



Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie

**Výzkum aktuálního rozšíření napadení smrku ztepilého kloubnatkou
smrkovou (*Gemmamyces piceae*) s využitím soustavy účelově založených
pokusných ploch v Jizerských horách**

Bakalářská práce

Autor: Vojtěch Čtvrtečka

Vedoucí práce: doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Čtvrtečka

Lesnictví

Název práce

Výzkum aktuálního rozšíření napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou (*Gemmamyces piceae*) s využitím soustavy účelově založených pokusných ploch v Jizerských horách

Název anglicky

Study of the current expansion of Cucurbitaria Bud Blight (*Gemmamyces piceae*) on Norway spruce by using a series of target experimental plots in the Jizera Mountains

Cíle práce

Zhodnotit aktuální rozšíření houby *Gemmamyces piceae* (kloubnatka smrková) ve vybraných porostech smrku ztepilého. Porovnat vliv faktorů prostředí na stupeň napadení smrků tímto patogenem.

Metodika

Ve vybraných porostech smrku ztepilého v Jizerských horách na území Lesů České republiky, s. p. budou založené trvalé výzkumné plochy. Na plochách bude označeno minimálně 50 životaschopných jedinců smrku ztepilého. Na každém označeném stromě bude zhodnocená míra napadení stromů kloubnatkou smrkovou. K vyjádření stupně napadení budou použité předem zvolené kategorie (0 – 4) podle počtu napadených pupenů v koruně stromů. Rovněž bude stanovena míra defoliace dle manuálu ICP Forest. Dále bude zaznamenáno postavení hodnoceného stromu v porostu – okraj/porostní nitro. Na základě získaných dat bude provedena analýza vlivu faktorů prostředí na míru napadení smrků patogenem na trvalých plochách.

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

kloubnatka smrková, *Gemmamyces piceae*, *Picea abies*, Jizerské hory, houbový patogen, defoliace

Doporučené zdroje informací

- Balcar V., Vacek S., Henžlík V. 1994. Dynamika poškození lesních porostů v horských oblastech. Stav horských lesů Sudet v České republice. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 73–91.
- Butin H. 1995. Tree diseases and disorders. Oxford University Press, Oxford: 232.
- Černý K., Pešková V., Soukup F., Havrdová L., Strnadová V., Zahradník D., Hrabětová M. 2016. *Gemmamyces* bud blight of *Picea pungens*: a sudden disease outbreak in Central Europe. *Plant Pathology*, 65 (8): 1267-1278.
- Modlinger R., Pešková V. 2017. Aktuální výskyt vybraných škodlivých činitelů v porostech náhradních dřevin v Krušných horách. In: Knížek M. (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2016/2017 – Pratická ochrana lesa v současných podmínkách. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 19. 4. 2017. Zpravodaj ochrany lesa: 60-61.
- Pešková V., Modlinger R. 2015. Stav napadení smrku pichlavého a ztepilého kloubnatkou smrkovou. *Lesnická práce*, 94(3): 48–49.
- Soukup F., Pešková V. 2009. *Gemmamyces piceae* (Borthw.) Casagr. kloubnatka smrková. *Lesnická práce*, 88 (12), Příloha: 1-4.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 6. 2. 2019

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2019

"Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na **téma Výzkum aktuálního rozšíření napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou (*Gemmamyces piceae*) s využitím soustavy účelově založených pokusných ploch v Jizerských horách** vypracoval samostatně pod vedením **doc. Ing. Vítězslavy Peškové, 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 Praze dne 20.4.2019

Vojtěch Čtvrtečka

Poděkování

Velmi rád bych tímto poděkoval doc. Ing. Vítězslavě Peškové, Ph.D. za odborné rady, vstřícný přístup a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Dále bych pak také rád poděkoval RNDr. Adamu Vélemu za odbornou pomoc při práci v terénu. Mé poděkování patří také LČR, s. p. za umožnění založení trvale výzkumných ploch na jejich pozemcích a zejména lesní správě Frýdlant za pomoc při výběru ploch.

Abstrakt

V Krušných horách se od počátku nového tisíciletí nápadně rozšiřuje houbový patogen kloubnatka smrková (*Gemmamyces piceae*), která byla zpočátku zjištěna v porostech náhradních dřevin tvořených severoamerickým smrkem pichlavým. V posledních letech se s jejím výskytem stále častěji setkáváme i na našem autochtonním smrku ztepilém. Hlavní nebezpečí pro napadené porosty spočívá v nedostatečné obnově jehlic. Postupně se ročník jehlic snižuje, nové jehlice nepřirůstají a staré opadávají a tím dochází k redukci korun. V roce 2011 byla kloubnatka smrková zjištěna též v Jizerských horách na smrku pichlavém. Toto zjištění bylo hlavním podnětem pro bližší prozkoumání současné situace. V roce 2018 bylo v revírech Paličnick a Smědava na lesní správě Frýdlant založeno 13 trvalých výzkumných ploch tvořených z porostů smrku ztepilého. Plochy převážně ve věkové kategorii 31-60 let, nacházející se v rozmezí 6. a 8. lesním vegetačním stupni a zároveň na stanovištích ovlivněných a neovlivněných vodou byly zakládány ve čtvercovém nebo obdelníkovém tvaru s 50 vyznačenými životaschopnými jedinci. Celkem bylo zhodnoceno 664 stromů, z čehož 161 stromů bylo infikovaných kloubnatkou. Horší situace byla zjištěna na revíru Smědava. Výsledky potvrdily výskyt a nenápadné šíření kloubnatky smrkové na smrku ztepilém v Jizerských horách.

Klíčová slova: *Gemmamyces piceae*, *Picea abies*, Jizerské hory, houbový patogen, defoliace, zdravotní stav

Abstract

A fungal pathogen gemmamyces bud blight (*Gemmamyces piceae*) causes insufficient needle renewal, defoliation and treetops reduction in consequence. From the new millennium is this pathogen remarkably spread in the Krušné hory Mts. A first its occurrence was noted on substitutive blue spruce, but in few last years was also recognized on indigenous norway spruce. Because this pathogen was found on blue spruce also in Jizerské hory Mts., the thirteen plots in norway spruce stands were set up in forest districts Paličník and Smědava in 2018 year with aim of long-term monitoring of this pathogen. The plots were based on habitats located among 6th up to 8th forest vegetation degrees, containing 50 viable trees with age of 31-60 years, affected/unaffected by water. It was found that from the total amount of 664 evaluated trees was 161 trees attacked by gemmamyces bud blight. Results of this study confirm the occurrence of this pathogen on norway spruce in Jizerské hory Mts.

Key words: *Gemmamyces piceae*, *Picea abies*, Jizerské hory Mts., fungal pathogen, defoliation, health issue

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 9 |
| 1.1 | Cíl práce | 10 |
| 2 | Rozbor problematiky | 10 |
| 2.1 | Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>) | 10 |
| 2.2 | Jizerské hory..... | 11 |
| | Klimatické podmínky..... | 12 |
| | Geologie | 12 |
| | Druhové zastoupení dřevin..... | 12 |
| | Typy půd | 13 |
| 2.3 | Imisní škody | 13 |
| 2.3.1 | Vliv imisních škod v Jizerských horách | 14 |
| 2.3.2 | Stav síry..... | 15 |
| 2.3.3 | Stav dusíku | 17 |
| 2.4 | Výskyt a rozšíření houby <i>Gemmamyces piceae</i> (kloubnatka smrková) . | 18 |
| 2.4.1 | Biologie houby <i>Gemmamyces piceae</i> | 19 |
| 2.4.2 | Rozšíření patogenu <i>Gemmamyces piceae</i> na smrku ztepilém..... | 21 |
| 3 | Metodika | 22 |
| 3.1 | Zakládání a hodnocení trvalých výzkumných ploch | 22 |
| 3.2 | Charakteristika trvalých výzkumných ploch..... | 24 |
| 3.3 | Popis trvale výzkumných ploch (Paličnick a Smědava)..... | 26 |
| 4 | Výsledky | 30 |
| 5 | Diskuze..... | 37 |
| 6 | Závěr | 39 |
| 7 | Použité zdroje a literatura..... | 41 |
| 8 | Seznam obrázků a tabulek..... | 45 |

1 Úvod

Od počátku nového tisíciletí se stále častěji setkáváme s problémy PND¹ v horských oblastech. Jako jeden z významných škodlivých činitelů se v posledních letech ukazuje v oblasti Krušných hor houbový patogen kloubnatka smrková (*Gemmamyces piceae*), který po roce 2009 začal působit významné odumírání PND smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.) a omezil tak jeho delší využití v PLO1². Jedná se o vážného houbového patogena, který napadá především severoamerické smrky, jako jsou smrk pichlavý, smrk sivý (*Picea glauca* Moench. Voss) či smrk omorika (*Picea omorika* Pančić Purk.).

Soustavný výzkum kloubnatky smrkové v Česku byl zahájen v roce 2009, kdy začalo být registrováno silné napadení náhradních porostů smrku pichlavého jak v Krušných horách (PEŠKOVÁ et SOUKUP, 2009), tak i na území Jizerských hor (VÚLHM³, 2012). V průběhu let 2009 – 2015 byly ve spolupráci s VÚLHM a LČR, s. p.⁴ založeny výzkumné plochy, na kterých byl každoročně hodnocen stupeň napadení smrku pichlavého kloubnatkou smrkovou. V PLO1 se kromě nepůvodního smrku pichlavého patogen aktuálně rozšiřuje i na autochtonním smrku ztepilém (*Picea abies* L. H. Karst) (PEŠKOVÁ et al., 2016). Patogen, který se vyskytuje většinou na lokalitách s vysokou vzdušnou vlhkostí a vyššími srážkami (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009), výrazně komplikuje a zpomaluje obnovu převážně původních smrkových porostů v oblasti Krušných hor (ČERNÝ et al., 2016).

Další škodliví činitelé jsou hlodavci a zvěř, kde u hlodavců bylo v roce 2017 na území České republiky evidováno 360 ha napadených porostů, tudíž došlo k výraznému snížení oproti předchozím létům (2015 – 1200 ha) a (2016 – 1120 ha). Největší poškození hlodavci u kultur a mlazin bylo zaznamenáno v oblasti Krušných hor. Zvěř působí značné problémy okusem pupenů nejen u umělé obnovy, ale také u přirozené obnovy listnatých a jehličnatých dřevin. Hlavní důvod poškození zvěří je mnohonásobné překročení tzv. normovaných stavů spárkaté zvěře (LORENC et al., 2018). Problémy s biotickými škůdci se vyskytují

¹ Porosty náhradních dřevin

² Přírodní lesní oblast

³ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

⁴ Lesy České republiky, s. p.

také v Jizerských horách, kde byly zaznamenány škody způsobené hlodavci zejména u odrůstajících kultur (BALCAR et al., 2013).

Během hmyzích a větrných kalamit v Jizerských horách v počátcích 20. století byly kalamitní plochy ve většině případů znovu zalesněny smrkem ztepilým, který byl v průběhu druhé poloviny minulého století zasažen velkou imisní kalamitou, která zapříčinila velkoplošné odumírání porostů (PELC, 1999). Vzhledem k této kalamitě byla odtěžena téměř celá náhorní plošina Jizerských hor. Na rekonstrukci porostů byl použit severoamerický druh smrk pichlavý (AOPK ČR⁵, 2019), který aktuálně zaujímá na ploše Jizerských hor přibližně 15 % z celkového druhového zastoupení dřevin (SLODIČÁK et al., 2009).

1.1 Cíl práce

Cílem předkládané práce je zhodnocení aktuálního rozšíření kloubnatky smrkové ve vybraných porostech smrku ztepilého v Jizerských horách. Dílčím cílem je i porovnání vlivu faktorů prostředí na míru napadení smrků patogenem.

Jedná se o aktuální téma, protože napadení smrku pichlavého tímto patogenem je registrováno již od roku 2009 v Krušných horách, kde v současné době probíhá rozsáhlé šetření i na smrku ztepilém.

