetační sezóny zaznamenávají hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu na těchto lokalitách. Na zpracování výsledků bude vyhrazen jeden měsíc. Samotným závěrem bude prezentace výsledků a uzavření projektu. Souhrnný harmonogram je pro přehlednost uveden v Tabulce 1.

Tabulka 1: Časový harmonogram projektu

| Rok | 2021 | | | | 2022 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Měsíc | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Žádost o povolení k výzkumu | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Příprava projektu | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Hodnocení leteckých snímků | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Instalace dataloggerů | | | | | | | | | ■ | | | | | | | |
| Měření teploty a vlhkosti | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Zpracování výsledků | | | | | | | | | | | | | | | ■ | |
| Prezentace výsledků | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| Ukončení projektu | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |

5.4 Finanční náklady

Osobní náklady jsou rozděleny mezi dva řešitele se 100% úvazkem a technika s jednorázovou odměnou. Náklady na řešitele projektu vychází na celkových 980 000 Kč,

přičemž hlavní řešitel dostane měsíčně odměnu 35 000 Kč, za projekt celkem 560 000 Kč. Hlavní řešitel bude mít vyšší odměnu z důvodu samostatného podání povolení k výzkumu a přípravy projektu. Spoluřešitel dostane také odměnu 35 000 Kč měsíčně, za projekt celkem 420 000 Kč a připojí se až od hodnocení leteckých snímků. Technik dostane 10 000 Kč za instalaci dataloggerů a jejich zabezpečení proti poškození. Dále bude pořízeno dvanáct dataloggerů, kde je počítána cena 7 000 Kč za kus, celkem 84 000 Kč. Zabezpečení měřících přístrojů bude stát 20 000 Kč a notebook 28 000 Kč. Cestovní náklady jsou vypočítány ve výši 15 000 Kč. Nakonec necháme soustavu měřících stanic pojistit proti vandalismu a přírodním vlivům. Celkové náklady projektu vychází na 1 141 000 Kč. Přehled nákladů je zobrazen níže v Tabulce 2.

Tabulka 2: Náklady na uskutečnění projektu

| | Položky | Cena v Kč |
|---------------------------------|---|------------------|
| Osobní náklady | Hlavní řešitel | 560 000 |
| | Spoluřešitel | 420 000 |
| | Technik | 10 000 |
| Vybavení | Dataloggery U3631 Comet | 84 000 |
| | Zabezpečení dataloggerů | 20 000 |
| | Notebook Acer Nitro 5 | 28 000 |
| Cestovní náklady | | 15 000 |
| Pojištění | Pojištění proti vandalismu a přírodním vlivům | 4 000 |
| Celkové náklady projektu | | 1 141 000 |

6 ZÁVĚR

Jak již vyplynulo z rešerše, okrajový efekt lesa je nepostradatelnou součástí každého lesního porostu, nejen z důvodu rostlinné a živočišné diverzity, ale především pro udržení správného mikroklimatu lesa.

Podle lesního zákona č. 289/1995 Sb. jsou lesnické praktiky tvorby holosečí vymezeny na jejich velikost a šířku, avšak bez omezení orientace vůči světovým stranám. Výsledky navrhovaného projektu by měly přispět k přehodnocení a změně současných praktik používaných v lesnictví a snížit tak rizika disturbancí lesů. Na základě již existujících studií můžeme tvrdit, že otevřením lesa se změní jeho mikroklimatické podmínky, což dává prostor například pro poškození korní spálou, erozi půdy nebo napadení kůrovci. Mimo jiné, tak les ztrácí přirozenou obranyschopnost vůči abiotickým činitelům, jako jsou například vysoké teploty nebo silný vítr.

Předpokládáme, že otevřením jižní strany porostu zvýšíme její náchylnost k disturbancím, více než otevřením severní strany lesa, z důvodu vyšší teploty povrchu a nižší vlhkosti. Z našich předpokladů vyplývá, že orientace otevřených porostních stěn podle světových stran má vliv na riziko disturbance porostu lýkožroutem smrkovým.

