

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Věková struktura přirozené obnovy po odumření horního
stromového patra v horském smrkovém lese**

**Age structure of natural regeneration after dieback of tree layer
of mountain spruce forest**

Bakalářská práce

Autor: Petr Prokeš

Vedoucí práce: Ing. Radek Bače, Ph.D.

2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Prokeš

Lesnictví

Název práce

Věková struktura přirozené obnovy po odumření horního stromového patra v horském smrkovém lese

Název anglicky

Age structure of natural regeneration after dieback of tree layer of mountain spruce forest

Cíle práce

Cílem práce bude zjistit a popsat věkovou strukturu v raně sukcesním stádiu horského smrkového lesa po disturbanci:

- (1) V jakém v jakém období dochází k uchycení největšího počtu jedinců?
- (2) Jak se liší věková struktura jedinců mezi jednotlivými druhy dřevin?
- (3) Liší se věková struktura jedinců mezi hlavními mikrostanovišti?

Metodika

1. Sběr dat o početnosti, věku a výšce označených jedinců obnovy dřevin na trvalých výzkumných plochách v NP Šumava.
2. Matematické a statistické zpracování dat.
3. Příprava práce.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

Smrk ztepilý, *Picea abies*, jeřáb ptačí, semenáčky, věková struktura, mikrostanoviště, početnost

Doporučené zdroje informací

- Bače, R., Svoboda, M., Janda, P., Morrissey, R. C., Wild, J., Clear, J. L., ... & Donato, D. C. (2015). Legacy of Pre-Disturbance Spatial Pattern Determines Early Structural Diversity following Severe Disturbance in Montane Spruce Forests. *PloS one*, 10(9), e0139214.
- Bače, R., Svoboda, M., Pouska, V., Janda, P., & Červenka, J. (2012). Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: Which logs are suitable for seedling recruitment?. *Forest Ecology and Management*, 266, 254-262.
- Fischer, A., Fischer, H. S., Kopecký, M., Macek, M., & Wild, J. (2015). Small changes in species composition despite stand-replacing bark beetle outbreak in *Picea abies* mountain forests 1. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(9), 1164-1171.
- Ilisson, T., Köster, K., Vodde, F., & Jõgiste, K. (2007). Regeneration development 4–5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia. *Forest ecology and management*, 250(1), 17-24.
- Jonášová, M., & Prach, K. (2004). Central-European mountain spruce (*Picea abies*(L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering*, 23(1), 15-27.
- Kupferschmid, A. D., & Bugmann, H. (2005). Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 205(1), 251-265.
- Nováková, M. H., & Edwards-Jonášová, M. (2015). Restoration of central-European mountain Norway spruce forest 15 years after natural and anthropogenic disturbance. *Forest Ecology and Management*, 344, 120-130.
- Rozman, A., Diaci, J., Krese, A., Fidej, G., & Rozenbergar, D. (2015). Forest regeneration dynamics following bark beetle outbreak in Norway spruce stands: Influence of meso-relief, forest edge distance and deer browsing. *Forest Ecology and Management*, 353, 196-207.
- Vodde, F., Jõgiste, K., Engelhart, J., Frelich, L. E., Moser, W. K., Sims, A., & Metslaid, M. (2015). Impact of wind-induced microsites and disturbance severity on tree regeneration patterns: Results from the first post-storm decade. *Forest Ecology and Management*, 348, 174-185.
- 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. *Journal of Vegetation science*, 25(6), 1327-1340.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Radek Bače, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2017

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 11. 04. 2019

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Věková struktura přirozené obnovy po odumření horního stromového patra v horském smrkovém lese, vypracoval samostatně pod vedením Ing. Radka Bačeho, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom že zveřejněním bakalářské 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..... dne.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radkovi Bačemu, Ph.D., za jeho ochotu a vstřícnost, se kterou mne provázel psaním mé závěrečné práce. Dále bych rád poděkoval celému týmu vědeckých pracovníků za zprostředkování dat pro mou práci a pomoc při jejich získávání v terénu. Poděkování patří také mé rodině za podporu v období celého studia.

Abstrakt

Získávání informací o ekosystému horského smrkového lesa, jeho přirozené obnově a věkové struktuře v krátké době po disturbanci, je podstatné pro pochopení fungování celého ekosystému a jeho resilience, tedy schopnosti se znovu obnovit i po úplném odstranění dospělého porostu. Cílem této práce je analyzovat věkovou strukturu jedinců horského smrkového lesa, vyskytujících se na těchto plochách v raném sukcesním stádiu po disturbanci způsobené gradací lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). Především určit období, ve kterém dochází k uchycení největšího počtu jedinců a přinést poznatky o tom, jak se liší věková struktura mezi jednotlivými druhy dřevin a mezi hlavními mikrostanovišti, kde jedinci rostou. Data byla získána na trvalých výzkumných plochách v Národním parku Šumava. Plochy byly založeny v letech 2008–2009. Jedinci zmlazení dřevin byli označeni štítkem, byl odhadnut jejich věk podle počtu přeslenů a zaznamenáno jejich mikrostanoviště. Poté byli každoročně přeměřováni a byla tak získána data o mortalitě a měnící se výšce. V období před disturbancí (2007) se uchýtilo 81,8 % (10 244.ha⁻¹) zmlazení smrku vyskytujícího se na výzkumných plochách v roce 2016. V průběhu disturbance v roce 2007 pouze 5,7 % (72.ha⁻¹) a v době po disturbanci se uchýtilo 12,5 % (1560.ha⁻¹) zmlazení. Z práce vychází jako nejvhodnější doba pro uchycení zmlazení smrku ztepilého (*P. abies*) období dva roky před disturbancí, tedy rok 2005, kdy se na výzkumných plochách uchýtilo 353 z 3131 zaznamenaných jedinců smrkového zmlazení (*P. abies*). V případě jeřábu ptačího (*S. aucuparia*) bylo nejproduktivnější období tři let po disturbanci, tedy rok 2010, kdy došlo k uchycení 14 z 28 zaznamenaných jedinců. Data o mikrostanovištích na výzkumných plochách prokazují důležitost výskytu mrtvého dřeva, jakožto nejlepšího mikrostanoviště pro vznik zmlazení smrku. Zmlazení se na mikrostanovištích uchycovalo především v době před disturbancí. Zjištěné informace prokazují schopnost ekosystému horského smrkového lesa dosáhnout kvalitní, odolné a četné obnovy po disturbanci, která ačkoli může mít pro dosavadní porost fatální následky, dává vzniknout novému porostu se značně širokou věkovou strukturou.

Klíčová slova:

Smrk ztepilý, *Picea abies*, jeřáb ptačí, semenáčky, věková struktura, mikrostanoviště, početnost

Abstract

Getting information about the ecosystem of the mountain spruce forest, its natural regeneration and the age structure early after disturbance is important for understanding function of all ecosystem, its resilience and its ability to recover even after the complete canopy dieback. The aim of this study is analyzing the age structure of mountain spruce forest individuals growing on these areas in the early succession stage after disturbance caused by the bark beetle (*Ips typographus*) outbreak. At first it is important to determine the period in which the biggest number of individuals regenerate and to bring the knowledge about age structure varies between species of woody plants and among the main microsites, where the individuals grow. Data were collected on the permanent research plots in Šumava National Park. These plots were established in 2008–2009. The individuals of regeneration were labeled, their age was estimated by the number of whorls and also the microsite was recorded. 81.8 % (10 244.ha⁻¹) of the spruce seedlings found on the research plots in 2016 were established on the plots in the period before the disturbance in 2007. In the course of disturbance in 2007 only 5.7% (72.ha⁻¹) were established. At the time just after the disturbance, 12.5% (1560.ha⁻¹) of individuals were established. As a result of this study it shown that the most appropriet period for the rejuvenation of norway spruce (*P. abies*) is the term of two years before disturbance, it means year 2005, when 353 from 3131 individuals of registered spruce (*P. abies*) were established on the research plots. In the case of the rowan (*S. aucuparia*), the most productive period was three years after disturbance, in 2010, when 14 from 28 registrated individuals were established. The dates of the productivity of microhabitats in the research plots show the importance of occurrence of decaying wood as the best microhabitat for spruce regeneration. The rejuvenation on the microsites was positive mainly

before the disturbance. The information demonstrate the ability of the mountain spruce forest ecosystem to reach high-quality, durable and numerous regeneration after the canopy dieback, which, although it may have fatal consequences for the wood, gives to grow to a new forest with a very variety age structure.

Keywords:

Norway spruce, *Picea abies*, rowan, seedlings, age structure, microhabitat, abundance

Obsah

1	Úvod.....	13
2	Cíl práce	15
3	Literární rešerše.....	16
3.1	Horské smrkové lesy.....	16
3.2	Disturbance postihující horské smrkové lesy	17
3.2.1	Větrná disturbance	17
3.2.2	Disturbance způsobená lýkožroutem smrkovým (<i>Ips typographus</i>)	18
3.3	Přirozená obnova	18
3.4	Studie zabývající se přirozenou obnovou po disturbancích	21
4	Metodika	25
4.1	Lokalita sběru dat.....	25
4.2	Sběr dat	27
4.3	Analýza dat	30
5	Výsledky	30
5.1	Porovnání věkové struktury zmlazení smrku ztepilého (<i>Picea abies</i>) a jeřábu ptačího (<i>Sorbus aucuparia</i>)	32
5.2	Mikrostanoviště	34
5.2.1	Mrtvé dřevo	35
5.2.2	Hrabanka.....	36

5.2.3	Mechorosty	36
5.2.4	Pahýl	36
5.2.5	Hrabanka na pařezu	36
5.2.6	Porovnání mikrostanoviř' mezi lokalitami Trojmezná a Březník	37
6	Diskuze.....	39
6.1	Období uchycení zmlazení smrku	40
6.2	Porovnání období uchycení zmlazení smrku ztepilého (<i>P. abies</i>) s ostatními druhy dřevin.....	42
6.3	Vliv mikrostanoviř'tě na věkovou strukturu zmlazení	43
7	Závěr	44
8	Literatura	45

Seznam tabulek, obrázků a grafů

- 1) **Tab. 1** – Seznam ploch, na nichž byla sledována dynamika zmlazení.
- 2) **Obr. 1** – Schéma uspořádání trvalých výzkumných ploch.
- 3) **Obr. 2** – Pohled na trvalou výzkumnou plochu
- 4) **Obr. 3** – Graf početnosti uchycených jedinců smrku ztepilého (*P. abies*) v závislosti na čase.
- 5) **Obr. 4** – Grafy vyjadřující porovnání věkového zastoupení jedinců smrku ztepilého (*P. abies*) a jedinců jeřábu ptačího (*S. aucuparia*), u kterých bylo možné určit věk.
- 6) **Obr. 5** – Grafy porovnávající početnost jedinců smrku a jeřábu, uchycených na TVP v letech 2008–2016.
- 7) **Obr. 6** – Koláčové grafy vyobrazující množství uchycených jedinců v období před, během a po disturbanci.
- 8) **Obr. 7** – Graf znázorňující porovnání počtu ku věku živých jedinců smrku nalezených na hlavních mikrostanovištích všech ploch.
- 9) **Obr. 8** – Porovnání věkové struktury jednotlivých mikrostanovišť na TVP 3,4,5,6 vyskytujících se v oblasti Trojmezí.
- 10) **Obr. 9** – Graf vyjadřující průměrné hodnoty množství zmlazení na trvalých výzkumných plochách v oblasti Březníku.

1 Úvod

Horské smrkové lesy v oblasti výzkumu, patřily do konce 18. století k nejrozsáhlejším oblastem přirozeného lesa ve střední Evropě (Wild et al. 2004). Jejich přirozenost byla narušena až před koncem 18. století, kdy začalo osidlování pod hřebeny Šumavy, ale hřebeny hor zůstaly bezzásahovou oblastí. Horské lesy byly v této době podrobovány silnému působení lidské činnosti, a to především ve formě těžebních zásahů pro získání dřeva jako stavebního materiálu. Tomu napomohla výstavba plavebních kanálů, které byly budovány od konce 18. do poloviny 19. století (Brůna et al. 2013). V horských oblastech byly tyto lesy záměrně vytěžovány také z důvodu získávání a rozšiřování ploch vhodných pro pastvu dobytka, jakožto jediného možného způsobu obživy pro obyvatele těchto oblastí, avšak do jaké míry byla tato narušení závažná, není přesně určitelné. Tento způsob hospodaření vedl k oslabení „imunity“ porostů a také k narušení jejich homogenity. Postupem času a také ústupem obyvatelstva z horských oblastí, ale i změnou hospodaření, získaly tyto lesy svou ochrannou funkci. V současnosti jsou tyto horské smrkové lesy ve většině případů lesy ochrannými a v oblastech jejich výskytu byly již dříve zakládány chráněná území a národní parky.