V oblasti Jizerských hor byl patogen poprvé nalezen v roce 2010 na souvislé ploše smrku pichlavého u Kristiánova. V roce 2017 byl patogen také evidován na několika jedincích smrku ztepilého v okolí Smědavy. Především tyto informace byly podnětem k založení 13 výzkumných ploch, na kterých byl sledován rozsah napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou.

2 Rozbor problematiky

2.1 Smrk ztepilý (*Picea abies*)

Smrk je jedna z nejvýznamnějších dřevin boreálních lesů. Rod *Picea* A. Dietr. se dělí podle různých šišek a jehlic do 2 podrodů a 4 sekcí (SCHMIDT, 1991). Na celém světě se rozlišuje přibližně 40 druhů, ale v Evropě jsou autochtonní pouze 3 druhy. V České republice je autochtonní pouze jeden z nich, a to smrk ztepilý

⁵ Agentura ochrany a krajiny České republiky

(MUSIL, 2003). Jeho současné zastoupení v ČR je 50,3 % (ZELENÁ ZPRÁVA, 2017), avšak přirozeně by mělo být mnohem nižší (11 %) (MUSIL, 2003).

Dřevina má relativně velké nároky na půdní a vzdušnou vlhkost, považuje se za polostinnou až světlomilnou, avšak v mladším věku středně tolerantní k zástínu. Přirozená společenstva smrku ztepilého rostou na mírně čerstvých, čerstvých až podmáčených půdách, často se vyskytují také na rašeliništích, vrchovištích a balvanitých sutích (JIRÁSEK, 1996). Vzhled stromu je typický díky své kuželovité koruně, která dokáže být velmi variabilní díky abiotickým vlivům. Kmen je štíhlý, válcovitého tvaru s často silně vyvinutými kořenovými náběhy. V mladším věku je kůra hnědá a hladká, avšak v pozdějších letech se mění v šupinovitou hrubou borku šedé barvy. Smrk má plochý kořenový systém, díky němuž se stává velmi náchylný k bořivým větrům. Kvetení probíhá v dubnu až červnu, šišky dozrávají na podzim prvního roku. Po otevření a vypadání okřídlených semen opadávají celé. Smrk ztepilý je současně jedna z hospodářsky nejdůležitějších dřevin ve střední a severní Evropě. Často je pěstovaná i mimo svůj přirozený areál výskytu díky velkému upotřebení. Používá se především ve stavebním a truhlářském průmyslu. Méně cenná smrková vláknina se velmi často využívá v papírenském průmyslu. Ve vzácných případech, kdy má strom husté a rovnoměrné letokruhy, jde o tzv. rezonanční výřezy, které jsou velmi cenné (MUSIL, 2003).

2.2 Jizerské hory

Jizerské hory patří do geomorfologického celku krkonoško-jizerského krystalinika, které zahrnuje Jizerskou planinu a Jizerské hřbety protažené na jihovýchod. Mezi nejvyšší vrcholy hor patří Smrk (1 124 m n. m.), Jizera (1 123 m n. m.), Smědava (1 075 m n. m.) a Černá hora (1 084 m n. m.). Nejnižším bodem je oblast Kančí vrch, která se nachází v nadmořské výšce 390 – 660 m. Kvůli nedostatečnému odtoku vody z náhorních planin se zde začaly tvořit rašeliniště, která jsou důležitým zdrojem pro mnoho vodních zdrojů. Jizerské hory mají velký vodohospodářský význam kvůli četným údolním přehradám, které slouží jako zdroj pitné vody pro blízké okolí. Patří sem přehrady Bedřichovská na Černé Nise a Souš na Černé Desné (SLODIČÁK et al., 2009).

Klimatické podmínky

Jizerské hory patří k mírně chladným a na srážky k nejbohatším oblastem České republiky. Díky členitému charakteru jsou zde lokality v nadmořských výškách od 350 do 1124 m n. m., a proto jsou zde značné diference v klimatických podmínkách. Roční průměr srážek se pohybuje od 800 mm v nejnižších polohách do 1 700 mm v horských polohách, průměrné roční teploty se pohybují od 4 °C do 7,5 °C. Jizerské hory se tím řadí dle Langova dešťového faktoru k územím s klimatem perhumidním (SLODIČÁK et al., 2009).

Geologie

Typická hornina pro Jizerské hory je žula až granodiorit. Na náhorní plošině se vyskytují také drobné žíly žulových porfyrů. Vznik probíhal ve čtvrtohorách vyjma vysokého kuželovitého kopce Bukovec (1 005 m n. m.) na Jizerce, který je jediným neovulkanickým útvarem v krkonošsko-jizerském masívu. Celková výměra Jizerských hor je 10 743 ha, z čehož cca 84 % tvoří lesní porosty (9 001 ha) (SLODIČÁK et al., 2009).

Druhové zastoupení dřevin

Druhová skladba zájmového území se začala měnit až větším působením člověka na začátku 14. století, kdy začínalo být území osídlováno. Nejvýznamnější změny však proběhly až v 16. – 19. století, kdy se začínal rozmáhat sklářský a hutnický průmysl. Začátkem 19. století začínaly holosečné těžby jedlobukových lesů, které byly nahrazovány především smrkovými monokulturami (AOPK ČR, 2019). V současné době je složení dřevin výrazné a pestré, avšak stále dominuje smrk ztepilý (7 917 ha, 74 %) a smrk pichlavý (1 640 ha, 15 %). Významný podíl zde má i kosodřevina (*Pinus mugo* Turra) (379 ha, 3,5 %) a buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) (330 ha, 3,1 %). Nachází se zde mimo jiné dřeviny jako je modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.), bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth) a jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.) (celkem 100 ha, 1 %), ale jedná se většinou pouze o jednotlivou nebo skupinovou příměs ke smrku ztepilému či pichlavému. Z hlediska věkové struktury je zde nejvíce zastoupen 1. až 4. věkový stupeň porostů. Jizerské hory mají velké zastoupení LVS⁶, které začínají jen okrajově 3. dubobukovým a 4. bukovým stupněm s výměrou menší než 1 %. LVS jedlobukový zaujímá 5 %, dále

⁶ Lesní vegetační stupeň

6. smrkobukový a 7. bukosmrkový stupeň mají větší zastoupení, tj. 22 a 26 %. Největší zastoupení zaujímá 8. LVS smrkový s 45 % (SLODIČÁK et al., 2009).

Typy půd

Nejvíce je zde zastoupena kyselá řada 48 %, živná řada se zde vyskytuje pouze v kategorii S (16 %). Typická řadou pro Jizerské hory jsou extrémní a podmáčené (rašelinné) řady, jejichž výraznější zastoupení se podílí na vytváření významných hospodářských souborů. Typický půdní typ pro tuto oblast je kryptopodzol (38 %) a podzol (33 %). Častá (10 %) je zde také organozem a glej. Nejméně časté jsou zde kambizemě (5 %) a rankery (3 %) (SLODIČÁK et al., 2009).

2.3 Imisní škody

První škody lesních porostů způsobené imisemi byly zjištěny v 50. až 60. letech (SLODIČÁK et al., 2009). Mezi hlavní a rozhodující příčiny těchto škod řadíme škodlivé látky v ovzduší a půdě, které se tam dostávají imisemi z tepelných elektráren, průmyslových závodů a z dopravních prostředků.

Vyhláška MZe č. 78/1996 Sb. Zařazuje zdravotně poškozené porosty do pásem ohrožení imisemi následujícím způsobem:

- a) Pásmo ohrožení A – Do tohoto pásma se zařadí lesní pozemky s porosty s výrazným imisním zatížením, kde se poškození dospělého smrkového porostu zvýší průměrně o 1 stupeň během pěti let,
- b) Pásmo ohrožení B – Do tohoto pásma se zařadí lesní pozemky s porosty s výrazným imisním zatížením, kde se poškození dospělého smrkového porostu zvýší průměrně o 1 stupeň během 6 až 10 let,
- c) Pásmo ohrožení C – Do tohoto pásma se zařadí lesní pozemky s porosty s výrazným imisním zatížením, kde se poškození dospělého smrkového porostu zvýší průměrně o 1 stupeň během 11 až 15 let,
- d) Pásmo ohrožení D – Do tohoto pásma se zařadí lesní pozemky s porosty s nižším imisním zatížením, kde se poškození dospělého smrkového porostu zvýší průměrně o 1 stupeň během 16 až 20 let. Do tohoto pásma se zahrnují i takové lesní pozemky s porosty, kde je vliv imisí patrný, ale

dynamiku zhoršování zdravotního stavu lesních porostů zatím nelze přesně definovat.

Jak již bylo zmíněno, jednou z hlavních příčin zhoršeného zdravotního stavu lesů v České republice byly imise, zejména oxid siřičitý (SO₂). Jeho vlivem došlo k poškození především struktury a funkce asimilačních orgánů stromů, zejména kutikulární vrstvy jehličí, kdy došlo k umrtvení regulační funkce průduchů (POLENO et al., 2007).

V průběhu osmdesátých let dosahovaly jeho průměrné roční koncentrace v oblasti Jizerských hor 60–80 µg·m⁻³ vzduchu. Při inverzi počasí bylo dosaženo krátkodobé koncentrace SO₂ i více než 2200 µg·m⁻³ [VACEK et al., (2003) in SLODIČÁK et al., 2009]. V průběhu devadesátých let minulého století poklesla jeho produkce o 90 %, což vedlo k významnému snížení imisní zátěže. Podle HRUŠKY et al., (2004) došlo k snížení emisí síry z 2,27 mil. na 0,27 mil. tun v letech 1985 až 1999.

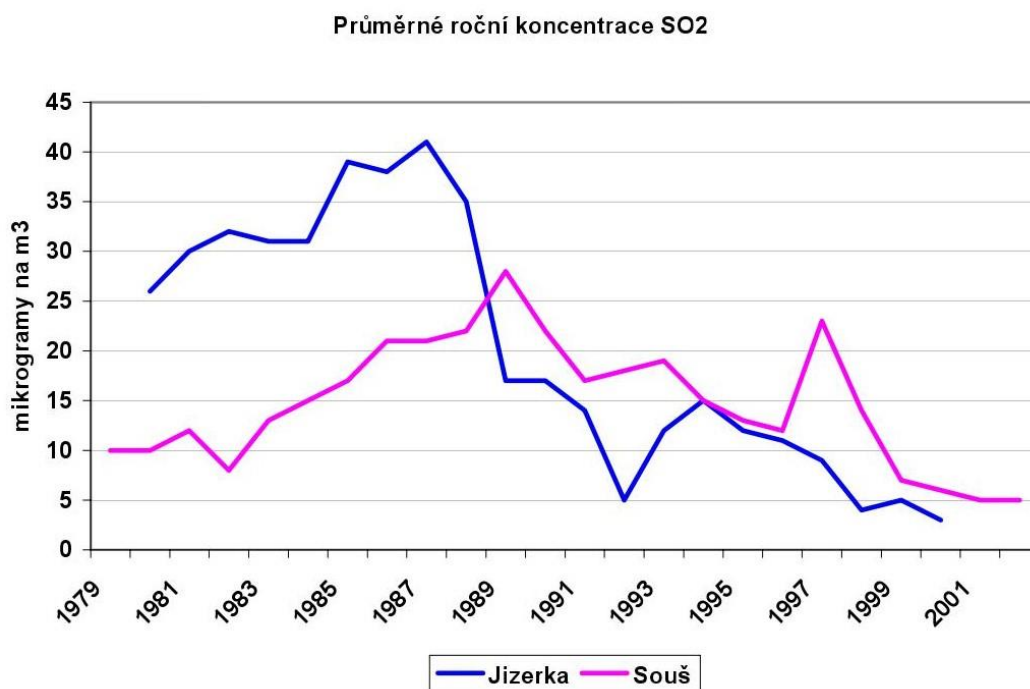
Jsou tu ale i další vlivy, které se podílejí na velkoplošném odumírání lesů jako například klimatické extrémny, patogenní organismy či zhoršování půdních vlastností, které jen účinky umocňují a mohou způsobovat celkové zhoršování zdravotního stavu lesů. V Německu chřadnutí lesů popsal ULRICH et al., [(1997) in SLODIČÁK et al., 2009], který zjistil, že působením depozic ze znečištěného ovzduší dochází ke zkyselování lesních půd a hromadění hliníkových iontů v půdě. Rovněž také dochází k rapidnímu úbytku důležitých bází pro lesní ekosystémy (POLENO, et al., 2007).