Pokud se naše hypotézy potvrdí, získáme tak důležitá data pro možné doporučení zkvalitnění lesnických praktik s možností zlepšení aktuálních stavů našich lesů.

7 LITERATURA

Albrecht, J., Berens, D. G., Blüthgen, N., Jaroszewicz, B., Selva, N., Farwig, N. (2013): Logging and forest edges reduce redundancy in plant-frugivore networks in an old-growth European forest. *Journal of Ecology*, 101 (4): 990–999.

Baláž, E., Kotecký, V., Machalová, L., Poštulka, Z. (2008): *Vliv holosečného hospodaření na půdu, vodu a biodiverzitu*. Brno: Hnutí Duha. Studie (Hnutí DUHA-Prátele Země ČR). ISBN 978-80-86834-26-9.

Baker, T. P., Jordan, G. J., Steel, N. M., Fountain, J., Wardlaw, T. J., Baker, S. C. (2014): Microclimate through space and time: microclimatic variation at the edge regeneration forests over daily, yearly and decadal time scales *Forest Ecol. Manage.*, 334 (2014), pp. 174–184, 10.1016/j.foreco.2014.09.008

Berezki, K., Hajdu, K., Báldi, A. (2015): Effects of forest edge on pest control service provided by birds in fragmented temperate forests. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 61 (3): 289–304

Bieringer, G., Zulka, K. P., Milasowszky, N., Sauberer, N. (2013): Edge effect of a pine plantation reduces dry grassland invertebrate species richness. *Biodiversity and Conservation*, 22 (10): 2269–2283.

Cavin, L., Mountford, E. P., Peterken, G. F., JUMP, A. S., Whitehead D. (2013): Extreme drought alters competitive dominance within and between tree species in a mixed forest stand. *Functional Ecology* [online]. 2013, 27(6), 1424–1435 [cit. 2020-10-25]. ISSN 02698463. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2435.12126

Crockatt, M. E., Bebbler, D. P. (2015): Edge effects on moisture reduce wood decomposition rate in a temperate forest. *Global Change Biology*. 2015, 21(2), 698–707

Dantas de Paula, M., Groeneveld, J., Huth, A. (2016): The extent of edge effects in fragmented landscapes: Insights from satellite measurements of tree cover. *Ecol. Indic.* 69, 196–204.

- Davies-Colley, R., Payne, G., & Van Elswijk, M. (2000). Microclimate gradients across a forest edge. *New Zealand Journal of Ecology*, 24(2), 111-121. Retrieved December 2, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/24054666>
- Dutilleu, P., Nef, L., Frigon, D. (2000): Assessment of site characteristics as predictors of the vulnerability of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) stands to attack by *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol*, 124, 1–5.
- Eilmann, B., Weber, P., Rigling, A., Eckstein, D. (2006): Growth reactions of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus pubescens* Willd. to drought years at a xeric site in Valais, Switzerland. *Dendrochronologia* [online]. 2006, 23(3), 121-132 [cit. 2020-10-25]. ISSN 11257865. Dostupné z doi: 10.1016/j.dendro.2005.10.002
- Engesser, E. (2015): *Škody způsobované srnčí zvěří: okus a vytloukání*. Přeložil Miroslav HARTL. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5479-6.
- Erdős, L., Gallé, R., Körmöczi, L., Bátor, Z. (2013): Species composition and diversity of natural forest edges: Edge responses and local edge species. *Community Ecology*, 14 (1): 48–58.
- Erdős, L., Tölgyesi, C., Körmöczi, L., Bátor, Z. (2015): The importance of forest patches in supporting steppe-species: A case study from the Carpathian Basin. *Polish Journal of Ecology*, 63: 213–222.
- Ferkl, P., Ferkl, Z.: *Teplotní změny ve stromech*. Praha ČSAV 1954, 149 s.
- Fischer, C., Schlinkert, H., Ludwig, M., Holzschuh, A., Gallé, R., Tschamtker, T., Batáry, P. (2013): The impact of hedge-forest connectivity and microhabitat conditions on spider and carabid beetle assemblages in agricultural landscapes. *Journal of Insect Conservation*, 17 (5): 1027–1038.
- Fonderflick, J., Besnard, A., Martin, J-L. (2013): Species traits and the response of open-habitat species to forest edge in landscape mosaics. *Oikos*, 122 (1): 42–51.
- Forst, P., Caban, J., Michalík P. (1985): *Ochrana lesů a přírodního prostředí: učebnice pro střední lesnické školy*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.
- Frelich, L.E. (2002): *Forest Dynamics and Disturbance Regimes*; Cambridge University Press: Cambridge, UK.