Dlouhodobé působení lidské činnosti a s tím související přeměna struktury horských smrkových lesů, má za následek nízkou odolnost těchto porostů vůči disturbancím, které na ně v současnosti působí ve stále kratších intervalech. Hlavně výskyt vichřic, které mají devastační následky na porost, se jeví jako závažný problém pro smrkové porosty horských poloh. Těchto disturbancí využívá lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), který napadá narušené porosty, které pro něho představují ideální podmínky k vývoji a následnému přemnožení (Svoboda et al. 2010). Přirozenost těchto rozsáhlých disturbancí je otázkou a odpovědi jsou plně kontroverzí. Jakkoli se zdá býti režim disturbancí pro ekosystém horského smrkového lesa destruktivním, současné, v hojném počtu prováděné studie přinášejí poznatky o pozitivním vlivu na dynamiku tohoto ekosystému a stále více prohlubují snahu tuto dynamiku pochopit a také získat nové detailnější poznatky o režimu disturbancí, které by dopomohly k nalezení způsobu pro trvale udržitelné obhospodařování ekosystému horského smrkového

lesa. Tyto poznatky by mohly býti nápomocné v managementu hospodářských lesů (Kuuluvainen 2002; Čada et al. 2013; Brůna et al. 2013; Svoboda et al. 2012).

V minulosti byla u porostů po disturbanci snaha především vytěžit napadené dřevo a zabránit dalšímu šíření lýkožrouta smrkového a stejné hospodaření bylo převedeno i do chráněných oblastí. Tento přístup znemožnil získávání poznatků z bezzásahových porostů. Ovšem v posledních letech, kdy se vedou táhlé spory o způsobu hospodaření v horských smrkových lesích a národních parcích, roste potřeba získávat nové poznatky o těchto ekosystémech. Díky zakládání trvalých ploch a každoročně probíhajícímu výzkumu, je snazší získat pádné argumenty a obhájit tak způsob, který bude pro vývoj a zachování těchto lesů nejlepší (Nováková et Jonášová 2015).

V této práci se zaměřuji především na věkovou strukturu zmlazení vzniklého po odumření horního stromového patra na trvalých výzkumných plochách v oblasti NP Šumava, která byla vystavena vlivu několika větrných disturbancí s následující invazí a gradacemi lýkožrouta smrkového. Má práce navazuje na dlouhodobý monitoring trvalých výzkumných ploch, zakládaných od roku 2008. Od této doby se skupina výzkumníků každoročně vrací na tyto plochy a sbírá nová data. Tento monitoring je ve srovnání se snímkem vegetace v jednom časovém bodě mnohem efektivnější pro celkové poznání a přináší možnost porovnání jednotlivých období a tím i nové, přesnější poznatky k problematice dynamiky horského smrkového lesa.

2 Cíl práce

Cílem mé práce je zjistit a popsat věkovou strukturu v raně sukcesním stádiu horského smrkového lesa po disturbanci a odpovědět na tyto otázky: (1) V jakém období dochází k uchycení největšího počtu jedinců? Především tedy zda se tyto jedinci uchytily před disturbancí, kdy bylo v průběhu semenných roků produkováno velké množství semen, nebo až po disturbanci, při níž odumřelo horní stromové patro a dostali prostor jedinci vzniklí ze semenné banky, ale také jedinci vzniklí ze semen z širšího okolí a přežilých plodících stromů. Nebo došlo k uchycení přímo v průběhu disturbance, kdy uvolněním zápoje proniklo na půdu velké množství světla, což před disturbancí vzhledem k zapojení horního stromového patra nebylo možné, a tím se zaktivizovala semena do té doby zastíněná? Možný je také výskyt velmi diverzifikovaného zmlazení, které se skládá ze všech výše uvedených variant vzniku. (2) Jak se liší věková struktura jedinců mezi jednotlivými druhy dřevin? (3) Liší se věková struktura jedinců mezi hlavními mikrostanovišti?

3 Literární rešerše

3.1 Horské smrkové lesy

Tento velmi specifický typ ekosystému se vyskytuje v oblastech kolem 1200 m.n.m a výš (Křenová 2008, Čada et al. 2013), pro které jsou typické především velmi nepříznivé podmínky, jako nízké teploty, neustálé narušování bořivými větry, které přecházejí ve vichřici a také dlouhotrvající sněhová pokrývka (Zenáhlíková 2012). Horské smrkové lesy jsou tvořeny především smrkem ztepilým (*Picea abies*) a jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*). Ojediněle se zde vyskytují také jedinci břízy (*Betula sp.*) a vrby (*Salix sp.*). Dalšími zástupci vegetace horských smrčín, jsou zástupci rodu brusnice (*Vaccinium sp.*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), bika lesní (*Luzula sylvatica*), kaprad' rozložená (*Dryopteris dilatata*), papratka alpská (*Athyrium distentifolium*). Z mechorostů jsou velmi hojnými zástupci ploník ztenčený (*Polytrichum formosum*) a dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum Scoparium*) (Svoboda et Zenáhlíková 2009).

Na území České republiky se vyskytují dva typy horských smrčín. Jedná se o svaz *Piceion excelsae* (klimaxové podmáčené smrčiny a edaficky podmíněné podmáčené smrčiny horských a podhorských poloh ve středoevropských pohořích). Druhým svazem je *Athyrio alpestris – piceon* (horské klimaxové nivové smrčiny středoevropských pohoří budovaných silikátovými horninami) (Husová et al. 2002).

Smrk ztepilý roste v České republice nejvýše na Sněžce, kde výjimečně dosahuje až hranici 1550 m. n. m. V Krkonoších tvoří klimaxové smrčiny horní hranici lesa. Osidlují zde nadmořské výšky 1300–1400 m. (Musil et Hamerník 2007). V dnešní době není jednoduché určit, do jaké míry se ještě jedná o původní přirozené horské smrkové lesy, jelikož velká část území byla v historickém průběhu podrobena zásahům lidské činnosti. Je jen pár míst, o kterých by se dalo tvrdit, že se jedná opravdu o horské smrčiny, které nebyly vystaveny působení lidské činnosti.

3.2 Disturbance postihující horské smrkové lesy

Jako disturbance označujeme události, které způsobují narušení nebo odumření jedince, nebo celého porostu. Disturbance jsou negativním, ale zároveň i pozitivním činitelem dynamiky lesního ekosystému. V negativním případě dochází k rozpadu porostu a odstranění ve většině případů produktivního lesa. Z pohledu pozitivního se však jedná o přínosnou situaci, při které se uvolňuje zápoj, odumírá horní stromové patro, na zem dopadá větší množství slunečních paprsků a vzniká prostor pro uchycení nových jedinců, což umožňuje vznik rozmanitých přírodních ekosystémů (Kulakowski et Bebi 2004, P. van Lierop 2015).

3.2.1 Větrná disturbance

Disturbance zapříčiněné působením větru, nejčastěji postihují přeštíhlené a přehoustlé porosty, ale také porosty v oblastech, kde jsou zatěžovány nadměrnou sněhovou pokrývkou (Podrázský 2007). Působení bořivých větrů také nahrává monokulturnost smrkových porostů, především v horských bezzásahových oblastech, kde tyto monokultury tvoří rozsáhlé plochy. U smrku ztepilého (*Picea abies*) dochází především k vývrátům, ale ojediněle se vyskytne i zlom, a to nejčastěji u starších jedinců velkých objemů (Kuuluvainen et al. 1998).

Rozpadu porostu po větrné kalamitě využívají biotičtí činitelé, především lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), který nalétává do pozůstalých poškozených a oslabených jedinců smrku (Jonášová et Prach 2004; Macek et al. 2017).

Disturbance způsobená větrem však přináší i pozitivní výsledek ve smyslu rozvolnění porostu, vytvoření mezer a odkrytí půdy. Vyvrácené kmeny následně tvoří mrtvé dřevo, které se stává mikrostanovištěm pro uchycení nových semenáčků (Nováková et al. 2015). Při rozvolnění zápoje vzniká prostor pro pronikání většího množství slunečního záření na půdní substrát, což napomáhá uchycení nově nalétnutých semen a vzklíčení jedinců ze semenné banky.

3.2.2 Disturbance způsobené lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*)

Lýkožrout smrkový je významným disturbančním činitelem evropských lesů. Jedná se o ekonomicky i ekologicky neškodlivější druh v Evropě. Vypuknutí kůrovcové kalamity často souvisí s výskytem větrných disturbancí a suchými obdobími. Hlavním hostitelem tohoto parazitujícího hmyzu je smrk ztepilý (*Picea abies*). Lýkožrout smrkový napadá především oslabené, usychající jedince, nebo polomy smrku (*Picea abies*) vzniklé nečekanými událostmi, jako vichřice nebo velká sucha (Økland et al. 2016). Ovšem na rozdíl od větrných disturbancí a disturbancí způsobených lesními požáry, dochází při napadení porostu lýkožroutem smrkovým k postupnému odumírání, které může trvat i několik let (Macek et al. 2017).

3.3 Přirozená obnova

Věková, výšková a druhová struktura přirozené obnovy hrají důležitou roli v přeměně stromového patra v lesním ekosystému chráněných bezzásahových oblastí. Neméně důležitým je také vývoj a růst semenáčků a sazenic. Procesy obnovy mají vliv na funkčnost a stabilitu porostů. Hlavní výhody přirozené obnovy spočívají v zajištění autochtonních lokálních porostů. Semena a sazenice takových porostů jsou odolnější a mnohem lépe se uchycují. Tomu také přispívá nenarušený vývoj semenáčků bez nutnosti školkování, čímž dochází k narušení kořenového systému a oslabování vyvíjejících se jedinců. Všechny tyto uvedené výhody zaručují lepší genetickou variabilitu, a především stabilitu a odolnost porostu proti vlivům disturbančních činitelů (Korpel' et al. 1991; Fisher et al. 2002; Křístek et al. 2004).

Přirozená obnova horských smrkových lesů se vyznačuje především velkým množstvím jedinců zmlazení na malém prostoru. Množství zmlazení je odvozeno od stanoviště, na kterém se nachází. Vyskytují se rozdíly mezi stanovišti živých dospělých porostů a stanovišti, kde došlo k odumření porostu dospělého a tím i vzniku mikrostanovišť mrtvého dřeva. Ulbrichová et al. 2008 uvádí, že na stanovištích s plodným mateřským porostem se vyskytuje až desetkrát větší množství mladých jedinců zmlazení než na stanovištích, kde došlo k odumření mateřského porostu a vyskytuje se zde mrtvé dřevo. V období po disturbanci je

progresivnější obnova na specializovaných, pro vznik nových jedinců bezpečných mikrostanovištích, jako jsou okraje mezer v porostech, skalní výchozy, vyvýšená místa, minerální půdy a rozkládající se mrtvé dřevo (Baier et al. 2007; Hansen 2003).

Podmínky, ve kterých se horské smrkové lesy vyskytují, jsou chladné a vlhké s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou. Smrk ztepilý (*Picea abies*) se v těchto podmínkách neobnovuje nepřetržitě, nýbrž k dosažení semenného roku vyžaduje časový interval dvou let, ve kterých převládají příznivé podmínky, především teplejší klimatické podmínky a menší vzdušná vlhkost. Ovšem dosažení takovýchto podmínek je v horských oblastech problematické, vzhledem k nepravidelnosti a vysoké proměnlivosti počasí. Tzv. semenný rok tedy nenastává v pravidelných intervalech, ale k tomuto jevu dochází naprosto nepravidelně, na základě reakce jedinců smrku (*Picea abies*) na klima (Jonášová 2013). Po uplynutí semenného roku se v oblasti produktivních jedinců nachází desítky tisíc semenáčků smrku na 1ha. Poté se množství semen postupně snižuje až do doby, než nastanou opět příznivé podmínky pro další semenný rok. Když tento jev nastane, produkce se opět zvýší. Malé semenáčky smrku jsou schopné přežít v zástínu i několik desetiletí, kdy čekají na vhodnou příležitost k růstu. Touto příležitostí je uvolnění zápoje a odumření horního stromového patra, které je zapříčiněno různými typy disturbancí. Tito jedinci, kteří dlouhá léta čekají na příležitost k růstu, mají oproti jedincům, kteří se vyvíjejí při plném světle a ideálních podmínkách, výhodu v podobě hustých letokruhů, což zvyšuje jejich odolnost. Tito jedinci jsou schopni se dožít i věku několika set let (Jonášová 2013; Havlíček 2015).

Zmlazení musí čelit působení biotických, ale i abiotických činitelů od chvíle, kdy dojde k uchycení semene a vzejde malý semenáček. Vznik přirozené obnovy doprovází rozvoj konkurenceschopné půdní vegetace, která napomáhá uchovávání živin a zabraňuje půdní erozi, čímž i usnadňuje vznik dendroflory (Wohlgemuth et al. 2002; Fischer et al. 2002; Rammig et al. 2007; Jonášová et al. 2010; Jonášová a Prach 2008). U zmlazení vnímáme dva typy poškození, jedná se buď to o poškození mechanické, nebo biologické (Zenáhlíková 2012).