2.3.1 Vliv imisních škod v Jizerských horách

Negativní vliv imisní zátěže v lesních porostech Jizerských hor byl zjištěn na přelomu padesátých a šedesátých let minulého století. Velké tepelné elektrárny z okolí Žitavy na území Německa a Polska byly považovány jako hlavní důvod velké produkce emisí oxidu siřičitého. V průběhu dvou decenií stouplo množství emisí SO₂ více než 10 x (JIRGLE et al., 1983) a úměrné tomu bylo i poškozeny lesní porostů. V sedmdesátých a osmdesátých letech bylo poškozeno a následně vytěženo 12 000 ha (BALCAR, KACÁLEK, 1999). Pásmo ohrožení imisemi C (s předpokládanou dobou rozpadu porostů 20 let) bylo vylišeno na 24 %, pásmo

ohrožení B (s dobrou rozpadu do 40 let) na 62 % a pásmo hrožení A (s dobou rozpadu do 60 let) na 14 %.

Docházelo zde k velkému nárůstu koncentrací oxidu siřičitého v ovzduší, jeho kulminaci a výraznému poklesu pod kritickou hranici lesních porostů $20 \mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ (ČHMÚ, 2000).



Obrázek 1: Průměrná roční koncentrace SO₂ na stanicích Desná-Souš (ČHMÚ) a Jizerka (Zdroj: VÚLHM, 2004).

Poklesu oxidu siřičitého pomohlo zrušení a omezení provozu tepelných elektráren (SLODIČÁK et al., 2009). Prostředí je ale v Jizerských horách stále pod negativním vlivem znečištění i přes jejich výraznou redukci a následný pokles imisní zátěže. Podle měření ČHMÚ byla v lednu 2017 v lokalitě Frýdlant naměřena zátěž oxidu siřičitého $10,9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ a v prosinci pouze $2,6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (ČHMÚ, 2017).

2.3.2 Stav síry

Hlavní pozornost se v Jizerských horách věnovala z hlediska imisní zátěže při imisní kalamitě sirným sloučeninám. V polovině osmdesátých let byl oxid siřičitý měřen na 10 stanicích (BALCAR, 1992).

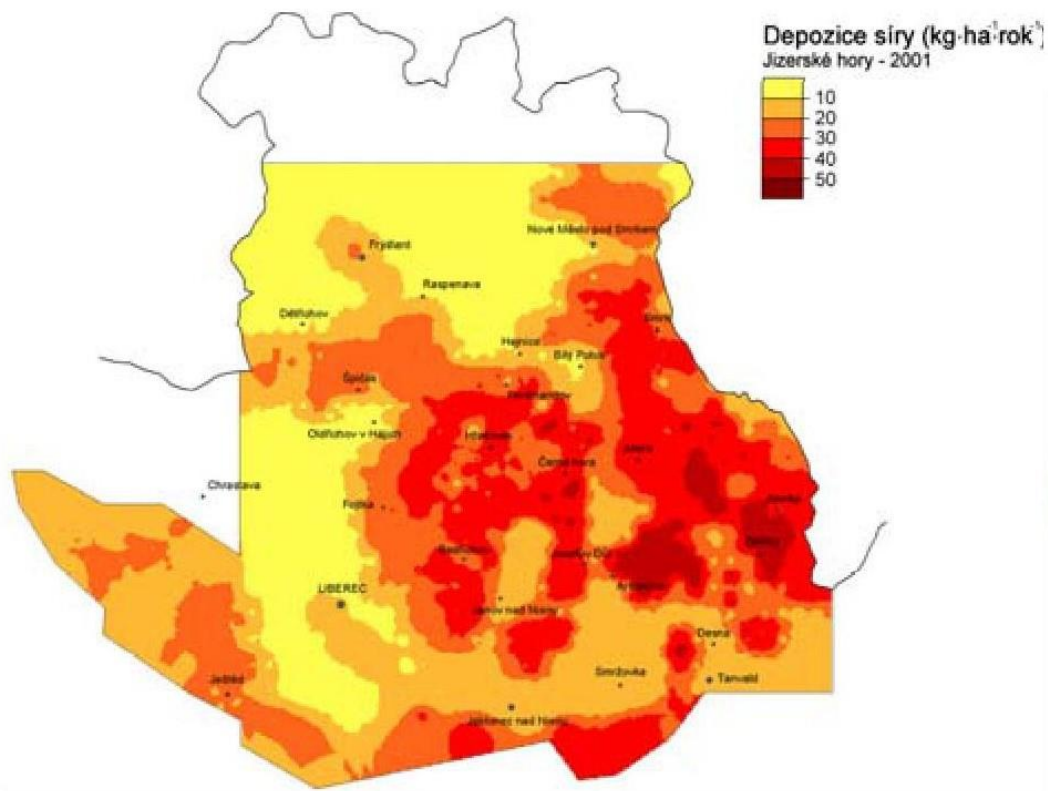
Z měření depozice sirných sloučenin od roku 1992 je vidět v polovině devadesátých let pokles imisní zátěže, ale od počátku 21. století došlo znovu k výraznému nárůstu (SLODIČÁK et al., 2009).

Tabulka 1: Průměrné měsíční depozice síry (mg m⁻²) měřené kontaktní sumační metodou na objektu VÚLHM Jizerka (Zdroj: Slodičák et al., 2009).

| Měsíc Rok | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Průměr |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 1992 | 0,11 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,06 | 0,09 | 0,09 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,10 |
| 1993 | 0,06 | 0,12 | 0,15 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,08 |
| 1994 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,04 | 0,09 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| 1995 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| 1996 | 0,08 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,05 |
| 1997 | 0,09 | 0,04 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,02 | 0,06 |
| 1998 | 0,04 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,05 |
| 1999 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,06 |
| 2000 | 0,07 | 0,06 | 0,09 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,09 | 0,13 | 0,09 | 0,07 |
| 2001 | 0,10 | 0,05 | 0,06 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,10 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,09 |
| 2002 | 0,11 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,15 | 0,15 | 0,17 | 0,14 | 0,11 | 0,14 | 0,11 |
| 2003 | 0,11 | 0,15 | 0,14 | 0,10 | 0,12 | 0,08 | 0,14 | 0,12 | 0,12 | 0,09 | 0,16 | 0,09 | 0,12 |
| 2004 | 0,05 | 0,02 | 0,11 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,14 | | | | |
| Průměr | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 |

Z důvodu poklesu imisní zátěže se snížila i koncentrace SO₂, v roce 2004 pak došlo ke zrušení sítě měřících stanic kromě stanice Desná-Souš, která funguje doposud (SLODIČÁK et al., 2009).

Roční depozice síry ve srážkách se pohybovaly mezi 15–51 kg S·ha⁻¹. Kritická hodnota depozice síry za rok se za daných podmínek podle AGRENA (1993) pohybuje kolem 8 kg, kdy lze považovat současný imisní stav zátěže za neúnosný a postupně vedoucí k degradaci půd (SLODIČÁK et al., 2009).



Obrázek 2: Prostorové rozložení potenciální podkorunové depozice síry smíšeného porostu v oblasti Jizerských hor v roce 2001 (Zdroj: Hadaš, 2004).

2.3.3 Stav dusíku

Koncentrace oxidu dusíku byly měřeny na stanici ČHMÚ Souš-Desná od počátku devadesátých let. V období 1994–2002 se průměrné roční koncentrace NO_x pohybovaly mezi 11 až 18 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ s klesající tendencí. Navíc v uvedeném období nebyla překročena limitní hodnota NO_x pro ochranu lesních ekosystémů (30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) (ČHMÚ, 2000).

kloubnatky smrkové, která tak byla přeřazena do nově vzniklého druhu *Gemmamyces piceae* (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009).

Přítomnost patogenu byla zjištěna v celé řadě Evropských zemí, např. v České republice, Dánsku, Finsku, Irsku, Itálii, Slovinsku, Švédsku, Švýcarsku a Rakousku (ČERNÝ et al., 2016). Mimo Evropu byla houba několikrát nalezena v horách Tianshan v Číně (YUAN et WANG, 1995).

V České republice byl houbový patogen poprvé objeven ve Slavkovském lese v roce 1909, ale s podobnými symptomy byl nalezen také později v roce 1917 (KÖCK, 1918). Podle spekulací (KÖCK, 1918) mohl být introdukovaný prostřednictvím nepůvodních dřevin přivezených z Německa a Nizozemska. V průběhu dvacátých let 20. století byl patogen v ČR znovu několikrát nalezen (TUBEUF, 1919) a díky tomu byla střední Evropa považována za epicentrum infekce (CORKE, 1995). Od té doby se patogen až do počátku 21. století nevyskytoval, další zprávy o šíření se objevily ve větší míře až v PLO¹ na smrku pichlavém v Krušných horách a v menší míře také v Orlických horách a v oblasti Kralického Sněžníku (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009). Ve spolupráci s lesní správou Litvínov a Klášterec nad Ohří probíhalo od roku 2009 do 2015 hodnocení v náhradních porostech smrku pichlavého. V každém porostu bylo označeno 25 stromů, kde se na každém jedinci hodnotil stupeň napadení podle předem stanovené stupnice od 0 do 4 (ČERNÝ et al., 2016). Hlavním důvodem hodnocení rozsahu poškození bylo vybrat porosty nejvíce napadené, které byly přednostně vybrány pro rekonstrukci.

2.4.1 Biologie houby *Gemmamyces piceae*

Hostitelská dřevina bývá patogenem infikována během vegetačního období. Napadení pupenů se projevuje zdeformováním výhonů, tzv. „vykloubením“ (Obr. 4). Na přelomu jara a léta se pupeny při pokusu o vyrašení pokrývají černou tuhou krustou (bazálním stromatem). Po infekci pupenů se nejprve vytvářejí pyknidy tj. plodnice nepohlavního (anamorfního) stádia, které jsou přisedlé a nespojité. Plodnice pohlavního (teleomorfního) stádia tzv. perithecia, se vytvářejí zpravidla později a mají podobný tvar jako pyknidy. Perithecia obsahují vřecka, která v sobě mají 8 askospor kuželovitého až vřetenovitého tvaru, jsou mnohobuněčné a 5–8× přepažené. Po celou vegetační sezónu můžeme na odumřelých pupenech

vidět jak pyknidy, tak perithecia. Vyskytují se zde i následující rok, kdy jsou již sterilní, často mírně zešedlé nebo mohou být pokryté epifytickými řasami. Oproti konidiím, které se vyskytují víceméně po celou vegetační sezónu, je produkce askospor omezena na konec léta až konec podzimu. Oba typy výtrusů mohou infikovat výhony s právě nově utvářejícími se pupeny (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009).



Obrázek 4: Napadené pupeny smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou (Zdroj: M. Samek)

Napadené pupeny se často mohou deformovat, spirálovitě kroutit nebo začínají zduřovat. Pokud odumře terminální pupen, strom přesune svou energii do růstu bočních pupenů. Tím se nápadně změní růst výhonů, který se projeví v následujících letech. Může dojít i k záměně typu poškození, ke kterému dochází z důvodu působení abiotických faktorů, které je vzhledem podobné odumírání pupenů, kdy na jaře pupeny nevyraší, časem začínají hnědnout a zasychat, ale nezčernají. Nejčastější příčinou poškození nevyzrálých pupenů může být časný mráz (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009).