- Gelhausen, S. M., Schwartz, M. W., Augspurger, C. K. (2000): Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments *Plant Ecol.*, 147 (2000), pp. 21-35, 10.1023/A:1009846507652
- Hais, M., Wild, J., Berec, L., Brúna, J., Kennedy, R., Braaten, J., Brož, Z. (2016): Landsat Imagery Spectral Trajectories—Important Variables for Spatially Predicting the Risks of Bark Beetle Disturbance. *Remote Sensing*, 8(8). DOI: 10.3390/rs8080687. ISSN 2072-4292. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/2072-4292/8/8/687>
- Harper, K. A., Macdonald, S. E., Burton, P. J., Chen, J., Brosofske, K. D., Saunders, S. C., Euskirchen, E. S., Roberts, D., Jaiteh, M. S., Esseen, P., (2005): Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented Landscapes: *Conservation Biology*, Pages 768–782. Volume 19, No. 3, June 2005
- Heim, O., Treitler, J. T., Tschapka, M., Knörnschild, M., Jung, K. (2015): The importance of landscape elements for bat activity and species richness in agricultural areas. *PLOS ONE*, 10 (7), art. no. e0134443.
- Hermý, M., Verheyen, K. (2007): Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: a review of past land-use effects on forest plant species composition and diversity. *Ecol. Res.*, 22, pp. 361-371,
- Hlásny, T., Barka, I., Kulla, L., Bucha, T., Sedmák, R., Trombik, J. (2015): Udržitelné obhospodařování lesů v horské oblasti Středozápadních Karpat, severovýchodní Slovensko: role změny klimatu, Regionální změna životního prostředí, 10.1007/s10113-0150894y, 17, 1, (65-77), (2015).
- Hofmeister, J., Hošek, J., Brabec, M., Hédl, R., Modrý, M. (2013): Strong influence of long-distance edge effect on herb-layer vegetation in forest fragments in an agricultural landscape. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 15 (6): 293–303.
- Hofmeister, J., Hošek, J., Brabec, M., Střalková, R., Mýlová, P., Bouda, M., Pettit, J. L., Rydval, M., Svoboda, M. (2019): Microclimate edge effect in small fragments of temperate forests in the context of climate change: *Forest Ecology and Management* 448 (2019) 48-56.
- J. Chen, J.F. Franklin, T.A. Spies Contrasting microclimates among clearcut, edge, and interior of old-growth Douglas-fir forest *Agr. For. Meteorol.*, 63 (1993), pp. 219-223, 10.1016/0168-1923(93)90061-L

J. Chen, S.C. Saunders, T.R. Crow, R.J. Naiman, K.D. Brosofske, G.D. Mroz, B.L. Brookshire, J.F. Franklin: Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *Bioscience*, 49 (1999), pp. 288-297, 10.2307/1313612.

Jakuš, R. (1998): A method for the protection of spruce stands against *Ips typographus* by the use of barriers of pheromone traps in north-eastern Slovakia. *Anz. Schädlingsskd Pflanzenschutz Umweltschutz*, 71, 152–158.

Kosic, I. V., Britvec, M. (2014): Florističke i vegetacijske značajke šumskih rubova i travnjaka čićarije (Hrvatska). *Šumarski List*, 138 (3–4): 167–184.