K mechanickému poškození přispívá především sněhová pokrývka, pod jejíž tíhou

dochází ke zlomení vznikající obnovy (Ulbrichová et al. 2009 in Zenáhlíková 2012). V porostech, kde došlo k odumření mateřského porostu a souše nebyly odstraněny, se naskýtá pro vznikající obnovu nebezpečí zavalení padajícími kmeny, nebo odlomenými větvemi. Těžba dřeva může zvýšit plochu exponovaných minerálních půd, ale zároveň dochází k odstraňování mrtvého dřeva, jakožto velmi produktivního mikrostanoviště pro uchycení nových jedinců, což má negativní vliv na obnovu porostu (Svoboda et al. 2010). Zvláště v chráněných oblastech jsou půdní vegetace a pionýrské dřeviny zastoupeny v mnohem větším počtu v porovnání se smrkem ale i listnatými dřevinami (Jonášová et Prach 2004). Po nahodilé těžbě jsou vzniklé holiny znovu zalesněny aplikací umělé obnovy. Vzhledem k nízkým nákladům na výsadbu, vysokému počtu přeživších jedinců a nízké náročnosti, jsou tyto plochy opět osázeny smrkem (*Picea abies*), jakož to ochranou dřevinou, avšak ponechání přirozené obnově může vést k vyšší hustotě, lepší kvalitě obnovovaného porostu a k rozmanitějšímu druhovému složení, což napomáhá udržení biodiverzity. Jako nejčastější příčinu poškození obnovy udávají Streit et al. (2009) okus terminálních výhonů zvěří. Dle Schweiger et Sterba (1997) je nejvíce vystavováno okusu zmlazení o výšce 10–30 cm. Jako přijatelnou intenzitu okusu zvěří v horských smrkových lesích, se odhaduje hodnota 10-14 % (Eiberle et Nigg 1987 in Zenáhlíková 2012). Kupferschmid et Bugmann (2005) udávají, že se stoupající nadmořskou výškou klesá intenzita okusu terminálních výhonů. Kromě smrku ztepilého, se zvěř zaměřuje především na jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) a některé vzácné druhy bylin (Bače et al 2009). Kořínky, ale i krčky vznikající obnovy jsou také vystavovány nebezpečí, a to hlavně takovému, které představují hlodavci vyskytující se v lese. Tito hlodavci se živí i semeny, čímž snižují množství potencionální obnovy (Hanssen 2003 in Zenáhlíková 2012).

3.4 Studie zabývající se přirozenou obnovou po disturbancích

Problematikou přirozené obnovy porostu po disturbancích se zabývá řada studií a autorů. Výzkumu na bavorské straně Šumavy po disturbancích a zejména po kůrovcové kalamitě, začínající v roce 1993 a kulminující v letech 1999-2000, se věnuje (Macek et al. 2017). Tato studie se zaměřuje na přirozenou obnovu v prostředí téměř shodným s lokalitami využitými k mé práci z české strany Šumavy. Macek v této studii porovnává vývoj zmlazení od roku 1998 do 2010, kdy se zabývá především otázkou vzniku zmlazení, tedy zda se jedná o jedince vzniklé před disturbancí, během disturbance nebo po disturbanci. V roce 1998 se na výzkumných plochách vyskytovalo 2 552 jedinců zmlazení smrku ztepilého, z toho 86 % jedinců náleželo ke zmlazení vzniklému v souvislosti s disturbancí a zbylých 16 % byli jedinci pokročilého zmlazení. Z celkového počtu 2 552 jedinců přežilo na výzkumných plochách do roku 2010 pouze 316 a jen 38 jedinců vzniklo po disturbanci, při které došlo k úplnému odumření horního stromového patra a rozvolnění zápoje. Ve stejné lokalitě prováděli výzkum i Fischer a Fischer. Jejich práce Fischer et Fischer (2012) se zaměřuje především na vznik přirozené obnovy po větrné disturbanci v roce 1988. Hlavním předmětem jejich studie bylo zmlazení smrku ztepilého (*P. abies*) a rychlost, s jakou došlo v postižených oblastech k obnově pionýrskými dřevinami, především břízou (*Betula sp.*). Výsledky studie aplikovali na porovnání mezi bezzásahovými plochami a plochami, kde byly provedeny vyklizovací práce. Fischer a Fischer zjistili, že plochy, které byly po disturbanci vyklizeny, nabízejí díky narušení půdního pokryvu těžkými stroji a vývraty lepší podmínky pro vznik obnovy než plochy, které byly ponechány bez zásahu. Tato skutečnost však skýtá úskalí v podobě destrukce velkého počtu stávajícího zmlazení vzniklého před disturbancí. Jejich práce se zaměřuje především na populační dynamiku smrku ztepilého (*P. abies*), břízy (*Betula sp.*) a jeřábu ptačího (*S. aucuparia*). U břízy zaznamenali Fischer a Fischer velký nárůst zmlazení v době bezprostředně po disturbanci, ovšem s fatálním poklesem v první dekádě po disturbanci. Pro uchycení nových jedinců břízy je dle (Fischer et Fischer 2012) přívětivější prostředí vyklizených ploch, ovšem mortalita je na těchto plochách vyšší než na plochách v bezzásahových oblastech. V porovnání s břízou jsou dle jejich zjištění nejlepší podmínky pro

zmlazení a přežití smrku na plochách bezzásahových, kde dochází k rovnoměrnému nárůstu a akumulaci smrkového zmlazení v průběhu celého zkoumaného období. Mortalita je na těchto plochách, oproti vyčištěným plochám, minimální. Jeřáb ptačí (*S. aucuparia*) je úzce spjat s výskytem smrkového zmlazení, avšak ve velmi malém množství oproti zmlazení smrku a břízy. Jeho populační dynamika je velice podobná bříze. Zpočátku dochází k velkému a rychlému nástupu zmlazení po disturbanci, ovšem následný pokles je pozvolnější.

Na rychlost a početnost zmlazení má značný vliv disturbanční činitel, tedy zda se jednalo o disturbanci větrnou, požár, disturbanci zapříčiněnou hmyzem, nebo se jednalo o jejich kombinaci. Neméně podstatné jsou také podmínky prostředí, tedy nadmořská výška, průměrná teplota, geologická struktura a také roční úhrn srážek v dané oblasti. V případě studie Fischer et Fischer (2012), se jedná o disturbanci větrnou. Průměrná teplota v oblasti je 4 °C, nadmořská výška 1250 m.n.m., roční úhrn srážek 1800 mm/rok. V těchto podmínkách zaznamenali Fischer a Fischer hustotu smrkového zmlazení 5750 ks . ha⁻¹, které se v lokalitě jejich výzkumu uchytilo během 25 let. Výsledky studie z této lokality přináší také Zeppenfeld ve své práci Zeppenfeld et al. (2015). V oblasti Bavorského a Šumavského národního parku se Zeppenfeld a skupina dalších vědců zaměřili na obnovu horského smrkového lesa po větrné disturbanci s následnou gradací lýkožrouta smrkového (*I. typographus*), která započala v osmdesátých letech dvacátého století a vrcholu dosáhla mezi lety 1996–2000. Patnáct let zkoumání v této oblasti přineslo poznatky o obnově především smrkového porostu. Zeppenfeld prokazuje pomalý nárůst množství zmlazení v prvních pěti letech po disturbanci. Od pátého roku se množství zmlazení pohybuje v rozmezí 1500–1700 jedinců . ha⁻¹. Na této hodnotě dochází k ustálení počtu zmlazení. K prudšímu nárůstu dochází dle Zeppenfeld et al. (2015) až od dvanáctého roku po disturbanci, kdy množství obnovy narůstá nad hranici 2000 jedinců . ha⁻¹ až k hodnotě 3332 ks . ha⁻¹. K obnovení porostu dochází dle této studie deset let po disturbanci. Studie Heurich (2009), umístěná do stejné lokality jako předešlé, udává přibližně stejné výsledky jako studie předcházejících autorů. Disturbance, která byla stěžejní pro práce výše uvedených autorů však byla velmi slabá oproti disturbanci v roce 2007. Jejich studie dokazuje pro obnovu porostu důležitost

zmlazení vzniklého před disturbancí, z důvodu pomalého nástupu zmlazení po disturbanci.

Na české straně Šumavy se výzkumu obnovy horského smrkového lesa věnují např. Jonášová a Prach (2004), kteří se zabývají obnově horského smrkového lesa po kůrovcové kalamitě v devadesátých letech dvacátého století v oblasti Březníku, v JZ části Šumavy. Během pěti let výzkumu porovnávali především rychlost a množství zmlazení smrku mezi vyklizenými plochami, bezzásahovými plochami s tlejícím mrtvým dřevem a podmáčenými plochami. Jonášová a Prach se ve výsledcích své práce shodují s předešlými autory, zabývajícími se stejnou problematikou. Ve studii Jonášová a Prach (2004) došli k závěru, že nejlepším prostředím pro vznik nového zmlazení smrku a tím i k regeneraci porostu po disturbanci, je prostředí bezzásahových oblastí, kde došlo vlivem disturbance k odumření horního stromového patra. Jonášová a Prach také poukazují na vliv množství světla na vznik smrkového zmlazení. Množství slunečního záření je podstatným činitelem hlavně při uchycení a vzniku obnovy v prvních letech po disturbanci, kdy potřebují semena velké množství světla pro vzklíčení. Navzdory skutečnostem udávají lepší podmínky pro vznik smrkové obnovy v bezzásahových zónách s tlejícím mrtvým dřevem než na plochách, kde došlo k lidskému zásahu a vyklizení disturbancí poškozeného porostu. Tuto skutečnost odůvodňují tím, že ačkoli na vyklizené plochy dopadá velké množství světla, půda je těžbou silně narušená a zmlazení, které se zde vyskytovalo před disturbancí je těžbou poškozováno. Rychlost obnovy je na těchto plochách i díky pionýrským dřevinám vyšší, avšak s velmi vysokou mortalitou a nízkou kvalitou obnovy krátce po výskytu zmlazení. V bezzásahových zónách dochází dle Jonášová a Prach (2004) k výskytu kvalitnějšího zmlazení smrku s pomalejším růstem, díky kterému se velké procento zmlazení dožije věku, kdy odroste vlivu buřeně a odolá většině činitelů způsobujících jejich odumření.

Velký význam přikládají Jonášová a Prach také vlivu mikrostanoviště na vznik a vývoj smrkového zmlazení. Jejich studie prokazuje jako nejvýznamnější mikrostanoviště smrkovou hrabanku a tlející mrtvé dřevo. Tlející mrtvé dřevo vykazovalo nejvyšší hodnoty zmlazení na plochách, kde byl proveden lidský zásah a také na podmáčených stanovištích. Nejvyšší hodnoty zmlazení

vykazovalo mikrostanoviště smrková hrabanka, které je dle studie nejproduktivnějším mikrostanovištěm v bezzásahových oblastech. Je otázkou, do jaké míry jsou jednotlivá mikrostanoviště vhodná pro uchycení zmlazení smrku v období před, během a po disturbanci. Pravděpodobně se tímto žádná studie nezabývá, a proto je na toto téma zaměřena část mé práce.

Jonášová a Prach v Jonášová a Prach (2004) udávají výsledné množství zmlazení 5333 jedinců . ha⁻¹ vzniklých v oblasti Březníku v časovém úseku pěti let po disturbanci způsobené lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*).

Podmínkám a vzniku obnovy po větrné disturbanci ve střední Evropě, se věnuje studie Michalová et al. (2017). Přesněji se jedná o pohoří Vysoké Tatry v oblasti severního Slovenska, kde byl v roce 1949 založen Tatranský národní park. Michalová se zaměřuje na množství zmlazení smrku po sérii větrných disturbancí, vyskytujících se v zájmové oblasti od roku 2004. Lokality výzkumu se vyskytují v nadmořských výškách mezi 1100 – 1400 m.n.m. Průměrná roční teplota se v této oblasti pohybuje okolo 4,7 °C a průměrný roční úhrn srážek dosahuje hodnoty 864 mm (Michalová et al, 2017). Tyto podmínky jsou takřka shodné s podmínkami v oblasti mého výzkumu, tedy v oblasti JZ Šumavy.

Při sérii větrných disturbancí v oblasti Vysokých Tater došlo k narušení až 10 000 ha lesa. Na většině území probíhala v dobách před vznikem národního parku těžba dřeva a lesy zde byly lesy hospodářskými. I po vzniku národního parku zde stále aktivně probíhá těžba, především těžba nahodilá, za účelem odstranění stromů napadených lýkožroutem smrkovým (*I. typographus*). Ve snaze o výzkum a zjišťování informací o vývoji horského smrkového lesa, bylo v oblasti vyhrazeno chráněné území o rozloze 100 ha, které bylo vyhlášeno bezzásahovou zónou. Skupina vědeckých pracovníků kolem Michalové zde v letech 2010 a 2011 vytvořila šest výzkumných ploch v bezzásahové oblasti a pět ploch v oblasti o stejné rozloze a s podobnými podmínkami, ve které stále probíhá těžba dřeva.

Výsledky této studie poukazují na zjištění uváděná v předešlých studiích. Potvrzují větší druhovou rozmanitost bylinného patra a pionýrských dřevin, avšak téměř absolutní absenci mechového patra v oblasti, kde probíhá těžba dřeva, oproti bezzásahovým oblastem, kde se vyskytuje ve větší míře dřevinné zmlazení,

a to především smrku ztepilého (*P. abies*). Tento jev, stejně jako u Jonášová a Prach (2004), přisuzuje Michalová et al. (2017) narušování půdního pokryvu a kompletnímu odstranění stromového patra, což usnadňuje uchycení jedincům pionýrských náletových dřevin a dává prostor vzniku druhů bylinného patra. Studie Michalová et al. (2017) udává časový interval sedmi let od disturbance, kdy došlo k obnově porostu v zájmové oblasti. Během těchto sedmi let došlo na výzkumných plochách k obnově smrku shodně se studií Jonášová a Prach (2004), tedy 5333 jedinců . ha⁻¹ .