Škodlivé působení patogenu se dělí na dvě fáze. V počáteční fázi začíná napadat pupeny na bočních větvích v přízemní části koruny do 1/2 až 2/3 výšky stromu, díky níž se v těchto částech koruny nové výhony neobnovují. Zůstávají zde jen starší ročníky tmavě zelených jehlic. Vrcholová část koruny nebývá oproti další fázi nijak zdeformována, a proto je možné často patogen přehlédnout. V druhé fázi bývají patogenem napadeny téměř všechny pupeny v koruně. Pokud vyraší nové výhony z napadených nebo náhradních pupenů, často rostou v různých směrech, vrchol začíná být rozježený a nemá standardní kuželovitý tvar (POSPÍŠIL et POSPÍŠIL, 2011).

Hlavní nebezpečí pro napadené porosty spočívá v nedostatečné obnově jehlic. Postupně se ročník jehlic snižuje, nové jehlice nepřirůstají a staré opadávají. Koruny postupně řídnu, zkracují se a poté stromy odumírají. V trvale nepříznivých podmínkách se doba přežívání stromu odhaduje na sedm až deset let. (POSPÍŠIL et POSPÍŠIL, 2011). Za hlavní faktory podmiňující vznik a rozšiřování infekce kloubnatkou smrkovou se považují vysoké srážky spojené s vysokou vzdušnou vlhkostí v polohách nad 700 m n. m. V nadmořské výšce 305–520 m n. m. nebývají smrky pichlavé poškozeny (ŠEFL, 2013). Hustě zapojené porosty, kde jsou ideální podmínky pro šíření infekce, zamokřené půdy nebo nedostatečný přísun živin, jsou další významné faktory způsobující náchylnost k napadení. Dalším faktorem může být vyšší věk stromů. Velký obsah síry v ovzduší v devadesátých letech mohl působit jako fungicid a jeho následné snížení, mohlo být také významné pro další rozšíření patogenu (POSPÍŠIL et POSPÍŠIL, 2011).

2.4.2 Rozšíření patogenu *Gemmamyces piceae* na smrku ztepilém

Výskyt patogenu je potvrzen kromě severoamerických smrků i na našem autochtonním smrku ztepilém, a to především v oblasti Krušných hor, kde se v posledních letech infekce nápadně rozšiřuje. Zatímco dřív byly tyto nálezy spíše sporadické a byly napadeny pouze jednotlivé stromy většinou vyšších věkových tříd, tak v roce 2015 významně přibýlo poškození celých porostů smrku ztepilého u nejrůznějších věkových tříd (PEŠKOVÁ et al., 2016).

V Jizerských horách byl patogen nalezen na smrku pichlavém už v roce 2010. První více napadená plocha se nacházela v okolí Kristiánova. V roce 2017 byla

kloubnatka nalezena i na solitérech smrku ztepilého kousek od Smědavy (IDNES, 2018).

3 Metodika

3.1 Zakládání a hodnocení trvalých výzkumných ploch

Zakládání a hodnocení trvalých výzkumných ploch, které jsou charakterizovány níže, probíhalo od října do prosince v roce 2018 a během března 2019. Ve vybraných porostech bylo nejprve přesně definováno optimální místo pro založení trvalé výzkumné plochy. Jedním z hlavních kritérií bylo zapojení porostu a možnost vytyčení čtvercového či obdélníkového tvaru s minimálním počtem 50 životaschopných stromů. Každý strom byl označen pomocí voděodolných sprejů v prsní výšce 1,3 m. U každé plochy byly zaznamenány souřadnice pomocí GPS přístroje *Garmin Monterra*.



Obrázek 5: Výzkumná plocha 344F04 (Zdroj: V. Čtvrtečka).

Stromy byly hodnoceny systematicky od prvního do posledního, tj. jejich koruny byly prohlédnuty dalekohledem *Meopta 10 x 42* pro zjištění výskytu kloubnatky smrkové a rozsahu defoliace, u které bylo nutné každý strom hodnotit z více úhlů a následně pak stanovit průměrnou defoliaci koruny.

U každého jedince byl hodnocen stupeň napadení 0 – 4 podle počtu napadených pupenů (Tab. 2) a defoliace koruny (BOSSHARD, 1986). Získané výsledky byly zpracovány a převedeny do digitální podoby (MS Excel) a následně statisticky zpracovány v programu *R 3.3.2* (R Core Team, 2016), kde byla provedena deskriptivní statistika a grafy byly vytvořeny v *Statistica 13.3*.

Tabulka 2: Stupnice pro hodnocení napadení.

| Stupeň napadení | Stupeň poškození |
|-----------------|--|
| 0 | Bez napadených pupenů. |
| 1 | Napadeny jednotlivé pupeny, max. jednotlivé větve. |
| 2 | Napadení více větví, max. do 1/3 koruny. |
| 3 | Napadení více jak 1/3, max. do 2/3 koruny. |
| 4 | Napadení větší jak 2/3 koruny, stromy často silně defoliované, odumřelé, či mrtvé. |

3.2 Charakteristika trvalých výzkumných ploch

Hodnocené trvalé výzkumné plochy se nacházely na LS⁷ Frýdlant, kdy celkem 9 výzkumných ploch bylo v revíru Smědava (2062 ha) a zbylé 4 plochy v revíru Paličnick (1834 ha) (LČR, s. p.). Výběr výzkumných ploch probíhal podle podobnosti parametrů z LHP⁸, konkrétně dle klíče - stanoviště ovlivněná/neovlivněná vodou, věková kategorie 31-60 let, pásmo ohrožení imisemi B-C a 6. LVS nebo vyšší. Výběr parametrů byl podmíněn možností porovnat výzkumné plochy mezi sebou a zároveň umožnit srovnání napadení s trvalými výzkumnými plochami v Krušných horách.

Výzkumné plochy (Tab. 3) se nacházely v nadmořské výšce od 700 do 900 m.

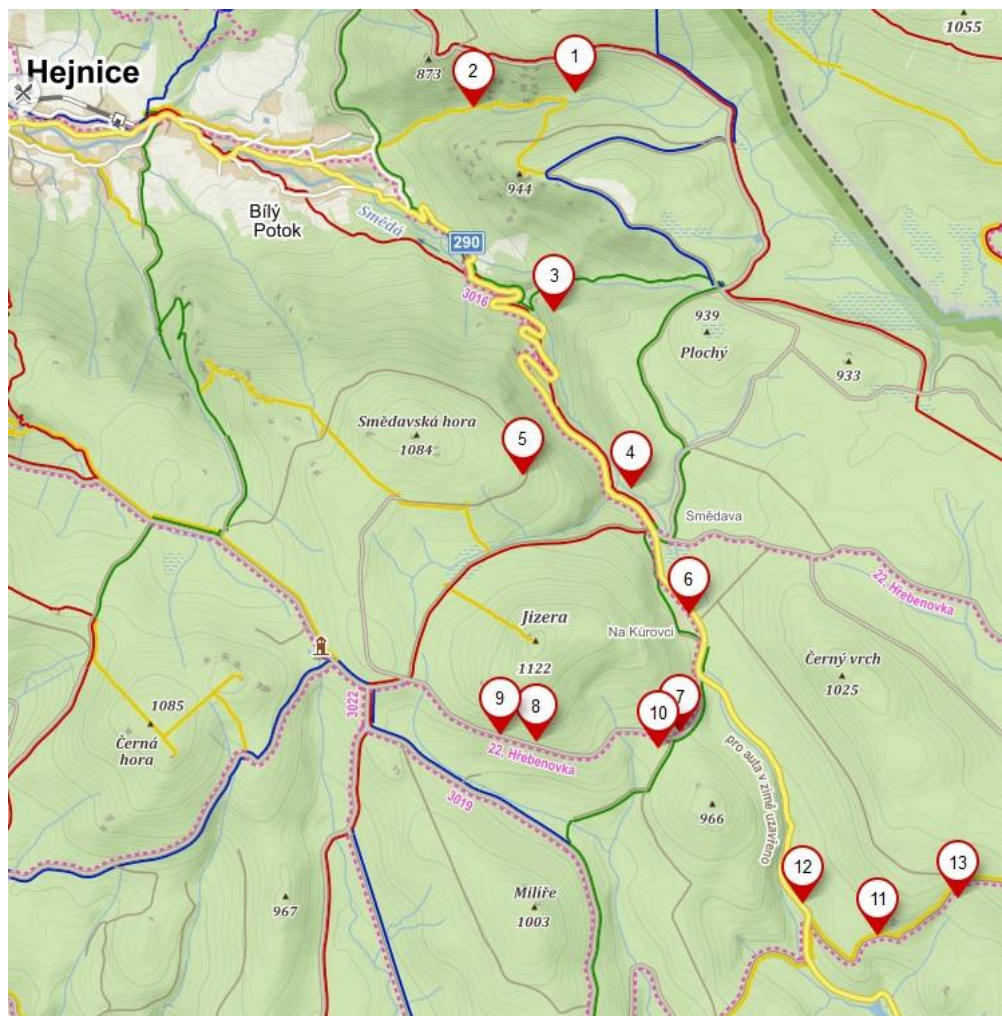
⁷ Lesní správa

⁸ Lesní hospodářský plán

Tabulka 3: Založené plochy v oblasti LS Frýdlant

| Plocha | Revír | Věková kategorie | LVS | Zakmenění | Stanoviště ovlivněné/ neovlivněné | Souřadnice |
|---------------|--------------|-----------------------------|------------|------------------|--|---------------------|
| 216B06 | Paličník | 31-60 | 6 | 8 | N | 50.87810;015.26459 |
| 223A04 | Paličník | 31-60 | 6 | 8 | N | 50.87691;015.25152 |
| 233B05 | Paličník | 31-60 | 6 | 8 | O | 50.86035;015.26189 |
| 234C04a | Paličník | 31-60 | 7 | 9 | N | 50.84603;015.27178 |
| 330B05 | Smědava | 31-60 | 8 | 8 | N | 50.84715;015.25790 |
| 343E05b | Smědava | 31-60 | 7 | 7 | O | 50.83583;015.27916 |
| 344F04 | Smědava | 31-60 | 7 | 8 | N | 50.82629;015.27810 |
| 345D03 | Smědava | 1-30 | 7 | 3 | N | 50.82552; 015.25959 |
| 346C06a | Smědava | 31-60 | 7 | 8 | N | 50.82608;015.25494 |
| 348B03a | Smědava | 31-60 | 8 | 8 | N | 50.82497;015.27532 |
| 366C04c | Smědava | 31-60 | 6 | 9 | N | 50.80985;015.30346 |
| 369A04 | Smědava | 31-60 | 6 | 9 | N | 50.81245;015.29385 |
| 371A04b | Smědava | 31-60 | 6 | 5 | O | 50.81291;015.31371 |

3.3 Popis trvale výzkumných ploch (Paličnick a Smědava)



Obrázek 6: Trvale výzkumné plochy řazené dle oddělení revírů (Zdroj: Mapy.cz).

V revíru Paličnick se nachází plochy 216B06, 233A04, 233B05 a 234C04a (na mapě plochy č. 1, 2, 3 a 4). Všechny jsou ve věkové kategorii 31-60 let. Kromě porostu 234C04a, který se nachází v 7. LVS (zakmenění 9), jsou ostatní porosty v 6. LVS (zakmenění 8). Jedinou vodou neovlivněnou plochou je porost 233B05.

Plochy č. 1 a 2 jsou nejbližší dostupné z turistického místa Bártlova bouda. Podél ploch teče Hájený potok, který ovšem nemá na stanoviště žádný vliv.



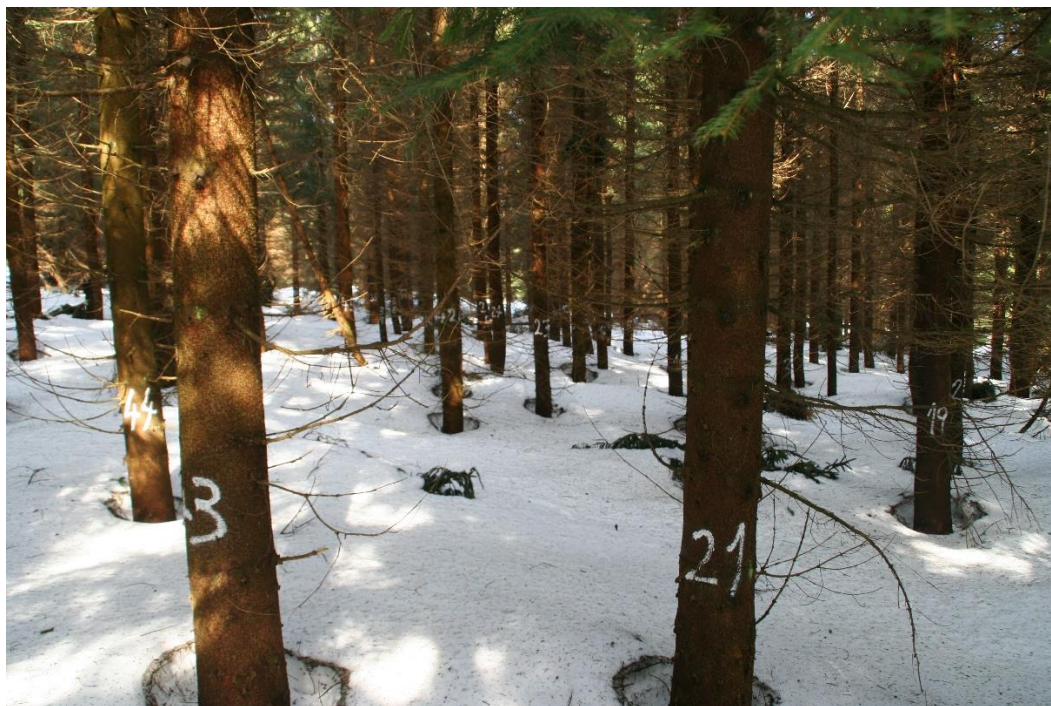
Obrázek 7: Výzkumná plocha 233B05 (Zdroj: V. Čtvrtečka).

V revíru Smědava byly založeny plochy v porostech 330B05, 343E05b, 344F04, 345D03, 346C06a, 348B03a, 366C04c, 369C04c, 371A04b (na mapě plochy č. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 a 13).

Všechny plochy až na porost 345D03, který byl ve věku 1-30 let (nyní již spadá do věkové kategorie 31-60, vzhledem ke stáří LHP), patří do věkové kategorie 31-60 let. Jedinou založenou plochou v 8. LVS je plocha č. 5. Plochy č. 6 – 9 se nachází v 7. LVS a plochy č. 9 – 13 v 6. LVS. Nejnižší zakmenění bylo v porostu 345D03 (3) a v porostu 371A04b (5). Porosty 330B05, 344F04, 346C06a, 348B03a mají zakmenění 8 a v porostech 346C04c a 369A04 bylo zakmenění 9.

Mezi plochy ovlivněné vodou patřily pouze plochy 343E05b a 371A04, zbylé byly vodou neovlivněné.

Podle mapy se plochy č. 5, 6, 7 a 10 nachází nejbližší k chatě Smědava, plochy č. 8, 9 jsou kousek pod turistickým místem Knajpa. Zbylé plochy 11, 12 a 13 jsou nejbližší vodní nádrže Souš.



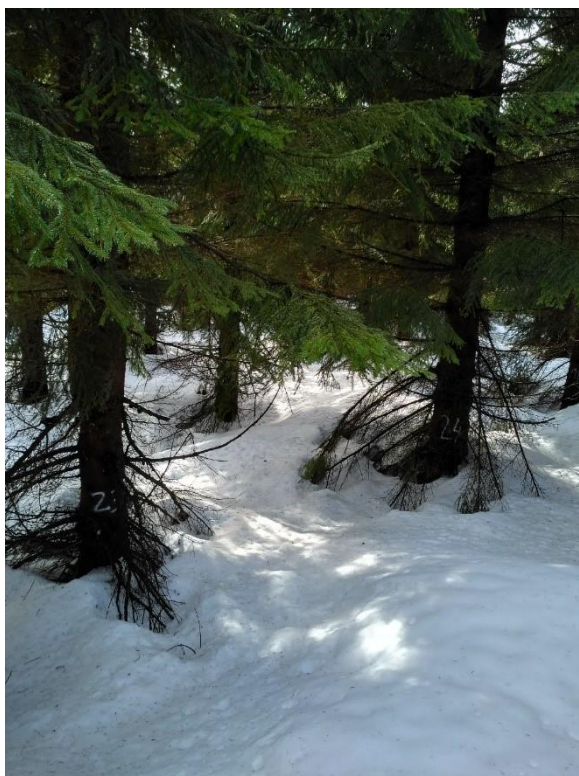
Obrázek 8: Výzkumná plocha 345E05b (Zdroj: V. Čtvrtečka).



Obrázek 9: Výzkumná plocha 345D03 (Zdroj: V. Čtvrtečka).



Obrázek 10: Výzkumná plocha 346C06a (Zdroj: V. Čtvrtečka).



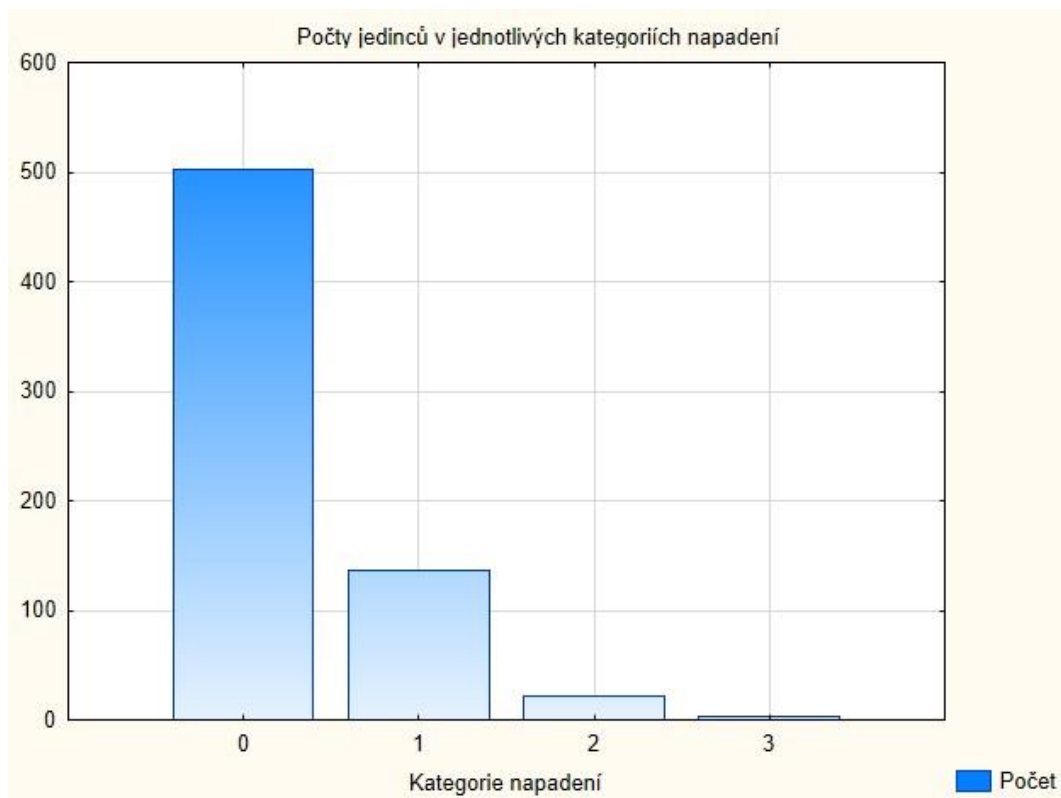
Obrázek 11: Výzkumná plocha 348B03a (Zdroj: V. Čtvrtečka).



Obrázek 12: Výzkumná plocha 369A04a (Zdroj: V. Čtvrtečka).

4 Výsledky

Na 13 výzkumných plochách v revírech Paličnick a Smědava bylo zhodnoceno celkem 664 jedinců. Z toho 503 jedinců nevykazovalo symptomy napadení (kat. 0), naproti tomu 161 jedinců bylo napadeno, a to nejvíce smrků vykazovalo poškození v kategorii 1 (celkem 137 smrků). Následovala kategorie 2 a 3 s minimálním počtem zastoupených jedinců (Obr. 13).

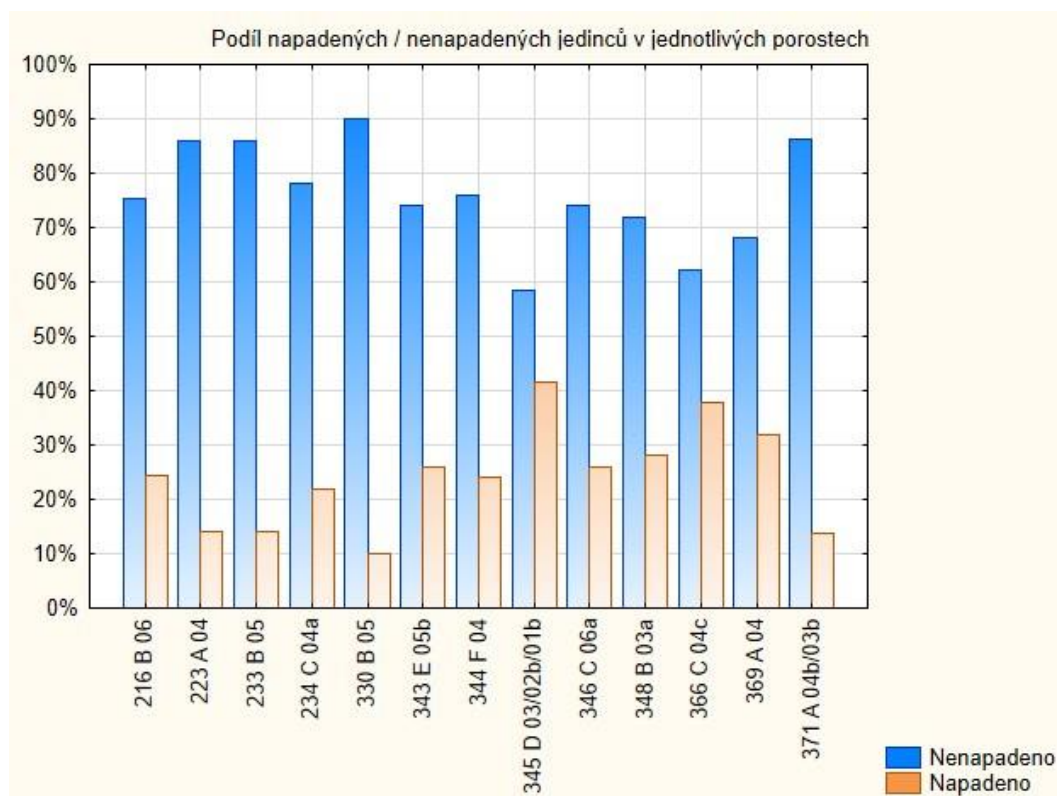


Obrázek 13: Rozložení jedinců v jednotlivých kategoriích napadení

Průměrné napadení kloubnatkou smrkovou napříč všemi hodnocenými porosty bylo 28 %, průměrná defoliace smrků byla 34 %. Nejvíce byl napaden porost 345D03/02b/01b, kde bylo napadeno 45 % všech jedinců. Největší defoliace (46 %) byla zjištěna na ploše 369A04. Detailní výsledky napadení jednotlivých porostů jsou patrné z (Tab. 4) a (Obr. 14).

Tabulka 4: Základní zjištěné parametry hodnocených porostů včetně průměrného napadení a defoliace

| Porost | LS | Prům. napadení | Defoliace | LVS | Voda | Imise |
|------------------|-----------|----------------|---------------|-----|------|-------|
| 216 B 06 | Paličnick | 30 % | 33 % | 6 | N | B |
| 223 A 04 | Paličnick | 16 % | 29 % | 6 | N | B |
| 233 B 05 | Paličnick | 16 % | 41 % | 6 | O | B |
| 234 C 04a | Paličnick | 28 % | 30 % | 7 | N | B |
| 330 B 05 | Smědava | 16 % | 40 % | 8 | N | A |
| 343 E 05b | Smědava | 28 % | 41 % | 7 | O | B |
| 344 F 04 | Smědava | 24 % | 29 % | 7 | N | B |
| 345 D 03/02b/01b | Smědava | 45 % | 26 % | 7 | N | B |
| 346 C 06a | Smědava | 28 % | 37 % | 7 | N | B |
| 348 B 03a | Smědava | 30 % | 28 % | 8 | N | B |
| 366 C 04c | Smědava | 51 % | 36 % | 6 | N | C |
| 369 A 04 | Smědava | 42 % | 46 % | 6 | N | C |
| 371 A 04b/03b | Smědava | 14 % | 31 % | 6 | O | C |
| | | Ø 28 % | Ø 34 % | | | |



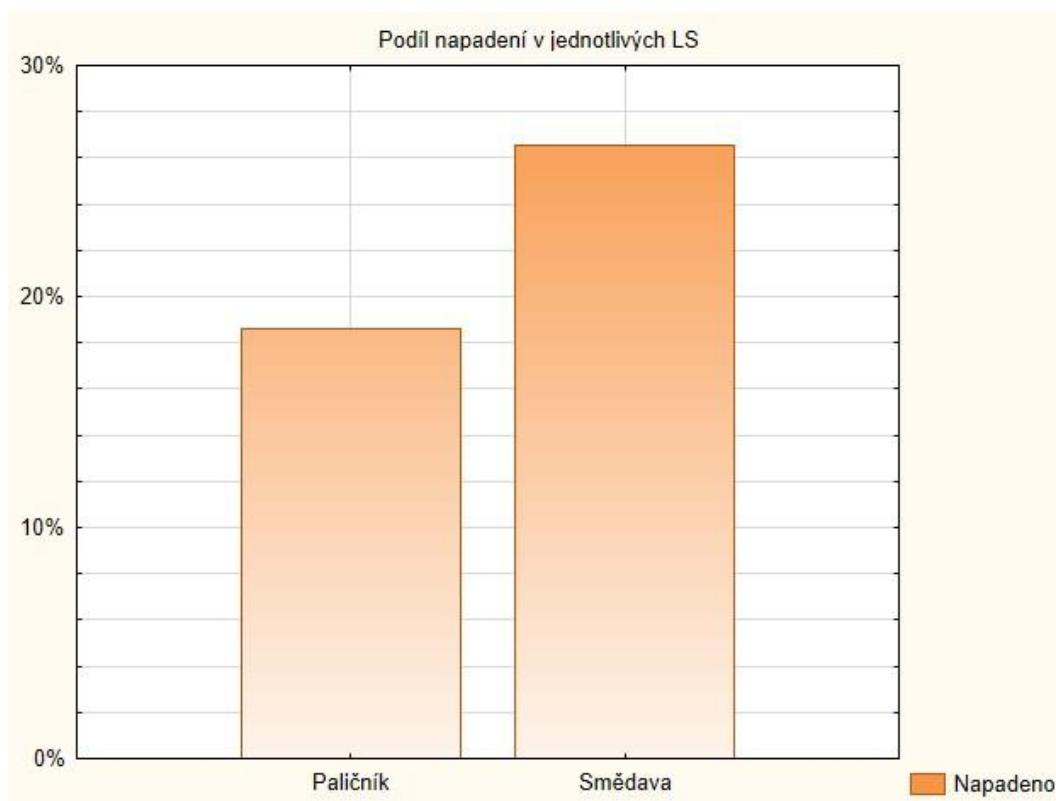
Obrázek 14: Podíl napadených a nenapadených jedinců v jednotlivých porostech

Z pohledu hodnocení lesních správ bylo více napadených stromů (Tab. 5) zjištěno na LS Smědava (123 jedinců). Nejvíce poškozených smrků bylo zaznamenáno v kategorii 1 (104), nejméně v kategorii 3 (1).

Tabulka 5: Počty napadených jedinců v jednotlivých kategoriích z pohledu lesních správ

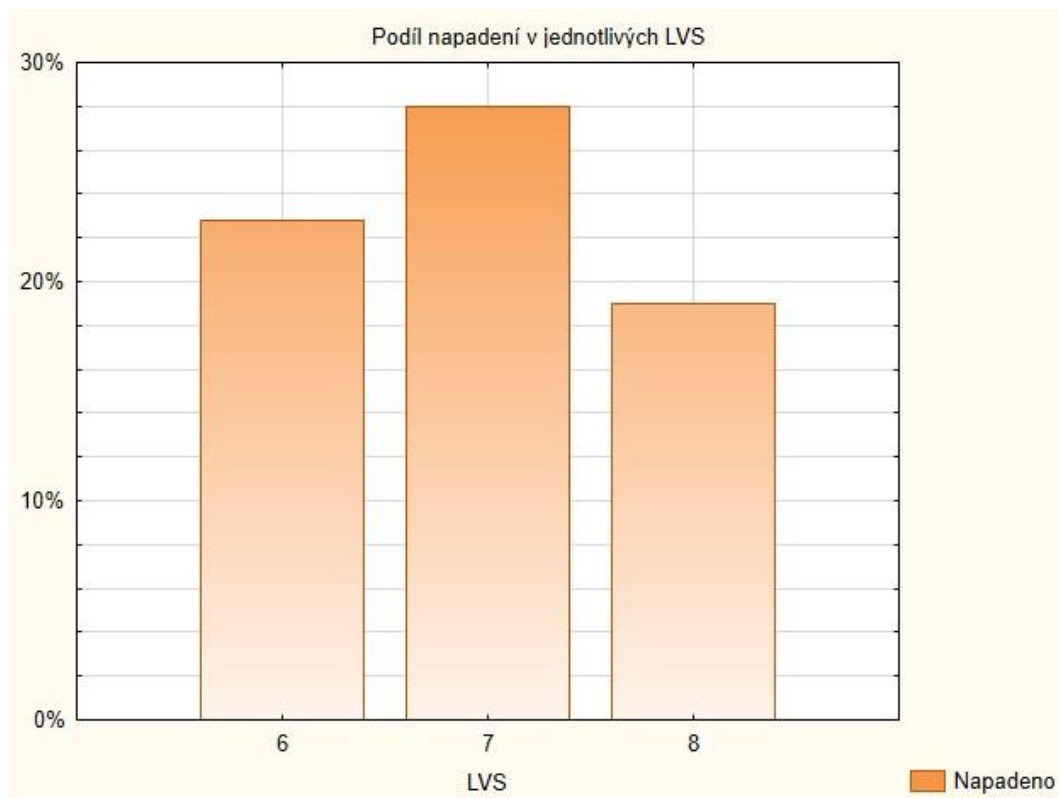
| LS | kat. 0 | kat. 1 | kat. 2 | kat. 3 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| Paličnick | 165 | 32 | 4 | 2 |
| Smědava | 338 | 104 | 18 | 1 |

Z pohledu procentuálního napadení je situace horší na LS Smědava (27 %), než na LS Paličnick (19 %) (Obr. 15).



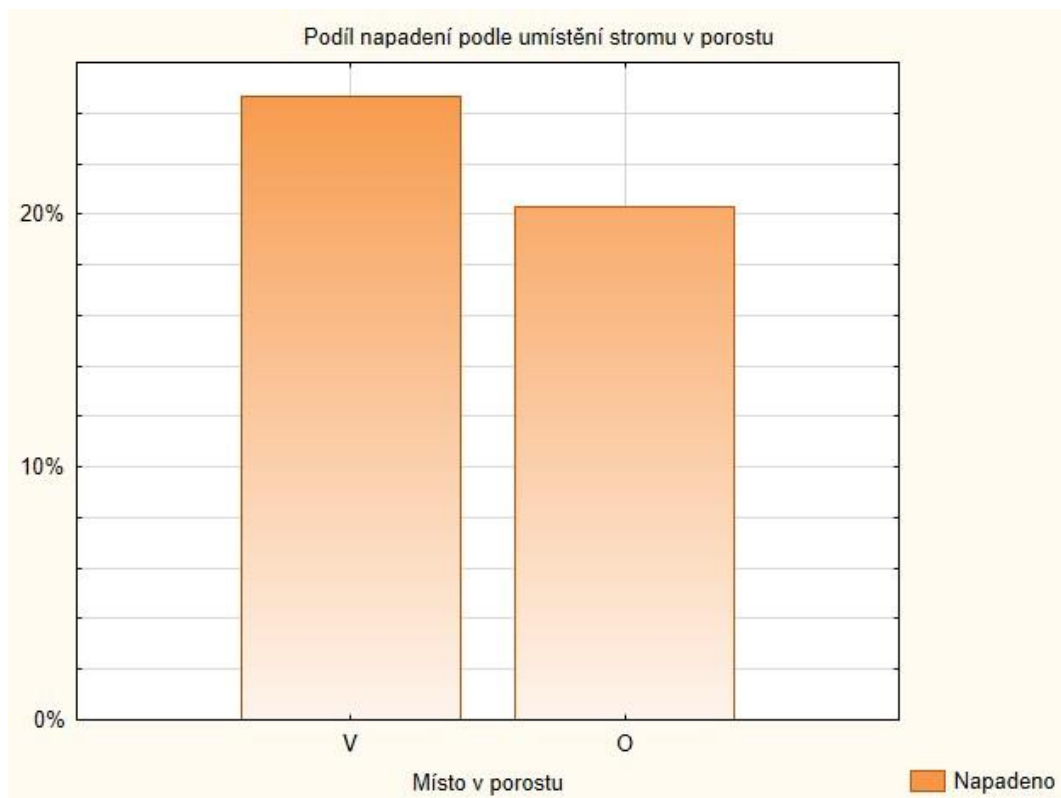
Obrázek 15: Podíl zastoupení napadených jedinců na jednotlivých lesních správách

Nejvíce napadených jedinců z procentuálního hlediska poškození se nachází v 7. LVS (28 %), méně pak v 6. (23 %) a nejméně v 8. (19 %) (Obr. 16). Z hlediska celkového počtu napadených jedinců jich bylo nejméně zjištěno v 8. LVS (100), naopak nejvíce v 6. LVS (307).



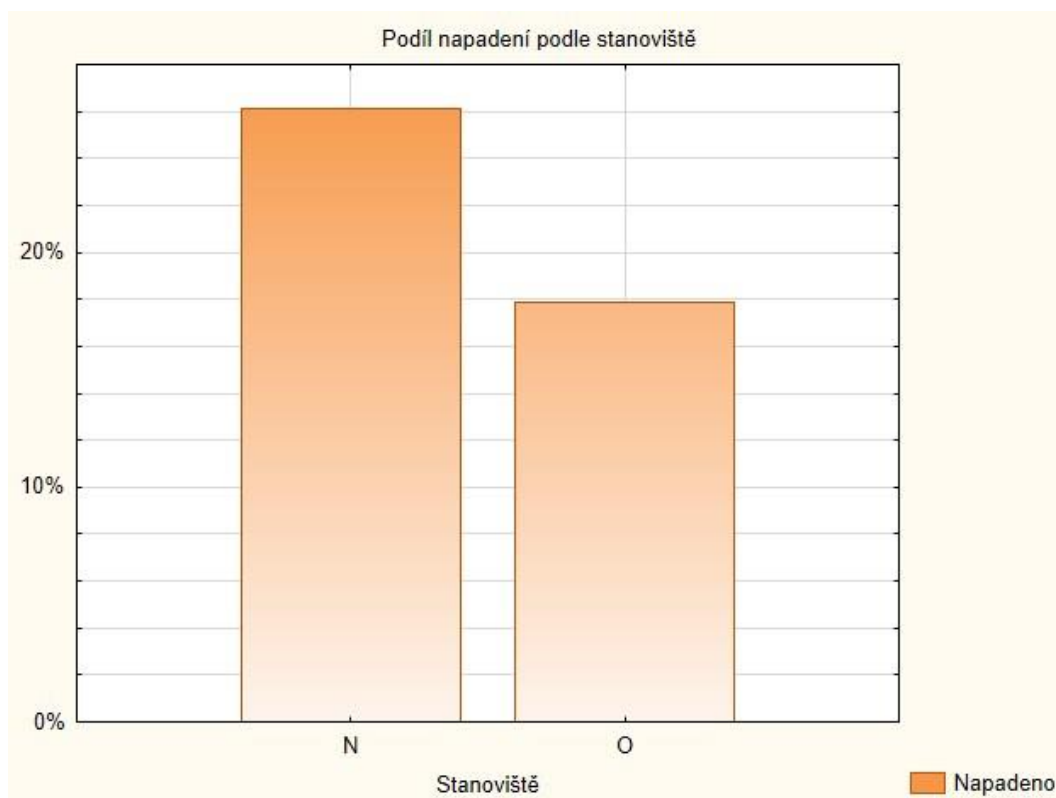
Obrázek 16: Podíl zastoupení napadených jedinců v rámci lesních vegetačních stupňů

Dalším z hodnocených faktorů byl vliv umístění stromu v porostu na napadení kloubnatkou smrkovou. Podle tohoto hlediska bylo více jedinců (25 %) napadeno uvnitř porostu (V), zatímco okrajových stromů (O) bylo napadeno 20 % (Obr. 17).



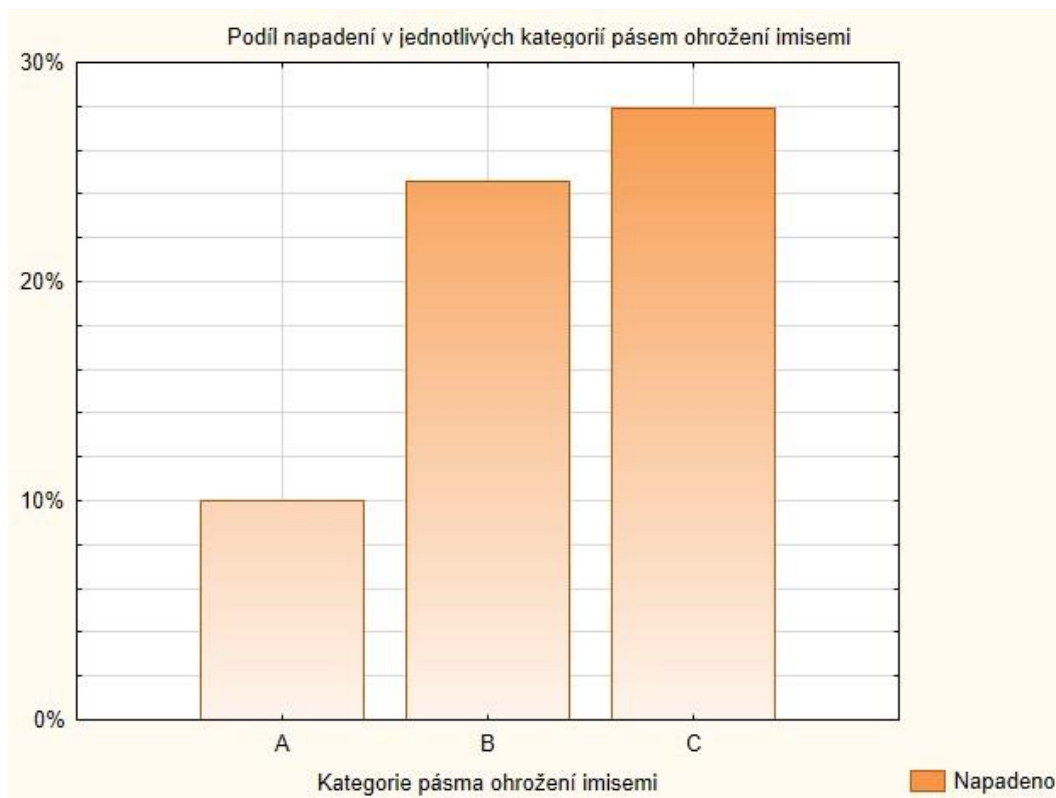
Obrázek 17: Podíl zastoupení napadených jedinců podle umístění stromu v porostu

Hodnocené porosty byly rovněž porovnávány z hlediska stanoviště ovlivněné/neovlivněné vodou. Mezi vodou ovlivněné byly zahrnuty kategorie lesních typů – V, O, P, Q, G, R, mezi vodou neovlivněné – S, M, K, Z. Více napadených jedinců bylo zjištěno na stanovištích neovlivněných vodou (26 %) oproti stanovištím vodou ovlivněných (17 %) (Obr. 18).



Obrázek 18: Podíl zastoupení napadených jedinců podle ovlivněného a neovlivněného stanoviště vodou

Podle údajů z LHP se hodnocené porosty nacházely dominantně ve třech kategoriích pásma ohrožení imisemi (A, B a C). Nejvyšší procento napadených jedinců bylo zjištěno v imisních pásmech kategorie C (28 %). Naopak v pásmech kategorie A bylo téměř třikrát nižší (10 %) (Obr. 19).



Obrázek 19: Podíl zastoupení napadených jedinců v jednotlivých kategoriích imisních pásme

5 Diskuze

Kloubnatka smrková na smrku pichlavém byla v PND v oblasti Krušných hor potvrzena v práci PEŠKOVÁ et al. (2009), kde způsobila rozsáhlé škody (8000 ha) v lesních porostech poškozených kloubnatkou, které musely být následně vykáceny. (ČERNÝ et al., 2016). V práci PEŠKOVÁ et SOUKUP, (2013) byla označena za nejvýznamnějšího houbového škůdce smrku pichlavého. Od roku 2013 se patogen vyskytuje také v souvislých porostech smrku ztepilého. Jednou z potencionálních příčin, tak velkého rozšíření patogenu může být dlouhodobá imisní zátěž sužující Krušné hory, a rovněž také nepříznivé půdní podmínky pro zdárný růst dřevin. Podobný vliv imisní zátěže je též v Jizerských horách, což potvrzuje zjištění, že nejvíce jedinců bylo napadeno v kategorii ohrožení C a B, naopak v kategorii A bylo poškození 10 x nižší.

Rozsáhlý výzkum (PEŠKOVÁ et al., 2016, 2019) zabývající se napadením porostů našeho autochtonního smrku ztepilého zatím potvrzuje, že infikované pupeny se nalézají převážně v horních partiích korun oproti porostům s převahou smrku pichlavého, na kterém se pupeny nalézají převážně v dolních partiích koruny.

Výsledky z Jizerských hor poukazují na větší míru napadení jedinců uvnitř porostu, čímž částečně potvrzují, že hustý zápoj zabraňuje většímu proudění vzduchu a tím jsou podmínky pro šíření kloubnatky smrkové příznivější (ŠEFL, 2013).

Vybranou šetřenou věkovou kategorií (31-60 let) se jen potvrzují výsledky zjištěné v práci PEŠKOVÁ et al., (2019), kde je zatím zjištěné nejvýraznější napadení právě v této věkové kategorii.

Vliv nadmořské výšky na šíření patogenu nebyl v práci SOUKUP et PEŠKOVÁ, (2009) prokázán, naopak POSPÍŠIL et POSPÍŠIL, (2011) poukazuje na nejvyšší poškození v nadmořské výšce 800 – 899 m, které může být spojeno s četnými mlžnými dny. S tím částečně koresponduje i zjištění ŠEFL (2013), které potvrzuje největší napadení na lokalitách v oblasti Flájské přehrady v nadmořských výškách 760 – 840 m n. m. Naproti tomu lokality v oblasti Litvínov z nižších nadmořských výšek (500 m n. m.), nevykazovaly téměř žádné symptomy napadení. K podobnému zjištění došli i PEŠKOVÁ et al., (2019), kteří v celém spektru oblasti Krušných hor poukazují na nejvyšší napadení jedinců od nadmořské výšky 700 do 850 m, kdy se množství napadených jedinců snižuje s rostoucí nadmořskou výškou. Ve své práci BAĀA, (2017) diskutoval přímý vztah mezi nadmořskou výškou a vlivem na napadené stromy však neprokázal, nicméně objevil dva rozdíly, první v nadmořské výšce 700 – 750 m n. m. a druhý okolo 900 m n. m, ve kterých se mění maximální stupeň napadení. Napsal myšlenku, že je možné předpokládat nějaký vztah mezi danou nadmořskou výškou a působením jiných faktorů ovlivňující napadení. V oblasti Jizerských hor bylo nejvíce napadených jedinců v 6. a 7. LVS, což odpovídá nadmořské výšce 700 – 1050 m. Vzhledem k rozložení pokusných ploch je možné uvažovat o pravdivosti tvrzení.

Dalším ze zkoumaných faktorů byla ovlivnění stanoviště vodou. Porovnávány byly plochy ovlivněné (O) a neovlivněné (N). Stejně jako ve výzkumu PEŠKOVÁ et al., (2019), kde v Krušných horách bylo v letech 2017 – 2018 zjištěno, že větší míra poškození je na stanovištích neovlivněných vodou byl i výsledek z Jizerských hor obdobný. To jen potvrzuje LORENC, (2015), který pojednává o suchu jako stresujícím faktoru, který negativně ovlivňuje napadení stromů dřevokaznými houbami především kořenovníkem vrstevnatým (*Heterobasidion*

annosum (Fr.) Bref.) a václavkou smrkovou (*Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink). Lze tedy předpokládat, že stromy stresované suchem jsou také více náchylnější na napadení kloubnatkou smrkovou.

Podle výsledků rozsáhlého výzkumu (PEŠKOVÁ et al., 2019) v Krušných horách došlo k výraznému zvýšení podílu napadených stromů v letech 2017 – 2018. Na lesních správách, kde pravidelně převažovalo napadení 25 %, došlo k jeho zvýšení v průměru o více než 8 %.

V Jizerských horách na revíru Smědava bylo napadení stromů o 9 % větší oproti revíru Paličnick. Rozdílný výsledek by mohl být ovlivněn rozložením ploch v různých lesních vegetačních typech a také převažujícím počtem ploch v revíru Smědava.

Za zhoršení zdravotního stavu smrků na sledovaných plochách by mohl mít vliv i zaznamenaný hojný výskyt korovnice zelené (*Sacchiphantes viridis* Ratz.), kterou KULA, (1999) určil jako významného škůdce smrků v horských oblastech. Korovnice zelená by mohla mít vliv na oslabení stromů a tím je způsobit náchylnějšími k napadení kloubnatkou smrkovou.

Výsledek výzkumu PEŠKOVÁ et al., (2019) v oblasti Krušných hor ukazuje podobný trend šíření patogenu, korespondující s rozšířením napadení smrku pichlavého od roku 2008. Pokud bude rozšíření patogenu na smrku ztepilém postupovat podobně jako u smrku pichlavého, mohlo by jít vzhledem k velkému druhovému zastoupení smrku ztepilého v oblasti Jizerských hor (74 %) o závažný problém, (SLODIČÁK et al., 2009).

6 Závěr

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit aktuálního rozšíření kloubnatky smrkové ve vybraných porostech smrku ztepilého v Jizerských horách a zároveň porovnat vliv faktorů prostředí na míru napadení smrků patogenem. Kromě míry napadení byla hodnocena na výzkumných plochách též defoliace stromů. Na LS Frýdlant byl v obou revírech (Smědava, Paličnick) potvrzen výskyt kloubnatky smrkové. Horší situace a větší procento napadených jedinců bylo zjištěno na revíru Smědava.

Z pohledu vlivu faktorů na šíření a napadení porostů kloubnatkou byl zjištěn vyšší rozsah poškození na stanovištích neovlivněných vodou oproti stanovištím

ovlivněných. Nejvíce byly napadeny porosty v 7. LVS, naopak nejméně porosty v 8. LVS, což poukazuje na fakt, že s rostoucí nadmořskou výškou, klesá potenciál šíření patogenu. Při porovnání umístění stromů v porostu bylo pozorováno mírně vyšší napadení na stromech uvnitř porostu oproti stromům na okraji.