Kovács, B., Tinya, F., Ódor, P. (2017): Stand structural drivers of microclimate in mature temperate mixed forests. *Agr. For. Meteorol.*, 234–235, pp. 11-21.

Lausch, A., Fahse, L., Heurich, M. (2011): Factors affecting the spatio-temporal dispersion of *Ips typographus* (L.) in Bavarian Forest National Park: A long-term quantitative landscape-level analysis. *For. Ecol. Manag.* 261, 233–245.

Leslie, T. W., Biddinger, D. J., Rohr, J. R., Hulting, A. G., Mortensen, D. A., Fleischer, S. J. (2014): Examining shifts in carabidae assemblages across a forest-Agriculture ecotone. *Environmental Entomology*, 43 (1): 18–28.

McCune, B., Keon, D. (2002): Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. *J. Veg. Sci.*, 13, pp. 603-606, 10.1111/j.1654-1103.2002.tb02087.x

Normann, C., Tschardtke, T., Scherber, C. (2016): Interacting effects of forest stratum, edge and tree diversity on beetles. *Forest Ecology and Management*, 361: 421–431.

Novák, V. (1954): *Speciální bioklimatologie lesnická*. Praha, SPN, 28 s.

Quin, A., Cabanettes, A., Andrieu, E., Deconchat, M., Roume, A., Vigan, M., Larrieu, L. (2015): Comparison of tree microhabitat abundance and diversity in the edges and interior of small temperate woodlands. *Forest Ecology and Management*, 340: 31–39.

Petrík, M., Havlíček, V., Uhrecký, I. (1986): *Lesnícka bioklimatológia*. Bratislava: Príroda.

Reichholf, J. (1999): *Les: ekologie střeoevropských lesů*. Praha: Ikar. Průvodce přírodou (Ikar). ISBN 80-7202-494-9.

- Rykiel JR, E. J., Coulson, R. N., Sharpe, P. J., Allen, T. F., Flamm, R. O. (1988): Disturbance propagation by bark beetles as an episodic landscape phenomenon. *Landscape Ecology*, 1988, 1(3), 129-139.
- Samaniego, L., Thober, S., Kumar, R., Wanders, N., Rakovec, O., Pan, Z., Zink, M., Sheffield, J., Wood, E.F., Marx, A. (2018): Anthropogenic warming exacerbates European soil moisture droughts. *Nat. Clim. Change*, 8, pp. 421-426.
- Seidl, R., Rammer, W., Jäger, D., Lexer, M.J. (2008): Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *For. Ecol. Manag.*, 256, 209–220.
- Seidl, R., Schelhaas, M.-J. (2011): Lexer, M.J. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Glob. Chang. Biol.* 17, 2842–2852.
- Shea, K., Roxburgh, S. H., Rauschert, E. S. J. (2004): Moving from pattern to process: coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*. 7: 491–508
- Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J., Schuck, A. (2003): Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Glob. Chang. Biol.* 9, 1620–1633.
- Simon, J. (2007): Charakter a význam okraje lesa v zemědělské krajině. *Myslivosť*. (9), 1.
- Svoboda, J., Krejčí, P., Srba, R., Matějčíková, Š., Černík, J., Ježková, Z., Řehouňková, L. (2016): *Lesy České republiky, státní podnik: Forests of the Czech Republic, state enterprise*. Hradec Králové: Lesy České republiky. Lesnická práce pro lesní hospodářství. ISBN 978-80-86472-72-0.
- Svoboda, P. (1952): *Život lesa*. Praha: Brázda. Lesnická knihovna (Brázda).
- Sydenham, M. A. K., Eldegard, K., Totland, Ø. (2014): Spatio-temporal variation in species assemblages in field edges: Seasonally distinct responses of solitary bees to local habitat characteristics and landscape conditions. *Biodiversity and Conservation*, 23 (10): 2393–2414.
- Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem: Inventarizace lesů, Metodika venkovního sběru dat. Brandýs nad Labem: ÚHÚL, 2003, 136 s.
- Vajari, K. A. (2015): Vliv lesních mezer na některé vlastnosti humusu v obhospodařovaném bukovém lese v severním Íránu. *Euroasijská půda sc.* 48, 1131-1135. <https://doi.org/10.1134/S1064229315100117>.