Obnově po disturbancích způsobených větrem, hmyzem, ohněm anebo jejich kombinací, v podmínkách podobných mé studii, se mimo výše uvedených věnují například Bottero et al. (2013), Fraver et al. (2008), Kramer et al. (2014), Štícha et al. (2013) nebo Winter et al. (2015). Pro práce uvedených autorů je společným jmenovatelem především přirozená obnova po větrné disturbanci v podmínkách středoevropských horských oblastí, ve kterých následně došlo k napadení poškozeného porostu lýkožroutem smrkovým (*Ips Typographus*) a tím i vzniku mrtvého dřeva na výzkumných plochách. Právě vliv mrtvého dřeva na obnovu a otázka, zda ponechat zmlazení porostu bez lidského zásahu, je často skloňovaným tématem v těchto pracích a vede autory ke srovnávání bezzásahových ploch a ploch, na kterých byla provedena těžba.

4 Metodika

4.1 Lokalita sběru dat

Zkoumaná oblast „Trojmezna“, kde byly mezi lety 2006-2009 zakládány trvalé výzkumné plochy, se nachází v jihovýchodní části Národního parku Šumava, mezi Třístoličником a Trojmeznou, v nadmořské výšce 1167–1275 m.n.m. Všechny tyto trvalé plochy byly úmyslně zakládány na nepřístupném a neobydleném území, tak, aby bylo zamezeno vlivu lidské činnosti. Průměrná roční teplota se v této lokalitě pohybuje okolo 4°C a celkový roční úhrn srážek dosahuje hodnot 1200–1400 mm. Tato oblast spadá do druhé zóny NP a od roku 2007 se jedná o lokalitu s bezzásahovým režimem.

Dominantní dřevinou je smrk ztepilý (*Picea abies*), který tvoří 98 % dřevinné složky. Zbylá 2 % se skládají hlavně z jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) a ostatních dřevin, jako je bříza (*Betula sp.*), vrba (*Salix sp.*) a další dřeviny, které se zde vyskytují spíše ojediněle. Lokalita spadá do souboru lesních typů 7N, 8N, 7V, 8V a tvoří ji rostlinná společenstva třtinové smrčiny (*Calamagrostio villosae-Piceetum*) a papratkové smrčiny (*Athyrio alpestris-Piceetum*). Co se geologického podkladu týče, je Trojmezná hora součástí prahorní hercynské oblasti s geologickým podkladem převážně obsahujícím biotitické hrubozrnné žuly (Zenáhlíková 2012). Jako půdní typy dle (Kopáček et al 2002), byly pro tuto oblast klasifikován ranker, podzol a kryptopodzol. Na konci 19. století tuto oblast zasáhla disturbance způsobená vichřicí. Poškození drtivé části porostu vytvořilo příhodné podmínky pro přemnožení lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). Následnou asanační těžbou byly odstraněny zbytky původního porostu a vznikl prostor pro uchycení porostu nového (Svoboda et Zenáhlíková 2009). Vzniku nového porostu bez zásahů lidské pomoci, výrazně dopomohla politická situace mezi lety 1950-1989, kdy byla tato oblast hraničním pásmem s přísným zákazem vstupu. V 90. letech zde byla vybudována tzv. Kalamitní svážnice, která byla dalším činitelem narušujícím vyskytující se porost. V roce 1991 byl vyhlášen Národní park Šumava a tato oblast byla zařazena do 1. zóny. V roce 1995 došlo ke změnám zonace v národním parku a tyto porosty byly překlasifikovány do 2. zóny (Svoboda et Zenáhlíková 2009).

Lokalita Březník se vyskytuje mezi Luzenským údolím a Modravskou a Roklanskou slatí. Nadmořská výška 1175–1280 m v této lokalitě, je téměř shodná s lokalitou Trojmezná. Ani v průměrném množství srážek cca 1500 mm a průměrnou teplotou 4 °C, se tyto dvě lokality příliš neliší. Příznačné jsou pro lokalitu Březník Kyselé smrčiny, Podmáčené a Podmáčené chudé a klenové smrčiny. Na bezzásahovém území Březník došlo k odumření stromového patra v důsledku disturbance způsobené lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*) v letech 1996–2000 (Zenáhlíková 2012).

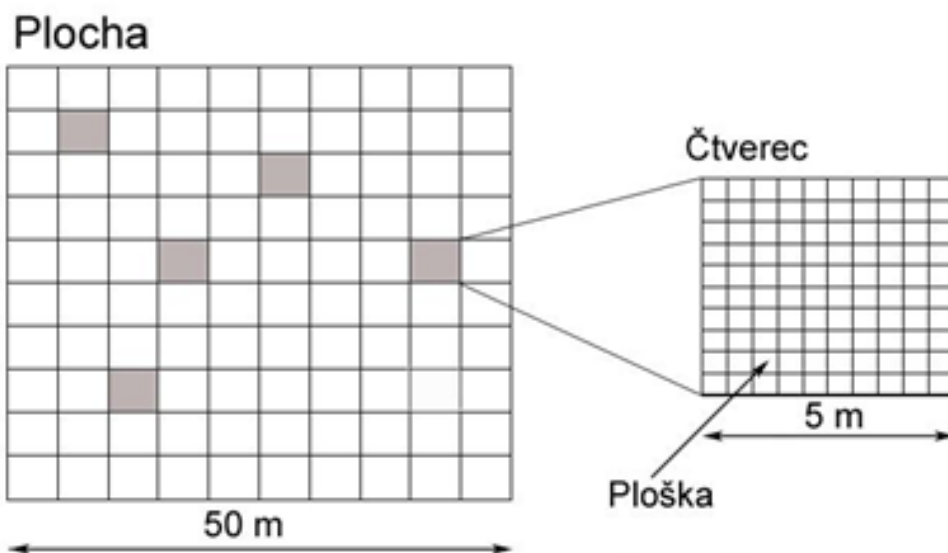
4.2 Sběr dat

Data pro výzkum byla sbírána na 10 trvalých výzkumných plochách o rozměrech 50x50m v Národním parku Šumava (Tab. 1). Tyto trvalé výzkumné plochy byly založeny v letech 2006–2009 v lokalitách Březník a Trojmezná hora na severovýchodních svazích Šumavy. V letech 2006-2007 byly založené první čtyři plochy v oblasti Trojmezná a samotný výzkum na těchto plochách započal v roce 2008. Následně v roce 2009 bylo založeno zbylých 6 ploch. Těchto 6 ploch se vyskytuje v oblasti Pramenů Vltavy, Trampusova křížku, Na Ztraceném, Javoří slatě a také na Trojmezná, v porostech, které byly čerstvě napadené lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*) (Zenáhlíková 2012). V srpnu roku 2016 jsem se se skupinou vědeckých pracovníků Výzkumného ústavu AVČR a zaměstnanců a studentů ČZU, zúčastnil třítýdenních terénních výzkumných prací ve zmiňovaných lokalitách, kde jsme sbírali data na trvalých výzkumných plochách. Každoročně se opakující sběr dat na těchto lokalitách je velmi přínosný pro pozdější výzkum, mapování a porovnávání vývoje obnovy a rychlosti zmlazení.

Tab. 1: Seznam ploch, na nichž byla sledována dynamika zmlazení. První 4 plochy byly založeny v roce 2008, dalších 6 pak v roce 2009. Pro mou práci jsem plochy rozdělil na lokalitu Trojmezná (červená) a Březník (žlutá). (Tabulka převzata z práce Zenáhlíková 2012).

Číslo	Název	Lokalita	Nadm. výška	Sběr dat		
				2008	2009	2010–2016
1	P3	Trojmezná	1275	x	x	x
2	P4	Trojmezná	1227	x	x	x
3	P5	Trojmezná	1200	x	x	x
4	P6	Trojmezná	1167	x	x	x
5	Prales 7	Trojmezná	1353		x	x
6	Trampus 10	U Trampusova křížku	1172		x	x
7	Prameny 11	Prameny Vltavy	1212		x	x
8	Prameny 12	Prameny Vltavy	1221		x	x
9	Na Ztraceném 13	Březník	1119		x	x
10	Javoří 14	Javoří slat'	1097		x	x

Při výběru lokalit bylo důležité dodržení daných kritérií: 1) plochy musejí být situovány do rozlehlějších oblastí zasažených kůrovcovou kalamitou, aby bylo zabráněno okrajovému efektu 2) rozmístění ploch by mělo být co nejrovnoměrnější napříč zkoumanou oblastí 3) v prostoru plochy by se neměly vyskytovat anomálie jako například vodní toky nebo skalní výchozy (Wragg, 2016). Plochy byly v rozích označeny žlutými geodetickými kolíky s kovovým hrotem, aby bylo možné tento roh v příštích letech snadněji dohledat pomocí detektoru kovů a zorientovat se. Jedinci stromového patra a ležící mrtvé dřevo, byli zaznamenáni pomocí FieldMapové technologie. Každá plocha byla rozdělena na čtverce o velikosti 5x5m. Pět takovýchto čtverců v ploše bylo vybráno ke zkoumání. Všechny čtverce byly monitorovány po dobu 8 let od založení.



Obr. 1- Schéma uspořádání trvalých výzkumných ploch (50×50 m) rozdělených na 100 čtverců (5×5 m), z kterých bylo vždy vybráno 5 čtverců dále rozdělených na 100 plošek 0,5×0,5 m. (převzato z dizertační práce Zenáhlíková 2012)

Tyto čtverce byly dále děleny na 100 plošek o velikosti 0,5x0,5 m, které byly v rozích označeny žlutými páskami a vyznačeny pomocí kovových jehel. Díky rozdělení na plošky, bylo možné vytvořit vegetační snímky.



Obr. 2 – pohled na TVP

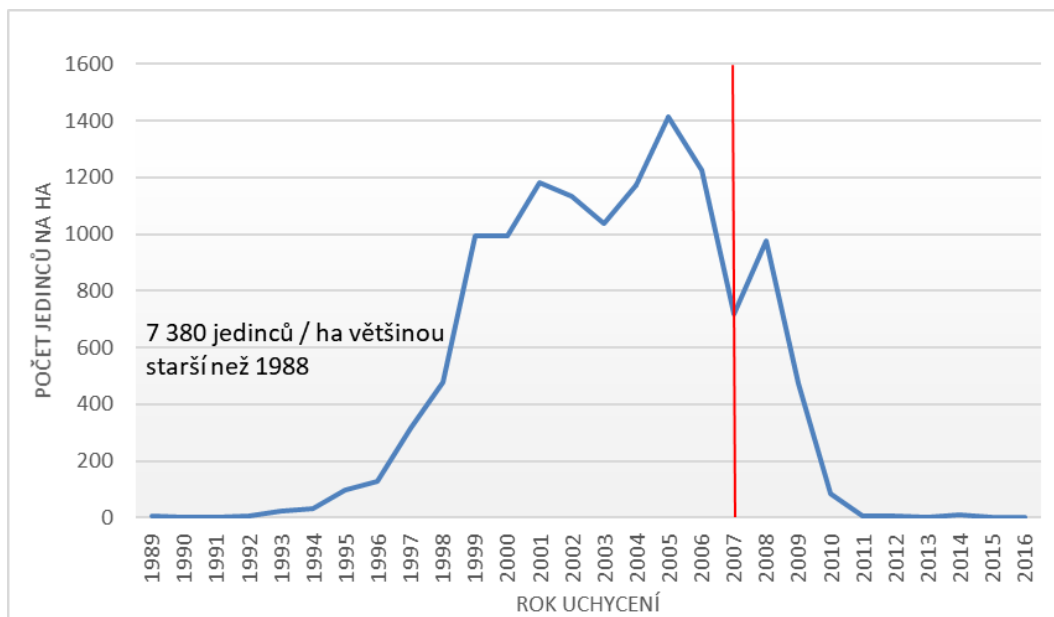
Byla zkoumána mikrostanoviště, která byla zařazena do kategorií: pařez, hrabanka, hrabanka na pařezu, pahýl, kláda, vývrat, kořenový náběh, kamen, mech, rašeliník. U každého jedince smrku ztepilého (*P. abies*) a jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*), který dosahoval výšky do 0,2 m, byla zaznamenávána výška a věk. U jedinců vyšších než 0,2 m byla zaznamenána pouze výška. Věk byl u těchto jedinců do 0,2 m odhadnut podle počtu přeslenů a přeslenových jizev. Tato metoda určování věku je v tomto případě dostatečně efektivní, jelikož u takto mladých a nízkých jedinců s výškou maximálně 20 cm většinou nedochází k významným chybám v odhadu. Každý další jedinec byl označen plechovým štítkem s číslem, kvůli pozdější identifikaci. Vyskytly se i nálezy již odumřelých jedinců zmlazení, u nichž byl určen a zaznamenán věk, výška, druh a mikrostanoviště. Následně byly odebrány štítky s identifikačním číslem a do záznamů byla uvedena pravděpodobná příčina úmrtí, jako například kompetice, zástin nebo zavalení padajícím mrtvým kmenem. Každá plocha byla důkladně prohledána, aby bylo zaručeno nalezení a zdokumentování veškerých odumřelých jedinců.

4.3 Analýza dat

V programu MS Excel, jsem určil počet jedinců jednotlivých dřevin, jejich věk, výšku a mikrostanoviště, na kterém se nacházeli. Počet jedinců jsem následně převedl na početnost na hektar. Tyto údaje jsem zobrazil graficky vytvořením histogramu. V jednotlivých histogramech jsem porovnával rok uchycení k početnosti, věk k početnosti a početnost jedinců na jednotlivých mikrostanovištích. Z výsledků těchto analýz bylo možné dále vytvořením filtru zjistit počty jedinců určitého věku. Odečtením věku nejpočetnější skupiny od roku, kdy byly údaje sbírány, jsem následně zjistil období, ve kterém bylo uchyceno nejvíce zmlazení.

5 Výsledky

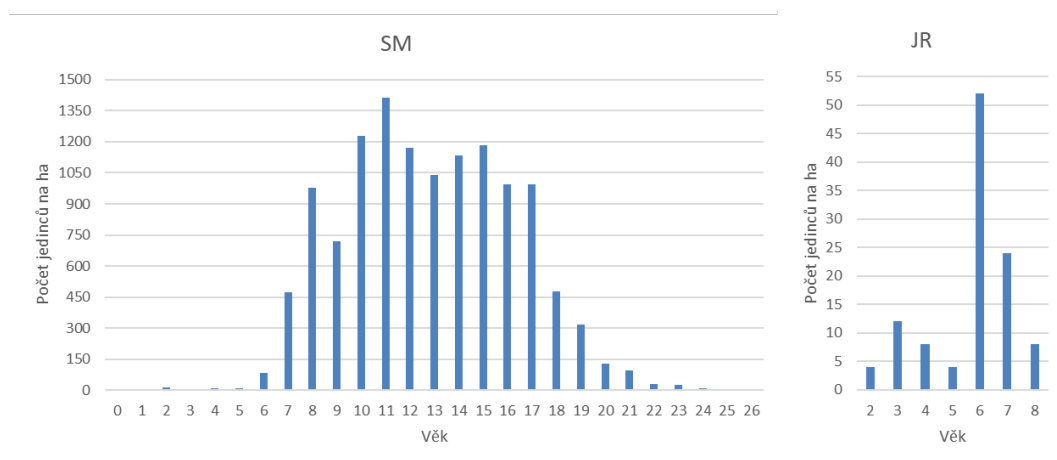
Při měření a výzkumných pracích na trvalých výzkumných plochách, bylo nalezeno 3131 jedinců smrku ztepilého (*P. abies*), u kterých byl určen věk, změřena výška a zaznamenáno mikrostanoviště, na kterém se jedinci nacházeli. Dalšíh 1845 jedinců smrku bylo buď to vyšších než 0,2m nebo s ohledem na jejich vysoký věk, nebyli zahrnuti mezi data, která byla pro mou práci použita. Věk a výška u jedinců jeřábu ptačího (*S. aucuparia*) se zaznamenávali pouze u 28 jedinců, k jejichž uchycení došlo v období provádění výzkumných prací na těchto TVP. Dále bylo nalezeno 177 jedinců jeřábu ptačího (*S. aucuparia*), u kterých nebyl věk určen. Na TVP se v zanedbatelném množství vyskytovalo také zmlazení břízy (*Betula sp.*) a vrby (*Salix sp.*). Pro mou práci jsou významní pouze jedinci smrku a jeřábu, u kterých byla objektivně zaznamenána data o věku, výšce a mikrostanovišti.



Obr. 3 – Graf početnosti uchycených jedinců smrku ztepilého (*P. abies*) v závislosti na čase, znázorňující maxima i minima na časové ose. Spojnice hodnot jednoznačně vykresluje maximální hodnoty zmlazení v letech před disturbancí způsobenou orkáнем Kyrill v roce 2007 (červená čára) a následným nástupem lýkožrouta smrkového (*I. typographus*) a také výrazný nárůst a následný extrémní pokles hodnot zmlazení rok po disturbanci. V grafu není vyobrazeno 7 380 jedinců / ha smrku, většinou starších než 1988, kteří nebyli do studie zahrnuti.

Graf (Obr.3) znázorňuje rozložení četnosti uchycených jedinců zmlazení smrku ztepilého (*P.abies*) na časové ose. Disturbance v roce 2007, která byla stěžejní pro odumření horního stromového patra na lokalitách výzkumu, je v tomto grafu vyznačena červenou kolmicí. Z rozložení četností je patrný objem uchycených jedinců před a po disturbanci. Před rokem 2007 se na trvalých zkušných plochách uchytilo 10 244 . ha⁻¹ jedinců smrku ztepilého (*P. abies*), což je 81,8 % všech jedinců zaznamenaných na TVP. V roce disturbance se uchytilo 72 . ha⁻¹ jedinců smrku, tedy 5,7% zmlazení. Po disturbanci, tedy od roku 2007 do roku 2016, je evidováno celkem 1560 . ha⁻¹ jedinců smrku, což odpovídá 12,5 % veškerého zmlazení které přečkalo disturbanci. Maximální hodnota věku zmlazení do 0,2m výšky vzniklého před disturbancí, odpovídá množství 1412 . ha⁻¹ a na časové ose se vztahuje k roku 2005, jedná se tedy o jedince ve věku jedenáct let. V době po disturbanci došlo k nejpočetnějšímu uchycení jedinců zmlazení v roce 2008, tedy rok od disturbance, kdy se uchytilo zmlazení v množství 976 . ha⁻¹. V dalších letech po disturbanci již byly hodnoty zmlazení takřka nulové.

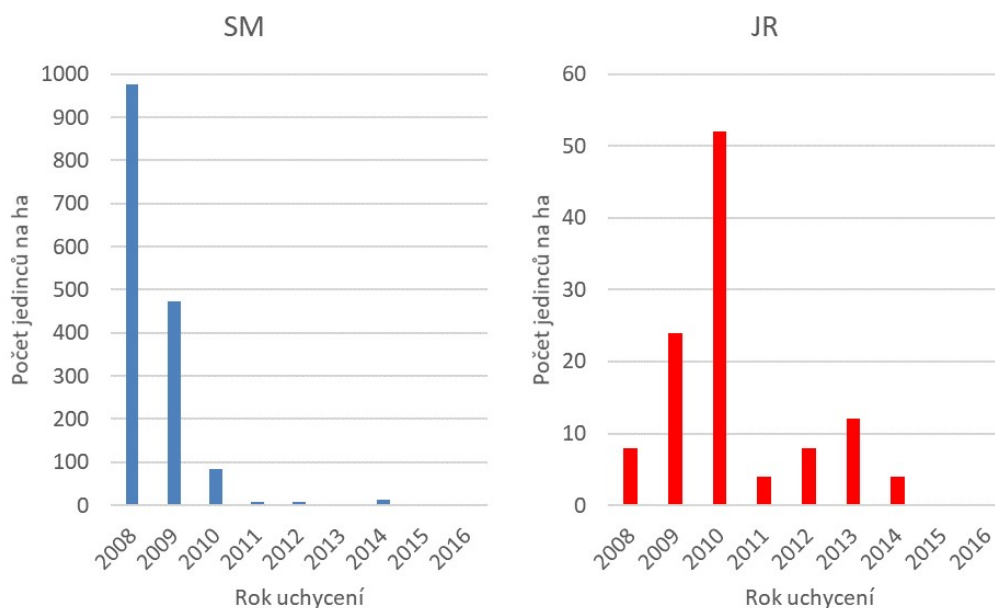
5.1 Porovnání věkové struktury zmlazení smrku ztepilého (*P. abies*) a jeřábu ptačího (*S. aucuparia*)



Obr. 4 – Grafy vyjadřující porovnání věkového zastoupení jedinců smrku ztepilého (*P.abies*) a jedinců jeřábu ptačího (*S.aucuparia*), u kterých bylo možné určit věk.

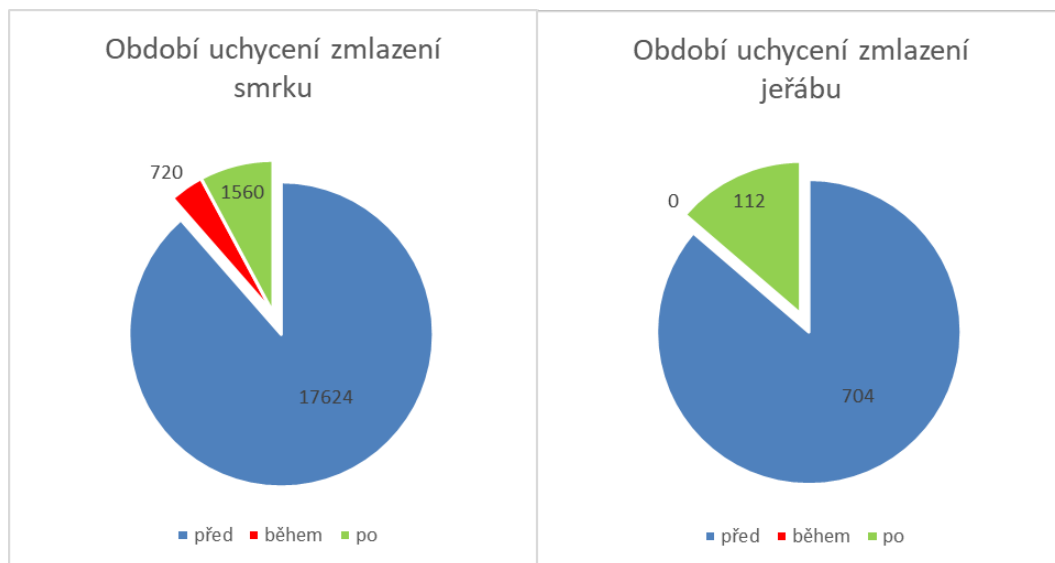
V roce 2016 bylo na TVP nalezeno 3131 jedinců smrku ztepilého ve věkovém rozpětí 1 rok až 27 let. Největší skupinou byli jedinci ve věku 11 let. V této skupině se nacházelo 353 jedinců smrku ztepilého (*P. abies*), k jejichž uchycení docházelo v roce 2005, tedy dva roky před fatální disturbancí v roce 2007. Hojně zastoupené bylo věkové rozpětí mezi 7 až 19 lety, kdy se každoročně uchycovalo v průměru 246 jedinců smrku. Takto vysoký nárůst zmlazení byl pravděpodobně v těchto letech zapříčiněn disturbančním vlivem lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), který napadal „přeživší“ stromy a tím se uvolnil veškerý prostor pro smrk.

V porovnání se smrkem ztepilým (*P. abies*) docházelo k uchycení ostatních druhů dřevin jen velmi zřídka. V roce 2016 bylo nalezeno 215 živých jedinců jeřábu ptačího (*S. aucuparia*). Věk byl určen pouze u 28 jedinců, tedy jedinců, kteří se uchytily v období sledování na TVP. Tito byli ve věkovém rozmezí jednoho roku až sedmi let. Nejpočetnější věkovou skupinu jeřábů (*S. aucuparia*) po disturbanci tvoří celkem 14 jedinců ve věku šesti let. K jejich uchycení došlo v roce 2010, tedy tři roky od velké disturbance, která byla způsobena orkámem Kyrill. Další druhy dřevin byly nalezeny v zanedbatelném množství.



Obr. 5 – grafy porovnávající početnost jedinců smrku a jeřábu, uchycených na TVP v letech 2008–2016, kdy z tohoto období nejvíce uchycených jedinců přinesly první tři roky po disturbanci.

Z grafů je patrná jasná převaha zmlazení smrku, co do počtu uchycených jedinců. Jeřáb ptačí (*S. aucuparia*) sice v tomto období vykazuje několikanásobně menší množství zmlazení, avšak k uchycování nových jedinců docházelo v delším časovém intervalu po disturbanci, než u jedinců smrku. K uchycování smrku docházelo v ranně sukcesním stádiu po disturbanci v průběhu tří let, poté jen ojediněle. V poddisturbanční době se maximum nových jedinců smrku uchytilo první rok po disturbanci, s prudce klesající tendencí v následujících dvou letech. U jeřábu se vyskytl zcela obrácený jev. Vznik nových jedinců měl v případě jeřábu stoupající tendenci v prvních třech letech po disturbanci s následným velkým úbytkem a již jen pozvolně stoupajícími hodnotami zmlazení do šestého roku po disturbanci. Z grafů (Obr. 5) vyplývá, že ačkoli je jeřáb pionýrskou dřevinou, jeho maximální zmlazení je v poddisturbanční době v bezzásahových oblastech zasažených disturbancí v porovnání se smrkem o dva až tři roky opožděno.

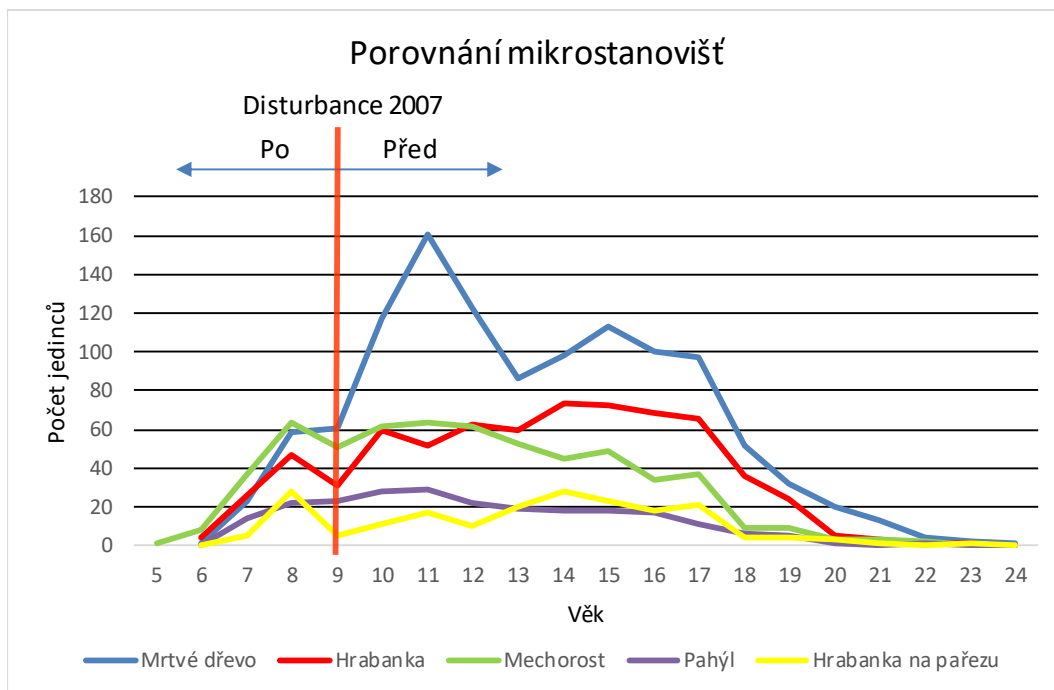


Obr. 6 – koláčové grafy vyobrazující množství uchycených jedinců v období před, během a po disturbanci v roce 2007 na TVP

Z porovnání období, ve kterém dochází k uchycení jedinců smrku ztepilého (*P. abies*) a jeřábu ptačího (*S. aucuparia*), je patrné, že pro obnovu porostu je nejdůležitějším obdobím, období před disturbancí. U jeřábu jsou do údajů z tohoto období zaznamenáni veškerí živí jedinci, nalezení na TVP v roce 2016, k jejichž uchycení došlo mimo období výzkumu.

5.2 Mikrostanoviště

U jednotlivých mikrostanovišť bylo porovnáváno množství uchycených jedinců a jejich věk (podle roku uchycení). Tyto údaje přinášejí poznatky o tom, v jakém období došlo k uchycení zmlazení na mikrostanovištích. Jednalo se o mikrostanoviště pařez, hrabanka, hrabanka na pařezu, kořenový náběh, vývrát, mrtvé dřevo, pahýl, kámen, mechorosty, rašeliník. Mikrostanoviště pařez, kořenový náběh, vývrát, kámen a rašeliník však vykazovala jen minimální hodnoty zmlazení, proto jsem tato mikrostanoviště nepodrobil další analýze. Mezi nejproduktivnější mikrostanoviště patří mrtvé dřevo, hrabanka, mechorost, pahýl a hrabanka na pařezu.



Obr. 7 – Graf znázorňující porovnání počtu ku věku živých jedinců smrku nalezených na hlavních mikrostanovištích všech ploch, vyjadřující maximum na mikrostanovišti mrtvé dřevo, kde věk nejpočetnější skupiny jedinců dosahoval v roce 2016 hodnotu 11 let. Červená čára označuje větrnou disturbanci, způsobenou orkáнем Kyrill v roce 2007, a rozděluje zmlazení na dobu před a po disturbanci.

5.2.1 Mrtvé dřevo

Nejproduktivnějším mikrostanovištěm je mrtvé dřevo. Zde bylo nalezeno celkem 1163 jedinců ve věkovém rozmezí šest až dvacet čtyři let. Nejpočetnější skupinou tohoto mikrostanoviště je 161 jedinců ve věku jedenáct let. K jejich uchycení došlo v roce 2005, tedy dva roky před orkáнем Kyrill. Druhou nejpočetnější skupinou byli na mikrostanovišti mrtvé dřevo jedinci ve věku dvanáct let. Bylo jich nalezeno celkem 123. Další početné skupiny tvořili jedinci ve věku deset let, těchto bylo 117, ve věku třináct let bylo 86 jedinců, ve věku čtrnáct let 98 jedinců, věku patnáct let dosahovalo 113 jedinců, věku šestnáct let dosahovalo 100 jedinců a poslední početnou skupinu tvořili jedinci ve věku sedmnáct let, těchto bylo 97. Křivka hodnot (Obr.7) zmlazení na tomto mikrostanovišti vykazuje skutečnost, že k maximálnímu zmlazení dochází v období před disturbancí.

5.2.2 Hrabanka

V porovnání s mikrostanovištěm mrtvé dřevo, je dalším velmi produktivním stanovištěm hrabanka. Zde byl nalezen největší počet jedinců ve věkovém intervalu šest až devatenáct let. Nejpočetnější skupinu tvořili na hrabance jedinci ve věku čtrnácti let, nalezeno jich bylo celkem 73. Z grafu (Obr.7) je patrné, že v době před disturbancí se stabilně uchycovalo podobné množství jedinců smrku ztepilého (*P. abies*), bez extrémních výkyvů. Výraznější propad byl zaznamenán v roce 2006, tedy rok před disturbancí, s následným strmým nárůstem zmlazení rok po disturbanci, tedy v roce 2008. Po roce 2008 mělo zmlazení pouze klesavou tendenci, kdy se jednalo jen o náhodně uchycené jedince.

5.2.3 Mechorosty

Mikrostanoviště mechoroty bylo četnostmi uchycených jedinců velmi podobné hrabance. Z grafu (Obr.7) je patrný pozvolný nárůst zmlazení v období před disturbancí, až po stabilizování hodnot. Na rozdíl od ostatních mikrostanovišť nedošlo u mechorostu v období disturbance k výraznému propadu množství zmlazení. Rok po disturbanci je patrný nárůst počtu jedinců, který však dosahuje hladiny hodnot zaznamenaných před disturbancí. Období po disturbanci vykazuje strmě klesavou tendenci jako u předešlých mikrostanovišť.

5.2.4 Pahýl

Další stanoviště pahýl, vykazovalo pozvolně stoupavou tendenci s maximem ve věku jedenáct let. V této věkové skupině se nacházelo celkem 29 jedinců. Poté četnosti jedinců v jednotlivých věkových skupinách pozvolna klesají. Na mikrostanovišti pahýl nedocházelo před ani po disturbanci k výrazným výkyvům množství zmlazení.

5.2.5 Hrabanka na pařezu

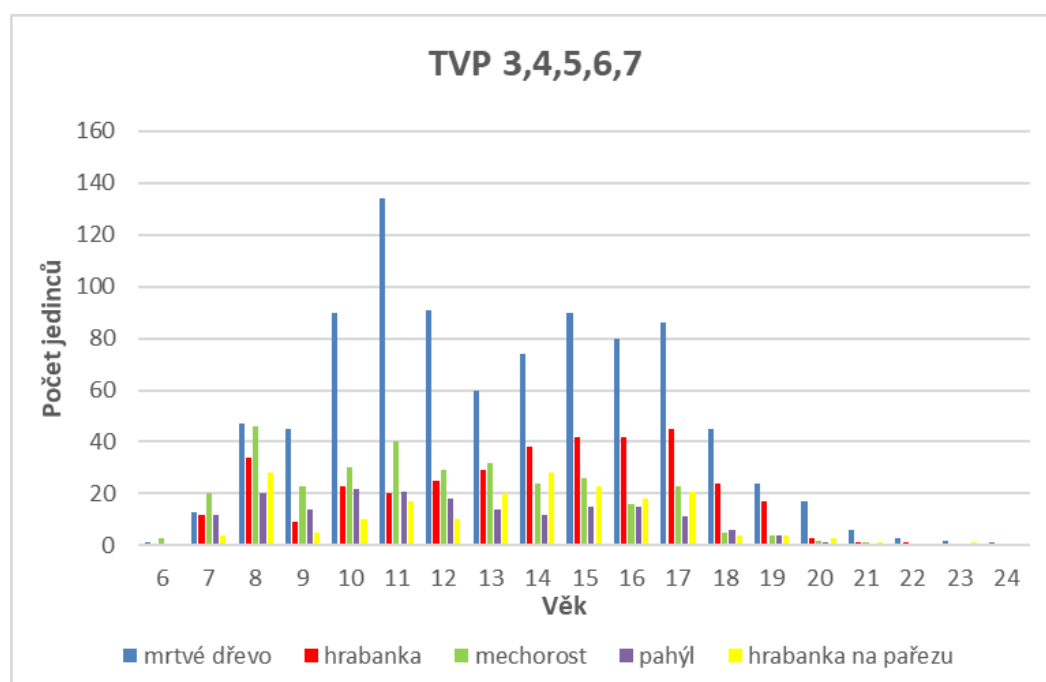
Na tomto mikrostanovišti se vyskytoval nejmenší celkový počet jedinců ze všech mikrostanovišť. Křivka hodnot zmlazení (Obr.7) je velmi podobná mikrostanovišti pahýl, avšak u hrabanky na pařezu jsou patrné častější výkyvy v období před disturbancí. Maximálních hodnot dosáhlo zmlazení v roce 2008, tedy rok po disturbanci, ve věku osm let a v roce 2002 ve věku čtrnáct let. V obou

případech bylo nalezeno 28 jedinců. Po roce 2008 se jako u ostatních mikrostanovišť intenzita smrkového zmlazení značně snižuje.

Z výsledků porovnání mikrostanovišť je patrné, že nejproduktivnějším stanovištěm s nejrozmanitější věkovou strukturou, bylo mrtvé dřevo. Je tedy pravděpodobné, že mrtvé dřevo poskytuje nejlepší podmínky pro uchycení nových semenáčků.

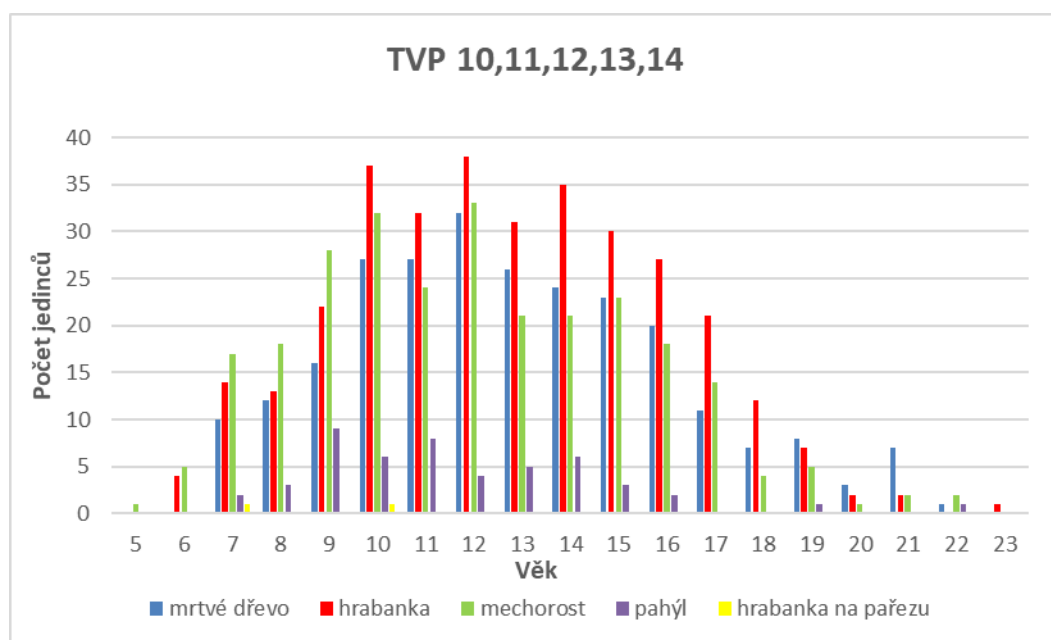
5.2.6 Porovnání mikrostanovišť mezi lokalitami Trojmezná a Březník

V této části mé práce byla porovnána věková struktura a početnost zmlazení mezi TVP na lokalitách Trojmezná (TVP 3,4,5,6,7) a TVP na lokalitách Březník (TVP 10,11,12,13,14). Následující graf (Obr.8) vykresluje hodnoty počtu jedinců smrku ztepilého (*P. abies*) určitého věku nalezených na jednotlivých mikrostanovištích vyskytujících se na trvalých výzkumných plochách, které byly založeny v oblasti Trojmezná.



Obr. 8 – Porovnání věkové struktury jednotlivých mikrostanovišť na TVP 3,4,5,6 vyskytujících se v oblasti Trojmezná, znázorňující převahu zmlazení na mikrostanovišti mrtvé dřevo, s maximem ve věku 11 let a minimem ve věku 24 let.

Z grafu (Obr.8) je patrné, že na těchto TVP jednoznačně převažuje zmlazení smrku na mikrostanovišti mrtvé dřevo. Nejvíce bylo nalezeno 134 jedinců ve věku jedenácti let, tedy k jejich uchycení došlo v roce 2005, dva roky před disturbancí. Je patrná převaha zmlazení z období před disturbancí v roce 2007. Rok po disturbanci byl patrný nárůst zmlazení. Počty nalezených jedinců dosahovaly podobných hodnot na všech stanovištích a rozdíly nebyly tak markantní, jako v době před rozvolněním zápoje a odumřemím horního stromového patra. V porovnání s plochami na Trojmezí, je výskyt zmlazení na jednotlivých mikrostanovištích ploch Březníku mnohem více vyrovnaný (Obr.9).



Obr. 9 – Graf vyjadřující průměrné hodnoty množství zmlazení na trvalých výzkumných plochách v oblasti Březníku. Maximální hodnoty byly v roce 2016 zaznamenány na mikrostanovišti mechorost, hrabanka a mrtvé dřevo.

Na těchto plochách bylo nalezeno nejvíce zmlazení ve věku 7–17 let. Oproti plochám na Trojmezí zde bylo nejhojněji obsazené mikrostanoviště hrabanka, kde maximálním zmlazení tvořilo 37 jedinců ve věku deset let a 38 jedinců ve věku dvanáct let. Dalším hojně obsazeným mikrostanovištěm bylo mrtvé dřevo. Velmi podobných hodnot dosahovalo zmlazení na mikrostanovišti mechorosty.

Tyto dvě lokality vykazují markantní rozdíl hodnot zmlazení mezi jednotlivými mikrostanovišti. Počet jedinců zmlazení smrku na mikrostanovišti mrtvé dřevo, byl na TVP lokality Trojmezná o 258% větší než na plochách lokality Březník. U mikrostanoviště hrabanka byl rozdíl mezi lokalitami pouze

11 %, s převahou jedinců na TVP Trojmezné. U mechorostu byl rozdíl mezi lokalitami takřka 21 % s převahou jedinců na lokalitě Trojmezná. Mikrostanoviště pahýl vykazovalo o 270 % více jedinců na lokalitě Trojmezná, než na lokalitě Březník. Největší rozdíl byl zaznamenán u mikrostanoviště hrabanka na pařezu, kde lokalita Trojmezná vykazovala o 9750% více jedinců zmlazení smrku, než lokalita Březník, kde se zmlazení na tomto mikrostanovišti téměř nevyskytovalo. Věková struktura jedinců na obou lokalitách byla takřka shodná. Zmlazení dosahovalo v roce 2016 věku v intervalu 6–23 let. Největší množství jedinců se uchytlo v letech 1996–2005.

6 Diskuze

Množství a sílu zmlazení v oblasti výzkumu zásadním způsobem ovlivnily disturbance, které jsou datovány již v historických záznamech. Od roku 1984, kdy došlo k sérii vichřic, také začala hrát významnou roli gradace lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). Aktivita lýkožrouta měla své vrcholy zejména v letech 1984-1989, 1995-1999 a 2007-2012 (Čada et.al. 2014). Z grafu (Obr.3) je patrné, že k největšímu nárůstu počtu uchycených jedinců docházelo v letech 1994–2008, s propady v letech 2002–2003, 2005–2007 a 2008–2011. Na začátku těchto období docházelo v této lokalitě k disturbancím způsobeným vichřicí a následnou gradací lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), avšak rozsah těchto disturbancí nebyl až tak velký, některé pravděpodobně nezanechaly téměř žádné následky. Drobnější disturbance daly příležitost novým semenáčkům ze semenné banky, ale také uvolnění prostoru pro uchycení náletu. Díky těmto skutečnostem došlo k nárůstu početnosti zmlazení. Rozsáhlou disturbancí byl teprve orkán Kyrill, který zasáhl oblast Šumavy v roce 2007. Od této doby již k větším disturbancím nedocházelo a rychlost uchycování nových jedinců značně zpomalila až na téměř nulové hodnoty.

6.1 Období vzniku smrkového zmlazení

Jedním z hlavních cílů mé studie bylo přinést poznatky o původu smrkového zmlazení v oblasti Trojmezí a Březníku. Výsledky určování věku u jedinců zmlazení, kteří byli do studie zařazeni, poukazují na velké množství jedinců, k jejichž uchycení došlo v době před disturbancí v roce 2007 a přežili až do roku mého výzkumu, tedy do roku 2016. Tato skutečnost je v mé práci zobrazena grafem (Obr.3). Celkem byl věk určen u 3131 nalezených jedinců smrkového zmlazení, kteří přežili až do roku 2016. Z výsledků je patrná jasná převaha zmlazení vzniklého před disturbancí v roce 2007, kdy došlo dle zjištěných početností k uchycení celkem $10\,244 \text{ ha}^{-1}$ jedinců smrku ztepilého (*P. abies*). Tohoto zjištění dosahují ve svých studiích i jiní autoři. Studie Macek et al. (2017), která se zaměřuje na vznik zmlazení v Bavorském národním prahu mezi lety 1998–2010, udává počet zmlazení v roce 1998 kdy bylo na tamních TVP nalezeno 2552 jedinců smrku ztepilého (*P. abies*), avšak do roku 2010 přežilo pouze 316 jedinců, což je minimální množství v porovnání s mou studií na české straně Šumavy. Tento jev by dle mého názoru bylo možné přisoudit poloze ploch, které ke svému výzkumu Macek využil, jelikož tyto plochy se nacházejí na návětrné straně Šumavy, což v případě orkánu Kyrill v roce 2007 mělo pro tamní porost fatální následky a hlavním činitelem mortality zmlazení vzniklého v době před touto disturbancí, mohlo být mechanické poškození obnovy. Studie Bače et al. (2015) však udává příčinu úmrtí způsobenou vyvrácením přibližně u 10% stávajícího porostu. Zbýlých přibližně 90 % odumřelo v důsledku poškození a následným napadením lýkožroutem smrkovým (*I. typographus*). I autoři Fischer a Fischer ve své studii Fischer a Fischer (2012) poukazují na převahu zmlazení vzniklého před disturbancí. Jejich studie, ve stejné lokalitě jako Macek et al. (2017), je zaměřena především na disturbanci v roce 1988. Fischer a Fischer také potvrzují nebezpečí mechanického poškození stávajícího zmlazení v době disturbance. Stejně jako v mé studii potvrzují nárůst zmlazení smrku v prvních letech po disturbanci, což v mé práci dokazuje graf (Obr.3), znázorňující početnost jedinců smrku ztepilého (*P. abies*) ku roku uchycení. Tento nárůst v prvních až pěti letech po disturbanci je popsán i ve studii Jonášová a Prach (2004), která popisuje vznik a vývoj zmlazení na české straně Šumavy, na

trvalých výzkumných plochách v oblastech shodných s oblastmi využitými pro mou práci. Lze tedy konstatovat, že pro obnovu porostu po disturbanci v bezzásahových oblastech je velmi důležité zmlazení vzniklé v době před disturbancí, které odolá mechanickému a následnému biologickému poškození v průběhu disturbance, ale neméně důležité je zmlazení vzniklé ze semenné banky v půdě, nebo z čerstvě spadlých semen ze stromů přeživších disturbanci, v období krátce po disturbanci, které se, jak popisují Jonášová a Prach v Jonášová a Prach (2004), v bezzásahových oblastech vyvíjí pomaleji, avšak vzniklý autochtonní porost je díky pomalému růstu a množství živin, dodaných z tlejícího mrtvého dřeva, kvalitnější a schopný do jisté míry odolávat disturbančním činitelům. Studie Shatford et al. (2007), která je zaměřena na obnovu smíšeného jehličnatého porostu v Kalifornii a jihozápadním Oregonu, přináší poznatky o rychlosti zmlazení po disturbanci způsobené lesními požáry. V případě disturbance způsobené ohněm, je mortalita stávajícího porostu na zkusných plochách stoprocentní a tím pádem je možné získat data pouze o porostu nově vzniklém. V tomto případě přináší Shatford et al. (2007) poznatky o tom, že již v prvním roce po disturbanci dochází na výzkumných plochách k uchycování nových jedinců ze semen plodných stromů vyskytujících se až do vzdálenosti 400 m od výzkumných ploch. V porovnání s oblastí výzkumu v mé práci a se závěry prací jiných autorů z této oblasti, je patrné, že vznik porostu po disturbanci způsobené ohněm, má v období po disturbanci rychlý nástup a k uchycování nových jedinců dochází v delším časovém období po disturbanci. Zmlazení smrku vzniklé v období disturbance je ve výsledcích mé studie jen v zanedbatelné množství. Tuto skutečnost potvrzují i studie výše jmenovaných autorů. V případě studie Shatford et al. (2007) docházelo ke vzniku zmlazení během disturbance způsobené ohněm pravděpodobně ze semen, která vypadla ze šišek, k jejichž otevření došlo vlivem vysokých teplot.

6.2 Porovnání zmlazení smrku ztepilého (*P. abies*) s ostatními druhy dřevin

Smrkové zmlazení má dle výsledků mé práce jasnou převahu mezi všemi dřevinnými druhy. Ačkoli se na TVP objevují i jiné dřevinné druhy, především tedy pionýrské dřeviny, jejich výskyt byl zaznamenán jen v zanedbatelném množství a jedinou dřevinou, která má význam pro další výzkum, je jeřáb ptačí (*S. aucuparia*). Porovnání početností uchycených jedinců v období před, během a po disturbanci znázorňuje graf (Obr. 6), kde je jasně vidět převaha jedinců uchycených před disturbancí. V tomto srovnání však hrají významnou roli jedinci, kteří se na TVP vyskytovali ještě před započítáním výzkumných prací v dané lokalitě. Věk byl určen pouze u jedinců vzniklých v období výzkumu, tedy u 28 jedinců jeřábu, což je také příčinou velmi krátké časové osy, pouze v rozmezí osmi let, pro porovnání obou dřevin. Domnívám se, že právě z tohoto důvodu mohou být výsledky porovnávání věkové struktury a rychlosti zmlazení se smrkem ztepilým (*P. abies*) značně zkreslené malým množstvím dat, vstupujících do tohoto srovnání. V mé studii je toto porovnání vyobrazeno grafem (Obr. 5). Zmlazení jeřábu, u kterého bylo možné spolehlivě určit věk, pocházelo pouze z období po disturbanci. I s takto malým množstvím vstupních dat, prokazuje graf (Obr.5) zpoždění uchycení zmlazení jeřábu po disturbanci, oproti zmlazení smrku, u něhož je vyobrazen nástup ve velmi krátkém časovém úseku po disturbanci. Příčinu tohoto jevu je možné vidět v semenné bance, která tvoří zásoby smrkových semen čekajících na rozvolnění zápoje, což přináší větší množství světelného záření dopadajícího na půdu a iniciujícího, spolu s dostatkem vláhy, klíčení semen. Pro semena jeřábu je v podmínkách bezzásahové zóny uchycení obtížnější. Jonášová a Prach v Jonášová a Prach (2004) porovnávají podmínky pro uchycení jedinců smrku a jeřábu (jakožto pionýrské dřeviny) v bezzásahových oblastech s podmínkami v oblastech s probíhající těžební a vyklizovací činností. Jejich studie potvrzuje lepší podmínky pro zmlazení pionýrských dřevin v oblastech, kde vlivem pohybu mechanizace a těžebních prací dochází k narušení půdy a vyklizení ležících kmenů, což dává pionýrským dřevinám volný prostor pro rychlejší vzklíčení semen. Jonášová a Prach však také poukazují na skutečnost postupného úpadku pionýrských dřevin s nástupem smrkového zmlazení, kdy vznik nového zmlazení jeřábu přisuzují pouze poddisturbanční době.

6.3 Vliv mikrostanoviště na vznik smrkového zmlazení

Má studie prokazuje přínos konkrétních mikrostanovišť k uchycení zmlazení a tím i k obnově porostu. Získané výsledky vykazují jako nejproduktivnější mikrostanoviště mrtvé dřevo, tedy ležící tlející kmen. Graf (Obr. 7) vyjadřuje převahu zmlazení uchyceného na mrtvém dřevě v době před disturbancí v roce 2007. Z celkového počtu 3131 nalezených jedinců zmlazení smrku ztepilého (*P. abies*) na všech TVP, se právě 1163 jedinců uchýtilo na mikrostanovišti mrtvé dřevo. K maximálnímu zmlazení na mrtvém dřevě došlo v roce 2005. Rok 2005 byl pravděpodobně semenným rokem, což potvrzuje i graf (Obr. 3), jelikož k uchycení semen na mrtvém dřevě nemůže logicky dojít ze semen semenné banky. Jedinci nalezení na tlejícím mrtvém dřevě dosahovali věku až 24 let. Mrtvé dřevo představuje pro zmlazení na živiny velmi bohaté stanoviště. Jonášová a Prach ve své studii Jonášová a Prach (2004) však hodnotí mikrostanoviště mrtvé dřevo jako mikrostanoviště, které dosahuje nejvyšších hodnot pro zmlazení na plochách, kde došlo k lidskému zásahu, ale které nebyly zcela vyklizeny a na kterých se vyskytují pozůstatky těžby. Pro bezzásahové oblasti naopak označují jako nejproduktivnější mikrostanoviště smrkovou hrabanku. Z výsledků mé studie vychází smrková hrabanka jako druhé nejproduktivnější mikrostanoviště. Je pravděpodobné, že hrabanka není nejproduktivnějším mikrostanovištěm na vytěžených plochách z důvodu pohybu těžké techniky, která má destruktivní účinek na zmlazení. Tuto skutečnost potvrzuje také Michalová ve studii Michalová et al. (2017). Studie Michalová et al. (2017), zabývající se zmlazením v Tatranském národním parku po sérii větrných disturbancí, potvrzuje druhovou rozmanitost a bohatost na vyklizených plochách, ovšem s malým dřevinným zastoupením. Kvůli téměř absolutní absenci mechového patra a narušování hrabanky, se naskýtá prostor pro zmlazení především rostlinám bylinného patra a pionýrským dřevinám. Michalová et al. (2017) potvrzuje větší kvalitu smrkového zmlazení v bezzásahových oblastech s výskytem mrtvého dřeva. Mikrostanoviště mechorosty je co do bohatosti zmlazení podobně produktivní jako smrková hrabanka. Tento jev se vyskytuje hlavně v bezzásahových oblastech, jelikož jak již bylo řečeno, dle studie Michalová et al. (2017), v oblasti, kde probíhala těžba, vlivem mechanizace

mechové patro téměř chybí. Výsledky porovnávání mikrostanovišť v mé práci ukazují, že věková struktura zmlazení mezi mikrostanovišti se výrazně neliší.

7 Závěr

Má studie věkové struktury zmlazení smrku ztepilého (*P. abies*) po odumření horního stromového patra vlivem disturbance, způsobené orkánem Kyrill v roce 2007 v oblasti Trojmezí a Březníku v NP Šumava ukazuje, že většina jedinců smrku, kteří byli nalezeni na TVP v roce 2016, pochází z období před disturbancí. Tito jedinci pocházející z kvalitního mateřského porostu díky své odolnosti přečkali disturbance. V porovnání s jeřábem ptačím (*S. aucuparia*), je pro smrk v poddisturbanční době nejproduktivnější období prvních tří let po disturbanci, s maximem v prvním roce. U jeřábu je tento jev podobný, avšak se stoupající tendencí, kdy k maximálnímu počtu uchycených jedinců dochází až tři roky po disturbanci. Výsledky porovnávání mikrostanovišť v mé studii poukazují na přínos mrtvého dřeva a ostatních mikrostanovišť, ke vzniku smrkového zmlazení v lokalitě postižené disturbancí. Tato skutečnost, společně s množstvím jedinců, kteří nově vznikají na výzkumných plochách, ať už v době před, během nebo po disturbanci, může být přínosným faktem ve věčných spekulacích, zda ponechat obnovu porostu na přírodě ve formě bezzásahových oblastí, anebo do tohoto procesu zasáhnout, odumřelé stromy odstranit a následně pomocí umělé obnovy dát vzniku novému, méně odolnému porostu, jehož obnova není ekologicky, ani ekonomicky výhodnou. Horské smrkové lesy, jakožto předmět studií, nabízejí nespočet možností ke zjišťování nových poznatků, napomáhajících k pochopení způsobu vývoje nejen smrkových porostů, ale i pionýrských dřevin, bylin a dalších součástí flory i fauny. Ačkoli laické veřejnosti může zkoumání bezzásahových oblastí, které nepodléhají hospodářské činnosti a tím nepřinášejí zisk přijít jako zbytečné plýtvání časem i finančními prostředky, opak je pravdou a snaha vědců o pochopení tohoto na informace bohatého ekosystému, je velmi záslužnou činností, která přináší poznatky, jejichž účelná aplikace na hospodářské lesy dopomůže ke zkvalitnění porostů, zefektivnění hospodářské činnosti a v neposlední řadě ochraně proti škůdcům a disturbančním činitelům.

8 Literatura

- Bače R., Janda P. & Svoboda M., 2009: Effect of microsite and upper tree layer on natural regeneration in the mountain spruce forest stand Trojmezna (Šumava National Park). *Silva Gabreta*, 15(1): 67-84.
- Baier, R., Meyer, J., Göttlein, A., 2007: Regeneration niches of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) saplings in small canopy gaps in mixed mountain forests of the Bavarian Limestone Alps. *Eur. J. For. Res.* 126, 11–22.
- Bottero, A., Garbario, M., Long, J. N. et Motta. R., 2013: The interacting ecological effect of large-scale disturbances and salvage logging on montane spruce forest regeneration in the western European Alps. *Forest Ecology and Management* 292, s. 19-28.
- Brůna, J., J. Wild, M. Svoboda, M. Heurich, and J. Müllerová. 2013: Impacts and underlying factors of landscape-scale, historical disturbance of mountain forest identified using archival documents. *Forest Ecology and Management* 305: 294–306.
- Čada, V., Svoboda, M., Janda, P., 2013: Dendrochronological reconstruction of the disturbance history and past development of the mountain Norway spruce in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management* 295, 59–68.
- Čada, V., Svoboda, M., 2014: Dynamika horského smrkového lesa, disertační práce
- Eiberle K., Nigg H., 1987: Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. *Schweiz Z Forstwes* 183:747–785
- Fischer A., Lindner M., Abs C. & Lasch P., 2002: Vegetation dynamics in central European forests ecosystems (near – natural as well as managed) after storm events. *Folia Geobotanica* 37: 17-32.
- Fischer, A. et Fischer, H. S., 2012: Individual-based analysis of tree establishment and forest stand development within 25 years after wind throw. *European Journal of Forest Research* 131. 2, s. 493-501.
- Fraver, S., Jonsson, B. G., Jönsson, M. et Esseen, P. A., 2008: Demographics and disturbance history of a boreal old-growth *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science* 19. 6, s. 789-798.
- Hanssen, K. H., 2003: Natural regeneration of *Picea abies* on small clear-cuts in SE Norway. *Forest Ecology and Management* 180. 1-3, s. 199-213.

- Heurich, M., 2009: Progress of forest regeneration after a large-scale *Ips typographus* outbreak in the subalpine *Picea abies* forests of the Bavarian Forest National Park. *Silva Gabreta* 15, 49–66.
- Husová, M., Jirásek, J., Moravec, J., 2002: Přehled vegetace České republiky. Svazek 3, Jehličnaté lesy = Vegetation survey of the Czech Republic. Volume 3, Coniferous forests / Jaroslav Moravec (red.); zpracovali Miroslava Husová, Jaroslav Jirásek a Jaroslav Moravec. Academia, Praha, 2002. ISBN 8020009515.
- Jonášová M., 2004: Zmlazení dřevin v horských smrčínách odumřelých po napadení lýkožroutem smrkovým [Central-European mountain spruce forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak]. In: Aktuality šumavského výzkumu II, Dvořák L. & Šustr P. (eds) Srní, 4–7 October 2004, Správa NP a CHKO Šumava: 265–269 (in Czech).
- Jonášová, M., Prach, K., 2004: Central-European mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering*, 23: 15–27.
- Jonášová, M., Prach, K., 2008: The influence of bark beetles outbreak vs. salvage logging on ground layer vegetation in Central European mountain spruce forests. *Biol. Conserv.* 141, 1525–1535.
- Jonášová, M., Vávrová, E., Cudlín, P., 2010: Western Carpathian mountain spruce forest after a windthrow: natural regeneration in cleared and uncleared areas. *For. Ecol. Manage.* 259, 1127–1134
- Jonášová M., 2013: Přírodní disturbance – klíčový faktor obnovy horských smrčín. *Ťiva* 5: 216-219.
- Kopáček, J., Kaňa, J., Šantrůčková, H., Porcal, P., Hejzlar, J., Píček, T., Veselý, J., 2002: Physical, chemical, and biochemical properties of soils in watersheds of the Bohemian Forest lakes: I. Plešné Lake. *Silva Gabreta*, 8: 43–66.
- Korpel, Š., Peňáz, J., Tesař, V., Saniga, M., 1991: Pestovanie lesa. - Příroda, Bratislava: 475 p.
- Kramer, K., Brang, P., Bachogen, H., Bugmann, H. et Wohlgemuth, T., 2014: Site factors and more important than salvage logging for tree regeneration after wind disturbance in Central European forests. *Forest Ecology and Management* 331, s. 116-128.
- Křenová Z., 2008: Horské smrčiny. Ochrana přírody, online: <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/fotografie-z-obalky/horske-smrciny/>
- Křístek, J., Urban, J., 2004: Lesnická entomologie. 1. vydání. Academia, Praha, 445 s. ISBN 80-200-1052-1.

- Kulakowski, D., Bebi, P., 2004: Range of variability of unmanaged subalpine forests. *Forum für Wissen* 2004, 47–54.
- Kupferschmid, A. D., Bugmann, H., 2005: Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. *Forest Ecology and Management* 205:251–265.
- Kuuluvainen, T., Juntunen, P., 1998: Seedling establishment in relation to microhabitat variation in a windthrow gap in a boreal *Pinus sylvestris* forest. *Journal of Vegetation Science* 9:551–562.
- Kuuluvainen, T., 2002: Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia. *Silva Fenn.* 36, 97–125.
- Macek, M, Wild, J., Kopecký, M. et al. 2017: Life and death of *Picea abies* after bark-beetle outbreak: ecological processes driving seedling recruitment. *Ecological Applications*. *Ecological Society of America Life*, 2017, 27(1), 156-167. ISSN 19395582
- Míchal I., 1992: *Obnova ekologické stability lesů*. Praha: Academia, 169.
- Michalová, Z., Morrissey, R. C., Wohlgemuth, T., Bače, R., Fleischer, P. et Svoboda, M., 2017: Salvage-Logging after Windstorm Leads to Structural and Functional Homogenization of Understory Layer and Delayed Spruce Tree Recovery in Tatra Mts., Slovakia. *Forests* 8. 3, s. 88.
- Musil, I., Hamerník, J., 2007: *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin*. Praha, Academia, 2007. ISBN 9788020015679.
- Nováková, M. H., Edwards-Jonášová, M., 2015: Restoration of central-European mountain Norway spruce forest 15 years after natural and anthropogenic disturbance. *Forest Ecology and Management* 344:120–130.
- Økland, B., Nikolov, Ch., Krokene, P., Vakula, J., 2016: Transition from windfall-to patch-driven outbreak dynamics of the spruce bark beetle *Ips typographus*. *Forest Ecology and Management* [online]. 2016, 363, 63-73 [cit. 2019-04-07]. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.12.007. ISSN 03781127.
- POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ. *Pěstování lesů. II., Teoretická východiska pěstování lesů / Zdeněk Poleno, Stanislav Vacek a kolektiv; spoluautoři Vilém Podrázský ... [et al.]*. 2007. ISBN 9788070846568.
- Rammig, A., P. Bebi, H. Bugmann, and L. Fahse. 2007: Adapting a growth equation to model tree regeneration in mountain forests. *European Journal of Forest Research* 126:49–57.

- Shatford, J. P. A., Hibbs, D. E. et Puettmann, K. J., 2007: Conifer regeneration after forest fire in the Klamath-Siskiyou: how much, how soon? *Journal of Forestry* 105. 3, s. 139-146.
- Schweiger, J., Sterba, H., 1997: A model describing natural regeneration recruitment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Austria. *Forest Ecology and Management* 97:107–118.
- Streit K., Wunder J. & Brang P., 2009: Slit-shaped gaps are a successful silvicultural technique to promote *Picea abies* regeneration in mountain forests of the Swiss Alps. *Forest Ecology and Management*, 257: 1902–1909.
- Svoboda P., 1952: *Život lesa*. Praha: Brázda, nakladatelství jednotného svazu českých zemědělců, 894.
- Svoboda M., Zenáhlíková J., 2009: Současný stav a historický vývoj lesních porostů v druhé zóně NP Šumava kolem „Kalamitní svážnice v oblasti Trojmezné. *Příroda*, 28: 71-122.
- Svoboda, M., Fraver, S., Janda, P., Bače, R., Zenáhlíková, J., 2010: Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. *For. Ecol. Manag.* 260, 707–714.
- Svoboda, M., P. Janda, T. A. Nagel, S. Fraver, J. Rejzek, and R. Bače. 2012: Disturbance history of an old- growth sub- alpine *Picea abies* stand in the Bohemian Forest, Czech Republic. *Journal of Vegetation Science* 23:86–97.
- Štícha, V., Matějka, K., Bílek, L., Malík, K. et Vacek, S., 2013: Norway Spruce forest recovery following bark-beetle outbreak, the Šumava National Park, Czech Republic. *Zprávy lesnického výzkumu* 58, s. 131-137.
- Ulbrichová I., Remeš J. & Štícha V., 2008: Vyhodnocení přirozené obnovy smrku NP Šumava. *Management biodiverzity v Krkonoších a na Šumavě*, 1-8.
- Ulbrichová, I., Remeš, J., Štícha V., (2009): Vyhodnocení přirozené obnovy smrku NP Šumava
- Van Lierop, P., Lundquist, E., Sathyapala, S., Franceschini, G., 2015: Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. *Forest Ecology and Management* [online]. 2015, 352, 78-88 [cit. 2019-04-07]. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.06.010. ISSN 03781127.
- Wild, J., Neuhäuslová, Z., Sofron, J., 2004: Changes of plant species composition in the Šumava spruce forests, SW Bohemia, since the 1970s. *For. Ecol. Manage.* 187, 117–132.

- Winter, M.-B., Ammer, C., Baier, R., Donato, D.C., Seibold, S., Müller, J., 2015: Multi-taxon alpha diversity following bark beetle disturbance: evaluating multi-decade persistence of a diverse early-seral phase. *For. Ecol. Manage.* 338, 32–45.
- Wohlgemuth T., Kull P. & Wüthrich H., 2002: Disturbance of microsites and early tree regeneration after catastrophic windthrow Vivian 1990 in Swiss mountain forests. *Forest Snow and Landscape Research*, 77: 17–47.
- Zenahlíková J., 2012: Přirozený vývoj horských lesů po rozsáhlých disturbancích [The natural development of mountain forests after large disturbances], Dissertation, Praha: Česká zemědělská univerzita, 124.
- Zeppenfeld, T., M. Svoboda, R. J. DeRose, M. Heurich, J. Müller, P. Čížková, M. Starý, R. Bače, and D. C. Donato. 2015: Response of mountain *Picea abies* forests to stand-replacing bark beetle outbreaks: neighbourhood effects lead to self-replacement. *Journal of Applied Ecology* 52:1402–1411.