Dosud získané výsledky, kdy nejvíce napadených jedinců bylo zjištěno v kat. 1 poukazují na počátek šíření infekce, je možné tedy očekávat plošné rozšíření patogenu obdobně jako v Krušných horách. Jelikož smrk ztepilý je v Jizerských horách z celého druhového spektra dřevin nejvýznamněji zastoupen, mohlo by se v případě velkého rozšíření kloubnatky smrkové jednat o závažný problém. Proto je na místě doporučit i další sledování vývoje napadení v následujících letech.

7 Použité zdroje a literatura

AGREN CH. 1993: *The limits of tolerance*. In: *Critical Loads for Air Pollutants*. Göteborg (Sweden), Secretariat on Acid Rain, 4 pp.

AOPK ČR. 2019: *Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Jizerské hory na období 2011-2020*. AOPK ČR. [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.jizerskehory.ochranaprirody.cz>.

BALCAR V. 1992: *Ekologické informace o oblasti Jizerských hor*. Podkladová zpráva pro závěrečné oponentní řízení úkolu: Změny ekologických poměrů a jejich vliv na lesní ekosystémy. Opočno, VÚLHM – VS, nestr.

BALCAR V., KACÁLEK D. 1999: *K použití autochtonních dřevin pro výsadbu na imisních holinách Jizerských hor*. [Contribution to autochthonous tree species applicability to reforestation of clearcuts due to salvage felling in the Jizerské hory Mts]. In: Slodičák (ed). *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí. Bedřichov v Jizerských horách. Jíloviště-Strnady, 70-76 pp.

BALCAR V., KACÁLEK, D., ŠPULÁK, O., KUNEŠ, I. 2013: Výzkumný demonstrační objekt Jizerka, 23 let zkušeností s prosperitou dřevin v horských podmínkách. Zpravodaj ochrany lesa. Opočno, VÚLHM – VS, 11 pp.

BAŤA D. 2018: Analýza prostorové distribuce napadení porostů smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou (*Gemmamyces piceae*) v Krušných horách. Praha, ČZU, 79 pp.

BORTHWICK A. W. 1909: *A new disease of Picea*. *Notes From the Royal Botanic Garden*, Edinburgh 4, 259–61 pp.

BOSSHARD W. 1986. Sanasilva-Kronenbilder; Couronnes d'arbres; Le chiome degli alberi. In: Eidgenijssische Anstalt filr das Forstliche Versuchswesen; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft: Birmensdorf, Switzerland.

CASAGRANDE F. 1969: Ricerche biologiche e sistematiche su particolari ascomiceti pseudosferiali. *Gemmamyces piceae* parassita sulle gemme di alcune *Picea* spp. *Phytopathologische Zeitschrift*. 66 (2), 119 pp.

CORKE A. T. K. 1955: *Part I: A Study of Cucurbitaria piceae Borthwick, a Disease of Buds of the Spruce*. Some Studies in Forest and Agricultural Mycology. Edinburgh, University of Edinburgh, PhD thesis.

ČERNÝ K., PEŠKOVÁ V., SOUKUP F., HAVRDOVÁ L., STRNADOVÁ V., ZAHRADNÍK D., HRABĚTOVÁ M. 2016: Gemmamyces bud blight of Picea pungens: a sudden disease outbreak in Central Europe. *Plant Pathology* 65 (8), 1267-1278 pp.

FIALA J. 2000: *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 1999*. Praha, ČHMÚ, 198 pp.

HADAŠ P. 2004b: *Stanovení depozičních toků síry, dusíku a iontů vodíku na území Jizerských hor v roce 2003*. Závěrečná zpráva, 36 pp, 10 příloh.

HRUŠKA J., HOFMEISTER J. 2004: *Stanovení kritických zátěží síry a dusíku pro lesní ekosystémy a jejich dlouhodobá překročení, možnosti řešení současné situace*. In: *Seminář projektu VaV620/1/02*. Hejnice, IFER, 18-38 pp.

IDNES 2019: *Jizerské hory ohrožuje houba kloubnatka. Vyhubí všechny smrky pichlavé*. MAFRA, a. s., 1999–2019 [online]. [cit. 20. března 2018]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/liberec/zpravy/jizerske-hory-kloubnatka-smrk-pichlavyy-hubi.A180319_135319_liberec-zpravy_jape

JIRÁSEK J. 1996: Společenstva přirozených smrčín České republiky. Praha, *Preslia*, 225-259 pp.

JIRGLE J., KUČERA J., TICHÝ J., MATERNA J. 1983: Poškození lesů v Jizerských horách imisemi. *Zpr. Lesn. Výzk.* 28 (1), 16-24 pp.

KÖCK G. 1918: *Ein für Österreich neuer Schädling auf Picea pungens*. Österreichische Garten-zeitung, Wien: K. K. Gartenbau-gesellschaft, vol. 13, 147-148 pp.

KULA E. 1999: *Biotičtí škodlivý činitelé v porostech náhradních dřevin*. In: *Problematika zachování porostů náhradních dřevin v imisních oblasti Krušných hor*. Sborník referátů z celostátní konference. Praha, Ministerstvo Zemědělství, 19-26 pp.

LORENC F. 2015: Vliv sucha na růst mykorhiz u smrku ztepilého. Praha, ČZU, 56 pp.

LORENC F., KNÍŽEK M., LIŠKA J. 2018: *Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2017 a prognóza na rok 2018*. In: KNÍŽEK M. (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2017/2018 – Kůrovcová kalamita a možnosti řešení*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice. Zpravodaj ochrany lesa, 13-18 pp.

MUSIL I. 2003: *Lesnická dendrologie 1, jehličnaté dřeviny, přehled nahosemenných dřevin (i výtrusných dřevin)*. Praha, Česká Zemědělská Univerzita Lesnická fakulta, 177 pp.

PELC F. 1999: *Program revitalizace imisně zatížených lesních ekosystémů Jizerských hor. [Revitalisation programme of forest ecosystems afflicted by air pollution in the Jizerské hory Mts. (Northern Bohemia)]*. In: Slodičák (ed). *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí. Bedřichov v Jizerských horách. Opočno, VÚLHM, 7-18 pp.

PEŠKOVÁ V., MODLINGER R., SOUKUP F., RUČKOVÁ J. 2016: *Nárůst napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou v Krušných horách*. *Lesnická práce* 95 (2), 46-47 pp.

PEŠKOVÁ V., MODLINGER R., TOMÁŠKOVÁ I., SAMEK M., BAŤA D., LORENC F., DUŠEK D., KACÁLEK D. 2019: *Vliv faktorů na napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou a návrh praktických postupů omezujících její šíření*. Praha, ČZU, 53 pp.

POLENO Z., VACEK S. 2007: *Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 315 pp.

POSPÍŠIL F., POSPÍŠIL J. 2011: *Poškození smrku pichlavého kloubnatkou v Krušných horách*. In: KNÍŽEK, M. (Ed.) *Škodliví činitelé v lesích Česka 2010/2011*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí Průhonice. Strnady, VÚLHM, 78 pp.

R Core Team. R. 2016: *A Language and Environment for Statistical Computing*; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, Available online: <https://www.R-project.org/>.

SCHMIDT P. A. 1991. Beitrag zur Kenntnis der in Deutschland anbaufähigen Fichten (Gattung *Picea* A. Dietr.). *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges*, 80, 7-72 pp.

- SLODIČÁK M. 2009: *Lesnické hospodaření v Jizerských horách*. 2. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 232 pp.
- SOUKUP F., PEŠKOVÁ V. 2009: *Gemmamyces piceae* (Borthw.) Casagr. kloubnatka smrková. Lesní ochranná služba, Praha, VÚLHM, 4 pp.
- ŠEFL J. 2013: *Kloubnatka smrková (Gemmamyces piceae) ve vybraných porostech v oblasti Flájské přehrady v letech 2010 a 2012*. Studia Oecologica, 7 (1), 59-70 pp.
- ŠPULÁK O. 2009: Náhradní porosty smrku pichlavého v Jizerských horách a jejich přeměna bukem lesním. Opočno, ČZU, 124 pp.
- ŠRÁMEK V. 2012: Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2011 a jejich očekávaný stav v roce 2012. Zpravodaj ochrany lesa. Jíloviště-Strnady, VÚLHM, 42 pp.
- TUBEUF C. 1919: Schilderungen und Bilder aus nordamerikanischen Wäldern. *Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst-und Landwirtschaft*, 1–44 pp.
- YUAN Z. Q., WANG X. W. 1995: A Taxonomic Study on Fungi Associated With Spruce Bud Blight in China. *Mycotaxon*, 53, 371-376 pp.
- ZELENÁ ZPRÁVA 2017. 2018: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017*. Praha, Ministerstvo Zemědělství, 118 pp.

8 Seznam obrázků a tabulek

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Průměrná roční koncentrace SO ₂ na stanicích Desná-Souš (ČHMÚ) a Jizerka (Zdroj: VÚLHM, 2004)..... | 15 |
| Obrázek 2: Prostorové rozložení potencionální podkorunové depozice síry smíšeného porostu v oblasti Jizerských hor v roce 2001 (Zdroj: Hadaš, 2004).... | 17 |
| Obrázek 3: Prostorové rozložení potencionální podkorunové depozice dusíku smíšeného porostu v oblasti Jizerských hor v roce 2001 (Zdroj: Hadaš, 2004).... | 18 |
| Obrázek 4: Napadené pupeny smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou (Zdroj: M. Samek) | 20 |
| Obrázek 5: Výzkumná plocha 344F04 (Zdroj: V. Čtvrtečka)..... | 23 |
| Obrázek 6: Trvale výzkumné plochy řazené dle oddělení revírů (Zdroj: Mapy.cz). | 26 |
| Obrázek 7: Výzkumná plocha 233B05 (Zdroj: V. Čtvrtečka). | 27 |
| Obrázek 8: Výzkumná plocha 345E05b (Zdroj: V. Čtvrtečka)..... | 28 |
| Obrázek 9: Výzkumná plocha 345D03 (Zdroj: V. Čtvrtečka). | 28 |
| Obrázek 10: Výzkumná plocha 346C06a (Zdroj: V. Čtvrtečka)..... | 29 |
| Obrázek 11: Výzkumná plocha 348B03a (Zdroj: V. Čtvrtečka)..... | 29 |
| Obrázek 12: Výzkumná plocha 369A04a (Zdroj: V. Čtvrtečka)..... | 30 |
| Obrázek 13: Rozložení jedinců v jednotlivých kategoriích napadení | 31 |
| Obrázek 14: Podíl napadených a nenapadených jedinců v jednotlivých porostech | 32 |
| Obrázek 15: Podíl zastoupení napadených jedinců na jednotlivých lesních správách..... | 33 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 16: Podíl zastoupení napadených jedinců v rámci lesních vegetačních stupňů | 34 |
| Obrázek 17: Podíl zastoupení napadených jedinců podle umístění stromu v porostu..... | 35 |
| Obrázek 18: Podíl zastoupení napadených jedinců podle ovlivněného a neovlivněného stanoviště vodou..... | 36 |
| Obrázek 19: Podíl zastoupení napadených jedinců v jednotlivých kategoriích imisních pásem | 37 |
| Tabulka 1: Průměrné měsíční depozice síry (mg m^{-2}) měřené kontaktní sumační metodou na objektu VÚLHM Jizerka (Zdroj: Slodičák et al., 2009). | 16 |
| Tabulka 2: Stupnice pro hodnocení napadení. | 24 |
| Tabulka 3: Založené plochy v oblasti LS Frýdlant..... | 25 |
| Tabulka 4: Základní zjištěné parametry hodnocených porostů včetně průměrného napadení a defoliace..... | 32 |
| Tabulka 5: Počty napadených jedinců v jednotlivých kategoriích z pohledu lesních správ | 33 |