- Vavříček, D., Kučera, A. (2017): *Základy lesnického půdoznalství a výživy lesních dřevin*. [Kostelec nad Černými lesy]: Lesnická práce. ISBN 978-80-7458-103-8.
- Vetter, D., Rücker, G., Storch, I. (2013): A meta-analysis of tropical forest edge effects on bird nest predation risk: Edge effects in avian nest predation. *Biological Conservation*, 159: 382–395.
- Vodka, T., Čížek, L. (2013): The effects of edge-interior and understorey-canopy gradients on the distribution of saproxylic beetles in a temperate lowland forests. *Forest Ecology and Management*, 304: 33–41.
- Von Arx, G., Pannatier, E.G., Thimonier, A., Rebetez, M. (2013): Microclimate in forests with varying leaf area index and soil moisture: potential implications for seedling establishment in a changing climate *J. Ecol.*, 101 (2013), pp. 1201-1213, 10.1111/1365-2745.12121.
- Vopravil, J., Khel, T., Havelková, L., Batysta, M., (2013): Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém a Jihomoravském kraji České republiky.
- Waring, R.H., Running, S.W. (2007): *Forest ecosystems: Concept and management*. Academic press, San Diego, CA.
- Waring, R.H.; Running, S.W. (2007): *Forest Ecosystems: Analysis at Multiple Scales*, 3rd ed.; Elsevier: San Diego, CA, USA.
- Warren, R. J. (2010): An experimental test of well-described vegetation patterns across slope aspects using woodland herb transplants and manipulated abiotic drivers. *New Phytol.*, 185, pp. 1038-1049,
- Wermelinger, B. (2004): Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—A review of recent research. *For. Ecol. Manag.* 2004, 202, 67–82
- White, P. J. C., Warren, P., Baines, D. (2015): Habitat use by Black Grouse *Tetrao tetrix* in a mixed moorland-forest landscape in Scotland and implications for a national afforestation strategy. *Bird Study*, 62 (1):1–13.
- Wild, J., Kopecký, M., Svoboda, M., Zenáhlíková, J., Edwards-Jonášová, M., Herben, T. (2014): Spatial patterns with memory: Tree regeneration after stand-replacing disturbance in *Picea abies* mountain forests. *J. Veg. Sci.* 25, 1327–1340.

Wiśniewski, P., Märker, M. (2019): The role of soil-protecting forests in reducing soil erosion in young glacial landscapes of Northern-Central Poland. *Geoderma*. doi: 10.1016/j.geoderma.2018.11.035

Wright, T.E., Kasel, S., Tausz, M., Bennett, L.T. (2010): Edge microclimate of temperate woodlands as affected by adjoining land use: *Agricultural and forest meteorology*, 150, 1138-1146.

Internetové zdroje:

Cometsystem.cz (2020), dostupné z: <https://www.cometsystem.cz/produkty/zaznamnik-teploty-a-vlhkosti-s-konektorem-pro-externi-sondu-teploty/reg-u3631>

Definition-What does *Edge Effects* mean? [online]. 2017. [cit. 2020-20-05]. Safeopedia. Dostupné z <https://www.safeopedia.com/definition/2561/edge-effects>

Internetové zdroje obrázku 5, dostupné z: https://vysocina-news.cz/wp-content/uploads/2018/10/kurovec_02.jpg a <https://www.pikist.com/free-photo-ilvkvf/cs>

Slovník [online]. 2020. [cit. 2020-08-20]. www.mezistromy.cz. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/slovník/holosec>

Struktura lesních porostů [online]. 2001. [cit.2020-08-21]. Dostupné z: https://ldf.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/vychodiska/struktura/strukt_vys_ur.html

Zákony:

Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon)